

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret
Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière : "Sciences Biologiques "

Spécialité : " Génétique moléculaire et amélioration des plantes "

Présenté par :

- Melle. FARADJ Souad
- Melle. LAKHDARI Samiha
- Melle. LARACHI Djamila

Thème :

Etude de la variabilité phénotypique des cônes de *Cedrus atlantica* Manetti dans quelques cédraies d'Algérie.

Soutenu le : 14 octobre 2020

Devant les membres de Jury :

Grade

Présidente: Mme SOUALMI N.

MAA

Examineur: M. SARMOUM M.

MCA

Encadrant: M. BOUSSAID M.

MCA

Co-encadrant: Mme. TAIBI F.

Doctorante

Année universitaire 2019-2020

Remerciement

*Nous remercions avant tout Dieu le tout puissant de nous avoir aidés et donnés
Autant de courage et de volonté pour réalisation ce travail.*

*On tient à remercier vivement notre encadrant Mr BOUSSAID Mohamed
maîtres de conférences « A » à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de
l'université Ibn khaldoun de Tiaret, d'avoir accepté de nous encadrer, son
expérience nous a été bénéfique, nous le remercions pour sa disponibilité, pour sa
gentillesse et sa contribution dans l'élaboration de ce travail. Comme nous
remercions notre Co-encadrant Mme. TAIBI Fadhila pour la proposition de ce
sujet.*

*Nous adressons aussi nos remerciements les plus chaleureux et nos parfaite
gratitude à Mr TAIBI Khaled pour ses encouragements, et pour sa contribution
dans la réalisation des traitements statistique, pour ses orientations et ses
précieux conseils.*

Nous adressons nos sincères remerciements aux membres de notre jury:

*Mme SOUALMI Nadia qui nous a fait l'honneur et le plaisir d'accepter de
présider ce jury.*

*Mr SARMOUM Mohamed d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer, notre
travail.*

*Nous remercions toutes celles et tous ceux qui ont contribué dans notre cursus
universitaire. .*

Merci

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents Belkacem et Malika, pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs tendresses, leurs soutiens et leurs prières tout au long de mes études.

A ma chère sœur Fatima et ses filles (Ratil, Talia , Dana),

A mon beau-frère Yahiaoui aissa

A mes très chers frères Hichem, Yahia, Mohamed Badereddine que Dieu les protège

A mes cousins

A mes tantes Badra et Mimouna pour leurs encouragement et leur soutien moral

A la famille Lakhdari et Aissat

Toutes mes amies, Madani Hakima, Mebrouk Sarah, Abdi Salima, Harizi Chaima , Harizi Ahlem , Hebri Sadia, Larachi Djamila et Faradj Souad

À tous ceux qui me sont chers de près et de loin.

Samaha

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents Djillali et Omhani, qui m'ont toujours poussé et encouragé dans les moments de doute.

A mes sœurs et frères qui sont très précieux pour moi.

A Toute la famille « Larachi ».

A mes chères amies pour leur encouragement.

À tous ceux qui me sont chers de près et de loin.

Djamila

Dédicaces

*Je dédie ce travail aux personnes dont le sacrifice, l'amour et
l'attention m'ont permis de réaliser cette étude :*

*A mes chers parents, qui m'ont soutenu
et m'ont fourni tous les moyens nécessaires pour réaliser ce travail*

A mes sœurs : Soumia, Torkia, Bakhta, Ikram et Khaldia

A mes frères : Djamel edine et Djellel edine

A mon amie :okba

A tous mes amies et camarades de la promotion.

Souad

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة التباين الظاهري لمخروط الأرز الأطلسي "*Cedrus atlantica Manetti*" لخمس عشائر واقعة ضمن ثلاثة غابات لأشجار الأرز المنتشرة في الجزائر و متباعدة جغرافيا عن بعضها. النتائج التي تم الحصول عليها تكشف عن وجود تباين داخلي بين مجموعة العشائر المختلفة التي تم أخذ عينات منها. حيث ترتبط غالبية السمات المختارة ارتباطاً وثيقاً وإيجابياً ببعضها البعض، جميع المجموعات العشائرية التي تمت دراستها باستثناء منطقة "بوتالب" الواقعة في "الحضنة"، تتميز بمخروط كبير مقارنة بما تم الإشارة إليه في دراسات سابقة. من ناحية أخرى، وجد أن وزن بذور المجموعات المختارة أقل بكثير من القيم المشار إليها فعلياً لـ "الأرز الأطلسي" في حين تتميز مجموعتنا "الشريعة" عن بقية المجموعات بحجم بذورها، حيث سجلت أعلى القيم لجميع السمات التي تمت دراستها. أدت الملاحظات إلى التمييز بين نمطين ظاهريين في "*Cedrus atlantica M*". يبدو على مجموعتي عشائر "الشريعة" وعشيرة "سيدي عبدون" نمطاً ظاهرياً مختلفاً عن ذلك الذي تعبر عنه المجموعتان الأخريان المتواجدتان في "ثنية الحد" و "بوتالب" وهما الأبعد جغرافياً عن بعضهما.

الكلمات المفتاحية: *Cedrus atlantica M*، الأرز الأطلسي، مخروط، بذور، تباين مورفولوجي، الشريعة، ثنية الحد، بوتالب، الجزائر.

Résumé

Le présent travail a pour objectif l'étude de la variabilité phénotypique du cône de *Cedrus atlantica* Manetti au niveau de cinq cédraies d'Algérie, géographiquement isolées.

Les résultats obtenus révèlent la présence d'une variabilité au sein et entre les différentes populations échantillonnées. La majorité des traits sélectionnés sont corrélés significativement et positivement entre eux. Toutes les populations étudiées à l'exception de celle de Boutaleb qui est située dans la Hodna, présentent un cône de grande taille par rapport à ce qui a été indiqué dans d'autres études. Par contre, le poids des graines des populations sélectionnées s'avère significativement inférieur par rapport aux valeurs déjà indiquées pour le *Cedrus atlantica*. Les deux populations de Chréa se distinguent par rapport au reste des populations par la taille de leurs graines qui enregistrent les valeurs les plus élevées pour l'ensemble des traits analysés. Les observations ont conduit à la distinction de deux phénotypes chez *Cedrus atlantica M.*; les deux populations de Chréa ainsi que la population de Sidi Abdoune manifestent un phénotype différent de celui exprimé par les deux autres populations (rond-point « Theniet el had » et Boutaleb) qui sont géographiquement les plus éloignées.

Mots clé : *Cedrus atlantica M*, cèdre de l'Atlas, cône, graines, variabilité morphologique, Chréa, Theniet el had, Boutaleb, Algérie.

Abstract

The objective of this work is to study the phenotypic variability of the *Cedrus atlantica* Manetti cone in five geographically isolated Algerian cedar groves.

The results obtained reveal the presence of variability within and between the different populations sampled. The majority of the selected traits are significantly and positively correlated with each other. All the populations studied except that of Boutaleb which is located in the Hodna, have a large cone compared to what has been indicated in other studies. On the other hand, the seed weight of the selected populations is found to be significantly lower than the values already indicated for *Cedrus atlantica*. The two populations of Chr ea are distinguished from the rest of the populations by the size of their seeds, which recorded the highest values for all the traits analyzed. The observations led to the distinction of two phenotypes in *Cedrus atlantica* M .; the two populations of Chr ea as well as the population of Sidi Abdoune show a different phenotype from that expressed by the two other populations (rond-point "Theniet el had" and Boutaleb) which are geographically the most distant.

Keywords: *Cedrus atlantica* M, Atlas cedar, cone, seeds, morphological variability, Chr ea, Theniet el had, Boutaleb, Algeria.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas	6
Figure 2. Répartition du cèdre de l'Atlas en Afrique du nord	7
Figure 3. Répartition du cèdre de l'Atlas en Algérie	8
Figure 4. Carte de situation du parc national de Theniet el had	16
Figure 5. Situation géographique du Parc National de Chréa	17
Figure 6. Situation géographique du massif forestier de Boutaleb	18
Figure 7. Balance analytique	19
Figure 8. Pied à coulisse digitale.....	19
Figure 9. Graines du cèdre de l'Atlas.....	20
Figure 10. Les mesures effectuées sur le cône.....	21
Figure 11. Les mesures effectuées sur les graines et les ailes.....	22
Figure 12. Poids moyen des cônes au niveau des cinq populations.....	24
Figure 13. Longueur moyennes des cônes au niveau des cinq populations.....	25
Figure 14. Diamètre moyen des cônes au niveau des cinq populations.....	26
Figure 15. Nombre d'étage moyenne du cône au niveau des cinq populations.....	27
Figure 16. Longueur moyenne de rachis du cône au niveau des cinq populations.....	28
Figure 17. Nombre de graines dans le premier tiers du cône au niveau des cinq populations.....	30
Figure 18. Nombre de graines dans le deuxième tiers du cône.....	31
Figure 19. Nombre de graines dans le troisième tiers du cône.....	32
Figure 20. Poids moyen de 25 de graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	33
Figure 21. Poids de 25 graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.....	34
Figure 22. Poids de 25 de graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.....	35

Figure 23. Longueur moyenne des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	36
Figure 24. Longueur des graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations..	37
Figure 25. Longueur des graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations...	38
Figure 26. Largeur des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	39
Figure 27. Largeur des graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations....	40
Figure 28. Largeur du grain dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.....	41
Figure 29. Epaisseur des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	42
Figure 30. Epaisseur des graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations...	43
Figure 31. Epaisseur des graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations...	44
Figure 32. Longueur moyenne des ailes dans le premier tiers du cône au niveau des cinq populations.....	45
Figure 33. Longueur moyenne des ailes dans le deuxième tiers du cône au niveau des cinq populations.....	46
Figure 34. Longueur moyenne des ailes dans le troisième tiers du cône au niveau des cinq populations.....	47
Figure 35. Largeur moyenne des ailes dans le premier tiers du cône au niveau des cinq populations.....	48
Figure 36. Largeur moyenne des ailes dans le deuxième tiers du cône au niveau des cinq populations.....	49
Figure 37. Largeur moyenne des ailes dans le troisième tiers du cône au niveau des cinq populations.....	50
Figure 38. Pourcentage des différentes formes de Graines.....	51
Figure 39. Analyse en composantes principales élaborée sur l'ensemble des populations retenues.....	52
Figures 40. Analyse statistique en dendrogrammes pour l'ensemble de variables mesurées...	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractères botaniques et biologiques des différentes espèces de cèdre.....	3
Tableau 2. Les coordonnées géographique des sites de prélèvements.....	14
Tableau 3. Variable qualitative.....	20
Tableau 4. Variables quantitatives.....	21
Tableau 5. Analyse de la variance du poids du cône dans les cinq populations.....	24
Tableau 6. Analyse de la variance de la longueur du cône dans les cinq populations.....	25
Tableau 7. Analyse de la variance du diamètre du cône dans les cinq populations.....	26
Tableau 8. Analyse de la variance du nombre d'étage du cône dans les cinq populations....	28
Tableau 9. Analyse de la variance de la longueur de rachis dans les cinq populations.....	29
Tableau 10. Analyse de la variance du nombre de graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	30
Tableau 11. Analyse de la variance du nombre de graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.....	31
Tableau 12. Analyse de la variance du nombre de graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.....	32
Tableau 13. Analyse de la variance du poids de 25 graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	33
Tableau 14. Analyse de la variance du poids de 25 graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.....	34
Tableau 15. Analyse de la variance du poids de 25 graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.....	35
Tableau 16. Analyse de la variance de la longueur des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	36
Tableau 17. Analyse de la variance de la longueur des graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.....	37

Tableau 18. Analyse de la variance de la longueur du grains dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.....	38
Tableau 19. Analyse de la variance de la largeur des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	39
Tableau 20. Analyse de la variance de la largeur des graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.....	40
Tableau 21. Analyse de la variance de la largeur des graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.....	41
Tableau 22. Analyse de la variance de l'épaisseur des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	42
Tableau 23. Analyse de la variance de l'épaisseur des graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.....	43
Tableau 24. Analyse de la variance de l'épaisseur des graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.....	44
Tableau 25. Analyse de la variance de la longueur des ailes dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	45
Tableau 26. Analyse de la variance de la longueur des ailes dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.....	46
Tableau 27. Analyse de la variance de la longueur des ailes dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.....	47
Tableau 28. Analyse de la variance de la largeur des ailes dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.....	48
Tableau 29. Analyse de la variance de la largeur des ailes dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.....	49
Tableau 30. Analyse de la variance de la largeur des ailes dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.....	50
Tableau 31. Pourcentage des différentes formes de graines chez les cinq populations.....	51

LISTE DES ABREVIATIONS

DC : Diamètre de cône

EG : Epaisseur de graine

FG : Forme de graine

G : Graine

LA : Longueur d'aile

Larg G : Largeur de graine

LG : Longueur graine

LR : Longueur rachis

Lrg A : Largeur d'aile

Nb : Nombre

P : Population

P1 : Boutaleb

P2 : Chréa versant nord

P3 : Chréa versant sud

P4 : Theniet el had (Rond-point)

P5: Theniet el had (Sidi.Abdoune)

PC : Poids du cône

PG : Poids de graine

Table des matières

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....1

Première partie: Synthèse bibliographique

1. cèdre

1.1. Généralité sur le genre cedrus	3
1.2. Généralité sur Cedrus atlantica Manetti.....	3
1.3. Systématique	3
1.4. Description morphologique	4
1.5 Cycle de développement	5
1.6. Aires de répartition	7
1.6.1. Aire naturelle de répartition (en Algérie et Maroc)	7
1.6.1.1 En Maroc	7
1.6.1.2 En Algérie	8
1.6.2. Dans le monde	9
1.6.2.1 Aire d'introduction du cèdre de l'Atlas	9
1.7. Intérêt du cèdre d'Atlas	10
1.7.1. Écologique	10
1.7.2. Thérapeutique	10
1.7.3. Industriels	10

2. La variabilité chez les espèces.

2.1. Les différents niveaux de mesures de la variabilité	11
2.2. Méthodes d'études de la variabilité (polymorphisme).....	11
2.2.1. Polymorphisme morphologique.....	11
2.2.2. Polymorphisme biochimique	12
2.2.3. Polymorphisme moléculaire.....	12
2.2.4. Polymorphisme chromosomique	12

Deuxième partie: Matériel et méthodes

1. Objectif	14
2. Site d'échantillonnage.....	14
3. Présentation des sites d'échantillonnage.....	14
4. Matériel utilisé.....	18
4.1. Matériel végétal.....	18
4.2. Matériel utilisé sur terrain	18
4.3. Matériel utilisé au laboratoire	18
5. Méthodologie	19
5.1. Méthode d'échantillonnage.....	19
5.2. Collectes des cônes.....	19
5.3. Mesures effectuées	20
5.3.1. Trait qualitatif	20
5.3.2. Traits quantitatifs.....	20
6. Analyse numérique de la variabilité morphologique.....	22

Troisième partie: Résultats et discussion

1. Analyse de la variance.....	24
1.1. Paramètres quantitatifs.....	24
1.1.1. paramètres liés ou cône.....	24
a. Poids du cône.....	24
b. Longueur du cône.....	25
c. Diamètre du cône.....	26
d. Nombre d'étages par cône.....	27
f. Longueur de rachis du cône.....	28
1.1.2. Paramètres liés aux graines.....	30
a. Nombre de graines dans le premier tiers du cône.....	30
b. Nombre de graines dans le deuxième tiers du cône.....	31
c. Nombre de graines dans le troisième tiers du cône.....	32
d. Poids de 25 graines dans le premier tiers du cône.....	33
e. Poids de 25 graines dans le deuxième tiers du cône.....	34
f. Poids de 25 graines dans le troisième tiers du cône.....	35
g. Longueur des graines dans le premiers tiers du cône.....	36
h. Longueur des graines dans le deuxième tiers du cône.....	37
i. Longueur des graines dans le troisième tiers du cône.....	38
j. Largeur des graines dans le premiers tiers du cône.....	39
k. Largeur des graines dans le deuxième tiers du cône.....	40
l. Largeur des graines dans le troisième tiers du cône.....	41
m. Epaisseur des graines dans le premiers tiers du cône.....	42
n. Epaisseur des graines dans le deuxième tiers du cône.....	43
o. Epaisseur des graines dans le troisième tiers du cône.....	44
1.3. Paramètres liés aux ailes.....	45
a. Longueur des ailes dans le premiers tiers du cône.....	45
b. Longueur des ailes dans le deuxième tiers du cône.....	46
c. Longueur des ailes dans le troisième tiers du cône.....	47

d. Largeur des ailes dans le premiers tiers du cône.....	48
e. Largeur des ailes dans le deuxième tiers du cône.....	49
f. Largeur des ailes dans le troisième tiers du cône.....	50
1.2. Trait qualitatif.....	51
1.2.1. Forme des graines	51
2. Discussion.....	54
Conclusion.....	57
Références bibliographiques.....	59



Introduction

Introduction

L'Algérie est un grand centre de diversité biologique ; sa position géographique et la structure de ses étages bioclimatiques font de ses terroirs un gisement relativement important de ressources génétiques. Parmi ce patrimoine national ; les forêts qui constituent un véritable pôle de diversification des espèces représentant ainsi une valeur biologique exceptionnelle et un intérêt biogéographique irremplaçable (Boukerker, 2016).

Cedrus atlantica (cèdre de l'Atlas) est une essence forestière endémique de l'Afrique du nord, il constitue les principales formations forestières montagnardes, sur environ 132 000 ha. Ces peuplements présentent d'importants atouts en rapport avec leur grande diversité biologique et leur impact sur l'équilibre socio-économique des zones de montagne et de plaine (Satrani et al, 2009). En Algérie, le cèdre occupe une surface d'environ 33 000 ha répartie sur deux ensembles naturels : Les cédraies humides localisées sur les montagnes littorales bien arrosées (Babors, massif de Djurdjura, l'Atlas Blidéen, Ouarsenis), et les cédraies sèches occupant les montagnes méridionales continentales de l'Atlas saharien. Ces dernières, sont représentées à l'est par les cédraies des Aurès et de Belezma, qui couvrent environ 17 000 ha (Bentouati et Oudjehih, 1999).

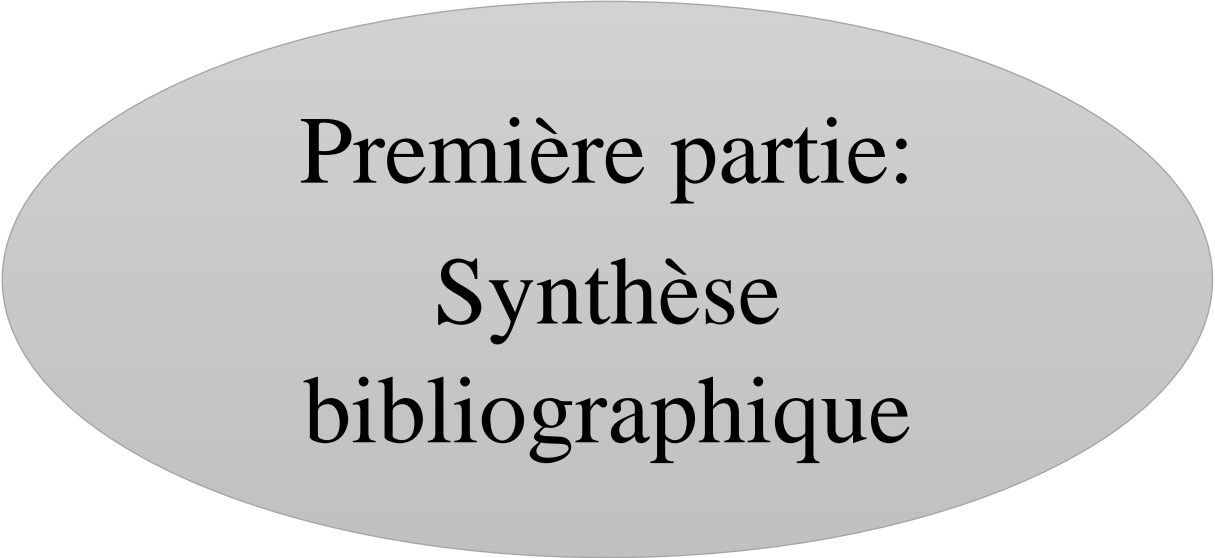
La présence de *Cedrus atlantica* en Afrique du nord est très ancienne. Il y est établi depuis le Pléistocène moyen, voire inférieur. Cependant sa répartition ne fut pas toujours celle que nous connaissons actuellement. Aux pays du Maghreb il a été identifié par le pollen dans le Hoggar, au sud et au nord-ouest de la Tunisie, dans le Rif, le Moyen Atlas et le Haut Atlas oriental (Maroc), montrant ainsi la vaste distribution des lointains ancêtres des cèdres (Nadjahi, 1988). Son aire actuelle en Algérie, est incluse partiellement dans quelques aires protégées (réserve naturelle des Babors, Parc National du Djurdjura, de Chréa et de Theniet el had.), en dehors desquelles, il ne bénéficie pas de mesures de conservation particulières.

Pour une meilleure conservation de cette relique tertiaire en Algérie, il est nécessaire de mettre à la disposition du gestionnaire des outils d'aide à la décision comprenant une base de données sur l'espèce. Selon Piovesan et al. (2009) l'efficacité des mesures de gestion et de conservation des peuplements d'espèces peut être augmentée par les études visant à comprendre les mécanismes sous-tendant leur structure. La connaissance de l'étendue de la variabilité morphologique et génétique, mais aussi des stratégies reproductives des espèces forestières

constituent des outils d'aide à la décision dans le choix des populations à inclure dans les programmes de conservation des ressources génétiques forestières ; dans les stratégies de collecte du matériel génétique pour constituer les banques de semences ou les germoplasmes (Krouchi, 2010).

Il est à signaler que le Cèdre de l'Atlas possède une distribution discontinue entre l'Algérie et le Maroc. L'isolement éco-géographique des populations joue un rôle essentiel dans la diversification des phénotypes et des structures génétiques. Par limitation des flux de gènes, ces populations divergent et finissent par subir une différenciation adaptative aux conditions écologiques locales et régionales. Les populations de cèdres vivent sous des conditions écologiques variées. Aussi, compte tenu d'une répartition aussi vaste et surtout aussi morcelée, nous nous sommes demandé s'il ne serait pas apparu une certaine différenciation. C'est dans ce contexte que nous proposons d'apporter une contribution.

L'objet de cette étude, consiste à identifier la variabilité que recèlent les populations de cette espèce sur différentes localités géographiques et écologiques et de rechercher son origine. Des prélèvements des cônes ont été effectués en Algérie, sur plusieurs sujets au niveau de cinq sites différents des régions de développement de cette espèce en s'appuyant sur une étude morphologique.



Première partie:
Synthèse
bibliographique

1. Le cèdre

1.1. Généralités sur le genre *Cedrus*

Le cèdre, espèce essentiellement montagnarde, occupe des surfaces d'importance inégale et forme spontanément trois blocs géographiques distincts : Afrique du Nord, Asie mineure et Himalaya (M'hrit, 1999)

Le genre *Cedrus*, appartenant à la famille des pinacées, est considéré comme étant le plus ancien après le genre *Pinus* (Gaussen, 1967). Il comprend quatre espèces (Tableau.1) qui sont : *Cedrus libani* (cèdre de Liban), *Cedrus brevifolia* (cèdre de Chypre), *Cedrus deodara* (espèce himalayenne) et *Cedrus atlantica* Manetti (Derridj, 1990).

Tableau 1. Caractères botaniques et biologiques des différentes espèces de cèdre (Toth, 2005).

Espèce	TA (cm)	LC (c)	DC (cm)	LG(cm)	EG (cm)	EP DM
<i>C. atlantica</i>	1-2.5	5-8	3-5	0.8-1.3	2.5-3.5	Mi-septembre 2ans
<i>C.libani</i>	1-3.5	8-12	3-6	1-1.4	3.5-4	Mi-septembre 2ans
<i>C.previfolia</i>	0.5-1.5	5-10	3-6	0.8-1.4	3-4	D. septembre 2ans
<i>C.deodara</i>	2-6	7-13	5-9	1-1.5	3.5-4.5	D. Novembre 1 ans

TA=Taille des aiguilles, LC=Longueur des cônes, DC= Diamètre des cônes, LG=Longueur des graines, EG=Envergure des graines, EP=Epoque de pollinisation, D=début et DM=Durée de maturité.

1.2. Généralité sur *Cedrus atlantica* Manetti

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une essence forestière originaire d'Afrique du nord. Elle est considérée comme étant l'essence noble par excellence (Boudy, 1950 in Krouchi, 2010). En Algérie, le cèdre apparaît en populations très dispersées occupant partout les sommets des montagnes.

1.3. Systématique

Emberger (1960) a attribué au genre *Cedrus* la systématique suivante:

- ✓ Embranchement : Spermaphyte
- ✓ Sous-embranchement : Gymnosperme
- ✓ Classe : Vectrice
- ✓ Ordre : Coniférales
- ✓ Sous -ordre : Abiétales
- ✓ Famille : Pinacées
- ✓ Sous-famille : Abiétées
- ✓ Tribu des Lariceae

- ✓ Genre : Cèdrus
- ✓ Espèce : *Cedrus atlantica* Manetti
- ✓ Nom vernaculaire : -arabe : Meddad ou El-Arz.
 - berbère : Beguenoun ou Inguel.
 - français : cèdre de l'Atlas

1.4. Description morphologique

Le cèdre de l'atlas, espèce monoïque, est un arbre magnifique pouvant atteindre 40 m de hauteur et de 2 à 3 m de circonférence, Il possède un système racinaire extrêmement puissant, le fut puissant de l'arbre se termine par la flèche, c'est la pousse terminale si grêle, si fine si souple qu'elle se recourbe et cède à la moindre brise. Les feuilles de cèdre sont groupées au sommet de très courts rameaux, en petite bouquets de 30 à 40 aiguilles appelés encore mésoblastes, un bourgeon occupe le centre de ces couronnes, les aiguilles, de 1 à 2 cm de longueur sont raides glauques ou verte et vivent généralement 3 ans (M'hirit et Benzane, 2006). Le fruit se développe immédiatement mais il ne sera mur qu'à l'automne de la 3eme année. C'est un cône de la grosseur d'un œuf, à sommet souvent tronqué il est lisse, velouté, très résineux et formé d'une multitude d'écailles à l'abri desquelles la graine mûrit lentement, le moment de la dissémination venu , le cône s'effeuille au vent , les graines ailées volent loin et seul l'axe du cône persiste assez longtemps , contrairement à ce que l'on constate chez les pins, c'est l'humidité ,et non la sécheresse qui détermine la déhiscence des cône ((M'hirit et Benzane, 2006).

La longévité du cèdre de l'Atlas est impressionnante elle dépasse 600 à 700 ans on lui attribue 1000 ans et plus. Il peut donner des graines fertiles jusqu'à un âge avancé (Boudy, 1952).

a. L'arbre : C'est un arbre pyramidal avec un fût droit, et haute taille dépassant souvent 50m, et en moyenne 40m dans les peuplements soit anciens en sol profond, soit serrés (Boudy, 1952 ; Toth, 1990). Cime régulière et pointue à flèche courbée quand il est jeune ou d'âge moyen, il prend une forme tabulaire en vieillissant (Boudy ,1952)

b. L'écorce : est épaisse, rugueuse de couleur noirâtre (M'hirit, 2006).

c. Les aiguilles : persistantes 3-4 ans, aiguës, assez rigides, 15 à 20 mm, leur couleur allant du vert clair foncé ou glauque jusqu'au bleu. Sur rameaux longs: isolées et soudées à l'écorce ; sur rameaux courts : par rosettes (Boudy, 1952 ; Toth. 1990).

d. Fleurs : le chaton femelle est plus petit de forme ovoïde et de Couleur vert bleuâtre (M'hirit, 2006) le chaton mâle de forme ovoïde et de couleur jaune orangé

e. Cône : est cylindrique à sommet aplati, de 5 à 8 cm de long, vert avant maturité puis brun (Debazac, 1964). Les vieux cèdres sont des porteurs du plus grand nombre de cônes aux graines fertiles. (Toth, 1973).

f. Graine : sont d'une forme triangulaire, dont la longueur est de 10 à 15 mm, empreintes d'une couleur marron roux et munies de larges ailes, tendres et enveloppées d'une pellicule résineuse protectrice (Azzouni,1980).

1.5. Cycle de développement

Le cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas, depuis la production des graines jusqu'à leur dissémination, s'étale sur trois années (Till, 1985 in Emile roche, 2007) mais il peut se prolonger jusqu'à quatre ans dans certaines conditions (Toth, 1984).

1.5.1. Les inflorescences mâles

L'inflorescence mâle apparaît fin juin de l'année N (N représente l'année de floraison) sous la forme de bourgeon arrondi, vert tendre de quelques millimètres au cœur d'une rosette d'aiguilles. Elle croît progressivement jusqu'à sa taille définitive (1 cm de diamètre et 2 -5 cm de longueur) atteinte début septembre, en devenant jaune verdâtre. Elle arrive à la maturité mi-septembre, moment où elle s'ouvre pour confier au vent ses grains de pollen, puis sèche assez lentement pour tomber pendant l'automne ou l'hiver (Derridj, 1990 ; Toth, 2005 ; Emile , 2007).

1.5.2. Les inflorescences femelles

a- Année N

L'inflorescence femelle est solitaire, dressée et insérée à l'extrémité d'un rameau court (Derridj, 1990). Au début elle est très semblable à l'inflorescence mâle. Mais elle apparaît plus tard, fin d'Août (Toth ,2005). Sa croissance est rapide, elle atteint la taille de 0.5 cm de diamètre et 1.5 cm d longueur à la mi-septembre, tout en restant verte, avec des écailles ouvertes pendant le même mois, alors que le chaton mâle libère ses grains de pollen permettent la pénétration des graines de pollen que lui apporte le vent. En Octobre, les écaillasse

renferment lentement et l'inflorescence se transforme en cônelet, sans changer de dimension ni de couleur. (Derridj, 1990 ; Toth ,2005)

Les grains de pollen ayant atteint une fleur femelle sont progressivement canalisés vers un ovule et s'installent à l'intérieur du micropyle. Ils y passeront l'hiver bien protégés sans émettre de tube pollinique. La fécondation proprement dite aura lieu 08 mois après la pollinisation (Toth, 2005 in Majour, 2015).

b- Année N+1

L'année de la fécondation, pendant les deux mois qui suivent le débourrement, de fin mars à fin mai, les cônelets et leurs ovules doublent de dimension. A la fin mai, les graines de pollen émettent leurs tubes polliniques vers l'intérieur de l'ovule, permettant ainsi la fusion des gamètes mâles et femelle. Les cônelets deviennent alors des cônes qui vont continuer à grossir en gardant leur couleur verte jusqu'à septembre où ils atteignent leur taille définitive (diamètre 3 à 5 cm, longueur 5 à 8 cm). Vers les mois de septembre et d'octobre, les cônes vont connaître une sorte de décroissance de poids qui coïncide avec les virages de couleur. A la fin de l'année N+1, les cônes ne contiennent plus que 20 % d'eau, les graines sont déjà formées (Derridj, 1990 ; Toth, 2005).

c- Année N+2

La déshydratation des cônes se poursuit jusqu'au mois d'août, sans aucun changement d'aspect, c'est-à-dire les cônes restent dures et les écailles fermées. L'ouverture des écailles commence en haut des cônes au mois de septembre et se poursuit au cours du mois d'octobre. La désarticulation des cônes et la dissémination naturelle des graines commence à partir de la deuxième partie de novembre et peut durer jusqu'en avril de l'année N+3. Les rachis demeurent longtemps sur les rameaux (Toth, 2005).

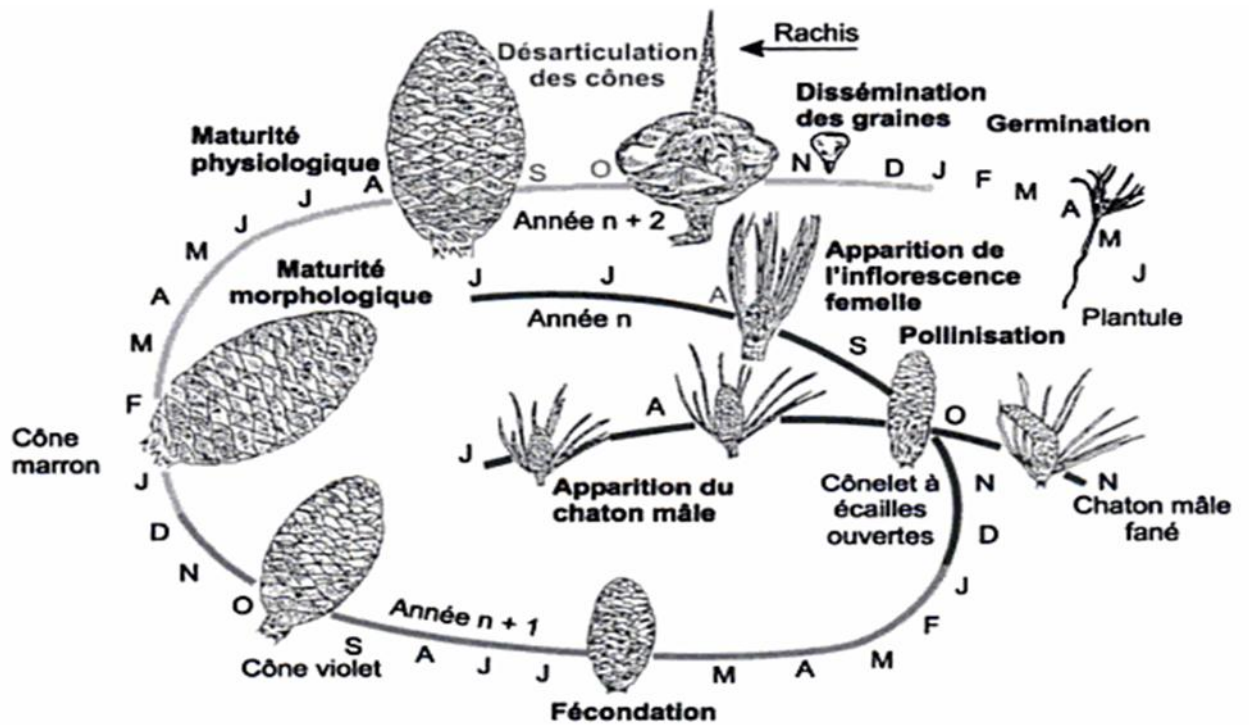


Figure 1. Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas (Derridj, 1990)

1.6. Aire de répartition

1.6.1. Aire naturelle de répartition (en Algérie et Maroc)

Cedrus atlantica Manetti, comprend l'Atlas marocain (130 000 ha), le Rif (15 000 ha) et l'Atlas algérien (40.000 ha) (M'hirit, 1999). Sa répartition géographique est représentée sur la figure ci-dessous.

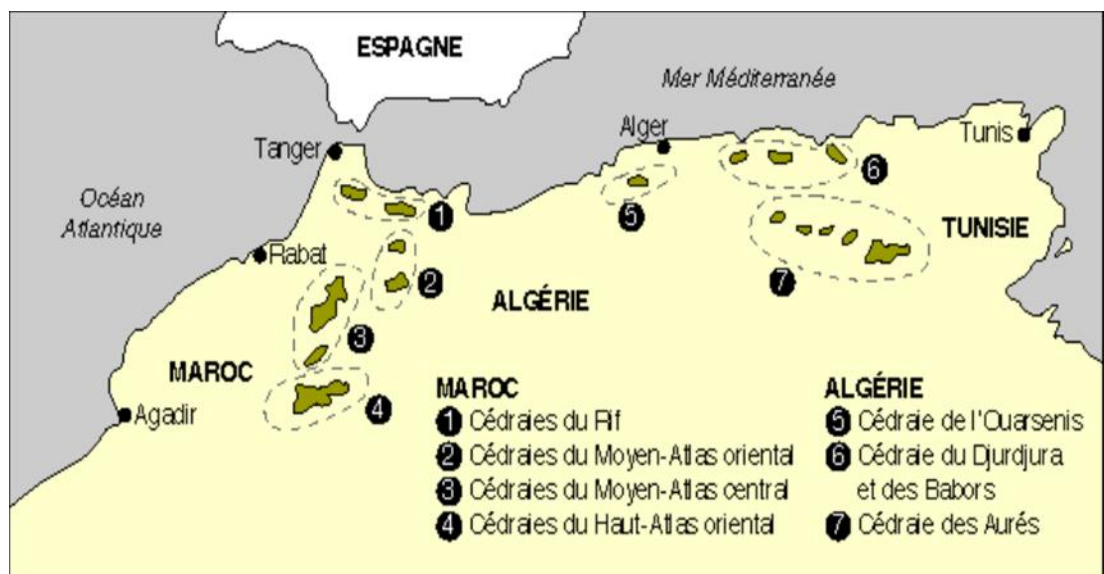


Figure 2. Répartition du cèdre de l'Atlas en Afrique du nord (M'hirit, 1994)

1.6.1.1. En Maroc

Le cèdre de l'Atlas s'organise, en Maroc dans les montagnes marocaines :

a- les cédraies du rif : d'une superficie de l'ordre de 15 000 ha où le cèdre se développe à partir de 1500 m, en mélange avec le sapin du Maroc, sur des substrats quartzeux x-schisteux de la nappe de Kétama ou des substrats gréseux de la nappe de Tizirène (M'hirit, 1999)

b- Les cédraies du Moyen-Atlas central : constituent l'ensemble le plus important du cèdre de l'Atlas, d'une Superficie de l'ordre de 120 000 ha, deux groupes se distinguent par leur structure morphologique et phytoécologique (M'hirit, 1999)

c- Les cédraies du Moyen-Atlas Oriental : (23.000 ha) individualisées en petits îlots dans les massifs du Bou Iblane de Taffert et de Tamtroucht au nord et dans les massifs de Bou Naceur au sud (Bariteau *al.* 1999).

d- Les cédraies du Haut-Atlas Oriental : avec une superficie de 26.000 ha, développées sur les versants Nord de Jbel Layachi et du Jbel Masker sur marno-schistes calcaires et présentant des affinités avec les précédentes (Quezel et *al.*, 1987 in Bariteau *al.*, 1999).

1.6.1.2. En Algérie

En Algérie, la surface couverte par le cèdre est très restreinte et son aire est disjointe. Les données sont très hétérogènes et les carences sont liées principalement à l'insuffisance des inventaires forestiers. Les derniers aménagements forestiers datent de 1984 et n'ont pas été renouvelés. D'après (Quezel, 1998), la surface du cèdre ne dépasse guère les 30 000 hectares. Ce même auteur estime que cette superficie a encore diminué pour ne représenter à l'heure actuelle que seulement 20 000 hectares. (Bentouati, 2008)

a- Les cédraies de l'Atlas tellien sont individualisées en quatre îlots : le massif du Djurdjura (200 ha), des Babors (1300 ha), de l'Ouarsenis (1 000 ha) la plus occidentale du pays avec celle de Theniet El had et du mont blidien (1000 ha) sur grès calcaire, schistes et marno-calcaire.

b- Les cédraies de l'Atlas saharien ensemble le plus important de la cédraie algérienne, constituent d'importants peuplements dans les Monts des Aurès et du Belezma (17 000 ha.) ainsi que dans les Monts du Hodna (8 000 ha) sur dolomies et calcaires dolomitiques du Jurassique supérieur et sur calcaire du Crétacé inférieur (Faurel et *al.*, 1949 ; Abdessemed, 1981).

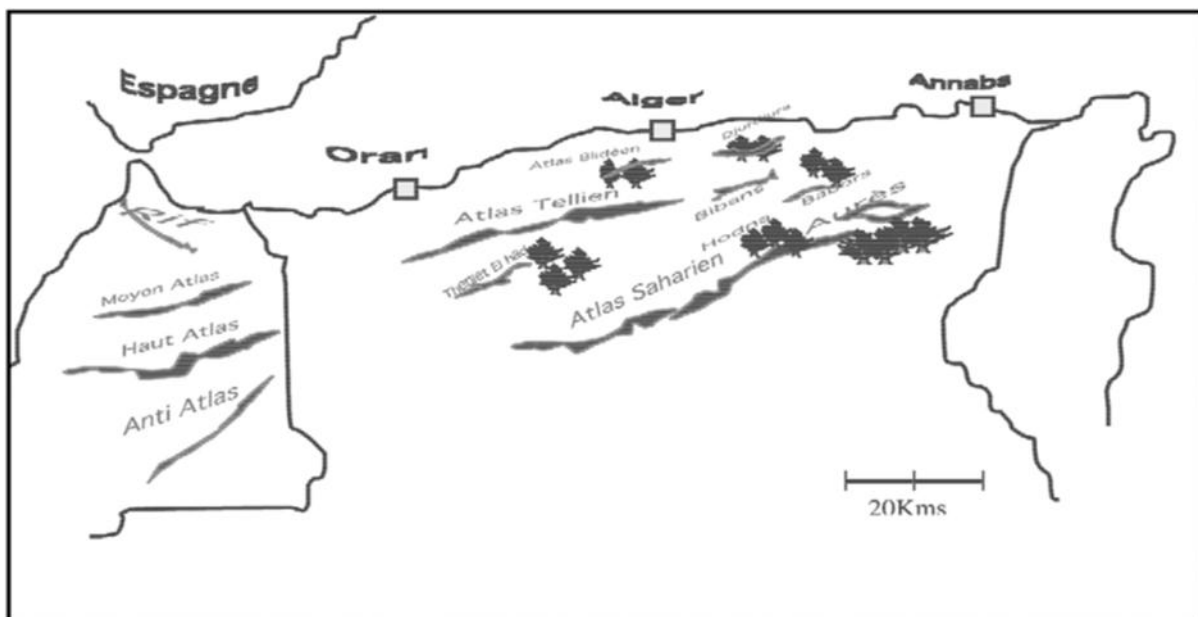


Figure 3. Répartition du cèdre de l'Atlas en Algérie (Bentouati, 2008)

1.6.2. Dans le monde

1.6.2.1. Aire d'introduction du cèdre de l'Atlas

- La première introduction de l'espèce, en dehors de son aire naturelle a été réalisée au sud de la France (Mont Ventoux) en 1862 sur une surface de dix hectares semés à l'aide des graines provenant d'Algérie (Toth, 1970).
 - En Italie, le cèdre de l'Atlas est également utilisé dans ce pays comme espèce de reboisement. Son introduction remonte au 19^{ème} siècle, période où il fut planté en Toscane. Depuis, les cèdres peuplent sur près de 1000 ha plusieurs régions du sud et du centre de l'Italie (Michele et al, 2001). Andrea et Roberto (1994), tout comme Pandolfi et al (1996), renseignent aussi le cèdre au centre de l'Italie, les premiers au sud de la montagne Pratomagno, les seconds dans la région de Marche.
 - En Bulgarie, Les premiers cèdres ont été plantés en 1876 (Delkov et Grozev ,1994) précisent qu'on peut les trouver dans divers endroits du pays.
 - Autres (Lasram, 1994) indiquent que *Cedrus atlantica* a été introduit en Russie comme espèce de reboisement, sans donner plus de précisions sur son implantation. (Toth ,2005) parle de l'introduction du cèdre au Portugal en 1935, mais il n'indique pas si ces peuplements ont perduré (M'hirit ,1994) signale son introduction dans quelques états des Etats-Unis :

Pennsylvanie, New York, Côte pacifique. Il cite également des reboisements sur grande échelle en Crimée (Ukraine) et dans le Caucase.

1.7. Intérêts du cèdre de l'Atlas

1.7.1.Écologique

Le cèdre de l'atlas est caractéristique non seulement de par sa facilité d'adaptation et sa rusticité mais aussi manifeste les avantages suivants :

- Le cèdre de l'Atlas, est une essence qui a toujours suscité un grand intérêt en raison de ses nombreuses qualités forestières telles que son intérêt écologique, sa faible inflammabilité, sa croissance juvénile appréciable, sa tolérance face aux stress climatiques et son intérêt paysager (Abderrahim, 2011).

- Assure une protection efficace du sol contre l'érosion, du faite de son système racinaire ramifié et profond.

- Dans les cédraies, les strates arbustives et herbacées sont réduites, cela contribue à la diminution du risque de propagation du feu (Toth, 1980).

- De point de vue esthétique, le cèdre de l'Atlas présente un excellent arbre d'ornement, par sa silhouette élancée. Les arbres isolés assurent un ombrage frais et agréable avec leur ramure (Toth, 1980).

1.7.2. Thérapeutique

L'importance de l'extraction des huiles essentielles de cèdre sont présentes dans le processus de fabrication de nombreux produits finis

- Courants d'usage d'huiles essentielles en médecine douce, et leur popularité s'est accrue d'une façon considérable ces dernières années.

- Elles sont également utilisées dans la cosmétique et de la savonnerie. (Abderrahim, 2011)

1.7.3. Industriel

- Le bois du cèdre est qualifié comme étant un excellent bois d'œuvre, son utilisation varie entre la menuiserie, l'ébénisterie, dans la construction, pour les traverses de chemins de fer, la papeterie, parquets et charpentes, en raison de son imputrescibilité (Boudy, 1952 ; Toth, 1980).

- Il peut être utilisé comme arbre d'ornement dans les parcs et les jardins publics, il peut également produire une huile essentielle aromatique qui est utilisée dans l'agroalimentaire pour aromatiser la nourriture (Derak et al, 2008). Ses huiles sont également utilisées dans l'industrie de (Abderrahim, 2011).

2. La variabilité chez les espèces

2.1. Les différents niveaux de mesures de la variabilité

Selon Batiteau (1999) la variabilité génétique chez les arbres forestiers est définie comme la variation, d'origine génétique, entre espèces, entre provenances, entre familles ou entre individus.

Selon Derridj(1991) explique que la variabilité des dimensions des grains de pollen chez *Cedrus atlantica* a été étudiée en fonction de la répartition de l'espèce en Algérie. Les variations de taille ont été mises en évidence par différentes méthodes statistiques. Elles ont discriminé les populations en ensembles se superposant à leur distribution géographique suivant un gradient de dimensions, ce qui plaide en faveur de l'existence "d'écotypes" ayant connu des évolutions différentes. L'influence des conditions climatiques sur la taille des grains de pollens.

2.2. Méthodes d'études de la variabilité (polymorphisme)

Différentes études montrent que les espèces forestières peuvent réagir très rapidement aux contraintes du milieu, en partie grâce à leur niveau élevé de diversité génétique, elle s'observe aussi au travers de la variabilité des caractéristique phénotypique souvent lies a l'adaptation au milieu (M'hirit et Benzyane , 2006).

2.2.1. Polymorphisme morphologique

C'est le polymorphisme de taille, de forme, de couleur etc. la variabilité génétique de la couleur de certaines espèces, appelée polychromatisme, est certainement l'un des polymorphimes qui a été le plus étudié Hubert-Vincent (2007). (Mehdaoui ,2009)

L'étude de la variabilité du cèdre à l'échelle du genre a été envisagée par des marqueurs morphologiques (aiguilles, cônes, pollen, etc.) puis par des marqueurs biochimiques (Panetsos et al, 1992), (Scaltsoyiannes, 1999),(Fady et al, 2000) et moléculaires : RAPD (Renau-Morata et al, 2005), cpSSR ou microsattellites chloroplastiques (Terrab et al, 2006), AFLP (Bou Dagher-Kharrat et al. 2007), ADN chloroplastique « cpDNA » et mitochondrial « mtDNA » (Qiao et al. 2007) et AFLP (Terrab et al. 2008).

La plupart des caractères morphologiques chez le cèdre sont fortement influencés par les facteurs de l'environnement (Bariteau et Ferrandes, 1992).

2.2.2. Polymorphisme biochimique

Selon l'étude de Panestsos et *al* (1992) basée sur des marqueurs biochimiques (isoenzymes), le cèdre de l'Atlas et le cèdre du Liban sont proches et peu différenciés l'un de l'autre, mais se distinguent clairement du cèdre de l'Himalaya et de celui de Chypre. Toutefois, nous pensons que la validité de tels résultats peut être amoindrie du fait que le matériel biologique qu'ils ont analysé provient essentiellement d'arboreta. Scaltsoyiannes (1999) a réparti un échantillon de 21 populations représentant les 4 espèces de cèdres communément admises (*C. atlantica*, *C. brevifolia*, *C. libani* et *C. deodara*) en cinq groupes où il a reconnu l'individualité de *Cedrus deodara* et de *Cedrus atlantica* comme espèces alors qu'il a suggéré la répartition des cèdres de la méditerranée orientale en trois sous-espèces : *Cedrus libani ssp libani* pour les populations Libanaises ; *Cedrus libani ssp stenocoma* pour les populations Turques et *Cedrus libani ssp brevifolia* pour la population de Chypre. En concordance avec Scaltsoyiannes (1999), Fady et *al.* (2000) ont aussi mis en évidence l'étroite relation génétique existant entre les populations Turques de *C. libani* et *C. brevifolia* de Chypre.

2.2.3. Polymorphisme moléculaire

La diversité génétique est décrite à l'aide de marqueur moléculaires. Généralement neutres. C'est-à-dire non sélectionnés par les pressions du milieu. Ce sont de bons indicateurs de l'histoire passées de peuplement (migration, dérive génétique)

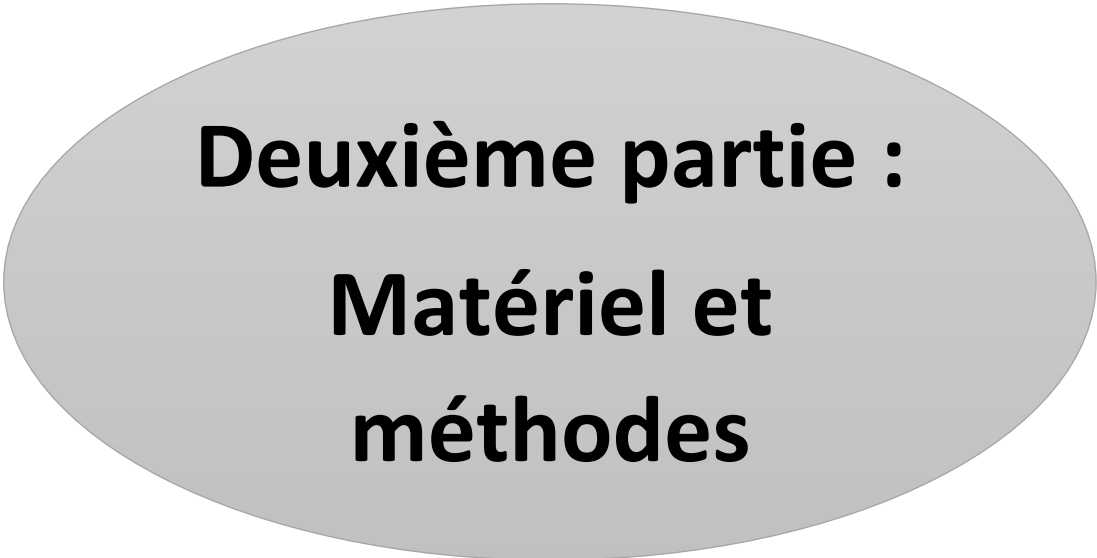
D'après Bariteau et *al* (1999) les marqueurs moléculaires permettent une étude directe de la variabilité du génome. Ils apportent les connaissances nécessaires pour construire rapidement une typologie génétique des populations, et permettent d'asseoir sur des bases plus objectives et plus rigoureuses les schémas de sélection et les programmes de conservation des ressources génétiques forestières (Arbez, 1991). Ils n'ont été utilisés sur le genre *Cedrus* qu'à partir de 1991, par des chercheurs grecs (Christou, 1991 in Bariteau, 1999).

2.2.4. Polymorphisme chromosomique

Bou dagher-Kharrat et *al* (2001) et d'autres auteurs ont tenté une comparaison sur le plan cytogénétique et ont montré que les 4 espèces représentées par plusieurs provenances de 7 pays différents sont peu distinctives sur le plan chromosomique (même quantité totale d'ADN, même nombre de chromosomes $2n = 2x = 24$, même taille et morphologie. Cependant, le nombre de

bandes fluorescentes, riches en GC (Révélées par chromomycine A3 ou CMA) paraît spécifique (8 pour *C. deodora*, 6 pour *C. libani* et *C. brevifolia*, et 4 pour *C. atlantica*)

Une distinction entre les 4 espèces a été également tentée par divers auteurs en comparant les systèmes enzymatiques. (Panetsos et al, 1992) a trouvé que *C. atlantica* et *C. libani* sont très similaires, mais se distinguent de *C. brevifolia* et surtout de *C. deodora*. En revanche, (Scaltsoyiannes, 1999) en étudiant 6 types d'enzymes de 21 populations provenant de 7 pays a observé une importante hétérogénéité inter et intraspécifique chez les 4 espèces et a obtenu un dendrogramme révélant 5 groupes distincts correspondant à *C. libani* ssp *libani*, *C. libani* ssp *Stenocoma*, *C. libani* ssp *brevifolia*, *C. deodora* et *C. atlantica*.



Deuxième partie :
Matériel et
méthodes

1. Objectif

L'objet de cette étude, consiste à identifier la variabilité phénotypique que recèlent les populations de *Cedrus atlantica* M sur différents sites géographiques et écologiques de sa répartition à travers cinq stations séparées, localisées généralement dans les parcs nationaux algériens en se basant sur des traits de reproduction.

2. Sites d'échantillonnage

Les cônes ont été récoltés à maturité entre le mois de novembre et décembre 2019 par l'utilisation d'échantillonnage subjectif. Ils ont été collectés sur 30 individus (arbre) répartis sur cinq sites différents. Chaque site représente une population et chaque population est représentée par des individus échantillonnés éloignés plus de 10 m entre eux. Sur chaque individu, 10 cônes choisis au hasard ont fait l'objet d'une analyse biométrique, Les stations de prélèvement appartiennent à des différents étages bioclimatiques répartir sur quatre wilayas du territoire algérien (tableau2).

Tableau 2. Les coordonnées géographiques des sites de prélèvements

Pop	Sites	Secteur administratif	Latitude	Longitude	Altitude
P1	Boutaleb	Sétif	35.44.14 N	5.21.08 E	1462
P2	Chrèa versant nord	Blida	36.26.05 N	2.52.41 E	1358
P3	Chrèa versant sud	Blida	36.25.50 N	2.53.13 E	1564
P4	Theniet el had (Rond-point)	Tissemsilt	35.52.16 N	1.56.44 E	1494
P5	Theniet el had (S.Abdoune)	Tissemsilt	35.51.08 N	1.59.28 E	1450

2.1. Présentation des sites d'échantillonnage

2.1.1. Le parc national de Theniet el had :

Le Parc national de Theniet el had est un massif forestier occupant les deux versants du Djebel El Meddad (Montagne des cèdres). Il est situé à 173 km au sud-ouest d'Alger et à peu près à 48 km du chef-lieu de la wilaya de Tissemsilt. (Kacha et al, 2017).

Le parc se situe entre les coordonnées géographiques : 35°49'41'' et 35°54'04'' de latitude Nord et 01°52'45'' et 02°02'04'' de longitude Est (Fig. 4). (Kacha et al, 2017). Il est d'une superficie totale de 3 460 ha, où la cédraie occupe une surface d'environ 1 000 ha (Sarmoum et al, 2018). Son étage bioclimatique s'étale entre le subhumide et l'humide.

a. Climat

Par manque de données climatiques récentes au niveau de la cédraie de Theniet El Had, nous nous sommes référés aux données de (Seltzer, 1946) relatives à la ville de Theniet el had enregistrées durant la période 1913-1938 à une altitude de 1160m.

(Seltzer, 1946) relève qu'à chaque élévation altitudinale de 100m

-la pluviosité augmente de 40 mm.

-la température maximale baisse de 0.7°C.

-la température minimale baisse de 0.45°C.

Les données seront alors extrapolées à partir de celles enregistrées dans la ville et corrigées pour la cédraie. L'altitude moyenne de la zone d'étude est retenue égale à 1570m. Donc la zone d'étude se caractérise par un climat humide à hiver froid.

b. Sol

Les sols du parc sont assez maigres, peu profonds et déchirés souvent par roche à nu et entre coupé d'escarpements rocheux atteignant une centaine de mètres de hauteur (Melazem, 1990), repose sur des grés numidiens. Il existe de nombreux substrats essentiellement à base de calcaire, de marnes et de schistes dans les basses altitudes (Belkaid, 1988).

D'après l'étude bulgare trois types de sols (Anonyme, 1984) : on distingue

Sol d'apport colluvial : appartenant à la classe des sols peu évolués, ils se localisent sur des terrains à faibles pentes. Ils se caractérisent par une hétérogénéité de structures et de textures, résultant des phases successives de colluvionnement.

Lithosols : appartenant jà la classe des sols minéraux brutes d'érosion, ces sols se localisent sur les fortes et moyennes pentes où l'érosion hydrique y est accentuée.

Sol brunifiés lessivés : sont de type ABC de profil pédologique complet. L'horizon superficiel est riche en azote, en potassium et en matière organique.

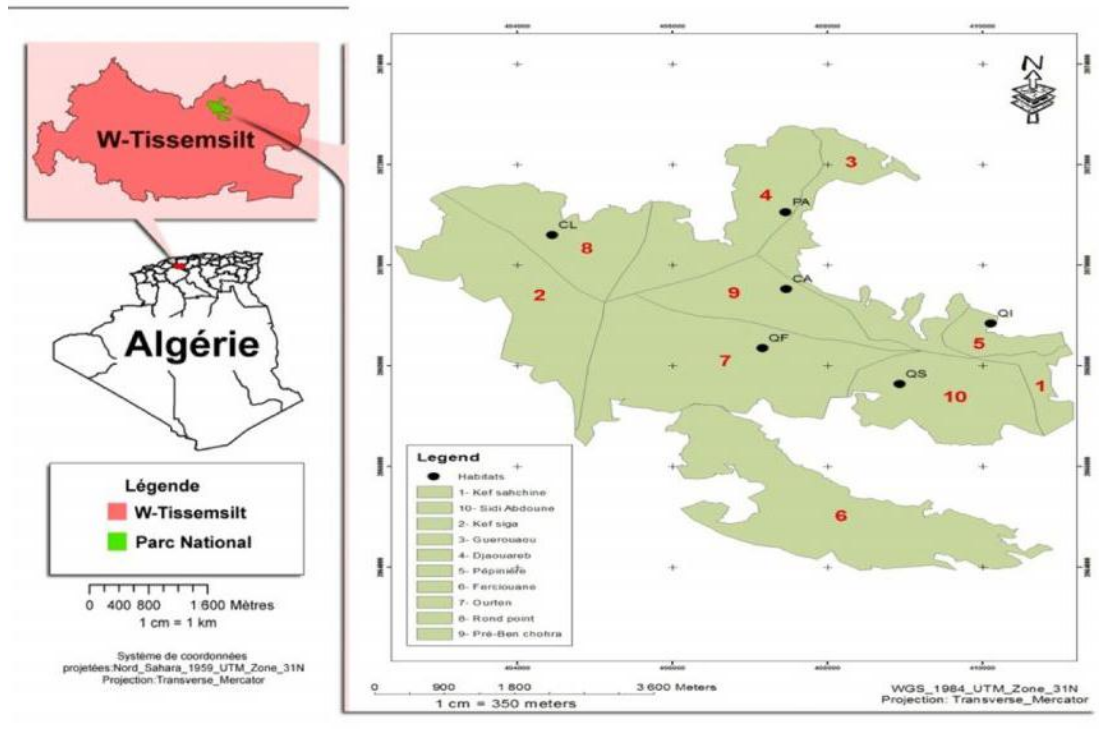


Figure 4. Carte de situation du parc national de Theniet el had (Kacha et al ,2017)

2.1.2. Le parc national de Chréa

Le parc national de Chréa est une aire protégée qui s'étale sur une superficie de 26587 Ha. Situé à 50 km au sud-ouest d'Alger; Il chevauche respectivement sur la wilaya de Blida et la wilaya de Médéa, (Dahel, 2015)

Le parc national de Chréa contribue aussi au ressourcement permanent de la nappe phréatique de la Mitidja en eau souterraine.

Le cèdre de l'Atlas est l'espèce la plus emblématique du parc . Elle couvre d'un seul tenant 1200 ha (qui est la zone d'endémisme de cette espèce)

Il est important de souligner que le cèdre de l'Atlas est la seule espèce qui valorise naturellement les zones de montagne. Aucune autre espèce ne peut la remplacer. Par sa position bioclimatique sur les sommets de montagne, la valeur Esthétique de ce peuplement et les caractéristiques climatiques, (neige en hiver, fraîcheur en été), (Dahel, 2015).

a. Climat

Le climat est caractérisé par une pluviosité exceptionnelle ; l'Atlas jouant le rôle d'une barrière fait que cette région est la plus humide d'Algérie. Bien que méditerranéen, le climat est largement influencé par l'altitude. Il est frais et humide, avec des précipitations annuelles

moyennes de 950 à 1200 mm, avec des températures moyennes mensuelles comprises entre 3 et 7°C en hiver et entre 18 et 23 °C en été ; la neige est relativement fréquente (50-100 cm/an)

Généralement de la mi-septembre à la fin avril, elle est entrecoupée d'une période sèche de mai à septembre (Lemiti et al ,2019)

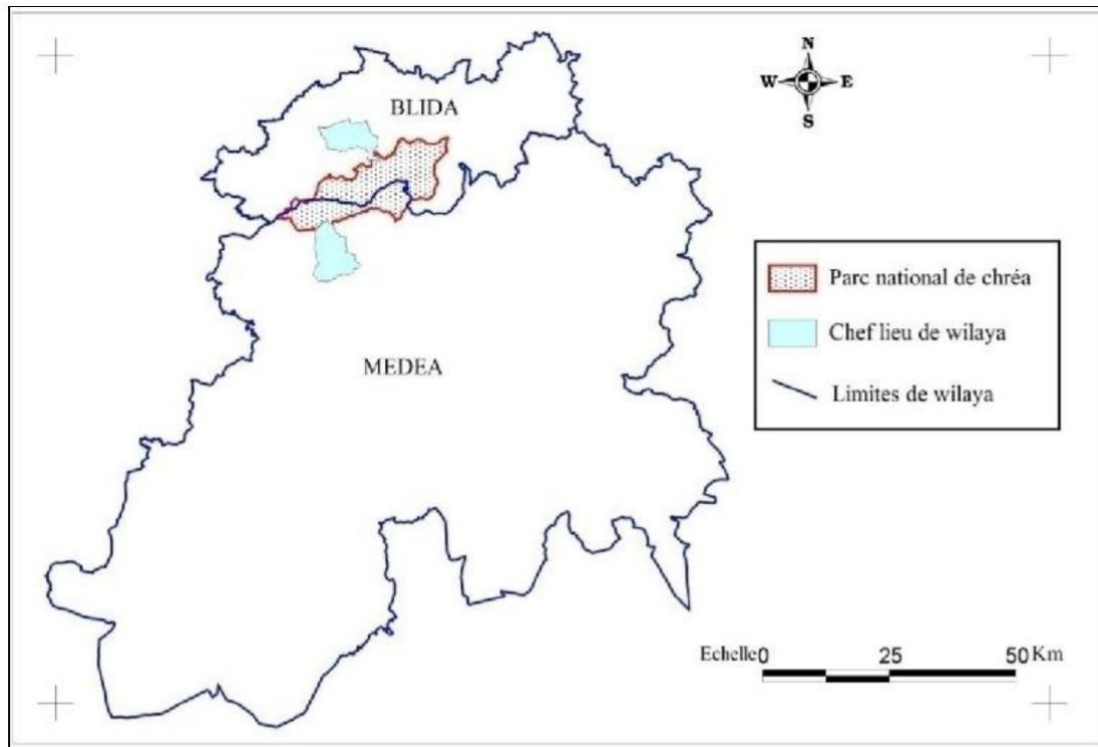


Figure 5. Situation géographique du Parc National de Chréa (Bouahmed, 2011 in Guechoud , 2016).

2.1.3. Région de Boutaleb

Le massif du Boutaleb fait partie de la chaîne des monts de Hodna dont il constitue un maillon important et bien individualisé de sa partie orientale. Il se trouve ainsi situé entre les hautes plaines sétifiennes au nord et le bassin de Hodna au sud (Fig. 6) (Madoui ,1999)

Cette région est caractérisée en basse altitudes, par un bioclimat semi-aride à hiver, frais ou nord et froid au sud, Les précipitations en moyenne entre 300 et 600 mm (Madoui ,1999).



Figure 6. Situation géographique du massif forestier de Boutaleb (Madoui, 1999)

4. Matériel

4.1. Matériel végétal

Le matériel végétal faisant l'objet de cette étude est représenté par des cônes murs renfermant des graines avec des ailes, collectés sur l'ensemble des individus choisis sur les cinq sites de prélèvement.

4.2. Matériel utilisé sur terrain

Lors de nos sorties sur terrain pour la collecte des cônes de cèdre nous avons utilisé le matériel suivant :

- Un G.P.S (Global Positioning System): pour prendre les coordonnées géographiques des sites de prélèvements;
- Un sécateur à manche télescopique
- Sachets en plastique pour mettre les échantillons collectés

4.3. Matériel utilisé au laboratoire

Au laboratoire, nous avons utilisé le matériel cité ci-dessous pour effectuer les différentes mesures sur le cône est ses composés :

- ✓ Balance analytique (fig.7)
- ✓ Pied à coulisse digitale (fig.8)
- ✓ Loupe binoculaires



Figure 7. Balance analytique



Figure 8. Pied à coulisse digitale

5. Méthodologie

5.1. Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage est une pratique fondamentale pour l'étude quantitative et qualitative de la végétation (Gounot, 1969 in Sarmoum, 2008). Il consiste à choisir des éléments d'un ensemble très volumineux de façon à obtenir des informations objectives et d'une précision mesurable sur cet ensemble (Rondeux, 1999 in Sarmoum, 2008).

5.2. Collecte des cônes

Pour la collecte des échantillons, nous avons appliqué un échantillonnage subjectif, le prélèvement des cônes a été effectué sur des sujets espacés d'au moins de 10 m. L'échantillonnage des cônes est porté sur des sujets de *Cedrus atlantica* qui ont été choisis aléatoirement ; au moins cinq arbres sont échantillonnés sur chaque site (population), chaque arbre est considéré comme un individu. Les sujets échantillonnés sont hétérogènes sur le plan dendrométriques, appartenant aux différentes classes d'âges.

Au moins cinq cônes sont prélevés sur chaque sujet échantillonné dans les sites d'étude.

Les échantillons de cônes collectés sont mis dans des sacs séparément pour des éventuelles mesures biométriques au laboratoire.

5.3. Mesures effectuées

Dans le but de sélectionner les marqueurs morphologiques les plus discriminants dans l'évaluation du degré de variabilité de l'espèce *Cedrus atlantica* Manetti, plusieurs traits quantitatifs et qualitatifs qui touchent les cônes, les graines et les ailes des graines ont été analysés.

Au total quatorze caractères ont fait l'objet de cette étude morphologique, 13 d'ordre quantitatifs et 01 seulement d'ordre qualitatif (tableau 3)

5.3.1. Trait qualitatif

La forme des graines (Fig. 9) représente le seul caractère qualitatif dans cette étude (tableau 3).

Tableau 3. Variable qualitative

Partie étudiée	abréviation	Trait
Graine	FG	Forme



Figure 9. Les graines de cèdre d'Atlas

5.3.2. Traits quantitatifs

En ce qui concerne les traits quantitatifs, les mesures morphométriques et pondérales ont porté sur les cônes, sur les graines ainsi que sur les ailes des graines (tableau 4).

Un pied à coulisse numérique a été utilisé pour les différentes mesures biométriques. Pour les mesures pondérales nous avons choisi une balance de précision.

Tableau 4. Variables quantitatives

Partie étudiée	abréviation	Trait
Cône	PC	Poids
	LC	Longueur
	DC	Diamètre
	Nbr étage/C	Nombre d'étages (écailles)
	Nbr G	Nombre de graines
	LR	Longueur rachis
Graine	LG	Longueur
	Lar .G	Largeur
	EG	Épaisseur
	PG	Poids 25 graines
aile	LA	Longueur
	Lar.A	Largeur



Figure 10. Mesures effectuées sur les cônes.




Figure 11. Mesures effectuée sur les graines et les ailes

6. L'analyse numérique de la variabilité morphologique

La partition de la variance est estimée à l'intérieure et entre chaque population par l'analyse statistique de la variance (ANOVA) en utilisant le Type III pour le calcul de la somme des carrés. Les groupes homogènes de provenances concernant chaque trait mesuré sont séparés par le test de Tukey.

Une analyse de régression puis de corrélation basée sur le coefficient de Pearson a été appliquée afin d'établir et de mettre en évidence les liens possibles entre les caractères morphologiques mesurés dans chaque population.

Pour résumer toute l'information morphologique en un seul test, les données sont arrangées dans une matrice standardisée par la méthode de Sneath et Sokal (1973) puis analysées par la méthode de l'analyse en cluster basée sur la méthode de Ward afin de vérifier la ressemblance entre les provenances analysées à travers cette étude.



Troisième partie :
Résultats et discussion

1. Analyse de la variance

1.1. Paramètres quantitatifs

1.1.1. Paramètres liés au cône

a. Poids

L'analyse statistique montre une différence hautement significative concernant le poids des cônes provenant des sites étudiés. ($P < 0,000$, tableau 5.)

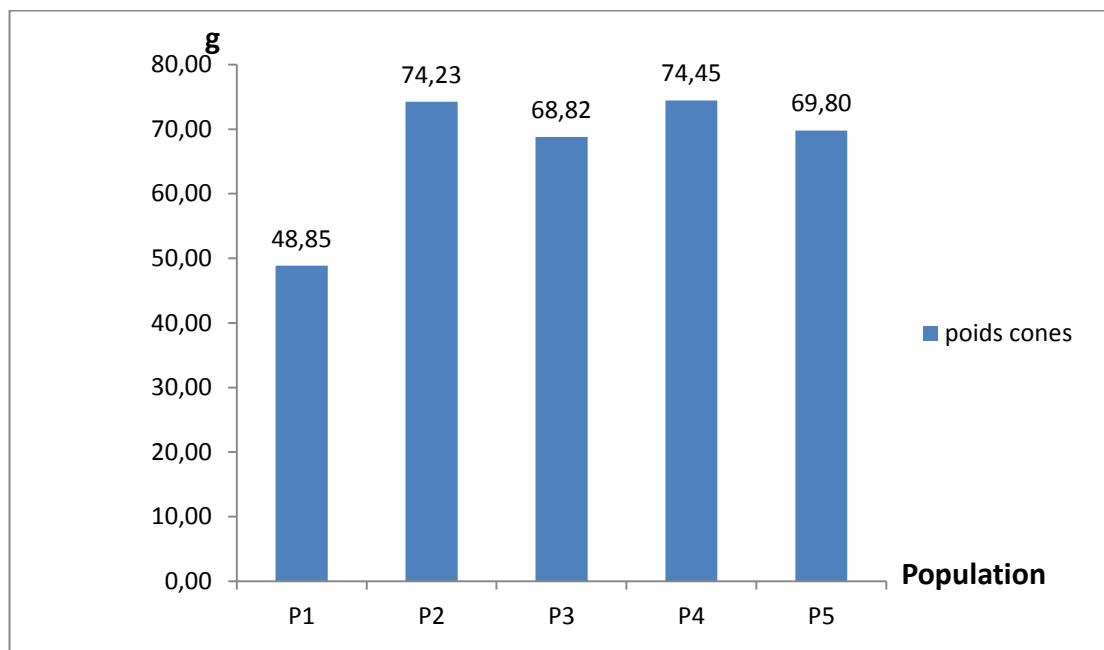


Figure 12. Poids moyen des cônes au niveau des cinq populations.

Tableau 5. Analyse de la variance du poids du cône dans les cinq populations

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	35815,897	4	8953,974	34,611	0,000
Erreur	72178,049	279	258,703		

Le poids du cône varie considérablement autour d'une valeur moyenne pour l'ensemble des sites d'échantillonnage de (63.83g). La variation de poids est comprise entre une valeur maximale de (74.45 g) enregistrée dans la région de Theniet el had, site de Rond-point et une valeur minimale de (48.85g) enregistrée dans la région de Bou-tlebe (figure12.).

Le test d'homogénéité de Tukey montre deux ensembles statistiquement homogènes ; le premier ensemble concerne uniquement la population de Boutaleb qui se caractérise par un cône de faible poids, alors que le deuxième, regroupe le reste des populations ayant des cônes qui se distinguent par un poids élevé (entre 68,67 et 74,45 g).

Le poids du cône s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Boutaleb qui enregistre le coefficient de variance le plus faible parmi l'ensemble des populations échantillonnées avec ($\sigma = 18,82$). La population de Chréa versant nord, semble la plus hétérogène ($\sigma = 30,94$).

b. Longueur

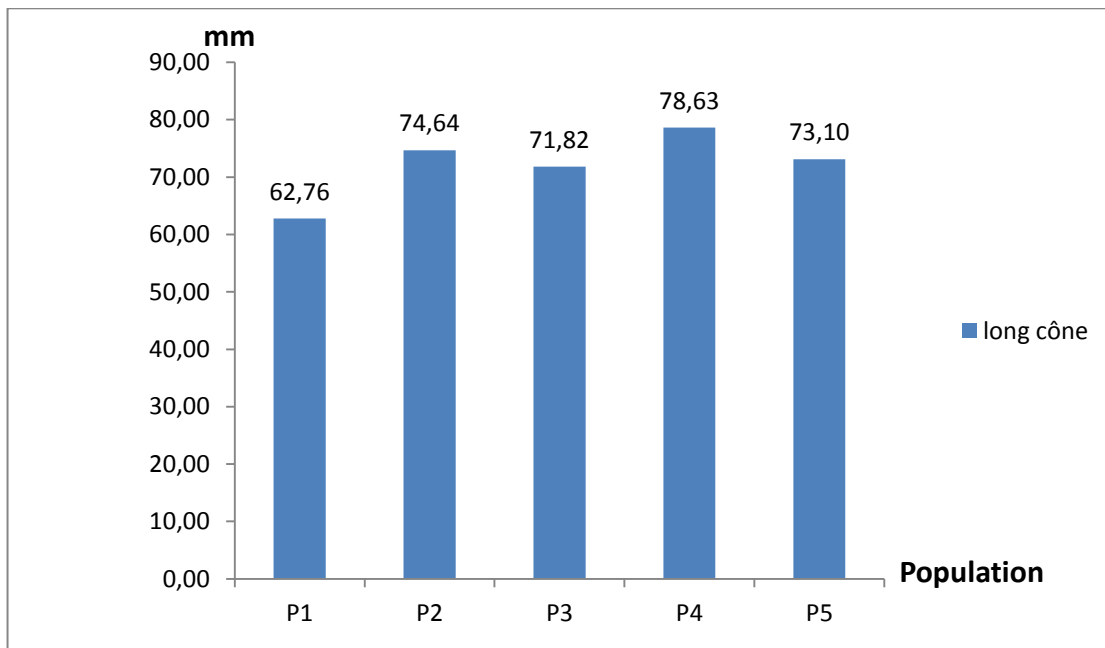


Figure 13. Longueur moyenne des cônes au niveau des cinq populations.

La longueur des cônes des individus du cèdre de l'Atlas collectés de diverses provenances semble extrêmement variable ($P < 0,000$, tableau 6.). Elle varie considérablement autour d'une valeur moyenne pour l'ensemble des sites d'échantillonnage de (70.57 mm). Cette variation est comprise entre une valeur moyenne maximale de (78.63 mm) enregistrée dans la région de Theniet el had (Rond-point) et une valeur minimale de (62.76 mm) enregistrée dans la région de Boutaleb (P1) (figure 13.).

Tableau 6. Analyse de la variance de la longueur du cône dans les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	10553,076	4	2638,269	46,866	0,000
Erreur	15874,830	282	56,294		

Les échantillons prélevés de la population de Boutaleb semblent être plus homogènes par rapport au reste des populations étudiées ($\sigma = 9,168$). En revanche, la population la plus

hétérogène est celle de Chréa versant nord ($\sigma = 12,260$). L'hétérogénéité manifestée dans l'établissement de ce caractère est exprimée par une valeur élevée de la variance.

Trois phénotypes différents peuvent être distingués, entre autre, les deux populations de Chréa et la population de Sidi Abdoune ,(P5) forment un groupe avec une longueur moyenne du cône de (73,18), tandis que la population de Boutaleb est unique avec une moyenne de longueur du cône autour de 62,76 mm. Le troisième ensemble se compose des populations de Chréa versant nord et Rond- point (Theniet el had) qui expriment une longueur de cône très importante.

c. Diamètre

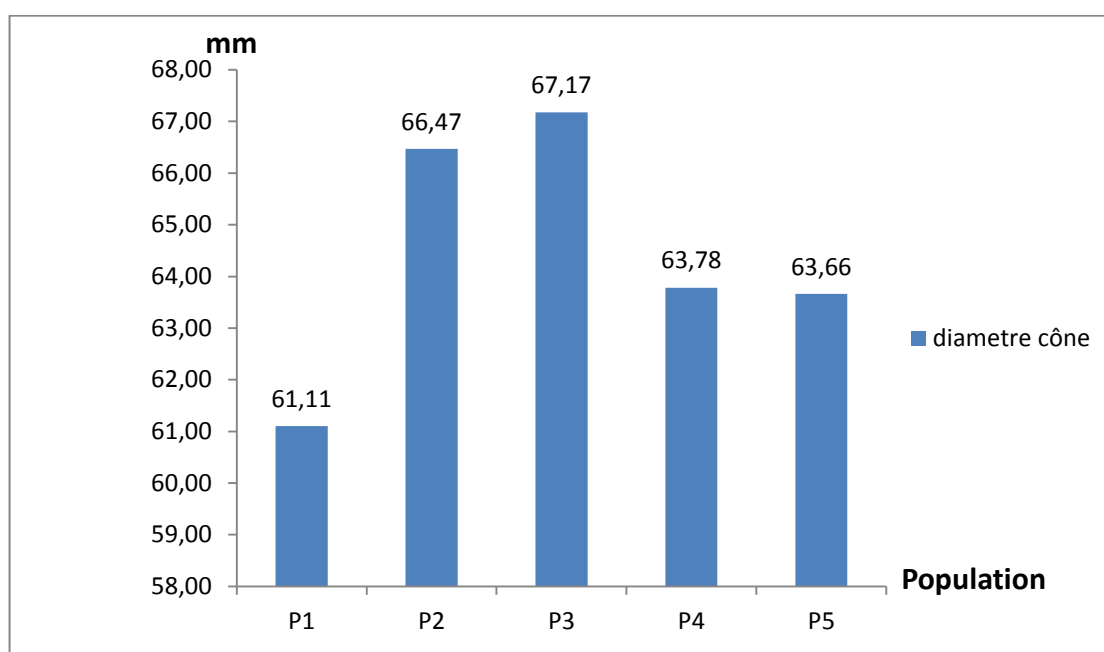


Figure 14. Diamètre moyen des cônes au niveau des cinq populations.

L'analyse de variance pour la variable diamètre du cône de cèdre de l'Atlas , a révélé une différence très hautement significative entre les différentes provenances ($P < 0,000$, tableau7).

La figure 14, montre que les cônes de la population de Belida (versant sud) présentent une Diamètre de (67.17mm) supérieur à toutes les autres provenances. Tandis que la plus faible diamètre (61.11mm) est rencontrée au niveau des fruits de la Population de Boutaleb.

Tableau 7. Analyse de la variance du diamètre du cône dans les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	1503,703	4	375,926	9,195	0,000
Erreur	11528,724	282	40,882		

Les échantillons prélevés de la population de Chréa versant sud semblent être plus homogènes par rapport au reste des populations étudiées ($\sigma = 6,707$). En revanche, la population la plus hétérogène est celle de Chréa versant nord ($\sigma = 12,220$). L'hétérogénéité manifestée dans l'établissement de ce caractère est exprimée par une valeur élevée de la variance.

Trois phénotypes différents peuvent être distingués, entre autre, les trois populations de Boutaleb, la population de Sidi Abdoune et rond-point forment un groupe avec un petit diamètre du cône, tandis que les populations Sidi Abdoune, rond-point, Chréa versant nord forment le deuxième groupe avec une moyenne de diamètre du cône (entre 63.66 et 66.47mm). Le troisième ensemble se compose des deux populations de Chréa et la population de Theniet el had (Rond-point) qui expriment un diamètre de cône très important.

d. Nombre d'étages

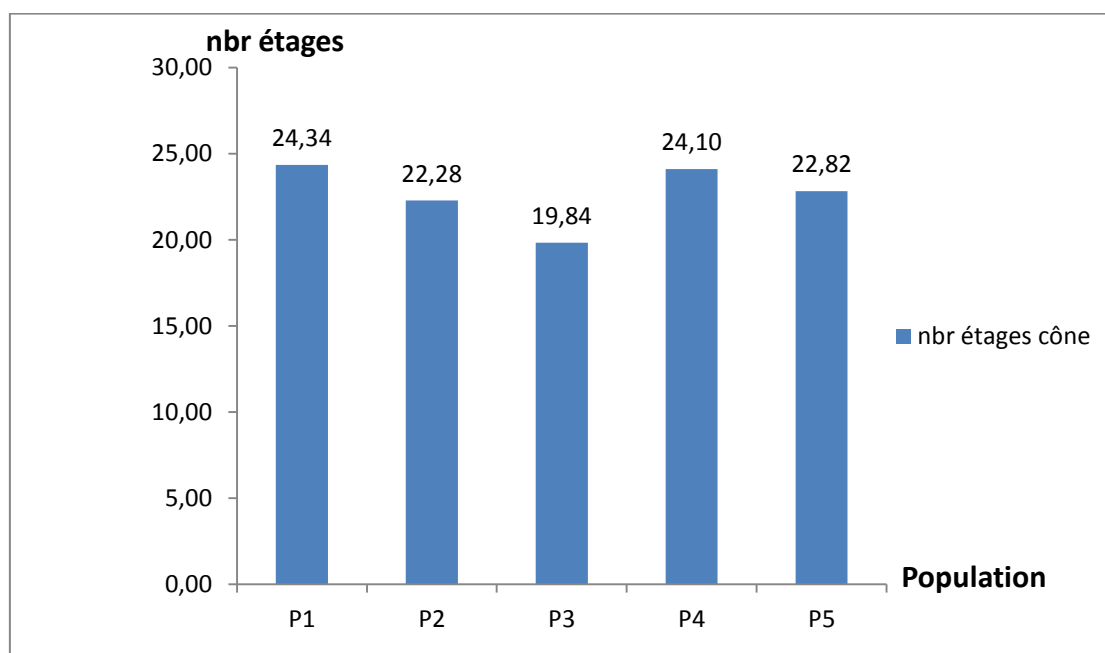


Figure 15. Nombre d'étage moyen du cône au niveau des cinq populations.

Le nombre d'étage du cône de cèdre atlas semble être également très variable entre les cinq populations (tableau 8.) : il fluctue en générale autour d'une valeur moyenne de (23.09) étage par cône. La population de Boutaleb possède des cônes avec le nombre d'étages le plus élevé (24.34), alors que les cônes de la population de Chréa versant sud se composent du nombre d'étages le plus faible (19.84) (Fig. 15).

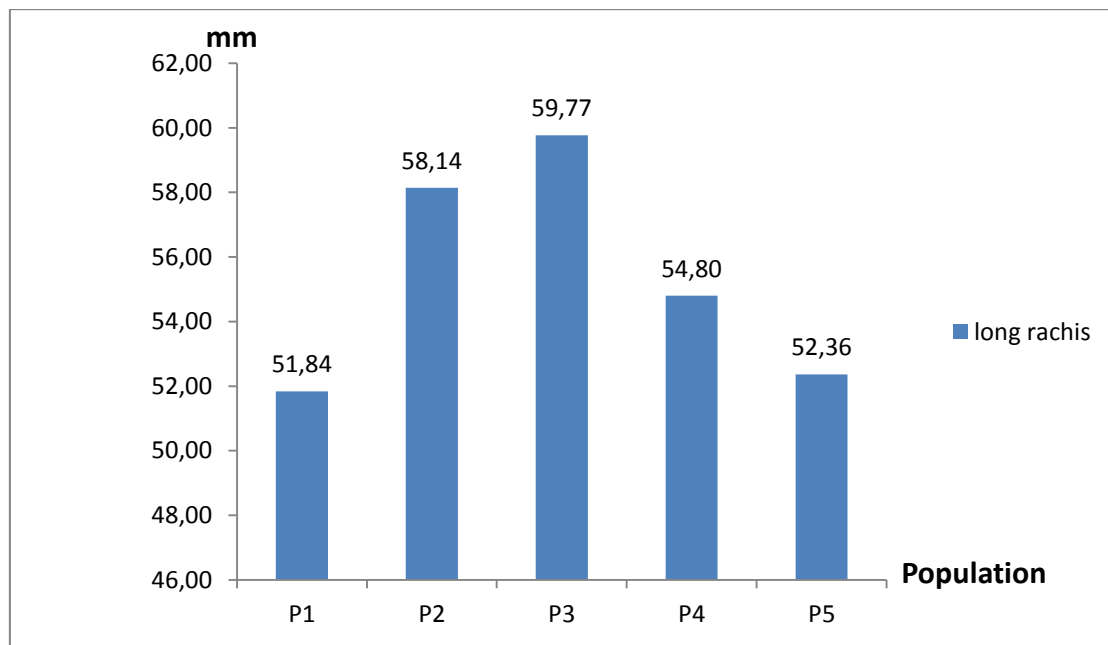
Tableau 8. Analyse de la variance du nombre d'étages du cône dans les cinq populations.

Source de variation	SCE	Ddl	CM	F	P
Population	635,033	4	158,758	27,510	,000
Erreur	1627,427	282	5,771		

Le test d'homogénéité de Tukey sur le nombre d'étages du cône montre quatre ensembles statistiquement homogènes ; le premier ensemble concerne uniquement la population de Chréa versant sud qui se caractérise par un cône de faible nombre d'étages, tandis que le deuxième regroupe les populations Sidi Abdoune et Chréa versant nord avec une valeur (entre 22,28 et 22,82). Le troisième ensemble regroupe les populations rond-point et Sidi Abdoune (Theniet el had) avec un nombre d'étage moyen de (23,46). Le dernier ensemble regroupe les populations de rond-point et Boutaleb qui mentionne une moyenne qui se distinguent par un nombre d'étage élevé.

Le nombre d'étages du cône s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Chréa versant sud qui enregistre le coefficient de variance le plus faible parmi l'ensemble des populations échantillonnées avec ($\sigma = 8.276$). La population de Chréa versant nord, semble la plus hétérogène ($\sigma = 13.390$).

e. Longueur de rachis

**Figure 16.** Longueur moyenne de rachis du cône au niveau du cinq populations

D'après la (figure 16), la valeur maximal (59.77mm) de la longueur de rachis du cône apparait au niveau du site de Chréa versant sud, tandis que la plus faible (51.84 mm) est rencontrée au niveau de la population Boutaleb. L'analyse de variance pour la variable longueur du rachis, a révélé une différence très hautement significative entre les différentes provenances ($P < 0.000$, tableau 9.)

Tableau 9. Analyse de la variance de la longueur de rachis du cône dans les cinq populations.

Source de variation	SCE	Ddl	CM	F	P
Population	2566,153	4	641,538	19,663	,000
Erreur	9037,478	277	32,626		

L'étude de l'homogénéité des groupes par Tukey sur la longueur de rachis indique la présence de deux ensembles homogènes; le premier ensemble regroupe les populations de Boutaleb, Sidi Abdoune et rond-point (Theniet el had) indiquant une moyenne de long de rachis de (53 mm). Les deux populations de Chréa forment le deuxième ensemble avec la longueur la plus élevée.

La longueur de rachis du cône s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Chréa versant sud qui indique le coefficient de variance le plus faible parmi l'ensemble des populations étudiées avec ($\sigma = 8.130$). La population de Théniet el had (rond-point), semble la plus hétérogène ($\sigma = 12.930$).

1.1.2. Paramètres quantitatifs liés aux graines

a. Nombre de graines dans le premier tiers du cône

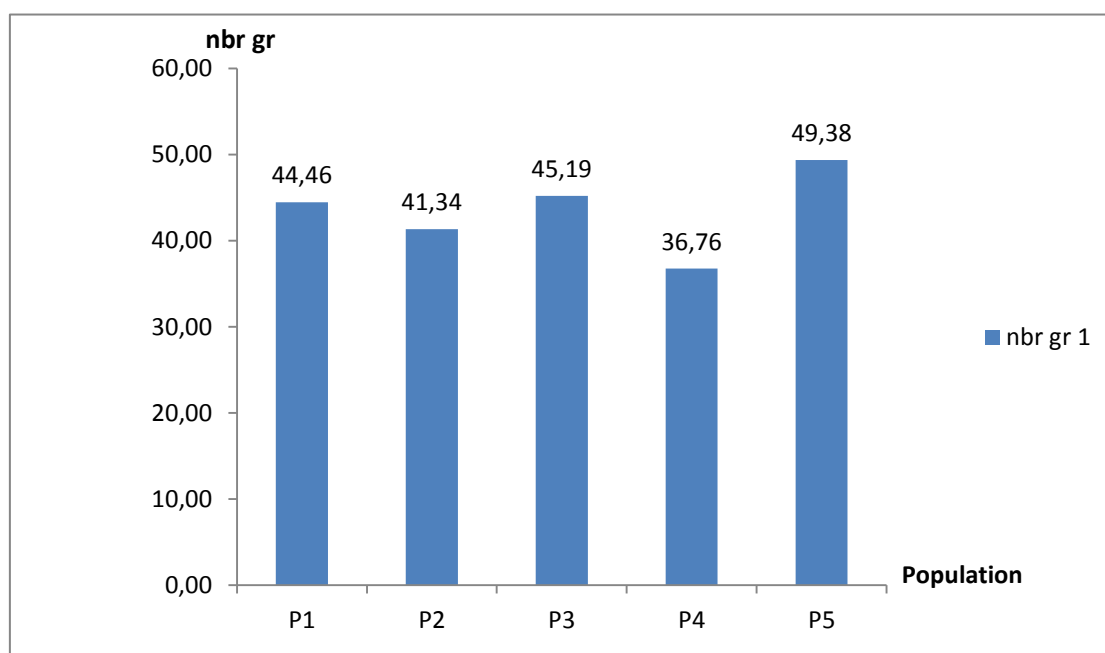


Figure 17. Nombre de graines dans le premier tiers du cône au niveau du 5 populations.

Le nombre de graines par cône pour le premier tiers du cône (Fig. 17) varie en fonction des provenances ($P < 0,000$, tableau 10). Cette variation est comprise entre une valeur maximale (49,38) enregistrée dans le site Sidi Abdoune et une valeur minimale (36,76) enregistrée dans site de rond-point.

Tableau 10. Analyse de la variance du nombre de graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	4430,918	4	1107,730	8,333	0,000
Erreur	37486,636	282	132,931		

L'étude élaborée afin de mesurer l'homogénéité des groupes par le biais du test Tukey sur le nombre de graines dans le premier tiers du cône montre trois ensembles statistiquement homogènes; le premier ensemble regroupe rond-point et Chréa versant nord, avec une moyenne de (39,05). Les deux populations de Chréa forment avec la population de Boutaleb le deuxième ensemble, avec une moyenne de (43,66). Tandis que Le dernier ensemble regroupe les populations de Boutaleb et Chréa versant sud et Sidi Abdoune qui mentionne la moyenne la plus élevée.

Les échantillons prélevés de la population de Sidi Abdoune semblent être plus homogènes par rapport au reste des populations étudiées ($\sigma = 20.801$). En revanche, la population la plus hétérogène est celle de rond-point ($\sigma = 32.920$).

b. Nombre de graines dans le deuxième tiers du cône

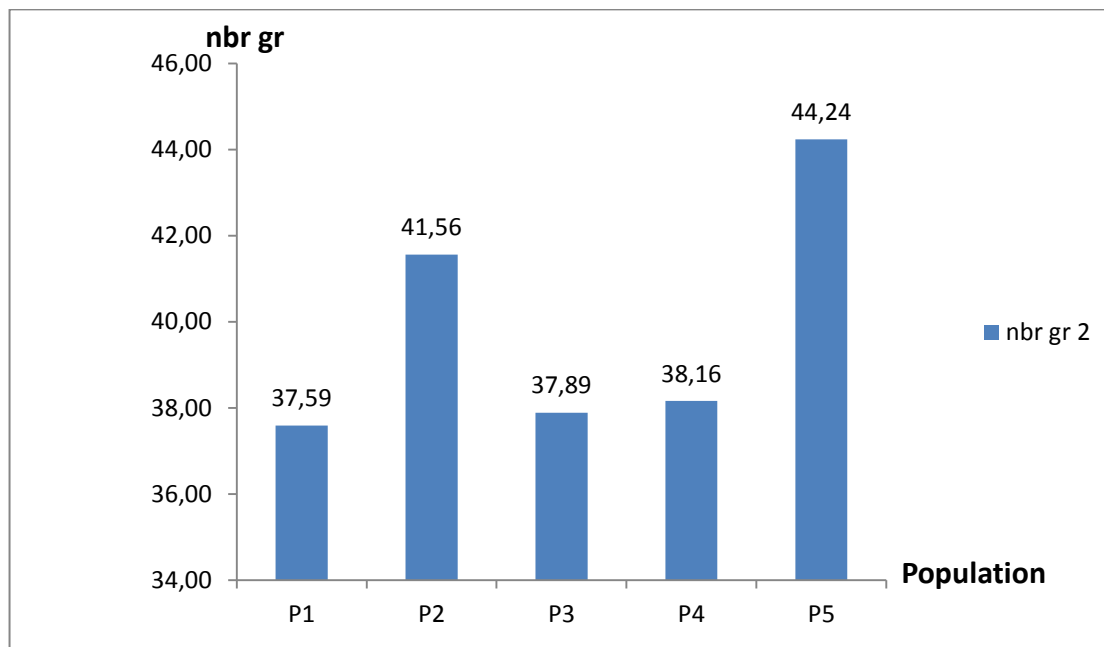


Figure 18. Nombre de graines dans le deuxième tiers du cône.

L'analyse de variance pour la variable nombre de graines dans le deuxième tiers du cône, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ($P < 0.000$, tableau 11.). Nous avons constaté que la moyenne de l'ensemble de l'échantillon est (39.58), elle oscille entre une valeur maximale (44.24) au niveau de la population de Sidi Abdoune et une valeur minimale (31.52) enregistrée dans la région Boutaleb (Fig. 18).

Tableau 11. Analyse de la variance du nombre de graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	1884,068	4	471,017	5,252	0,000
Erreur	25291,918	282	89,688		

Les échantillons prélevés de la population de Chréa versant sud semblent être plus homogènes par rapport au reste des populations étudiées ($\sigma = 16.420$). En revanche, la population la plus hétérogène est celle de rond-point ($\sigma = 27.590$).

Deux phénotypes différents peuvent être distingués, entre autre, les quatre populations, de Boutaleb, celles de Chréa ainsi que du rond-point. Elles forment un groupe avec une valeur moyenne de nombre de graines de (38,8). Cependant les populations Chréa versant nord et Sidi Abdoune forment le deuxième groupe avec une moyenne de (42,9).

c. Nombre de graines dans le troisième tiers du cône

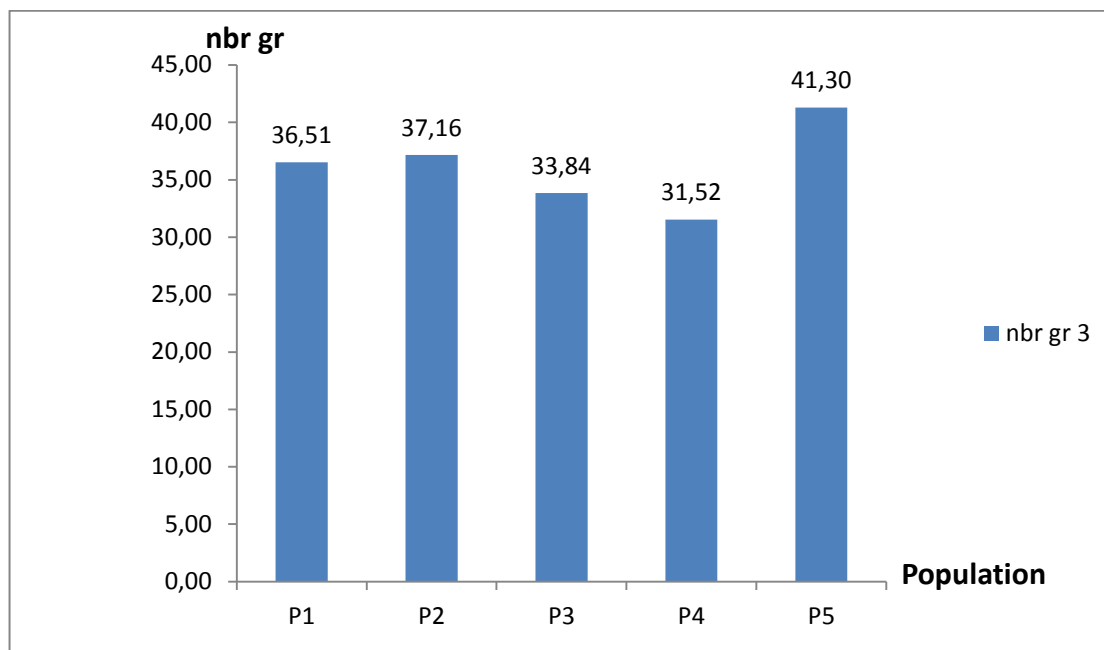


Figure 19. Nombre de graines dans le troisième tiers du cône

L'analyse de variance pour la variable nombre de graines dans troisième tiers du cône , a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ($P < 0.000$, tableau 12.). Ce nombre fluctue entre (31.52) et (41.30) (Fig. 19) pour les populations de rond -point et Sidi Abdoune respectivement.

Tableau 12. Analyse de la variance du nombre de graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	2657,210	4	664,302	8,233	0,000
Erreur	22753,717	282	80,687		

L'étude élaborée afin de mesurer l'homogénéité des groupes par le biais du test Tukey sur le nombre de graines dans le troisième tiers du cône montre trois ensembles statistiquement homogènes ; Le premier ensemble regroupe les populations du rond-point et Chréa versant sud, avec une moyenne de (32,68). Les deux populations de Chréa ainsi que la population de Boutaleb, forment le deuxième ensemble, avec une moyenne de (35,84), tandis que le dernier ensemble regroupe les populations de Boutaleb, Chréa versant nord et Sidi Abdoune qui mentionne un nombre moyen de grains élevé.

Les échantillons prélevés de la population de Chréa versant sud semblent être plus homogènes par rapport au reste des populations étudiées ($\sigma = 18.917$). Alors que la population la plus hétérogène est celle de rond-point ($\sigma = 29.130$).

d. Poids de 25 graines dans le premiers tiers du cône

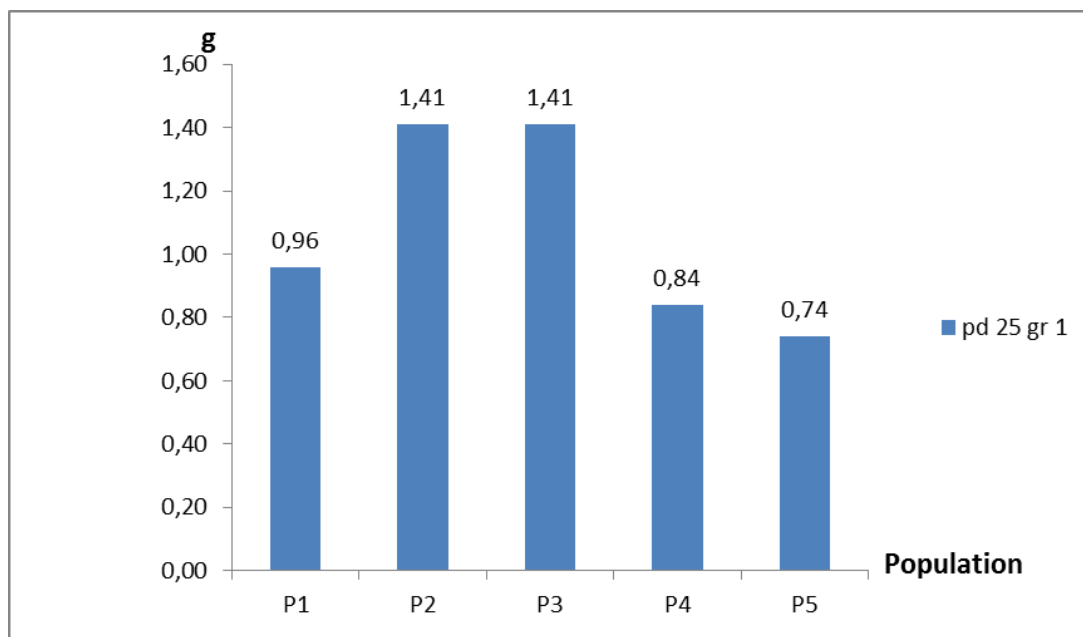


Figure 20. Poids moyen de 25 de graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations

D'après la (Fig.20), le poids de 25 graines pour le premier tiers du cône varie au tour d'une moyenne de (1.04g) pour l'ensemble des sites échantillonnés. Il oscille entre une moyenne minimale de (0.74g) enregistrée dans Sidi Abdoune , et une valeur maximale (1.41g) enregistrée dans les populations de Chréa .

L'analyse de variance pour la variable poids de 25 de graines dans les trois niveaux du cône, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ($P < 0.000$, tableau 13, 14 et 15)

Tableau 13. Analyse de la variance du poids de 25 graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	19,038	4	4,759	30,741	0,000
Erreur	43,661	282	0,155		

D'après le test d'homogénéité de Tukey sur le poids de 25 graines dans le premier tiers du cône existe trois groupes statistiquement homogènes, le premier concerne que les populations de Théniet el had avec (0,79 g). La population de Sidi Abdoune et Boutaleb forment le deuxième ensemble avec une moyenne de (0.96 g), tandis que le dernier ensemble regroupe les populations de Chréa (1.41g).

Le poids de 25 graines dans le premier tiers du cône s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Chréa versant sud qui enregistré le coefficient de variance le plus faible avec ($\sigma = 25.993$). La population de rond-point, semble la plus hétérogène ($\sigma = 56.550$).

e. Poids de 25 graines dans le deuxième tiers du cône

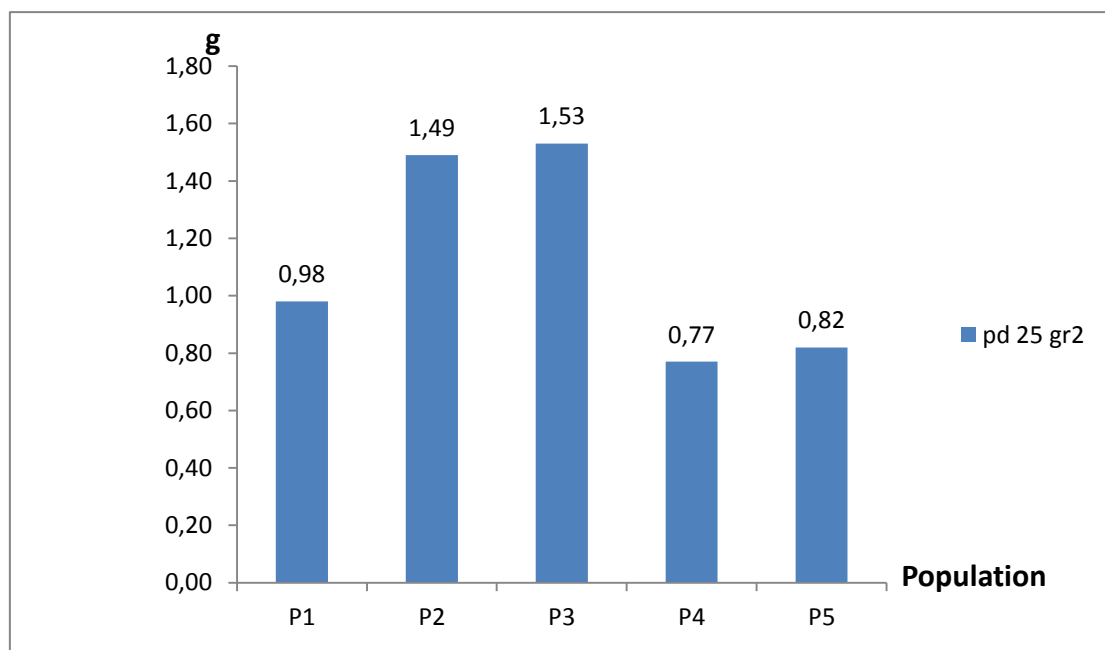


Figure 21. Poids moyen de 25 graines dans le deuxième tiers du cône.

Le poids de 25 graines varie considérablement autour d'une valeur moyenne pour l'ensemble des populations de (0.82 g). Cette variation est comprise entre une valeur moyenne maximale de (1.53g) enregistrée dans site de Chréa versant sud et une valeur minimale de (0.77g) enregistrée dans site rond-point (Fig. 21)

Tableau 14. Analyse de la variance du poids de 25 graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	25,206	4	6,302	33,517	0,000
Erreur	53,019	282	0,188		

Le poids de 25 graines dans le deuxième tiers du cône s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Chréa versant sud qui enregistré le coefficient de variance le plus faible parmi l'ensemble des populations échantillonnées avec ($\sigma = 27,308$). La population du rond-point, semble la plus hétérogène ($\sigma = 56,070$).

Deux phénotypes différents peuvent être distingués, entre autre, les trois populations de Boutaleb, de Sidi Abdoune et du rond-point forment un groupe avec une moyenne de poids de 25 grains dans le deuxième tiers du cône (0,86g). Les deux populations de Chréa forment seules un seul groupe (1,51g).

f. Poids de 25 graines dans le troisième tiers du cône

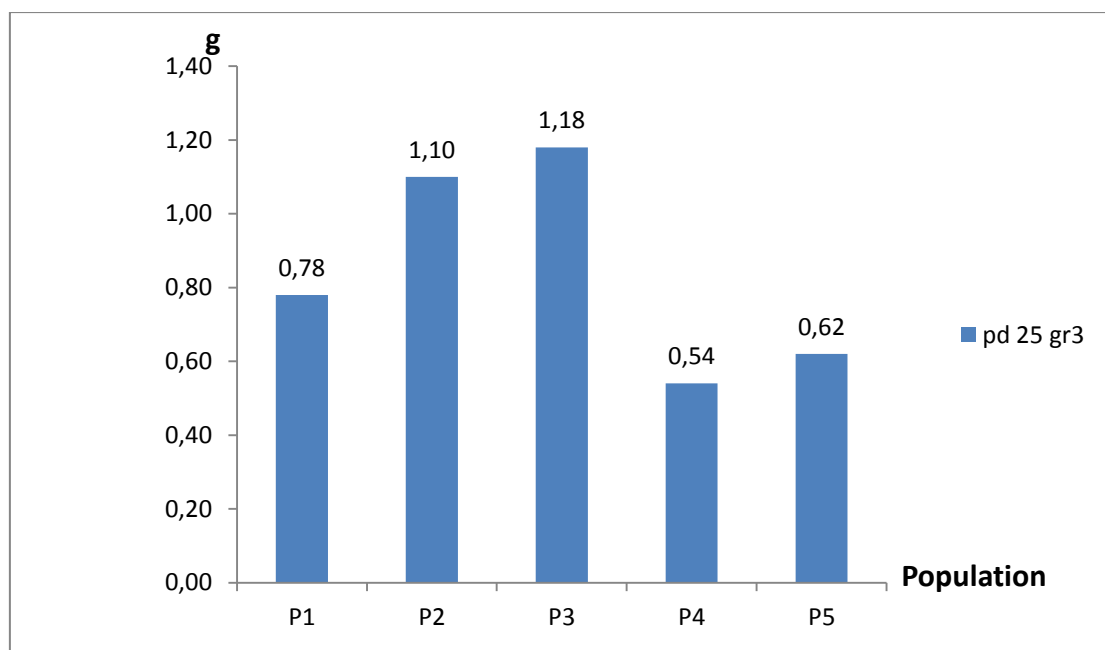


Figure 22. Poids moyen de 25 de graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.

Nous avons remarqué que le poids varie en fonction des provenances entre une valeur maximale de (1.18g) dans Chréa versant sud et une valeur minimale (0.54g) au site rond-point (Fig. 22)

Tableau 15. Analyse de la variance du poids de 25 de graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	15,023	4	3,756	26,250	0,000
Erreur	40,347	282	0,143		

L'étude élaborée afin de mesurer l'homogénéité des groupes par le biais du test Tukey le poids de 25 graines dans le troisième tiers du cône, montre trois ensembles statistiquement homogènes ; le premier ensemble regroupe uniquement les populations de Theniet el had avec (0.58 g). Les deux populations de Sidi Abdoune et Boutaleb représentent le deuxième ensemble, avec une moyenne de (0.70 g). Le dernier groupe est représenté par les deux populations de Chréa (1,14).

Les échantillons prélevés de la population de Chréa versant sud semblent être plus homogènes ($\sigma= 32.652$). En revanche, la population la plus hétérogène est celle de rond-point ($\sigma= 64.890$).

g. Longueur des graines dans le premier tiers du cône

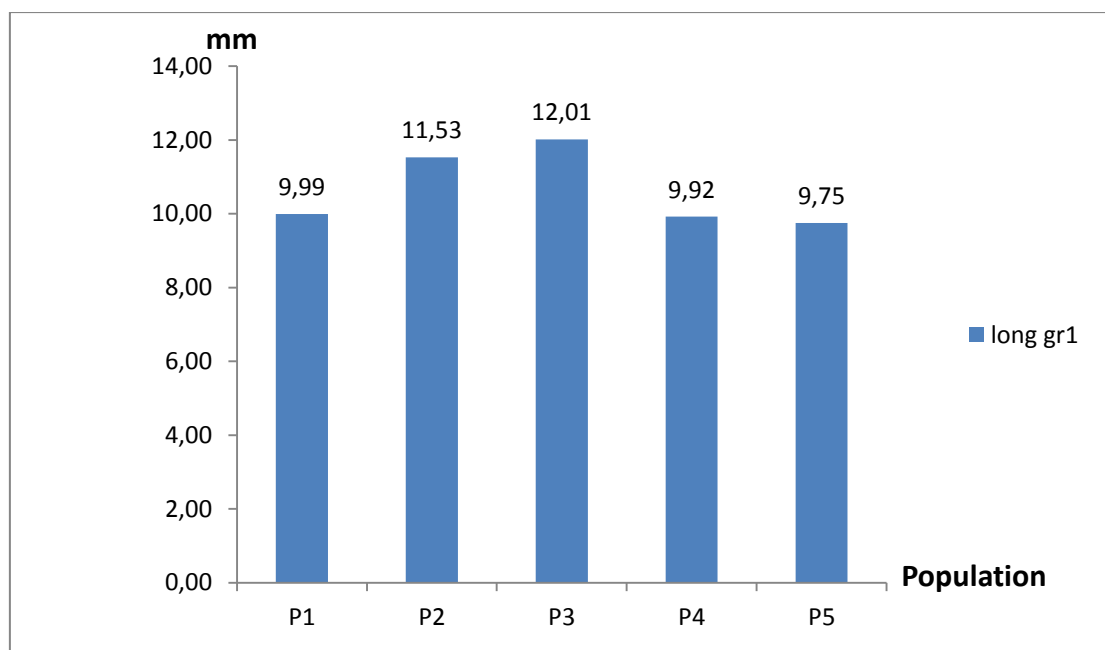


Figure 23. Longueur moyenne des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations

L'analyse de variance pour la variable longueur des graines dans le premier, le deuxième et le troisième tiers du cône, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ($P < 0,000$, tableau 16, 17 et 18.). La valeur moyenne pour l'ensemble des sites de prélèvement oscille au tour de (10.47mm), avec une valeur maximale (12.01mm) enregistrée dans le site Chréa versant sud et une valeur minimale de (9.92 mm) dans le site rond-point (Fig. 23).

Tableau 16. Analyse de la variance de la longueur des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	207,296	4	51,824	21,740	0,000
Erreur	672,230	282	2,384		

Le teste de Tukey réalisé sur longueur de graine dans le premier tiers du cône indique deux ensembles statistiquement homogènes, le premier regroupe les population de Theniet el had et de Boutaleb, alors que les deux populations de Chréa compose un groupe à part (11,77).

La longueur des graines dans le premier tiers du cône s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Chréa versant sud ($\sigma = 9.572$). La population du rond-point, semble la plus hétérogène ($\sigma = 18.590$).

h. Longueur des graines dans le deuxième tiers du cône

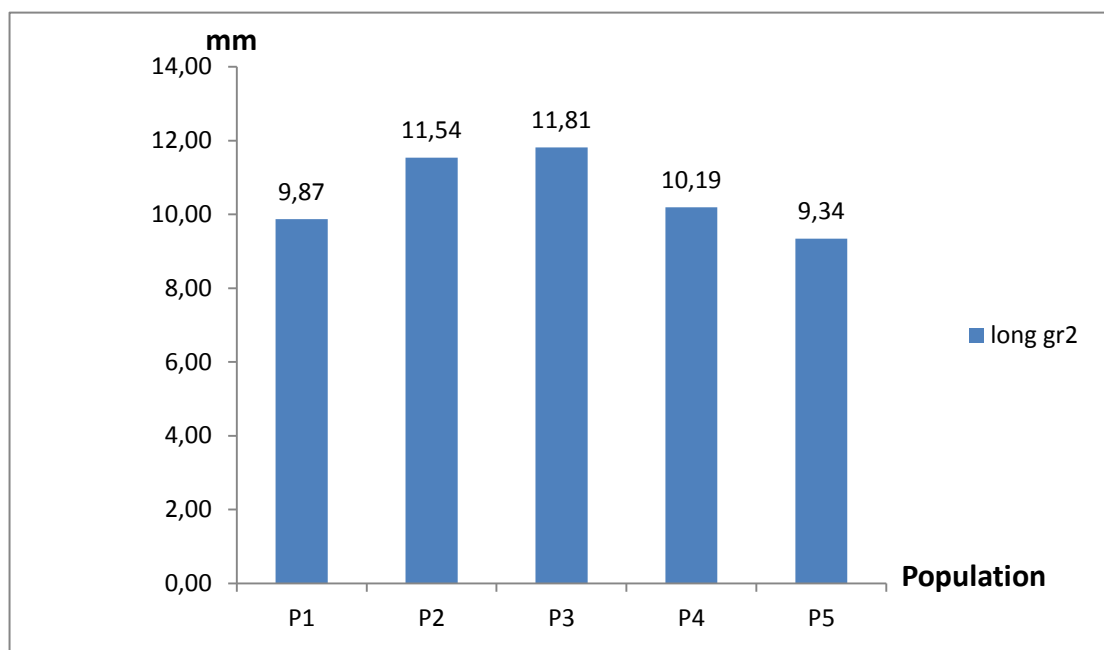


Figure 24. Longueur des grains dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.

Nous avons constaté que la longueur moyenne du trait analysé de l'ensemble de l'échantillon est (10,37mm). Elle fluctue entre une moyenne minimale de (9,34mm) chez la population de Sidi Abdoune et une moyenne maximale de (11,81mm) au niveau de Chréa versant sud (Fig. 24).

Tableau 17. Analyse de la variance de la longueur des graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	225,252	4	56,313	25,108	0,000
Erreur	632,479	282	2,243		

L'étude élaborée afin de mesurer l'homogénéité des groupes par le biais du test Tukey la longueur des graines au niveau du deuxième tiers du cône, montre trois phénotypes statistiquement homogènes ; le premier regroupe Sidi Abdoune et Boutaleb (9,61 mm). Les deux populations Bou-telb et rond-point expriment un phénotype similaire pour ce caractère (10,03). Pour ce même trait, les deux populations de Chréa manifestent le même phénotype (11,66).

Les échantillons prélevés de la population de Chréa versant sud semblent être plus homogènes par rapport au reste des populations étudiées ($\sigma = 9.292$). Par contre, la population la plus hétérogène est celle de rond-point ($\sigma = 18.380$).

i. Longueur des graines dans le troisième tiers du cône

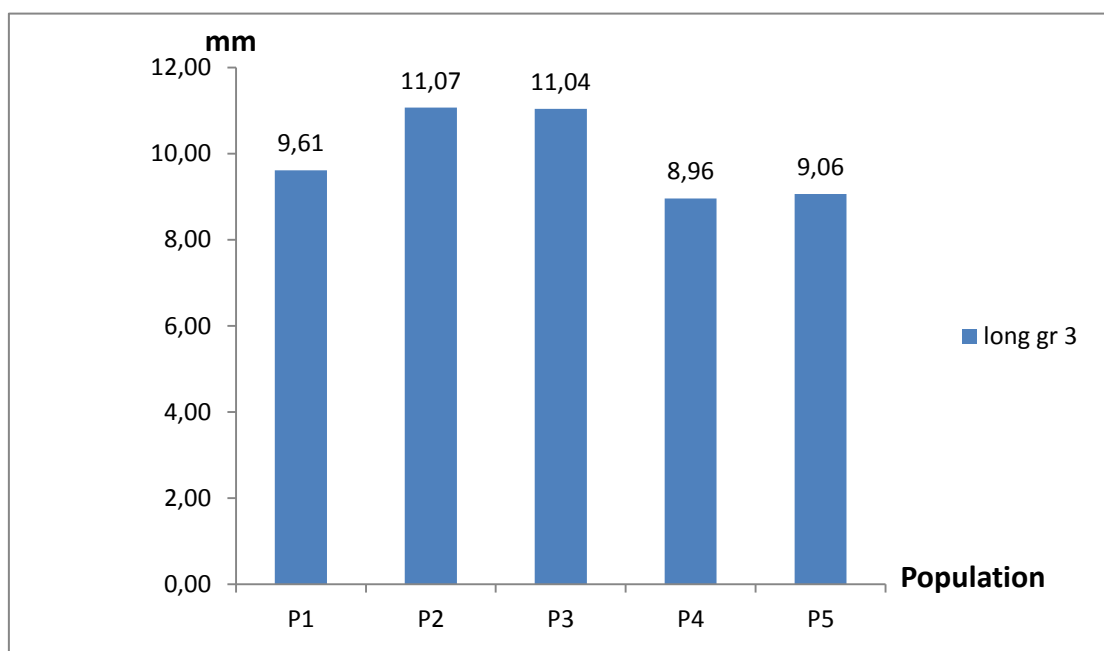


Figure 25. La longueur des graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations

Les résultats obtenus (Fig. 25), indiquent que la valeur de la longueur des graines dans cette partie du cône est comprise entre une valeur minimale (8,96 mm) enregistrée dans rond-point et une valeur maximale enregistrée au niveau des deux populations de Chréa ($\approx 11,07$ mm).

Tableau 18. Analyse de la variance de la longueur des graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	204,384	4	51,096	22,331	,000
Erreur	645,244	282	2,288		

Le test d'homogénéité de Tukey montre deux ensembles statistiquement homogènes ; Le premier ensemble referment la population de Boutaleb, et les deux populations de Theniet el had (9.21 mm). L'autre groupe englobe uniquement les populations de Chréa (11,06).

Les échantillons prélevés de la population de Chréa versant sud semblent être plus homogènes par rapport au reste des populations étudiées ($\sigma = 12,411$), alors que celle de Sidi Abdoune semble la plus hétérogène ($\sigma = 18,772$).

j. Largeur des graines dans le premier tiers du cône

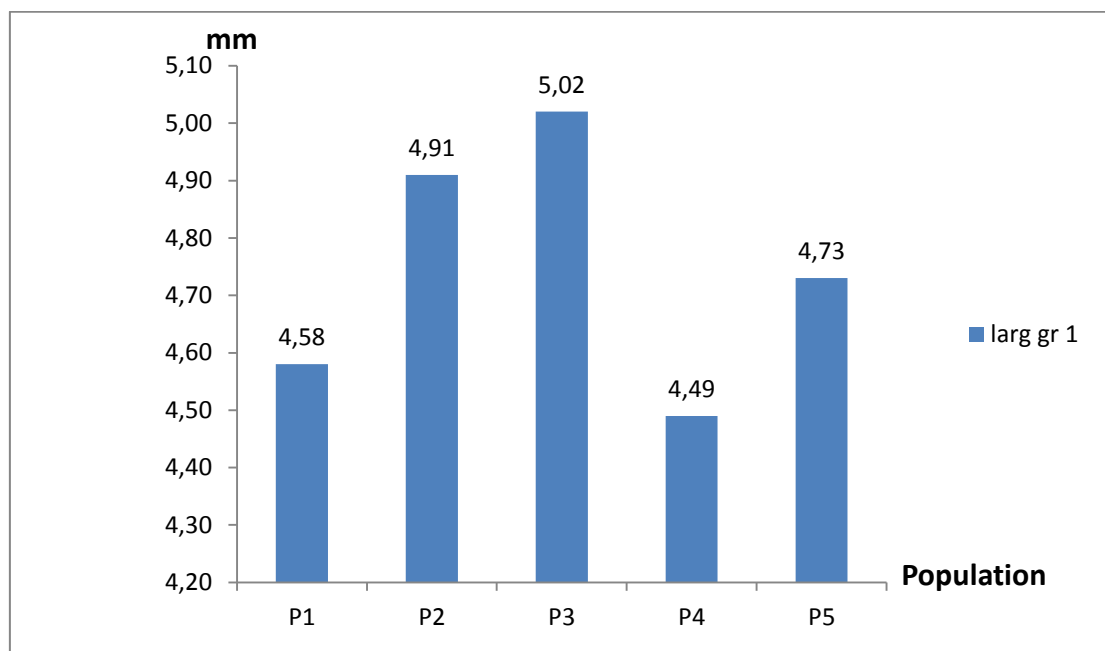


Figure 26. Largeur des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.

L'analyse de variance pour la variable largeur des graines dans les trois niveaux du cône, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances, ($P < 0.000$, tableau 19, 20 et 21.).

La valeur moyenne pour l'ensemble des sites d'échantillonnage pour le premier tiers du cône est (4.71mm), avec une valeur maximale (5.02 mm) enregistrée dans le site de Chréa versant sud, et une valeur minimale (4.49 mm) dans le site rond-point (Fig. 2).

Tableau 19. Analyse de la variance de la largeur des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	9,628	4	2,407	4,680	0,001
Erreur	145,052	282	0,514		

La largeur des graines dans le premiers tiers du cône s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Chréa versant sud ($\sigma = 9.661$). La population rond-point, semble la plus hétérogène ($\sigma = 17.200$).

Le test d'homogénéité de Tukey montre trois ensembles statistiquement homogènes ; le premier ensemble est représenté par la population de Boutaleb et les populations de Théniet el had dont la largeur des graines varie autour d'une valeur moyenne de (4,60 mm).

Les populations Boutaleb, Sidi Abdoune et Chréa versant nord se ressemblent pour ce caractère (4,74). Le troisième groupe indique une valeur moyenne de (4,89 mm), il réunit les deux populations de Chréa et la population de Sidi Abdoune.

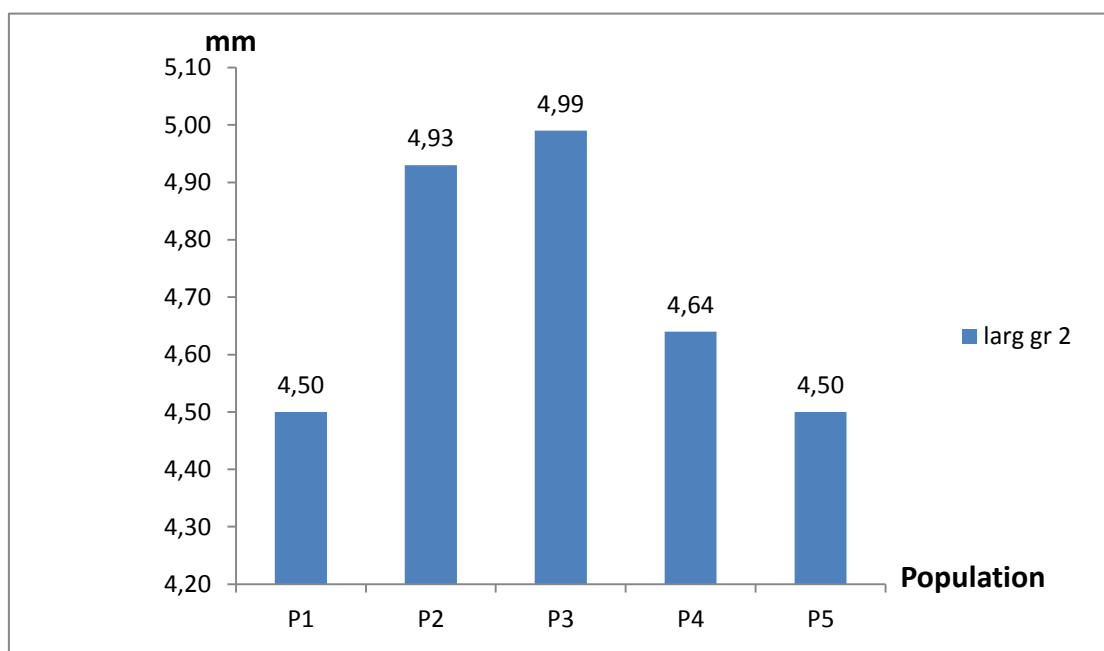
k. Largeur des graines dans le deuxième tiers du cône

Figure 27. Largeur des graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.

La largeur des graines varie dans son ensemble entre un maximum de (4.99 mm) et un minimum de (4.50 mm) (Fig. 27), les deux extrêmes sont présentés dans les populations de Chréa versant sud et les populations de (Boutaleb et rond-point) respectivement. La valeur moyenne pour l'ensemble des sites d'échantillonnage est (4.66 mm).

Tableau 20. Analyse de la variance de la largeur des graines dans le deuxième tiers du cône chez Les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	11,448	4	2,862	5,395	0,000
Erreur	149,601	282	0,531		

La population de Chréa s'avère plus homogène que les autres populations ($\sigma = 11,166$). Par contre, la population de Sidi Abdoune semble être la plus hétérogène ($\sigma = 17,948$).

Sur le plan phénotypes, deux groupes homogènes peuvent être distingués ; les populations de Boutaleb, Sidi Abdoune et rond-point se distinguent par des graines moins larges (4,55). Cependant, la population rond-point, et les deux populations de Chréa possèdent des graines d'une largeur entre 4,64 et 4,99 mm.

I. Largeur des graines dans le troisième tiers du cône

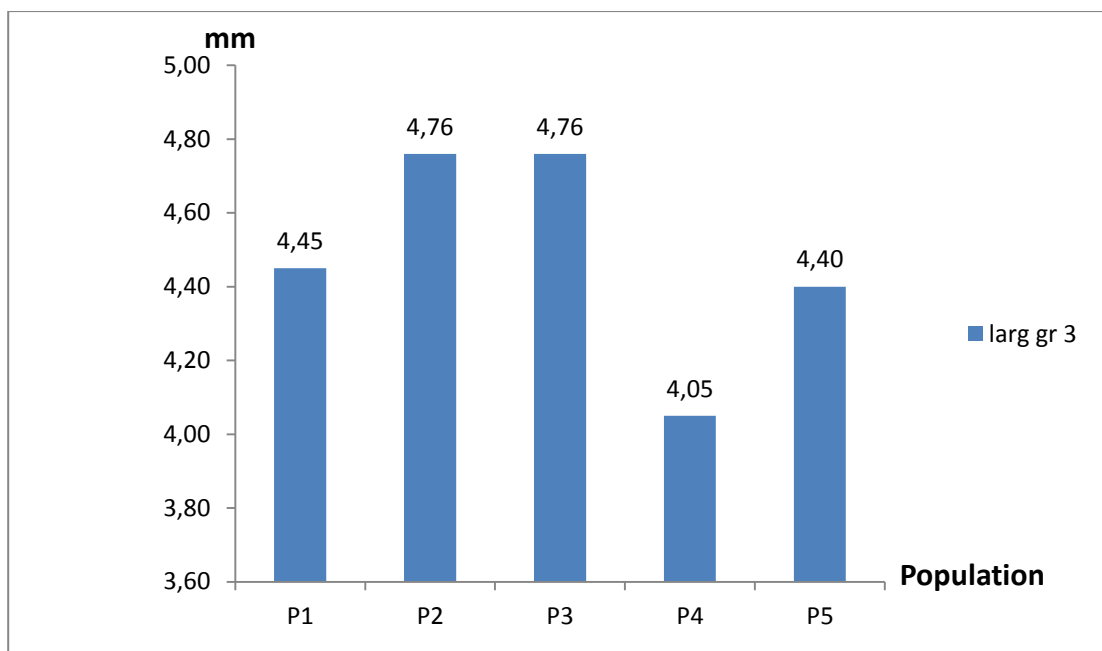


Figure 28. Largeur des graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations

La largeur par graines est 4.47 mm en moyenne chez les différentes populations étudiées entre un maximum de (4.76mm) dans les deux populations de Chréa (Fig. 28) et un minimum de (4.05 mm) constaté dans la population de rond-point.

Tableau 21. Analyse de la variance de la largeur des graines dans le troisième tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	16,105	4	4,026	6,420	0,000
Erreur	176,843	282	0,627		

La population du rond-point semble être la plus homogène parmi les cinq populations analysées ($\sigma = 14.830$). Cependant, la population de Boutaleb est la plus hétérogène ($\sigma = 19.310$). Les populations étudiées peuvent être réparties en deux phénotypes ; la population de Boutalebe ainsi que les populations de Theniet el had forment le premier groupe (4,30 mm), alors que le deuxième groupe rassemble les populations de Sidi Abdoune, Boutaleb, et les deux populations de chréa avec une moyenne de (4,59 mm).

m. Epaisseur des graines dans le premiers tiers du cône

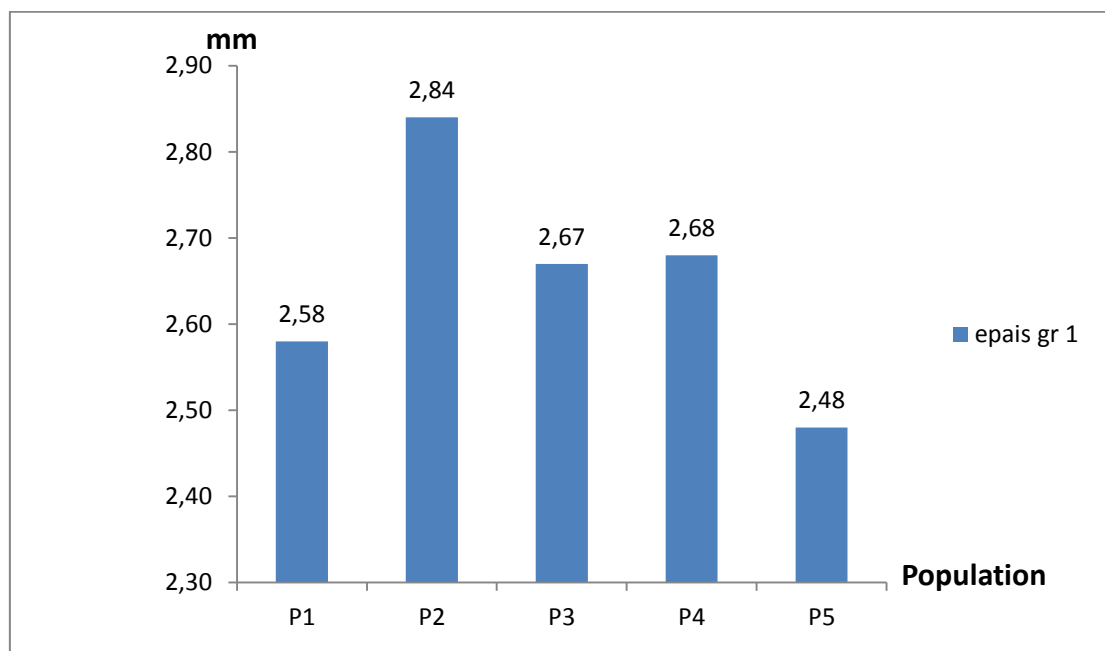


Figure 29. Epaisseur des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.

L'analyse de variance pour la variable épaisseur des graines dans les trois niveaux indiqués du cône, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ($P < 0.000$, tableau 22, 23 et 24). Cette épaisseur varie autour d'une moyenne de 2,64 mm chez les cinq populations. Elle oscille entre une moyenne maximale de 2,84 mm enregistrée dans la population de Chréa versant nord et une moyenne minimale de 2,48 mm au niveau de la population de Sidi Abdoune (Fig. 29).

Tableau 22. Analyse de la variance de l'épaisseur des graines dans le premier tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	3,638	4	0,909	1,712	0,147
Erreur	149,762	282	0,531		

Les populations étudiées manifestent une épaisseur des graines variable, ce qui a abouti à la distinction entre trois phénotypes ; les populations de Sidi Abdoune et Boutaleb ont l'épaisseur la plus faible (entre 2,48 et 2,58 mm), le deuxième ensemble renferme des valeurs intermédiaires entre le premier et le troisième groupe, il réunit les populations de Boutaleb, Chréa versant sud et rond-point avec une moyenne de (2,64 mm) Le dernier groupe est représenté par les populations de rond-point et Chréa versant nord avec (2,76 mm).

L'épaisseur des graines dans le premiers tiers du cône s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Chréa versant sud ($\sigma = 16.32$). La population de Sidi Abdoune, semble la plus hétérogène ($\sigma = 36.85$).

n. Epaisseur des graines dans le deuxième tiers du cône

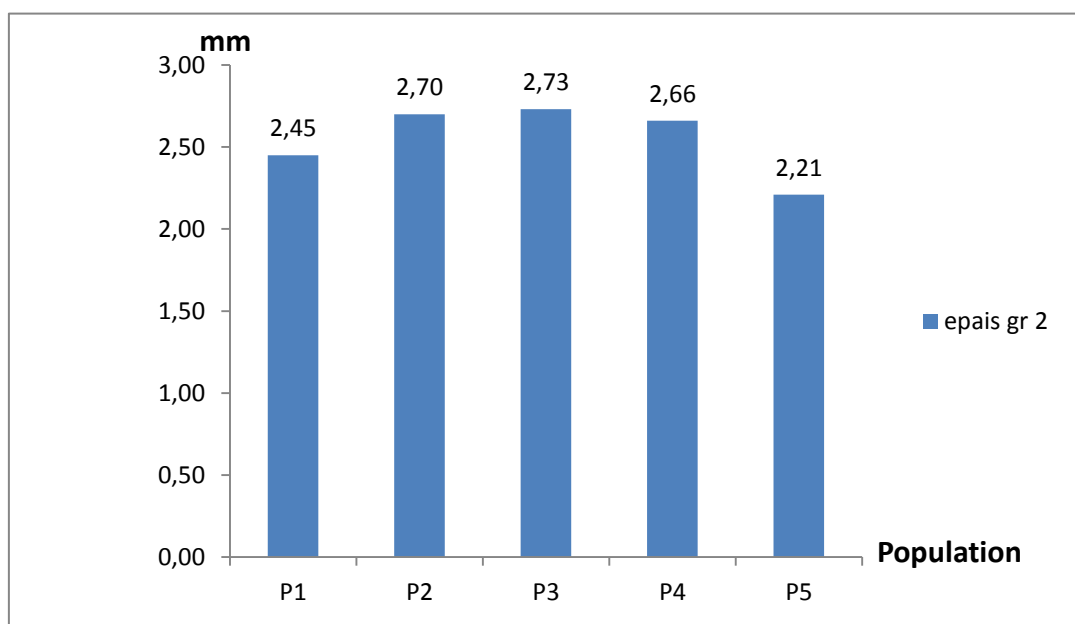


Figure 30. Epaisseur des graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations

L'épaisseur moyenne des graines de l'ensemble des prélèvements est de (2,53 mm), elle fluctue entre une valeur minimale de (2,21mm) rencontré à Sidi Abdoune, et une valeur maximale de 2,73 mm présente au niveau de la population de Chréa versant sud (Fig. 30).

Tableau 23. Analyse de la variance de l'épaisseur des graines dans le deuxième tiers du cône chez les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	9,407	4	2,352	4,820	0,001
Erreur	137,577	282	0,488		

La variation mesurée au sein de chaque population pour ce caractère est à son minimum dans la provenance de Chréa versant sud ($\sigma = 16.14$), et elle est à son maximum dans la provenance de Sidi Abdoune ($\sigma = 41.30$).

Deux phénotypes différents peuvent être distingués, entre autres, les populations de Sidi Abdoune et Boutaleb forment un phénotype homogène ayant des graines avec la plus faible épaisseur (2,21 et 2,45 mm respectivement). En revanche le phénotype exprimé dans les populations de Boutaleb, rond-point et les deux populations de Chréa se distingue par une épaisseur des graines élevée avec une moyenne de (2,64 mm).

o. Epaisseur des graines dans le troisième tiers du cône

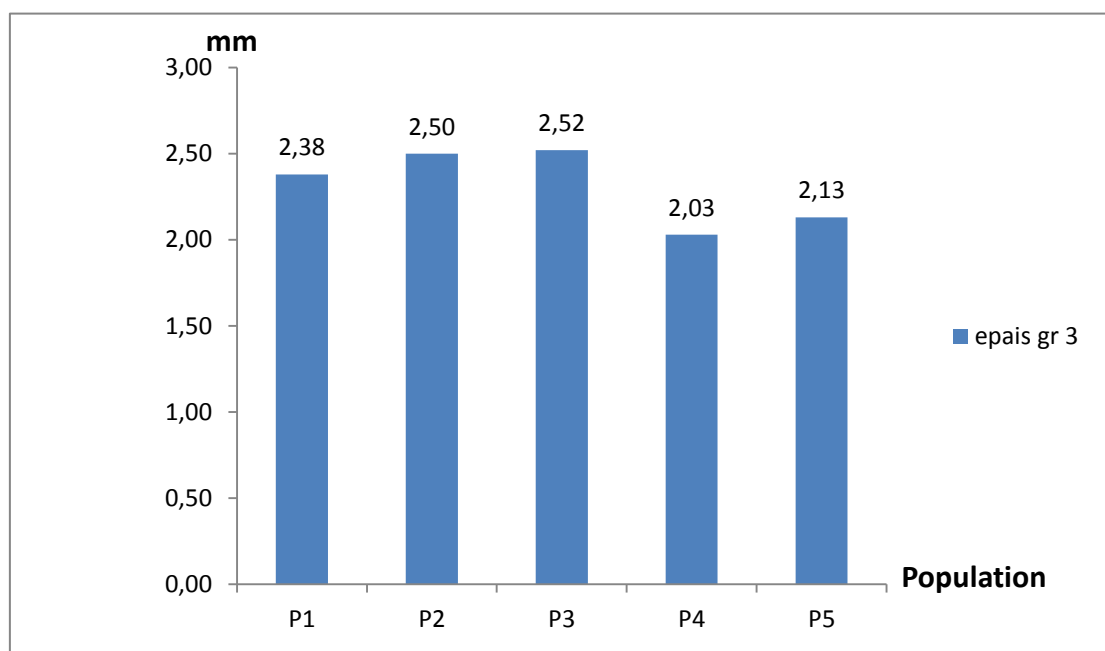


Figure 31. Epaisseur des graines dans le troisième tiers du cône au niveau des cinq populations.

L'épaisseur des graines du troisième tiers du cône varie entre une valeur minimale de 2.03 mm observée dans le site de rond-point, et une valeur maximale enregistrée au niveau des deux populations de Chréa 2,5 mm (Fig. 31), alors que la moyenne globale des cinq provenances est de 2.31mm.

Tableau 24. Analyse de la variance de l'épaisseur des graines dans le troisième tiers du cône dans les cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	9,449	4	2,362	5,159	0,001
Erreur	129,131	282	0,458		

Le test d'homogénéité montre trois phénotypique différents; le premier ensemble regroupe les provenances ayant une faible épaisseur de graines, à savoir, Boutaleb, rond-point et Sidi Abdoune. De même, le deuxième groupe se compose de trois provenances Sidi Abdoune, Boutaleb et Chéra versant nord avec une moyenne de (2,33 mm) A son tour, le troisième groupe rassemble aussi trois provenances, celle de Boutaleb et les deux de Chréa avec une épaisseur élevée (2,46 mm). L'épaisseur des graines dans le troisième tiers du cône s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Chréa versant sud ($\sigma= 22$). Cependant, la population de Sidi Abdoune semble la plus hétérogène ($\sigma= 39.23$).

1.1.3. Paramètres liés aux ailes

a. Longueur des ailes dans le premier tiers du cône

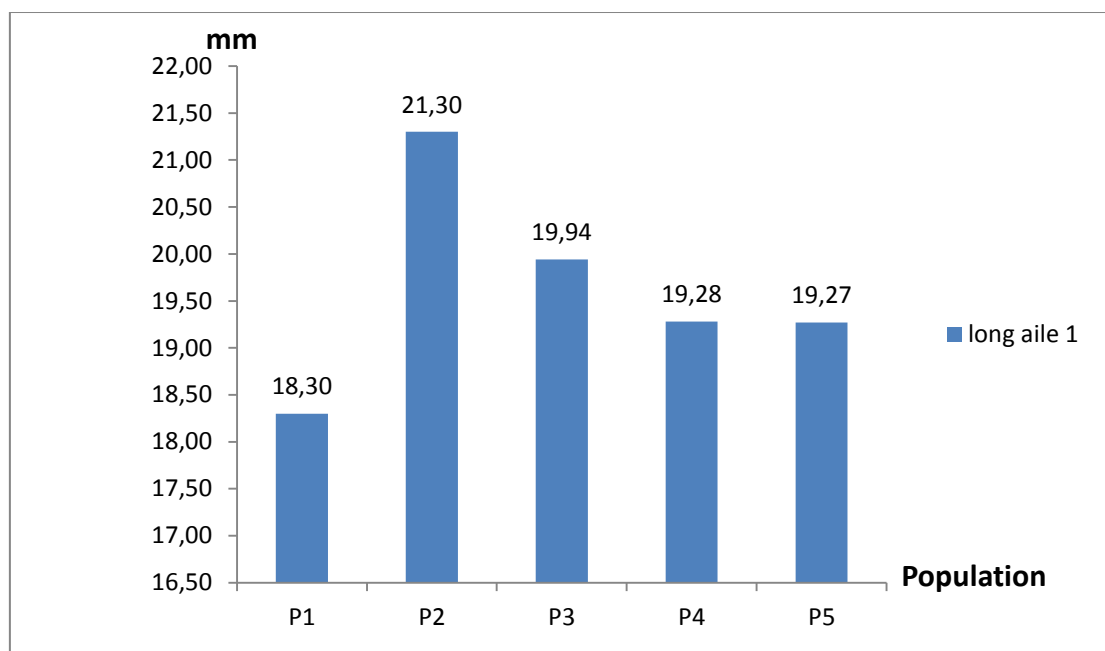


Figure 32. Longueur moyennes des ailes dans le premier tiers du cône au niveau des Cinq populations

La longueur de ailes dans l'ensemble des niveaux de cône étudiés montre une différence très hautement significative ($P < 0,000$, tableau 25, 26 et 27). Cette variation est comprise entre une valeur moyenne maximal de 21.30mm enregistrée dans la région de Chréa versant nord et une valeur minimale de 18.69 mm enregistrée dans la région de de Boutaleb (Fig. 32). La longueur moyenne des ailes oscille autour de 19.37mm.

Tableau 25. Analyse de la variance de la longueur des ailes dans le premier tiers du cône au niveau des cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	315,296	4	78,824	15,619	0,000
Erreur	1423,177	282	5,047		

La variation s'avère élevée au niveau de la provenance de Chréa versant nord ($\sigma = 13.120$), alors qu'elle atteint son minimum à l'intérieur de la provenance de Chréa versant sud ($\sigma = 9.47$).

Trois phénotypes différents peuvent être distingués, entre autre, les trois populations de Boutaleb et celles de Theniet el had forment un groupe avec la plus faible longueur des ailes (18,95 mm), tandis que les deux populations de Theniet el had et la population de Chréa versant sud représentent le deuxième phénotype (19,50 mm). La population de Chréa versant nord se distingue par la longueur des ailes la plus importante (21.30 mm).

b. Longueur des ailes dans le deuxième tiers du cône

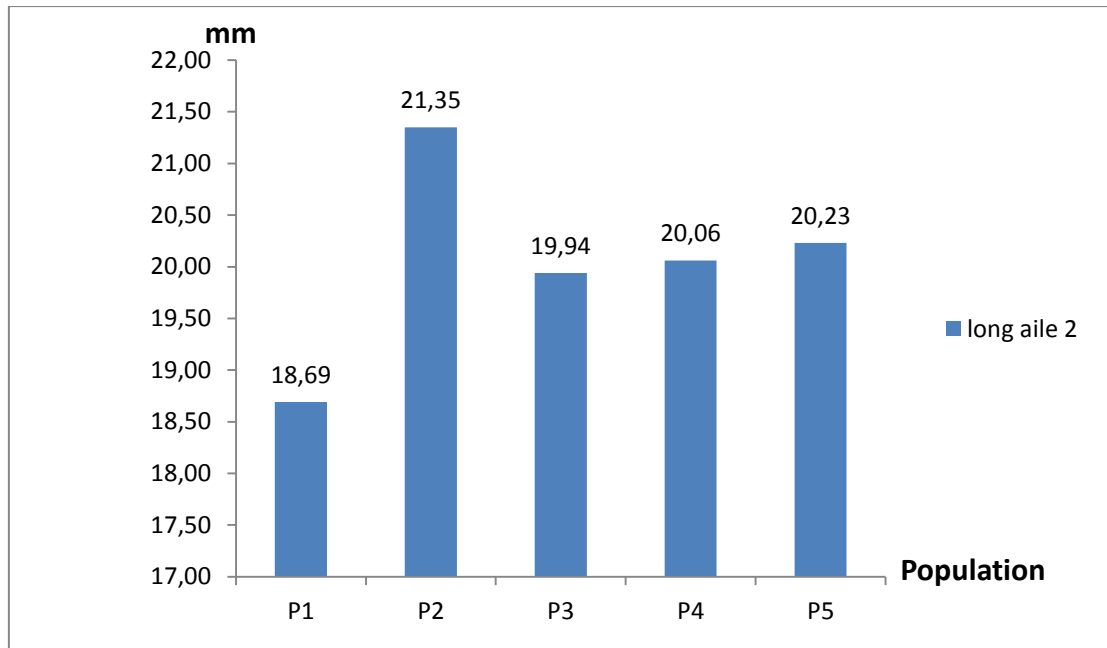


Figure 33. Longueur moyennes des ailes dans le deuxième tiers du cône au niveau des cinq populations

La moyenne calculée de la longueur des ailes pour l'ensemble des populations retenues est de (19.82 mm) Elle est comprise entre une valeur moyenne maximale de 21.35mm enregistrée dans la population de Chréa versant nord et une valeur minimale de (18.69 mm) enregistrée dans la population de Boutaleb (Fig. 33).

Tableau 26. Analyse de la variance de la longueur des ailes dans le deuxième tiers du cône au niveau des cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	256,823	4	64,206	11,949	0,000
Erreur	1515,240	282	5,373		

Nous avons constaté la présence de trois ensembles homogènes. Le premier ensemble concerne les populations de Boutaleb et Chréa versant sud (19,31 mm). Le deuxième ensemble regroupe trois populations Chréa versant sud et les deux de Theniet el had (20,07). Le dernier ensemble est représenté par les populations de Sidi Abdoun et Chréa versant nord qui expriment une longueur des ailes la plus élevée (20,79).

Cette variabilité atteint son maximum à l'intérieur de la population de Sidi Abdoun ($\sigma=14.25$) et arrive à son minimum au niveau de la population de de Chréa versant sud ($\sigma=8.26$).

c. Longueur des ailes dans le troisième tiers du cône

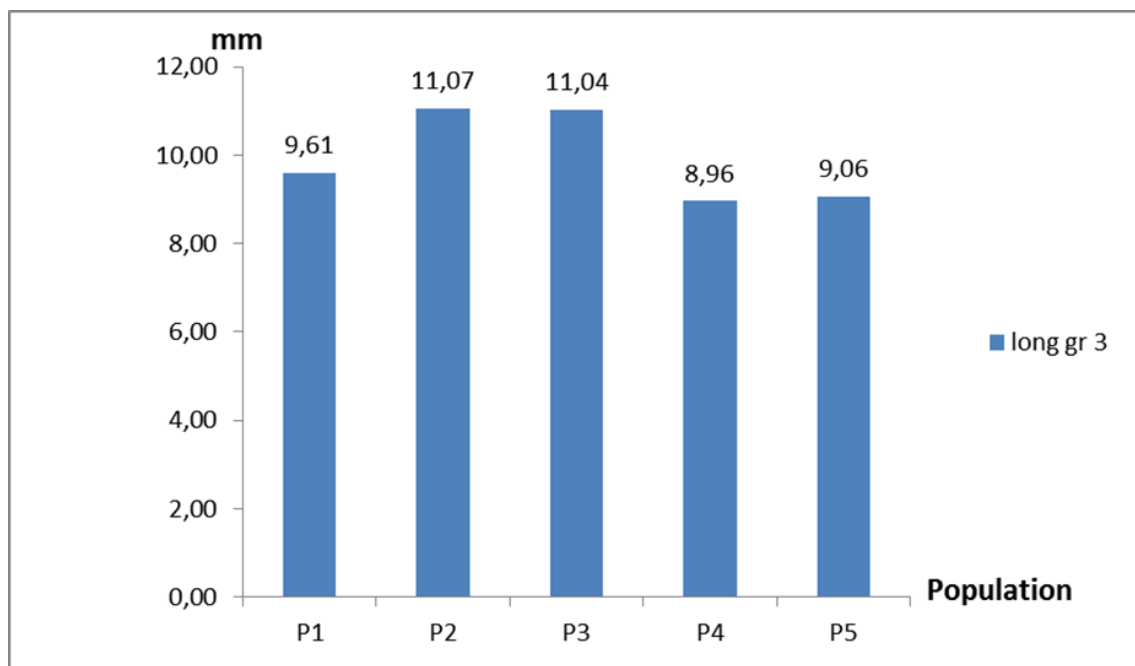


Figure 34. Longueur moyenne des ailes dans le troisième tiers du cône au niveau des Cinq populations.

La longueur des ailes est comprise entre une valeur moyenne maximale de (21.35mm) enregistrée dans la provenance de Chréa versant nord et une valeur minimale de 18.69 mm enregistrée dans la provenance de Boutaleb (Fig. 34).

Tableau 27. Analyse de la variance de la longueur des ailes dans le troisième tiers du cône au niveau des cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	320,945	4	80,236	15,652	0,000
Erreur	1445,633	282	5,126		

Longueur d'ailes dans le troisième tiers du cône s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Chréa versant sud qui enregistre le coefficient de variance le plus faible parmi l'ensemble des populations échantillonnées avec ($\sigma=8.406$). Par contre, la population de Sidi Abdoun semble la plus hétérogène ($\sigma= 14.62$).

L'étude de l'homogénéité des groupes indique la présence de trois ensembles homogènes; le premier ensemble se compose des populations de Boutaleb, Chréa versant sud et rond-point (18,52). Le deuxième ensemble se forme également de trois populations, Celles de Theniet el had et Chréa versant sud (19,07 mm). Tandis que la population de Chréa versant nord est unique avec la longueur moyenne la plus élevée (20.93mm).

d. Largeur des ailes dans le premier tiers du cône

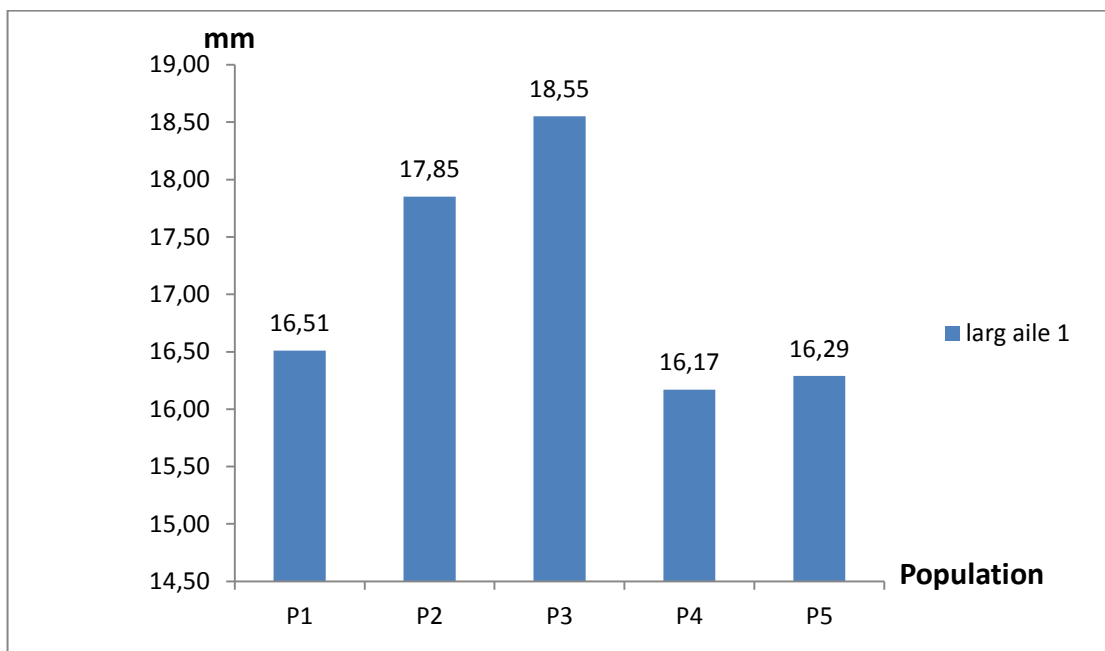


Figure 35. Largeur moyenne des ailes dans le premier tiers du cône au niveau des cinq populations

Largeur d'aile sur les trois niveaux choisis du cône montre une différence très hautement significative ($P < 0,000$, tableau 28,29 et 30).

La largeur des ailes s'avère très variable au sein et entre les populations autour d'une moyenne de 16.91 mm. Elle oscille entre une largeur maximale de 18.55mm enregistrée dans la provenance de Chréa versant sud et une largeur minimale 16.17mm enregistré dans la provenance de rond-point (Fig. 35).

Tableau 28. Analyse de la variance de la largeur des ailes dans le premier tiers du cône au niveau des cinq populations

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	207,634	4	51,909	19,036	0,000
Erreur	768,956	282	2,727		

Les populations retenues manifestent une hétérogénéité importante. La population de Sidi Abdoun semblent être plus homogènes pour ce caractère ($\sigma = 6,40$). En revanche, la population Chréa versant nord présente une variabilité très marquée de ($\sigma = 12,10$).

Les populations choisies manifestent une largeur variable ce qui a abouti à la distinction entre deux phénotypes ; les populations de Boutaleb et de Theniet el had qui ont une largeur plus faible (16,32 mm) expriment un phénotype différents de celui des populations de Chréa (18,20 mm).

e. Largeur des ailes dans le deuxième tiers du cône

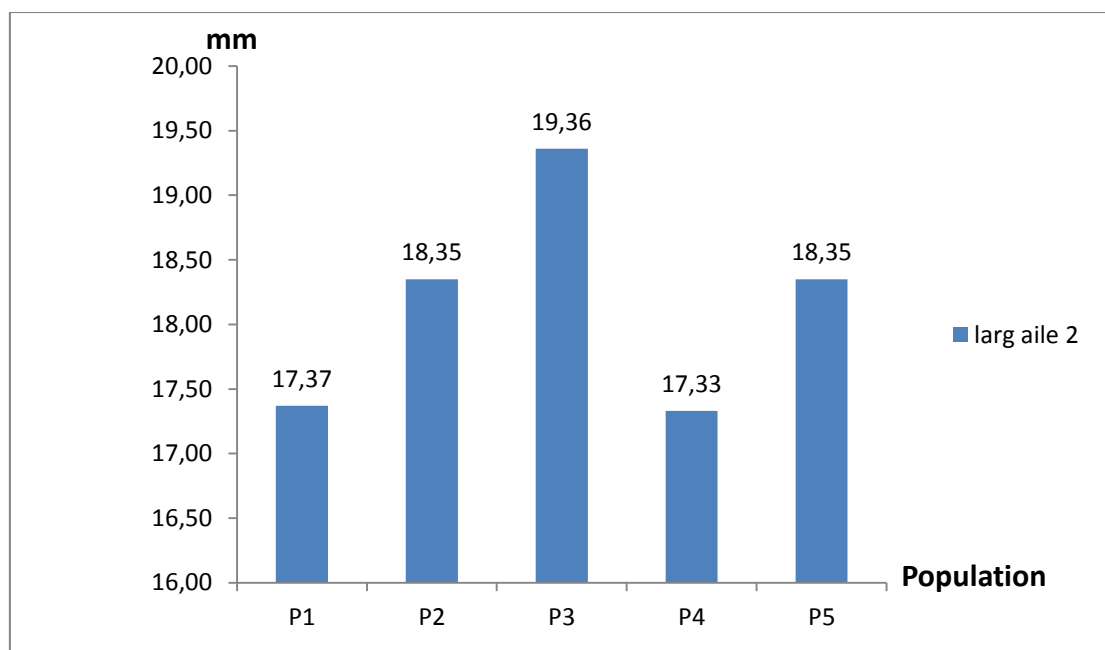


Figure 36. Largeur moyenne des ailes dans le deuxième tiers du cône au niveau des cinq populations

La Largeur moyenne des ailes pour le caractère étudié est de 17.96 mm, cette variation est comprise entre une valeur maximale de 19.36mm enregistrée dans la population de Chréa versant sud 1, et t une valeur minimale de 17.33mm enregistrée dans la population de rond-point (Fig. 36).

Tableau 29. Analyse de la variance de la largeur des ailes dans le deuxième tiers du cône au niveau des cinq populations.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	142,643	4	35,661	12,808	0,000
Erreur	785,174	282	2,784		

La largeur des ailes s'avère un caractère homogène au niveau de la population de Sidi Abdoun qui enregistre le coefficient de variance le plus faible parmi l'ensemble des populations échantillonnées avec ($\sigma=7.05$). La population de Chréa versant nord, semble la plus hétérogène ($\sigma= 10.30$).

Cette variabilité a engendré trois groupes homogènes ; le premier concerne les populations de Boutaleb et rond-point avec la plus faible largeur (17,35 mm). Le deuxième ensemble regroupe également deux populations, Sidi Abdoun et Chréa versant nord (18,35). Le dernier groupe est représenté par la population de Chréa versant sud qui se distingue par une largeur plus élevée (19.36mm).

f. Largeur des ailes dans le troisième tiers du cône

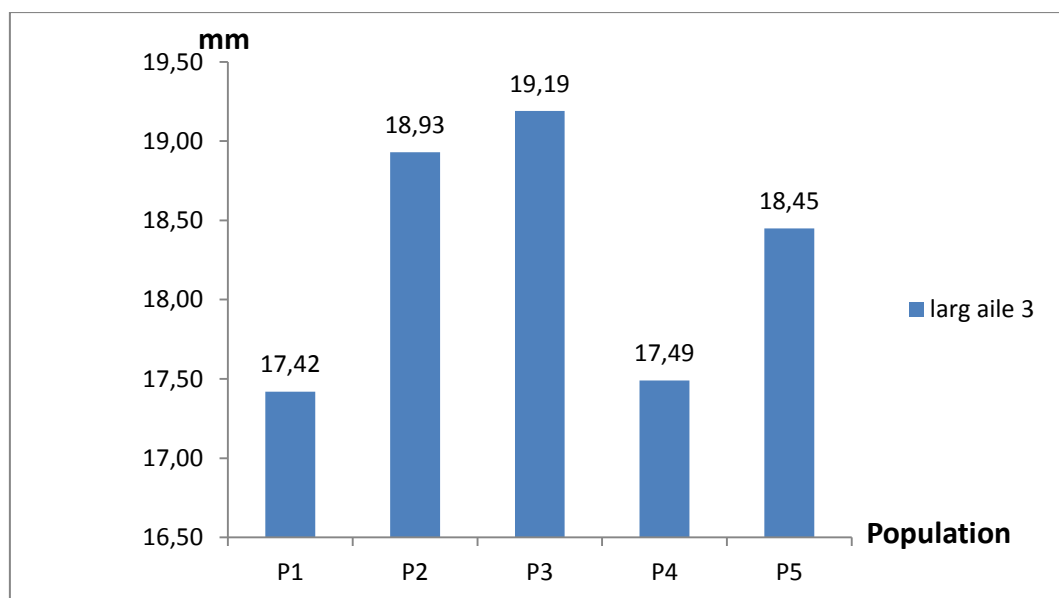


Figure 37. Largeur moyenne des ailes dans le troisième tiers du cône au niveau des cinq populations

La largeur moyenne des ailes à ce niveau du cône est de 18.10mm. Elle est comprise entre une valeur moyenne maximale de (19.19mm) enregistrée dans la provenance Chréa versant sud, et une valeur minimale de 17.42 enregistrée dans la provenance de Boutaleb (Fig. 37).

Tableau30. Analyse de la variance de la largeur des ailes dans le troisième tiers du cône au niveau des cinq populations

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	P
Population	149,147	4	37,287	10,907	0,000
Erreur	964,014	282	3,418		

Cette hétérogénéité entre les populations s'est exprimée par l'apparition de trois phénotypes ; le premier regroupe les populations de Boutaleb et rond-point (17,46 mm). Le deuxième forment un regroupe les deux populations de Theniet el had (17,97). Le troisième est représenté par les deux populations de Chréa et la population de Sidi Abdoune qui expriment la largeur la plus élevée (18,86).

La population de Sidi Abdoun semble être homogènes pour ce paramètre par rapport au reste des populations étudiées ($\sigma=8.27$). Alors que la population de Chréa versant nord semble être hétérogène ($\sigma= 11.10$).

1.2. Trait qualitatif

1.2.1. Forme des graines

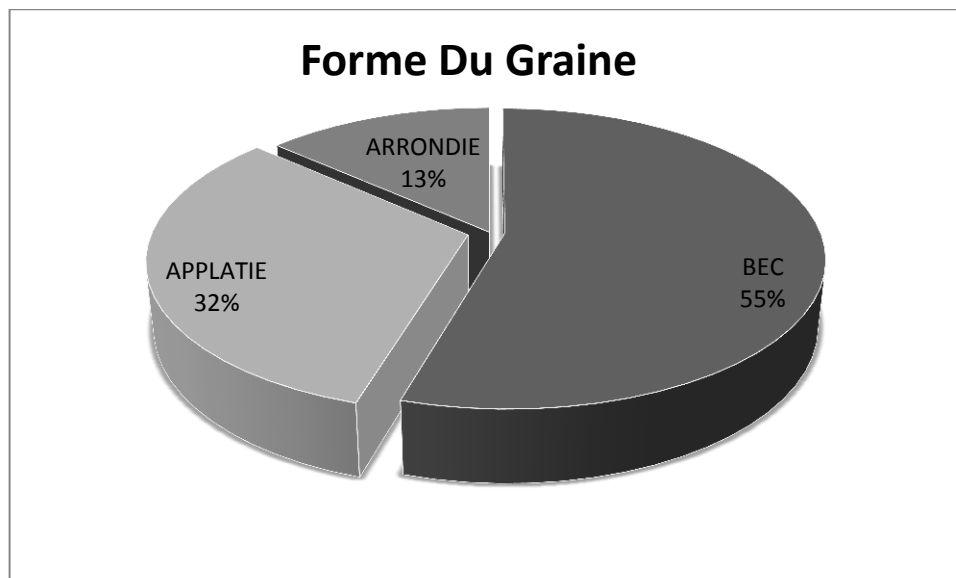


Figure 38. Pourcentage des différentes formes de graines

Nous avons constaté à travers les observations que les graines peuvent prendre 03 formes différentes. La majorité des graines étudiées de toutes les populations présente une forme bec avec un pourcentage de 55%, alors que les deux autres formes à savoir aplatie et arrondie indiquent les pourcentages, 32% et 13% respectivement.(figure 38).

La forme de graine bec caractérise les populations de Boutaleb et chréa versant nord et chréa versant sud avec respectivement 73% et 58%, et 72%. , par contre la forme aplatie prime dans les populations de rond-point et Sidi Abdoun par un pourcentage de 51%. Alors que le grand pourcentage de la forme arrondie est exhibé par les graines de population Sidi Abdoun avec 31% (tableau 31).

Tableau 31. Pourcentage des différentes formes de graines chez les cinq populations.

Forme de graine	Boutaleb	Chréa versant nord	Chréa versant sud	Round-point	Sidi abdoune
Bec	73%	58%	72%	38%	18%
Aplatie	25%	23%	11%	51%	51%
Arrondie	2%	19%	17%	11%	31%

La forme des graines en bec domine les autres formes au niveau des populations de Chréa et Boutaleb. Par contre, la forme aplatie représente la proportion la plus importante dans les deux populations de Theniet el had.

Une analyse en composantes principales a été conçue en tenant en compte uniquement des traits mesurables afin de mettre en évidence les ressemblances entre les cinq provenances étudiées. Les deux premières composantes expliquent 69% de la variabilité totale observée. La projection des populations sur la 1ère composante fait ressortir deux groupes distincts dont un situé à une distance de 0,5 dans le sens négatif de cette dernière. Par contre, le deuxième groupe se dispose sur une distance de 0,75 dans le sens positif de cette composante.

Cependant, la projection sur la 2^{ème} composante fait apparaître deux groupes ; les deux populations de Théniet el had (Sidi Abdoune et rond-point et les deux populations de chréa se séparent dans le sens positif de cette composante sur une distance de 0,8, à l'opposé de la population de Boutaleb qui se situe à une distance de 0,25 dans le sens négatif. Les deux populations de chréa forment avec la population de Sidi Abdoune le même groupe homogène, alors que les populations de rond-point et Boutaleb représentent le deuxième groupe (Fig. 39).

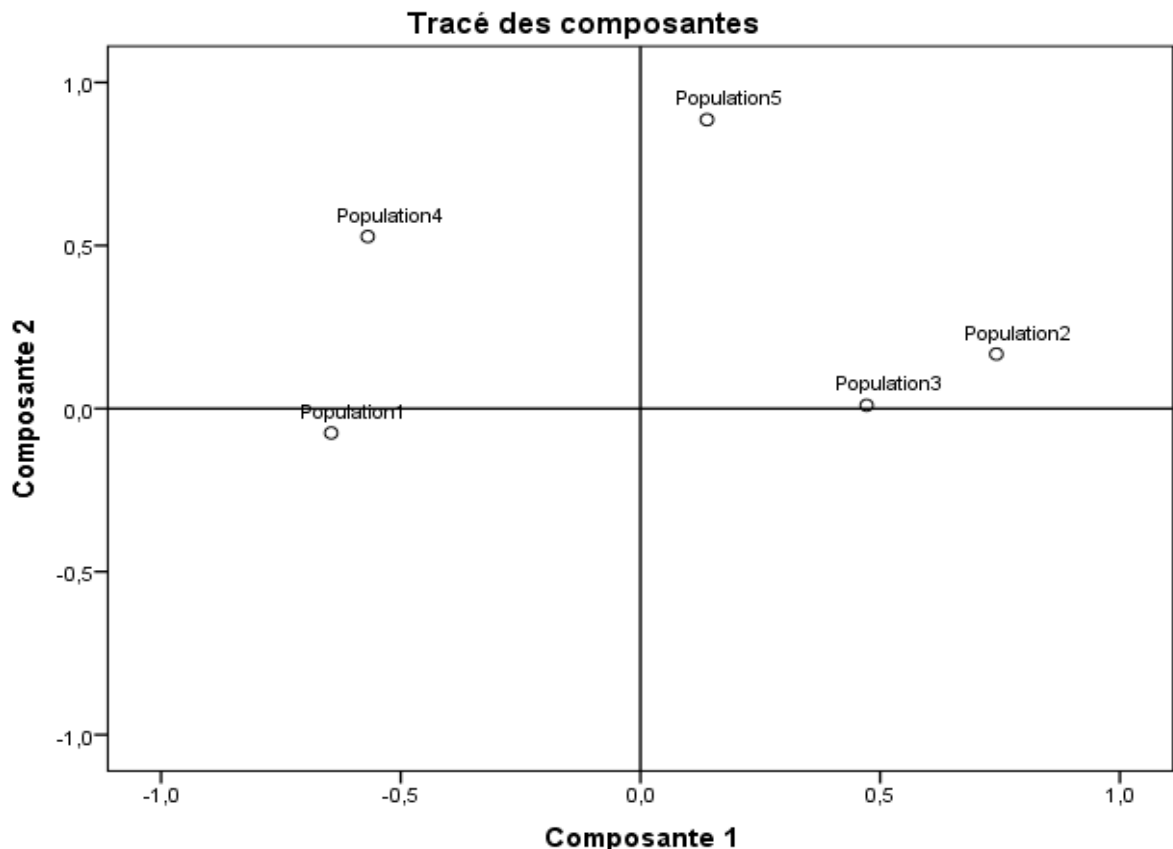


Figure 39. Analyse en composantes principales élaborée sur l'ensemble des populations retenues.

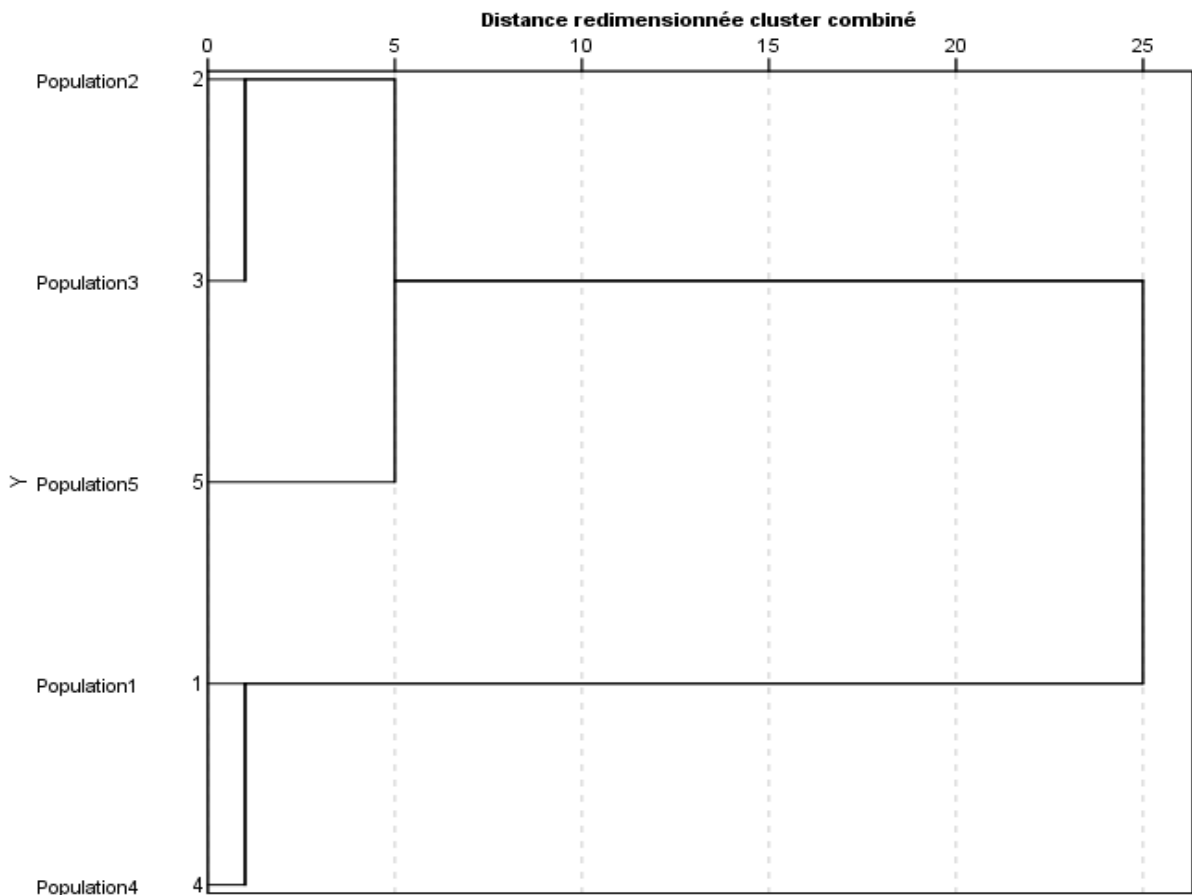


Figure 40. Analyse statistique en dendrogrammes pour l'ensemble de variables mesurées.

La classification en dendrogramme (Fig. 40) basée sur la méthode de Ward en utilisant les distances euclidiennes montre la présence de deux phénotypes distincts ; les deux populations de Chréa qui sont les plus semblables forment avec la population de Sidi Abdoune (Theniet el had) le premier groupe homogène, alors que les populations de Boutaleb et rond-point (Theniet el had) forment un groupe à part.

2. Discussion

L'analyse de la variance à un seul facteur de variabilité a révélé une différence très hautement significative entre les populations étudiées pour l'ensemble des traits analysés. De même l'étude de l'homogénéité des groupes par le test de Tukey a fait ressortir au moins deux groupes homogènes pour la totalité des paramètres analysés.

De manière générale, la population de Chréa versant sud s'avère la plus homogène, par contre la population de rond-point (Theniet el had) semble être la plus hétérogène. Cette variabilité pourrait être l'une des conséquences de la richesse des processus évolutifs passés, liée ou pas, avec la capacité actuelle des espèces à évoluer sous les nouvelles conditions (Bruno, 2005). La fragmentation de l'aire de répartition de cette essence laisse supposer l'existence d'une dérive génétique (sous espèce, variété..) à l'intérieur des populations forestières isolées les unes des autres (Halitim, 2006).

La longueur moyenne des cônes chez l'ensemble des individus échantillonnés est au voisinage de 70,57 mm. Elle fluctue entre 62,76 et 78,63 mm, elles dépassent largement celles trouvées par Toth (1973) entre 50 et 60 mm, comme elles se situent dans l'intervalle (entre 50 et 80 mm) qui a été proposé par Durand (2000). Pour les cônes des provenances algériennes, Derridj (1990) indique une moyenne de 62,8 qui semble être similaire à celle exprimée par la population de Boutaleb (62,76 mm), qui représente la longueur la plus basse parmi les populations retenues.

Le diamètre moyen de l'ensemble des cônes collectés avoisine 63,74 mm. Les valeurs les plus élevées pour ce trait ont été rencontrées au niveau des deux populations de Chréa. Par contre les valeurs les plus faibles se trouvent dans la population de Boutaleb, alors que les deux populations de Theniet el had, expriment un diamètre moyen de (63,72 mm). Ces mêmes remarques sont valables pour la longueur de rachis du cône. Les dimensions des cônes révèlent également une variabilité intra-spécifique très significative : elles sont systématiquement plus réduites dans les stations de l'Atlas Saharien (DERRIDJ, 1993). D'après Gausson (1967), l'augmentation de la taille des grains de pollen et des cônes correspond au sens de l'évolution.

La moyenne globale du poids du cône est de 63,83g au niveau de l'ensemble des populations retenues. Les cônes les plus lourds ont été signalés au niveau des populations de rond-point (Theniet el had) et Chréa versant nord (74,36g). En revanche les cônes de Boutaleb expriment un poids très faible (48,85 g). Le poids du cône à l'intérieur de l'ensemble des

populations échantillonnées à l'exception de celle de Boutaleb dépasse largement celui qui a été signalé par Derridj (1990) avec 55,83 g, à l'échelle moyenne des provenances algériennes (le poids moyen oscille entre 41,49 g "Telmet - Aurès" et 56,91 g "Babors "). Comme il devance le poids du cône indiqué par Khanfouci (2005) sur la cédraie de Belazma et par Krouchi (1995) sur la cédraie de Tala- Guilef avec (49 g) et (60 g) respectivement. La différence de poids entre les différents cônes au niveau des différentes populations, peut être liée à plusieurs phénomènes. Khanfouci (2005), attribue cette différence à l'exposition de l'arbre et à la position du cône sur les branches. Il indique que les écarts de la biomasse sont relativement peu importants, comme il conclue que les cônes qui se trouvent sur des basses branches et sur une exposition sud ont un poids réduit. Selon Khanfouci (2005), l'exposition nord produit les cônes les plus dimensionnés, c'est à dire les plus fertiles, que celle du Sud. Ces constatations convergent avec les résultats obtenus sur les populations ayant fait l'objet de notre étude.

Par contre, le poids des graines des populations sélectionnées s'avère significativement inférieur par rapport aux valeurs indiquées pour *Cedrus atlantica* dans des études précédentes (0,041) contre 0,06 (Belheziel et Rouab, 2017) et 0,08 (Khanfouci, 2005). Le nombre moyen de graines par cône avoisine 119,30 graines, cette valeur est comprise entre 106 et 134 graines rencontrée au niveau des provenances de rond-point et Sidi Abdoune respectivement qui sont localisées dans le parc national de Theniet el had. Notons que le nombre de graines par cône est plus abondant sur le versant nord que l'orientation sud des populations. Ce qui confirme les résultats de Khanfouci (2005) et de Nezar Kebaili (2009).

La production qualitative et quantitative des graines de l'exposition nord est meilleure que celle de l'exposition sud. (Khanfouci 2005), Les deux populations de Chréa se distinguent par rapport au reste des populations par la taille de leurs graines qui enregistrent les valeurs les plus élevées pour la longueur, la largeur et l'épaisseur. Gaussen (1967) pense que le changement de la taille des graines du cèdre de l'Atlas constitue une forme d'adaptation et d'évolution de l'espèce aux conditions changeantes.

Etant donné que l'aile est un outil de dispersion chez les arbres à graines ailées, nous nous sommes intéressés à l'analyse de ses différentes dimensions. Nous avons constaté à travers l'analyse statistique des ailes sur les trois niveaux du cône que sa partie médiane héberge des graines avec des ailes plus longues, alors que les ailes les plus larges ont été rencontrées au niveau du tiers inférieur (externe) du cône. Les deux populations de Chréa manifestent les plus

importantes valeurs pour ce trait, par contre la population de Boutaleb exprime les plus faibles valeurs.

L'analyse de corrélation basée sur le coefficient de Pearson a permis de déceler des corrélations hautement significatives entre la majorité des traits mesurables du cône, des graines et des ailes. Le poids du cône est corrélé positivement avec la longueur ($r=0,826^{**}$) et le diamètre ($r=0,668^{**}$) du cône ainsi qu'avec la longueur du rachis ($r=0,583^{**}$), ce qui a influé directement sur le poids, le nombre, la longueur, la largeur et l'épaisseur des graines d'une part et sur la longueur et la largeur des ailes d'autres part. De même la longueur du cône est positivement corrélée avec le diamètre ($r=0,505^{**}$), avec le nombre des étages ($r=0,216^{**}$) et avec la longueur du rachis ($r=0,500^{**}$) du cône. Ainsi des corrélations positives ont été constatées entre la longueur et le diamètre du cône et tous les traits mesurables des graines et des ailes. Comme il est à noter que la longueur du rachis influé directement sur l'ensemble des traits analysés au niveau des graines et des ailes, en outre ces deux dernières sont corrélées positivement entre elle pour l'ensemble des paramètres étudiés. Selon les études de (Krouchi, 2010) les caractères sont liés entre eux par une relation allométrique avec des corrélations positives et significatives quel que soit le niveau auquel elles sont envisagées (à l'échelle de la graine, du cône ou de l'arbre). Les dimensions des graines et des ailes sont proportionnelles à celle du cône qui les contient.

A l'exception du nombre des étages, le nombre de graines par cône et la longueur des ailes qui sont dans l'ensemble corrélés négativement avec l'altitude, il ne semble pas exister de corrélation entre l'altitude des stations et le reste des traits analysés. Ces données divergent avec celles signalées par Derridj (1994) où il a signalé la présence de corrélations positives entre l'altitude et le poids du cône.



Conclusion

Conclusion

Cedrus atlantica, est une essence prestigieuse et précieuse. Comme les autres espèces de son genre, il est synonyme de longévité (plusieurs siècles), de rusticité, de résistance et de solidité. Le cèdre est apprécié pour ses nombreux avantages sociaux, économiques et écologiques. En Algérie les massifs de cèdres sont très dispersés : les plus vastes sont dans les Aurès, les autres sont répartis sur les monts du Hodna, des Babors, du Djurdjura, de l'Atlas Blidéen et de l'Ouarsenis. Hormis leur tempérament montagnard commun, ces populations de cèdres vivent sous des conditions écologiques variées. Aussi, compte tenu d'une répartition aussi vaste et surtout aussi morcelée, nous nous sommes demandé s'il ne serait pas apparu une certaine différenciation.

Au terme de cette étude, une panoplie d'informations relatives à la diversité phénotypique des populations naturelles de *Cedrus atlantica* étant rationnellement acquise. Les résultats de ce travail nous renseignent d'avantage sur le fonctionnement et la dynamique reproductive de l'espèce et sur le niveau de variation intra et inter-populations de certains paramètres de reproduction qui ont un rôle déterminant dans la régénération de l'espèce et le maintien de sa diversité.

L'étude de la variabilité morphologique basée sur des traits du cône, issus de différentes provenances naturelles nous a permis de révéler un polymorphisme remarquable au sein et entre les populations retenues de cette espèce pour l'ensemble des traits sélectionnés. De même des corrélations significatives et positives ont été constatées entre l'ensemble des paramètres étudiés sur le cône.

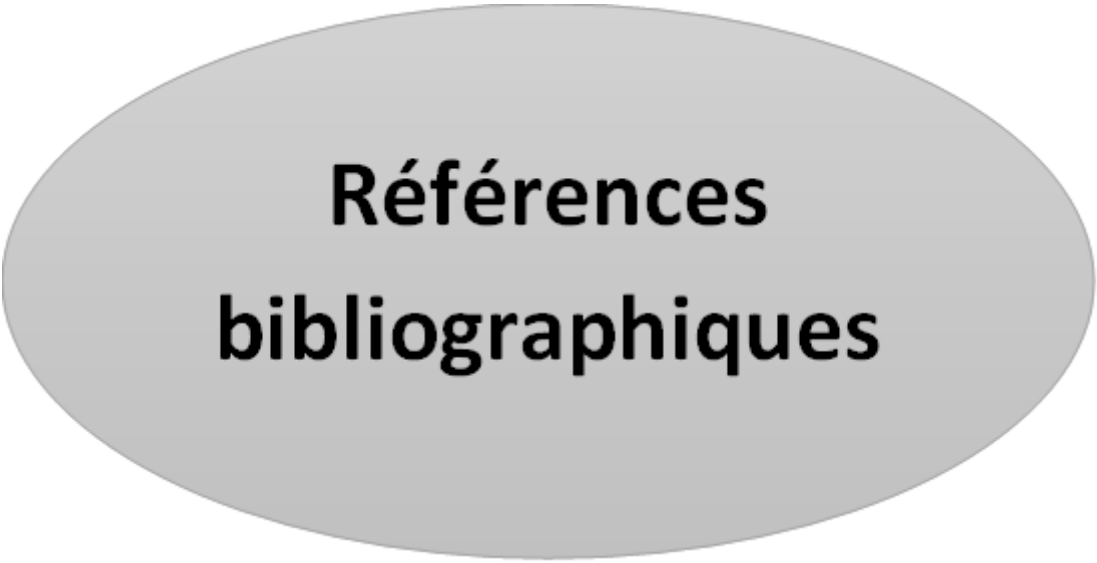
Les observations ont conduits à la distinction de deux phénotypes chez *Cedrus atlantica* M. en se basant sur les traits du cône ; les deux populations de Chréa avec la population de Sidi Abdoune manifestent un phénotype différent de celui exprimé par les deux autres populations qui sont géographiquement les plus éloignées, à savoir, rond-point (Theniet el had) et Boutaleb.

Dans l'ensemble, les cônes des cinq populations choisies renferment un nombre considérable de graines, ce qui représente un avantage pour la propagation de l'espèce qui souffre sur certaines régions d'un taux réduit en graines fertiles. La production qualitative et quantitative des graines de l'exposition nord est meilleure que celle de l'exposition sud. Les deux populations de Chréa se distinguent par rapport au reste des populations par la

taille de leurs graines qui enregistrent les valeurs les plus élevées pour la longueur, la largeur et l'épaisseur.

Ces conclusions restent préliminaires, de nouvelles perspectives de recherches dans le but de rentabiliser et d'approfondir davantage cette étude demeurent judicieuses:

- Installer des parcelles expérimentales renferment des individus issus des différentes provenances afin d'identifier l'origine de cette variabilité ;
- Expansion des stations de collecte de données relatives au cèdre de l'Atlas dans toutes les régions de sa propagation en Algérie ;
- Une collecte des données sur les différents sites de développement de cette espèce sont plus que nécessaires afin de déterminer l'impact de l'environnement sur cette variabilité ;
- Mettre en œuvre des nouvelles techniques pour une meilleure évaluation de la variabilité que recèle cette espèce en se basant sur d'autres marqueurs plus informatifs à l'échelle moléculaire et génétique ;
- Comparez les résultats de l'analyse des ressources génétiques du *Cedrus atlantica* d'Algérie avec les données des pays où cette espèce et d'autres espèces de même genre sont présentes.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

A

- **Abdssamed Kh. 1981.** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) Dans les massifs de l' Aurès et du ezma. Etude phytosociologique, problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse Doct. Ing. Univ . Aix-Marseille, p. 202.
- **Abderrahim El H. 2011.** valorisation de terpenes naturels issus de plantes marocain par transformations catalytique ,Univ.TOULOUSE III.Paul sabatier ,195p.
- **ALard D., Poudevigne I., Dutoit T. et Decaens T. 1998.** Dynamique de la biodiversité dans un espace en mutation. Le cas des pelouses calcicoles de la basse vallée de Seine, *Acta Oecologica* 19 (3) (1998)/O Elsevier, Paris, pp 275-284.
- **Anonyme. 1984.** Etude et projets pour la mise en valeur des terres, aménagement des forêts et *Cedrus atlantica* Manetti dans le parc national de Theniet El Had. Thèse .Ing .Univ des sciences et de la technologie Houari Boumediene. Alger, 57p.

B

- **Bariteau M., Konstantinos P., m'hirit O., Apostolos S.1999.** Variabilité génétique du cèdre de l'Atlas en comparaison avec les autres cèdres Méditerranéens .Forêt méditerranéenne. N° 04, V.XX :175-190.
- **Bentouati A. 2008.** La situation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). Forêt méditerranéenne .N° 02 .V .XXIX : 203-208.
- **Boudy P. 1952.** Guide du forestier en Afrique du Nord. Les essences forestières. Ed. La maison rustique, 50p.
- **Boukerker H. 2016.** autoécologie et évaluation de la biodiversité dans cédraies de *Cedrus atlantica* manetti du parc national de blazma (Batna, Algérie). Thèse de doctorat en science agronomique. Université Mohamed khider , Biskra ,229 p

D

- **Dahel R. (2015).** le parc nationale de chrea une aire protégé A influence régionale ;revue agrobiologie ;N°7 ,05-14.
- **Debzac E.F.(1964).** Manuel des conifères .Ecole Nationale des Eaux et Forêts ,Nancy.79-82.
- **Derak M., m'hirit O., Boujamaa M. Et-tobi M.2008.** Influence de la densité et le type de peuplement sur le dépérissement de cèdre à Sidi m'gueld. Forêt méditerranéenne : 23-32.
- **Derridj A. 1990.** Etude des pollinisations de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie.Thèse doctorat. Univ. Paul Sabatier, Toulouse. 288 p.
- **Derridj A, 1993.** Exploration de la variabilité intraspécifique de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie par l'étude des cônes. S éminaire International sur le cèdre de l'Atlas, Rabat, Royaume du Maroc - 7- 11 juin 1 993 ; 1 5p.
- **Derridj A, 1994.** Exploration de la variabilité intraspécifique de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie par l'étude de cone. *Ann.Rech.For.*,T(27) :435-450.

E

- **Emile R., Demartean M., Francois L., et Cheddadi R.2007.** Réponses de Cedrus atlantica aux changements climatiques passés et futurs. Géo-Eco-Trop, 31: 105: 146.
- **Emberger L, 1960.** Les végétaux vasculaire.Tome2. Ed. Masson & Cie, 682p.

F

- **Faurel I. et Laffite L. (1949).** Facteurs de répartition des cédraies dans le Massif de l'Aurès et du Belezma. Bull.Sci.d'Hist. Nat de L'Afrique du Nord .Tome 40

G

- **Gausson H., 1 967.** Les gymnospermes actuelles et fossiles. Trav. Lab. For., Toulouse, VI, (1), 294- 319.
- **Guechoud Idir . 2016.** Cartographie et structure de Taxus baccata à Chréa en relation avec la structure de l'espèce dominante (Cèdre de l'Atlas) ; Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou. 54 p.

H

- **Halitim S. (2006).**contribution à l'étude de la réserve utile en eau des sols des cédraies dans les Aurès : Influence des facteurs édaphiques .mémoire Magistère, Université de Batna, Département d'Agronomie ,115p.

I

- **Irie A ; Zoro BI ; Kevin .K ; Koffi ET Yao DJE.2003.** Caractérisation botanique et agronomique de trois espèces de cucurbites consommées en sauce en Afrique de l'Ouest : Citrullus sp., Cucumeropsis manni Naudin et Lagenaria siceraria (Molina) Standl. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2003 7 (3-4), 189-199.

K

- **Kacha s ,M Adamou-Djerbaoui ,F .Marniche and W.de Prins.2017.**the richness and diversity of lepidoptera species in different habitats of the national park theniet el had (algeria) ;issn 1112-9867 ;746-769p.
- **Kacha, S., 2009.** Contribution à l'étude de quelques facteurs causaux du dépérissement du Cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica Manetti) dans le parc national de Theniet El Had. Edit Thèse Ing Univ de Tiaret. P36.
- **Khanfouci, M., 2005.** Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica M) dans le massif du Belezma. Edit Thèse Mag Univ de Batna. P228.

- **Krouchi., 1995.**Contribution à l'étude de l'organisation reproductive du cèdre de atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à Tala-Guilef Djurdjura Nord occidental.Thèse Magister Sci.agro.Option foresterie I.N.A.Alger, 105P.
- **Krouchi F. 2010.** Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre del'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala Guilef, Djurdjura nord-ouest, Algérie). Th. Doct.Ummto, 127p.

M

- **M'hirit O. 1999.** Le cèdre de l'atlas à travers le réseau Silva méditerranée « cèdre »billon et perspectives. Forêt méditerranéenne. N°3.V.XX : 91-99.
- **M'hirit O. 1999.** Le cèdre de l'atlas à travers le réseau Silva méditerranée « cèdre »billon et perspectives. Forêt méditerranéenne. N°3.V.XX : 91-99. M'hirit, O. Benzyane, M. 2006. Le cèdre de l'Atlas : mémoire du temps. Maroc : Mardaga.228p.
- **Madjour K. 2015.** Régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au niveau du Parc National du Djurdjura (Secteur de Tala-Guilef). Mém. Magistère, Univ. Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou. 78 p.
- **Melazem B. 1990.** Etude des facteurs limitant de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti dans le parc national de Theniet.El.Had. Thèse, Ing, USTHB-Bab Ezzouar- Alger. 61 p.

N

- **Nadjahi A.1988.** La cédraie du chréa (atlas blidéen),phénologie,productivité ,régénération .thèse.doc.3ème cycle.Univ.NANCYI :184p.

Q

- **Quezel D. 1998.** cedre et cédraies du pourtour méditerranéen : signification bioclimatique et phytogéographique forêt méditerranéenne .T.XIX, n°3

S

- **Seltzer P. 1946.** Le climat de l'Algérie. Imp. Latypo et Jules Carbone. Réunion. Alger, 220 p
- **Sarmoum, M., & Messaoudène, M. 2008.** Impact du climat sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Diagnostic dendroécologique et climatique de la cédraie de Theniet El Had (wilaya de Tissemsilt) (Doctoral dissertation).
- **Sarmoum M., Navarro-Carrillo R ., Guibal F . 2019.** Bois et forêts des des trapiques .bilan actuel et rétrospectif du dépérissement du cèdre l'atlas ,dans le parc nationale de Theniet el had (algerie).vol 342, 4°trimeste ,p.29-40 .

T

- **Toth J. 1973.** Premières approches de la production potentielle du cèdre de l'Atlas dans le sud de la France. Rev. For. Fra. Vol. 25, N° 5. Pp : 381-389.
- **Toth J. 1984.** La prévision des possibilités de récolte des cônes de cèdre de l'Atlas(*Cedrus atlantica* Manetti). Ed. Bull, pp : 38-40.
- **Toth J. 2005.** Le cèdre de France. Etude approfondie de l'espèce. Paris, L'Harmattan. Biologie. Ecologie, Agronomie.207 p.

- **Toth J. (1970).** Plus que de centenaire et plein d'avenir : le cèdre en France R.F.F. Vol. XXII, n° 3 pp355-364.
- **Toth J. (1980).** Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et Dans deux autres pays à grandes importance forestières Forêt Méditerranéenne. T.II.n° 1, pp23-30.