

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie des Sciences de la Terre et de
l'Univers**
Département de Biologie
Laboratoire de Génétique de l'Université de Tlemcen

Mémoire de fin d'études
Présenté
En vue de l'obtention du diplôme de
Master En Biologie
Option :
Génétique
Par :
M^{elle} BERAK Siham
Thème

**Diversité des populations de l'Arbousier
« *Arbutus unedo* L.» dans l'ouest Algérien**

Soutenu le : 19 Juin 2024

Devant le jury composé de :

Président :	GAOUAR Semir Bechir Suheil	Professeur, Université de Tlemcan
Encadreur :	MEDIOUNI Rida Mohammed	Docteur, Centre universitaire Namaa
Examinatrice :	SELKA Sarra	Docteur, Université de Tlemcan

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciements

Avant tout, je dois remercier les Dieu tout puissant qui m'a permis de mener à terme ce travail ;

*Je commençons par exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Monsieur le **Dr. MEDIOUNI Rida Mohammed** tant pour avoir accepté de m'encadrer que pour m'avoir accordé sa confiance, ainsi que pour le temps qu'il m'a consacré dans mon travail, et aussi pour m'avoir guidé et conseillé, pour ses encouragements, et surtout pour son patience. Je ne peux que sincèrement exprimer mes remerciements, mon respect et ma gratitude.*

*Je remercie aussi les membres du jury qui ont accepté d'examiner ce travaille: **Mr. GAOUAR Suheil**, professeur à l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté de présider le jury.*

*Et **Dr. SELKA Sarra**, pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail.*

Merci également à tout le personnel exerçant au laboratoire de Génétique.

Mes remerciements vont également à l'ensemble des enseignants du département science biologie de l'Université de Tlemcen

Enfin j'exprime mes vifs remerciements à tous ce qui, de près ou lion, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Merci a tout

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A ma chère mère « **Samia** », et à mon cher père « **Moustapha** », pour leur patience, leur soutien et leurs sacrifices qui m'ont poussé à aller jusqu'au bout de cette tâche, que Dieu me les garde.*

*A ma sœur « **Asmaa** » et mon frère « **Mohammed** » qui sont chers à mon cœur,*

*Une grande dédicace à mon cousin « **Rafik** »,*

À toute ma famille,

*A mes chères amies **Nour Elhouda, Sara, Soulaf, Hanaa** et à tous mes amies*

A mes chers collègues de la promo Génétique 2024

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui ont toujours été à mes côtés, qui m'ont accompagné dans mon cheminement vers l'enseignement supérieur et dans l'accomplissement de ce travail,

A tous mes professeurs, sans exception

Siham

Résumé :

La diversité des populations d'Arbousier (*Arbutus unedo*.L) dans l'ouest de l'Algérie est un sujet d'étude essentiel pour comprendre la variabilité génétique et écologique de cette espèce méditerranéenne emblématique. Situé dans une région caractérisée par une variété de microclimats et de types de sol, l'ouest de l'Algérie offre un habitat diversifié pour l'arbousier, favorisant ainsi une riche diversité phénotypique et génétique au sein de ses populations.

L'objectif principal de cette recherche serait d'évaluer la diversité des populations d'Arbousier dans la région de l'ouest algérien afin de mieux comprendre la variabilité génétique, les caractéristiques morphologiques et l'adaptation écologique de cette espèce dans cette région spécifique.

Pour évaluer cette diversité et ensuite utiliser plusieurs analyses statistiques à partir de leurs propres l'indice de shanonne, analyses descriptives généralisées et spécialisées, Anova, analyse de corrélation, ACP, UPGMA et Mahalanobis et prendre en compte les critères suivants : longueur des feuilles, largeur des feuilles, longueur du pétiole, poids des fruits, taille des fruits, taille du pétiole, diamètre des fruits, diamètre des pores, Les premiers résultats ont montré qu'il existe des différences morphométriques entre les populations de la survie dues à plusieurs facteurs climatiques et environnementaux.

Mots clés :

Arbousier (*Arbutus unedo* L.), Diversité génétique, Variabilité morphologique, Conservation des ressources génétique.

Abstract :

The diversity of the populations of the *Arbutus unedo* (*Arbutus unedo* L.) in western Algeria is an essential subject of study to understand the genetic and ecological variability of this emblematic Mediterranean species. Located in an area characterized by a variety of microclimates and soil types, western Algeria offers a diverse habitat for the cherry tree, thus promoting a rich phenotypic and genetic diversity within its populations.

The main objective of this research would be to assess the diversity of *Arbutus* populations in the western Algerian region to better understand the genetic variability, morphological characteristics and ecological adaptation of this species in this specific region.

To evaluate this diversity and then use several statistical analyses from their the shanonne index own generalized and specialized descriptive analyse, Anova, correlation analysis, PCA, UPGMA and Mahalanobis and take into account the following criteria Leaf length, Leaf width, petiol legth, fruits weight, fruit size, petiole siez, fruits diametre, pore diameter, The initial results showed that there are morphometric differences between the populations of the survival due to several climatic and environmental factors.

Keywords:

strawberry tree (*Arbutus unedo* L.), Genetic diversity, Morphological variability, Conservation of genetic resources.

ملخص

تنوع سكان اللنج في غرب الجزائر هو موضوع أساسي للدراسة لفهم التباين الجيني والإيكولوجي لهذا النوع الرمزي من البحر الأبيض المتوسط. يقع غرب الجزائر في منطقة تتميز بمجموعة متنوعة من المناخ المحلي وأنواع التربة، ويوفر موطنًا متنوعًا لشجرة الفراولة، مما يعزز تنوعًا ظاهريًا وجينيًا غنيًا بين سكانها.

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو تقييم تنوع مجموعات اللنج في منطقة غرب الجزائر لفهم أفضل للتباين الجيني والخصائص المورفولوجية والتكيف البيئي لهذا النوع في هذه المنطقة المحددة.

لتقييم هذا التنوع ومن ثم استخدام العديد من التحليلات الإحصائية من التحليل الوصفي المعمم والمتخصص الخاص بهم، Mahalanobis وUPGMA، PCA تحليل الارتباط، وAnova

ومراعاة المعايير التالية عرض الأوراق، ساق البيتيول، وزن الفاكهة، حجم الفاكهة، بيتول سيز، أظهرت النتائج الأولية أن هناك اختلافات مورفومترية بين مجموعات البقاء على قيد الحياة بسبب عدة عوامل مناخية وبيئية.

الكلمات المفتاحية

. اللنج، التنوع الجيني، التباين المورفولوجي، حفظ الموارد الجينية

Tableau des Matières

I. Remerciements

II. Dédicaces

III. Résumé

IV. Table des matières

V. Liste des figures

IV. Liste des tableaux

VI. Liste des abréviations

Introduction générale	1
Chapitre I Synthèse bibliographiques.....	5
1. Présentation <i>d'Arbutus unedo</i> L	6
2. Systématique.....	7
3. Description botanique <i>d'Arbutus unedo</i> L.....	7
4. Caractère botanique	7
5. Répartition géographique	8
6. Ecologie d'Arbousier	9
7. Exigences autoécologiques	10
8. Exigences édaphiques et climatique.....	10
9. Noms vernaculaires.....	11
10. Les phases du cycle végétal de l'arbousier	11
a) Germination.....	12
b) Croissance des Plantules.....	12
c) Phase Végétative.....	12
d) Floraison.....	12
e) Fructification.....	12
f) Maturation et Dispersion des Graines.....	12
g) Dormance.....	12
11. Intérêt économique.....	13
12. Intérêt écologique	13
13. Intérêt médicinale	14
14. Maladies qui touché l'Arbousier	15

a) La septoriose de l'Arbousier	15
b) Les pucerons	16
15. Utilisation traditionnelle.....	17
16. Composition chimique d'Arbousier.....	18
a) Les feuilles.....	18
b) Les racines.....	18
c) Fruits.....	18
17. Domestication de l'arbousier.....	19
18. Aspects de l'étude de la diversité génétique de l'arbousier	20
a) Marqueurs morphologiques	21
b) Marqueurs biochimiques.....	22
c) Marqueurs moléculaires	23
d) Intérêt de l'étude de la diversité génétique	24
Chapitre II Matériel et méthode.....	26
1. Objectif.....	27
2. Zone d'étude.....	27
3. Critère du choix.....	28
4. Période de collecte de l'échantillon.....	28
5. Matériel végétale.....	28
6. Méthode de prise des paramètres morphométrie.....	29
a) Les paramètres choisis pour les feuilles	29
b) Les paramètres choisis pour les Fruits	30
7. Analyse statistique	32
Chapitre III Résultats et discussion.....	33
1. L'indice de Shannon et winner.....	34
2. Analyse Descriptif généralisé et Spécialisé.....	35
a) Analyse Descriptif généralisé	35

b) Résultat d'Anova	36
c) Analyse descriptif pour chaque région (Site).....	38
3. Analyse de Corrélation.....	48
4. Partie ACP	49
5. Partie UPGMA.....	51
6. Partie distance de Mahalanobis.....	52
Discussion.....	53
Conclusion.....	55
Référence bibliographiques	

Liste des Figures

Figure 01: <i>Arbutus unedo</i> L.....	6
Figure 02 : Les différentes parties de l'arbousier (<i>Arbutus unedo</i> L.).....	8
Figure 03 : Répartition mondiale de l' <i>Arbutus unedo</i> L.....	9
Figure 04 : Régénération d' <i>Arbutus unedo</i> après un incendie de forêt.....	14
Figure 05 : Maladie La septoriose de l'Arbousier.....	16
Figure 06 : Maladie Les pucerons de l'Arbousier.....	16
Figure 07 : La carte géographique des régions échantillonnées.....	27
Figure 08 : Mesure des Feuilles.....	29
Figure 09: Mesure des Fruités.....	29
Figure 10: Les paramètres des Feuilles.....	30
Figure 11: Les paramètres choisis des Fruits.....	31
Figure 12: Présentation l'analyse descriptive de Longueur de Feuille.....	46
Figure 13 : Présentation l'analyse descriptive de Largeur de Feuille.....	46
Figure 14 : Présentation l'analyse descriptive de Longueur du Pétiole.....	46
Figure 15 : Présentation l'analyse descriptive de Poids de Fruit.....	46
Figure 16 : Présentation l'analyse descriptive de Taille de Fruit	47
Figure 17: Présentation l'analyse descriptive de Taille du Pétiole	47
Figure 18: Présentation l'analyse descriptive de Diamètre de fruit.....	47
Figure 19: Présentation l'analyse descriptive de Diamètre de Pore.....	47
Figure 20: Présentation d'Analyse de corrélations des mensurations étudiées chez la population d'arbousier.....	48
Figure 21 : Présentation des mensurations étudiées par ACP chez la population d'arbousier.....	49
Figure 22: Diagramme UPGMA pour la classification des populations d'Arbousier.....	51

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Classification taxonomique d' <i>Arbutus unedo</i> L	7
Tableau 2 : Noms vernaculaires d' <i>Arbutus unedo</i> L	11
Tableau 3 : les coordonnées géographiques de chaque site.....	28
Tableau 4 : les abréviations des paramètres.....	31
Tableau 5 : Indices de Shannon pour les Paramètres Morphologiques d'Arbousier.....	34
Tableau 6 : Étude descriptive généralisée des dimensions des feuilles et des fruits dans une population d'Arbousiers étudiée	35
Tableau 7 : Étude Anova des dimensions des feuilles et des fruits dans une population d'Arbousiers.....	36
Tableau 8 : Analyse descriptive selon longueur de feuille pour chaque région.....	38
Tableau 9 : Analyse descriptive selon largeur de feuille pour chaque région.....	39
Tableau 10 : Analyse descriptive selon longueur du pétiole pour chaque région.....	40
Tableau 11 : Analyse descriptive selon poids de fruit pour chaque région.....	41
Tableau 12 : Analyse descriptive selon taille de fruit pour chaque région.....	42
Tableau 13 : Analyse descriptive selon taille du pétiole pour chaque région.....	43
Tableau 14 : Analyse descriptive selon diamètre de fruit pour chaque région.....	44
Tableau 15 : Analyse descriptive selon diamètre de pore pour chaque région.....	45
Tableau 16 : Mesures ou Distances de Mahalanobis entre chaque site.....	52

Liste des abréviations

LF : Longueur de Feuille

LaF : Largeur de Feuille

LP : Longueur du Pétiole

PF : Poids de Fruit

TF : Taille de fruit

TP : Taille du Pétiole

DF : Diamètre de fruit

DP : Diamètre de Pore

ACP : Analyse en composante principale

CAH : Classification ascendante hiérarchique

Introduction générale

Depuis des décennies, voir des siècles, et à travers des grandes civilisations (chinoise, grecque, romaine, musulmane, etc.) l'Homme a établi un lien fort avec son environnement, en particulier, avec le monde végétal. Il a profité des vertus et des services des plantes pour son bien-être et pour se soigner (**Hachi, 2015 ; Daoudi et al., 2015**). Les plantes représentent pour l'être humain une précieuse source de substances et de produits naturels d'une valeur économique et sociale importantes. D'autre part, ces plantes ont un rôle primordial dans les services écosystémiques. Elles sont indispensables dans le maintien et la conservation de la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes naturels (**Prévot et Geijendorffer., 2016**).

Les écosystèmes forestier méditerranées sont reconnus pour être une source très importante de biens (bois, liège, fourrage, plantes aromatiques et médicinales, miel, fruits, etc.) mais également de services (espace de pâturage, purification de l'eau, protection des sols contre l'érosion, absorption de carbone, récréation, paysages, etc.). En termes de biodiversité, ils représentent également une richesse exceptionnelle et un patrimoine unique de ressources génétiques forestières, cette richesse spécifique se conjugue avec une certaine originalité écologique. (**Maire et Bourlion ., 2016**)

L'Algérie par sa situation géographique est reconnue par sa diversité variétale en plantes médicinales et aromatiques dont la plupart existe à l'état spontané, ainsi que leurs disparates utilisations populaires dans l'ensemble des terroirs du pays. Cependant, la flore Algérienne avec ses 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques dont 15% endémiques, reste très peu explorée sur le plan phytochimique comme sur le plan pharmacologique. Cette richesse et cette originalité font que l'étude de la flore d'Algérie présente un intérêt scientifique fondamental pour la connaissance et le savoir dans le domaine de l'ethnobotanique, de la pharmacopée traditionnelle mais également un intérêt scientifique appliqué dans le domaine de la valorisation des espèces naturelles arbustives et / ou sous arbustives. (**Quézel et Santa., 1963**).

De part sa situation géographique, sa végétation et son climat, la forêt algérienne a connu au cours des siècles diverses dégradations, suite aux invasions qu'a connues l'Afrique du Nord. En plus, l'exploitation abusive et l'élevage incontrôlé sont sans aucun doute à l'origine de l'état de dégradation actuelle des forêts Algériennes L'exploitation des forêts lors de la conquête coloniale associée à la surexploitation du bois, principalement durant la seconde guerre mondiale, ainsi que les incendies répétés durant la guerre de libération nationale, ont entraîné la disparition de plus d'un million d'hectares (**Guezouli., 2017**).

L'action combinée de ces différents facteurs (feu, exploitation inconsidérée des pâturages, abattage des forêts, utilisation irrationnelle, consommation anarchique d'espace par étalement urbain, mise en culture) est préjudiciable aux forêts algériennes qui, non seulement ont régressé, mais ce qui en subsiste ne représente plus les forêts naturelles équilibrées d'autrefois, à cause de la dégradation générale qui les caractérise (**Meddour-Sahar., 2014**).

L'Homme, à travers son contact direct et continu avec les ressources végétales, il a acquis un savoir faire dans leur exploitation, et il a pu faire la distinction entre des plantes toxiques et celles comestibles pour un usage potentiel (**Aabdousse., 2021**). En fait, la richesse des plantes en molécules bioactives leur a conféré des vertus thérapeutiques, cosmétiques et alimentaires (**Bouzabata., 2015 ; Slimani et al., 2016**). L'organisation mondiale de la santé (OMS) estime que 80 % de la population des pays en voie de développement ont recours à la médecine traditionnelle pour remédier certains problèmes de la santé (**Vines., 2004 ; Salhi et al., 2010**). Mais, plusieurs espèces sauvages sont peu connues et étudiées à travers le monde ; parmi ces plantes, on compte l'arbousier "*Arbutus unedo* L", famille des *Ericaceae*.

La famille Ericaceae est particulièrement large ; elle comprend actuellement 4426 espèces incluses dans 129 genres, 20 tribus et 8 sous-familles (**Kron et al., 2002a ; Schwery et al., 2015**). Les éricacées sont principalement des plantes ligneuses, arbustes généralement persistants, ou lianes ligneuses mais aussi des herbes. Elles sont répandues dans le monde entier mais se localisent essentiellement dans les régions tempérées et froides voire dans les montagnes tropicales mais beaucoup plus rarement à basse altitude dans les tropiques.

L'arbousier est en fait une espèce sauvage et typique de la région méditerranéenne. Il est par ailleurs utilisé comme source de nourriture et d'agents thérapeutiques en médecine depuis l'époque grèque (**Teofrasto., 1988**). Ces applications suscitent, ces dernières années, un intérêt toujours croissant auprès des scientifiques (**Celikel et al., 2008**) et même du grand public.

L'arbousier a une importance écologique et contribue à la biodiversité en Algérie. Cependant, il existe un manque important de données sur les caractéristiques morphologiques et génétiques de cette plante. Pour cela nous avons étudié la diversité d'arbousier au niveau de l'Ouest Algérien à travers une caractérisation morpho-métrique.

Ce manuscrit est divisé en trois parties, la première est dédiée à la synthèse bibliographique qui fournit des généralités sur *l'Arbutus unedo* L., la deuxième partie

comprend les méthodologies utilisés pour la réalisation de ce travail. Enfin, la dernière partie est consacrée aux résultats et discussion.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. 1. Présentation d'*Arbutus unedo* L. :

L'arbousier est un arbre de 12 m de hauteur. Ses feuilles sont dentées, simples, de couleur vert foncé. La floraison et la fructification de l'arbousier s'étendent d'octobre à février ; la maturation des fruits dure une année (**Celikel et al., 2008 ; Mereti et al., 2002**).

L'arbousier appartient à l'ordre des Ericales qui contient 8 familles et environ 4000 espèces. La plus grande famille est celle des Ericaceae (**Wiert., 2006**); c'est une famille cosmopolite représentée par 124 genres dont *Arbutus*.

L'arbousier appartient au genre *Arbutus* qui inclut environ 20 espèces et à la sous-famille Vaccinioideae. Dans les régions méditerranéennes, il y a seulement quatre espèces, dont *Arbutus unedo*.L (**Torres et al., 2002**).



Figure 01 : *Arbutus unedo* L. (photo original)

2. Systématique:

Arbutus unedo L., appartient à la famille des *Ericaceae*. C'est un arbuste toujours vert, originaire de la région méditerranéenne (**Bizouard et al., 1962**). Sa position taxonomique est représentée dans tableau 1.

Tableau 1 : Classification taxonomique d'*Arbutus unedo* L. selon (**Guignard., 2001**).

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphyte
Sous-embranchement	Angiosperme
Classe	Dicotylédone
Sous-classe	Gamopétale
Ordre	Ericales
Famille	Ericaceae
Genre	Arbutus
Espèce	<i>Arbutus unedo</i> L.

3. Description botanique d'*Arbutus unedo* L :

Arbutus unedo appartient au genre Arbutus et la famille des Ericacées ; grande famille cosmopolite représentée par 124 genres, les Ericaceae prédominent dans les régions tempérées et dans les montagnes tropicales du sud-est de l'Asie avec une forte concentration dans l'Himalaya (**Didi., 2009**).

Il est communément désigné comme l'arbre à fraises, c'est un arbuste ligneux méridional, de croissance relativement lente, mais qui peut atteindre 9 mètres de long et 80 centimètres de large, il pousse dans des régions ensoleillées et a la capacité de résister au gel jusqu'à -15°C (**Boullard., 2001**).

4. Caractère botanique :

L'arbousier (*Arbutus unedo*.L) est une espèce d'arbustes ou petite arbre de la famille des Ericaceae, il est considéré comme un pyrophile. Il a plusieurs dénominations différentes : a Arbre aux fraises ou Arbre à fraises, Arbre-fraise, Frôle et Olonier. Ce petit arbre

méditerranéenne atteint jusqu'à 10 m. Il vit en moyenne de 100 à 400 ans (Ait Youcef., 2006).

-Les feuilles : sont ovales à bordure dentelée d'une dizaine de centimètre de long sont persistante, alternes, vert foncé luisant au-dessus, vert pale dessous (figure.A) (Bizouerd et al., 1962).

-L'écorce : Les jeunes rameaux sont rouges, rudes et poilus. Le tronc est couvert d'une écorce écailleuse rouge brune, de diamètre peut aller jusqu'à 35 cm. Lorsque celui-ci devient âgée, elle prend une couleur brune terne, se fissure et finit par s'exfolier en petites plaques (figure -B) (Tardio et al., 2002).

-Les fleurs : blanc verdâtre, forme de clochettes blanches pendent en grappes et apparaissent en Septembre-Octobre, en même temps que les fruits (figure.C) (Didi., 2009).

-Les fruits : rouge-orangé à maturité et une baie charnue, sphérique, à peau rugueuse, couvertes de petites pointes coniques, fruit comestibles, gout très prononcé, murs en automne-hiver (figure.D) (Bouzi., 2015).



Figure 02: Les différentes parties de l'arbousier (*Arbutus unedo* L.)

A-feuilles, B-écorce, C-fleurs, D- fruit

5. Répartition géographique :

Arbousier est un élément typique de la région biogéographique méditerranéenne ou il montre une distribution circumméditerranéenne ordonnée. Ce petit arbre occupe une frange côtière étroite de la Tunisie au Maroc le long du Nord de l'Afrique et de l'Espagne à la Turquie le long de l'Europe méridionale. La plante est également très répandue dans l'Ouest de la péninsule Ibérique et le Nord l'Arbutus couvre le long du Nord de l'Europe Atlantique, en entrant dans la région euro-sibérienne. Ainsi, il se trouve dans le Nord de la

péninsule Ibérique, Ouest de la France, et il y a une population isolée dans le Sud-ouest de l'Irlande (Doukani et Tabak., 2014; Santiso et al., 2016).

Cette espèce sclérophylle peut être trouvée à partir du niveau de la mer à 800-1200 m et croit dans différents types de sols mais, comme beaucoup d'espèces Ericaceae, elle a une certaine préférence pour les sols acides (Molina et al., 2011).

Il est très répandu en raison de sa tolérance à la sécheresse et sa capacité à se régénérer et recoloniser les forêts incendiées (Doukani et Tabak., 2014).

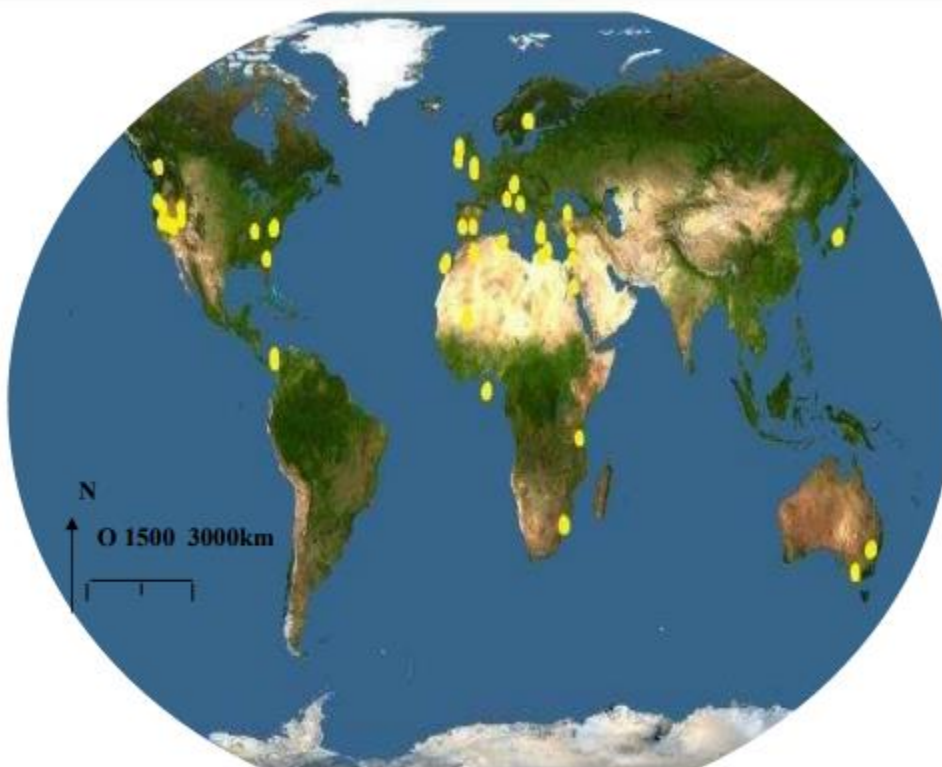


Figure 03 : Répartition mondiale de *l'Arbutus uned* L.(MOUALEK., 2018).

6. Ecologie d'Arbousier :

L'arbousier est présent dans l'ensemble du pourtour méditerranéen (Ait-Youssef., 2006), presque exclusivement sur sols siliceux, parfois sur des calcaires non actifs ou dolomitiques. Dans le Midi de la France, il prospère particulièrement dans certaines régions des Pyrénées-Orientales, le Var ; dans le Sud-ouest, il est très répandu le long de la côte landaise sur les sols

sablonneux compris entre Bordeaux et l'océan, et remonte au nord jusqu'au littoral de la Loire-Atlantique. En Afrique du nord, il existe dans la côte montagneuse sur les monts à l'ouest de l'Algérie car c'est une plante très abondante dans les garrigues, les tells et les forêts, mais aussi en Tunisie et au Maroc (Alarcao et al., 2001). Elle se rencontre à des altitudes allant de 0 à 600 m, mais moins fréquemment au-delà de 1000 m. Il préfère les sols acides, riches et bien drainés et une exposition ensoleillée.

7. Exigences autoécologiques :

D'un point de vue écologique, l'Arbousier est également une plante intéressante. Espèce caractéristique des écosystèmes méditerranéens, elle contribue au maintien de la biodiversité de la faune, aide à stabiliser les sols en évitant l'érosion, à une forte capacité de régénération après les incendies et survit assez bien dans les sols pauvres. De plus, elle peut résister à de faibles températures et tolérante à la sécheresse (Gomes et Canhoto., 2009).

Pour ses caractéristiques et exigences, les mêmes auteurs avancent ce qui suit:

- Espèce assez thermophile ;
- Espèce à comportement plutôt héliophile, mais supportant les sous-bois un peu clairs ;
- Humus de type moder ; sols oligotrophes ; PH acide ;
- Matériaux : altérites de roches siliceuses ; affectionnent les textures sableuses ou sablo-graveleuses, mais se retrouvent sur dolomie (d) et rarement sur des calcaires ;
- Sols filtrants : espèce xérophile à méso xérophile ; station à bilan hydrique déficitaire ;
- Caractère indicateur : méso xérophile de sols siliceux.

8. Exigences édaphiques et climatiques :

L'arbousier a une résistance moyenne au froid. Il peut être endommagé par des froids intenses, mais rejette ensuite très bien des souches. Il est sensible aux gels tardifs et précoces, et ne fructifie pas dans les zones trop froides. Il résiste bien à la chaleur, supporte le plein soleil et la mi-ombre, par contre l'ombre épaisse ne lui convient pas.

Il pousse principalement dans les arbustes sclérophylles et les forêts sempervirentes de *Quercus suber* et *Quercus ilex*. Cette espèce peut être trouvée du niveau de la mer à 800-1200 m et pousse dans différents types de sols bien que, comme de nombreuses espèces d'Ericaceae, il a une certaine préférence pour les sols acides (Molina et al., 2011).

9. Noms vernaculaires :

Tableau 2 : Noms vernaculaires d'*Arbutus unedo* L.

NOM BOTANIQUE	<i>Arbutus unedo</i> L. (BARTELS 2000; BELOUED, 2001; GUIGNARD 2001)
Nom Commun	Busserole, raisin d'ours, petit buis (DELLILE,2013)
Nom Arabe	Mathrounia, Qatilabihia, Acireddob, Hennaameur, Lenj, Boujbiba, (BELOUED, 2001 ; AIT-YOUSSEF, 2006)
Nom Français	Arbousier, arbre aux fraises (BENISTON ,1984 ; BARTEL, 1998 ; BROSSE, 2000 ; REYMAND, 2002)
Nom Anglais	Strawberry tree (BOSSARD, 1984)
Nom Berbère	Sisnou, Ticisnou, Bahennou (BELOUED, 2001)
Nom Espagnol	Madrono (AIT-YOUSSEF, 2006)
Nom Allemand	Erdbeerbaum (BOSSARD, 1984)

10. Les phases du cycle végétal de l'arbousier :

L'Arbousier (*Arbutus unedo*.L) suit un cycle végétal typique des arbres à feuilles persistantes de la région méditerranéenne. Voici les principales phases de ce cycle.

a) Germination :

La germination commence lorsque les graines tombent au sol et les conditions d'humidité et de température sont favorables. Les graines nécessitent généralement une période de dormance avant de germer (**Salazar, J et al., 2013**).

b) Croissance des Plantules :

Après la germination, la croissance des plantules commence. Les jeunes plants développent leurs premières feuilles et commencent à établir leur système racinaire (**González-Rodríguez, Á. M., et al., 2012**).

c) Phase Végétative :

Cette phase est caractérisée par une croissance active en hauteur et en diamètre, ainsi que le développement des branches et des feuilles. L'Arbousier développe un feuillage dense et persistant tout au long de l'année (**Ennajeh, M et al., 2010**).

d) Floraison :

La floraison de l'Arbousier se produit généralement à l'automne. Les fleurs, en forme de clochettes blanches ou rosées, apparaissent en grappes (**Aronne, G et al., 2001**).

e) Fructification:

Après la floraison, les fruits commencent à se développer. Les fruits, appelés arbouses, prennent plusieurs mois pour mûrir et deviennent rouges et comestibles au cours de l'automne suivant (**Almeida, M et al., 2002**).

f) Maturation et Dispersion des Graines :

Les fruits mûrs tombent au sol, et les graines sont dispersées soit par gravité, soit par des animaux qui consomment les fruits (**Navarro et al., 2006**).

g) Dormance :

Les graines tombées au sol peuvent entrer dans une période de dormance avant de germer, nécessitant souvent des conditions spécifiques pour rompre cette dormance (**Tavşanoğlu et al., 2014**).

11. Intérêt économique et alimentaire

Cette espèce est caractérisée par une rusticité extrême et une grande variabilité morphologique et phénologique, ce qui peut faciliter la sélection d'accessions pour développer de nouveaux produits ornementaux, en particulier pour le jardinage, la restauration de l'environnement et comme une bonne alternative pour la floriculture dans les zones tempérées (**Zizzo et al., 2010**). L'arbousier est une plante ornementale précieuse en raison de ses fruits rouges attrayants et ses fleurs blanches rosées qui apparaissent en automne et en hiver (**Celikel et al., 2008**). Cette espèce à une valeur économique non négligeable en raison de ses usages multiples et sa tolérance au manque d'eau et des nutriments (**Smiris et al., 2006**).

De nouvelles utilisations potentielles de fruit d'arbousier dans l'industrie alimentaire ont été étudiées. (**Alarcão-E-Silva et al., 2001**) ont suggéré leur application possible comme morceaux de fruits dans les yaourts, les garnitures de tartes et de pâtisseries ou dans les produits céréaliers. (**Ganhão et al., 2010**) ont constaté que l'ajout d'extraits de fruits comme ingrédient fonctionnel dans les produits carnés transformés empêchait l'oxydation des protéines. Les fruits d'arbousier pourraient également être utilisés comme colorant alimentaire, compte tenu de leur Régénération d'*Arbutus unedo* après un incendie de forêt (**Gomes ., 2011**). teneur en β -carotène et en anthocyanines (**Alarcão-E Silva et al., 2001**). De plus, dans la Turquie, les populations locales consomment couramment les fruits locaux en tant qu'aliment fonctionnel et complément nutraceutique (**Ercisli et al., 2008 ; Sagbas et al., 2020**).

Les fruits de cette espèce sont transformés en produits traditionnels tels que la confiture, les produits alcooliques et la liqueur (**Galego et al., 2001 ; Galego., 2006 ; Martins., 2006 ; Celikel et al., 2008**). Au Portugal, une partie considérable de la production de fruit est utilisée pour fabriquer un type d'alcool très spiritueux appelé medronheira qui représente le principal revenu des propriétaires forestiers (**Galego et al., 2001 ; Galego., 2006**).

12. Intérêt écologique :

L'arbousier pousse spontanément autour du bassin méditerranéen. De point de vue écologique, étant donné qu'il est tolérant à la sécheresse, résistant au feu et capable de se régénérer après les incendies des forêts (**Figure 04**), l'arbousier est très intéressant pour la récupération des terres et la prévention de la désertification

(Pedro, 1994 ; Piotto et al., 2001). En outre, il contribue à maintenir la biodiversité, à stabiliser les sols et tolère la texture et la composition des terres marginales (Piotto et al., 2001 ; Godinho-Ferreira et al., 2005).

L'arbousier contribue également au stockage du CO₂ et à la production de biomatériaux (Gomes., 2011). De plus, il peut contribuer à la discontinuité de la biomasse forestière due aux monocultures de pins et d'eucalyptus qui présentent des essences à combustion rapide. A titre d'exemple, dans les régions du centre et du Nord du Portugal, qui sont soumis plus fréquemment à un nombre élevé d'incendies et de la forte intensité des feux qui se produisent tous les étés dans ces régions du pays à cause de ces monocultures (Silva et Harrison., 2010). Par conséquent, cette espèce est très intéressante et plus demandée dans les programmes de reboisement dans les régions méditerranéennes. Compte tenu de cet intérêt, les associations forestières portugaises ont commencé à l'utiliser dans le reboisement des zones altérées comme feuillu de protection et coupe-feu pour ralentir ou arrêter la propagation des incendies, pour améliorer la qualité de l'écosystème et pour les projets de chasse (Gomes., 2011).



Figure 04 : Régénération d'Arbutus unedo après un incendie de forêt (Gomes., 2011).

13. Intérêt médicinale :

Les fruits d'arbousier ont des propriétés antiseptiques, diurétiques et laxatives. Les feuilles ont un effet antidiabétique, antihypertenseur et anti-inflammatoire. Les feuilles et les fruits sont anticancéreux grâce à la substance phénolique et au contenu antioxydant du fruit

(İşbilir et al., 2012). De plus, les feuilles d'arbousier ont été utilisées en médecine traditionnelle en raison de leurs propriétés antiseptiques, diurétiques et astringentes (Kivçak et al., 2001), et dans l'industrie chimique en raison de sa forte teneur en tanins (Celikel et al., 2008).

Certains auteurs ont également souligné que les feuilles ont une forte activité antioxydant (Rodrigues de Sá et al., 2010b). Arbousier à côté de Pistacia terebinthus, Hypericum empetrifolium et Cistus parviflorus dans un total de 42 espèces ont été indiquées comme les espèces végétales les plus prometteuses ayant des activités antibactériennes (Gomes., 2011). Des rapports récents indiquent un rôle des extraits d'arbousier dans le traitement du diabète de type 2, en inhibant l'activité de l' α -amylase (Nunes., 2017). Les extraits de la plante présentent également un potentiel thérapeutique contre les maladies d'Alzheimer et de Parkinson en raison de la présence d'arbutine, un inhibiteur qui bloque la progression de la maladie (Nunes., 2017).

Selon (El Haouari et al., 2007) les extraits d'Arbutus unedo montrent une action antiagrégante et pourraient être utilisés pour le traitement et/ou la prévention des maladies cardiovasculaires.

14. Maladies qui touché l'Arbousier :

a) La septoriose de l'Arbousier :

La maladie connue la plus courante de l'Arbousier est la septoriose, une maladie cryptogamique causée par les champignons. Si elle ne tue pas l'arbre, ses relatifs dégâts affectent son aspect esthétique et peuvent amoindrir sa vigueur et compromettre sa fructification. Les attaques se produisent lorsque le temps est doux et pluvieux, généralement en été et au début de l'automne. Les premiers symptômes de la maladie apparaissent durant l'hiver (Agris, G. N., 2005).

Des taches rondes ou ovales brunes à brun-rougeâtre parfois parsemées de petits points noirs, responsables de l'épidémie, sont visibles sur les feuilles. Elles peuvent s'étendre jusqu'à ce que la feuille s'assèche complètement, jaunisse, se flétrisse et tombe prématurément. Le champignon peut contaminer l'ensemble du feuillage conduisant à une chute des feuilles généralisées.



Figure 05 : Maladie La septoriose de l'Arbousier

b) Les pucerons :

Au printemps et en été, les pucerons ont tendance à envahir les arbres fruitiers, notamment les feuilles des Arbousiers. Les feuilles se déforment, se recroquevillent puis jaunissent. Les pucerons rejettent un miellat qui favorise l'apparition d'une poudre poisseuse, la fumagine, qui est en fait un champignon noir (Dr. David A. Quiring, Dr. J. M. Keena., 2015).



Figure 06 : Maladie Les pucerons de l'Arbousier

15. Utilisation traditionnelle :

Arbousier est utilisé traditionnellement comme aliment nutritif et remède naturel pour traiter de nombreuses maladies. Il est un antiseptique, diurétique et dépuratif (**Alarcao et al., 2001**).

En gargarisme, l'arbousier soulage les maux de la gorge (**Iserin., 2001**). L'Arbousier a qualifié de mellifère et son miel est très apprécié pour son goût amer caractéristique et ses propriétés biologiques présumées. De plus, il présente une importance économique remarquable (**Tuberoso et al., 2013**). Les tiges et les feuilles sont utilisées pour durcir les olives (**Tardio et al., 2006**).

Les feuilles sont utilisées en médecine traditionnelle, en décoction contre les affections des voies urinaire (cystite en particulier) et dans le traitement des infections rénales mineures (**Bouزيد., 2015**). En effet, les molécules extraites des feuilles d'Arbousier présentent une large gamme d'activités biologiques à savoir : l'activité astringente, antiagrégant des plaquette humaine en raison de ses richesses en tanins, antiseptique, anti-inflammatoire, antidiarrhétic, anti-hypertension et antidiabétique (**Miguel et al., 2014**).

Le fruit a été utilisé pour traiter les affections gastro-intestinales, les problèmes neurologiques et dermatologique (**Leonti et al., 2009**). Il est également utilisé comme antiseptiques dans le traitement des infections des voies urinaires (**Alarcao et al., 2001**). Comme, il est riche en sucres fermentescibles, il a été traditionnellement utilisé dans la production des boissons alcoolisées et dans la préparation des confitures, des gelées et des marmelades (**Tardio et al., 2006 ; Pallauf et al., 2008**). Il est également ajouté dans les produits à base de viande et de céréales (**Bouzd., 2015**). Le fruit sec est utile pour faire du thé, des saveurs et couleurs dans l'industrie (**Didi., 2009**). Selon (**Bellakhdar., 1997**), il est nécessaire de respecter les doses d'arboises consommées, car en petite quantité, il joue un rôle anti diarrhéique mais en cas d'excès, il devient toxique.

Il a été rapporté que le fruit de l'*Arbutus unedo* L. possède des propriétés astringentes, diurétiques et antiseptiques (**Özcanet al., 2007**).

La racine d'Arbousier est un désinfectant des voies urinaires, elle est utilisée pour soigner les blennorragies et possède une activité hypoglycémiant (**Bouillard., 2001**). Les fleurs possèdent des propriétés sudorifiques réputées et favorisent la transpiration et sont donc antipyrétiques (**Tardio et al., 2006**).

16. Composition chimique d'Arbousier :

D'après l'étude physicochimique effectuée par plusieurs chercheurs ont montré l'existence de plusieurs composés chimiques dans le fruit, les feuilles, et racines (**Pabuçcuoğlu et al., 2003**).

a) Les feuilles :

Selon (**Ait-youssef., 2006**), les feuilles sont très riches en tanins 37%. L'arbutine et les dérivés de l'hydroquinone (**Pavlović et al., 2009**), ainsi que les flavonoïdes, les glycosides phénoliques quercitrine, iso quercitrine, hyper oside sont d'autres composés phénoliques tel que arbuto flavonol A et arbuto flavonol B, étant identifiés et quantifiés dans des extraits de feuilles d'Arbutus unedo (**Maleš et al., 2006**).

b) Les racines :

Cette partie est composé principalement de catéchines, considérées comme un puissant antioxydant et anti-inflammatoire. D'autre part, la racine a une teneur en acide plus faible acide benzoïque, acide gallique, protocatéchique et largement trouvé par la présence d'acide caféique qui est un composé étudié dans le traitement du cancer de la prostate anti-mutagène. Les autres composés phénoliques, les anthocyanes et flavonoïdes possèdent un teneur faible dans les parties aériennes de la racine (**Miguel et al., 2014**).

c) Fruits :

D'après (**Miguel et al., 2014**), il renferme plusieurs composés chimiques dont:

- **Les composés phénoliques :** Le fruit de l'arbousier contient beaucoup d'acides phénoliques, acide gallique, acide vanillique ..., les flavonols 10,86 mg/100g, les flavan-3-ols 36,30 mg / 100 g, les dérivés de galloyl 24,63 mg / 100 g et d'anthocyanes 13,77 mg / 100 g, sont identifiés et quantifiés réalisée par la méthode de chromatographie en phase gazeuse couplée à la masse CPG/SM.
- **Vitamines :** La vitamine C 89mg/100g, la vitamine E 55,7mg/100g et les caroténoïdes M (**Lefahal, 2014**).
- **Les sucres :** Les sucres solubles identifiés et quantifiés dans cette étude étaient : le fructose 27,8%, glucose 21,5%, saccharose 1,80% et le maltose 1,11%. La teneur en glucose et fructose augmente avec la maturation du fruit, tandis que le saccharose reste inchangé (**Doukani et Tabak., 2015**).

- **Acides gras** : La composition a été évaluée par (**Barros et al., 2010**), 21 acides gras ont été identifiés et quantifiés, l'acide α -linoléique C18:3n3 36,51 %, et les acides gras polyinsaturés 58,28 %.
- **Les éléments minéraux** : D'après (**Doukani et Tabak., 2015**), le fruit de l'arbousier contient 68.18% d'eau, 17.66% des solides solubles, les sucres, les sels, les protéines et les acides carboxyliques.... L'arbose a montré que les teneurs des sels minéraux dans ce dernier sont très variables, on résulte que l'arbose est très riche en calcium, potassium, magnésium, sodium et phosphore, par contre le cuivre, lithium, manganèse, nickel, plomb, se trouvent sous forme de trace (**Dib., 2008**).

17. Domestication de l'arbousier :

Au cours des dernières années, un intérêt croissant pour la culture fruitière d'arbousier a conduit à des changements radicaux dans la production de cette plante avec l'établissement de grands vergers et l'émergence de son industrie moderne. Ce nouveau paradigme exige la substitution de la propagation traditionnelle des graines par la propagation clonale, ainsi que la sélection et la reproduction de clones très décoratifs, spécifiques à l'ornementation et prospèrent dans les jardins, et aux autres usages, par exemple, dans la région de l'Algarve en Portugal, où l'arbousier est traditionnellement cultivé par les agriculteurs dans de petits vergers, souvent en association avec *Quercus sp.*, les fruits sont principalement utilisés pour la production de la liqueur "aguardente de medronho" (**Fazenda., 2019**). De même, d'autres génotypes d'arbousier d'origine portugais ont été sélectionnés dans l'aire de distribution naturelle de l'espèce et ont été développés à des fins biotechnologiques (**Gomes et al., 2010**). Les programmes de sélection visant à obtenir des cultivars d'Arbousier avec une qualité du fruit élevée ont rarement été tentés (**Celikel et al., 2008**). En Chine, des travaux d'amélioration ont été réalisés, et certains cultivars comme Zaose, Dongkui, Daliziyangme, Baiyangmei, Zaohongmei et Dahuamei, ont été sélectionnés (**Jihua et al., 1997**). En Turquie et en Italie, les caractéristiques phénologiques et pomologiques des populations locales d'*Arbutus unedo* L. ont été évaluées dans le but de promouvoir une culture extensive et de prévenir la déforestation et la surculture (**Seker et al., 2004**). Ainsi, dans le but de sélectionner des génotypes importants d'Arbousier dont le fruit est de bonne qualité, (**Celikel et al., 2008**), ont procédé à la caractérisation morphologique des populations de cette espèce de la région de la mer noire en Turquie pour une culture extensive. En fait, les agriculteurs de cette région, traditionnellement font des

cultures des génotypes d'arbousier multipliés par graines qui présentent une grande variabilité génétique pour la plupart des caractéristiques de l'arbre et du fruit. Par conséquence, les génotypes ayant un bon rendement et une bonne qualité du fruit, ont été sélectionnés (Sagbas et al., 2020).

18. Aspects de l'étude de la diversité génétique de l'arbousier :

La réponse à la sélection dépend essentiellement du degré de diversité génétique dont dispose l'obteneur. Sans un pool génétique diversifié, la sélection des arbres tend plus à être difficile. Pour évaluer la diversité génétique, les marqueurs moléculaires sont considérés des outils efficaces (Bell et al., 2008). Les approches classiques, telles que l'anatomie, la physiologie et l'embryologie comparées, ont été employées dans l'analyse génétique pour déterminer la variabilité inter et intra-spécifiques. Cependant, les marqueurs moléculaires ont rapidement supplanté ces stratégies classiques (Joshi et al., 2009). Selon (Chawla., 2009), le polymorphisme peut mettre en évidence la différenciation entre individus et populations à trois niveaux différents : (1) le phénotype, comme les caractères visibles (marqueurs morphologiques) ; (2) la séquence des protéines ou des composés secondaires, comme les terpènes et les flavonoïdes, (marqueurs biochimiques) ; et (3) la séquence des nucléotides de l'ADN - directement ou indirectement - (marqueurs moléculaires). Les marqueurs morphologiques correspondent, en général, à des traits qualitatifs notés visuellement, qu'ils soient dominants ou récessifs. Les marqueurs utilisés dans la première carte génétique (chez la drosophile, 1988) été des traits phénotypiques notés par observation visuelle des caractéristiques morphologiques des mouches. Chez les plantes, ces marqueurs ont été associés à des caractères morphologiques, notamment les gènes du nanisme, de l'albinisme et de la morphologie des feuilles et des fruits (Chawla., 2009). Les marqueurs biochimiques sont des protéines ou des composés secondaires produits par l'expression des gènes. Les mono-terpènes ont été les premiers marqueurs biochimiques chez les arbres qui sont utilisés pour des études taxonomiques chez les pins. Le petit nombre de marqueurs mono-terpènes et leur expression dominante ont limité leur utilité (White et al., 2007).

Les groupes de marqueurs biochimiques les plus fréquemment utilisés sont les isozymes (formes moléculaires multiples d'une enzyme présentant des propriétés catalytiques identiques), fréquemment appelés allozymes. Une paire d'isozymes peut différer par un seul acide aminé, ce qui entraîne souvent une différence dans leur charge électrique. Par conséquent, il est possible de les séparer après migration sur un gel avec une tension

appliquée (**Eriksson et al.,2006**). Ces marqueurs sont généralement codominants, ce qui signifie que les différentes formes d'un marqueur doivent être détectables dans les organismes diploïdes pour permettre la discrimination des homos et hétérozygotes. Le polymorphisme des isozymes est plutôt faible au sein des espèces cultivées (**Chawla., 2009**).

Les marqueurs moléculaires correspondent à une séquence d'ADN qui est facilement détectée et dont l'héritage peut être facilement suivi (**Chawla., 2009**). Ces marqueurs sont principalement des segments d'ADN qui peuvent être distingués par électrophorèse sur gel après amplification. L'ADN peut provenir du noyau de la cellule (ADN nucléaire), des mitochondries (ADNmt) ou des plastes (ADNc) (**Eriksson et al., 2006**). Les informations relatives aux séquences d'ADN sont transmises d'une génération à l'autre. Par conséquent, l'ADN est potentiellement la source d'information génétique la plus précise, par rapport aux marqueurs biochimiques (isozymes), qui sont des produits de l'expression des gènes, donc une méthode indirecte et peu sensible de détection des variations de l'ADN (**Schlötterer., 2004**).

Selon (**White et al., 2007**), les caractéristiques suivantes sont souhaitables pour un marqueur d'ADN idéal : 1) être hautement polymorphe ; 2) présenter une co-dominance ; 3) présenter une fréquence allélique élevée dans le génome ; 4) avoir un comportement neutre (par rapport aux conditions environnementales ou aux pratiques de gestion) ; 5) les coûts doivent être raisonnables ; 6) les tests doivent être faciles et rapides à réaliser ; 7) les données doivent être reproductibles et 8) le marqueur doit permettre un échange facile de données entre laboratoires. Il est difficile de trouver un marqueur moléculaire qui réponde à tous ces critères. Selon le type d'étude à entreprendre, il est possible d'identifier un système de marqueurs qui remplit au moins quelques-uns des critères ci-dessus (**Chawla., 2009**).

a) Marqueurs morphologiques :

La première étape de la protection juridique d'une espèce nouvelle ou en voie d'extinction est de les identifier ou de les caractériser selon des critères dûment établis. Traditionnellement, les chercheurs ont utilisé des caractéristiques morphologiques pour l'enregistrement et le lancement de nouvelles variétés, étant considérés comme la « carte de présentation » d'une espèce, d'une nouvelle variété ou d'un cultivar (**Rodrigues de Sà., 2010a**). L'analyse morphométrique est essentielle pour faire un premier " inventaire " afin d'identifier les caractères les plus discriminants et informatifs pour la description de la variabilité taxonomique et phénotypique des espèces (**Louati et al., 2019**).

Cependant, ce type de caractérisation est limité lorsqu'il est souhaitable de distinguer des génotypes de qualité supérieure, apparentés ou appartenant à la même espèce, et la distinction peut ne pas être adéquate et correcte par rapport aux cultures génétiquement apparentées (**Pecchioni et al., 1996**). Par exemple, (**Celikel et al., 2008**), dans le but de sélectionner des génotypes d'*Arbutus unedo* ayant de qualité supérieure de fruits, ont procédé à la caractérisation morphologique des populations de la région de la mer noire centrale (Turquie). Pour ce faire, ils ont évalué plusieurs paramètres morphologiques liés aux feuilles et fruits. Les résultats obtenus ont conduit ces auteurs à sélectionner cinq génotypes et ont constaté que ces cinq génotypes présentent une caractéristique commune de la bonne production de fruits. Ce résultat renforce l'idée que la caractérisation morphologique n'est pas suffisante pour évaluer et différencier les génotypes de la même espèce.

b) Marqueurs biochimiques :

Pour dépasser la limite du nombre de caractères morphologiques, d'autres marqueurs ont été développés aussi bien au niveau protéique (phénotype) qu'au niveau ADN (génotype). Les marqueurs protéiques sont généralement appelés "marqueurs biochimiques" mais, de plus en plus, ils sont considérés à tort comme une classe commune sous la dénomination "marqueurs moléculaires". Les marqueurs protéiques (protéines de réserve des graines et isozymes) sont générés par électrophorèse, utilisant l'avantage des propriétés de migration des protéines et enzymes, et révélés par la coloration histochimique spécifique des enzymes qui sont analysées (**Eriksson et al., 2006**). Ces marqueurs, nécessitent un équipement relativement simple. Mais l'inconvénient que présentent ces marqueurs, sont généralement de nombre limité et soumissent à l'influence de l'environnement (**Grivet et al., 1999 ; Duminil., 2006**). Malgré tout, les isozymes constituent un complément robuste à la simple analyse morphométrique de la variation (**Grivet et al., 1999**). Les marqueurs biochimiques et moléculaires ont de nombreuses applications en génétique des plantes (**Aitken et al., 2008; Lefèvre et al., 2014**). Ils permettent d'observer, de façon plus ou moins fine, le polymorphisme de séquences de l'ADN d'un certain nombre de sites ou de loci répartis sur le génome. Plus précisément, les marqueurs biochimiques révèlent le polymorphisme des séquences de certaines protéines et donc, de façon indirecte, le polymorphisme des séquences d'ADN à partir desquelles elles sont traduites. Les marqueurs moléculaires révèlent directement le polymorphisme de l'ADN, les séquences ciblées correspondant ou non à des séquences codantes (**Grivet et al., 1999**).

L'étude de la phytochimie fait l'objet d'intenses investigations pour aider à déterminer les constituants chimiques présents dans les plantes. Sur ce plan, de nombreuses études in vitro et in vivo à l'échelle internationale, ont rapporté que l'arbousier est une source importante de composés phytochimiques, dont les catéchines, les tanins, les anthocyanines, les polyphénols ainsi que de flavonoïdes ayant une puissante capacité antioxydante qui semble être responsable des activités antidiabétiques, anticancéreuses, antiagrégants et antihypertensives (**Bebek Markovinovic et al., 2022**).

c) Marqueurs moléculaires :

Durant ces dernières années, la caractérisation moléculaire a remplacé et complété la caractérisation morphologique des espèces. La caractérisation moléculaire se fait à l'aide de marqueurs d'ADN. Ceux-ci permettent d'évaluer la diversité génétique et la relation phylogénétique entre différentes espèces, espèces génétiquement proches ou des individus appartenant à la même espèce (**Martins-Lopes et al., 2008**). Le principal avantage des marqueurs d'ADN est de permettre l'accès direct au génome d'un individu, sans qu'il soit nécessaire de limiter les caractéristiques morphologiques et l'effet que l'environnement exerce sur eux. L'analyse de l'ADN permet également d'identifier les mutations qui se produisent dans les régions non codées des gènes, ce qui n'est pas le cas avec l'analyse morphologique et on parle de l'épigénétique.

Le fait qu'il existe un nombre presque illimité de marqueurs d'ADN disponibles et parce qu'il permet de prouver la variabilité génétique dans plusieurs espèces végétales, leur utilisation dans la caractérisation des individus augmente. La technique ISSR représente l'une des classes les plus récentes de marqueurs moléculaires et a été développée à partir du besoin d'étudier les répétitions microsatellites sans l'utilisation du séquençage de l'ADN (**Zietkiewicz et al., 1994**). Cette technique est basée sur l'amplification thermo-cyclique des fragments d'ADN présents entre deux microsatellites, en utilisant des séquences simples répétées comme amorces. Théoriquement, il est considéré comme supérieur au marqueur RAPD en termes de reproductibilité et de polymorphisme (**Han et al., 2010**). C'est une technique simple, rapide et efficace. D'ailleurs, ils ont été utilisés pour estimer la diversité génétique inter et intra-spécifique dans une grande variété d'espèces (**Bornet et al., 2001**). En raison de leur abondance et de leur dispersion dans le génome, les ISSRs sont également utilisés pour étudier les relations entre deux populations étroitement liées (**Huang et al., 2000 ; Reddy et al., 2002**).

En effet, plusieurs études ont été effectuées en vue d'analyser le polymorphisme génétique de l'arbousier par des marqueurs moléculaires différents, notamment en Tunisie par la RAPD et les isoenzymes (**Takrouni et al., 2012**), et en Portugal par la RAPD (**Rodrigues de Sà et al., 2011 ; Lopes et al., 2012**), les ISSRs (**Rodrigues de Sà., 2010a ;**), les SNPs (**Fazenda et al., 2013**) et les SSRs (**Fazenda et al., 2019**).

Les résultats de ces recherches, ont montré une variation génétique élevée, ce qui suggère que l'arbousier constitue un germoplasme précieux pour les travaux de sélection et d'amélioration.

d) Intérêt de l'étude de la diversité génétique :

Les ressources phytogénétiques sont une partie essentielle de la biodiversité et sont responsables du développement durable de l'agriculture et de l'agro-industrie. Au cours des dernières années, de nombreux facteurs ont provoqué le déclin de plusieurs espèces végétales, que ce soit en raison du feu, de la déforestation pour obtenir du bois, ou simplement pour remplacer ces espèces par d'autres ayant de valeur socio-économique considérable. Cette perte de variabilité génétique, autrement dit de l'érosion génétique, entraîne de sérieux problèmes environnementaux et économiques, ce qui entrave le développement d'un écosystème et d'une agriculture durables. La conservation de ces ressources végétales et l'étude des gènes qu'ils contiennent sont donc des stratégies fondamentales pour le maintien de la biodiversité. Il existe deux stratégies de conservation, ex situ et in situ, définies dans la convention sur la diversité biologique signée à Rio au profit du sommet de la terre (1992). En ex situ, la conservation d'une certaine ressource génétique est faite en dehors de son habitat naturel. In situ, on entend la conservation des écosystèmes et des habitats naturels, ainsi que le maintien et le rétablissement de populations viables d'espèces dans leur milieu naturel et dans le cas d'espèces cultivées ou domestiquées dans l'environnement où elles ont développé leurs caractéristiques distinctives (**Rodrigues de Sà., 2010a**). Dans les deux stratégies, il est nécessaire de localiser et de caractériser le matériel morphologique, moléculaire, biologique et biochimique des plantes existant dans les populations sauvages naturelles.

La connaissance et la compréhension de la variation génétique et de la structure entre les populations et les individus sont des données essentielles pour la définition des stratégies de conservation et de gestion durable (**Sun et al., 1998**). Ce n'est qu'avec le matériel végétal bien caractérisé et conservé que nous pouvons lutter contre les menaces nombreuses et

variées pour la productivité agricole et même pour l'extinction de l'espèce et de maintenir une exploitation durable des ressources phytogénétiques.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1. Objectif :

Dans cette étude, nous avons évalué la diversité morphométrique de 5 populations algériennes d'Arbousiers provenant de différentes zones géographiques et bioclimatiques, en utilisant huit descripteurs morphologiques et des analyses statistiques.

2. Zone d'étude :

Dans le cadre d'étude d'Arbousier de la région Ouest Algériennes, des échantillons ont été prélevés sur plusieurs arbres dans plusieurs régions : Tlemcen (Sabra « Honain « Agilal », Beni Snous «Ahfir, Ain Elftouh»), AïnTmouchent (Bouzadjar « Medagh», El Amria «Hawd Ghanam»).

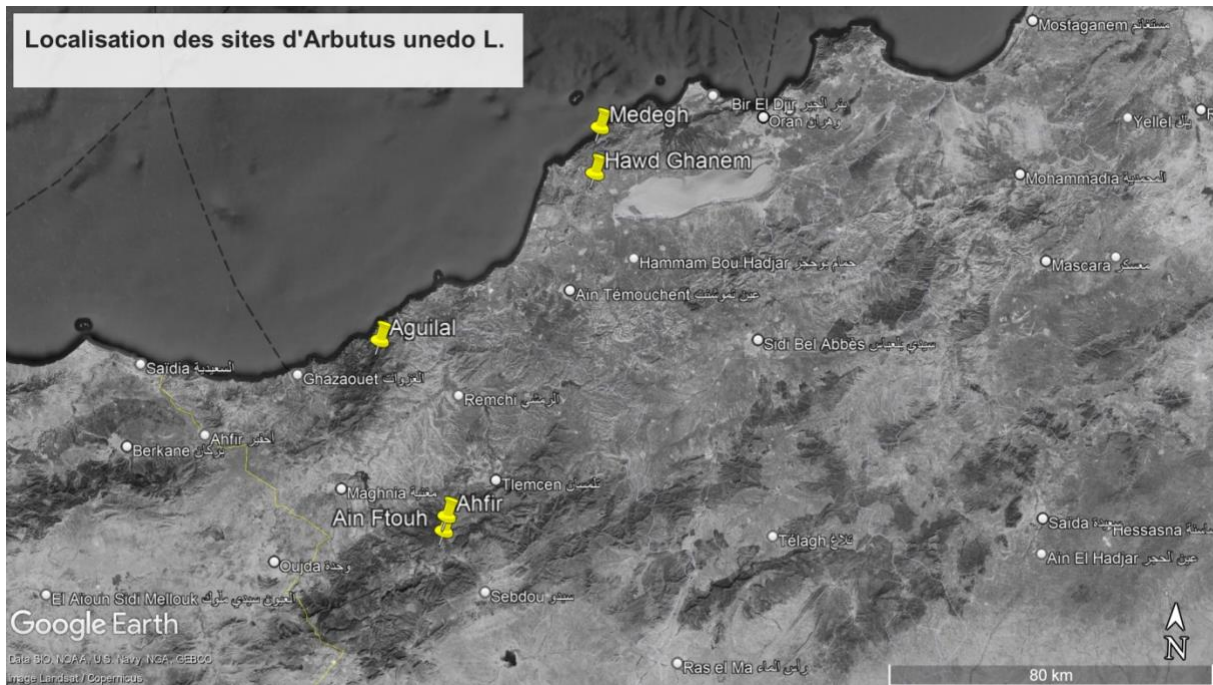


Figure 07 : La carte géographique des régions échantillonnées

3. Critère du choix :

Les critères de choix des stations expérimentales ont été basés sur :

- L'importance et la disponibilité de l'espèce dans la région.
- Il n'y a jamais eu d'étude de ces stations auparavant.
- Accès aux opportunités et à l'assistance des gens de la région pour nous accompagner à sa place dans les régions montagneuses et de forêt.

4. Période de collecte de l'échantillon

- Région de BniSnoos « Ahfir / Ain Fetouhe » (23/11/2023)
- Région de Bouzadjar « Medegh » (3/12/2023)
- Région de Hounain « Agila » (4/01/2024)
- Région d'El Amria «Hawd Ghanam » (12/01/2024)

Tableau 3: les coordonnées géographiques de chaque site

Site	Latitude	Longitude
Ahfir	34.7669	-1.4397
Ain Ftouh	34.7344	-1.446
Medegh	35.630	-1.0722
Agilal	35.144	-1.6402
Hawd Ghaname	35.5289	-1.0809

5. Matériel végétale :

Dans notre étude nous avons évalué la diversité morphométrique de 5 populations algériennes d'Arbousiers; dans l'ensemble la collecte de 38 arbre, 800 fruits et 760 feuilles, ont été échantillonnées au niveau de deux wilayas : Tlemcen, Ain Timouchent.

6. Méthode de prise des paramètres morphométrie :

Prenez des mesures manuellement en utilisant du papier millimétrique pour mesurer la longueur et la largeur et Longueur du Pétiole du feuille, en utilisant le pied de coulis pour mesurer les fruits et en utilisant la balance analytique pour mesurer le poids des fruits.

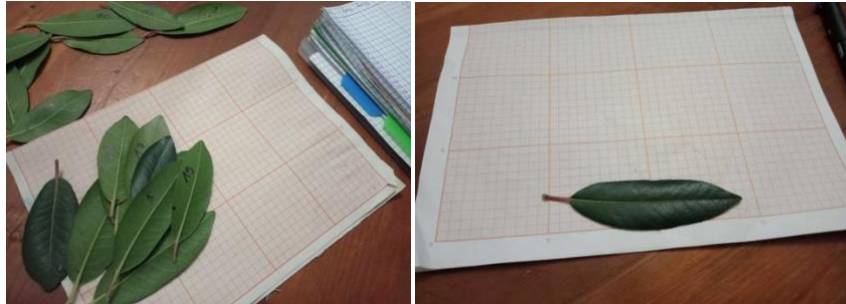


Figure 08 : Mesure des Feuilles (photo originel)



Figure 09 : Mesure des Fruits (photo originel)

a) Les paramètres choisis pour les feuilles :

- Longueur de Feuille (cm)
- Largeur de Feuille (cm)
- Longueur du Pétiole (cm)
- Oeil de Bourgeont
- Limite de Feuille (Dentée / Lisse)
- Poils (Présent / Absents)

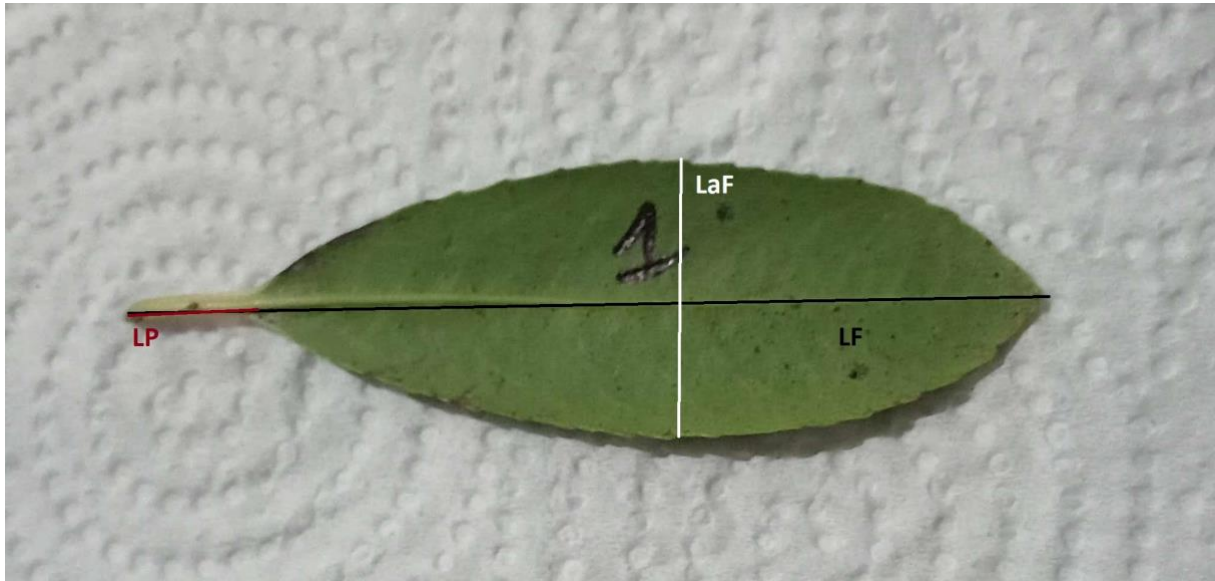


Figure 10:Les paramètres des Feuilles

b) Les paramètres choisis pour les Fruits :

- Poids de Fruit
- Taille de Fruit (Longueur)
- Taille du Pétiole
- Diamètre de Fruit
- Diamètre de Pore
- Couleur (Orange/ Rouge/ Jeune)
- Type (Rigide/ Lisse)

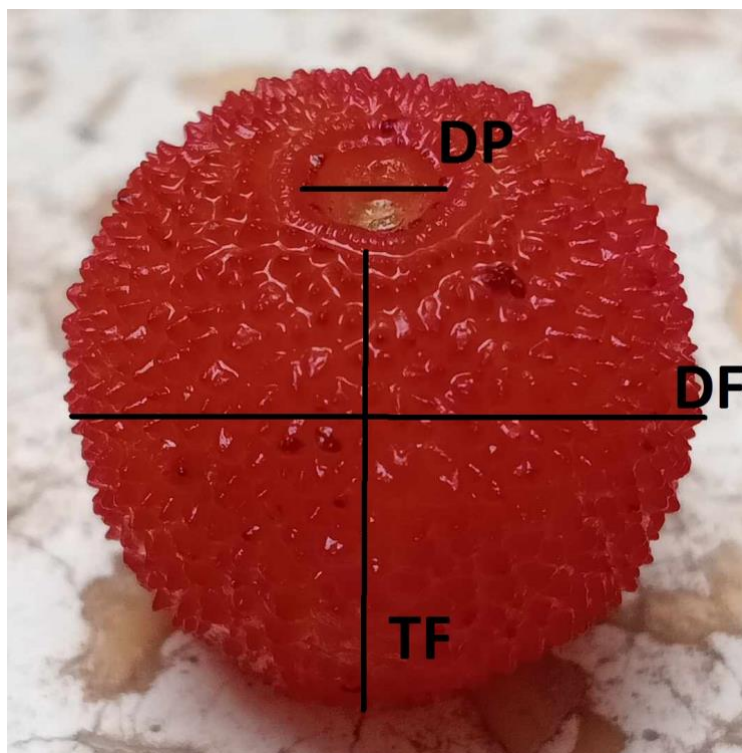


Figure 11: Les paramètres des Fruits

Insertion d'un tableau d'abréviations :

Tableau 4 : les abréviations des paramètres

Paramètre	Abréviation	Description
Longueur de Feuille	LF	C'est la mesure de la totalité longitudinale de feuille à partir de pétiole
Largeur de Feuille	LaF	C'est la mesure de la largeur totale de feuille
Longueur du Pétiole	LP	C'est la mesure de la totalité longitudinale de pétiole
Poids de Fruit	PF	C'est la mesure qui exprime le poids du fruit.
Taille de fruit	TF	C'est la mesure de la taille de fruit
Taille du Pétiole	TP	C'est la mesure de la taille du pétiole
Diamètre de fruit	DF	C'est la mesure qui exprime le Diamètre de fruit
Diamètre de Pore	DP	C'est la mesure qui exprime le Diamètre de Pore

7. Analyse statistique :

Après avoir lancé un ensemble de processus pour analyser les mesure des feuilles et des fruits, des tests statistiques ont été effectuées pour analyser les données. Une analyse de variance (ANOVA) a été utilisée pour tester la signification de la taille de la forme. La taille a été testée à l'aide de statistiques descriptives et les distances de Mahalanobis à l'aide de programme R version 3.6.3. L'analyse des composantes principales (ACP) une méthode très courante en morphologie utilisée pour explorer les tendances de forme et la variabilité entre les spécimens. l'UPGMA est un outils puissants pour analyser et visualiser des données multivariées. L'ACP est particulièrement utile pour réduire la dimensionnalité et représenter graphiquement des relations complexes dans des données catégorielles, tandis que l'UPGMA est essentiel pour des analyses de classification hiérarchique, permettant de visualiser la structure des données sous forme de dendrogrammes. Ces méthodes offrent des perspectives précieuses pour la compréhension et l'interprétation de grandes quantités de données multidimensionnelles à l'aide de logiciel Past.

Chapitre III : Résultats et discussion

1. L'indice de shannone et Winner**Tableau 05** : Indices de Shannon pour les Paramètres Morphologiques d'Arbousier

Paramètre	Indice de Shannon
Longueur de Feuille	1,5
Largeur de Feuille	1,5
Longueur du Pétiole	1,4
Poids de Fruit	1,51
Taille de fruit	1,5
Taille du Pétiole	1,44
Diamètre de fruit	1,5
Diamètre de Pore	1,46

L'indice de Shannon est une mesure de la diversité, souvent utilisée en écologie pour quantifier la biodiversité d'un habitat. Ici, il semble être utilisé pour indiquer la variabilité ou la diversité dans différents traits morphologiques d'Arbousier. L'étude des divers paramètres morphologiques d'Arbousier a révélé des indices de diversité modérés à travers plusieurs traits mesurés. Les indices de Shannon calculés pour la longueur et la largeur de Feuille (1,5), ainsi que pour la taille du fruit (longueur) et le diamètre du fruit (1,5), indiquent un niveau similaire de diversité dans ces dimensions. Le poids du fruit présente l'indice de Shannon le plus élevé à 1,51, soulignant une variabilité légèrement plus importante. En revanche, la longueur du pétiole (1,4) et la taille du pétiole (1,44) montrent une diversité légèrement inférieure. Enfin, le diamètre des pores affiche un indice de 1,46, suggérant une diversité modérée. Ces résultats, avec des indices de Shannon oscillant entre 1,4 et 1,51, témoignent d'une diversité modérée dans les traits morphologiques étudiés, chaque paramètre présentant un niveau de variabilité relativement comparable.

2. Analyse Descriptif généralisé et Spécialisé :

L'Objectif de cette analyse est de révéler les différences entre les paramètres étudiés par les biais des analyses descriptives notamment la moyenne et la médiane.

a) Analyse Descriptif généralisé :

Tableau 06 : Étude descriptive généralisée des dimensions des feuilles et des fruits dans une population d'Arbousiers étudiée.

	Min	Max	Moy	Med	Var	Sig par rapport Anova
Longueur de Feuille	2,0	9,2	5,998	6,000	1,538	<0,001
Largeur de Feuille	1,1	4,4	2,396	2,300	0,472	<0,001
Longueur du Pétiole	0,20	1,40	0,7724	0,8000	0,054	<0,001
Poids de Fruit	0,69	5,02	1,5942	1,4700	0,306	<0,001
Taille de fruit	3,3	6,8	4,396	4,300	0,195	<0,001
Taille du Pétiole	0,2	0,8	0,409	0,400	0,007	<0,001
Diamètre de fruit	0,8	2,0	1,286	1,200	0,037	<0,001
Diamètre de Pore	0,5	2,0	1,236	1,200	0,035	<0,001

Les résultats de l'analyse descriptif représenté par le Tableau 5 montre des taux de signification très inférieurs ce qui indique une grande variabilité entre les paramètres étudiés, d'une autre part les paramètres indiquent majoritairement des moyennes proches des médianes qui est considéré comme un indice de normalité et de robustesse aux tests statistiques, l'écart entre les valeurs minimales et maximales parfois est intéressant, cas de Poids de Fruit qui varie entre 0.69 et 5.02 (g) et Longueur du Fruit qui varie entre 2 et 9 (cm).

b) Résultat d'Anova :**Tableau 07:** Étude Anova des dimensions des feuilles et des fruits dans une population d'Arbousiers.

PARAMETRE	F	P.value	Décision
Longueur de Feuille (cm)	107	0.001	Significative
Largeur de Feuille (cm)	93,267	0.001	Significative
Longueur du Pétiole (cm)	147,213	0.001	Significative
Poids de Fruit	13,767	0.001	Significative
Taille de Fruit	4,887	0.001	Significative
Taille du Pétiole	30,887	0.001	Significative
Diamètre de fruit	42,797	0.001	Significative
Diamètre de Pore	70,656	0.001	Significative

Ce tableau présente les résultats de l'analyse de variance, incluant les valeurs de Fisher F et P. value associées. Les valeurs de F varient entre 4.8 et 147. Ces valeurs sont utilisées pour tester si les moyennes des groupes (stations dans ce cas) sont significativement différentes les unes des autres. Les résultats indiquent une grande variabilité entre les performances des différentes stations.

Les paramètres qui contrôlent la forme de la feuille, à savoir la Longueur, la Largeur et la Longueur du Pétiole, montrent des valeurs élevées de F (93.2, 107, et 147 respectivement). Cela suggère que ces paramètres influencent fortement la variabilité observée.

En revanche, les valeurs minimales de F (4.8 et 13.7) sont observées pour les paramètres qui contrôlent le poids et la taille du fruit. Cela indique une variabilité moindre dans ces caractéristiques parmi les stations.

La variabilité élevée dans les paramètres de la forme de la feuille (Longueur, Largeur, Longueur du Pétiole) peut signifier que ces aspects sont influencés par des facteurs environnementaux ou géographiques spécifiques à chaque station.

La variabilité plus faible dans les paramètres liés au fruit suggère une influence génétique plus uniforme ou une réponse moins sensible à l'environnement par rapport aux paramètres de la feuille.

l'ANOVA révèle des différences significatives entre les stations pour les caractéristiques étudiées, mettant en évidence des paramètres particulièrement influents sur la variabilité observée, ce qui pourrait orienter de futures recherches sur les facteurs sous-jacents à ces différences.

c) Analyse descriptif pour chaque région (Site) :**Longueur de feuille :****Tableau 08:** Analyse descriptif selon longueur de feuille pour chaque région.

Longueur de feuille	Min	Max	Moy	Med	Var	Groupe de tukey hsd
Ahfir	5,7	8,7	7,380	7,500	0,534	E
Ain Fetouh	4,8	9,2	6,682	6,600	1,154	D
Agilal	3,9	5,7	4,621	4,550	0,220	A
Medegh	3,4	7,6	5,365	5,200	0,890	B
Hawd Ghanam	2,0	9,2	6,194	6,100	1,106	C

Pour le paramètre longueur de feuille la performance supérieurs sont celle d’Ahfir par une médiane de 7.5 alors que les performances les plus faibles sont celle d’Agilal avec une médiane de 4.5.

Selon la classification de tukey le site Agilal appartient au groupe A et le site Medegh appartient au groupe B, le site Hawd Ghanam appartient au group C, le site Ain Fetouh appartient au group D alors que le site Ahfir appartient au groupe E.

Largeur de Feuille :**Tableau 09 :** Analyse descriptif selon largeur de feuille pour chaque région.

Largeur de Feuille	Min	Max	Moy	Med	Var	Groupe de tukey hsd
Ahfir	1,9	4,4	3,153	3,200	0,255	D
Ain Fetouh	1,4	3,8	2,651	2,700	0,458	C
Agilal	1,3	2,1	1,596	1,600	0,024	A
Medegh	1,1	3,6	2,131	2,100	0,233	B
Hawd Ghanam	1,4	4,2	2,492	2,400	0,366	C

Pour le paramètre largeur de feuille la performance supérieures sont celle d’Ahfir par une médiane de 3.3 alors que les performances les plus faibles sont celle d’Agilal avec une médiane de 1.5.

Selon la classification de Tukey le site Agilal appartient au groupe A et le site Medegh appartient au groupe B, les sites Hawd Ghanam et Ain Fetouh appartiennent au groupe C alors que le site Ahfir appartient au groupe D.

Longueur du Pétiole :**Tableau 10 :** Analyse descriptif selon longueur du pétiole pour chaque région.

Longueur du Pétiole	Min	Max	Moy	Med	Var	Groupe de tukey hsd
Ahfir	0,50	1,10	0,8088	0,8000	0,012	C
Ain Fetouh	0,60	1,20	0,8490	0,8000	0,020	C
Agilal	0,20	0,70	0,4456	0,4000	0,011	A
Medegh	0,20	1,40	0,6507	0,6000	0,038	B
Hawd Ghanam	0,60	1,40	0,9366	0,9000	0,029	D

Pour le paramètre longueur de Pétiole la performance la plus supérieure est celle de Hawd Ghanam par une médiane de 0.9 alors que les performances les plus faibles sont celles d'Agilal avec une médiane de 0.4.

Selon la classification de Tukey le site Agilal appartient au groupe A et le site Medegh appartient au groupe B, les sites Ahfir et Ain Fetouh appartiennent au groupe C alors que le site Hawd Ghanam appartient au groupe D.

Poids de Fruit :**Tableau 11 :** Analyse descriptif selon poids de fruit pour chaque région.

Poids de Fruit	Min	Max	Moy	Med	Var	Groupe de tukey hsd
Ahfir	0,91	3,94	1,9440	1,7800	0,428	C
Ain Fetouh	0,94	2,78	1,7378	1,6600	0,245	B
Agilal	0,91	3,55	1,6124	1,5450	0,296	A
Medegh	0,86	4,03	1,4340	1,3600	0,151	A
Hawd Ghanam	0,69	5,02	1,5267	1,4400	0,313	A

Pour le paramètre Poids de Fruit la performance supérieures sont celle d'Agilal par une médiane de 1.75 alors que les performances les plus faibles sont celle de Medegh avec une médiane de 1.25.

Selon la classification de Tukey les sites Agilal, Medegh et Hawd Ghanam appartiennent au groupe A et le site Ain Fetouh appartient au groupe B alors que le site Ahfir appartient au groupe C.

Taille de Fruit :**Tableau 12 :** Analyse descriptif selon taille de fruit pour chaque région.

Taille de Fruit	Min	Max	Moy	Med	Var	Groupe de tukey hsd
Ahfir	3,4	5,8	4,518	4,400	0,268	C
Ain Fetouh	3,3	5,1	4,222	4,200	0,183	A
Agilal	3,4	6,1	4,425	4,300	0,317	B
Medegh	3,5	5,7	4,323	4,300	0,098	A
Hawd Ghanam	3,6	6,8	4,431	4,400	0,183	B

Pour le paramètre Taille de Fruit la performance supérieures sont celle de Hawd Ghanam par une médiane de 4,5 alors que les performances les plus faibles sont celle d'Ain Fetouh avec une médiane de 4,3.

Selon la classification de Tukey les sites Ain Fetouh et Medegh appartiennent au groupe A et les sites Medegh et Hawd Ghanam appartiennent au groupe B, alors que le site Ahfir appartient au groupe C.

Taille du Pétiole :**Tableau 13:** Analyse descriptif selon taille du pétiole pour chaque région.

Taille du pétiole	Min	Max	Moy	Med	Var	Groupe de tukey hsd
Ahfir	0,2	0,6	0,388	0,400	0,005	B
Ain Fetouh	0,2	0,6	0,380	0,400	0,005	B
Agilal	0,2	0,6	0,332	0,300	0,008	A
Medegh	0,3	0,8	0,439	0,400	0,005	C
Hawd Ghanam	0,3	0,6	0,429	0,400	0,005	C

Pour le paramètre Taille du Pétiole la performance la plus supérieure est celle de Medegh et Hawd Ghanam par une médiane de 0,825 alors que les performances les plus faibles sont celles d'Ain Fetouh, Ahfir et Agilal avec une médiane de 0,6.

Selon la classification de Tukey le site Agilal appartient au groupe A et les sites Ahfir, Ain Fetouh appartiennent au groupe B alors que les sites Medegh, Hawd Ghanam appartiennent au groupe C.

Diamètre de fruit :**Tableau 14:** Analyse descriptif selon diamètre de fruit pour chaque région.

Diamètre de Fruit	Min	Max	Moy	Med	Var	Groupe de tukey hsd
Ahfir	1,1	1,9	1,466	1,400	0,052	B
Ain Fetouh	1,1	1,8	1,418	1,400	0,036	B
Agilal	0,8	2,0	1,191	1,200	0,053	A
Medegh	1,0	1,9	1,223	1,200	0,018	A
Hawd Ghanam	0,9	1,7	1,258	1,300	0,015	A

Pour le paramètre Diamètre de Fruit la performance la plus supérieure est celle d'Ain Fetouh par une médiane de 1,4 alors que les performances les plus faibles sont celles d'Agilal et Medegh avec une médiane de 1,20.

Selon la classification de Tukey les sites Agilal, Medegh et Hawd Ganam appartiennent au groupe A alors que le reste appartient au groupe B.

Diamètre de Pore:

Tableau 15: Analyse descriptif selon diamètre de pore pour chaque région.

Diamètre de Pore	Min	Max	Moy	Med	Var	Groupe de tukey hsd
Ahfir	1,0	1,9	1,338	1,300	0,035	C
Ain Fetouh	1,0	1,6	1,278	1,300	0,018	B
Agilal	0,5	1,5	0,963	0,900	0,040	A
Medegh	1,0	1,6	1,226	1,200	0,011	B
Hawd Ghanam	0,9	2,0	1,284	1,300	0,022	B

Pour le paramètre Diamètre de Fruit la performance les plus supérieures sont celle d'Ain Fetouh par une médiane de 1,3 alors que les performances les plus faibles sont celle d'Agilal avec une médiane de 0,9.

Selon la classification de tukey le site Agilal appartient au groupe A et les sites Ain Fetouh, Medegh et Hawd Ghanam appartient au group B alors que le site Ahfir au groupe C.

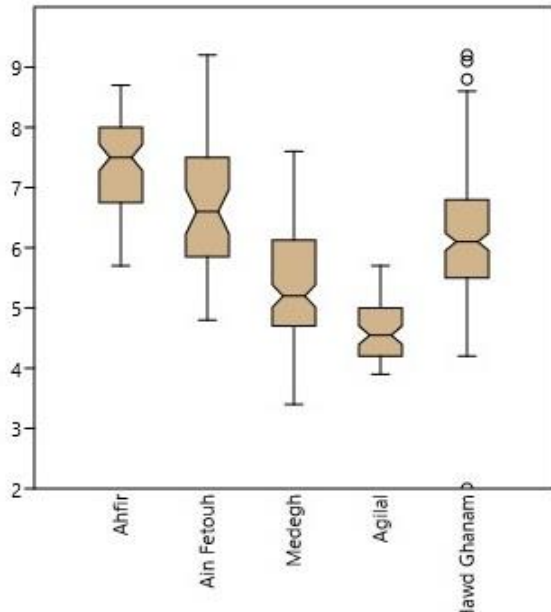


Figure 12:Présentation l’analyse descriptive de Longueur de Feuille

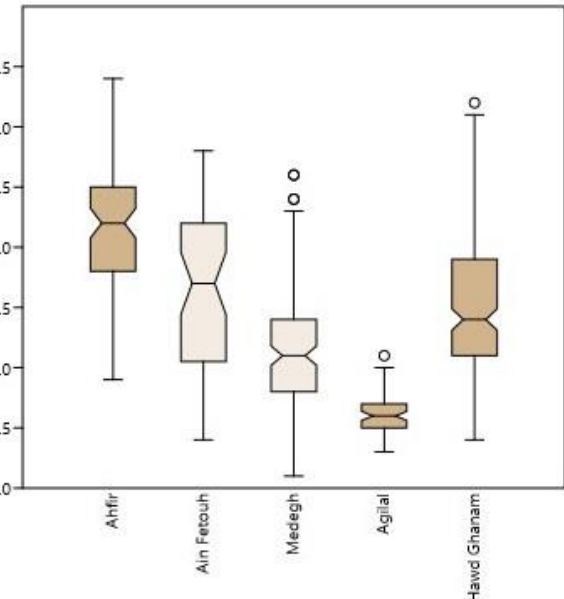


Figure 13 :Présentation l’analyse descriptive de Largeur de Feuille

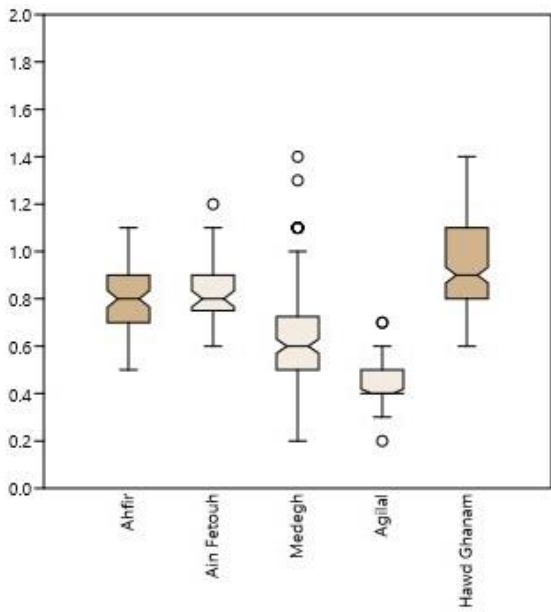


Figure 14 :Présentation l’analyse descriptive de Longueur du Pétiole

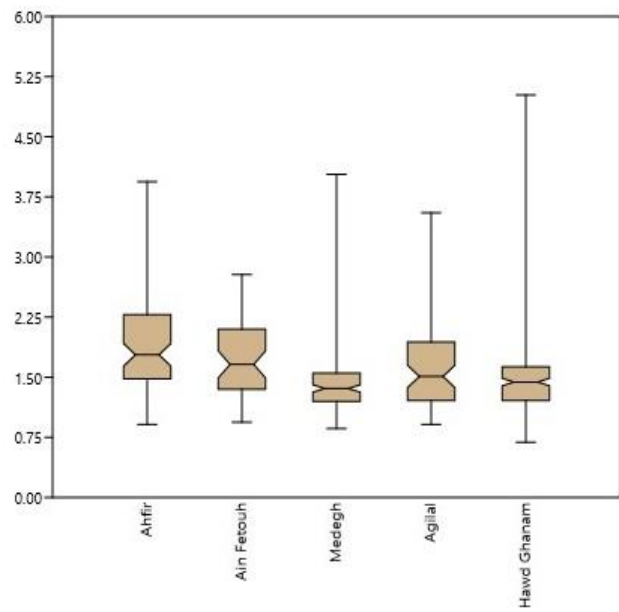


Figure 15 :Présentation l’analyse descriptive de Poids de Fruit

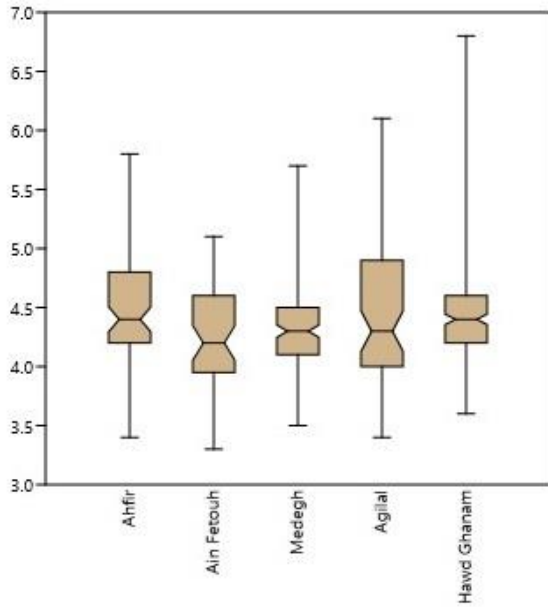


Figure 16 : Présentation l’analyse descriptive de Taille de Fruit

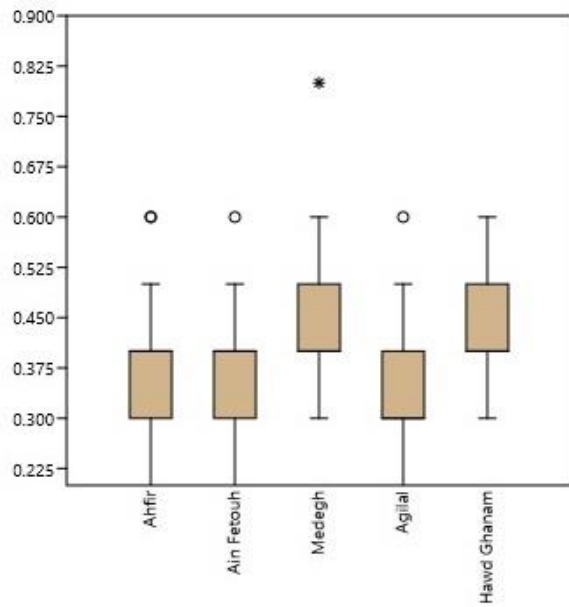


Figure 17:Présentation l’analyse descriptive de Taille du Pétirole

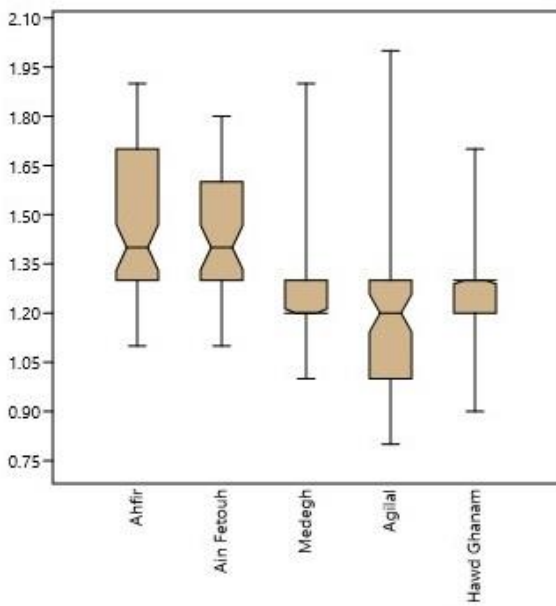


Figure 18: Présentation l’analyse descriptive de Diamètre de fruit

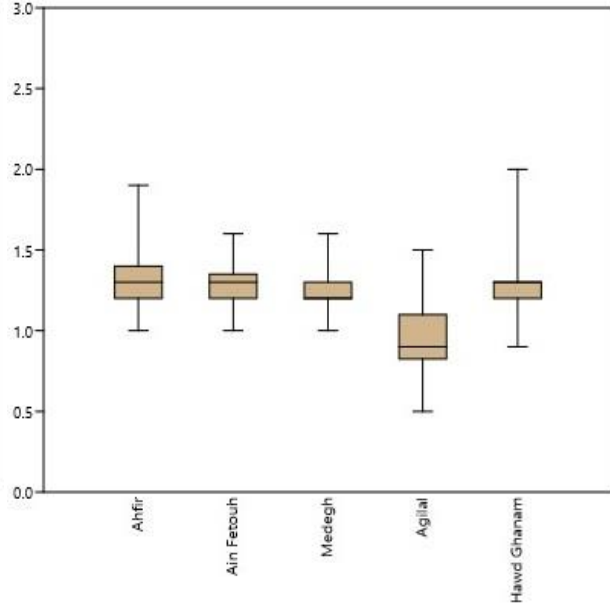


Figure 19:Présentation l’analyse descriptive de Diamètre de Pore

3. Analyse de Corrélation :

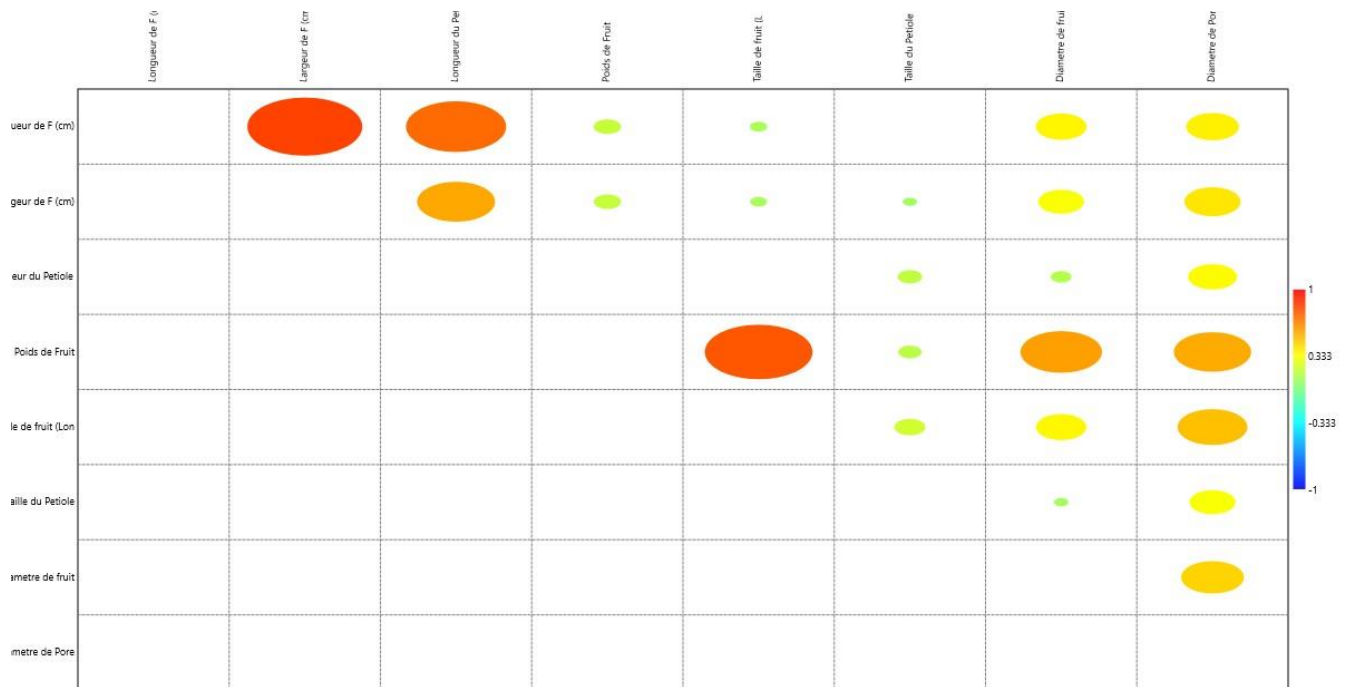


Figure 20: Présentation d’Analyse de corrélations des mensurations étudiées chez la population d’arbousier

- En ce qui concerne les corrélations de Pearson, les fortes valeurs ont été signalé entre les paramètres LF et LaF avec un coefficient de corrélations 0,82767, et le paramètres LF et LP avec un coefficient de corrélations 0,71881, et le paramètres LaF et LP avec un coefficient de corrélations 0,55787, et le paramètres PF et TF avec un coefficient de corrélations 0,77453, et le paramètres PF et DF avec un coefficient de corrélations 0,58342, et le paramètres PF et DP avec un coefficient de corrélations 0,55215.

Alors que les corrélations les plus faible entre les paramètres LF et TP avec un coefficient de corrélations 0,04972, et entre les paramètres LaF et LP avec un coefficient de corrélations 0,087629, et entre les paramètres LP et PF avec un coefficient de corrélations 0,027635, et entre les paramètres LP et TF avec un coefficient de corrélations 0,031337, et entre les paramètres TP et DF avec un coefficient de corrélations 0,090565.

4. Partie ACP :

L'analyse en composante principale (ACP) des (08) paramètres étudiés, exprime la majorité d'information par les deux premières composantes PC1 et PC2, dont PC1 affiche un taux d'inertie égale a 41.89% alors que PC2 représente 23.64% de l'information générale, en totalité (65.53%) ce qui est apte pour une interprétation statistique.

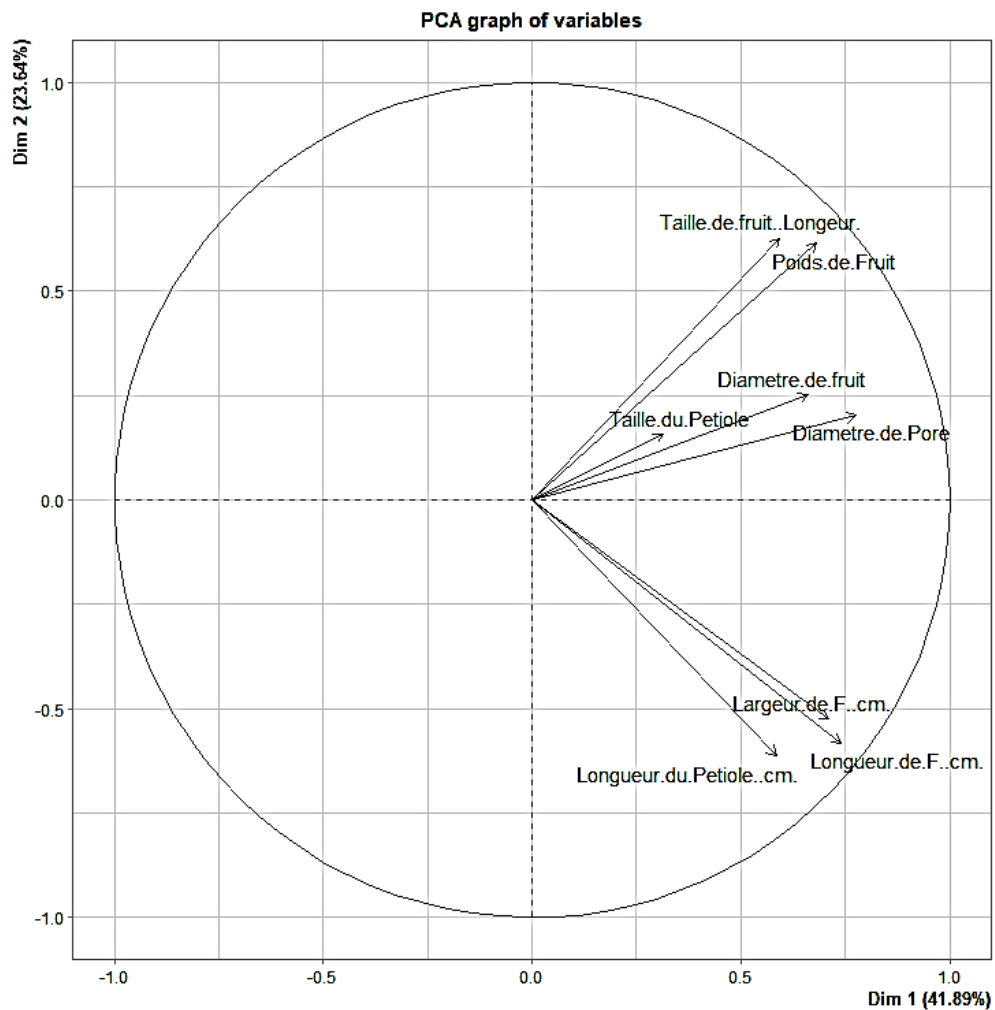


Figure 21 : Présentation des mensurations étudiées par ACP chez la population d'arbousier

Selon le modèle statistique on peut distinguer deux catégories de variables l'une contrôle la longueur de pétiole (LP), longueur de feuille (LF) et la largeur de feuille (LaF) alors que la deuxième catégorie contrôle tous ce qui est en relation avec les paramètres de fruits comme taille de fruit (TF), diamètre de fruit (DF) Et poids de fruit (PF).

Il faut signaler que le paramètre taille de pétiole ne pas représenté d'une manière clairement et donc exclu de l'interprétation statistique.

5. Partie UPGMA :

La méthode de classification ascendante hiérarchique (CAH) est faite par un dendrogramme de type UPGMA basé sur des distances Euclidienne et une méthode de reliment (Linkage) par moyenne a 1.5 unités de distance on peut distinguer deux clusters ou deux groupes qui sont (G1 : Medegh et Agilal) alors que (G2 : Ahfir, Ain Fetouh, Hawd Ghanam) a 1.0 unités de distance on peut distinguer trois clusters dont (C1 toujours représente Medegh et Agilal alors que C2 représente la zone de Ahfir sinon cluster 3 (C3) représente les deux régions Ain Fetouh, HawdGhanam.

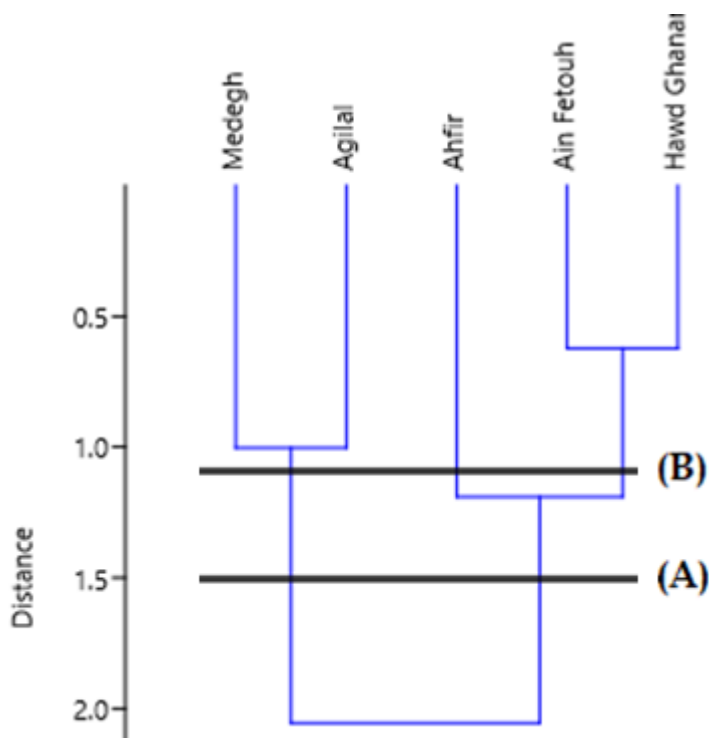


Figure 22: Diagramme UPGMA pour la classification des populations d'Arbousier

6. Partie distance de Mahalanobis :**Tableau 16 :** Mesures ou Distances de mahalanobis entre cheque site.

Region	Ahfir	Ain Fetouh	Medegh	Agilal
Ain Fetouh	2.31			
Medegh	8.49	5.55		
Agilal	20.33	18.34	11.77	
Hawd Ghanam	10.02	5.36	3.97 3.97	22.66

D'après le model de Mahalanobis (Tableau 16), les populations les plus proches sont celles de Ahfir et Ain Fetouh par un score de (2.31) unités, d'une autre part les populations les plus éloignée sur le plan morphométrique sont celles de Agilal et Hawd Ghanam (22.66) par unités de Mahalanobis.

Discussion des résultats :

Les résultats liés aux statistiques descriptives révèlent que la majorité des paramètres suit une distribution normale ce qui est très important pour d'autres types d'analyses soit multivariées comme l'ACP ou inférentielles comme l'ANOVA.

L'Analyse de la Variance (ANOVA) a révélé une variabilité morphométrique significative entre les feuilles et les fruits récoltés dans différentes zones géographiques, avec des taux de variabilité particulièrement intéressants. Les résultats montrent que les caractéristiques morphométriques des feuilles sont les plus affectées par cette variabilité, suggérant une plus grande sensibilité des feuilles aux conditions environnementales comparées aux fruits. L'ANOVA, en confirmant cette variabilité, met en évidence l'influence des facteurs environnementaux tels que le climat, le sol et l'altitude sur les caractéristiques morphométriques des plantes. Cette découverte est cruciale pour des analyses ultérieures, tant multivariées comme l'Analyse en Composantes Principales (ACP) que pour des études inférentielles. En résumé, les feuilles montrent une variabilité morphométrique plus prononcée entre les zones géographiques, soulignant l'importance d'étudier ces caractéristiques pour comprendre l'impact des conditions environnementales sur la morphométrie des plantes.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est cruciale à ce stade de l'analyse car elle normalise les données, assurant que les variables de différentes échelles sont comparables, évitant ainsi que certaines variables dominent l'analyse. L'ACP révèle que les paramètres contrôlant les caractéristiques des fruits sont relativement indépendants de ceux des feuilles, indiquant que des facteurs distincts influencent chaque compartiment. De plus, l'intégration de paramètres multiples, tant quantitatifs (mesures numériques) que qualitatifs (catégories descriptives), est nécessaire pour obtenir une compréhension complète et nuancée des différences morphométriques et des facteurs environnementaux influents. Cette approche permet de réduire la dimensionnalité des données tout en conservant la majorité de la variabilité initiale, simplifiant ainsi l'analyse et mettant en évidence les principales sources de variation entre les échantillons.

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) révèle que la séparation des groupes ou clusters est principalement basée sur des facteurs environnementaux, notamment climatiques. Le Cluster 1 (G1), comprenant les zones côtières de Medegh et Agilal, se distingue par un taux de précipitation élevé, influençant les caractéristiques morphométriques de ces

populations. En revanche, le Cluster 2 (G2) regroupe les sites de Ahfir, Hawd Ghanem et Ain Fetouh, situés dans les régions montagneuses de l'Atlas tellien, à environ 30 à 40 km de la côte méditerranéenne, où les conditions climatiques et environnementales diffèrent, avec probablement moins de précipitations et des influences morphométriques spécifiques à l'altitude. Cette classification souligne l'importance des conditions environnementales dans la différenciation morphométrique des populations, fournissant des insights utiles pour des applications écologiques, agricoles et de gestion des ressources naturelles, en adaptant les stratégies aux conditions locales des zones côtières et montagneuses.

Conclusion et Perspectives

Ce travail est parmi les rares documents qui prends en considération une espèce d'une grande importance soit socio écologique soit en Agroforesterie comme *l'Arbutus unedo* L., la situation de cette espèce vu notre prospection nécessite la volonté et l'intervention de gouvernement pour la valorisation de cette ressource, d'une autre part une grande variabilité a été détecté soit par des observation et des examens sur terrain soit par des analyses statistiques , cette information peut être le point d'initiation pour des analyses plus approfondie qui prends en charge l'aspect génétique de l'espèce, comme les marqueurs moléculaire de type SSR qui signifie (Single Sequence Repeats) ou SNP qui signifie (Single nucléotide polymorphisme). Pour gérer efficacement les ressources et assurer le développement durable de *l'Arbutus unedo* L., plusieurs stratégies devraient être envisagées : mettre en œuvre des programmes de conservation in situ et ex situ pour préserver la diversité génétique des populations de *l'Arbutus unedo* L., développer des banques de semences et des collections vivantes pour se prémunir contre l'érosion génétique, établir des lignes directrices pour une récolte durable afin de prévenir la surexploitation des populations sauvages, promouvoir des programmes de gestion communautaires qui impliquent les populations locales dans l'utilisation durable et la conservation de *l'Arbutus unedo* L., investir dans des recherches supplémentaires pour explorer la diversité génétique en utilisant des marqueurs moléculaires avancés comme les SSR et les SNP, encourager les études interdisciplinaires qui intègrent des données écologiques, génétiques et socio-économiques afin de développer des plans de gestion complets, lancer des projets de reboisement et de restauration de l'habitat dans les zones dégradées afin d'améliorer l'habitat naturel de *l'Arbutus unedo* L., utiliser du matériel végétal génétiquement diversifié pour la restauration afin d'accroître la résilience et l'adaptabilité des populations restaurées, mener des campagnes éducatives pour sensibiliser à l'importance écologique et économique de *l'Arbutus unedo* L., former les communautés locales aux pratiques de gestion durable et aux avantages de la conservation de la biodiversité, plaider en faveur de l'élaboration et de l'application de politiques qui protègent les habitats naturels et réglementent l'exploitation de *l'Arbutus unedo* L., et collaborer avec des organisations gouvernementales et non gouvernementales pour la mise en œuvre de la politique de conservation de la biodiversité. En adoptant ces stratégies, il est possible de gérer efficacement les ressources de *l'Arbutus unedo* L., en assurant sa durabilité et sa contribution continue à l'environnement et aux communautés locales.

Références Bibliographique

A :

- Aabdousse, J. (2021). Etude ethnobotanique, écologique, morphologique et chimique des populations naturelles du myrte (*Myrtus communis* L.) au Maroc. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences et Techniques, Université Sultan Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc.
- Agrios, G. N. (2005). "Plant Pathology." Elsevier Academic Press. (Chapitre sur les maladies foliaires).
- Ait-Youssef, M. (2006). Les plantes médicinales en Kabylie. Édition Ibis presse, Paris, 349 p.
- Ait-Youssef, M. (2006). Phytochemical analysis of *Arbutus unedo* L. leaves. *Phytotherapy Research*, 20(6), 474-479. doi:10.1002/ptr.1864
- Aitken, S.N., Yeaman, S., Holliday, J.A., Wang, T. (2008). Adaptation migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. *Evolutionary Applications*, 1:95-111.
- Alarcão-e-Silva, M.L.C.M.M., Leitão, A.E.B., Azinheira, H.G., & Leitão, M.C.A. (2001). The *Arbutus* Berry: Studies on its Color and Chemical Characteristics at Two Mature Stages. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14(1), 27-35.
- Almeida, M., & Palmeira, M. C. (2002). "Flowering and fruiting phenology of the Mediterranean tree *Arbutus unedo* L." *Acta Botanica Malacitana*, 27, 29-36.
- Aronne, G., & De Micco, V. (2001). "Seasonal dimorphism in wood anatomy of the Mediterranean shrub *Arbutus unedo* L." *Botanical Journal of the Linnean Society*, 135(3), 207-219.
- Ayaz, F.A., Kucukislamoglu, M., Reunanen, M. (2000). Sugar, non-volatile and phenolic acids composition of *Arbutus* tree (*Arbutus unedo* L. var. *ellipsoidea*) fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13: 171-177.

B:

- Babo, D. (2008). L'encyclopédie des fruits. Paris, Édition Désiris. 24 p.
- Bartels, A. (1998). Guide des plantes de bassin méditerranéen. Éd. Augen Ulmer, Paris. 400 p.
- Barros, L., Carvalho, A., Morais, J., & Ferreira, I. (2010). Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterization in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties. *Food Chemistry*, 120:247-254.
- Barros, L., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. F. R. (2010). Nutritional composition and bioactive compounds in *Arbutus unedo* L. *Journal of Food Science*, 75(3), C168-C175. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01547.x
- Bebek Markovinovic, A., Brčić Karačonji, I., Jurica, K., Lasić, D., Skendrović Babojelić, M., Duralija, B., Šić Žlabur, J., Putnik, P., & Bursać Kovačević, D. (2022). Strawberry Tree Fruits and Leaves (*Arbutus unedo* L.) as Raw Material for Sustainable Functional Food Processing: A Review. *Horticulturae*. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100881>
- Bell, D.J., Rowland, L.J., Polashock, J.J., Drummond, A.A. 2008. Suitability of EST-PCR markers developed in highbush blueberry for genetic fingerprinting and relationship studies in lowbush blueberry and related species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133:701-707.
- Bellakhdar, J. (1997). La Pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine Arabe ancienne et savoirs populaires. Édition Ibis Press, Paris, 766 p.
- Beloued, A. (2001). Plantes médicinales d'Algérie. Office des Publications Universitaires, Alger. 277 p.

- Benhouhou, S., & Ait Hammou, M. (2019). Valorisation et conservation du chêne-liège (*Quercus suber* L.) dans les forêts algériennes : cas de la région de Chelia. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 88, 362-378.
- Benistom, W.S., & Beniston, N.T. (1984). Flore d'Algérie. Éd. Entreprise nationale du livre, Alger, 99 p.
- Benkhniq, O., Zidane, L., Fadli, M., Elyacoubi, H., Rochdi, A., & Douira, A. (2011). Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). Acta Botanica Barcelona, 53:191-216.
- Bizouard, P., & Favier, J.C. (1962). Contribution à l'étude de la valeur nutritive de quelques plantes naturellement abondantes en Corse. Corse Historique.
- Bornet, B., & Branchard, M. (2001). Nonanchored Inter Simple Sequence Repeat ISSR Markers; reproducible and specific tools for genome fingerprinting. Plant Molecular Biology Reporter, 19:209-215.
- Boronnikoval, S.V., Kokaeva, Z.G., Gostimsky, S.A., Dribnokhodova, O.P., & Tikhomirova, N.N. (2007). Analysis of DNA polymorphism in a relict Uralian species, large-flowered foxglove (*Digitalis grandiflora* Mill.), using RAPD and ISSR markers. Russian Journal of Genetics, 43:530-535.
- Bossard, R., & Cuisance, P. (1984). Arbres et arbusres d'ornement des régions tempérées et méditerranéennes. Éd. Tec & Doc Lavoisier, 458 p.
- Bougara, A., & Khellaf, N. (2017). L'importance socio-économique du chêne vert (*Quercus ilex*) dans la région d'Ain Draham (nord-ouest de l'Algérie). Les cahiers du développement durable, 8(2), 147-159.
- Boullard, B. (2001). Plantes médicinales du monde. Croyance et réalités. Édition ESTM, Paris, 636 p.

- Bouzabata, A. (2015). Contribution à l'étude d'une plante médicinale et aromatique : *Myrtus Communis* L. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- Bouzid, K. (2015). Contribution à l'étude des options de valorisation de l'espèce *Arbutus unedo* L. dans l'Ouest Algérien. Thèse de Doctorat 3ème Cycle en Science de l'Environnement, option : Gestion, Valorisation des Ressources Naturelles et Développement Durable. Université Djillali Liabés, Sidi Bel-Abbés, Algérie, 168 p.
- Brosse, J., & Pelt, J.M. (2005). Larousse des arbres. Éd. Larousse, Paris, 576 p.

C:

- Cai-Huang, H. 1997. The cultural practices for high- and top-quality production of *Arbutus* fruit trees. *China Fruits*, 3:48.
- Celikel, G., Demirsoy, L., Demirsoy, H. 2008. The strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) selection in Turkey. *Scientia Horticulture*, 118:115-119.
- Chawla, H.S. 2009. Introduction to plant biotechnology, 3rd ed. Science Publis., Inc., New Hampshire

D:

- Daoudi, A., Bammou, M., Zarkani, S., Slimani, I., Ibjibijen, J., Nassiri, L. 2015. Étude Ethnobotanique de La Flore Médicinale Dans La Commune Rurale d'Aguelmous, Province de Khénifra (Maroc). *Phytotherapie*, 14(4):220-228.
- DELLILE L. (2013). Les plantes médicinales d'Algérie ; 3ème Ed ; Edition BERTI. 240p.
- Dib, M. (2008). Study on the mineral content of *Arbutus unedo* L. fruits. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2(10), 285-290.

- Dib, M.A., Contribution à l'étude de l'activité antimicrobienne de quelques polyphénols présents dans *Arbutus unedo* L., Thèse de Doctorat, Tlemcen, 2008. Pp 140.
- DIDI A. (2009). Etude de l'activité antioxydante des flavonoïdes de *l'Arbutus unedo* et du *Dapline gaidium* L de la région de Tlemcen ; thèse majister ; université Aboubekr Belkaïd Tlemcen, Algérie. 128p.
- DIDI, A. (2009). Etude de l'activité antioxydante des flavonoïdes de *l'Arbutus unedo* L. de la région de Tlemcen. Mémoire de Magister en Biologie Moléculaire et Cellulaire. Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie.
- Doukani, K., & Tabak, S. (2014). Profil Physicochimique du Fruit « Lenj » (*Arbutus unedo* L.). *Nature & Technology*, 7(1), 51-64.
- Doukani, K., & Tabak, S. (2015). Physicochemical properties and sugar profile of *Arbutus unedo* L. fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1573-1580. doi:10.1007/s13197-013-1138-6.
- Doukani, K., & Tabak, S. (2014). Antibacterial effect of *Arbutus unedo* L. fruits and its essential oils on *Salmonella typhi* (ATCC 14028) and *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853). *International Journal of Applied and Natural Sciences*, 3(6), 25-30.
- Duminil, J. (2006). Etudes Comparatives de la Structure Génétique des plantes. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences et Techniques, Nancy I, France. p: 215.
- Dr. David A. Quiring, Dr. J. M. Keena (2015). "The biology and ecology of aphids as major pests of forest trees"

E :

- El Haouari, M., López, J.J., Mekhfi, H., Rosado, J.A., Salido, G.M. 2007. Antiaggregant effects of *Arbutus unedo* extracts in human platelets. *Journal of Ethnopharmacology*, 113:325-331.

- Ennajeh, M., Tounekti, T., Vadel, A. M., Khemira, H., & Cochard, H. (2010). Water relations and drought-induced embolism in two *Arbutus unedo* populations from contrasting habitats. *Tree Physiology*, 30(7), 899-910.
- Ercisli, S. Orhan, E., Esitken, A., Yildirim, N., Agar, G. 2008. Relationships among some cornelian cherry genotypes (*Cornus mas* L.) based on RAPD analysis. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55:613-618.
- Eriksson, G., Ekberg, I., Clapham, D. 2006. An introduction to forest genetics. SLU. <http://vaxt.vbbsg.slu.se/forgen/>, Uppsala.

F:

- Fazenda, P., Jesus, M. 2013. Identificação de marcadores SSR e de SNPs em medronheiro (*Arbutus unedo* L.) por sequenciação massiva paralela, Instituto superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.
- Fazenda, P., Pereira, R., Fonseca, M., Carlier, J., Leitão, J. 2019. Identification and validation of microsatellite markers in Arbutus tree (*Arbutus unedo* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43: 430-436.

G:

- Galego, L. 2006. Valorização da aguardente de medronho. Jornadas do Mel, Medronho e Medronheira. C.M. da Pampilhosa da Serra, DRABL, LOUSAMEL, Pampilhosa da Serra, pp: 1-5.
- Galego, L., Martins, A.N., Jesus, J.P., Nunes, J.P., Reis, E.P., 2001. Aguardente de medronho já tem legislação. 11º Congresso do Algarve, Albufeira, pp: 1-6.
- Ganhao, R., Morcuende, D., Estevez, M. 2010. Protein oxidation in emulsi fied cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on coulour and texture deterioration during chill storage. *Meat Science*,85(3):402-409.

- Godinho-Ferreira, P.G., Azevedo, A.M., Rego, F. 2005. Carta da tipologia florestal de Portugal Continental. *Silva Lusitana*, 13:1-34.

- Gomes F et Canhoto J.M., 2009. Micropropagation of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) from adult plants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology*. 45:72–82.

- Gomes, F., Costa, R., Ribeiro, M.M, Figueiredo, E., Canhoto, J.M. 2012. Analysis of genetic relationship among *Arbutus unedo* L, genotypes using RAPD and SSR markers. *Journal of Forestry Research*, 24:227-236.

- Gomes, F., Simões, M., Lopes, M.L., Canhoto, J.M. 2010. Effect of plant growth regulators and genotype on the micropropagation of adult trees of *Arbutus unedo* L. (strawberry tree). *New Biotechnology*, 27:882-892.

- Gomes, M.F.F.N., 2011. Strategies for the Improvement of *Arbutus unedo* L. (Strawberry Tree): In vitro Propagation, Mycorrhization and Diversity Analysis. Universidade de Coimbra.

- González-Rodríguez, Á. M., & Villar, R. (2012). Comparative growth and leaf morphology of seedlings of four Mediterranean evergreen tree species. *Acta Oecologica*, 39, 23-31.

- Gozlekci, S., Alkaya, C.E., Yas, D. 2003. Antalya çevresinde dogal olarak yayılıs gosteren cilek agacı (*Arbutus andrechne* L.) nin bazı fenolojik ve pomolojik ozelliklerinin incelenmesi. *Uzumsu Kivive Uzumsu Meyveler Sempozyumu*, 472-475.

- Grivet Laurent, Noyer Jean-Louis. 1999. Les méthodes de marquage biochimique et moléculaire. In : *Diversité génétique des plantes tropicales cultivées = Genetic diversity of cultivated tropical plants*. Hamon Perla (ed.), Seguin Marc (ed.), Perrier Xavier (ed.), Glaszmann Jean-Christophe (ed.). Montpellier : CIRAD, 13-41. ISBN 2-87614 344-8.

- Guettou, M., & Ouyahia, H. (2013). Rôle des forêts de cèdre de l'Atlas dans le maintien de l'équilibre hydrique des bassins versants du massif de l'Aurès (Nord-Est Algérien). *Revue des Sciences de l'Eau*, 26(1), 77-89.
- Guignard, J.L. (2001). *Botanique systématique moléculaire*. Édition Masson, Paris, 290 p.
- Guezouli, H. (2017). Étude de l'état de la ressource forestière en Algérie et perspectives de gestion durable. *Revue Nature & Technologie*, 18, 21-31.

H:

- Hachi, M. 2015. Contribution to the study and floristic ethnobotany flora medicinal use at the city of khenifra (Morocco). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 11:750- 755.
- Hammi, S., & Bouguerra, N. (2014). Effet de la station forestière sur la restauration des sols érodés. *Actes du 1er Séminaire International sur l'Ecologie et la Gestion des Ecosystèmes Naturels et Agricoles (SEGENA)*, Constantine, Algérie.
- Han, Y., Wang, H. Y. 2010. Genetic diversity and phylogenetic relationships of two closely related northeast china *Vicia* species revealed with RAPD and ISSR markers. *Biochemical Genetic*, 48:385-401.
- Huang, J. C., Sun, M. 2000. Fluorescein PAGE analysis of microsatellite-primed PCR: a fast and efficient approach for genomic fingerprinting. *Biotechniques*, 28 :1069-1072.

I:

- ISERIN, P. (2001). *Encyclopédie des Plantes Médicinales*. Identification, préparations, soins. 2ème Édition, Larousse, Dorling Kindersiety Limited, Londres, 170 p.

- Isbilir, S.S., Orak, H.H., Yagar, H., Ekinci, N. 2012. Determination of antioxidant activities of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) flowers and fruits at different ripening stages. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 11(3):223-237.

J:

- Jihua, H., Zuyou, L., Tianrong, X., Xianjun, Z. 1997. Study on the characteristics of flower formation and fruit set of Dongkui arbutus variety in western part of Hubei. *South China Fruits*, 26 (5):33-34.
- Joshi, S.P., Ranjekar, P.K., Gupta, V. 2009. Molecular markers in plant genome analysis (1- 19). In: Yeatman, C.W. (Ed.), *In Plant Genetic Resources: a conservation imperative* Plant Molecular Biology Group.

K:

- Karadeniz, T., Kurt, H., Kalkısım, O. 1996. Yomra (Trabzon) çevresinde yetisen kocayemis(*Arbutus unedo* L.) tiplerinin meyve özellikleri üzerinde çalışmalar. *YYUZF Dergisi*. 6 (4):65-70.
- Kivçak, B., Mert, T., Denizci, A.A. 2001. Antimicrobial activity of *Arbutus unedo* L. *Fabad Journal of Pharmaceutical Sciences*,26:125-128.
- KRON, K.A., Judd, W.S., Stevens, P.F. et al. *Bot. Rev* (2002) 68: 335.
[https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0335:PCOEMA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2002)068[0335:PCOEMA]2.0.CO;2)

L:

- Lahsissene, H., Kahouadji, A., Tijane, M. 2009. Catalogue des Plantes Médicinales Utilisées dans la Région De Zaër (Maroc Occidental). *Revue de Botanique*, 186:26-52.
- Lefahal, M., Djouahri, A., & Boudarene, L. (2014). Chemical composition and antioxidant activity of the essential oils from *Arbutus unedo* L. *Journal of Essential Oil Research*, 26(2), 73-78. doi:10.1080/10412905.2013.875162

- Lefèvre, F., Boivin, T., Bontemps, A., Courbet, F., Davi, H., Durand-Gillmann, M., Fady, B., Gauzere, J., Gidoïn, C., Karam, M.J., Lalagüe, H., Oddou-Muratorio S., Pichot, C. 2014. Considering evolutionary processes in adaptive forestry. *Annals of Forest Science*, 71:723-739.
- LEONTI, M., CASU, L., SANNA, F., & BONSIGNORE, L. (2009). A comparison of medicinal plant use in Sardinia and Sicily—De Materia Medica revisited?. *Journal of ethnopharmacology*, 121(2), 255-267.
- Louati, M., Khoujab, A., Ben Abdelkrima, A., Salhi Hannachia, A., Baraket, G. 2019. Adaptation of *Argania spinosa* L. in Northern Tunisia: Soil analysis and morphological traits variability. *Scientia Horticulturae*, 255:220-230.

M:

- Maire M et Bourlion N, 2016. Forêts méditerranéennes : Un pas de plus vers une meilleure reconnaissance de leur valeur économique et sociale et vers une gouvernance participative et territoriale renforcée. Plan Bleu, 22 p.
- Maleš, Ž., Plazibat, M., Vundać, V. B., & Zuntar, I. (2006). Qualitative and quantitative analysis of phenolic compounds in leaves, fruits, and roots of *Arbutus unedo* L. *Acta Pharmaceutica*, 56(3), 245-250.
- Mariotto, S., Esposito, E., Di Paola, R. 2008. Protective effect of *Arbutus unedo* aqueous extract in carrageenan-induced lung inflammation in mice. *Pharmacological Research*, 57:110-124.
- Martins-Lopes, P., Gomes, S., Santos, E., Guedes-Pinto, H. 2008. DNA markers for Portuguese olive oil fingerprinting. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 56:11786-11791.
- Martins, A.N. 2006. Produção de aguardente de medronho: resultados do trabalho realizado no Algarve. *Jornadas do Mel, Medronho e Medronheira*. C.M. da Pampilhosa da Serra, DRABL, LOUSAMEL, Pampilhosa da Serra, pp: 1-2.

- MEDDOUR-SAHAR O., 2014. « Les feux de forêt en Algérie : Analyse du risque, étude des causes, évaluation du dispositif de défense et des politiques de gestion ». Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université de Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 256 p.

- Mendes, L., De Freitas, V., Baptista, P., Carvalho, M. 2011. Comparative antihemolytic and radical scavenging activities of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) leaf and fruit. *Food and Chemical Toxicology*, 49:2285-2291. doi: 10.1016/j.fct.2011.06.028.

- Mereti, M., Grigoriadou, K., & Nianiou, I. (2002). The strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) in Greece: A promising fruit species for the Mediterranean area. *Acta Horticulturae*, 592, 117-121. doi:10.17660/ActaHortic.2002.592.14

- Miguel, M. G., Faleiro, L., Guerreiro, A. C., & Antunes, M. D. (2014). *Arbutus unedo* L.: Chemical and biological properties. *Molecules*, 19(10), 15799-15823. doi:10.3390/molecules191015799

- MIGUEL, M.G., FALEIRO, M.L., GUERREIRO, A.C., & ANTUNES, M.D. (2014). *Arbutus unedo* L.: Chemical and Biological Properties. *Molecules*, 19(12), 15799-15823.

- Molina, M ., Pardo-de-Santayana, M., Aceituno, L., Morales, R. et Tardio, J. (2011). Fruit production of strawberry tree (*Arbutus unedo* L .) in two spanish forests. *Forestry*, Vol. 84, p. 419-429.

- MOUALEK, I. (2018). Activités biologiques de l'extrait aqueux de feuilles d'*Arbutus unedo* de la région de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Option : Biochimie Appliquée et Biotechnologie. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 176 p.

- Mulas, M., Deidda, P. 1998. Domestication of woody plants from Mediterranean maquis to promote new crops for mountain lands. *Acta Horticulturae*,457:295-302.

N :

- Navarro, F. B., et al. (2006). "Seed dispersal and germination behavior of *Arbutus unedo* L. in Mediterranean forest ecosystems." *Forest Ecology and Management*, 222(1-3), 326-334.
- Nunes, R.J.D.S. 2017. *Micromedronho: Design of Microencapsulated Arbutus unedo Leaves and Fruits by Spray Drying for Supplements and Functional Foods*; Universidade do Algarve: Faro, Portugal.

O:

- Oliveira, I., Baptista, P., Malheiro, R., Casal, S., Bento, A., Pereira, J.A. 2011b. Influence of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit ripening stage on chemical composition and antioxidant activity. *Food Research International*, 44:1401-1407.
- Oliveira, I., Coelho, V., Baltasar, R., Pereira, J.A., Baptista, P. 2009. Scavenging capacity of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) leaves on free radicals. *Food and Chemical Toxicology*, 47:1507-1511.
- ÖZCAN, M. M., & HACISEFEROĞULLARI, H. (2007). The Strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits : Chemical composition, physical properties and mineral contents. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 1022- 1028.

P:

- Pabuçcuoğlu, A., Kıvçak, B., Baş, M., & Mert, T. (2003). Phenolic content and antioxidant activity of *Arbutus unedo* leaves. *Food Chemistry*, 86(3), 397-400. doi:10.1016/j.foodchem.2003.08.003
- Pabuccuoglu, A., Kivcak, B., Bas, M., Mert, T.2003. Antioxidant activity of *Arbutus unedo* leaves. *Fitoterapia*, 74 :597-599.

- PALLAUF, K., RIVAS-GONZALO, J.C., DEL CASTILLO, M.D., CANO, M.P., & DE PASCUALTERESA, S. (2008). Characterization of the antioxidant composition of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(4), 273-281.
- Pavlović, R. D., Lakušić, B., Dosković, V., & Milenković, M. (2009). Comparative study of leaf and root extracts of *Arbutus unedo* L. in different solvents. *Natural Product Research*, 23(15), 1434-1443. doi:10.1080/14786410802632895
- Pecchioni, N., Faccioli, P., Monetti, A., Stanca, A.M., Terzi, V. 1996. Molecular markers for genotype identification in small grain cereals. *Journal of Genetics and Breeding*, 50:203-219.
- Pedro, J. 1994. Carta da distribuição de figueira e medronheiro-Notícia Explicativa, Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, Direcção Geral do Ambiente, Lisboa, Portugal, p:34.
- Piotta, B., Piccini, C., Arcadu, P., 2001. La ripresa della vegetazione dopo gli incendi nella regione mediterranea. In : Piotta, B., Noi, A. (Eds.), Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. Dipart. Prev. Risanam. Ambient., Manuale ANPA (Agenz. Naz. Per la Protezione Dell' Ambiente), pp: 32-38.
- Pedro, J. 1994. Carta da distribuição de figueira e medronheiro-Notícia Explicativa, Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, Direcção Geral do Ambiente, Lisboa, Portugal, p:34.
- Piotta, B., Piccini, C., Arcadu, P., 2001. La ripresa della vegetazione dopo gli incendi nella regione mediterranea. In : Piotta, B., Noi, A. (Eds.), Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. Dipart. Prev. Risanam. Ambient., Manuale ANPA (Agenz. Naz. Per la Protezione Dell' Ambiente), pp: 32-38.
- Prévot, A.C, Geijzendorffer, I. 2016. Biodiversité, services écosystémiques et bien-être. Anncaroline Prévot, Ilse Geijzendorffer. Dans Valeurs de la biodiversité et services écosystémiques (2016). pp : 89-99.

Q:

- Qian, W., Ge, S. and Hong, D., Y. 2001. Genetic variation within and among populations of a wild rice *Oryza granulata* from China detected by RAPD and ISSR markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 102:440-449.
- Quezel P. et Santa S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I, C.N.R.S. Paris.

R:

- Reddy, M., P., Sarla, N. and Reddy, E., A. 2002. Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) polymorphism and application plant breeding. *Euphytica*, 128 : 9-17.
- REYMAND J. (2002). La flore de pharmacien. Ed : Tec & Doc, Lavoisier, Paris.260p
- Rodrigues de Sà, O, Pereira, J.A, Baptista, P. 2011. Optimization of DNA extraction for RAPD and ISSR analysis of *Arbutus unedo* L. leaves. *International Journal of Molecular Sciences*, 12: 4156-4164.
- Rodrigues de Sà, O. 2010a. Caracterização Morfológica, Molecular e Química de *Arbutus unedo* L. com vista à selecção de genótipos de superior qualidade, Instituto Politécnico, Escola Superior Agrária de Bragança, Espagne.
- Rodrigues de Sá, O., Malheiro, R., Baltasar, J.L., Pereira, J.A., Baptista, P. 2010b. Actividade antioxidante de folhas de medronheiro (*Arbutus unedo* L.) de 19 genótipos provenientes da região de Bragança. *Actas Portuguesas Horticultura*, 16 :179-183.

S:

- Salazar, J., Sánchez-Raya, A. J., & Navarro, F. B. (2013). "Germination studies of *Arbutus unedo* L. seeds: effects of light, temperature and seed pretreatment on seed germination." *Seed Science and Technology*, 41(1), 47-58.

- Salhi, S., Fadli, M., Zidane, L., Douira, A. 2010. Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa*,13:133-146.
- Santiso, X., Lopez, L., Retuerto, R. et Barreiro, R. (2016). Population structure of a Widespread Species under Balancing Selection: The Case of *Arbutus unedo* L. *Frontiers in plant Science*, vol. 6, p. 1264.
- Sagbas, H.I, Ilhan, G., Zitouni, H., Anjum, M.A., Hanine, H., Necas, T., Ondrasek, I. Ercisli, V. 2020. Morphological and Biochemical Characterization of Diverse Strawberry Tree (*Arbutus unedo* L.) Genotypes from Northern Turkey. *Agronomy*. doi:10.3390/agronomy10101581.
- Schlötterer, C. 2004. The evolution of molecular markers - just a matter of fashion? *Nature Reviews Genetics*, 5: 63-69.
- Seker, M., Yucel, Z., Nurdan, E. 2004. Canakkale yo resi dogal florasında bulunan Kocayemis, (*Arbutus unedo* L.) populusyonunun morfolojik ve pomolojik o zelliklerinin incelenmesi. *AU., Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi*,10 : 422-427
- Silva, S., Harrison, S.P. 2010. Humans, climate and land cover as controls on European fire regimes. In: S. Silva, J., Rego, F., Fernandes, P., Rigolot, E. (Eds.), *Towards integrated fire management – outcomes of the European project fire paradox*. European Forest Institute, Joensuu, pp: 49-59.
- Slimani, I., Najem, M., Belaidi, R., Bachiri, L., Bouiamrine, E., Nassiri, L. Ibijbijen, J. 2016. Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région de Zerhoun -Maroc-.*International Journal of Innovation and Applied Studies*, 15 :846-863.
- Smith, J., S., C., Smith, O.S.1992. Fingerprinting crop varieties. *Advances in Agronomy*, 47:85-140

- Smiris, P., Pipinis, E., Aslanidou, M., Mavrokordopoulou, O., Milios, E., Kouridakis, A. 2006. Germination study on *Arbutus unedo* L. (Ericaceae) and *Podocytisus caramanicus* Boiss. & Heldr. (Fabaceae). *Journal of Biological Research*, 5: 85-91.
- Songlin, M., Yuejian, Z., Senmiao, L., Huang, X.G., Wang, S.F., Miao, S.L., Zhang, Y.J., Liang, S.M. 1995. Zaose, a promising new *Arbutus* cultivar. *China Fruits*, 4:3-4.
- Sun, M., Wong, K.C., Lee, J.S.Y. 1998. Reproduction biology and population genetic structure of *Kandelia candel* (Rhizophoraceae) a viviparous mangrove species. *American Journal of Botany*, 85:1631-1637.

T :

- TARDIO, J., PASCUAL, H., & MORALES, R. (2002). *Alimentos silvestres de Madrid: Guía de plantas y setas de uso alimentario tradicional en la Comunidad de Madrid*. Ediciones La Librería. Madrid.
- TARDIO, J., PARDO-DE-SANTAYANA, M., & MORALES, R. (2006). Ethnobotanical review of wild edible plants in Spain. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152(1), 27-71.
- Takrouni, M.M, Boussaid, M. 2010. Genetic diversity and population's structure in Tunisian strawberry tree (*Arbutus unedo* L.). *Scientia Horticulturae*, 126: 330-337.
- Takrouni, M.M., Ben El Haj Ali, I., Messaoued, C., Boussaid, M. 2012. Genetic variability of Tunisian wild strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) populations interfered from isozyme markers. *Scientia Horticulturae*, 146 :92-98. doi: 10.1016/j.scienta.2012.08.005.
- Tavşanoğlu, Ç., & Gürkan, B. (2014). "Seed dormancy and germination of *Arbutus unedo*." *Journal of Arid Environments*, 102, 1-6.
- Teofrasto. 1988. *Historia de las plantas*. Spanish translation of the original Greek work written by Theophrastus in the 3rd century B.C. Madrid: Editorial Gredos.

- Torres, J. A., Valle, F., Pinto, C., Garzón, J., & Cano, E. (2002). *Arbutus unedo* L. communities in southern Iberian Peninsula mountains. *Plant Ecology*, 160(2), 207-223. doi:10.1023/A:1015556609492
- TUBEROSO, C.I.C., BOBAN, M., BIFULCO, E., BUDIMIR, D., & PIRISI, F. M. (2013). Antioxidant capacity and vasodilatory properties of Mediterranean food: The case of Cannonau wine, myrtle berries liqueur and strawberry-tree honey. *Food Chemistry*, 140(4), 686–691.

V:

- Vines, G. 2004. Herbal harvests with a future: towards sustainable sources for medicinal plants, Plantlife International; www.plantlife.org.uk.

W:

- Wang, X.R., Szmidt, A.E. 2001. Molecular markers in population genetics of forest trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16:199-220.
- White, T.L., Adams, W.T., Neale, D.B. 2007. *Forest Genetics*. CAB Internacional Oxfordshire.
- Wiart, C. (2006). *Medicinal Plants of the Asia-Pacific: Drugs for the Future?*. World Scientific. ISBN: 978-981-256-945-2

Z:

- Zietkiewicz, E., Rafalski, A., Labuda, D. 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR) anchored polymerase chain reaction amplification. *Genetics*, 20:176-183.
- Zizzo, G., Aprile, S., La Mantia, A., S., L. 2010. The biodiversity of *Arbutus unedo* L. (Ericaceae Fam.) to develop new floricultural crops for the temperate areas. 28th International Horticultural Congress, Science and Horticulture for People, ISHS, Lisboa, p. Abst 417.

Résumé :

La diversité des populations d'Arbousier (*Arbutus unedo*L.) dans l'ouest de l'Algérie est un sujet d'étude essentiel pour comprendre la variabilité génétique et écologique de cette espèce méditerranéenne emblématique. Situé dans une région caractérisée par une variété de microclimats et de types de sol, l'ouest de l'Algérie offre un habitat diversifié pour l'arbousier, favorisant ainsi une riche diversité phénotypique et génétique au sein de ses populations.

L'objectif principal de cette recherche serait d'évaluer la diversité des populations d'Arbousier dans la région de l'ouest algérien afin de mieux comprendre la variabilité génétique, les caractéristiques morphologiques et l'adaptation écologique de cette espèce dans cette région spécifique.

Pour évaluer cette diversité et ensuite utiliser plusieurs analyses statistiques à partir de leurs propres l'indice de shanonne, analyses descriptives généralisées et spécialisées, Anova, analyse de corrélation, ACP, UPGMA et Mahalanobis et prendre en compte les critères suivants : longueur des feuilles, largeur des feuilles, longueur du pétiole, poids des fruits, taille des fruits, taille du pétiole, diamètre des fruits, diamètre des pores, Les premiers résultats ont montré qu'il existe des différences morphométriques entre les populations de la survie dues à plusieurs facteurs climatiques et environnementaux.

Mots clés :

Arbousier (*Arbutus unedo* L.), Diversité génétique, Variabilité morphologique, Conservation des ressources génétique.

Abstract :

The diversity of the populations of the *Arbutus unedo* (*Arbutus unedo*L.) in western Algeria is an essential subject of study to understand the genetic and ecological variability of this emblematic Mediterranean species. Located in an area characterized by a variety of microclimates and soil types, western Algeria offers a diverse habitat for the cherry tree, thus promoting a rich phenotypic and genetic diversity within its populations.

The main objective of this research would be to assess the diversity of *Arbutus* populations in the western Algerian region to better understand the genetic variability, morphological characteristics and ecological adaptation of this species in this specific region.

To evaluate this diversity and then use several statistical analyses from their the shanonne index own generalized and specialized descriptive analyse, Anova, correlation analysis, PCA, UPGMA and Mahalanobis and take into account the following criteria Leaf length, Leaf width, petiol legth, fruits weight, fruit size, petiole siez, fruits diameter, pore diameter, The initial results showed that there are morphometric differences between the populations of the survival due to several climatic and environmental factors.

Keywords:

Cherry tree (*Arbutus unedo* L.), Genetic diversity, Morphological variability, Conservation of genetic resources

ملخص

تنوع سكان اللنج في غرب الجزائر هو موضوع أساسي للدراسة لفهم التباين الجيني والإيكولوجي لهذا النوع الرمزي من البحر الأبيض المتوسط. يقع غرب الجزائر في منطقة تتميز بمجموعة متنوعة من المناخ المحلي وأنواع التربة، ويوفر موطنًا متنوعًا لشجرة الفراولة، مما يعزز تنوعًا ظاهريًا وجينيًا غنيًا بين سكانها.

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو تقييم تنوع مجموعات اللنج في منطقة غرب الجزائر لفهم أفضل للتباين الجيني والخصائص المورفولوجية والتكيف البيئي لهذا النوع في هذه المنطقة المحددة.

و UPGMA، PCA تحليل الارتباط، Anova لتقييم هذا التنوع ومن ثم استخدام العديد من التحليلات الإحصائية من التحليل الوصفي المعمم والمتخصص الخاص بهم، Mahalanobis

ومراعاة المعايير التالية عرض الأوراق، ساق البيتيول، وزن الفاكهة، حجم الفاكهة، بيتول سيز، أظهرت النتائج الأولية أن هناك اختلافات مورفومترية بين مجموعات البقاء على قيد الحياة بسبب عدة عوامل مناخية وبيئية.

الكلمات المفتاحية

. اللنج، التنوع الجيني، التباين المورفولوجي، حفظ الموارد الجينية

