

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

ACHOURI Souhaila

Thème

**Etude comparative entre quelques
populations d'Argania Spinosa**

Soutenu publiquement le

Jury:

Président: Mlle NEHILA Afaf

Encadrant: Mme BOUZID Assia

Co-encadrant: Mme MOKHFI Fatima Zohra

Examineur 1: Mlle SOUALMI Nadia

Grade

MCB

MCB

MCB

MAA

Année universitaire 2023-2024

Dédicace

*Je dédie ce travail à :
À la mémoire de mon père*

À ma chère mère.

À mes sœurs KHADIDJA, MBARKA, ET NADJAT.

À mes enseignants.

À toute mes amies de la promotion.

à toutes les personnes que j'aime

SOUHAILA

Remerciements

Je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.

*Je souhaiterais tout d'abord remercier et exprimer toute ma gratitude à ma promotrice **Mme BOUZID ASSIA** et je remercie MON CO-ENCADRANTE Madame MOKHFI FATIMA ZOËRA de m'avoir aidé et de me donner des conseils pour finaliser ce travail de mémoire.*

*Je tiens à exprimer mon profond respect à Monsieur Mlle **NEHILA Afaf** d'avoir accepté de présider mon jury de soutenance, et Mlle **SOUALMI Nadia** d'avoir accepté d'Examiner mon travail de thèse.*

Enfin, nombreuses sont les personnes que je voudrais remercier pour leur aide scientifique, moral et leur amitié, que celles que je n'ai pas pu citer me pardonnent.

A tous un grand merci.

ملخص

الأرغانيا الإسبينوزا هي نبتة سبينوزا نباتية متوطنة في شمال أفريقيا، وتتميز بخصائص بيئية واقتصادية. يُظهر هذا النوع تبايناً وراثياً ومورفولوجياً كبيراً حسب المناطق المختلفة التي ينمو فيها. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تأثير النمط البيئي للأركان على إنبات وجودة شتلات الأرغان المنتجة في البيوت البلاستيكية. أظهرت دراسة البارامترات المورفولوجية لشتلات الأركان (ارتفاع النبات، القطر عند الياقة، عدد الفروع، كثافة الأوراق، طول وعرض الأوراق) تبايناً كبيراً لجميع المتغيرات المدروسة، ولم يظهر القطر عند الياقة أي تباين كبير. بالنسبة للمعاملات المورفولوجية للبذور (الطول والعرض)، كان هناك تباين كبير.

الكلمات المفتاحية: الأرغانيا الإسبينوزا، النمط البيئي، المورفولوجيا، الأوراق، البذور

Résumé

Argania spinosa. est une angiosperme sapotacée endémique d'Afrique du Nord, présentant des caractéristiques écologiques, et aussi économique. Cette espèce présente une grande variabilité génétique et morphologique en fonction des différentes régions où il pousse. Cette étude vise à connaître l'effet de l'écotype d'arganier sur la germination et la qualité de plant d'arganier produit en serre. L'étude des paramètres morphologiques des plants d'arganier (hauteur de la plante, diamètre au collet , nombre des branches, densité des feuilles, longueur et largeur des feuilles) a démontré une variabilité significative pour l'ensemble des paramètres étudiés , le diamètre au collet ne démontre aucune variabilité significative. les paramètres morphologiques des graines (longueur et largeur) démontrent une variabilité remarquable selon l'écotype.

Mots clés : *Argania spinosa, écotype, morphologie, feuille, graine*

Abstract

Argania spinosa. is a sapotaceous angiosperm endemic to North Africa, with ecological and economic characteristics. This species shows great genetic and morphological variability depending on the different regions where it grows. The aim of this study is to determine the effect of the argan ecotype on the germination and quality of argan seedlings produced in greenhouses. The study of the morphological parameters of the argan seedlings (height of the plant, diameter at the collar, number of branches, density of the leaves, length and width of the leaves) showed a significant variability for all the parameters studied, the diameter at the collar did not show any significant variability. The morphological parameters of the seeds (length and width) show remarkable variability depending on the ecotype.

Key words: *Argania spinosa*, ecotype, morphology, leaf, seed

Liste des figures

Figure 1. Aspect d'un arbre et du tronc d'Argania spinosa L. (Lieu la maison forestière de Taouref Bouaam – Tindouf).	6
Figure 2. Feuilles d'Argania spinosa L.	6
Figure 3. Composition florale et boutons floraux avec styles apparents (Ould Safi, 2013)	7
Figure 4. Fruits d'Argania spinosa L	7
Figure 5. Aire de répartition de l'arganier en Algérie (D'après Kchairi, 2009).	8
Figure 6. Les différents fruits de l'arganier (photo originale)	13
Figure 07: Mesure de la longueur et largeur des feuilles a l'aide d'un pied à coulisse	14
Figure 08 : Mesure de la longueur et largeur des fruits a l'aide d'un pied à coulisse	14
Figure 09 : résultats moyens de la hauteur de la plante	17
Figure 10 : résultats moyens de diamètre au collet	18
Figure 11 : résultats moyens de nombre de branches	19
Figure 12 : résultats moyens de la densité de feuilles	20
Figure 13 : résultats moyens de la longueur de feuilles	21
Figure 14 : résultats moyens de la largeur des feuilles	22
Figure 15 : résultats moyens de la longueur des graines	23
Figure 16 : résultats moyens de la largeur des graines	24

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification botanique de l'arganier	5
Tableau 02 : analyse de la variance de la hauteur de la plante	17
Tableau 03 : analyse de la variance de diamètre de collet	18
Tableau 04 : analyse de la variance de nombre de branches	19
Tableau 05 : analyse de la variance de la densité de feuilles	20
Tableau 06 : analyse de la variance de la longueur de feuilles	21
Tableau 07 : analyse de la variance de la largeur des feuilles	21
Tableau 08 : analyse de la variance de la longueur des graines	22
Tableau 09 : analyse de la variance de la largeur des graines	23

Table des matières

Dédicace	I
Remerciements	II
ملخص	III
Résumé	IV
Abstract	V
Liste des figures	VI
Liste des tableaux	VII
Table des matières	VIII
Introduction générale.....	1
Chapitre I: Synthèse bibliographique	4
I. Généralité sur l'arganier	5
1. Description Botanique de l'Argania spinosa	5
1.1 Morphologie.....	6
a) Feuille :	6
b) Fleurs :	7
c) Fruits :	7
2. Écologie et Répartition Géographique.....	8
2.1 Adaptations Écologiques	8
a) Racines profondes :	8
b) Épines :	9
c) Feuilles coriaces :	9
2.2 Répartition Géographique.....	9
3. Importance Économique et Sociale	9

3.1 Huile d'Argan	9
a) Huile alimentaire	9
b) Huile cosmétique	9
3.2 Autres Utilisations	10
a) Bois	10
b) Fourrage	10
c) Médecine traditionnelle.....	10
4. Utilisation de l'Argania spinosa	10
4.1. Usage cosmétique	10
4.2. Usage alimentaire	10
4.3. Usage médicinal.....	10
5. Conservation et Développement Durable	11
6. Traditions et Usages.....	11
7. Développement de l'Industrie de l'Huile d'Argan	11
2. Matériel et méthodes	12
II. Objectif du travail de recherche	13
1. Matériel végétale.....	13
2. Conditions de réalisation de l'essai	13
2.1. Localisation de l'essai.....	13
2.2. Caractérisation morphologique des graines et des jeunes plantules	13
1. La hauteur des plantes	13
2. Diamètre au collet	14
3. Nombre de branche	14
4. Densité des feuilles	14
5. Longueur et largeur des feuilles.....	14
6. Longueur et largeur des fruits	14

3. L'étude statistique.....	15
3. Résultats	16
1. La hauteur de la plante.....	17
2. diamètre au collet.....	18
3. Nombre des branches.....	19
4. La densité des feuilles.....	19
5. Longueur des feuilles.....	20
6. Largeur des feuilles.....	21
7. Longueur de la graine	22
8. Largeur de la graine	23
4. Discussion	25
Conclusion générale	28
Références bibliographiques	29

Introduction générale

Introduction générale

L'arganier, ou *Argania spinosa*, est un arbre endémique du sud-ouest du Maroc. Il joue un rôle essentiel dans l'écosystème local et possède une importance économique et culturelle considérable. Célèbre pour son huile précieuse, utilisée dans les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques, l'arganier est un sujet d'étude fascinant (Charrouf et Guillaume, 2008 ; Harhar et al., 2011).

Argania spinosa (L.) Skeels, une angiosperme sapotacée endémique d'Afrique du Nord, se trouve principalement dans la région d'Agadir, au sud-ouest du Maroc, couvrant environ 800 000 hectares. Des colonies isolées existent également dans le nord-est du Maroc, près d'Oujda, et dans le sud-ouest algérien, dans la région de Tindouf (Nouaim et Chaussod, 1993). Cet arbre thermophile et xérophile nécessite cependant une humidité atmosphérique élevée, expliquant sa présence dans des zones sous influence océanique.

L'arganier est non seulement intéressant pour ses caractéristiques écologiques, capable de pousser sur des sols salés, mais aussi pour son potentiel économique et la valeur de ses produits. L'huile d'argan est très prisée dans les industries pharmaceutique et alimentaire, tandis que son feuillage sert de fourrage (Nouaim et Chaussod, 1993). Ces qualités en font un arbre précieux pour les projets de reboisement à vocation agro-industrielle dans les zones arides et semi-arides. Ainsi, l'arganier a été introduit en Tunisie, en Afrique du Sud, en Australie, en Floride et dans d'autres régions du monde (Nouaim et Chaussod, 1993).

En Algérie, l'arganier est méconnu, et il reste beaucoup à faire pour le promouvoir auprès des forestiers et des professionnels du secteur. Pour son utilisation éventuelle comme essence de reboisement, il est crucial de disposer de données sur les graines de cette espèce et les traitements susceptibles d'améliorer leur capacité de germination. En effet, les graines d'arganier, dotées de téguments très durs, présentent des problèmes d'inhibition, rendant la germination en pépinière et les semis directs aléatoires. Des traitements spécifiques peuvent surmonter cet obstacle (Zahidi, 2014).

L'arganier, *Argania spinosa*, présente une grande variabilité génétique et morphologique en fonction des différentes régions où il pousse. Cette variabilité peut être observée dans la taille et la forme des arbres, la productivité des fruits, ainsi que la qualité et la composition de l'huile extraite des amandes. Comparer ces populations permet de mieux comprendre l'adaptation de l'arganier à divers environnements et d'identifier les meilleures pratiques de conservation et de gestion.

Pour cela, ce mémoire est organisé comme suit :

- Le premier chapitre est consacré à rappeler quelque généralité sur l'arganier.

Dans un second chapitre, les stratégies et les méthodes utilisées. Dans un troisième chapitre, on présente les résultats obtenus ainsi que leurs discussions.

Chapitre I: Synthèse bibliographique

I. Généralité sur l'arganier

Argania spinosa L., communément appelée l'arganier, est un arbre endémique du sud-ouest du Maroc. Cet arbre remarquable joue un rôle crucial dans l'écosystème local et possède une importance économique et culturelle considérable. L'arganier est surtout célèbre pour son huile précieuse, utilisée dans les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques. Cette étude détaillera la biologie de l'arganier, son écologie, ses diverses utilisations et les efforts de conservation mis en place pour protéger cet arbre unique (Charrouf et al., 2008 ; Harhar et al., 2011 ; Nouaim et al., 1993 ; Zahidi, 2014).

Sa classification botanique se présente comme suit (Tab. I).

Tableau 1. Classification botanique de l'arganier

Règne	Végétale
Embranchement	Phanérogames
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Gamopétales
Ordre	Ebénales
Famille	Sapotacées
Genre	<i>Argania</i>
Espèce	<i>Argania spinosa</i> L. Skeels.

1. Description Botanique de l'*Argania spinosa*

Argania spinosa appartient à la famille des Sapotacées. C'est un arbre épineux pouvant atteindre 8 à 10 mètres de hauteur et vivre jusqu'à 200 ans. Ses feuilles sont petites, vert foncé, et persistantes. Les fleurs, généralement blanches ou jaunâtres, apparaissent au printemps. Le fruit de l'arganier est une drupe ovale contenant une noix dure, laquelle renferme une à trois amandes (Charrouf & Guillaume, 2009 ; Benítez et al. 2008).



Figure 1. Aspect d'un arbre et du tronc d'*Argania spinosa* L. (Lieu la maison forestière de Taouref Bouaam – Tindouf).

1.1 Morphologie

L'arganier présente plusieurs caractéristiques distinctives :

a) Feuille :

Les feuilles de l'arganier sont simples, alternes, petites, elliptiques et coriaces. Elles sont adaptées pour réduire la perte d'eau dans les conditions arides (**Charrouf & Guillaume, 2009 ; Benítez et al. 2008 ; Bouzoubaâ et al. (2007).**

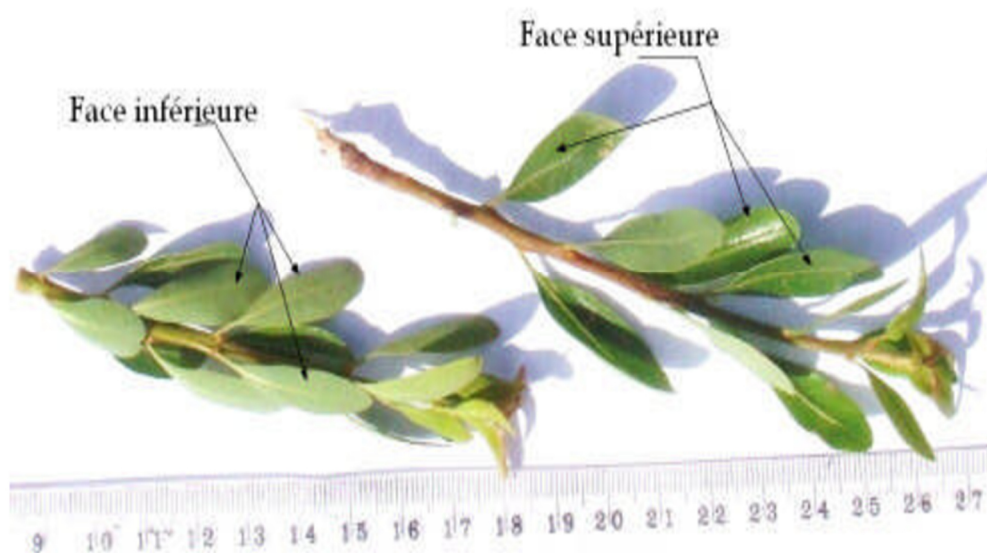


Figure 2. Feuilles d'*Argania spinosa* L.

b) Fleurs :

Les fleurs de l'arganier sont bisexuées et actinomorphes, avec une corolle à cinq pétales. Elles apparaissent généralement entre avril et juin, attirant divers pollinisateurs (**Charrouf & Guillaume, 2009 ; Benítez et al. 2008; Bouzoubaâ et al. (2007).**



**Figure 3. Composition florale et boutons floraux avec styles apparents
(Ould Safi, 2013)**

c) Fruits :

Les fruits sont des drupes ovales, vertes lorsqu'elles sont jeunes et devenant jaunes à maturité. Chaque fruit contient une noix très dure, protégée par une pulpe charnue, et renfermant une à trois amandes riches en huile (**Charrouf & Guillaume, 2009 ; Benítez et al. 2008).**



Figure 4. Fruits d'Argania spinosa L

2. Écologie et Répartition Géographique

L'arganier est principalement trouvé dans la région de l'Anti-Atlas, de l'Atlas et de la plaine du Souss au Maroc. Il pousse sur des sols pauvres et arides, résistant bien à la sécheresse et à la chaleur extrême, jouant ainsi un rôle important dans la lutte contre la désertification (Msanda & Ouhammou 2003 ; Khattabi et al. 2004).

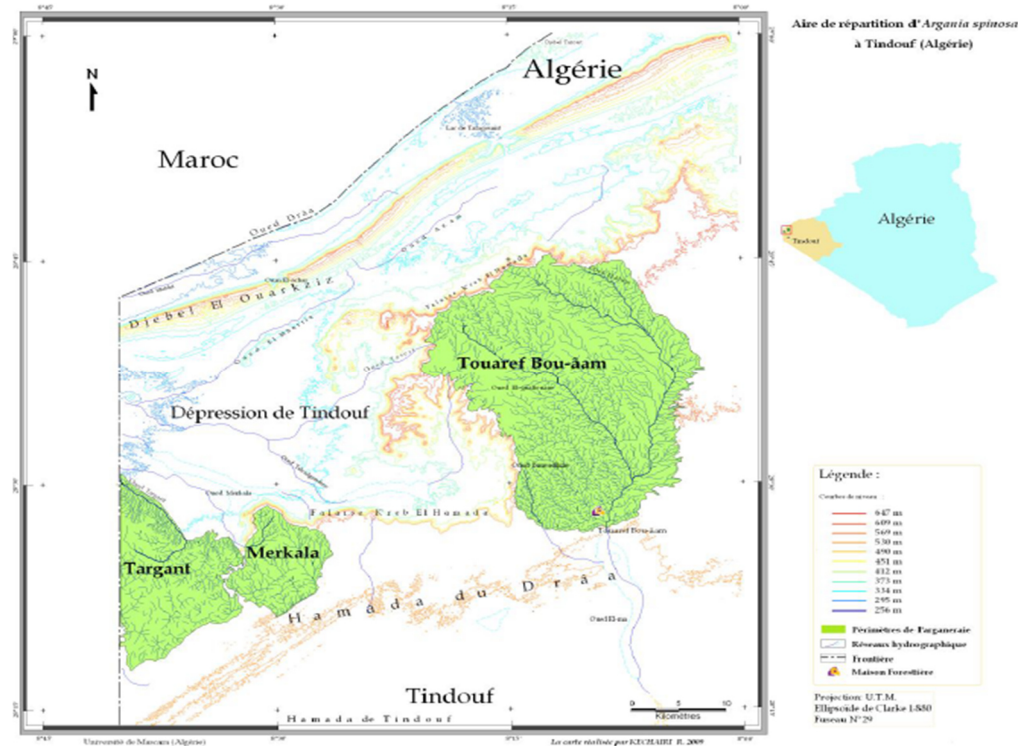


Figure 5. Aire de répartition de l'arganier en Algérie (D'après Kchairi, 2009).

2.1 Adaptations Écologiques

L'arganier a développé plusieurs adaptations pour survivre dans des environnements arides :

a) Racines profondes :

Les racines de l'arganier peuvent s'étendre jusqu'à 30 mètres de profondeur, permettant à l'arbre d'accéder à des nappes phréatiques profondes et de survivre dans des conditions de sécheresse prolongée (Msanda, et al., 2005; Khattabi, A., & Fadl, A. 2001 ; Benabid, A. 1984).

b) Épines :

Les branches de l'arganier sont couvertes d'épines, ce qui décourage les herbivores de brouter ses feuilles et ses fruits (Msanda, et al., 2005; Khattabi, A., & Fadl, A. 2001 ; Benabid, A. 1984).

c) Feuilles coriaces :

Les feuilles réduisent la perte d'eau par transpiration grâce à leur texture épaisse et coriace (Msanda, et al., 2005; Khattabi, A., & Fadl, A. 2001 ; Benabid, A. 1984).

2.2 Répartition Géographique

L'arganier est endémique au sud-ouest du Maroc, couvrant une superficie d'environ 800 000 hectares. Cette région est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride à aride, avec des températures élevées en été et des précipitations faibles et irrégulières. L'arganier forme des forêts denses appelées "arganeraies", qui jouent un rôle crucial dans la stabilisation des sols et la prévention de l'érosion (Msanda, et al., 2005; Khattabi, A., & Fadl, A. 2001 ; Benabid, A. 1984).

3. Importance Économique et Sociale

L'arganier est vital pour les communautés locales, non seulement en tant que source de bois et de fourrage, mais surtout pour la production de l'huile d'argan, surnommée "or liquide" (Ennabili, A., et al. 2001 ; Lybbert, T. J., et al. 2002).

3.1 Huile d'Argan

L'huile d'argan est extraite des amandes de l'arganier. Elle est riche en acides gras essentiels, en vitamine E et possède des propriétés antioxydantes, hydratantes et régénératrices (Charrouf, Z., & Guillaume, D. 2008). Il existe deux types d'huile d'argan :

a) Huile alimentaire

Utilisée pour la cuisson et comme condiment, elle possède une saveur de noisette distincte. Elle est couramment utilisée dans la cuisine marocaine, notamment pour assaisonner les salades, les couscous et les tajines (Gharby, S., et al. 2011; Harhar, H., et al. 2010 ; Hilali, M., et al. 2005).

b) Huile cosmétique

Utilisée pour les soins de la peau et des cheveux, elle est appréciée pour ses propriétés hydratantes, anti-âges et réparatrices. L'huile d'argan est un ingrédient clé dans de nombreux

produits de beauté tels que les crèmes, les lotions et les shampooings (**Gharby, S., et al. 2011; Harhar, H., et al. 2010 ; Hilali, M., et al. 2005**).

3.2 Autres Utilisations

a) Bois

Le bois de l'arganier est utilisé comme combustible et matériau de construction. Il est apprécié pour sa dureté et sa résistance, bien qu'il soit souvent de taille réduite en raison des conditions de croissance difficiles.

b) Fourrage

Les feuilles et les fruits servent de nourriture pour le bétail, en particulier pendant les périodes de sécheresse lorsque les autres sources de nourriture sont rares.

c) Médecine traditionnelle

Dans la médecine traditionnelle marocaine, l'huile d'argan est utilisée pour traiter diverses affections telles que les rhumatismes, les problèmes de peau, les brûlures et les infections (**Khallouki, F., et al. 2003**).

4. Utilisation de l'Argania spinosa

4.1. Usage cosmétique

- L'huile d'argan est largement utilisée dans les produits de soin de la peau et des cheveux en raison de ses propriétés hydratantes et nourrissantes. Des études ont montré son efficacité pour traiter des affections cutanées comme l'acné et les cicatrices (**Bellakhdar, J. 1997; Ait Ourhroum, A., & Hassikou, R. 2002**).

4.2. Usage alimentaire

- L'huile d'argan est également utilisée comme huile alimentaire, souvent consommée avec du pain ou ajoutée aux salades et autres plats. Elle est riche en acides gras insaturés et en antioxydants, ce qui en fait un choix sain pour la cuisine (**Bellakhdar, J. 1997; Ait Ourhroum, A., & Hassikou, R. 2002**).

4.3. Usage médicinal

- Dans la médecine traditionnelle, l'huile d'argan est utilisée pour traiter diverses affections, notamment les rhumatismes et les douleurs articulaires. Des études scientifiques ont commencé à explorer ces propriétés médicinales (**Bellakhdar, J. 1997; Ait Ourhroum, A., & Hassikou, R. 2002**).

5. Conservation et Développement Durable

La surexploitation et le changement climatique menacent les populations d'arganiers. Des initiatives de conservation et des programmes de développement durable ont été mis en place pour protéger cet arbre unique. En 1998, l'UNESCO a désigné la zone de l'arganeraie comme réserve de biosphère pour encourager la conservation et le développement durable. Cette initiative vise à protéger l'arganier et à promouvoir des pratiques agricoles durables qui soutiennent la biodiversité locale (Elhoumaizi, M. A., et al. 2002). Barbero, M., & Bonin, G. 1994).

6. Traditions et Usages

L'huile d'argan est traditionnellement produite par les femmes berbères selon des méthodes ancestrales. La production d'huile d'argan est un processus long et laborieux qui implique de récolter les fruits, d'en extraire les amandes, de les griller légèrement (pour l'huile alimentaire), et de les presser pour obtenir l'huile. Ce savoir-faire est transmis de génération en génération, et la production d'huile d'argan est souvent une activité communautaire qui renforce les liens sociaux (Charrouf, Z., & Guillaume, D. 2002; De Albuquerque, U. P., et al. 2007).

7. Développement de l'Industrie de l'Huile d'Argan

L'industrie de l'huile d'argan a connu une croissance rapide au cours des dernières décennies, en grande partie grâce à l'augmentation de la demande internationale pour des produits naturels et biologiques. Cette croissance a créé des opportunités économiques importantes pour les communautés locales, mais elle a également soulevé des préoccupations concernant la durabilité de la production. L'huile d'argan est exportée vers de nombreux pays à travers le monde, où elle est utilisée dans une variété de produits alimentaires et cosmétiques. Les principales destinations d'exportation incluent l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Asie. La certification biologique et les pratiques de commerce équitable sont devenues des critères importants pour les consommateurs, ce qui a poussé de nombreux producteurs à adopter des méthodes de production durables (Al Juhaimi, F., & Ghafoor, K. 2013; Khallouki, F., et al. 2003).

2. Matériel et méthodes

II. Objectif du travail de recherche

L'objectif principal de ce travail est de connaître l'effet de l'écotype d'arganier sur la germination et la qualité de plant d'arganier produit en serre. Pour ce faire, deux écotypes ont été choisis, dont les graines sont récoltées en 2022.

1. Matériel végétale

Les écotypes concernés sont en nombre de deux et codés comme suit: A3 et A4.

Des plantules issues de deux écotypes âgés de 2 ans ont été utilisées pour identifier quelque paramètre morphologique et biométrique.

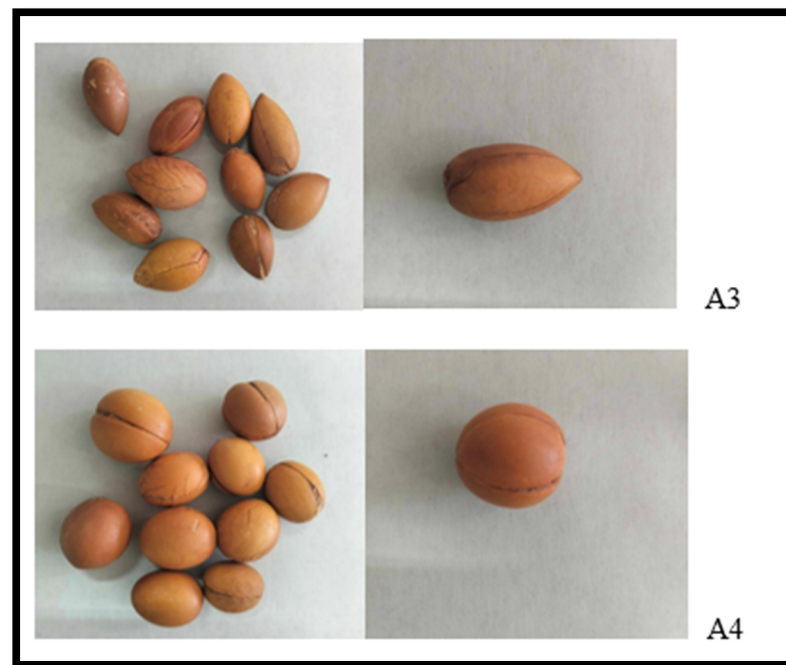


Figure 6. Les différents fruits de l'arganier (photo originale)

2. Conditions de réalisation de l'essai

2.1. Localisation de l'essai

Notre travail expérimental a été mené dans les laboratoires de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université IBN KHALDOUN de Tiaret.

2.2. Caractérisation morphologique des graines et des jeunes plantules

1. La hauteur des plantes

Est mesurée avec un mètre ruban de l'extrémité de la tige vers le haut.

2. Diamètre au collet

La mesure du diamètre au collet a été faite par un pied à coulisse, c'est un appareil de mesure utilisé pour mesurer l'épaisseur (dimension) indique en millimètres.

3. Nombre de branche

Le nombre de branche total est calculé.

4. Densité des feuilles

La densité des feuilles a été mesurée par le dénombrement de feuilles par 10 cm de rameaux.

5. Longueur et largeur des feuilles

Un pied à coulisse a été utilisé pour mesurer la largeur et la longueur des feuilles.



Figure 07: Mesure de la longueur et largeur des feuilles à l'aide d'un pied à coulisse

6. Longueur et largeur des fruits

Un pied à coulisse a été utilisé pour mesurer la largeur et la longueur des fruits.

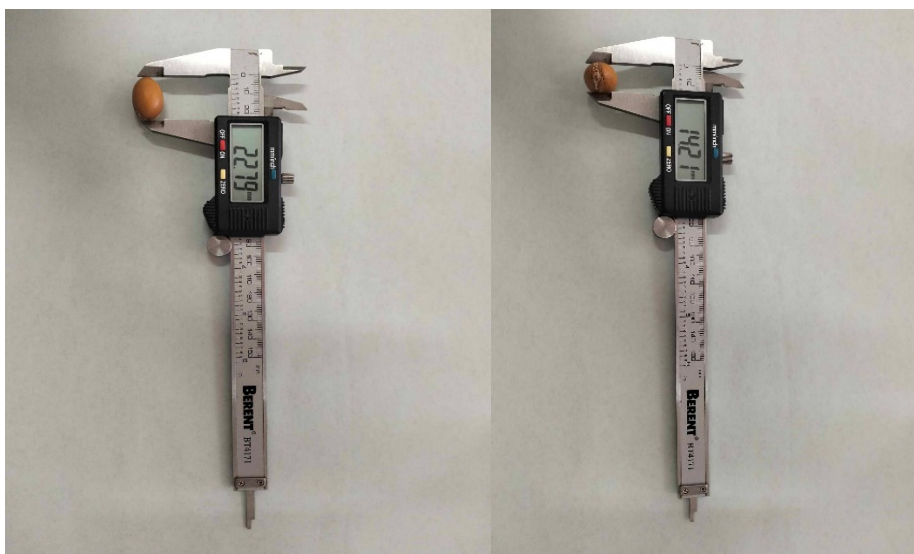


Figure 08 : Mesure de la longueur et largeur des fruits à l'aide d'un pied à coulisse

3. L'étude statistique

Les données des différents essais que comporte cette étude ont fait l'objet d'une analyse statistique (ANOVA et résultats moyens) par STATISTICA Version 8.0.

3. Résultats

1. La hauteur de la plante

La valeur F élevée indique une variation significative entre les hauteurs des plantes des différents écotypes. La valeur p extrêmement faible confirme que cette différence est statistiquement significative. Cela signifie que les écotypes ont des hauteurs de plantes significativement différentes, suggérant des différences génétiques ou des adaptations environnementales marquées entre les deux groupes étudiés.

Les résultats moyens montrent que l'écotype 1 (A3) de l'arganier (*Argania spinosa*) a une hauteur moyenne de 42,25 unités, tandis que l'écotype 2 (A4) a une hauteur moyenne de 40,50 unités. Cette différence de 1,75 unité indique que l'écotype 1 tend à être légèrement plus grand que l'écotype 2 dans les conditions données.

Tableau 02 : analyse de la variance de la hauteur de la plante

Hauteur de la plante		
	F	p
Ecotype	664,0061***	0,0000

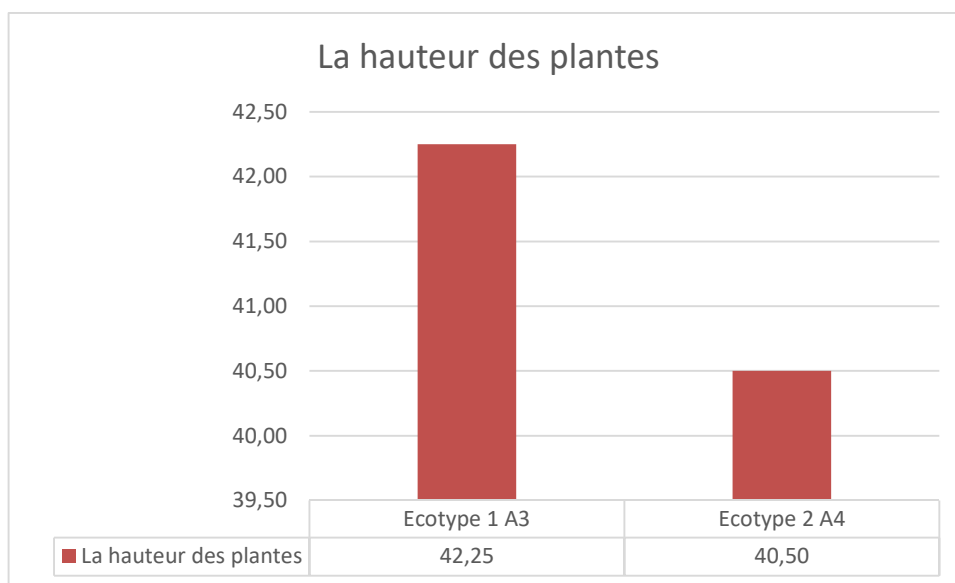


Figure 09 : résultats moyens de la hauteur de la plante

2. diamètre au collet

Les résultats du tableau montrent une analyse de la variance (ANOVA) pour le diamètre de collet des plantes de deux écotypes d'arganier.

La faible valeur F indique qu'il n'y a pas de variation significative entre les diamètres de collet des différents écotypes. La valeur p, qui est bien supérieure à 0,05, confirme que cette différence n'est pas statistiquement significative. Cela signifie que les écotypes ne montrent pas de différences significatives en termes de diamètre de collet, suggérant qu'il n'y a pas de différences génétiques ou d'adaptations environnementales marquées pour ce trait spécifique entre les deux groupes étudiés.

Bien que l'écotype 2 (A4) ait un diamètre de collet légèrement supérieur, cette différence n'est pas significative statistiquement. Cela signifie que pour le critère de diamètre de collet, les écotypes ne montrent pas de variation significative.

Tableau 03 : analyse de la variance de diamètre de collet

DIAMETRE AU COLLET		
	F	p
Ecotype	0,4100ns	0,5456

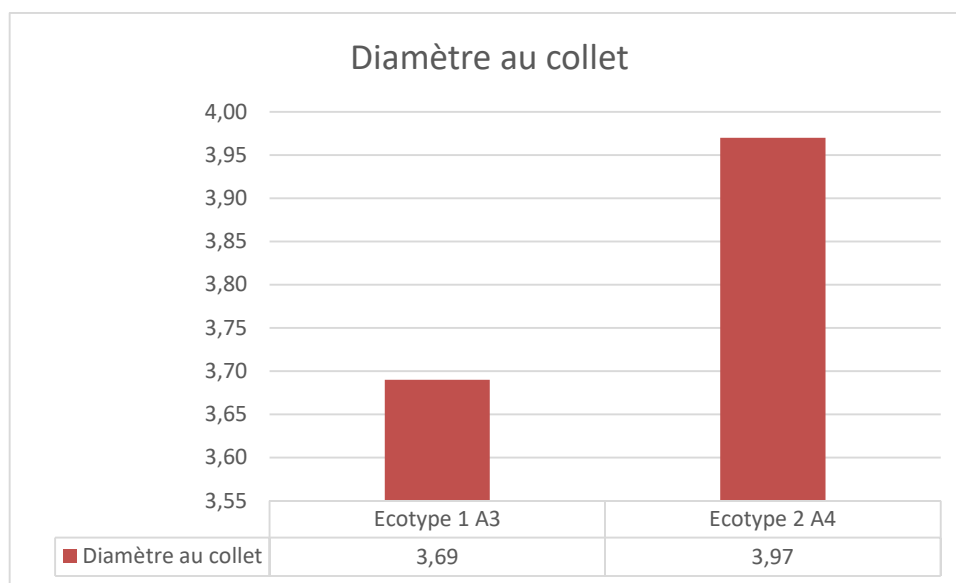


Figure 10 : résultats moyens de diamètre au collet

3. Nombre des branches

Les résultats du tableau montrent une analyse de la variance (ANOVA) pour le nombre de branches des plantes de deux écotypes d'arganier.

La valeur F indique une variation significative entre le nombre de branches des différents écotypes. La valeur p qui est bien inférieure à 0,05, confirme que cette différence est statistiquement significative. Il existe une différence statistiquement significative entre le nombre de branches des deux écotypes. Cela suggère des différences génétiques ou des adaptations environnementales marquées entre les deux groupes étudiés concernant ce trait.

L'écotype 2 (A4) a un nombre de branches nettement supérieur à celui de l'écotype 1 (A3), avec une moyenne de 5,00 branches contre 1,25 branche respectivement.

Tableau 04 : analyse de la variance de nombre de branches

NOMBRE DES BRANCHES		
	F	p
Ecotype	19,28571***	0,0046

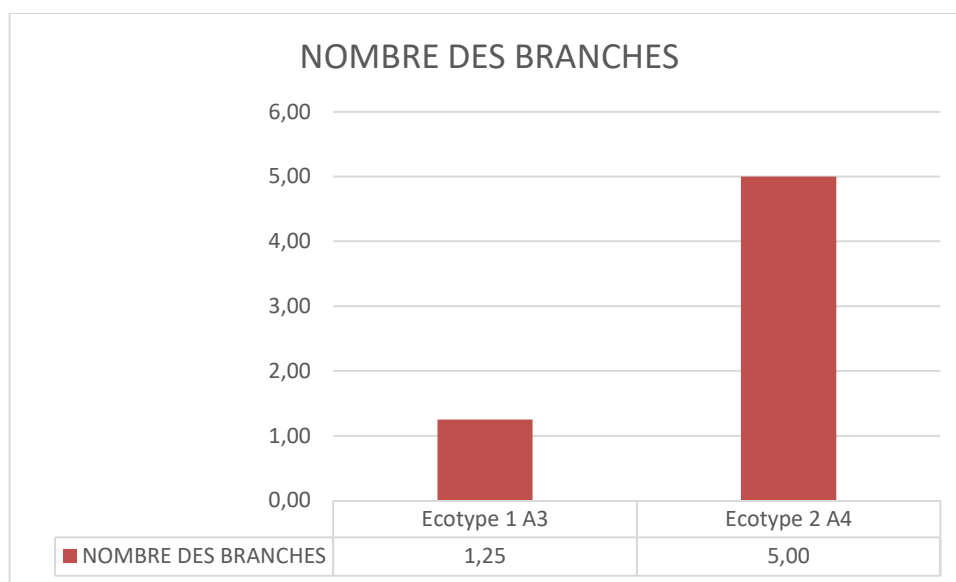


Figure 11 : résultats moyens de nombre de branches

4. La densité des feuilles

Les résultats de l'analyse ANOVA pour la densité des feuilles de l'arganier montrent une différence significative entre les groupes étudiés ($F = 6,8549$, $p = 0,039682$). Cette découverte

suggère que les différentes conditions ou écotypes testés influencent de manière notable la densité des feuilles de l'arganier. Un p-value inférieur à 0,05 renforçant ainsi la validité de ces résultats.

Les résultats moyens montrent que l'écotype 1 (A3) présente une densité de feuilles moyenne de 66,50, tandis que l'écotype 2 (A4) présente une densité moyenne de 56,00. Cette différence de 10,50 unités entre les deux écotypes suggère une variation significative dans la densité des feuilles de l'arganier entre ces groupes spécifiques. Cette observation est cohérente avec les résultats de l'analyse ANOVA précédente, indiquant que les écotypes peuvent influencer de manière substantielle les caractéristiques foliaires de l'arganier.

Tableau 05 : analyse de la variance de la densité de feuilles

Densité des feuilles		
	F	p
Ecotype	6,8549**	0,0396

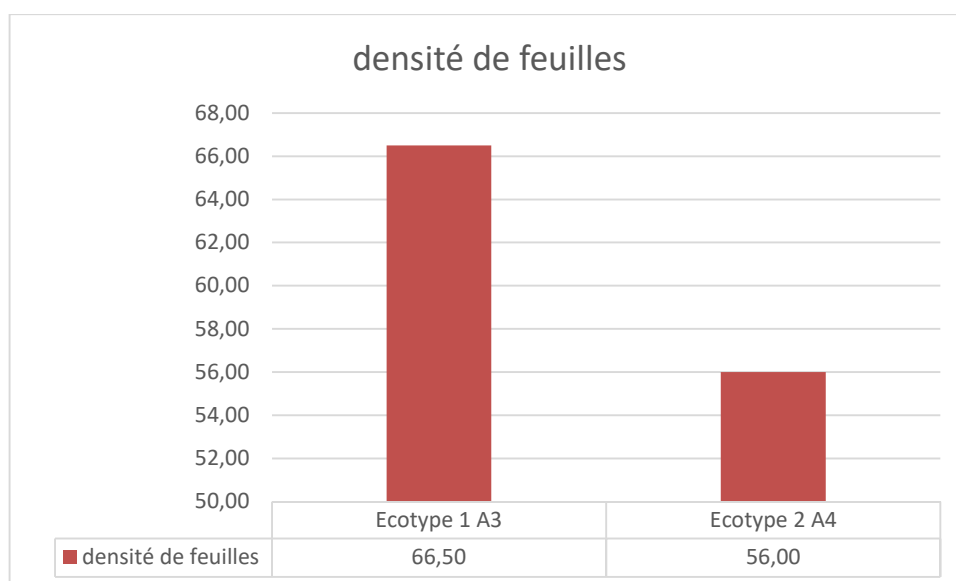


Figure 12 : résultats moyens de la densité de feuilles

5. Longueur des feuilles

Les résultats de test ANOVA suggèrent qu'il existe une différence significative dans la longueur des feuilles entre les écotypes étudiés.

Un F-value élevé associé à un faible p-value indique une forte probabilité que les différences observées ne soient pas dues au hasard, renforçant ainsi la validité des résultats.

Une différence notable de 6,29 mm de longueur de feuilles entre les deux écotypes. Cette variation est significative car elle correspond à la différence observée dans l'analyse ANOVA précédente, où l'écotype a montré une influence significative sur la longueur des feuilles.

Tableau 06 : analyse de la variance de la longueur de feuilles

Longueur des feuilles		
	F	p
Ecotype	21,828**	0,0034

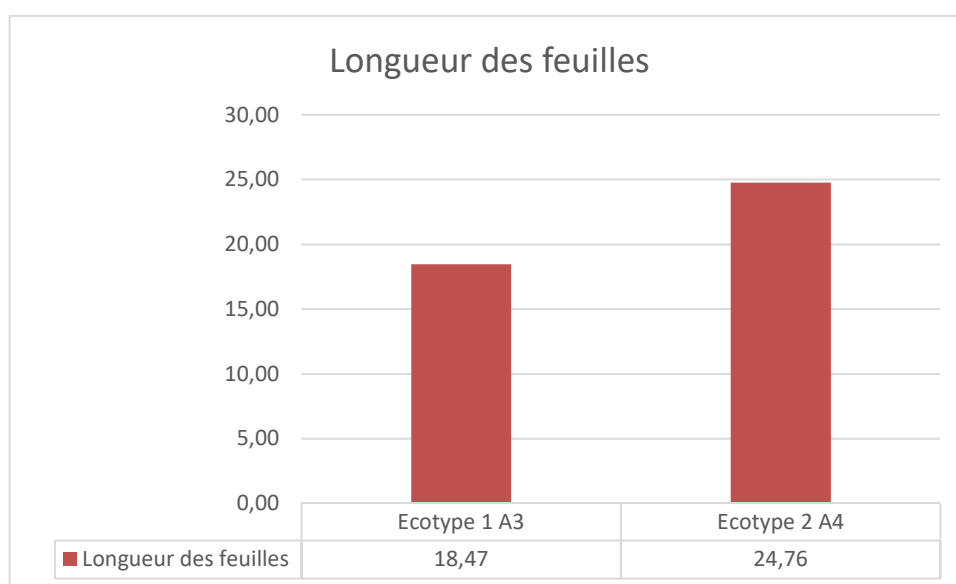


Figure 13 : résultats moyens de la longueur de feuilles

6. Largeur des feuilles

Ces valeurs montrent une différence de 2,34 mm de largeur de feuilles entre les deux écotypes. Cette variation est significative car elle correspond à l'analyse ANOVA, où l'écotype a montré une influence significative sur la largeur des feuilles ($F = 8,568$, $p = 0,0263$).

Tableau 07 : analyse de la variance de la largeur des feuilles

largeur des feuilles		
	F	p
Ecotype	8,568**	0,0263

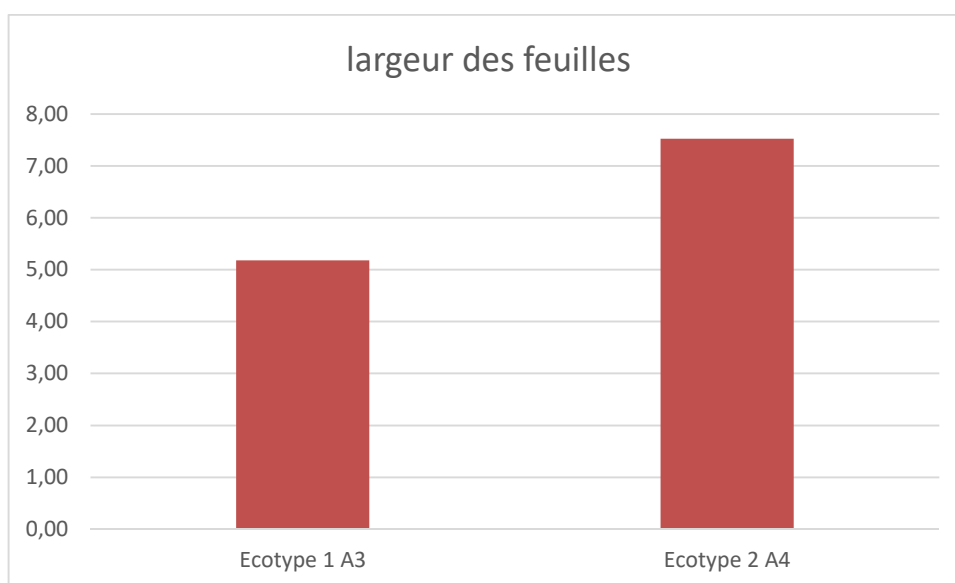


Figure 14 : résultats moyens de la largeur des feuilles

7. Longueur de la graine

Les résultats montrent une analyse ANOVA pour la longueur des graines de différents écotypes d'arganier. Un F-value élevé associé à un p-value extrêmement bas indique une différence statistiquement significative dans la longueur des graines entre les écotypes étudiés. Cela suggère fortement que les différents écotypes d'arganiers présentent des variations significatives dans la longueur de leurs graines.

Les données spécifiques révèlent que l'écotype 1 (A3) présente une longueur moyenne de graine de 23,23mm, tandis que l'écotype 2 (A4) a une longueur moyenne de 18,71mm. Cette différence de 4,52mm entre les deux écotypes souligne une variation consistante dans les caractéristiques des graines de l'arganier selon les populations étudiées.

Tableau 08 : analyse de la variance de la longueur des graines

longueur de la graine		
	F	P
Ecotype	47,856***	0,0000

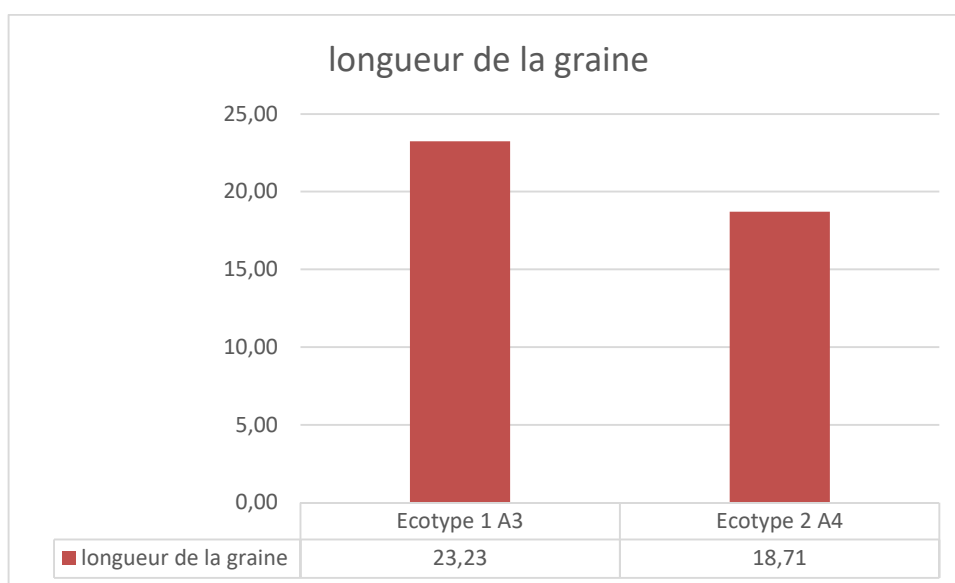


Figure 15 : résultats moyens de la longueur des graines

8. Largeur de la graine

Les résultats de l'analyse ANOVA indiquent une différence significative dans la largeur des graines entre les écotypes d'arganier étudiés. Cela suggère que les écotypes différents montrent des variations dans la dimension des graines. Les données spécifiques révèlent que l'écotype 1 (A3) présente une largeur moyenne de graine de 13,97mm, tandis que l'écotype 2 (A4) a une largeur moyenne de 16,19mm. Cette différence de 2,22 mm entre les écotypes souligne une variation moyenne dans les caractéristiques des graines de l'arganier en fonction des populations étudiées.

Tableau 09 : analyse de la variance de la largeur des graines

Largeur de la graine		
	F	P
Ecotype	11,178**	0,0036

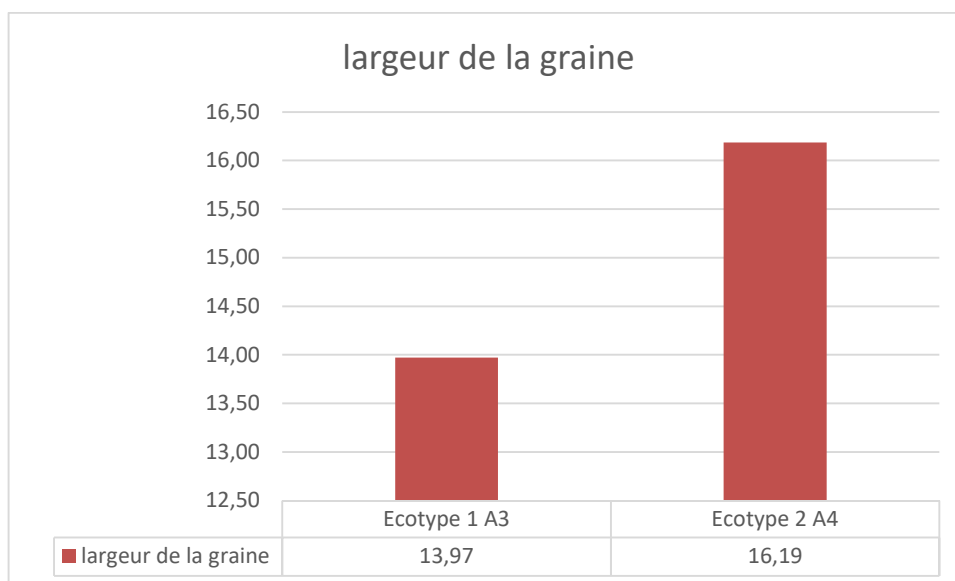


Figure 16 : résultats moyens de la largeur des graines

4. Discussion

Discussion :

Une étude comparative entre différentes populations d'*Argania spinosa* offre une perspective profonde et enrichissante pour explorer la diversité intraspécifique de cette espèce emblématique. L'arganier, connu pour être endémique des régions arides du Maroc, occupe une place particulière en raison de ses propriétés écologiques uniques et de ses multiples utilisations dans la médecine traditionnelle et l'industrie cosmétique. Cette étude se propose d'analyser et de comparer plusieurs caractéristiques morphologiques et physiologiques, telles que la hauteur des plantes, la densité et les dimensions des feuilles, ainsi que les propriétés des graines et la structure des branches, à travers diverses populations d'*Argania spinosa*. L'objectif est de mieux comprendre l'adaptation de l'espèce aux conditions environnementales locales et d'identifier des implications potentielles pour sa conservation et sa gestion durable.

L'arganier, en tant qu'espèce arborescente emblématique, présente une grande diversité génétique et morphologique selon les habitats spécifiques où il se développe. Les variations observées dans la hauteur des plantes entre les écotypes peuvent refléter des adaptations génétiques distinctes en réponse à des conditions environnementales variables, telles que la disponibilité en eau, les propriétés des sols et les caractéristiques climatiques locales. Cette diversité morphologique est cruciale pour l'arganier, influençant non seulement sa croissance mais aussi sa capacité à survivre dans des environnements souvent extrêmes et arides.

La variation significative observée dans la hauteur des plantes entre les écotypes pourrait refléter des adaptations génétiques à des conditions environnementales spécifiques, telles que la disponibilité en eau, les sols et le climat local.

En ce qui concerne le diamètre au collet, bien que cette étude n'ait pas révélé de différences significatives entre les populations étudiées, des recherches antérieures suggèrent que cette caractéristique pourrait être moins sujette aux variations génétiques et davantage influencée par des facteurs environnementaux constants, tels que l'exposition au soleil, la disponibilité en nutriments et la compétition interspécifique.

La variation significative dans le nombre de branches entre les écotypes d'arganier peut indiquer des stratégies adaptatives distinctes pour maximiser l'accès à la lumière et aux ressources dans des habitats spécifiques. Cette plasticité dans la structure des branches pourrait

être une réponse directe à la compétition pour la lumière et aux pressions environnementales locales, jouant un rôle crucial dans la survie et la croissance des individus.

La densité des feuilles, quant à elle, représente une adaptation cruciale à la gestion de l'eau et de la lumière, essentielle dans des environnements où les ressources sont limitées. Des études approfondies pourraient explorer comment différents écotypes d'arganier optimisent cette densité en réponse aux variations saisonnières et aux stress environnementaux, contribuant ainsi à leur succès écologique et à leur résilience face aux changements climatiques.

Les variations observées dans la longueur et la largeur des feuilles entre les populations d'arganier pourraient être étroitement liées à des adaptations spécifiques au climat, influençant la capacité de l'espèce à maintenir une efficacité photosynthétique optimale et à réguler la perte d'eau. Ces caractéristiques feuillues peuvent donc jouer un rôle crucial dans la productivité et la résilience de l'arganier dans des habitats variés, impactant ainsi la dynamique des écosystèmes où il prospère.

Les analyses ANOVA révèlent des différences significatives tant dans la longueur que dans la largeur des graines entre les écotypes étudiés d'*Argania spinosa*. Ces variations peuvent être attribuées à plusieurs facteurs génétiques et environnementaux, comme l'ont exploré plusieurs études antérieures sur le polymorphisme des graines.

Selon des recherches récentes, l'arganier présente une diversité génétique substantielle au sein de ses populations, influençant directement les caractéristiques des graines telles que leur taille et leur forme. Des études génétiques ont identifié des marqueurs moléculaires révélant des différences génotypiques significatives entre les populations d'*Argania spinosa* réparties à travers son aire de distribution. Ces différences génétiques peuvent se traduire par des variations phénotypiques observées dans les traits des graines, comme la longueur et la largeur, comme observé dans notre étude.

Les adaptations des graines d'arganier à leur environnement sont également influencées par des facteurs écologiques tels que le climat, le sol et la disponibilité en eau. Par exemple, les écotypes vivant dans des zones plus arides peuvent présenter des graines plus petites et plus denses pour maximiser leur survie et leur germination dans des conditions climatiques difficiles. À l'inverse, les populations vivant dans des habitats plus humides peuvent développer des graines plus grandes avec une coque plus épaisse pour se protéger contre l'humidité excessive et les prédateurs.

Conclusion générale

L'arganier, *Argania spinosa*, est un arbre d'une importance inestimable pour les écosystèmes arides du sud-ouest du Maroc et pour les communautés locales qui dépendent de ses produits. Sa biologie unique, ses adaptations écologiques et ses nombreuses utilisations en font une ressource précieuse à protéger et à valoriser. La conservation et l'utilisation durable de l'arganier sont essentielles pour préserver cet héritage naturel et culturel unique, tout en offrant des opportunités de développement économique pour les communautés locales.

L'étude comparative des populations d'*Argania spinosa* révèle une grande diversité génétique et écologique, essentielle pour la conservation et l'utilisation durable de cette espèce précieuse. Les variations morphologiques, la production de fruits, et les adaptations écologiques montrent l'importance de protéger et de gérer les arganeraies de manière appropriée. Les efforts de conservation doivent être soutenus par des recherches continues et des initiatives locales pour garantir la pérennité de l'arganier et des avantages qu'il offre aux écosystèmes et aux communautés humaines.

En conclusion, une étude approfondie des différentes populations d'*Argania spinosa* permet de mieux saisir l'ampleur de sa diversité adaptative et génétique. Ces connaissances sont essentielles pour formuler des stratégies de conservation efficaces et pour promouvoir une gestion durable de cette ressource précieuse, assurant ainsi sa pérennité et son rôle crucial dans les écosystèmes et les sociétés qui dépendent de lui.

Références bibliographiques

1. Ait Ourhroum, A., & Hassikou, R. (2002). Phenology and ecology of the argan tree (*Argania spinosa*) in the Souss valley of the Anti-Atlas mountains, Morocco. *Journal of Arid Environments, 52*(2), 151-166.
2. Al Juhaimi, F., & Ghafoor, K. (2013). Physical and chemical characteristics of oils, seeds, and kernels of *Argania spinosa* grown in Saudi Arabia. *International Journal of Food Properties, 16*(5), 1029-1037.
3. Barbero, M., & Bonin, G. (1994). Argan tree reforestation in Morocco. *Agroforestry Systems, 27*(1), 43-55.
4. Bellakhdar, J. (1997). The argan tree (*Argania spinosa*): an asset for Morocco. *International Tree Crops Journal, 9*(3), 247-254.
5. Benabid, A. (1984).** Biogeography and ecology of the argan tree, *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Vegetatio, 57*(1), 147-154. doi:10.1007/BF00031934
6. Benítez, G., et al. (2008). Characteristics and composition of *Argania spinosa* L. Skeels seed and seed oil. *Grasas y Aceites, 59*(3), 210-216.
7. Bouzoubaâ, Z., et al. (2007). Floral and vegetative phenology of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 202*(7), 579-586.
8. Charrouf, Z., & Guillaume, D. (2002). Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Journal of Ethnopharmacology, 79*(2), 167-180.
9. Charrouf, Z., & Guillaume, D. (2008). Argan oil, functional food, and the sustainable development of the argan forest. **Natural Product Communications, 3(3), 283-288**.
10. Charrouf, Z., & Guillaume, D. (2008). Moroccan argan oil: ethnobotanical and chemical study. *Journal of Pharmacy and Pharmacology, 60*(12), 1679-1682.
11. Charrouf, Z., & Guillaume, D. (2008). Argan oil: Occurrence, composition and impact on human health. *European Journal of Lipid Science and Technology, 110*(7), 632-636. doi:10.1002/ejlt.200700220
12. Charrouf, Z., & Guillaume, D. (2009). Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Journal of Ethnopharmacology, 121*(2), 219-230.
13. De Albuquerque, U. P., et al. (2007). Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. *Journal of Ethnopharmacology, 114*(3), 325-354.
14. El Mahdi, R. (2015). "Impact socio-économique de l'arganier sur les populations locales". Mémoire de master, Université Ibn Zohr.

15. Elhoumaizi, M. A., et al. (2002). Sustainable management of argan (*Argania spinosa*) forests in Morocco: A historical perspective. **Journal of Sustainable Forestry*, 15*(3), 67-85.
16. Ennabili, A., et al. (2001). Socio-economic and ecological significance of *Argania spinosa* in the farming systems of south-western Morocco. **Agroforestry Systems*, 52*(2), 111-119.
17. Geleta, M., Bryngelsson, T., Bekele, E., & Dagne, K. (2006). ****Relationships between morphological and RAPD markers: A case study of noug (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.) germplasm from Ethiopia.**** *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(5), 1003-1013.
18. Gharby, S., et al. (2011). **** Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco.** **Journal of Medicinal Food*, 14*(6), 661-665. doi:10.1089/jmf.2010.1258
19. Harhar, H., et al. (2010). **** Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from the leaves of *Argania spinosa* L.** **Grasas y Aceites*, 61*(2), 192-198. doi:10.3989/gya.082209
20. Harhar, H., et al. (2011). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from the leaves of *Argania spinosa*. **LWT - Food Science and Technology*, 44*(6), 1393-1396.
21. Hilali, M., et al. (2005). Characterization and authentication of argan oil (Morocco) by discriminant analysis of triacylglycerols. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82*(2), 125-129. doi:10.1007/s11746-005-1043-1
22. Khallouki, F., et al. (2003). Antioxidant activity and polyphenol composition of argan oil. **European Journal of Lipid Science and Technology*, 105*(11), 673-678. doi:10.1002/ejlt.200300891
23. Khallouki, F., et al. (2003). Antiproliferative effect of polyphenols and sterols of virgin argan oil on human prostate cancer cell lines. **Cancer Detection and Prevention*, 27*(5), 385-392.
24. Khallouki, F., Younos, C., Soulimani, R., Oster, T., Charrouf, Z., & Spiegelhalter, B. (2003). "Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids as compared with other plant oils: biochemical, physiological and toxicological properties". **Euro-Interdisciplinary Journal of Life Sciences**, 21(1), 35-42.
25. Khattabi, A., & Fadl, A. (2001). Evaluation of the sustainable management of argan (*Argania spinosa*) forest in the southwest of Morocco. *Forest Ecology and Management*, 154*(1-2), 251-256. doi:10.1016/S0378-1127(00)00644-8
26. Khattabi, A., et al. (2004). Effects of climatic gradient and land use on the reproductive potential of argan tree (*Argania spinosa*) populations in Morocco. *Journal of Arid Environments*, 57*(2), 179-196.
27. Lybbert, T. J., et al. (2002). Community forestry and the conservation of biodiversity and carbon in Morocco: economics and policy. **Ecological Economics*, 40*(3), 437-451.

-
28. Msanda, F., & Ouhammou, A. (2003). Growth patterns of the argan tree (*Argania spinosa*) in the Souss valley (south-western Morocco). **Agroforestry Systems*, 57*(1), 131-144.
 29. Msanda, F., El Aboudi, A., & Peltier, J. P. (2005). *** Biodiversity and biogeography of Moroccan ecosystems. *Systematics and Geography of Plants*, 75*(1), 151-178. doi:10.2307/3668644
 30. Nouaim, R., & Chaussod, R. (1993). Reboisement et développement durable : le cas de l'arganier au Maroc. ***Journal of Arid Environments*, 25(3), 299-311**.
 31. Rachid, M. (2010). "Étude ethnobotanique et phytopharmacologique de l'arganier (*Argania spinosa*)". Thèse de doctorat, Université Cadi Ayyad.
 32. Zahidi, M. (2014). Contribution à l'étude de l'arganier (*Argania spinosa*) : caractéristiques et potentialités. ***Université Cadi Ayyad, Marrakech.***
 33. Zhang, X., Shashkov, M., Chistyakov, V., & Tselykh, E. (2015). ***Genetic analysis and correlation of morphological and molecular markers in durum wheat (*Triticum durum* Desf.).** Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 29(4), 643-648.
 34. Zoubida Charrouf & Dominique Guillaume, "Argan: source de vie" (2002)
-