



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi –Tebessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Etres vivants

Domaine: Sciences de la nature et de la vie

Filière: Sciences Biologiques

Option: Ecophysiologie végétale

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de master

Thème

*Contribution à la germination et
l'amélioration de la reprise végétative des
graines de l'arganier
Argania spinosa L. Skeels*

Présenté par:

Abidi isra

Hafdallah rayen

Devant le jury composé de :

M.FATMI HINDEL MCB Université de tébessa Examineur

M.DAKEK AHMED MCB Université de tébessa Promoteur

Mm.SEGHIR Hanane MCA Université de tébessa Présidente

Date de soutenance : 25 / 06 / 2024

Note :..... Mention :

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Par-dessus tout, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir guidé toutes les années d'études et de nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour mener à bien ce travail. Nos remerciements particuliers vont à M. Ahmed Dakkak, qui a bien voulu assurer notre encadrement, c'est un grand honneur pour nous qu'il ait accepté d'être notre directeur de thèse

. Nous lui devons beaucoup d'appréciation et de respect. Nous tenons à remercier : Mme Saghira Hanan, Professeur à la Faculté des Sciences Naturelles, de la Vie et Exactes pour l'honneur de présider et jurée cette thèse ; Et M. Fatmi Hindal, Professeur à la Faculté des Sciences Naturelles, de la Vie et Exactes, est l'examineur honoraire du jury de cette thèse.

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont soutenus, encouragés et aidés de près ou de loin tout au long de ces années. Nous les remercions tous et espérons que la lecture offerte à leur curiosité leur apportera la satisfaction qu'ils espéraient

Dédicace

بعد مسيرة دراسية دامت سنوات حملت في طياتها الكثير من الصعوبات والمشقة والتعب ها انا اليوم اقف على عتبة تخرجي اقطف ثمار تعبتي بكل فخر ، فاللهم لك الحمد قبل ان ترضى ولك الحمد اذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا، لانتك وفقتني على اتمام هذا العمل وتحقيق حلمي

وبكل حب اهدي ثمرة نجاحي و تخرجي

إلى من كلل العرق جبينه ومن علمني أن النجاح لا يأتي إلا بالصبر والإصرار إلى النور الذي أنار دربي وسراج الذي لا ينطفئ نوره بقلبي بدا من بذل الغالي والنفيس واستقدت منه قوتي واعتزازي جذراني

والذي العزيز أدامك الله ظللنا

إلى المرأة التي صنعت مني فتاة طموحة وتعشق التحديات ، قدوتي الأولى التي منها تعرفت على القوة والثقة بالنفس لمن رضاها يخلق لي التوفيق

أمي أطل الله في عمرك بالصحة والعافية

إلى ضلع الثابت وأماني أيامي إلى ما شددت عضدي بهم فكانوا لي ينباع

....أرتوي منها إلى خيرة أيامي وصفوتها إلى قرة عيني

إلأخواتي الغاليين(خولة,دعاء,وجد)

إلى السند والكتف الثابت الذي اذا مالت الدنيا لا يميل (أخي حبيبي)

إلى زوج اختي الغالي(وليد) الذي في مقام أخي ادم الله وجودك

إلى ملائكة رزقني الله بهن لاعرف من خلالهن طعم الحياة الجميلة(ماريا و ميرال)

إلى شريكة الصبا ورفيقة الخندق التي تقاوم الحياة بالضحك ، ملاكي الحارس التي كانت دوماً موضع الإتكاء في عشرات حياتي صديقتي (ندى) أستودعتك الله الذي لا تضيع ودائعه

إلى من عليها اعتمد و من وجودها اكتسب قوة و محبة لا حدود لها ابنة عمي الغالية (وجدان)

إلى من تحلو بالأخاء وتميزو بالوفاء والعطاء رقيقات

العمر(تيفو,وجدان,سيرين,شيماء,سماح,نسرين)

إلى من كانت لها يد العون في المذكرة إلى من شاركتني لحظات كتابتها و تحضيرها إلى صديقتي وحبيبتي و شريكتي في هذا العمل (ريان)

إلى جميع اعمامي و ابناء اعمامي و زوجات اعمامي إلى عائلة ابي كلهم باسمائهم ادامكم الله نعمة في حياتي

الى جميع خالاتي و اخوالي و ابناء اخوالي خالاتي الى عائلة امي كلهم باسمائهم ادامكم الله
وجودكم

الى جدتي والدة امي حفظها الله و اطال في عمرها

الى القريبين من القلب والداعمين والمساندين في السراء والضراء شكراً لكم.. دمتم لي

وفاء وتقدير واعترافاً منى بالجميل أتقدم بجزيل الشكر للأستاذ المخلص الذي لم يألوا جهداً في
مساعدتنا و توجيهنا في اعداد هذه المذكرة الأستاذ الفاضل: احمد دقاق صاحب
الفضل العظيم ، فجزاه الله كل الخير

من قال أنا لها " نالها وأنا لها إن أنت رغما عنها أثبت بها، ما كنت لأفعل دون توفيق من الله .
ها هم اليوم العظيم هذا اليوم الذي أجريت سنوات دراستي شاقّة حاملة بها حتى توالى بمنه
وكرمه الفرحة التمام، فالحمد لله الذي ما تيقنت به خيراً وأملأ إلا وأغرقتني سروراً وفرحاً
ينسينس مشقتي

ISRA

Dédicace

قال تعالى: (قل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنين إلهي لا يطيب الليل إلا بشركك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك... ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك.. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك... ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك* الله*

ها هي مرحلتي الدراسية قد شارفت على الانتهاء بالفعل، بعد تعب ومشقة دامت سنين في سبيل العلم والحلم والعلم حملت في طياتها آمنيات الليالي، وأصبح عناني اليوم للعين قرّة، ها أنا اليوم أقف على عتبة تخرجني أقطف ثمار تعبي وأرفع قبعتي بكل فخر، فاللهم لك الحمد قبل أن ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا، لأنك وفقتني على إتمام هذا النجاح وتحقيق حلمي.

وقد ورثت في جوفها كيف أكون إنسانا قبل أن أصرخ صرختي الأولى في هذا العالم.. ليس فقط لأنك أويتني ... في رحمك الدافئ تسعة أشهر و تشاجرتي مع الموت لتمنحني الحياة في ميدان المخاض... إنما لأنك كنت منذ أنجبتني حتى هذه اللحظة اما عظيمة إلى الحد الذي أشعر فيه بأنك كثيرة علي الى من كانت الام و الاب و السند إلى قدوتي الأولى ومعنى الحب والتفاني ... إلى بسمة الحياة وسر الوجود إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي .. إلى من ارشدتني ورافقتني في كل مشاوير حياتي ولا تزال تفعل إلى الان . اللهم احفظها ارزقها العفو والعافية .. أمي الحبيبة

الى الجدار الذي أستند عليه في تعبي وحزني الى الكتف التي أضع عليها واليد التي لا ترد في كل حين.. إلى جدي وجدتي أحبكم بقدر هذا الكون و أكثر الوطن الذي أنتمي إليه و الأرض التي تحتويني.. إلى أغلام على قلبي وأقربهم إلي

إلى من تسعد عيني بروية وجوهم، ويفرح فؤادي بسماع رنات ضحكاتهم إلى ضلعي الثابت الذي لا يميل .. إلى من رزقت بهم سندا وملأذي الأول والأخير ... إلى خيرة أيامي وصفوتها إلى من كانوا لي سندا ودعما إلى من غمروني بالحب والتوجيه إلى الذين لطالما كانوا الظل لهذا النجاح اخوتي

الى صاحب المواقف العظيمة الى الرجل الذي كان بمثابة والدي الى من كان لي الضوء وقت الضلام الحاج

إلى صديقة المواقف لا السنين شريكة الدرب والطموح البعيد .. إلى من كانت دوما موضع اتكاء الى من تحلت بالاخاء و تميزت بالوفاء و العطاء في عشرات حياتي .. صديقة العمر مروى

ها أنا أقف شامخاً على عرش التفوق والنجاح، متخرجاً بكل فخر وعزة، وبهذه المناسبة العظيمة اهدي . تخرجي لأهلي فرداً فرداً وإلى كل من ساندني بكلمة وإلى كل من وقف معي، شكراً لكم يا أغلى الناس بحياتي. الا من ترعرت بينهم وكبرت في احضانهم الى من اعتبروني الصغرى اخوالي و خالاتي

الى ابناء و بنات خالاتي و اخوالي الى من قضيت معهم مرحلة طفولتي. *زيكو.ايوب.هديل
اسماء.اية.رنا* إلى الأيدي الصغيرة التي تطرق بابي زائرة؛ لتدخل الأنس والحياة إلى أيامي
:أ.و.س.ا.م.ك.س.م

الى من تحلت بالاخاء و تميزت بالوفاء شريكة المشوار الى صديقتي و الاقرب الى قلبي*اسراء

وأخير من قال أنا لها " نالها " وأنا لها إن أبت رغما عنها أتبت بها، ما كنت لأفعل دون توفيق من الله، ها هو تقييم العظيم هذا اليوم الذي أجريت سنوات دراستي شاقّة حاملة بها حتى تواليت بمنه وكرمه الفرحة فالحمد لله الذي ما تيقنت به خيرا وأملا إلا وأغرقتني سروراً وفرحاً

RAYEN

Résumé

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) est une plante représentative de la famille *sapotasia* son ère de répartition est localisée entre la sub ouest de l'Algérie et le Maroc, joue un rôle très important. Son intérêt environnemental est de préserver l'écosystème fragilisé par la désertification, ainsi que son intérêt social, économique et phytothérapeutique. L'arganier est menacé d'extinction. En raison de la surexploitation, la régénération naturelle est compromise par des problèmes d'échec de la germination et du reboisement dans la région de Tindouf. Dans notre travail, nous nous sommes concentrés sur la culture de l'arganier en :

Utiliser H_2SO_4 , Ag_3 , $NaCl$ et eau distillée comme traitement afin de résoudre le problème de germination de l'arganier, dont les graines contiennent des couches très résistantes. Ce qui pose des problèmes d'inhibition de la germination. Les résultats que nous présentons, des tests confirment que ces matériaux utilisés dans le traitement des graines ont un effet sur l'accélération du processus de croissance des graines d'arganier.

Mots clés : *arganier, endémique, germination, H_2SO_4 , Ag_3 , $NaCl$, eaudistillée*

Abstract

The argan tree (*Arganiaspinosa .L.Skeels*) is a representative plant of the spotasia family its era of distribution is located between sub-west Algeria and Morocco, plays a very important role Its environmental interest is to preserve the ecosystem weakened by desertification, as well as Its social, economic and phytotherapeutic interest. The argan tree is threatened with extinction Due to overexploitation, natural regeneration is compromised by probleme Failure of germination and reforestation in the Tindouf region. In our work, We focused on the cultivation of the argan tree by: Use H_2SO_4 , Ag3, Nacl and distilled water as a treatment to solve the germination problem of the argan tree, whose seeds contain very resistant layers . Which poses problems of inhibition of germination. The results we present Tests confirm that these materials used in seed processing have an effect on accelerating the growth process of argan seeds.

Keywords: *argan tree, endemic, germination, H_2SO_4 , ag3, nacl, distilled water*

ملخص

(*Arganiaspinosa .L.Skeels*) هي نبات ممثل لعائلة سبوتاسيا شجرة الأركان اماكن توزيعه يقع بين جنوب غرب الجزائر والمغرب، ويلعب دورا هاما جدا وتتمثل مصلحتها البيئية في الحفاظ على النظام البيئي الذي أضعفه التصحر صلتها الاجتماعية والاقتصادية والعلاجية النباتية. شجرة الأركان مهددة بالانقراض وبسبب الاستغلال المفرط، فإن التجديد الطبيعي يتعرض للخطر بسبب المشاكل ركزنا على زراعة شجرة الأركان من خلال فشل الإنبات وإعادة التشجير بمنطقة تندوف. في عملنا هذا، استخدمنا H_2SO_4 و Ag_3 و $NaCl$ والماء المقطر كعلاج لحل مشكلة إنبات شجرة الأركان التي تحتوي بذورها على طبقات شديدة المقاومة. مما يطرح مشاكل تثبيط الإنبات. النتائج التي نقدمها وتؤكد الاختبارات أن هذه المواد المستخدمة في معالجة البذور لها تأثير على تسريع عملية نمو بذور الأركان

الكلمات المفتاحية: *arganier, endémique, germination, H₂SO₄, ag3, Nacl, eau distillé*

Abréviation

% :Pourcent

g :Gramme

H :Heure

H₂SO₄ :Acide sulfuric

AG3 :Acide geberillique

Nacl :Sodium chloride

ml :Millimetre

Nbr: nombre

Fig :Figure

Tab :Tableau

Table des matières.	Pages
INTRODUCTION GENERALE	15
Chapitre I : Revue bibliographique	20
I.1.Historique de l'arganier	21
I.2.Aire de répartition géographique de l'arganier en Algérie	22
I.3.Taxonomie	23
I.4.Physiologie et écologie de l'arganier	24
I.5.Intérêt et usage de l'arganier	25
I.6.Principaux Ennemis de L'arganier	27
I.1.Définition du processus de germination	27
I.2. Morphologie et physiologie de la germination	28
I.3.Types de germination	28
I.4.Condition de la germination	28
I.5.Phases de la germination	29
I.6.Différents obstacles de la germination	29
I.7.Problèmes spécifiques de la germination d'arganier	30
I.8.Techniques utilisées dans la levée des inhibiteurs de la germination	31
I.9. Amélioration de pouvoir germinatif des graines	32
Chapitre II : Matériels et méthodes	34
II.1.Présentation de la région d'étude	35
II.2 . Matériel végétal	35
II. 3.Matériels d'expérimentation	35
II.4. les indices de germination standard	35
II.5. indice de vitesse de germination	36
II.6 indice de germination	36
II.7 coefficient de germination	36
II.8 indice de vitesse de germination	37
II.9 parametre agronomique	37
II.10 les analyses statistiques	37
Chapitre III: Résultats et discussion	38
Conclusion et perespectives	61
Références bibliographiques	62

Liste des tableaux		
Tableau	Titre	Page
Tab 1	Différentes substances utilisées pour la levée de dormonce	33
Tab 2	Analyse de la variace pourcentage de l'énergie de germination	40
Tab 3	Analyse statistique des pourcentages de germination final	41
Tab 4	Comparaison multiple des moyenne PGF testbde DUNETT	41
Tab 5	Analyse statistique des indices de vitesse de germination	42
Tab 6	Comparaison multiple des moyenne SGI test de DUNETT	43
Tab 7	Analyse statistique de la variance de coefficient de germination	44
Tab 8	Comparaison multiple des moyenne PGF test de DUNETT	44
Tab 9	Analyse statistique De l'indice de germination	45
Tab 10	Comparaison multiple des moyenne GI test de DUNETT	46
Tab 11	Analyse statistique d'effet des traitements sur la hauteur de la partie aérienne	48
Tab 12	Comparaison multiple des moyenne HPA test de DUNETT	48
Tab 13	Analyse statistique d'effet des traitements sur La longueur des racines	49
Tab 14	Comparaison multiple des moyenne LPR test de DUNETT	50
Tab 15	Analyse statistique d'effet des traitements sur le poids frais	51
Tab 16	Comparaison multiple des moyenne PF test de DUNETT	51
Tab 17	Analyse statistique d'effet des traitement sur le poids sec	52
Tab 18	Comparaison multiple des moyenne PS test de DUNETT	53
Tab 19	Analyse statistique des rapport PS/PF	54
Tab 20	Comparaison multiple des moyenne PS/PF test de DUNETT	54
Tab 21	Analyse statistique sur Le nombre des feuilles	56
Tab 22	Comparaison multiple des moyenne NBR test de DUNETT	56
Tab 23	Analyse statistique sur la surface foliaire	58
Tab 24	Comparaison multiple des moyenne SF test de DUNETT	58

Liste des figures		
Figure	Titre	Page
Fig(1)	Aire de répartition de l'arganier de Tindouf (Source: Conservation des Forêts Wilaya Tindouf, étude 2013).	22
Fig(2)	Effet des traitement sur les pourcentage de l'énergie de germination	39
Fig(3)	Effet des traitement sur les pourcentage de l'énergie de germination final	40
Fig(4)	Effet des traitement sur indice de vitesse de germination	42
Fig(5)	Effet des traitement sur les coeficcient de germination	43
Fig(6)	Effet des traitement sur l'indice de germination	45
Fig(7)	Effet des traitement sur la hauteur de la partie aérienne	47
Fig(8)	Effet des traitement sur la longueur des racines	49
Fig(9)	Effet des traitement sur le poids frais	50
Fig(10)	Effet des traitement sur le poids sec	52
Fig(11)	Effet des traitement sur le rapport PS/PF	53
Fig(12)	Effet des traitement sur le nombre des feuilles	55
Fig(13)	Effet des traitement sur la surface des feuilles	57

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les espèces rares jouent un rôle central dans le domaine de la biologie de la conservation de la biodiversité, car elles sont théoriquement plus susceptibles de s'éteindre (Gaston, 1994). Au cours des vingt dernières années, de nombreuses études de cas ont été publiées sur des espèces rares ou en voie d'extinction, mais le manque de connaissances générales sur la biologie des espèces rares, en particulier les espèces végétales, est encore souvent souligné (Murray et al., 2002). Les efforts déployés pour conserver les forêts riches en biodiversité végétale et les rendre plus productives seraient plus efficaces si l'on avait une meilleure connaissance des ressources des essences ligneuses à usages multiples et de la manière dont elles peuvent améliorer la vie des autres espèces animales et bactériennes, ainsi que la situation nutritionnelle et économique des populations rurales. Parmi ces essences, l'arganier (*Arganiaspinosa* L.Skeels) L'arbre d'argan (*ArganiaSpinosa*L.Skeels) (*Sapotaceae*) est une espèce endémique du Maroc et de l'Algérie. Cette espèce présente un intérêt biologique et écologique en raison de son adaptation remarquable aux conditions climatiques sévères (M'hirit et al., 1998). C'est un arbre multi-usage intéressant avec d'importantes caractéristiques socio-économiques. Cette espèce se caractérise par un polymorphisme significatif. La variabilité phénotypique de l'arbre d'argan a été étudiée en se basant sur les caractéristiques morphologiques des organes végétatifs et reproducteurs dans les populations marocaines (Ait Aabd et al., 2011, 2012; Zahidi et al., 2013, 2014). La variabilité morphologique des fruits et des noyaux était le critère discriminant le plus important pour les populations d'argan (Bani-Aameur et al., 1999; Bani-Aameur&Ferradous, 2001; Bani-Aameur, 2004; Ait Aabd et al., 2012; Belcadi et al., 2017; Metougui et al., 2017). De plus, les caractères "formes des fruits et des noyaux" ont révélé un niveau de variabilité intra-population plus élevé par rapport à la variabilité inter-population (Bani-Aameur&Ferradous, 2001; Ait Aabd et al., 2012; Metougui et al., 2017).

Le fruit frais de l'arbre d'argan est une baie de couleur jaunâtre, la pulpe recouvre un noyau très dur (Bellefontaine et al., 2011). Les noyaux sont composés de 1 à 5 carpelles (chambre), chaque carpelle contenant une amande. La forme et la taille des fruits de l'arbre d'argan ont fait l'objet de plusieurs observations et études depuis 1897.

Les premières descriptions morphologiques de ce fruit incluaient la forme ovoïde obtuse.

(Cornu, 1897) et une forme ellipsoïde obtuse (Perrot, 1907). En 1952, Metro a identifié quatre formes de fruits (ovale, apical ovale, sphérique et fusiforme long) en se basant sur des paramètres morphométriques. Plus tard, Maallah (1992) a confirmé l'existence de ces quatre formes et a révélé une cinquième forme (fusiforme court).

La description des noyaux a révélé trois formes différentes : une forme ovale (Cornu, 1897), une forme ellipsoïde (Perrot, 1907) et une forme oblongue (Jaccard, 1926).

Banni Aameur et al. (1999), en combinant des paramètres visuels avec des critères biométriques, ont confirmé l'existence de différentes formes de fruits et de noyaux et les ont considérées comme des caractéristiques pertinentes pour les arganiers. Ces caractéristiques phénotypiques ont été utilisées pour évaluer la diversité et identifier le Les études sur la diversité génétique basées sur des marqueurs moléculaires ont confirmé l'existence d'une grande diversité génétique au sein et entre les populations d'arganiers au Maroc (Majourhat et al., 2008; El Bahloul et al., 2014; Yatrib et al., 2017; Pakrou et al., 2017; Mouhaddab et al., 2017).

En Algérie, cette espèce se trouve principalement dans la partie sud-ouest, dans la région de Tindouf où elle forme un peuplement naturel. Ce peuplement comprend trois populations appelées TouarefBouaâm, Targant et Merkala. La région est caractérisée par un climat saharien, avec de longues périodes de sécheresse tout au long de l'année. La survie de ces peuplements est menacée par la surexploitation, qui est aggravée par les changements climatiques. De plus, la régénération naturelle de l'arganier dans la région de Tindouf est presque inexistante et les taux de germination en pépinière sont très variables (Berka et al., 2011).

La capacité de germination des graines d'arganier dépend de l'arbre mère (Bani-Aameur&Alouani, 1999). Le taux de germination est une caractéristique génétique de l'arbre d'origine des graines (Aya et al., 2011; Rix et al., 2015). Certaines caractéristiques des graines, telles que leur forme et leur poids, peuvent influencer la germination (Loutfi, 1994; Nouaim&Chaussod, 1995). L'arganier est connu pour sa grande variabilité dans la forme, la taille et le poids de ses fruits et de ses graines, ce qui affecte la variabilité de la germination Les petites graines rondes ont germé plus rapidement que les grosses graines plates (Liu et al., 2014). La forme des graines a un impact sur la qualité physiologique des graines (Adebisi et al., 2005; Cervantes et al.,

2016). Dans des études portant sur le chêne-liège (Lamhamedietal., 2006) et les espèces de conifères (Carles et al., 2009), la germination a été étudiée en se basant sur des classes spécifiques de graines de dimensions particulières.

Les caractéristiques morphologiques ont été utilisées comme un outil précieux pour distinguer les populations hétérogènes (Furat&Uzun, 2010) et sont liées au développement des plantules (MacLeod& Forey, 2002). Par conséquent, elles fournissent des informations précieuses pour les programmes d'élevage et les stratégies de conservation des espèces (SariIl est important de comprendre la variabilité phénotypique de la population de Tindouf pour L'objectif de cette étude est de mettre en valeur l'héritage génétique algérien. À travers notre recherche sur la germination des graines, nous cherchons à comprendre son comportement physiologique face aux conditions abiotiques et les possibilités offertes pour améliorer sa germination et sa croissance. Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à l'arganier de Tindouf afin de résoudre le problème de germination chez cette espèce. Notre mémoire de fin d'étude aborde les essais qui permettront de résoudre ce problème. Ainsi, notre mémoire est divisé en deux parties : la première comprend deux chapitres qui abordent les aspects bibliographiques de l'arganier et de la germination, tandis que la seconde est consacrée à la partie expérimentale et à la présentation des résultats obtenus lors des essais de germination des graines.

Chapitre 1 : Ce premier chapitre présente des informations générales sur l'histoire de l'arganier, ses caractéristiques botaniques et environnementales, ainsi que ses intérêts. Il aborde également la germination des graines et les problématiques spécifiques liées à la germination de l'arganier en relation avec ses conditions physiologiques et environnementales.

Chapitre 2 : Ce deuxième chapitre présente le matériel utilisé et les techniques expérimentales employées dans nos travaux.

Chapitre 3 : Cette dernière partie a pour objectif de définir la méthode choisie dans nos travaux concernant le matériel végétal, les méthodes utilisées et les techniques expérimentales appliquées. Elle permet d'organiser les résultats obtenus à partir des différents tests et traitements des graines, afin de mener une discussion scientifique et de tirer des conclusions.

Enfin, une conclusion générale et des recommandations utiles sont fournies pour préserver et développer l'arganier en Algérie.

Chapitre I : Revue bibliographique

I.1.Historique de l'arganier

Originnaire du mot berbère « irgen », qui signifie « tachelhait » en berbère, le mot « arganier » vient du mot arabe « Argan », qui fait référence au fruit dur de l'arbre dont les Berbères sont connus pour leur huile :extrait d'arganier (Rouhi, 1991) .Nouaïm et al. (1991) rapportent que l'arganier est la seule espèce restante de la fleur tertiaire et post-quaternaire, selon Boudy (1950) ; il était beaucoup plus grand qu'aujourd'hui et a été soufflé vers le sud lors du dernier quaternaire pluvial.

Selon Emberer (1938), l'arganier aurait été refoulé par les glaciers du nord de l'Afrique au sud, où il aurait été maintenu et étendu jusqu'à atteindre un excédent de 1 500 000 ha au début de notre ère (Monier, 1965).

Ce sont les scientifiques et les géographes qui ont mentionné les premiers l'existence de cet arbre. Arabes. En effet, aux XIe, XIIe et XIIIe siècles, les utilisations du fruit de l'arganier ont été rapportées respectivement par Ali Ibn Radhom, El Bekri et El Idrissi (M'hirit et al, 1998). Dans son ouvrage « Traité des simples », que Leclerc (1877-1881-1833) a traduit en français, le célèbre savant Ibn El Bayther évoque l'arganier et son utilisation dans l'alimentation au XIIIe siècle, plus précisément au vers 1219.

L'arganier a été baptisé au XVIIIe siècle, notamment par Linné en 1737. Ce tiroir fournit une description précise de l'espèce dans son "Hortuscliffortianus" sous le nom de *Sideroxylon spinosum* à partir d'échantillons de desséché et de fleurs libres.L (M'hirit et autres, 1998). En fait, le nom choisi pour cet arbre est *Arganiaspinosa*, qui dérive de l'index Kewensis (1911).Skeels, L.

I.2. Aire de répartition géographique de l'arganier en Algérie

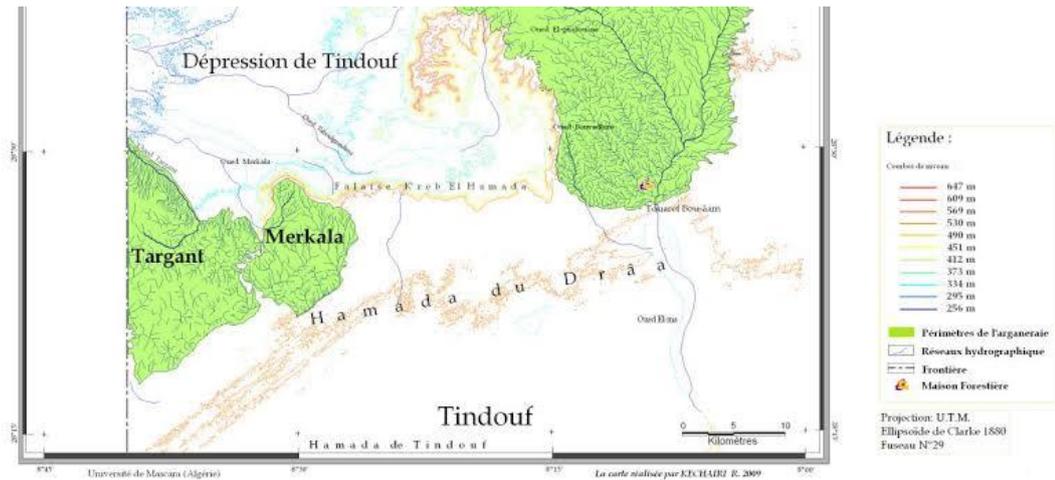
L'arganier (*Arganiaspinosa* .L. Skeels) est une espèce endémique de l'Afrique du nord quise rencontre uniquement en Algérie (région de Tindouf), le Sahara Occidentale et le Maroc. Son aire de répartition est localisée au Nord-Ouest du chef-lieu de Wilaya soit d'environ 110Km de Tindouf (Conservation des forêts, Wilaya Tindouf) regroupées selon un modecontracté, le long des berges des oueds où il trouve les compensations hydriques nécessaires : Oued El Ma, Oued Bouyadil, Oued Gahouane, Oued Merkala et Oued Terguent(Conservation des forêts, Wilaya Tindouf). L'Arganier forme une essence forestière dominante après l'*Acaciaradiana*(couvert 796.639 Ha) avec une superficie estimée à 672,41ha et un effectif total de 5257 sujets, éparpillés sur une aire de 70 000 Ha selon l'étude portant « Diagnostic écologique de l'arganier et proposition de son classement en aire protégée »réalisée par la DGF (Direction générale des forêts). (Conservation des forêts, Wilaya Tindouf).

A- Adrar

La wilaya d'Adrar est située dans le Sud de l'Algérie. Elle est la deuxième plus grande wilaya d'Algérie en termes de superficie, avec 427 368 km². L'Arganier a été introduit par plantation à l'INRA, au niveau de la parcelle expérimentale de l'INRF (Institut National de la Recherche forestière), en 2009. Par la suite, d'autres sites ont été utilisés pour planter cette espèce, tels que la nouvelle pépinière de la conservation des forêts de la wilaya d'Adrar, la maison de l'environnement, l'établissement pénitentiaire, etc.

B-Timimoune

La wilaya de Timimoune est située au nord de la wilaya d'Adrar. Elle couvre une superficie de 10 300 km² et compte une population de 33 000 habitants. Elle est bordée à l'ouest par l'état de Béchar, au nord par l'état d'al-Bayadh, et au sud par la wilaya d'Adrar. L'Arganier a été introduit à Timimoune par plantation, au niveau de l'ITMAS (Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé).



Fig(1) : Aire de répartition de l'arganier de Tindouf (Source: Conservation des Forêts Wilaya Tindouf, étude 2013).

I.3. Taxonomie

L'arganier (*Arganiaspinosa* (L) Skeels) est une espèce du genre *Argania*, endémique de l'Algérie et du Maroc, où il se trouve sur de vastes étendues. L'arganier se présente sous deux formes, l'une appelée pleureur et l'autre dressé. Cet arbre appartient à la classe des dicotylédones et à la famille des Sapotacées. Le genre *Argania* est très polymorphe et présente une certaine ressemblance avec l'olivier. M'hrite (1989) a signalé que l'arganier fait partie de la famille des Sapotacées, qui compte environ 600 espèces et 40 genres. Selon Lewalle (1991), la répartition de cette espèce pose problème car elle est séparée des autres arbres de sa famille par plusieurs milliers de kilomètres.

Règne: *Végétal*

Embranchement: *Spermaphytes*

Sous-embranchement: *Angiospermes*

Classe: *Dicotylédones*

Sous-classe: *Gamopétales*

Série: *Superovariéespentacycliques*

Ordre: *Ebénales*

Famille: *Sapotacées*

Genre: *Argania*

Espèce: *Arganiaspinosa*

I.4. Physiologie et écologie de l'arganier

1-Physiologie de l'arganie

Bien que l'arganier soit résistant à la sécheresse, il a besoin d'une quantité importante d'eau en raison de sa forte transpiration de 0,05 g/m²/s et de son faible potentiel hydrique foliaire. En été, la régulation de la transpiration est partielle, ce qui entraîne une baisse du potentiel hydrique foliaire jusqu'à -4,5 mP. Des recherches ont montré que les racines de l'arganier ont la capacité d'absorber et de stocker l'eau en profondeur, ce qui explique sa résistance à la sécheresse (Nouaim, 2005).

2- Écologie de l'Arganier

L'Arganier est une plante thermophile, c'est à dire qu'elle peut résister aux températures et à la chaleur élevées. Il est également halophile, c'est-à-dire qu'il possède une grande capacité d'adaptation à Les circonstances climatiques les plus difficiles (Baumer et Zeraïa, 1999). Nous pensons que cette adaptabilité de l'arganier tient davantage à sa capacité à s'enfoncer profondément dans l'eau qu'à sa capacité à conserver l'eau (Mokhtari, 2002). De plus, la croissance de certains rameaux d'arbres ralentit lors de ces mêmes périodes de sécheresse (El aboudi et al. 1991). Selon Boudy (1950), la surface d'une forêt est plus sèche (strates arides et semi-arides) et la densité de sa population adulte est plus faible car les lapins ont besoin d'un espace important pour trouver de l'eau. Utilisez les rayons du soleil.

Selon Peltier et al. (1992), la sécheresse est un facteur important influençant la régulation stomatique de l'arganier, où elle serait le moteur de nombreux mécanismes de régulation du déficit hydrique foliaire. Grâce à son système réticulaire puissant, qui lui permet de résister ou d'éviter les effets du stress hydrostatique, l'arganier peut résister à la sécheresse. Lors de sécheresses sévères ou prolongées, l'asperge perd son feuillage pour résister aux pertes en eau provoquées par les phénomènes d'évapotranspiration. Elle reprend ensuite sa croissance et sa défoliation plusieurs semaines avant la reprise de la saison des pluies (Emberger, 1960). Bien qu'il dispose de mécanismes susceptibles de ralentir l'utilisation de l'eau, Aboudi (1990) suggère que l'arganier n'est pas une espèce particulièrement conservatrice de l'eau. la transpiration. Selon Peltier et al. (1990), qui se sont basés sur l'ensemble de ces indices, il se pourrait que les réservoirs internes soient impliqués dans le contrôle du déficit hydrique des feuilles tout au long de la saison sèche. En revanche, Nouaim et al. (1991) rapportent l'existence d'une relation symbiotique entre les racines de l'arganier et des

champignons à vésicules et arbuscules, qui pourraient contribuer à la résistance de l'arbre à la sécheresse tout en favorisant une meilleure nutrition minérale

I.5. Intérêt et usage de l'arganier

Cet arbre possède des propriétés écologiques qui lui permettent de s'adapter aux régions semi-arides, arides et sahariennes. Selon BOUDY (1952) et ERROUATI (2005), sa présence dans ces milieux est essentielle car ses racines bien développées et la strate herbacée qu'il abrite permettent de préserver le sol et de le protéger des effets néfastes des ruissellements, des pluies occasionnelles et fortes, ainsi que des vents violents et fréquents. De plus, il enrichit le sol grâce à la matière organique provenant des feuilles mortes et des péricarpes secs de ses fruits.

D'après CHALLOT (1949) et EHRIG (1974), la présence de l'arganier le long des rivières permet de stabiliser les cours d'eau et de réguler leur débit. BENZYANE et al. (1991) considèrent même que l'arganier est un rempart contre la désertification dans les zones pré sahariennes.

De plus, toutes les parties de l'arbre sont utilisables, que ce soit le bois ou les fruits. De nos jours, l'utilisation d'extraits de feuilles d'arganier en cosmétique ouvre de nouvelles possibilités de valorisation de cet arbre (CHARROUF et al. 2006).

A- Le bois

de l'arganier est utilisé dans la fabrication d'objets destinés à l'exploitation familiale tels que des charrues, des outils et des ustensiles. De plus, ses perches sont adaptées à la construction des habitations. De plus, le bois de l'arganier permet de produire un charbon de qualité supérieure avec un rendement élevé, atteignant un quintal par stère (ALEXANDRE, 1985).

B- Fourrage

L'arganier est largement utilisé comme pâturage pour les troupeaux, en particulier les chèvres (QUEZEL, 2000). Le tourteau d'argan est une nourriture très prisée par les ruminants (CHARROUF, 1995). Les feuilles d'arganier sont très appréciées par les caprins et les camelins, ce qui en fait la principale ressource fourragère en période de sécheresse. De plus, sous l'arbre pousse un tapis herbacé où le cheptel trouve une grande partie de sa nourriture (ERROUATI, 2005).

La pulpe des fruits d'arganier constitue également une source de nourriture équilibrée

pour les animaux : 20% de sucres, 13% de cellulose, 6% de protéines et 2% de matière grasse réelle (FELLAT-ZARROUK et al. 1987). La pulpe est un excellent fourrage pour le bétail, sa valeur fourragère équivalant à 85 kg d'orge pour 100 kg de pulpe (SANDRET, 1957).

C-L'huile d'argan

est un produit précieux et très recherché, extrait du fruit de l'arganier (QUEZEL, 2000). Elle est utilisée à la fois dans l'alimentation et comme produit de beauté. On lui attribue des propriétés bénéfiques pour la peau, telles que l'hydratation, la lutte contre le vieillissement cutané, le traitement de l'acné juvénile, de la varicelle et des rhumatismes, ainsi que la prévention de l'athérosclérose chez les patients à risque (CHARROUF, 1998).

L'analyse de la composition chimique de l'huile d'argan met en évidence sa richesse en acides gras insaturés, qui représentent 78,36% de sa composition. Elle contient en moyenne 46,67% d'acide oléique et 31,49% d'acide linoléique. Les acides gras saturés, quant à eux, représentent 21,63% de la composition totale, principalement sous la forme d'acide palmitique (15,75%) et d'acide stéarique (5,48%) (DEBBOU, 2003).

I.6.Principaux Ennemis de L'arganier

I.6.1. Les insectes nuisibles

L'arganier semblait exempt de nuisibles, seule la mouche des fruits *Ceratitis capitata*, connue pour attaquer les agrumes, parvient à affecter les fruits de l'arbre. En plus de certains insectes, on peut mentionner les orthoptères, les coléoptères et les homoptères (Nasri, 2014).

I.6.2. Les mammifères

Certains rongeurs, tels que l'écureuil de Barbarie, *Atlantoxerus gentulus* L, et le rat d'arganier, peuvent causer des dommages en consommant les graines ou les amandes (Nasri, 2014).

I.6.3. Les maladies cryptogamiques

À l'exception de quelques lichens qui peuvent se développer sur le tronc des arbres proches du littoral, aucune maladie cryptogamique n'a été identifiée à ce jour (Nasri, 2014).

I.1.Définition du processus de germination

La germination est définie comme le processus complet qui conduit une graine sèche à germer, commençant par l'absorption d'eau et se terminant par l'allongement de l'axe embryonnaire (Hopkins, 2003). Une graine est considérée comme germée lorsque la radicule a percé les enveloppes et est visiblement allongée (Bewley, 1997). La germination s'arrête lorsque les plantules émergent à la surface du sol. La germination se déroule en trois étapes successives :

- La phase d'imbibition est un phénomène d'absorption rapide et passive de l'eau, qui pénètre par capillarité dans les enveloppes (Chaussant et Deunff, 1975).
- La phase de germination est très importante car elle conditionne la croissance ultérieure (Côme, 1982).
- La phase de croissance se caractérise par une augmentation de la respiration et de l'absorption d'eau.

Tous les facteurs qui entravent la germination sont des facteurs qui entravent le développement d'embryons non dormants placés dans des conditions appropriées (Mazliak, 1982) .

I.2. Morphologie et physiologie de la germination

I.2.1. Morphologie de la germination

Lors de la germination, la graine absorbe de l'eau et se dilate, la coque se fissure et la radicule émerge et se dirige vers le centre grâce à une gravitropisme positif. Ensuite, la tige émerge et s'allonge vers le haut. La coque de la graine se dessèche et tombe.

II.2.2. Physiologie de la germination

Pendant la germination, la graine se réhydrate et consomme de l'oxygène pour oxyder ses réserves afin d'obtenir l'énergie nécessaire. La perméabilité de la coque et le contact avec les particules du sol conditionnent l'absorption d'eau et la pénétration de l'oxygène. Les réserves de toutes sortes sont digérées. (Michel, 1997).

II.2.3. Types de germination

Il existe deux types de germination : la germination épigée se caractérise par l'émergence des cotylédons hors du sol grâce à une croissance rapide de la tige. Le premier entre-nœud donne naissance à l'épicotyle et aux premières feuilles, tandis que les

feuilles primordiales se trouvent au-dessus des cotylédons. En revanche, chez les plantes à germination hypogée, les cotylédons restent dans le sol (Ammari, 2011).

I.3. Condition de la germination

I.3.1. Condition internes de la germination

Les facteurs internes de la germination se rapportent à la graine elle-même, qui doit être vivante, mature, capable de germer (non dormante) et en bonne santé (Jean et al, 1998).

I.3.2. Condition externes de la germination

La germination des graines nécessite la présence de conditions extérieures propices, telles que l'eau, l'oxygène et la température (Soltner, 2007).

I.3.2.1. L'eau

Selon Chaussat et al, (1975), la germination nécessite impérativement de l'eau, qui doit être sous forme liquide. Elle pénètre dans les enveloppes par capillarité. Elle est ensuite dissoute dans les réserves de la graine, afin d'être utilisée par l'embryon, et entraîne le gonflement de leurs cellules, ce qui provoque leur division (Soltner, 2007).

I.3.2.2. L'oxygène

Selon Soltner (2007), la germination nécessite impérativement de l'oxygène. Mazliak (1982) affirme qu'une petite quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination, tandis que Meyer et al. (2004) indiquent que l'oxygène est régulé par les enveloppes, qui servent à la fois de barrière et de réserve

I.3.2.3. La température

La température a deux effets :

soit elle agit directement en accélérant les réactions biochimiques, c'est pourquoi il suffit d'augmenter la température de quelques degrés pour favoriser la germination (Mazliak, 1982), soit elle agit indirectement en influençant la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (Chaussat et al, 1975).

I.4. Phases de la germination

La germination se compose de trois phases successives :

I.4.1. Phase d'absorption

Il s'agit d'un processus rapide et passif d'entrée d'eau. Elle pénètre dans les enveloppes par capillarité (Chaussant et Deunff, 1975).

I.4.2. Phase de germination

Cette phase est très importante car elle conditionne la croissance future (Côme, 1982).

I.4.3. Phase de croissance

Elle se caractérise par une augmentation de la respiration et l'entrée d'eau.

I.5. Différents obstacles de la germination

Les entraves à la germination sont tous les événements qui entravent le développement d'un embryon non dormant placé dans des conditions appropriées (Mazliak, 1982).

La dormance :est un état temporaire dans lequel des graines viables ne peuvent pas germer même dans des conditions favorables. Selon Hilhorst (2007), la dormance se caractérise par une absence quasi totale d'activité métabolique et un manque de développement et de croissance. Les graines qui ne germent pas dans différentes conditions environnementales sont appelées "dormantes", et leur dormance peut affecter soit les enveloppes, soit l'embryon, soit les deux à la fois (Soltner, 2001).

I.5.1. Les inhibitions tégumentaires

Les graines dures sont dormantes en raison de leur imperméabilité à l'eau ou à l'oxygène (Soltner, 2001).

Selon Mazliak (1982), les inhibitions tégumentaires peuvent être définies comme suit les enveloppes des graines sont complètement imperméables à l'eau et les enveloppes séminales ne sont pas suffisamment perméables à l'oxygène.

I.5.2. Dormances embryonnaires

Selon Baskin et Baskin (1998), la dormance embryonnaire est causée par la présence d'un embryon "sous-développé" au moment de la dispersion des graines.

Il y a deux types de dormance embryonnaire : la dormance primaire, où l'embryon peut être dormant au moment de la récolte des graines, et la dormance secondaire, où l'embryon est capable de germer mais perd cette capacité sous l'influence de facteurs défavorables à la germination (Chaussat et al, 1975).

I.6. Problèmes spécifiques de la germination d'arganier

Des études ont démontré que la germination des graines d'arganier est compliquée dans leur état naturel en raison de la perte de leur capacité germinative due aux problèmes de sécheresse (El Mazzoudi et Errafia, 1977).

En effet, la graine d'arganier possède une enveloppe très dure qui entraîne des problèmes d'inhibition et rend aléatoires les germinations en pépinière et lors des semis directs. La germination de la noix d'argan est rare en forêt naturelle ; cela peut être dû aux changements de microclimats survenus suite aux perturbations du biotope de l'arganier (défrichage du sous-bois épineux, labour, récolte des noix, pâturage excessif, etc. (Anonyme, 1976). De plus, la régénération spontanée reste très rare en raison des

conditions difficiles du milieu (M'Hirit, 1989). Cependant, elle peut se produire à la suite d'incendies ou de coupes (Khay, 1989). En réalité, l'arganier se régénère bien par rejets de souches jusqu'à un âge très avancé d'environ 150 à 200 ans (Nouaimet al, 1991).

En raison des difficultés rencontrées dans la multiplication de l'arganier à partir de graines, il y a d'une part la présence d'un noyau central dur entouré d'un péricarpe charnu et épais qui retarde la germination, et d'autre part la propriété de l'embryon (dormance endogène). Le taux de germination est d'autant plus élevé lorsque les graines sont grosses et récemment récoltées, et lorsqu'une légère désinfection est effectuée pour éviter les contaminations responsables de la fonte des semis (Nouaim et Chaussod, 1994). La technique de trempage des graines dans l'eau est suffisante pour obtenir une bonne germination (Chaussod et Nouaim, 1994).

I.7. Techniques utilisées dans la levée des inhibiteurs de la germination

La sortie de la dormance se produit de manière naturelle ou artificielle.

I.7.1. Naturellement

En raison des changements dans les enveloppes causés par les variations de sécheresse et d'humidité, de gel et de réchauffement (Dominique, 2007).

I.7.2. artificiellement

En utilisant diverses méthodes, on peut citer :

I.7.3. La stratification

Ce procédé, utilisé de manière empirique depuis longtemps, consiste à placer les graines dans un milieu humide et froid (comme la terre, le sable ou la tourbe) pendant une période déterminée en fonction de l'espèce (Jeam et al, 1998).

I.7.4. Froid

Il s'agit d'une méthode qui implique de placer les graines au froid à des températures basses mais supérieures à zéro (Mazliak, 1998).

La quantité de froid nécessaire pour obtenir ce résultat, c'est-à-dire la température à appliquer et la durée du traitement, dépend bien sûr de l'espèce ou de la variété considérée (Mazliak, 1998).

I.7.5. Lixiviation

En utilisant le processus de trempage ou de lavage à l'eau, on peut éliminer les substances inhibitrices solubles dans l'eau (Jeam et al, 1998).

II.7.6. Traitements oxydants

Il a été fréquemment recommandé d'utiliser de l'eau oxygénée pour améliorer la germination en pensant qu'elle apporte de l'oxygène à l'embryon (Mazliak, 1982).

I.7.7. Scarification

Souvent, il suffit de blesser plus ou moins profondément les enveloppes pour faciliter la germination. Cela peut être fait de différentes manières, mécaniquement (en coupant, en piquant, en enlevant les enveloppes...) ; (Cherffaoui, 1987), ou chimiquement (en trempant les graines dans de l'acide sulfurique concentré (H₂SO₄), ou en les lyophilisant dans de l'azote liquide...) ; (Jeam et al, 1998).

I.8. Amélioration du taux de germination des graines

Dans le but d'améliorer le taux de germination des graines, on utilise différents traitements. Les plus efficaces peuvent être regroupés en deux catégories principales

I.8.1. Traitements humides

Cela implique l'utilisation d'eau bouillante ou chaude, d'acides, de solvants organiques, d'alcool, etc...

I.8.2. Trempage dans l'eau

Certaines graines peu résistantes à la germination réagissent positivement à une immersion de 24 heures dans de l'eau à la température ambiante (Kemp, 1975).

I.8.3. Eau chaude

La germination est généralement favorisée par l'ébullition et le trempage dans de l'eau chaude (entre 60 et 90°C) est tout aussi efficace que le trempage à 100°C, mais présente moins de risques de dommages à des températures plus basses (Clemens et al, 1977).

I.8.4. Eau bouillante

Une méthode couramment utilisée consiste à plonger les graines dans de l'eau bouillante (100°C) à raison de 4 à 10 fois leur volume. Ensuite, on éteint le feu et on les laisse tremper dans l'eau qui refroidit progressivement pendant 12 à 24 heures (Delwaille, 1979).

I.8.5. Traitement à l'acide

L'acide sulfurique concentré est le produit chimique le plus couramment utilisé pour éliminer la dormance des téguments.

I.8.6. Traitements à sec

Par des moyens tels que la chaleur sèche, les micro-ondes, la percussion, la scarification manuelle ou mécanique.

I.8.7. Chaleur sèche et feu

La lumière du soleil seule ne favorise pas la germination, mais elle est un élément essentiel du processus de traitement par alternance d'humidification et de séchage.

I.8.8. Scarification manuelle

On la considère comme l'une des méthodes de prétraitement les plus sûres. Il est fort probable que le pourcentage de germination qui en résulte soit très proche de la capacité germinative.

I.8.9. Micro-ondes

Ce traitement a un effet similaire à celui de l'eau bouillante, cependant les graines restent sans humidité. (Wahbi et al, 2010).

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. - Présentation de la région d'étude

Situations géographiques

L'Arganier se trouve naturellement en Algérie, à Tindouf, dans la partie Nord-ouest de la wilaya. Il est principalement présent dans les lits d'oueds en association avec d'autres espèces telles que *l'Acacia raddiana* et *Rondoniaafricana*, entre autres. Cependant, des plantations d'Arganier ex-situ ont été réalisées dans plusieurs régions de l'Algérie, comme dans notre cas d'étude :

II.2.1. Matériel végétal

Tous le matériel végétal utilisé dans ce travail expérimental s'agit de 120 graines Arganier (*Argania Spinosa L. Skeels*) à maturité complète Il a été apporté par la Préfecture des Forêts

2. Sol

Le sol utilisé dans notre expérience est un sol agricole tamisé à une granulométrie de 2 mm, situé à la Faculté des Sciences Exactes et des Sciences Naturelles et de la Vie de l'Etat de Tébessa

II.3. Matériel d'expérimentation

Durant les essais et les mesures des différents paramètres de l'étude de germination 12 graines de l'arganier de Tindouf a été trempées pendant 24 heures dans les substances indiquées dans le tableau 01, puis transférées dans les jarres de léonard placées sous serre.

Tableau 01 : Différentes substances utilisées pour la levée de dormance

Nacl	AG3	H ₂ SO ₄	Eau distillée
4g/L	1g/L	10ml/L	
6g /L	2g/L	15ml/L	contrôle
8g/L	4g/L	20ml/L	

II.4. Les indices de germination standard

Pourcentage de germination finale (PGF%)

Il a été compté 8 jours après la plantation selon l'équation suivante décrite par Ellis et Roberts (1981).

$$PGF = \frac{\text{nombre de graines germés}}{\text{nombre totale des graines semi}} \times 100$$

II.5. Indice de vitesse de germination (IVG)

Compté par l'équation suivante indique par l'association internationale d'essais de semences (ISTA, 1996):

$$IVG = \frac{\text{Nombre de grains germé} + \dots + \text{Nombre de grains germés nombre de jour du dernier}}{\text{Nombre de jour du premier comptage} + \dots + \text{Nombre du jour du dernier}}$$

II.6. Pourcentage d'énergie de germination (GE %)

Il est déterminé par le pourcentage de graines germées au premier comptage (4 jours après le semis) par rapport au nombre total de graines testées comme indiqué par Ruan et al. (2002)

$$EG = \frac{\text{Nombre de graines germeés après quatre jours}}{\text{Nombre de graines testés}}$$

II.7. Indice de germination (IG %)

Il a été calculé comme indiqué dans la formule suivante Karim et al. (1992) sous la forme de l'équation suivante :

$$GI = \frac{\text{pourcentage de germination dans chaque traitement}}{\text{Pourcentage de germination dans le témoin}}$$

II.8. Coefficient de germination (CG)

Il a été compté à l'aide de l'équation suivante selon Copeland (1976):

$$CG = \frac{100(A_1 + A_2 + \dots + A_n)}{A_1 + T_1 + A_2 + T_2 + \dots + A_n + T_n}$$

Où;

A = Nombre de graines germées.

T = Temps (jours) correspondant à A.

n = nombre. de jours jusqu'au décompte final.

II.9. Indice de vitesse de germination (SGI)

Compté par l'équation suivante (ISTA, 1996):

$$SGI = \frac{\text{Nombre de graines germée} + \dots + \text{Nombre de grains germées}}{\text{Nombre de jour de premier comptage} + \dots + \text{Nombre du jour des dernier comptage}}$$

A : Nombre de grains germés T

N : Nombre de jour pour le comptage

7. Paramètres agronomiques

les paramètres agronomiques se résument dans la mesure des longueurs des parties aérienne et racinaire, pesées des poids frais et secs des plantules après dessiccation à 80°C pendant 24h (Ngando, 2022), la surface foliaire est déterminée par l'équation suivante selon (Shabani et Sepaskhah, 2017)

$SF = \text{largeur de la feuille} \times \text{longueur de la feuille} \times \text{terme correctif}$

Terme correctif = 0,78

8. Les analyses statistiques

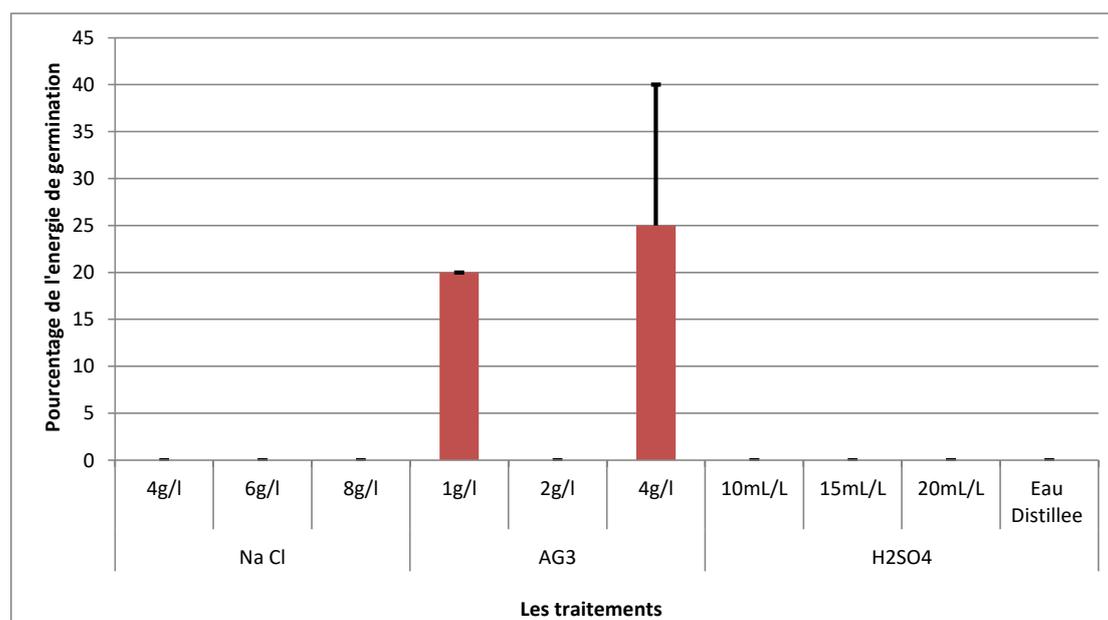
Les analyses statistiques étaient réalisées par une ANOVA en utilisant un modèle linéaire généralisé (GLM), suivie par une comparaison par rapport au contrôle en utilisant un test de DUNNET à un seuil de signification $\alpha = 5\%$ par le logiciel Minitab 2019.

Chapitre III: Résultats et discussion

9. Etude des indices de germination :

9.1. Pourcentage de l'énergie de germination

Le traitement avec NaCl, H₂SO₄ et de l'eau distillée a montré peu ou pas d'énergie de germination, tandis que le traitement avec AG3 a montré une augmentation significative de l'énergie de germination. Les concentrations plus élevées d'AG3 ont montré une amélioration de l'énergie de germination. L'AG3 semble être le traitement le plus efficace pour améliorer l'énergie de germination.



Fig(2) : Effet des traitements sur le Pourcentage de l'énergie de germination

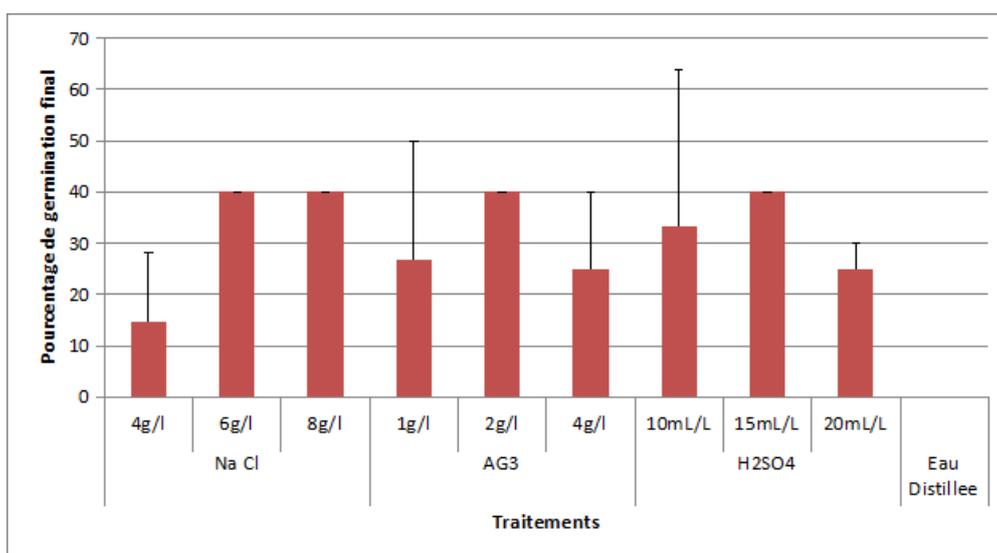
Les résultats de l'analyse de la variance montrent que ni les traitements, ni les concentrations, ni leur interaction n'ont un effet statistiquement significatif sur la réponse EG. Les valeurs de F et de p indiquent que ces facteurs n'ont pas d'impact significatif au niveau de signification de 0,05. Les résultats sont présentés dans le Tableau(2)

Tab.2. : Analyse de la variance Pourcentage de l'énergie de germination

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr :Traitements	3	408,3	136,11	2,88	0,057 NS
Concentrations	2	105,6	52,78	1,12	0,343 NS
Tr*Concentrations	6	316,7	52,78	1,12	0,382 NS
Erreur	24	1133,3	47,22		
Total	35	1963,9			

9.2. Pourcentage de germination final :

Le traitement au H₂SO₄ à 15ml/l a donné le taux de germination le plus élevé (40%), suivi par le traitement au NaCl à 6g/l (35%). Les concentrations plus élevées de NaCl et d'AG3 ont également amélioré la germination, mais pas autant que le H₂SO₄. L'eau distillée a donné un taux de germination inférieur aux traitements chimiques. le H₂SO₄ à 15ml/l s'est avéré être le traitement le plus efficace pour promouvoir pourcentage de germination final des graines parmi ceux évalués.



Fig(3) :Effet de traitement sur le pourcentage de germination final

L'analyse de variance (ANOVA) montre que seul le facteur "Traitements" a un effet significatif sur la variable dépendante FGP, tandis que les "Concentrations" et leur interaction avec les traitements n'ont pas d'effet significatif, les résultats sont présentés dans le tableau(3) , L'analyse statistique utilisant la méthode de comparaison multiple de Dunnett a montré que les traitements Tr2 et Tr1 étaient significativement différents du contrôle, tandis que le traitement Tr3 ne présentait pas de différence significative. Cette approche rigoureuse permet d'identifier les traitements ayant un effet réel par rapport au contrôle tout en contrôlant le taux d'erreur global

Tab .3 . Analyse statistique des pourcentages de germination finale

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr :Traitements	3	3425,2	1141,74	3,89	0,021*
Concentrations	2	128,7	64,33	0,22	0,805
Tr*Concentrations	6	2003,8	333,96	1,14	0,370

Erreur	24	7037,3	293,22
Total	35	12595,0	

Tab 4 : Comparaison multiple des moyenne PGF test de DUNETT

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Contrôle)	9	0,0000	A
2	9	24,4444	
1	9	22,6667	
3	9	12,2222	A

9.3.Indice de vitesse de germination :

Le graphique à barres illustre les taux de vitesse de germination pour différents traitements, mettant en évidence des différences marquées entre les traitements AG3, NaCl, H₂SO₄ et l'eau distillée. Le traitement AG3 à 1 g/L se démarque avec le taux le plus élevé (~2,7), tandis que les traitements au NaCl et à l'acide sulfurique présentent des taux de vitesse de germination inférieurs, quel que soit leur concentration. L'eau distillée affiche un faible taux de vitesse de germination (~0,3), comparable aux traitements les moins efficaces au NaCl et à l'acide sulfurique. Ces résultats mettent en lumière l'impact significatif des différents traitements sur la vitesse de germination.

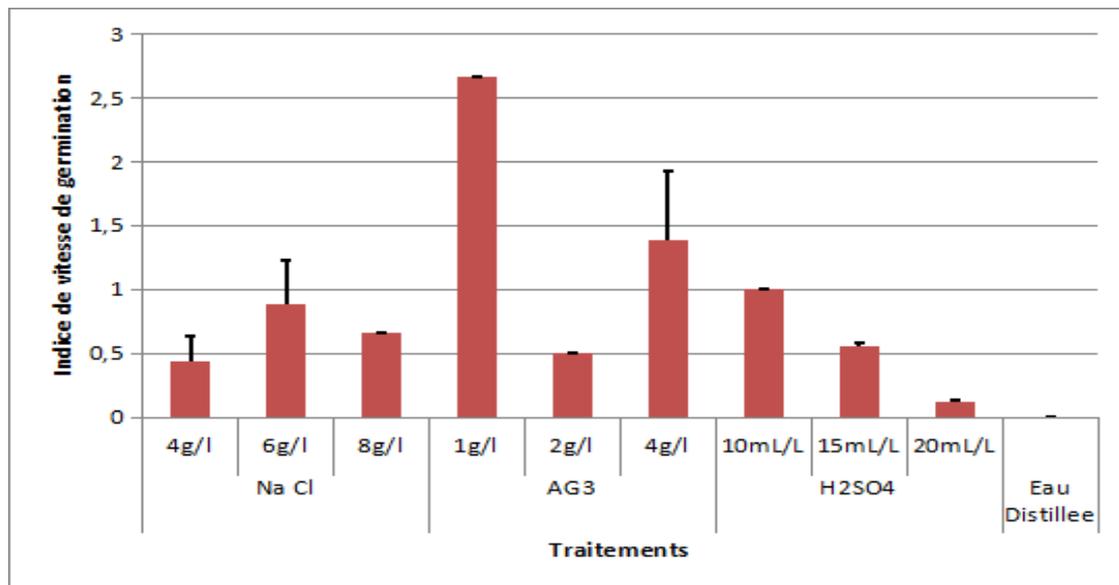


Fig (4) :Effet des traitement sur indice de vitesse de germination

L'analyse de variance (ANOVA) montre que les traitements ont un effet significatif sur le SGI, tandis que les concentrations et l'interaction entre traitements et concentra-

tions n'ont pas d'impact significatif. Les changements dans le SGI sont principalement dus aux traitements. Les résultats sont présentés dans le tableau (3). L'analyse des comparaisons multiples de Dunnett pour SGI avec un contrôle a révélé que seul le traitement Tr2 avait un effet significatif par rapport au groupe de contrôle, tandis que les traitements Tr1 et Tr3 n'avaient pas d'effet significatif. Cela suggère que le traitement Tr2 peut avoir un impact particulier sur la variable mesurée.

Tab.5. Analyse statistique des indices de vitesse de germination

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr : Traitements	3	3,7181	1,23937	4,75	0,010*
Concentrations	2	0,0628	0,03139	0,12	0,887
Tr*Concentrations	6	3,1729	0,52882	2,03	0,101
Erreur	24	6,2627	0,26095		
Total	35	13,2166			

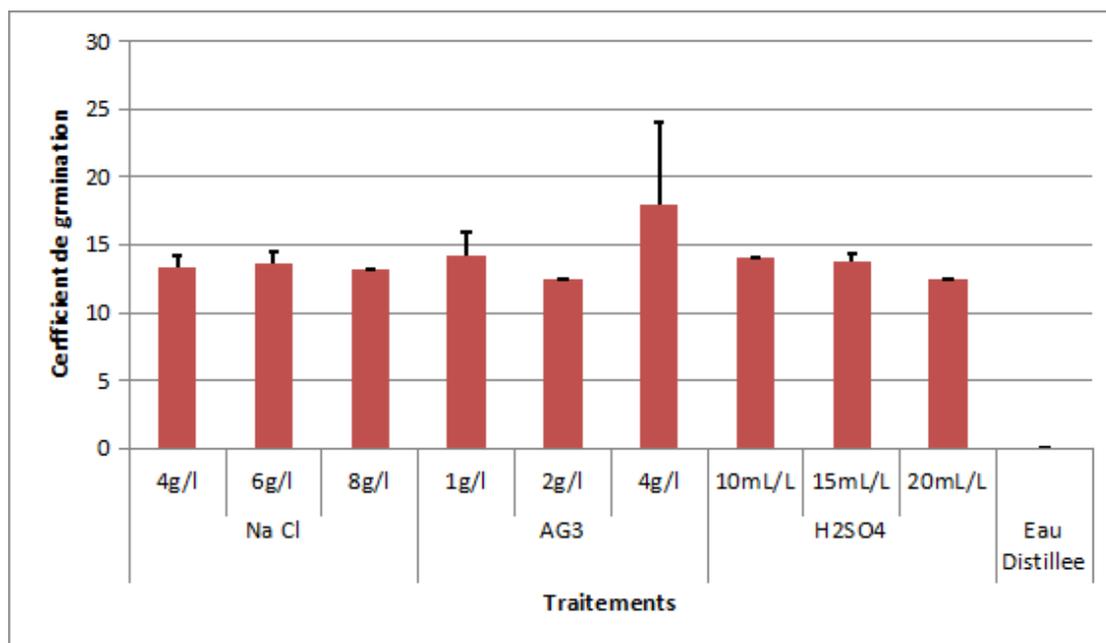
Tab.6. Comparaison multiple des moyenne SGI

test de DUNETT

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Con- trôle)	9	0,000000	A
2	9	0,870370	
1	9	0,518519	A
3	9	0,263889	A

9.4. Coefficient de germination :

Après avoir examiné les données du graphique, nous pouvons conclure que le traitement avec AG3 à une concentration de 4g/l semble être le plus efficace pour la germination des graines. Les traitements avec NaCl et H₂SO₄ semblent avoir des effets moins prononcés sur la germination, tandis que le traitement avec de l'eau distillée montre un effet inhibiteur sur la germination. Ces résultats suggèrent que l'AG3 à une concentration de 4g/l pourrait être un traitement potentiellement bénéfique pour favoriser la germination des graines.



Fig(5) :Effet des traitements sur le coefficient de germination

Les résultats de l'analyse de la variance montrent un effet significatif des traitements sur la variable GI, avec une p-value de 0,011. En revanche, les concentrations et l'interaction entre les traitements et les concentrations n'ont pas montré d'effets significatifs, avec des p-values de 0,823 et 0,467 respectivement. Ainsi, seuls les traitements ont un impact significatif sur la variable GI, alors que les concentrations et leur interaction n'ont pas d'influence notable. Les résultats sont présentés dans le tableau (4). L'analyse de comparaisons multiples de Dunnett a montré que les traitements Tr2, Tr1 et Tr3 ont des effets significatifs par rapport au groupe de contrôle. Ces résultats suggèrent que ces traitements ont un impact sur la variable mesurée (CG). Il est important de continuer à étudier ces effets et à approfondir la compréhension des mécanismes sous-jacents pour aider à orienter les décisions de traitement dans le futur.

Tab.7. Analyse de la variance de coefficient de germination

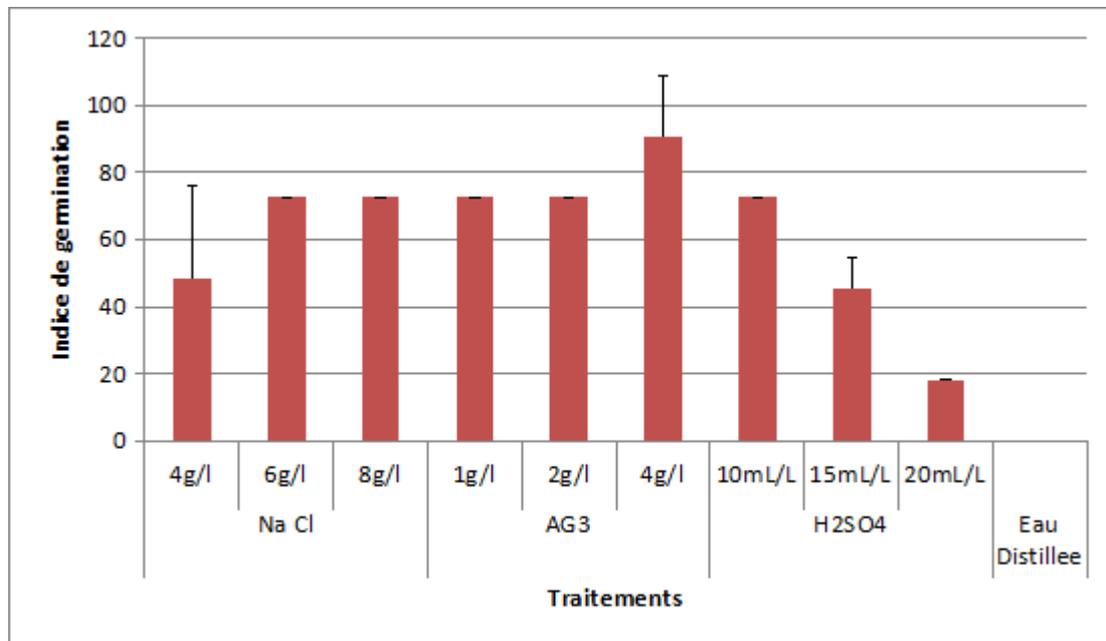
Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr : Traitements	3	662,30	220,766	6,62	0,002**
Concentrations	2	6,27	3,136	0,09	0,911
Tr*Concentrations	6	486,08	81,013	2,43	0,056
Erreur	24	800,19	33,341		
Total	35	1954,84			

Tr	N	Moyenne	Groupe
4 (Contrôle)	9	0,0000	A
2	9	10,5620	
1	9	10,4319	
3	9	7,4021	

Tab.8. Comparaison multiple des moyenne PGF test de DUNETT

9.5.Indice de germination :

Globalement, le traitement avec 4g/l d'AG3 présente le meilleur taux de germination, suivis par les traitements à base de NaCl. En revanche, le traitement avec H₂SO₄ à une concentration de 20ml/l affiche les résultats les plus bas en termes de germination des graines.



Fig(6)Effet de traitement sur l'indice de germination

Selon les comparaisons multiples de Dunette, la moyenne du groupe A est significativement plus élevée que celle du contrôle, ce qui est indiqué par l'étiquetage de la moyenne du groupe A avec un "A". Ces résultats suggèrent une différence significative entre le groupe A et le contrôle, ce qui peut indiquer un effet potentiel du traitement ou de la variable étudiée. Il est important de tenir compte de ces différences lors de l'interprétation des résultats et dans la prise de décisions basée sur ces données. Les résultats sont présentés dans le tableau(6), La méthode de comparaison multiple de Dunnett a été utilisée pour comparer les moyennes de quatre groupes de traitement à un groupe contrôle. Les résultats montrent que les groupes 1 et 2 sont significative-

ment différents du groupe contrôle, tandis que le groupe 3 ne présente pas de différence significative.

Tab.9. Analyse statistique de l'indice de germination

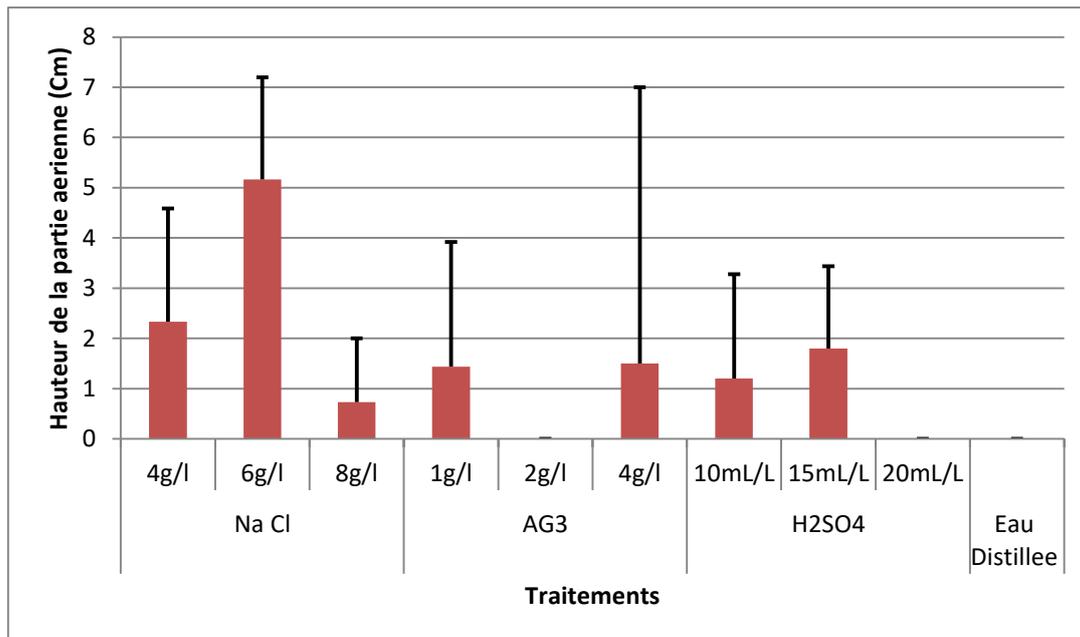
Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr	3	13544,5	4514,8	4,60	0,011*
Concentrations	2	385,7	192,8	0,20	0,823
Tr*Concentrations	6	5711,7	951,9	0,97	0,467
Erreur	24	23581,3	982,6		
Total	35	43223,1			

Tab.10. Comparaison multiple des moyenne GI test de DUNETT

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Con- trôle)	9	0,0000	A
1	9	48,4848	
2	9	44,4444	
3	9	22,2222	A

10.1. Hauteur de la partie aeriene :

L'illustration compare la hauteur des plantes sous différents traitements, montrant que le NaCl à 6g/l favorise la croissance, tandis que des concentrations élevées de NaCl et H₂SO₄ inhibent la croissance. L'AG3 et l'eau distillée ont peu d'effet. Ces résultats suggèrent que des concentrations modérées de certains traitements peuvent stimuler la croissance des plantes, tandis que des concentrations élevées peuvent être toxiques.



Fig(7) :Effet de traitement sur la hauteur de la partie aérienne

L'analyse de modèle linéaire général (GLM) a montré que le traitement (Tr) a un impact significatif sur la variable dépendante HPA, tandis que les concentrations n'ont pas d'effet significatif. L'interaction entre le traitement et les concentrations est proche du seuil de signification. Les résultats sont présentés dans le tableau (7), le groupe 1 semble être le plus prometteur en termes d'efficacité par rapport au groupe de contrôle, tandis que les groupes 2 et 3 ne semblent pas avoir un effet significatif. Cela indique que le traitement du groupe 1 pourrait être une option intéressante à explorer davantage, tandis que les traitements des groupes 2 et 3 pourraient nécessiter des ajustements ou des investigations supplémentaires.

Tab.11. Analyse statistique des effets de traitement sur l'hauteur de la partie

Aérienne

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr	3	34,726	11,575	4,33	0,014*
Concentrations	2	5,705	2,852	1,07	0,360
Tr*Concentrations	6	37,886	6,314	2,36	0,062
Erreur	24	64,133	2,672		
Total	35	142,450			

Tr	N	Moyenne	Groupe
4 (Contrôle)	9	0,00000	A
1	9	2,74444	
2	9	1,25556	A
3	9	1,00000	A

Tab.12. Comparaison multiple des moyenne HPA test de DUNETT

10.2. Longueur des racines :

L'étude examine les effets de différents traitements chimiques sur la longueur des racines des plantes, en utilisant des concentrations variées de NaCl, AG3 et H₂SO₄, ainsi que de l'eau distillée comme témoin. Les résultats montrent des effets variés, tels qu'une stimulation suivie d'un stress à des concentrations plus élevées pour le NaCl, un effet hormétique pour l'AG3, et une stimulation initiale suivie d'une inhibition à des concentrations plus élevées pour le H₂SO₄. L'eau distillée sert de base de comparaison. En conclusion, les effets des traitements varient selon la substance et la concentration, allant de la stimulation à l'inhibition de la croissance des racines.

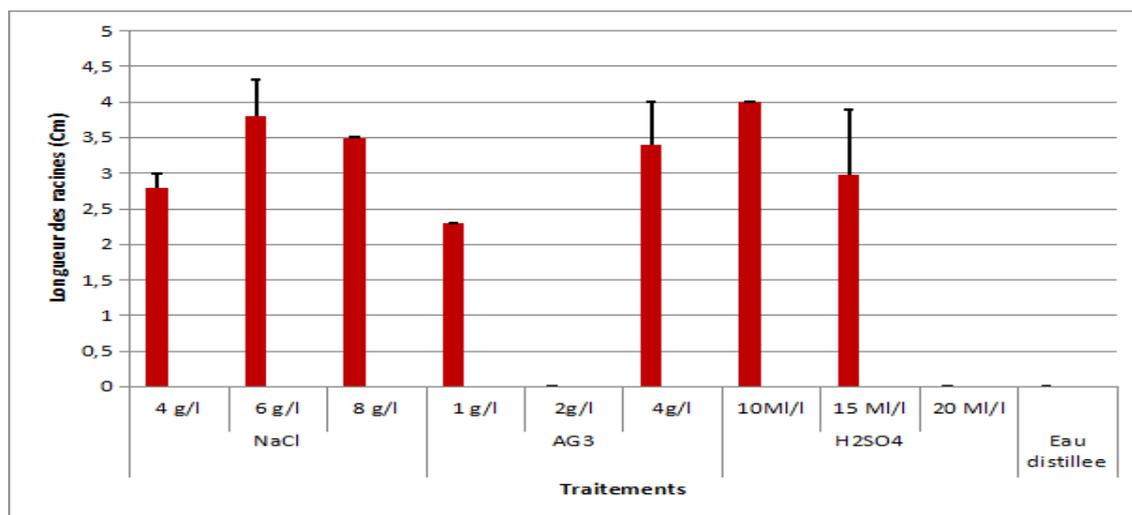


Fig.(8) :Effet de traitement sur la longueur des racines

Analyse de modèle linéaire général (GLM) a révélé que seul le facteur "Tr" (Traitement) a un impact significatif sur la variable LPR, avec une valeur p très hautement significative. En revanche, les "Concentrations" et l'interaction entre "Tr" et "Concentrations" n'ont pas montré d'effets substantiels. Les résultats sont présentés dans le tableau (8). Le traitement appliqué au groupe 1 semble avoir un impact significatif sur la variable LPR par rapport au groupe de contrôle, tandis que les traitements des groupes 2 et 3 n'ont pas montré de différences significatives. Il serait donc recommandé de poursuivre les investigations sur le traitement du groupe 1 pour mieux comprendre son effet sur la variable LPR.

Tab.13. Analyse statistique d'effet des traitements sur la longueur des racines

Source	DL	SomCar ajust	CM Valeur ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr	3	35,540	11,847	8,86	0,000***
Concentrations	2	2,860	1,430	1,07	0,359
Tr*Concentrations	6	7,112	1,185	0,89	0,520
Erreur	24	32,076	1,336		
Total	35	77,587			

Tab.14. Comparaison multiple des moyenne LPR test de DUNETT

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Con- trôle)	9	0,00000	A
1	9	2,69951	
2	9	1,05633	A
3	9	0,67717	A

10.3. Le poids frais (PF) :

Le graphique montre l'effet de différents traitements chimiques sur le poids frais des racines des plantes. Une concentration modérée de NaCl favorise la croissance des racines, tandis que des concentrations plus faibles et plus élevées ont des effets inhibiteurs. L'AG3 montre des effets stimulants à des concentrations faibles et élevées, mais inhibiteurs à une concentration intermédiaire. Le H₂SO₄ stimule légèrement la croissance à des concentrations faibles et l'inhibe fortement à des concentrations élevées. Le traitement témoin à l'eau distillée montre un poids frais minimal. Les résultats soulignent l'importance des concentrations dans l'effet des traitements chimiques sur la croissance des racines.

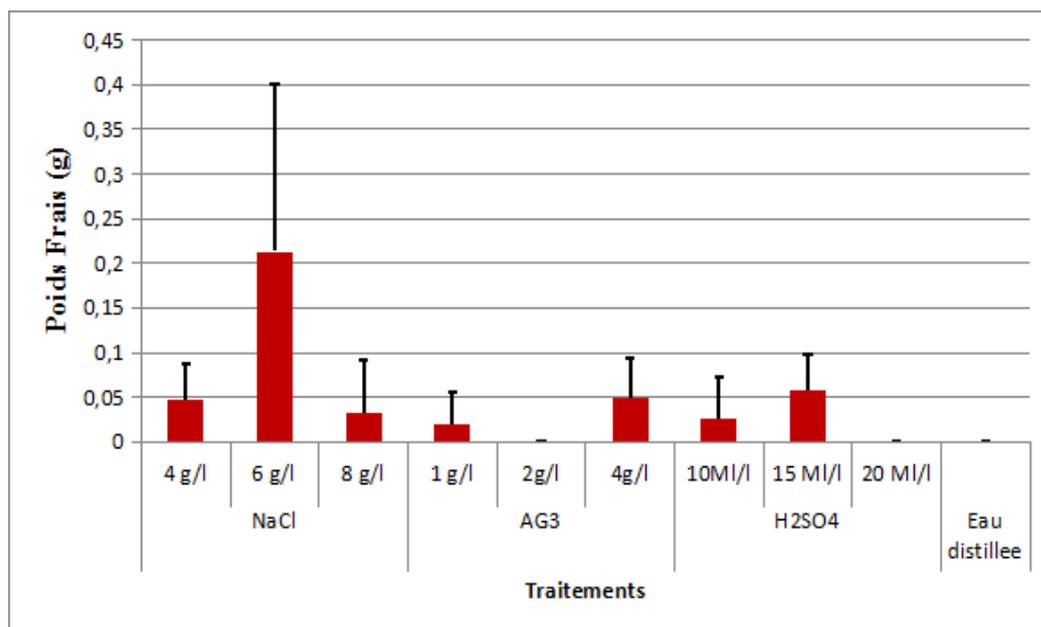


Fig.(9) :Effet des traitement sue le poids frais

L'analyse de variance montre que le traitement (Tr) a un effet très significatif sur la variable PF, tout comme l'interaction entre le traitement et les concentrations. Cependant, l'effet des concentrations seules n'est pas significatif. Il est donc recommandé de prêter une attention particulière à l'effet du traitement et de l'interaction avec les concentrations lors de l'analyse des données dans tableau(8),Ainsi, il est crucial de poursuivre la recherche pour déterminer les mécanismes sous-jacents à l'effet observé dans le groupe 1, et éventuellement explorer d'autres variables qui pourraient être influencées par ce traitement. Ces résultats peuvent avoir des implications importantes pour la prise en charge des patients et la mise en place de stratégies de traitement efficaces.

Tab.15.Analyse statistique d'effet des traitements sur le poids frais

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr	3	0,07713	0,025710	7,23	0,001**
Concentrations	2	0,01636	0,008181	2,30	0,122
Tr*Concentrations	6	0,07259	0,012098	3,40	0,014*
Erreur	24	0,08535	0,003556		
Total	35	0,25142			

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Contrôle)	9	0,000000	A
1	9	0,120046	
2	9	0,048753	A
3	9	0,014960	A

Tab.16.Comparaison multiple des moyenne PF test de DUNETT

10.4.Poids sec :

L'étude des effets des traitements chimiques tels que le chlorure de sodium, l'acide gibbérélique et l'acide sulfurique sur le poids sec des racines montre des résultats variés. Le NaCl a un effet positif à des concentrations modérées mais devient toxique à des concentrations élevées. L'AG3 montre un effet positif à une concentration plus élevée, tandis que l'H₂SO₄ favorise la croissance à des niveaux plus faibles. Ces résultats soulignent l'importance de la concentration et du type de traitement chimique sur la croissance des racines.

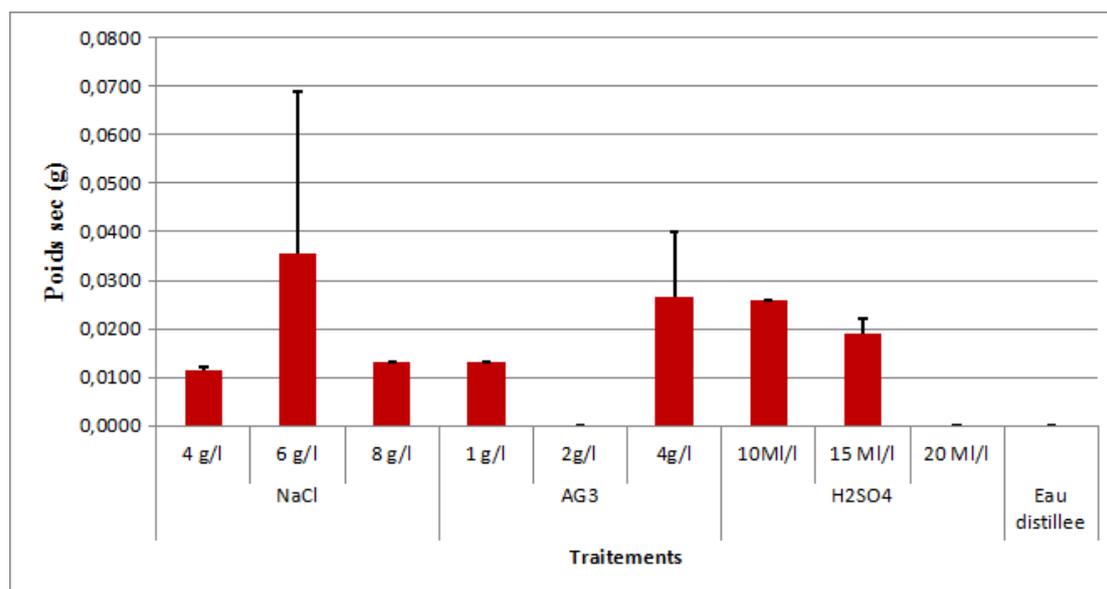


Fig.(10) :Effet des traitement sue le poids sec

L'analyse de variance réalisée montre que les concentrations et leur interaction avec le facteur Tr ont un impact très significatif sur la variable PS, tandis que le facteur Tr seul n'a pas d'effet significatif. Il est donc important de tenir compte des concentrations et de leur interaction avec Tr lors de l'évaluation de la variable PS. des résultats suggère que les traitements appliqués aux groupes 1, 2 et 3 ont un impact sur la variable PS, ce qui pourrait avoir des implications importantes dans le contexte de l'étude. Il serait donc recommandé de poursuivre les analyses pour mieux comprendre la nature de ces effets et éventuellement adapter les traitements en conséquence.

Tab.17. Analyse statistique d'effet des traitements sur le poids sec

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr	3	0,001973	0,000658	6,10	0,003**
Concentrations	2	0,000092	0,000046	0,43	0,657
Tr*Concentrations	6	0,003147	0,000525	4,87	0,002**
Erreur	24	0,002588	0,000108		
Total	35	0,007800			

Tab.18. Comparaison multiple des moyenne PS test de DUNETT

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Con-trôle)	9	0,0000000	A
1	9	0,0200556	
3	9	0,0150000	
2	9	0,0131667	

10.5. Rapport PS/PF :

les traitements au NaCl présentent des ratios PS/PF bas et constants aux concentrations de 4 g/l, 6 g/l et 8 g/l. Les traitements AG3 montrent un ratio PS/PF plus élevé à 1 g/l, mais les données manquent pour les concentrations plus élevées. Les traitements H₂SO₄ montrent des ratios PS/PF plus élevés aux concentrations de 10 M/l et 15 M/l, mais le ratio diminue à 20 M/l. L'eau distillée ne présente pas de données de ratio PS/PF. Globalement, les concentrations plus élevées de H₂SO₄ montrent une augmentation du ratio PS/PF, tandis que les traitements au NaCl restent constants et bas.

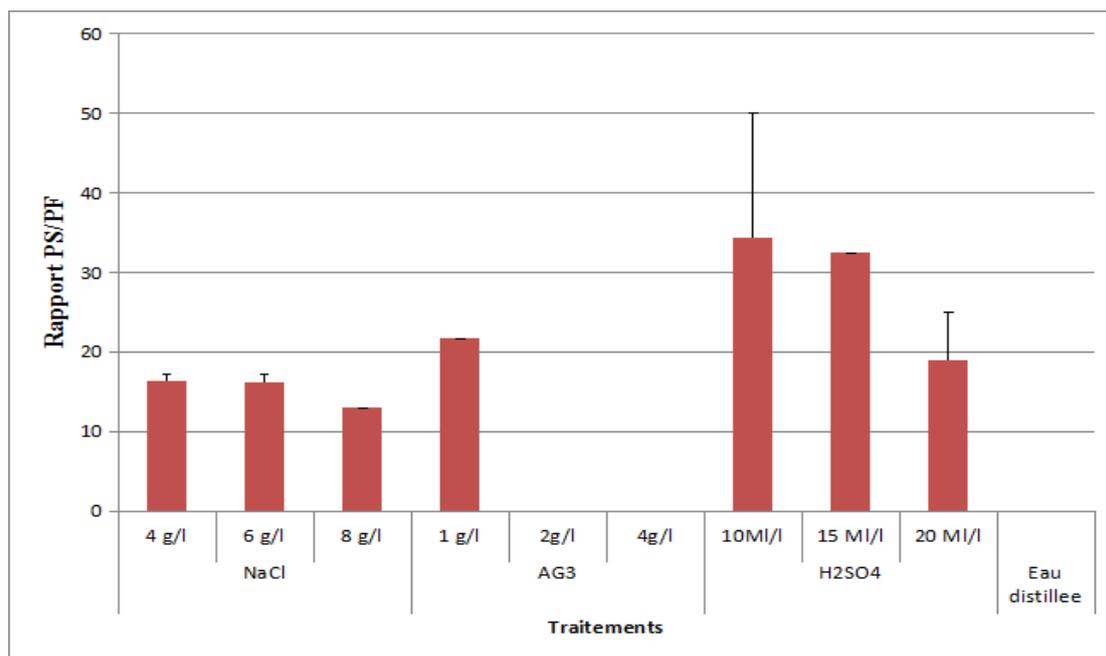


Fig.(11) :Effet de traitement sur le rapport PS/PF

Les résultats de l'analyse de variance (ANOVA) pour un modèle linéaire général étudiant l'impact des facteurs "Tr", "Concentrations" et de leur interaction sur la variable dépendante. Les résultats indiquent que les facteurs "Tr", "Concentrations" et leur interaction ont une différence très hautement significative sur la variable dépendante, avec des valeurs de F élevées pour chaque facteur. Ces résultats suggèrent que les différentes concentrations et types de traitement ont un effet très hautement significatif sur la variable étudiée. Les groupes 1, 2 et 3 ont des moyennes significativement différentes de celle du groupe de contrôle (Groupe 4) pour la variable PS/PF, avec des valeurs beaucoup plus élevées. Ces résultats suggèrent que les traitements appliqués à ces groupes ont un effet significatif sur la variable étudiée. Il pourrait être pertinent de mener des études supplémentaires pour mieux comprendre la nature et les implications de ces effets observés.

Tab.19. Analyse statistique des rapport PS/PF

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr	3	2003,8	667,94	27,97	0,000***
Concentrations	2	487,7	243,85	10,21	0,001**
Tr*Concentrations	6	2937,0	489,49	20,50	0,000***
Erreur	24	573,1	23,88		
Total	35	6001,6			

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Con-trôle)	9	0,0000	A
2	9	18,6508	
3	9	17,1294	
1	9	15,2166	

Tab.20.Comparaison multiple des moyenne PS/ PF test de DUNETT

10.6.Nombre des feuilles(NBRF) :

Le diagramme présente les taux de survie des plantes soumises à différents traitements, dont les concentrations en g/l ou M/l de NaCl, AG3 et H₂SO₄, ainsi qu'un groupe témoin d'eau distillée.

Principaux constats :

- Les plantes traitées avec 6 g/l de NaCl affichent le meilleur taux de survie, bien que les résultats varient considérablement.
- Les taux de survie des plantes traitées au NaCl à 4 g/l et 8 g/l sont plus stables mais légèrement moins élevés que ceux à 6 g/l.
- Les traitements avec AG3 montrent des taux de survie plus faibles, avec 1 g/l étant plus efficace que 2 g/l.
- Les plantes traitées avec H₂SO₄ à 4 g/l montrent un taux de survie relativement élevé, tandis que les concentrations plus élevées de 10 M/l, 15 M/l et 20 M/l entraînent de faibles taux de survie.
- Le groupe témoin d'eau distillée montre des taux de survie nuls.

En conclusion, certains niveaux de concentrations de NaCl et H₂SO₄ favorisent la survie des plantes, alors que l'AG3 et l'eau distillée affichent des résultats moins favorables.

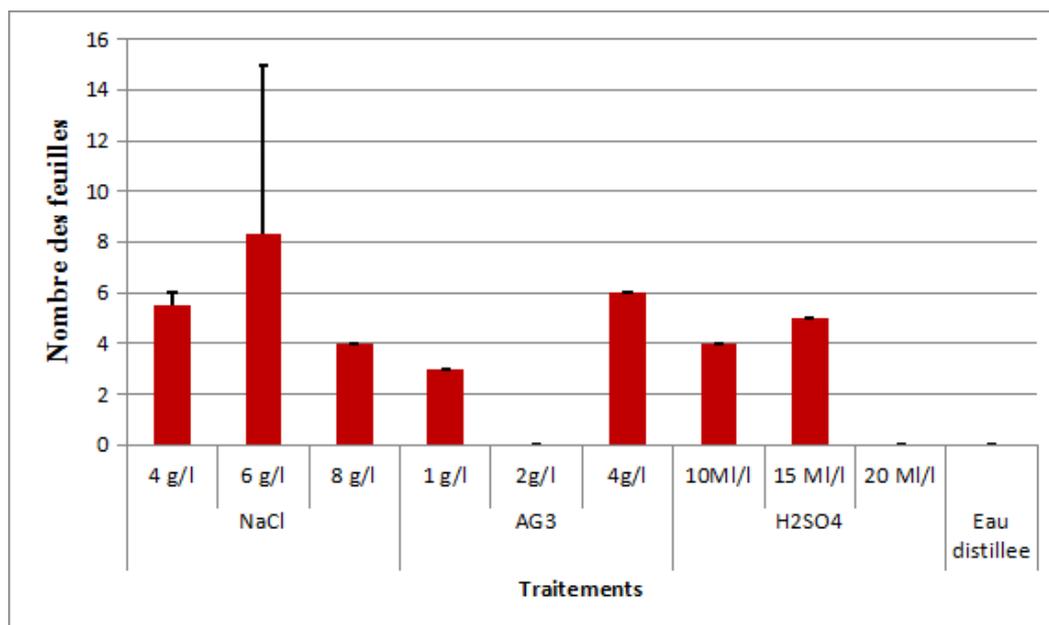


Fig.(12) :Effet de traitement sur le nombre des feuilles

Le tableau présente les résultats d'une analyse de variance (ANOVA) pour étudier l'impact des traitements et des concentrations sur la variable « Nbr Feu ». Les principaux résultats sont les suivants :

1. Les traitements ont un effet significatif sur « Nbr Feu » ($P = 0,000$).
2. Les concentrations seules n'ont pas d'impact significatif ($P = 0,553$).
3. L'interaction entre les traitements et les concentrations est très significative ($P = 0,001$), indiquant que l'effet des traitements sur « Nbr Feu » dépend des niveaux de concentration.

En résumé, les résultats suggèrent que les traitements ont une différence hautement significative sur la variable dépendante en fonction des niveaux de concentration, alors que les concentrations seules n'influencent pas de manière significative « Nbr Feu ». Dans cette série de données, le test de Dunette pour la variable "Nbr Feu" a révélé des différences significatives entre les groupes de traitement (groupes 1, 2 et 3) et le groupe de contrôle (groupe 4). Les moyennes des groupes de traitement étaient toutes plus élevées que celle du groupe de contrôle, indiquant un effet significatif des traitements sur le nombre de feux. Ces résultats soulignent l'importance d'approfondir l'analyse pour comprendre pleinement les effets des traitements et leurs implications.

Tab.21.Analyse statistique des nombre des feuilles

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr	3	159,021	53,007	14,27	0,000***
Concentrations	2	4,514	2,257	0,61	0,553 NS
Tr*Concentrations	6	120,542	20,090	5,41	0,001**
Erreur	24	89,167	3,715		
Total	35	373,243			

Tab.22.

raison multiple

NBR test de DU-

Compa-

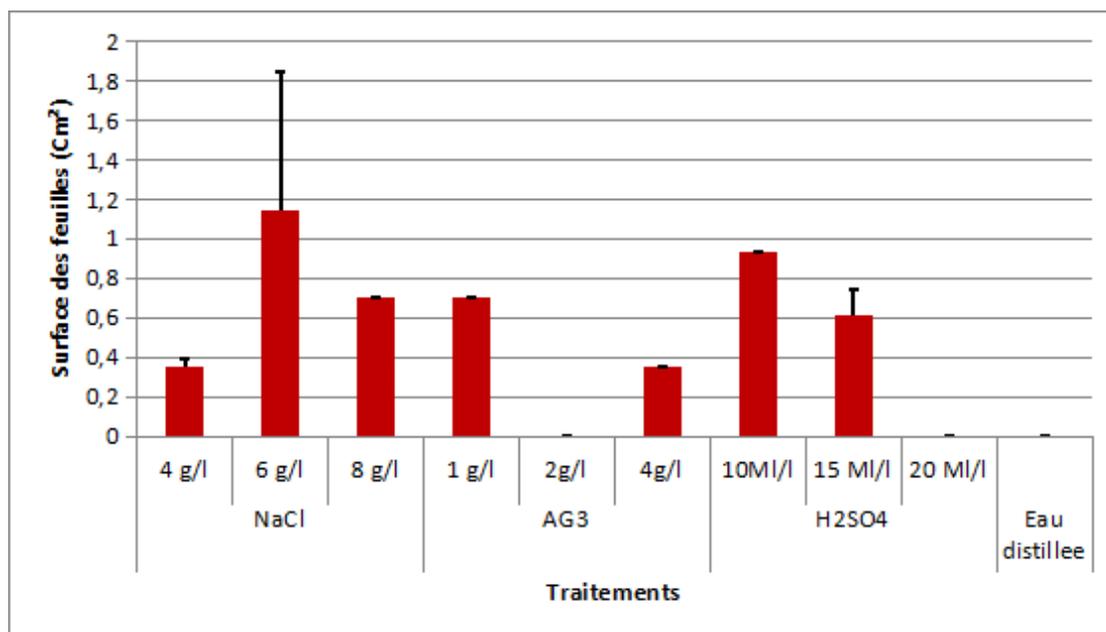
des moyenne

NETT

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Con- trôle)	9	0,00000	A
1	9	5,94444	
2	9	3,00000	
3	9	3,00000	

10.7.Surface foliaire(SF) :

Le graphique présente les variations de la surface des feuilles en fonction de différents traitements, comprenant des concentrations variées de NaCl, AG3, H₂SO₄ et de l'eau distillée. Une analyse du graphique révèle que certaines concentrations de NaCl et H₂SO₄ influencent significativement la surface des feuilles, tandis que l'eau distillée et d'autres concentrations de ces substances ont un impact moins prononcé.



Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr	3	2,5739	0,85796	19,95	0,000***
Concentrations	2	0,3563	0,17816	4,14	0,028**
Tr*Concentrations	6	2,6814	0,44691	10,39	0,000***
Erreur	24	1,0319	0,04300		
Total	35	6,6435			

Fig(13) :Effet de traitement sur la surface des feuilles

Les données présentées dans le tableau montrent les résultats d'une analyse de variance (ANOVA) pour un modèle linéaire général examinant les effets des facteurs traitement et "Concentrations", ainsi que leur interaction, sur la variable de réponse "Sur Fol". Les résultats indiquent que les deux facteurs ont un effet très hautement significatif sur la variable de réponse, avec des effets d'interaction très hautement significatifs entre eux. En résumé, l'ANOVA souligne l'importance de "traitement" et "Concentrations" sur "Sur Fol" et suggère leur impact combiné sur la variable de réponse. Nous avons réalisé un test de Dunette pour la variable "Sur Fol" avec un groupe de contrôle (Groupe 4) et trois autres groupes (Groupes 1, 2, 3). Les groupes 1, 2 et 3 ont montré des moyennes significativement différentes de celle du groupe de contrôle, indiquant un impact des traitements sur la surface foliaire. Des études supplémentaires peuvent être nécessaires pour comprendre pleinement ces effets et leurs implications.

Tab.23.analyse statistique sur la surface foliaire

Tab.24.Comparaison multiple des moyenne SF test de DUNETT

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Con-trôle)	9	-0,000000	A
1	9	0,731467	
3	9	0,517111	
2	9	0,351000	

Discussion générale :

Les analyses de variance et les comparaisons multiples de Dunnett ont permis de mettre en évidence des effets significatifs des traitements sur plusieurs variables étudiées, notamment FGP, SGI, CG, GI, HPA, LPR, PF, PS, PS/PF et Nbr Feu. Ces effets varient en fonction des variables mesurées, avec certaines variables montrant également des effets significatifs pour les concentrations et les interactions entre les traitements et les concentrations. Les comparaisons multiples de Dunnett ont permis d'identifier les traitements qui présentent des différences significatives par rapport au contrôle. En conclusion, les différents modèles linéaires généraux ont permis de mettre en évidence l'impact des traitements sur les variables étudiées, fournissant ainsi des informations importantes pour la compréhension des effets des différents facteurs sur la croissance des plantes.

L'étude a examiné l'impact de différents traitements chimiques sur la germination et la croissance des plantes. L'AG3 s'est avéré être le traitement le plus efficace pour augmenter l'énergie et la vitesse de germination, tandis que le H₂SO₄ à 15 ml/l a montré le plus haut taux de germination. Le NaCl à 6 g/l a favorisé la croissance des plantes à

des concentrations modérées. Les effets des traitements varient en fonction de la concentration et du type de traitement, soulignant l'importance de la sélection appropriée des conditions de traitement pour optimiser la germination et la croissance des plante .alors je comparé mon travaille a des autres recherches comme *Argania spinosa* est un arbre alternatif clé destiné au reboisement et à la réhabilitation des terres. Après recherches antérieures sur la façon de cultiver cette espèce en utilisant des techniques facilement disponibles, principalement plants et boutures, un manque de connaissances sur le type d'amandes à utiliser pour la gémiation, la réponse de ces noyaux à des conditions difficiles et les mécanismes sous-jacents ont été identifiés comme étant sollicité. Initier des recherches sur les processus de tolérance lors de la germination sous sel

Le stress est d'une importance primordiale. En conséquence, la présente étude a étudié le meilleur matériau pour germination d'un point de vue métabolique et enzymatique. Nous avons comparé la gémiation sous sel arbres d'amandes d'arganier obtenues à partir de fruits précoces et tardifs. La cinétique de germination, morphogénèse et établissement des kemels en germination en termes d'émergence des, les activités enzymatiques anti-oxydantes, la teneur en proline comme signal de réponse au stress, et sucres totaux en tant que marqueurs métabolites supérieurs des activités photosynthétiques et ajustements dans les deux cas facteurs, salinité et précocité de Kemel. À notre connaissance, aucun travail antérieur n'aont étudié le comportement des kemels précoces et tardifs pendant la germination avec un suivi systématique de la réponse antioxydante, à la signalisation du stress et à la biosynthèse sous le double effet de la salinité et le type de fruit dont les graines germinales doivent être extraites. D'après les résultats, les fruits tardifs de l'arganier ont présenté une réponse appropriée au cours germinations sous salinité par rapport aux premiers kemels en termes de nombre de germinations finales, émergences de radicules et temps de germination moyen qui n'était pas long. Selon les scientifiques littérature, l'augmentation des doses de NaCl entraîne une augmentation du temps de germination et une diminution de La performance de germination ultime (Calone et al., 2020 ; Hajihashemi et al., 2020). Concernant l'arbre *Argania spinosa*. Bani-Aameur et Sipple-Michmerhuizen (2001) et Bouzoubaâ et El Mousadik (2003) ont déjà signalé une baisse du taux de germination liée à l'augmentation du stress salin. et la suppression complète de la germination à des niveaux de stress salin élevés par rapport à la tolérance de la plante seuil. L'influence restrictive de l'accumulation ex-

cessive de Na⁺ et de Cl⁻ jusqu'à des niveaux dangereux a un influence délétère sur pratiquement toutes les fonctions métaboliques physiologiques et biochimiques. Ces dysfonctionnements pourraient affecter les mécanismes critiques liés aux plantules, notamment la photosynthèse, absorption des nutriments, expression des gènes et élongation cellulaire, probablement dus à un impacts sur l'élongation et la croissance des racines capillaires (Acosta-Motos et al., 2017). Pendant stade de germination sous stress, la régulation du métabolisme des graines en germination peut conduire à 296 une augmentation de l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) dans les cellules, le plasma.298 NADPH oxydases, peroxyosomes et glyoxyosomes liés à la membrane sont les plus courants sources potentielles de ROS (Brito et al., 2020). Lorsque de grandes quantités de ROS sont présentes, les dommages est causé aux protéines, aux lipides et aux acides nucléiques. Par conséquent, les enzymes antioxydantes empêchent germination en les charognards et/ou en limitant leur production lorsqu'ils ne sont pas correctement réglementés (Bose et Howlader, 2020).

La germination commence par l'hydratation des réserves. Au fur et à mesure que l'absorption d'eau progresse active les activités métabéliques et entraîne généralement la perte de solutés, notamment les sucres et les acides aminés. acides (Hegazi, 1974 ; Kaur et Asthir, 2021). Les réserves de noyau sont utilisées dans le développement et allongement des tissus jeunes ; cependant, en milieu salin, les grains présentent une diminution et un retard formation de radicules. Contrairement à de nombreuses espèces animales dont les embryons sont totalement protégés d'une intoxication aiguë au sel, pour de nombreuses espèces végétales, les tuniques des graines sont perméables au sel et l'embryon peut être directement exposé à des pressions osmotiques (Krug et al., 2021 ; Thomas et al., 2021). Cependant, sous le stress du sel, les graines à coque poreuse pourraient détecter l'absorption d'ions considérables et initient plusieurs processus de modulation physiologiques et biochimiques jusqu'à un état irréversible, où les activités des enzymes antioxydantes diminuent, entraînant une diminution des micro et macro-biosynthèse moléculaire (Sancheti et Ju, 2020),

L'activité antioxydante peut fournir un moyen d'augmenter la tolérance au sel, tandis que les mécanismes précis sont inconnus. Cependant, des altérations notables de l'activité des enzymes antioxydantes ont été observées. identifiés dans des modèles plastiques sous stress salin. Ces plantes sont capables de contrôler le transport des ions et de l'eau et possèdent un système enzymatique antioxydant robuste pour une élimination efficace des ROS (Zhanget coll., 2019). Dans les usines capables de gérer

un certain degré de sel, il existe un mécanisme efficace pour capturer et éliminer les ROS. Les activités catalase étaient favorablement liées à la résistance au stress indices et négativement corrélés à la dégradation du système membranaire mitochondrial, plasma lemme et chloroplaste. De plus, des résultats similaires ont été démontrés pour l'activité de la peroxydase. (Bouallègue et al., 2019, Latiq et al., 2017).

Dans cette recherche, l'activité des enzymes antioxydantes telles que la catalase et la peroxydase a été altérée de façon spectaculaire en réponse à un stress salin avancé. Pendant le processus d'*Argania spinosa* germination, l'augmentation de la teneur en NaCl a amélioré les activités enzymatiques des kermelles d'arganier de fruits tardifs et précoces par rapport à leur témoin. Sous un léger stress salin de 6 g/L, le niveau de l'activité 327 POX a considérablement augmenté. Cette recherche établit une corrélation entre l'antioxydant Activité enzymatique et tolérance au sel des kermelles d'arganier en germination. Ali et al., (2021) et Chakhchar 329 et al., (2018) ont étudié les effets du stress hydrique sur les enzymes antioxydantes chez l'*Argania spinosa* adulte.

arbres dans des environnements de sécheresse contrastés au sein de la biosphère de l'arganier ; ils arboraient cette eau Le stress 331 a augmenté la polyphénol oxydase, la catalase et la superoxyde dismutase. De plus, en raison du stress salin ultérieur, il a été prouvé que les activités des enzymes antioxydantes étaient liées à la préservation de biomolécules au sein de cet arbre (Chakhchar et al., 2018 ; Hachemi et al., 2021). Cependant, ceci L'accumulation d'enzymes antioxydantes dans les espèces végétales est due à leurs capacités de tolérance, et à la processus varient selon les espèces.

De plus, le stress salin conduit à l'accumulation de glucides solubles et de proline non liée (Han et al., 2019 ; Li et coll., 2022). Ces métabolites pourraient également favoriser la germination en abaissant l'osmoticité et fournissent des substrats pour le développement des tissus embryonnaires. Lorsque les halophytes sont soumis à un stress salin, de nombreuses molécules de proline et de dérivés de sucre s'accumulent. La proline est considéré comme le soluté le plus important dans l'ajustement osmotique. Cela explique les quantités élevées de proline dans les plantes et graines stressées par le sel puisque cette molécule est essentielle à la cosmorégulation et osmotolérance (de la Torre-González et al., 2020 ; Garcia et al., 1997). Plusieurs recherches ont stress hydriques et salins associés à l'induction de la voie de synthèse de la proline chez l'arganier (Berka et Aid, 2019). Cette recherche a également montré que la concentration de substances solubles glucides ont été considérablement modifiés en réponse à un stress salin avancé. Cependant, progressivement mettant la salinité jusqu'à

6 g/L, la teneur en sucres solubles au sein des amandes d'arganier, principalement de fin fruits, a été progressivement amélioré. Dans d'autres organismes, de Lima et al., (2020) et Sofo et al., (2008) a prouvé que : l'accumulation de tels osmolytes joue un rôle important dans le maintien des cellules potentiels d'eau. Il convient de noter que le rôle précis de ces accumulations d'osmolytes dans atténuant le stress salin modéré pendant la phase de germination des kemels d'arganiers principalement tardifs doit faire l'objet d'une enquête plus approfondie.

Conclusion et Perspectives

Conclusion et perspectives

L'Arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) est une plante endémique représentant de la famille des Sapotacées en Algérie (région de Tindouf) et au Maroc, joue un rôle très important par son intérêt écologique dans le maintien d'écosystème fragilisé par la désertification, que par son intérêt socioéconomique et phytothérapeutique. L'arganier est menacé de disparition à cause d'une surexploitation, la régénération naturelle est compromise à cause des problèmes de germination et les échecs de transplantation dans la région de Tindouf. Dans notre travail, nous nous sommes concentrés sur la culture de l'arganier en utilisant comme traitement NaCl AG3 et H₂SO₄ de l'eau distillée pour résoudre le problème de la germination de l'arganier, dont les graines contiennent des couches très résistantes. Ce qui pose des problèmes d'inhibition de la germination, les résultats que nous présentons Les tests confirment que différents traitements chimiques ont des effets variables sur la germination, la croissance des racines, le poids des racines, le rapport poids sec/poids frais, la survie des plantes et la surface des feuilles. En général, l'AG semble être le traitement le plus efficace pour la germination 1/2 graines, tandis que le chlorure de sodium favorise la croissance des plantes. Des concentrations modérées de certains traitements peuvent stimuler la croissance, mais des concentrations élevées peuvent être toxiques. Les résultats mettent en évidence l'importance de la concentration et du type de traitement chimique sur les paramètres agronomiques évalués.

Malgré les défis, il est essentiel de continuer à améliorer les techniques de germination et reprise végétative pour assurer la survie et la pérennité de l'arganier dans des écosystèmes locaux ainsi renforcer les revenus rurales.

Références bibliographiques

Rouhi R., (1991). Anatomie de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Actes du colloque international sur l'arganier. Agadir. p : 100 –103.

Nouaim R. Et Piltier. J.P., El Aboudi. A., Schnabel C., Chaussodr., (1991).

L'arganier: essai de connaissances sur cet arbre. In: Physiologie des arbres et des arbustes en zones arides et semi-arides, Groupe d'étude de l'arbre Paris. p : 389-403

Boudy P., (1950). Economie forestière nord-africaine (monographies et traitements des essences Forestières), **Tome II (1), Larose. p : 382-416**

M'hirit O., Benzyane M., Benchakroune F., El Yousfi S.M. Et Bendaanoun M., (1998). L'arganier une espèce fruitière- forestière a usages multiples **L.S.B.N. Pierre mardaga. Belgique. p : 11.**

M'hirit O. 1989. L'arganier une espèce fruitière forestière à usage multiple. Station de recherches forestière, **Agadir, 13-17 mars 1989, 31-57.**

Lewalle J. (1991). L'arganier un arbre exceptionnel. Magazine royale Air Maroc. **53, 12-14.**

Nouaim R., (2005) l'arganier au Maroc. Entre mythes et réalités. Edition l'harmattan. **p : 203.**

Boudy P., 1950. Economie forestière nord-africaine (monographies et traitements des essences forestières), **Tome II (1), Larousse, 382 - 416.**

Emberger L. (1960). Traité de botanique systématique. Les végétaux vasculaires, **Tomes II.**

Pp : 852-855.

Baumer M ., Zeraïa L ., 1999. La plus continentale des stations de l'arganier en Afrique du Nord. **rev. for. fr. 3 : 446 - 452.**

El Aboudi A., Carlier G. & Peltier J.P. (1991). Régime hydrique de l'arganier (*Argania*

spinosa (L.) Skeels) dans le sous (Maroc). Physiologie des arbres et des arbustes en zones

arides et semi-arides, Groupe d'étude de l'arbre. **Paris. 389-403.**

- **El Aboudi A., Carlier G. & Peltier J.P. (1991).** Régime hydrique de l'arganier (*Argania*

ALEXANDRE S., 1985 - La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, techniques agricole et

production méditerranéennes; **G.P. Maisonneuve & Larose, 135p. BOUDY P., 1952 -**

Guide forestier en Afrique de Nord, Edition Maison Rustique (**Paris**)

BENZYANE M., KHATOURI M. 1991 - Estimation de la biomasse des peuplements d'Arganier. Annales

de la recherche forestière au Maroc. **Pp : 128-140**

CHALLOT, 1949 - L'arganier. Revue de bois. **Pp : 7-12.**

CHARROUF Z., 1995 – Valorisation des feuilles d'arganier, In: colloque international la forêt face à la désertification, cas de l'arganeraie d'Agadir (**Maroc**) **26-29 Octobre 1995**

CHARROUF Z., PUMAREDA L., HENRY F., PAULY G., FLACONNE G., 2006 - Valorisation des

feuilles d'arganier: impact environnemental. Bois et Forêts des Tropiques, N° 287 (1) Arbres Utiles Feuilles d'arganier. **Pp: 35-44.**

CHARROUF Z., 1998 – Valorisation des l'arganier pour une gestion durable des zones arides du sud-ouest marocain In : Actes du 4ème Colloque Produits naturels d'origine végétale (**Ottawa 26-29 Mai 1998**), Laboratoire d'analyse et de séparation des essences végétales, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, **Québec. Pp : 195-209**

DEBBOU B., 2003 - Extraction et caractérisation biochimique de l'huile d'argan. *Argania spinosa* (L.) Skeels. Thèse D'Ing. D'Etat en Scie. Agro. **I.N.A. El-Harrach .Alger.**

ERROUATI A., 2005 - Problématique de la régénération assistée et des reboisements à base

d'*Argania spinosa* dans la région du massif forestier

d'Amsitten (Province d'Essaouira). Mémoire de

3ème Cycle, ENFI, Salé, Maroc, **42p + Annexes.**

FELLAT-ZARROUK K. et SMOUGHEN S., MAURIN R., 1987 – Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) du Maroc. Matière grasse et latex. Actes Inst. Agro. Vét. **Rabat. Pp : 17-22.**

EHRIG R., 1974 - Die Arganie: Charakter, Ökologie und wirtschaftliche Bedeutung eines Tertiärreliktes In: Morokko. Ptermannsgeographische Mitteilungen. **118 (2). Pp: 117-125.**

SANDRET F.G., 1957 - La pulpe d'argan, composition chimique et valeur fourragère: Variation au cours de

maturation. Annale de la recherche forestière. Maroc. Rabat ; rapport annuel **1956. Pp : 152-177.**

QUEZEL P., 2000 - Réflexio sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Univ. D'Aix

-Marseille III. Paris. Ibis Press. 117p

Nasri S., (2014). Effet De La Contrainte Saline Sur La Germination Et La Croissance De Quelques Provenances Algeriennes D'arganier (*Argania Spinosa L.*). Mémoire de magistère, **Université Abou Bekr Belkaïd - Tlemcen. p : 14-15.**

-Côme, D. (1982). Germination (Chapitre 2), dans Croissance et développement 3 Physiologie Végétale II, **Mazliak P.,** Collection Méthodes, **Herman, Paris, pp 129-225**

Chaussat, R et Deunff, Y. (1975). La germination des semences. **Ed. Bordars, Paris, 232p.**

Hopkins, WG. (2003). Physiologie végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par

[Serge.R.Ed.de Boeck.](#) **P 66-81.**

Mazilak, P. (1982). Croissance et développement. Physiologie végétale II. Hermann ed, Paris, **collection Méthodes, p 465**

_Mazilak P., (1982). Croissance et développement. Physiologie végétale **II. Hermann ed, Paris,** collection Méthodes, **p :465.**

Jeam P ; Catmrine T et Giues L., (1998). Biologie des plantes cultivées. Ed. L'Arpers, **Paris ,150p.**

- Jeam P ; Catmrine T et Giues L., (1998). Biologie des plantes cultivées. Ed. L'Arpers, **Paris, 150p.**

- Hopkins W.G., (2003). Physiologie végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par [Serge.R.Ed.de Boeck,](#) **p.66-81.**

_Soltner D ., Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed. Collection sciences et techniques agricole ,Paris, p :304.

_Chaussat R et Deunff Y ., (1975). la germination des semences **.Ed. Bordars, Paris,**

232p.

Côme D., (1982). Germination (Chapitre 2), dans Croissance et développement – Physiologie Végétale II, **Mazliak P.**, Collection Méthodes, **Herman, Paris, pp 129-225.**

Nouaim R. Et Chaussod R., (1993).L'arganier (*Arganiaspinosa*(L) Skeels). Le flamboyant bulletin de liaison des membres du réseau arbres tropicaux, **27 :50-64.**

Liu H, Zhang D, Yang X, Huang Z, Duan S, Wang X, 2014. Seed Dispersal and Germination Traits of 70 Plant Species Inhabiting the Gurbantunggut Desert in Northwest China.*SciWorld J.* **12 pp.** <https://doi.org/10.1155/2014/346405>

M'hirit O, Benzyane M, Benchekroun F, El Yousfi SM, Bendaanoun M, 1998.L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples, Éditions Mardaga (**Sprimont, Belgique**) **1-151.**

Metougui ML, Mokhtari M, Maughan JP, Jellen EP, Benlhabib O, 2017.Morphological variability, heritability and correlation Studies within an Argan tree population (*Arganiaspinosa* (L.) Skeels) preserved in situ. **Internat J AgriFor** **7(2): 42-51.**

Maallah A, 1992.Contribution à l'étude des huiles de tourteaux des graines de quelques plantes marocaines In: **Kenny, L. 2007.** Atlas de l'arganier et de l'argane-raie. **190 pp**

Majourhat K, Jabbar Y, Hafidi A, Martínez-Gomez P, 2008. Molecular characterization and genetic relationships among most common identified morphotypes of critically endangered rare Moroccan species *Arganiaspinosa* (Sapotaceae) using RAPD and SSR markers. *Ann ForSci* (**65**): **805 - 8011.** <https://doi.org/10.1051/forest:2008069>

Mouhaddab J, Msanda F, Filali-Maltouf A, Belkadi B, Ferradouss A, El Modafar C, IbnsoudaKoraichi S, El Mousadik A, 2017. Using microsatellite markers to map genetic diversity and population structure of an endangered Moroccan endemic tree (*Arganiaspinosa* L. Skeels) and development of a core collection. *Plant Genet* **51-59.** <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2017.05.008>

MacLeod N, Forey PL, 2002.Morphology, shape and phylogeny.*Systematics Association Special Volume Series 64.*Taylor and Francis for the Systematics Association, London, New York. <https://doi.org/10.1201/9780203165171>

Ait Abd N, Msanda F, El Mousadik A, 2012. Univariate and multivariate analysis of agronomical traits of preselected argan trees. *Not Bot HortiAgrobo***40(2): 308-**

316. <https://doi.org/10.15835/nbha4028209>

Ait Aabd N, El Ayadi F, El Mousadik A, 2011. Evaluation of agromorphological variability of Argan tree under different environmental conditions in Morocco: Implication for selection. *Int J BiodivConserv* 3(3): 73-82.

AyaA N, Vroh I, Kouamé PL, Zoro PI, 2011. Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines: implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire. *Sci Nat* 8(1): 119 - 137.

Adebisi MA, d'Oyewunmi A, Oyekale KO, Okesola LA, 2005. Effet de la forme de la graine sur les caractères des graines et la qualité physiologique du maïs tropical (*Zea mays* L.). Actes de la première conférence annuelle de l'Association nationale des technologues agricoles, 67-72.

Bani-Aameur F, Ferradous A, 2001. Fruit and stone variability in three Argan (*Arganiaspinosa* (L.) Skeels) populations. *For Genet* 8(1): 39-45.

Bani-Aameur F, Alouani M, 1999. Viabilité et dormance des semences d'Arganier (*Arganiaspinosa* (L.) Skeels). *EcolMediterr* 25(1): 75-86.

Bani-Aameur F, Ferradous A, Dupuis P, 1999. Typology of fruits and stones of *Arganiaspinosa* (Sapotaceae). *For genet* 6(4): 213-219.

Bani-Aameur F, 2004. Morphological diversity of Argan (*Arganiaspinosa* (L.) Skeels) populations in Morocco. *For genet* 11(3): 311-316.

BelcadiHaloui R, Zekhnini A, El Madidi S, Hatimi A, 2017. Variability in seeds of *Arganiaspinosa* according to the shape and the geographic origin of the fruit. *Ind J Nat Sci* 7(40) : 1230-12037.

Bellefontaine R, Bouzoubâa Z, Mathez J, 2011. Le fruit de l'arganier est-il une drupe ou une baie?, Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir (Maroc)...

Berka S, Himrane H, Taguemount D, Tabet M, Aïd F, 2011. La sauvegarde de l'arganeraie de la région de Tindouf (Algérie). Journée d'étude: L'arganier, vecteur intégratif d'activités durables.

Carles S, Lamhamedi MS, Beaulieu J, Colas F, Stowe DC, Margolis HA, 2009. Genetic Variation in Seed Size and Germination Patterns and their Effect on White Spruce Seedling Characteristics. *Silv. Genet* 58 (4): 145-

204. <https://doi.org/10.1515/sg-2009-0020>

Cornu M, 1897. Note sur la structure des fruits de l'argan du maroc (*Arganiaside-roxylon*). *Bull Soc Bot Fr* (44):

181187. <https://doi.org/10.1080/00378941.1897.10830758>

El Bahloul Y, Dauchot N, Machtoun I, Gaboun F, Van Custem P,

2014.Development and characterization of microsatellite loci for the Moroccan endemic endangered species *Arganiaspinosa* (Sapotaceae). *Appl Plant Sci*, 2(4). <https://doi.org/10.3732/apps.1300071>

Furat S, Uzun B, 2010. The use of agro-morphological characters for the assessment of genetic diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.). **Plant Omics 3: 85-91.**

Jaccard P, 1926.L'arganier, sapotacée oléagineuse du Maroc. **PhaActHelv (11): 203-209.**

Lamhamedi MS, Fecteau B, Godin L, Gingras C, 2006.Guide pratique de production en hors sol de plants forestiers, pastoraux et ornementaux en Tunisie. Pampev Internationale, Quebec, Canada. 80 pp.

Lamhamedi MS, Bakry, Sbay H, Hamrouni, L, 2015. Mise en application de nouvelles innovations techniques, technologiques et biotechnologiques pour la restauration, la domestication et l'intensification de la culture de l'arganier. Acte du troisième congrès international de l'Arganier. Agadir (Maroc).

Loutfi F, 1994. Germination, levée et survie des plantules d'arganier, mémoire de CEA Environnement, faculté des sciences, Université Agadir (Maroc).

Nouaim R, Chaussod R, 1995. Apport des biotechnologies à l'optimisation des systèmes agroforestiers: Actes du colloque international la forêt face à la desertification, cas des arganeraies, Agadir (Maroc).

Pakhou O, Medraoui L, Yatrib C, Alami M, Filali-maltouf A, Belkadi B. 2017. Assessment of genetic diversity and population structure of an endemic Moroccan tree (*Arganiaspinosa* L.) based in IRAP and ISSR markers and implications for conservation. *PhysiolMolBiol Plants*.(3): **651-661**. <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0446-7>

Perrot M, 1907.Le karité, l'argan et quelques autres sapotacées graines grasse de l'Afrique. In: Les végétaux utiles de l'Afrique tropicale française (3): **127-158.**

Rix KD, Gracie AJ, Potts BM, Brown PH, Gore PL, 2015. Genetic control of *Eucalyptus globulus* seed germination. **AnnForSci 72: 457-467**. <https://doi.org/10.1007/s13595-014-0450-9>

Sarikamis G, Yanmaz R, Ermis S, Bakir M, Yuksel C, 2010.Genetic characterization of pea (*Pisum sativum*) germplasm from Turkey using morphological and SSR markers. **Genet and Mol Res (9): 591-600**. <https://doi.org/10.4238/vol9-1gmr762>

Yatrib C, Belkadi B, Medraoui L, Pakhrou O, Alami M, El Mousadik A, Ferradous A, Msanda F, El Modafar C, IbnSouda-Kouraichi S, et al. 2017. Genetic diversity and population structure of the endangered argan tree (*Argania spinosa* L. Skeels) in morocco as revealed by SSR markers: Implication for conservation. *Aust J Crop Sci* **11(10): 1304-1314.** <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.10.pne602>

Zahidi F, Bani-Aameur F, El Mousadik A, 2013. Variability in leaf size and shape in three natural populations of *Argania spinosa* (L.) Skeels. ***Internat J Curr Res Acad Rev* 1: 13-25.**

Zahidi A, Bani-Aameur F, EL Mousadik A, 2014. Morphological Variability in Argan Seedlings (*Argania Spinosa* (L.) Skeels) and its Implications for selecting superior planting material in arid environments. ***Internat J AgriFor* 4(6): 419-434.**

ANNEXE

PARAMETRES DE GERMINATION

Modèle linéaire général : FGP en fonction de Traitements; Concentrations

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Tr :Traitements	3	3425,2	1141,74	3,89	0,021*
Concentrations	2	128,7	64,33	0,22	0,805
Tr*Concentrations	6	2003,8	333,96	1,14	0,370
Erreur	24	7037,3	293,22		
Total	35	12595,0			

Comparaisons pour FGP

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Contrôle)	9	0,0000	A
2	9	24,4444	
1	9	22,6667	
3	9	12,2222	A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

FEUILLE DE TRAVAIL 1

Modèle linéaire général : EG en fonction de Traitements; Concentrations

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Tr :Traitements	3	408,3	136,11	2,88	0,057 NS
Concentrations	2	105,6	52,78	1,12	0,343 NS
Tr*Concentrations	6	316,7	52,78	1,12	0,382 NS
Erreur	24	1133,3	47,22		

Total 35 1963,9

Modèle linéaire général : SGI en fonction de Traitements; Concentrations

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Tr : Traitements	3	3,7181	1,23937	4,75	
					0,010*
Concentrations	2	0,0628	0,03139	0,12	0,887
Tr*Concentrations	6	3,1729	0,52882	2,03	0,101
Erreur	24	6,2627	0,26095		
Total	35	13,2166			

Comparaisons pour SGI

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Contrôle)	9	0,000000	A
2	9	0,870370	
1	9	0,518519	A
3	9	0,263889	A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Modèle linéaire général : CG en fonction de Tr; Concentrations

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Tr : Traitements	3	662,30	220,766	6,62	0,002**
Concentrations	2	6,27	3,136	0,09	0,911
Tr*Concentrations	6	486,08	81,013	2,43	0,056
Erreur	24	800,19	33,341		
Total	35	1954,84			

Comparaisons pour CG

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Contrôle)	9	0,0000	A
2	9	10,5620	
1	9	10,4319	
3	9	7,4021	

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Modèle linéaire général : GI en fonction de Tr; Concentrations

Analyse de la variance

Source	SomCar			Valeur F	Valeur de p
	DL	ajust	CM ajust		
Tr	3	13544,5	4514,8	4,60	0,011*
Concentrations	2	385,7	192,8	0,20	0,823
Tr*Concentrations	6	5711,7	951,9	0,97	0,467
Erreur	24	23581,3	982,6		
Total	35	43223,1			

FEUILLE DE TRAVAIL 1

Comparaisons pour GI

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne	Groupement
----	---	---------	------------

4 (Contrôle)	9	0,0000 A
1	9	48,4848
2	9	44,4444
3	9	22,2222 A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Modèle linéaire général : HPA en fonction de Tr; Concentrations

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Tr	3	34,726	11,575	4,33	0,014*
Concentrations	2	5,705	2,852	1,07	0,360
Tr*Concentrations	6	37,886	6,314	2,36	0,062
Erreur	24	64,133	2,672		
Total	35	142,450			

FEUILLE DE TRAVAIL 1

Comparaisons pour HPA

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Contrôle)	9	0,00000	A
1	9	2,74444	
2	9	1,25556	A
3	9	1,00000	A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Modèle linéaire général : LPR en fonction de Tr; Concentrations

Méthode

Codage de facteur (-1; 0; +1)
teur

Informations sur les facteurs

Facteur	Type	Niveaux Valeurs
Tr	Fixe	4 1; 2; 3; 4
Concentrations	Fixe	3 1; 2; 3

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Tr	3	35,540	11,847	8,86	0,000***
Concentrations	2	2,860	1,430	1,07	0,359
Tr*Concentrations	6	7,112	1,185	0,89	0,520
Erreur	24	32,076	1,336		
Total	35	77,587			

FEUILLE DE TRAVAIL 1

Comparaisons pour LPR

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne Groupement
4 (Contrôle)	9	0,00000 A
1	9	2,69951
2	9	1,05633 A
3	9	0,67717 A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Modèle linéaire général : PF en fonction de Tr; Concentrations

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Tr	3	0,07713	0,025710	7,23	0,001**
Concentrations	2	0,01636	0,008181	2,30	0,122

Tr*Concentrations	6	0,07259	0,012098	3,40	0,014*
Erreur	24	0,08535	0,003556		
Total	35	0,25142			

FEUILLE DE TRAVAIL 1

Comparaisons pour PF

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Contrôle)	9	0,000000	A
1	9	0,120046	
2	9	0,048753	A
3	9	0,014960	A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Modèle linéaire général : PS en fonction de Tr; Concentrations

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Tr	3	0,001973	0,000658	6,10	0,003**
Concentrations	2	0,000092	0,000046	0,43	0,657
Tr*Concentrations	6	0,003147	0,000525	4,87	0,002**
Erreur	24	0,002588	0,000108		
Total	35	0,007800			

FEUILLE DE TRAVAIL 1

Comparaisons pour PS

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne Groupement
4 (Contrôle)	9	0,0000000 A
1	9	0,0200556
3	9	0,0150000
2	9	0,0131667

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr*Concentrations

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr*Concentrations	N	Moyenne Groupement
4 3 (Contrôle)	3	0,0000000 A
1 2	3	0,0356667
2 3	3	0,0265000
3 1	3	0,0260000
3 2	3	0,0190000 A
1 3	3	0,0130000 A
2 1	3	0,0130000 A
1 1	3	0,0115000 A
4 1	3	0,0000000 A
3 3	3	0,0000000 A
4 2	3	0,0000000 A
2 2	3	0,0000000 A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Modèle linéaire général : PS/PF en fonction de Tr; Concentrations

Analyse de la variance

Source	SomCar			Valeur F	Valeur de p
	DL	ajust	CM ajust		
Tr	3	2003,8	667,94	27,97	0,000***

Concentrations	2	487,7	243,85	10,21	0,001**
Tr*Concentrations	6	2937,0	489,49	20,50	0,000***
Erreur	24	573,1	23,88		
Total	35	6001,6			

FEUILLE DE TRAVAIL 1

Comparaisons pour PS/PF

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne	Groupement
4 (Contrôle)	9	0,0000	A
2	9	18,6508	
3	9	17,1294	
1	9	15,2166	

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Concentrations

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Concentrations	N	Moyenne	Groupement
1 (Contrôle)	12	17,6488	A
3	12	11,8214	
2	12	8,7774	

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

FEUILLE DE TRAVAIL 1

Comparaisons pour PS/PF

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr*Concentrations

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr*Concentrations	N	Moyenne Groupement
4 3 (Contrôle)	3	0,0000 A
2 3	3	34,2857
3 1	3	32,5000
2 1	3	21,6667
3 2	3	18,8881
1 1	3	16,4286
1 2	3	16,2213
1 3	3	13,0000
2 2	3	0,0000 A
4 1	3	0,0000 A
3 3	3	0,0000 A
4 2	3	-0,0000 A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Modèle linéaire général : Nbr Feu en fonction de Tr; Concentrations

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Tr	3	159,021	53,007	14,27	0,000***
Concentrations	2	4,514	2,257	0,61	0,553 NS
Tr*Concentrations	6	120,542	20,090	5,41	0,001**
Erreur	24	89,167	3,715		
Total	35	373,243			

FEUILLE DE TRAVAIL 1

Comparaisons pour Nbr Feu

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne Groupement
4 (Contrôle)	9	0,00000 A
1	9	5,94444
2	9	3,00000
3	9	3,00000

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne
du niveau de contrôle.

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr*Concentrations

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr*Concentrations	N	Moyenne	Groupement
4 3 (Contrôle)	3	0,00000	A
1 2	3	8,33333	
2 3	3	6,00000	
1 1	3	5,50000	
3 2	3	5,00000	
3 1	3	4,00000	A
1 3	3	4,00000	A
2 1	3	3,00000	A
4 1	3	0,00000	A
2 2	3	0,00000	A
3 3	3	-0,00000	A
4 2	3	-0,00000	A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne
du niveau de contrôle.

Modèle linéaire général : Sur Fol en fonction de Tr; Concentrations

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Tr	3	2,5739	0,85796	19,95	0,000***
Concentrations	2	0,3563	0,17816	4,14	0,028**
Tr*Concentrations	6	2,6814	0,44691	10,39	0,000***
Erreur	24	1,0319	0,04300		
Total	35	6,6435			

Comparaisons pour Sur Fol

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr	N	Moyenne Groupement
4 (Contrôle)	9	-0,000000 A
1	9	0,731467
3	9	0,517111
2	9	0,351000

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Concentrations

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Concentrations	N	Moyenne Groupement
3 (Contrôle)	12	0,263250 A
1	12	0,497250
2	12	0,439183 A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.

Comparaisons multiples de Dunnett avec un contrôle : Tr*Concentrations

Informations de groupement avec la méthode de Dunnett et un niveau de confiance de 95 %

Tr*Concentrations	N	Moyenne Groupement
4 3 (Contrôle)	3	-0,000000 A
1 2	3	1,14140
3 1	3	0,93600
1 3	3	0,70200
2 1	3	0,70200
3 2	3	0,61533
2 3	3	0,35100 A
1 1	3	0,35100 A
4 1	3	0,00000 A
2 2	3	-0,00000 A

3 3 3 -0,00000 A

4 2 3 -0,00000 A

Les moyennes non étiquetées avec la lettre A sont significativement différentes de la moyenne du niveau de contrôle.