

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Centre Universitaire Salhi Ahmed de Naâma



Institut des Sciences et Technologies
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de
Master Académique en Sciences Agronomiques
Spécialité « Agro-pastoralisme »

Thème

**Effets des prétraitements sur la germination des semences
d'Arganier (*Argania spinosa* L, Skeels) et les substrats sur la vitesse
de levée.**

Par: M^r BELABDLI Mohamed Benbrahim
M^r KHELIL Messaoud

Soutenu le : 13 Juillet 2019

Soutenu publiquement, devant le jury:

Présidente :	M^{me}. BEKKOUCHE Assia	M.C.B
Encadreur :	M. BOUYAHIA Hadj	M.A.A
Examineurs :	M. BOURAHLA Laam	M.C.B
	M. MAHDAD Mostapha Yassine	M.A.A

Année Universitaire 2018/2019

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

Notre grand respect et reconnaissance vont tout particulièrement à notre encadreur, monsieur, BOUYAHIA HADJ, pour sa gentillesse, ses conseils constructifs, ses instructions, son dévouement et sa disponibilité tout au long de ces mois de travail.

Nos sincères remerciements vont également à tous les membres du jury :

❖ *Mme. BEKKOUCH ASSIA : Maitre de conférence B, centre universitaire Salhi Ahmed Naâma ; Pour avoir accepté de présider notre jury.*

❖ *Mr. BOURAHLA LAAME: Maitre de conférences B, centre universitaire Salhi Ahmed Naâma ; Pour avoir accepté de juger notre travail.*

❖ *Mr. MAHDAD MOSTAPHA YASSINE : Maitre-Assistant A, centre universitaire Salhi Ahmed Naâma ; Pour avoir accepté de juger notre travail.*

Nos remerciements ; s'adressent également à tous nos enseignants de centre universitaire de Naâma particulièrement M. BENARRADJ A., M.NOURI T.et M. NASSRALLAH O., pour leurs soutien, orientations, conseils et leurs aide précieuse.

Nous tenons à remercier tous les personnes du laboratoire SNV centre universitaire Salhi Ahmed Naâma ; pour leur accueils chaleureux dans leur laboratoire et pour leur aide considérable ; en particulier M .OTHMANI.A, M. BOUAOUINA A., et Mme. BENATTA F., Mme. MAATI Y.

A nos collègues « Promotion Agropastoralisme 2018/2019 » pour leurs soutient moral ; qu'ils trouvent ici un modeste témoignage de notre gratitude.

Belabdi B. et Khelil M.



Dédicaces

*À Mes parents,
Pour vos mains qui ont tant travaillées,
Pour votre cours qui m'a ton donné,
Pour vous qui m'avez tant aimé. Que Dieu vous protège.*

Mon frère : Messaoud

*Mes amies : Abdelhamid, Abdelghani, Othman, Miloud,
Yakout et Fatima.
Aux étudiants de la promotion Agropastoralisme 2018/2019.*

Benbrahim

Dédicaces

*Je Remercie Dieu Le tout puissant pour tout.....
Merci à ma famille pour son soutien et en particulier mes
très chers parents pour leurs encouragements durant tous
mes études.*

*Ce travail est le fruit de tous vos sacrifices,
A mes frères : Bouamama et Lairadj.
A mes sœurs : Samiha, Djamila, Khadra, Souheyla.*

*A mes amis : Mokhtar, Abdelkader, Yazid, Mohammed,
Zahra.
A l'ensemble des personnes qui m'ont aidé par leur soutien
Aux étudiants de la promotion Agropastoralisme 2018/2019.*

Messaoud

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

DÉDICACES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABRÉVIATIONS

RÉSUMÉ

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....1

PREMIERE PARTIE: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I : CARACTÉRISTIQUES D'ARGANIER

I.1. Historique de l'arganier	3
I.2. Aire de répartition	3
I.2.1. En Algérie	3
I.2.2. En Maroc.....	5
I.3. Aire d'acclimations.....	6
I.4. Taxonomie	6
I.5. Caractères botaniques	7
I.6. Caractéristiques biologiques et dendrométrie	10
I.6.1. Longévité	10
I.6.2. Accroissement.....	10
I.6.3. Système racinaire	10
I.7. Ecologie de l'Arganier	10
I.8. Conditions climatiques.....	11
I.9. Particularités édaphiques	12
I.10. Phénologie.....	12
I.11. Ecophysiologie.....	12
I.12. Multiplication de l'arganier	13
I.13. Intérêts de l'arganier	14
I.13.1. Intérêt écologique.....	14
I.13.2. Intérêt socio-économique	14
I.13.3. Intérêt biologique et diététique	15

I.14. Rôle de l'arganier.....	17
I.14.1. Rôle environnemental	17
I.14.2. Rôle socio-économique.....	17
I.15.Principaux ennemis de l'arganier.....	18

CHAPITRE II : GERMINATION ET LEVÉE

II.1. Définition du processus de germination	19
II.1. 1. Physiologiquement	19
II.1. 2. Botaniquement.....	19
II.1. 3. Agronomique	19
II.2. Morphologie et physiologie de la germination.....	20
II.2.1. Morphologie de la graine.....	20
II.2.2. Physiologie de la germination	20
II.2.3. Types de germination	20
II.3. Condition de la germination	20
II.3.1. Condition internes de la germination.....	20
II.3.2. Condition externes de la germination	21
II.4. Phases de la germination	22
II.5. Différents obstacles de la germination	22
II.5.1. Inhibitions tégumentaires	23
II.5.2. Dormances embryonnaires	23
II.6. Problèmes spécifiques de la germination d'arganier	25
II.7. La levée de la dormance	26
II.7.1. Naturellement	26
II.7.2. Artificiellement.....	26
II.8. Amélioration de pouvoir germinatif des graines	28

CHAPITRE III : SUBSTRAT

III.1.Sols sableux.....	30
III.2. La Bentonite	30
II.2.1. Définition de la bentonite	31
III.2.2. Origine de la bentonite	31
III.2.3. Formation de bentonite.....	31
III.2.4. Structure de la bentonite.....	32
III.2.5. Surfaces spécifiques de la montmorillonite naturelles	32

III.2.6. Description de la bentonite.....	33
III.2.7. Propriétés des argiles.....	33
III.2.8. Types de bentonites	34
III.2.9. Les domaines d'utilisation de la bentonite	35
III.2.10. Choix de la bentonite.....	36
III.2.11. La capacité d'échange cationique (CEC)	37
III.2.12. Potentiel d'Hydrogène.....	37
III.2.13. Teneur en carbonate de calcium CaCO ₃	37
III.2.14. Bentonite en agriculture	38
III.2.15. Aspect économique d'application de la bentonite dans l'agriculture.....	38

DEUXIEME PARTIE: PROTOCOLE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATÉRIEL ET METHODE

I.1. Matériel végétal	39
I.2. Matériel d'expérimentation.....	40
I.3. Normes expérimental pour la germination	40
I.4. Préparation des semences	40
I.4.1. Décorticage des péricarpes.....	40
I.4.2. Désinfection des graines	41
I.5. Protocole des prétraitements	41
I.5.1. Traitement Mécanique	41
I.5.2. Traitement Hormonal.....	41
I.5.3. Traitement Physique	41
I.5.4. Traitement Chimique	41
I.6. Trempage des graines	42
I.7. Procédure de germination	42
I.8. Suivi de germination	43
I.9. Les imprévues rencontrés.....	43
I.10. Les substrats.....	44
I.10.1. Les types de substrats utilisés :	44
I.10.2. Les outils.....	45
I.10.3. Les Analyses du substrat :	45
I.10.4. Date et technique de semis.....	48
I.10.5. Arrosage	48

CHAPITRE II : RÉSULTATS ET DISCUSSION

II.1. Germination	50
II.1.1. Effets des prétraitements.....	50
II.1.2. La vitesse de germination	58
II.2. La levée.....	59
II.2.1.Résultats d'Analyse de Substrat	59
II.2.2. Résultats de la levée de deux provenances étudiées	62
II.2. 3. Effet de substrat sur la vitesse de levé.....	63
A. Effet de substrat sur la croissance et le développement des jeunes semis	63
1- Effet sur les taux de développement et d'échec.....	63
B. Effet sur les paramètres de croissance.....	64
1- Croissance en hauteur	64
2- Croissance en diamètre	65
3- Organogenèse foliaire	66
II.3. Discussion des résultats	69

CONCLUSION GÉNÉRALE.....	71
---------------------------------	-----------

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	72
--	-----------

ANNEXES	
----------------	--

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Aire de répartition de l'arganier de Tindouf (KECHAIRI, 2009).	4
Figure 2. Aire géographique de l'arganier au Maroc (FAOUZI, 2012).	5
Figure 3. Types de fruit.	8
Figure 4. Parties du fruit de l'arganier (<i>Argania spinosa</i>).	8
Figure 5. Caractère botaniques de l'arganier. (M'HIRIT O).	9
Figure 6. Courbe théorique d'imbibition d'une semence (d'après COME, 1982).....	22
Figure 7. Structure idéale de la montmorillonite et de la beidellite.	32
Figure 8. Domaines industriels d'utilisation des bentonites (REGUIEG. Y).	36
Figure 9. les différents types de prétraitement.	41
Figure 10. Protocole expérimental global.	49
Figure 11. Taux de germination des grains d'Arganier en fonction des prétraitements.	53
Figure 12. Cinétique de la germination des grains d'arganier sous l'effet des PT (P.TIND)...	54
Figure 13. Cinétique de la germination des grains d'arganier sous l'effet des PT (P.Maroc)..	55
Figure 14. Classement de l'efficacité des prétraitements sur la continuité de germination.....	57
Figure 15. Effet des substrats sur le développement des plants (en %).	63
Figure 16. Taux d'échec des plants en fonction du substrat appliqué.....	64
Figure 17. Effet des substrats sur la croissance en hauteur.	64
Figure 18. Effet des substrats appliqués sur la croissance dia-métrique des plants.	65
Figure 19. Effet des substrats appliqués sur le nombre moyen de feuilles par plant.	66
Figure 20. Boîte à moustaches de la variable LONGUEUR des tiges provenance Tindouf....	67
Figure 21. Boîte à moustaches de la variable longueur des tiges provenance Maroc.....	68

LISTE DES PHOTOS

Photo 1. Sujet d'arganier de la région de Tindouf (M S A KECHEBAR, 2016).....	7
Photo 2. Graines d'arganier de Tindouf (BELABDLI et KHELIL, 2019).....	39
Photo 3. Graines d'arganier de Maroc (BELABDLI et KHELIL, 2019).	39
Photo 4. Grains d'arganier trempé dans l'eau (BELABDLI et KHELIL, 2019).....	42
Photo 5. Traitement des graines (BELABDLI et KHELIL, 2019).....	42
Photo 6. Les grains mises dans l'étuve (BELABDLI et KHELIL, 2019).	43
Photo 7. Les graines germé durant la phase transitoire.	44
Photo 8. Méthode de mesure de vitesse d'infiltration.	45
Photo 9. Agitation de la bentonite (BELABDLI et KHELIL, 2019).....	46
Photo 10. Calci- mètre de Bernard (BELABDLI et KHELIL, 2019).....	47
Photo 11. Spectre à flamme (ADE).	47
Photo 12. Germination des grains d'arganier (BELABDLI et KHELIL, 2019).	54
Photo 13. Transplantation des jeunes plantules dans les substrats à la serre.....	62
Photo 14. Mesure de longueur des tiges (BELABDLI et KHELIL, 2019).	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Répartition de l'Arganier dans la région de Tindouf (DGF, W. Tindouf, 2013).....	4
Tableau 2. Position systématique de l'Arganier (QUEZEL et SANTA, 1962).	6
Tableau 3. Cycle phénologique de l'arganier selon M'HIRIT et al, (1998).....	12
Tableau 4. Usages de l'arganier(les amis du muséum national d'histoire naturelle, 2006)....	17
Tableau 5. Principaux insectes ravageurs des peuplements à <i>Argania spinosa</i>	18
Tableau 6. Surfaces spécifiques de certaines bentonites naturelles.	33
Tableau 7. Caractéristiques physico-chimiques de la bentonite de Maghnia.	36
Tableau 8. Composition chimique de la bentonite brute de Maghnia.....	37
Tableau 9. Teneur en CaCO ₃ de quelques sols.....	38
Tableau 10. Effet de la Scarification mécanique (BELABDLI ET KHELIL. 2019).....	51
Tableau 11. Effet de la Scarification chimique (BELABDLI ET KHELIL. 2019).	51
Tableau 12. Effet de la Gibbérelline (BELABDLI ET KHELIL. 2019).	52
Tableau 13. Effet de la Scarification physique (BELABDLI ET KHELIL. 2019).....	53
Tableau 14. Nombre germé journalier suivant types de prétraitements.....	56
Tableau 15. Analyse de la continuité du Nombre germé journalier suivant types de PT	57
Tableau 16. Variation du TMG et de la DVL des graines d'arganier en fonction du PT.	58
Tableau 17. Résultats de la vitesse d'infiltration pour les quatre substrats	59
Tableau 18. Échelle de désignation du type de sol en fonction du pH (BAIZE, 1988).	60
Tableau 19. Classe des charges en calcaire.....	60
Tableau 20. Résultats de la levée pour les provenances utilisées en fonction des substrats...	62
Tableau 21. Moyenne, Variance et écart-type d'élongation des tiges de P.Tindouf.....	66
Tableau 22. Moyenne, Variance et écart-type d'élongation des tiges de P. Maroc.....	67

LISTE DES ABREVIATIONS

Mm : Millimètre ;
C° : Degrés Celsius ;
PH : Potentiel d'hydrogène ;
UF : Unité Fourragère ;
UV : Ultraviolet ;
ABA : Acide Abscissique ;
GA : Acide Gibbérellique ;
H₂SO₄ : Acide sulfurique ;
CEC : Capacité d'échange cationique ;
Méq : Milliéquivalent ;
H : Heure ;
CE : Conductivité électrique ;
Tr : Tour ;
Min : Minute ;
V : Volume ;
TG : Le taux de germination ;
TMG : Le temps moyen de germination ;
DVL : La durée de vie latente ;
N : Nombre des graines mise à germé ;
T_c : Taux de calcaire ;
PM : Provenance de Maroc ;
PMOS : Provenance de Mostaganem ;
PT : Provenance de Tindouf ;
TEM : Témoin ;
TMC : Traitement mécanique ;
THO : Traitement hormonal ;
TCH : Traitement chimique ;
TPH : Traitement physique.

RÉSUMÉ

Argania spinosa L. Skeels, unique représentant des sapotacées en Algérie et au Maroc, joue un rôle très important par son intérêt écologique dans le maintien d'écosystème fragilisé par la désertification, ainsi par son intérêt économique. Il constitue un arbre oléagineux à multi-usages dont chaque partie ou production de l'arbre (bois, feuille, fruits et huile) est utilisable.

Notre tentative d'étude vise à trouver une méthode ou moyen afin d'augmenter le pouvoir germinatif des graines d'arganier. Les graines utilisées de multiple provenances : Tindouf, Mostaganem et de Maroc.

Plusieurs prétraitements ont été appliqués pour apprécier l'effet de ces prétraitements par comparaison un témoin (sans traitement) était repère pour établir une comparaison. Afin de minimiser l'interaction des facteurs, l'ensemble des essais de germination était soumis aux mêmes conditions « température et humidité », assuré par l'étuve durant la période de l'expérience.

La germination chez l'arganier est améliorée par tous les prétraitements testés comparativement aux témoins pour les deux provenances. En effet, d'une immersion de 120h dans l'eau, donnent les taux de germination les plus élevés 70% pour **(TMC, PT)**. Et 62.5% **(TMC, PM)**.

Un effet très marqué du substrat sur la vitesse de développement. En effet, nous avons enregistré 20% des plants développées dans le substrat Sable + Bentonite 20%. Les autres lots expérimentaux ont donné des résultats contraignants, sauf les plants d'arganier Tindouf dans le substrat sable (une stagnation de longueur qui atteint 1 cm et ça après environ 35 jours pour la bentonite 5% et 10%).

Mots clés : Arganier, germination, Prétraitement, levée, bentonite, Sable

ABSTRACT

Argania spinosa L. Skeels, the sole representative of the sapotaceae in Algeria and Morocco, plays a very important role for its ecological interest in maintaining the ecosystem weakened by desertification, as well as its economic interest. It is a multi-purpose oleaginous tree where each part or production of the tree (wood, leaf, fruit and oil) is usable.

Our study aims to find a method or means to increase the germination of argan seeds. Seeds used from multiple sources: Tindouf, Mostaganem and Morocco.

Several pretreatments were applied to appreciate the effect of these pretreatment by comparison a control (without treatment) was benchmark to make a comparison. In order to minimize the interaction of the factors, all the germination tests were subjected to the same conditions "temperature and humidity", provided by the oven during the period of the experiment.

Germination in the argan tree is improved by all pretreatments tested compared to controls for both provenances. Indeed, a 120h immersion in water, give the highest germination rates 70% for (TMC, PT). And 62.5% (TMC, PM).

A very marked effect of the substrate on the speed of development. Indeed, we recorded 20% of the plants grown in the Sable + Bentonite 20% substrate. The other experimental batches gave binding results, except Tindouf argan plants in the sand substrate (a stagnation length of 1 cm and after about 35 days for bentonite 5% and 10%).

Keywords: Argan, germination, Pretreatment, emergence, bentonite, sand

ملخص

Argania spinosa L. Skeels ، الممثل الوحيد للسابتاسيا في الجزائر والمغرب ، له دور مهم جدًا في الحفاظ على النظام البيئي الذي يضعفه التصحر ، بالإضافة إلى اهتمامه الاقتصادي. إنه شجرة oleaginous متعددة الأغراض حيث يمكن استخدام كل جزء من الشجرة (الخشب، الاوراق، الفاكهة و الزيت).

تهدف دراستنا الى ايجاد طريقة او وسيلة لزيادة انبات بذور الاركان. البذور المستخدمة من مصادر مختلفة : تندوف, مستغانم و المغرب.

تم تطبيق العديد من المعالجات المسبقة لتقدير تأثير هذه المعالجة عن طريق المقارنة : كان التحكم (بدون علاج) معيارا لإجراء المقارنة من اجل تقليل تفاعل العوامل. تعرضت جميع اختبارات الانبات لنفس الظروف من حيث درجة الحرارة والرطوبة التي قدمها الفرن خلال فترة التجربة.

تم تحسين انبات شجرة الارجان من خلال جميع المعالجات التي تم اختبارها مقارنة بالضوابط لكل من الاختبارات, ان غمر البذور لمدة 120 ساعة في الماء قبل المعالجات يساهم في تحسين نسبة الانبات حيث ان نسبة الانبات العليا كانت بالنسبة ل : (TMC. PT) بنسبة 70%, و 62.5% (TMC. PM).

تأثير ملحوظ جدا للركيزة على سرعة النمو حيث سجلنا نسبة 20% من النباتات المزروعة في الركيزة (رمل+20% بنتونيت). اما الركيزتان (بنتونيت 5%, 10%) اعطت نتائج نسبية (حيث بلغ الطول 1 سم وبقي ثابتا بعد مرور حوالي 35 يوما) باستثناء نباتات تندوف في الركيزة (رمل).

الكلمات المفتاحية: شجرة أركان ، الإنبات ، المعالجة ، ظهور ، البنتونيت ، الرمل ،

Introduction

Introduction générale

En Algérie, la biodiversité floristique est en état de dégradation sous l'effet de l'action anthropique et le problème de la désertification, parmi ces espèces l'arganier, qui est un arbre à intérêt écologique triple : forestier, fourragère et fruitier. Il est, en effet, « un arbre à multi Usages », chaque partie ou production de l'arbre est utilisable et est une source de revenu ou de nourriture pour l'usager.

L'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels) est rencontré sur les marges du Nord-Ouest de Tindouf. Il occupe les lits d'oueds dont la densité des arbres augmente progressivement en direction de l'océan atlantique représentant l'arbre du genre monotype. Le seul survivant de la flore tropicale hors de son aire naturelle. Il est considéré comme un arbre endémique du Sud-ouest marocain où il couvre d'importantes superficies dans les zones semi arides et arides (CHEVALIER, 1943), cité par (OTMANI, 1995).

Cet arbre a des propriétés écologiques et physiologiques telles qu'il est pratiquement un arbre adapté aux régions arides et semi-arides. L'arganier est pratiquement irremplaçable pour la conservation des sols, des pâturages et pour la lutte contre l'érosion, la désertification.

Grâce à ces racines, qui peuvent atteindre plusieurs mètres de long, cet arbre très rustique participe à la fixation des sols qu'il enrichit par ailleurs en matières organiques issues de ses feuilles mortes. (TUNER, 1990); (BALO et Al, 1995).

L'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels), considéré comme relique de l'ère du tertiaire, se trouve dans sa limite la plus extrême (Tindouf) en formant une population naturelle ; l'arganier joue un rôle irremplaçable dans l'équilibre écologique, car il permet de lutter contre l'érosion hydrique et éolienne. Ces derniers font de lui un arbre particulièrement intéressant pour le développement de ces zones arides (BEZZALA, 2005).

Compte tenu de l'importance de cette essence et des multiples utilisations de ses composantes, plusieurs travaux de recherche sont effectués avec but pour l'amélioration et la préservation d'*Argania spinosa*. En Algérie, il y a beaucoup à faire pour sa vulgarisation. Pour cela il est nécessaire de disposer d'un minimum de recherche concernant la graine et les traitements susceptibles d'améliorer sa capacité de germination puis qu'elle est dotée de tégument très dur engendrant des problèmes d'inhibition (dormance tégumentaire).

Compte tenu d'une part de l'importance que peut revêtir la culture de l'arganier sur le plan économique, écologique et social pour le pays et d'autre part de la situation chaotique et désastreuse dans laquelle se trouve actuellement l'arganeraie Algérienne (situation pouvant entraîner sa déperdition), l'élaboration d'une stratégie nationale pour la conservation de

INTRODUCTION

l'espèce en question s'avère indispensable. Elle doit reposer d'abord sur la mise en place d'un système de protection dissuasif et efficace devant protéger l'arbre de ses agresseurs. L'intensification du reboisement est un autre volet sur lequel il faut agir pour reconstituer les colonies perdues. Néanmoins, il y a lieu de rappeler que la multiplication (bouturage et transplantation) de cette espèce n'est pas chose facile à atteindre et elle constitue, en ce moment, un réel problème entravant sérieusement sa propagation. La maîtrise de la multiplication de cette espèce devient donc plus que nécessaire pour sauver cette espèce endémique à grande valeur ajoutée. Le présent travail s'inscrit dans ce contexte et vise principalement la régénération *in vitro* de l'espèce *Argania spinosa* L.

C'est dans ce cadre que le présent travail a été entrepris, qui consiste à des connaissances bibliographiques concernant l'espèce, ses rôles, ainsi que les effets de différents traitements physique, chimique, mécanique et hormonal sur la germination, et l'effet de la bentonite sur la vitesse de développement pour sa régénération.

Ce présent travail se compose de deux parties :

- Premier partie : Synthèse bibliographiques porte trois chapitres :
 1. Chapitre I : Caractéristiques d'Arganier ;
 2. Chapitre II: Germination et levée ;
 3. Chapitre III: Substrats (Bentonite).
- Deuxième partie : Etude expérimentale comprend deux chapitres :
 1. Chapitre I : Matériels et Méthodes ;
 2. Chapitre II : Résultats et Discussion.

Ce travail a été achevé par une conclusion et perspectives.

Première partie

Synthèse Bibliographique

Chapitre I
Caractéristiques d'Arganier

CHAPITRE I : Caractéristique d'Arganier

I.1. Historique de l'arganier

Les premiers écrits sur l'Arganier sont signalés par des géographes et médecins arabes qui ont étudié la région du Maghreb. En 1219, le médecin égyptien Ibn Al Baytar décrit, dans son ouvrage « Traité des simples », l'arbre et la technique d'extraction de l'huile par les autochtones (BENZAYANE, 1995).

En 1515, Hassan El wazzam a évoqué l'existence d'arbres épineux produisant un fruit appelé « ARGANE » à partir duquel on extrait une huile alimentaire (BENZAYANE, 1995). En 1926, Lemaire a publié à la suite de ses missions dans le Souss un premier article sur la végétation du Sud-ouest marocain, en citant deux types d'arganeraies : celle au littoral atlantique et celle aux montagnes d'Adar ou Amane ébauchant la première classification d'arganeraie des plaines et des montagnes (KOUIDRI, 2008).

En outre, les récits des voyageurs et des agents consulaires anglais au Maroc au 18^{ème} siècle, révèlent que les forêts d'arganier étaient très denses et s'étendaient d'Oualidia au Nord de Safi, aux confins du Sahara. Etant donné que la famille des Sapotacées est connue depuis le crétacé supérieur, on s'accorde à dire que l'Arganier est apparu au tertiaire, époque à laquelle il se serait répandu sur une grande partie du pays. Puis au quaternaire, l'arganier aurait été refoulé au Sud-ouest par l'invasion glaciaire, d'où 18 des colonies vers Rabat et au Nord près de la côte méditerranéenne et près d'Oujda (Forêts de Beni Snassen sur une superficie de 200 ha) (FAEZ, 2012).

Actuellement, au Maroc, l'arganier couvre plusieurs milliers d'hectares. Quelques pays l'ont introduit, vu son intérêt sur le plan écologique, afin d'enrichir leur patrimoine forestier (la Hollande en 1697, l'Angleterre en 1711, les Etats Unis en 1927 et actuellement la Tunisie, la Lybie, la France tentent de l'introduire) (BENZAYANE, 1995).

I.2. Aire de répartition

L'arganier (*Argania spinosa* (L.)SKEELS) est originaire de l'Afrique du Nord (BOUDY, 1952). On le trouve principalement en Maroc et en Algérie. C'est une essence connue depuis des siècles par les populations berbères de sud-ouest marocain (BENZAYANE, 1995).

I.2.1. En Algérie

Son aire de répartition géographique couvre un territoire relativement important dans le Nord-ouest de la wilaya de Tindouf où cette espèce constitue la deuxième essence forestière après l'*Acacia raddiana*. Il forme dans ce territoire (Hamada de Tindouf), des

populations dispersées, regroupées selon un mode contracté, le long des berges des oueds où il trouve les compensations hydriques nécessaires. L'Arganeraie de Tindouf formait, probablement, à l'origine une même unité écologique avec celle du Maroc qui couvrait de vastes territoires (BENKHEIR, 2009).

Le premier sujet de l'arganier se trouve dans la zone de " Touaref Bouam" puis en allant vers " l'Oued Bouam", le nombre de sujets s'amplifie jusqu'à atteindre une moyenne de 7 à 20 Pieds à l'hectare sur une surface d'environ 200 hectares (SADI, 1997) In (BELAROUG, 2003). Le même auteur signale que le nombre d'arbre diminue remarquablement en allant vers la région de "Kereb El Hamada ".

TABLEAU 1.REPARTITION DE L'ARGANIER DANS LA REGION DE TINDOUF (CONSERVATION DES FORETS, WILAYA TINDOUF, 2013).

Localisation	Superficie (ha)	NB d'arbre	Densité (ha)
Oued EL MA	482,83	2897	6
Oued Bouyadil	112,39	1315	11
Oued Gahouane	53,84	505	9
Oued Merkala	7,27	240	33
Oued Targuent	8,33	200	24
Zone entre Markala et Targuent	7,75	100	12

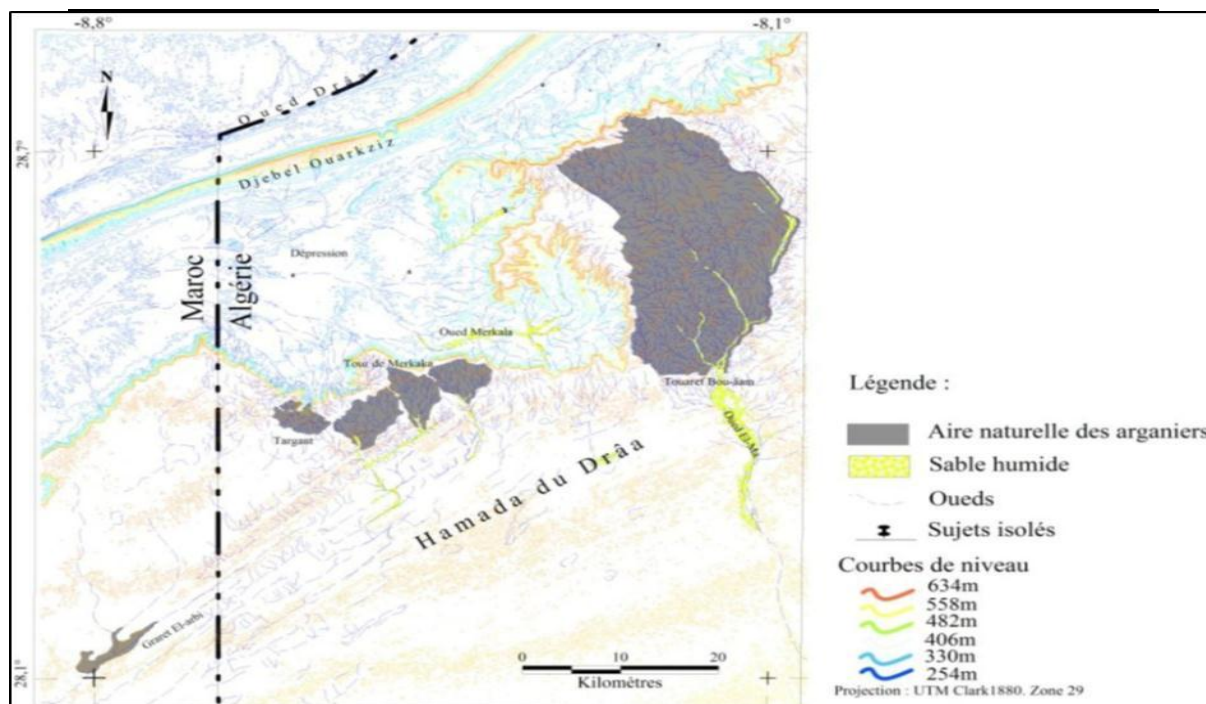


FIGURE 1.AIRE DE REPARTITION DE L'ARGANIER DE TINDOUF (KECHAIRI, 2009).

I.2.2. En Maroc

L'arganier occupe environ 830 000 ha dans le Sud-ouest marocain. Il est la deuxième essence forestière marocaine par la superficie après le chêne vert (PUMAREDA et al, 2006).

Il se localise essentiellement dans le sud-ouest du Maroc, le long du littoral océanique, depuis l'embouchure de l'oued Tensift au Nord, jusqu'à l'embouchure de l'oued Drâa au sud.

L'arganier se développe aussi dans la plaine du Souss, sur le versant sud du Haut-Atlas occidental et sur les versants septentrionaux et méridionaux de l'Anti-Atlas occidental jusqu'à des altitudes de 1300-1500 m. Deux petites stations sont signalées dans la haute vallée de l'oued Grou au sud-est de Rabat et dans le piémont nord-ouest des Béni-Snassen, près d'Oujda. Ces deux stations, très isolées, résulteraient d'une dispersion assez récente, probablement par l'homme (MSANDA et al, 2005).

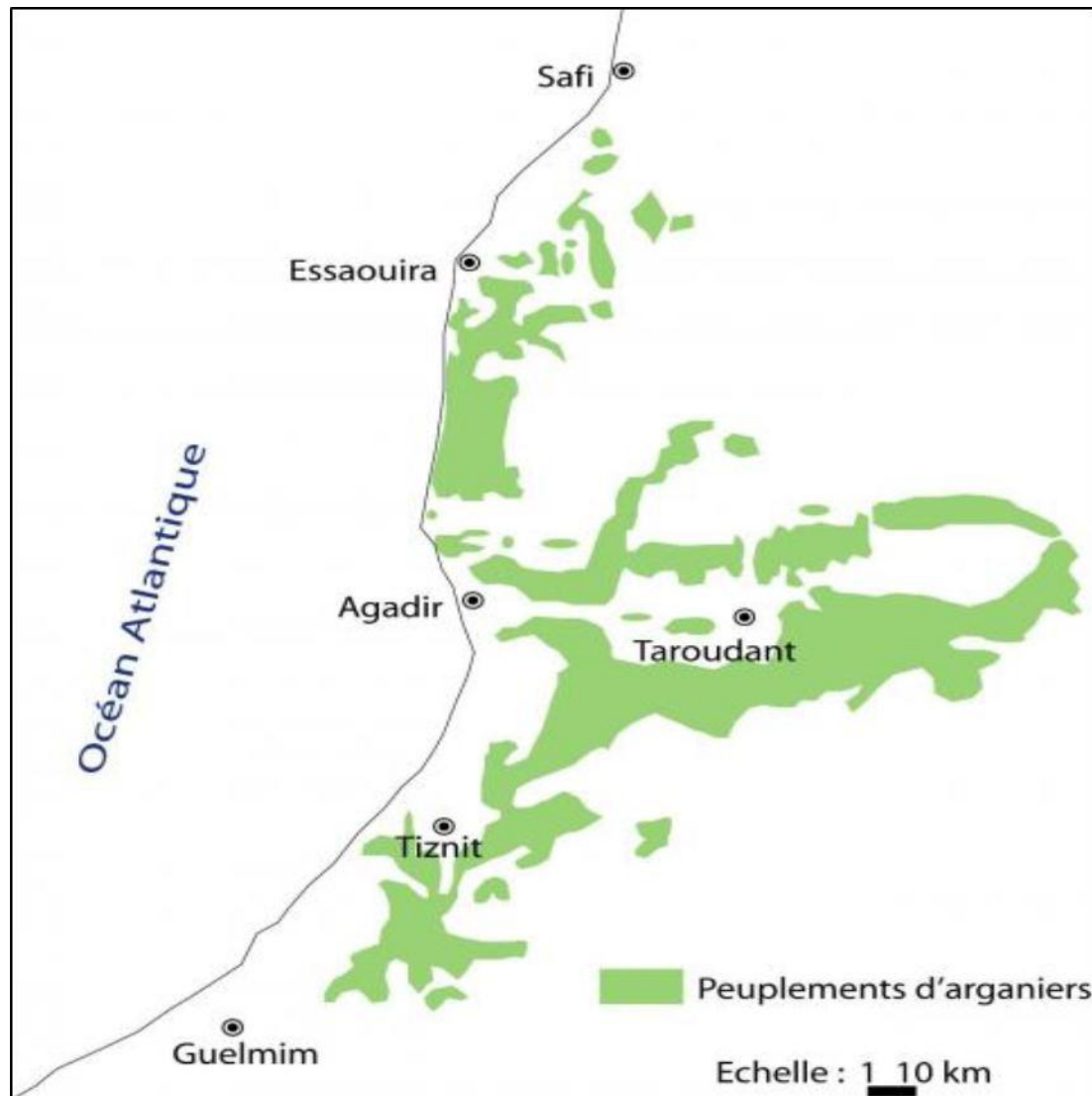


FIGURE 2. AIRE GEOGRAPHIQUE DE L'ARGANIER AU MAROC (FAOUZI, 2012).

I.3. Aire d'acclimations

De nombreux essais d'introduction ont été faits, notamment en Algérie, en Egypte, et en Tunisie. On trouve aussi des spécimens mal développés dans quelques arboretums de la Côte-d'Azur, comme à la Villa Thuret à Antibes. Dans l'ensemble, les résultats obtenus ne semblent pas en faveur d'une extension artificielle de l'aire actuelle. A notre connaissance, il ne subsiste que peu d'exemplaires des essais qui ont été faits dans le passé. Dans la région d'Oran, en Algérie, une quarantaine de sujets avaient été introduits vers 1960 près de la maison forestière de La Stidia à trois kilomètres de Mostaganem, sur dunes fixées à *Juniperus phoenicea* (BAUMER et ZERAIA, 1999). De ce fait la répartition mondiale de l'Arganier reste limitée seulement au Maroc et une partie de l'Algérie.

I.4. Taxonomie

L'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels) est la seule espèce de genre *Argania*. En français, il tire son nom de l'arbre « Argan », l'origine du nom d'arabe se trouve probablement dans le mot « irgen » qui désigne en berbère « tachelhait », qui est le noyau en bois dur de fruit de l'arbre, d'où les berbères tirent une huile réputée « huile d'argan ».

Il existe deux formes d'arganier l'une dite pleureur, l'autre dressé (ROUHI, 1991), ceci supposerait l'existence de deux variétés, ou races biologiques au sein de l'espèce.

TABLEAU 2. POSITION SYSTEMATIQUE DE L'ARGANIER (*ARGANIA SPINOSA L.*) (QUEZEL ET SANTA, 1962).

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicotylédones
Sous-classe	Gamopétales
Série	Superovariées pentacycliques
Ordre	Ebénales
Famille	Sapotacées
Genre	<i>Argania</i>
Espèce	<i>Argania spinosa L. Skeels.</i>

I.5. Caractères botaniques

L'arganier atteint 8 à 10 mètres de haut et plus selon les conditions écologiques du milieu. La cime est très grande et étalée, dense et à contours arrondis en général ; le tronc est très vigoureux et court, il est constitué assez souvent par plusieurs tiges entrelacées (photo.01) provenant de la soudure de rejets très voisins ou de tiges issues d'un même noyau (**BOUDY, 1952**).



PHOTO 1. SUJET D'ARGANIER DE LA REGION DE TINDOUF (M S A KECHEBAR, 2016).

L'écorce du fût et des grosses branches est rugueuse, et présente un aspect du type « peau de serpent ». Les ramifications sont très denses, les extrémités des rameaux sont souvent épineuses (**NOUAIM et al. 1991**).

Les feuilles sont sub-persistantes, alternées, souvent réunies en fascicules lancéolés, et atténués en un pétiole, avec une nervure médiane très nette et des nervures latérales très fines et ramifiées. Elles sont de couleur vert sombre à la face supérieure, plus claire en dessous et de forme très variable. Les rameaux peuvent être épineux ou non (**M'HIRIT et al, 1998**).

La fleur pentamère est hermaphrodite (**BOUDY, 1952**). Le calice et la corolle gamopétale à lobes imbriqués sont respectivement constitués de cinq sépales et de cinq pétales. L'androcée est formé de cinq étamines à filets courts. L'ovaire ovoïde comprend cinq carpelles et loges. Les ovules sont basilaires ou axiales, surmontées d'un style conique ne renfermant que 2 ou 3 carpelles uniovulés (**M'HIRIT, 1987**). La pollinisation anémophile à 80% et entomophile à 20% (**THIERY, 1987**).

D'après (**EMBERGER, 1960**) le fruit est une baie sessile, formée d'un péricarpe charnu ou pulpe et d'un "pseudo endocarpe" ou noyau, où sont incluses les graines généralement soudées. Le noyau central est très dur, comprenant 1 à 3 amandes (Fig.03.). Alors, selon la

forme et la dimension, nous distinguons six types de fruits : Fusiforme, ovale, ovale apiculé Goutte, arrondie, ou globuleuse (EMBERGER, 1938). La graine est albuminée et gorgée d'huile (NOUAIM et al, 1991).

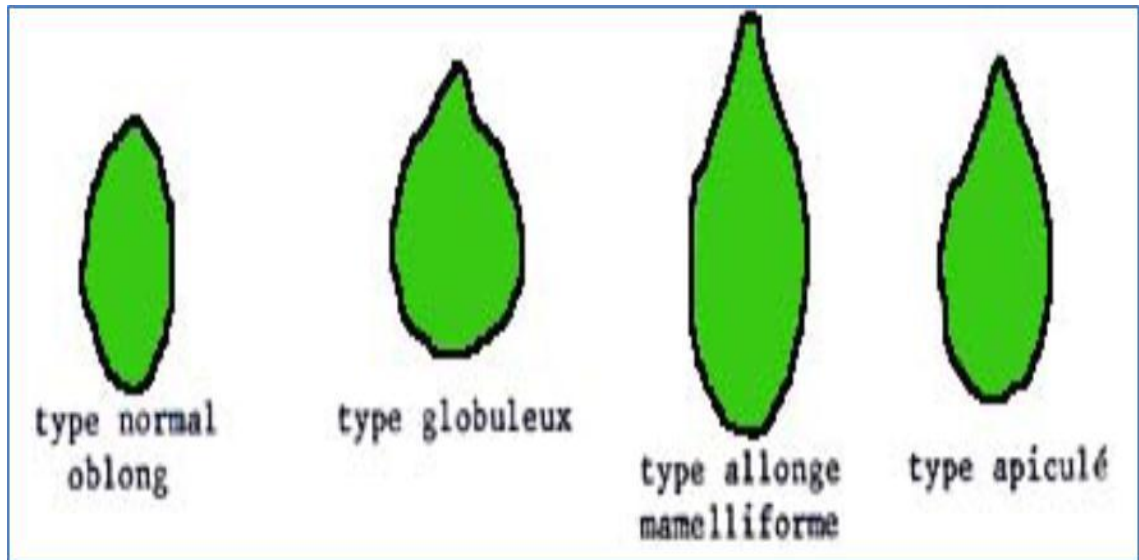


FIGURE 3. TYPES DE FRUIT.

L'enracinement de l'arganier est très développé, il peut être traçant lorsque les roches dures s'opposent à son extension, ce qui lui permet de profiter même des faibles quantités de pluie.

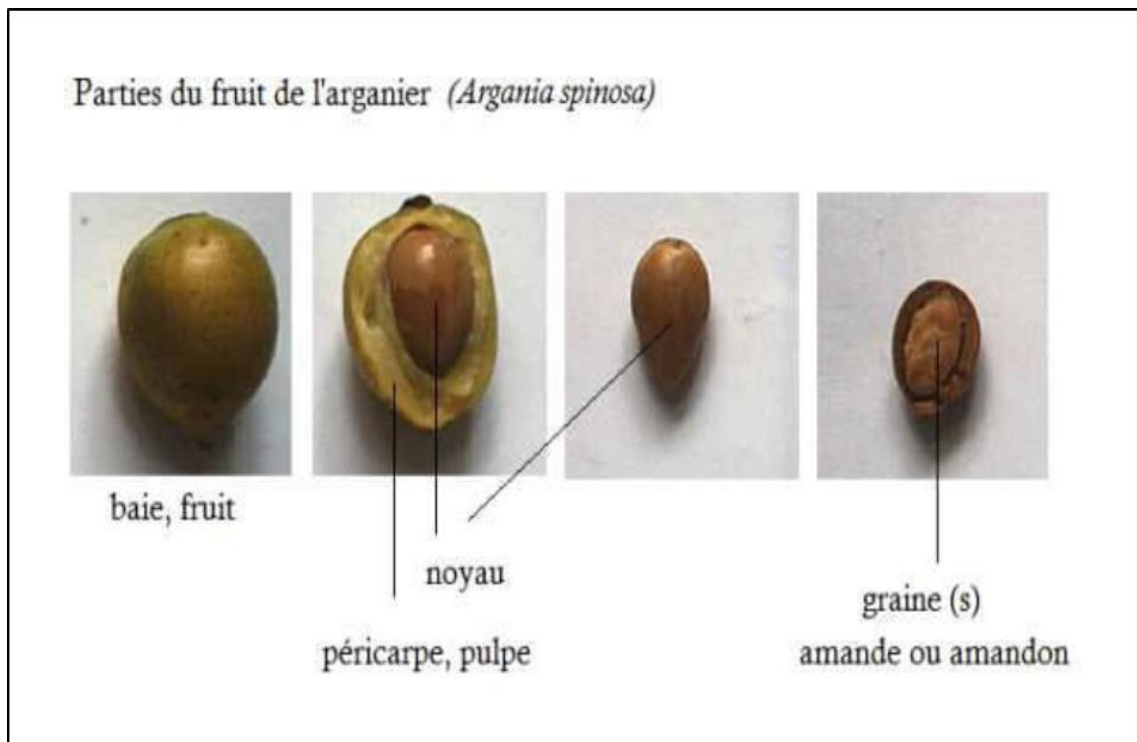


FIGURE 4. PARTIES DU FRUIT DE L'ARGANIER (*ARGANIA SPINOSA*).

Le tempérament de cette espèce fort ancienne est extrêmement robuste ; Il rejette abondamment de souches, et constitue un hérisson végétal dont le volume croit régulièrement, ce qui met les pousses centrales hors de portée des animaux (**RIEDACKER et al, 1990**).

(**NOUAIM et CHAUSSOD, 1991**) signalent que les racines de l'arganier porte des endomycorhizes à arbuscules.

Le bois d'arganier est très compact, sans aubier, jaunâtre et lourd ; sa densité varie de 0.9 à 1. Il fournit un excellent charbon.

L'âge de l'arganier ne peut être estimé qu'approximativement en raison de la croissance irrégulière du bois : les cernes, d'ailleurs peu visibles, correspondent à des périodes de végétation et non à des années (**NOUAIM et al, 1991**). Toutefois, la résistance physiologique peu commune de l'espèce laisse croire que l'âge de l'arganier peut dépasser 200 à 250 ans voir plus après la coupe (**M'HIRIT et al, 1998**).

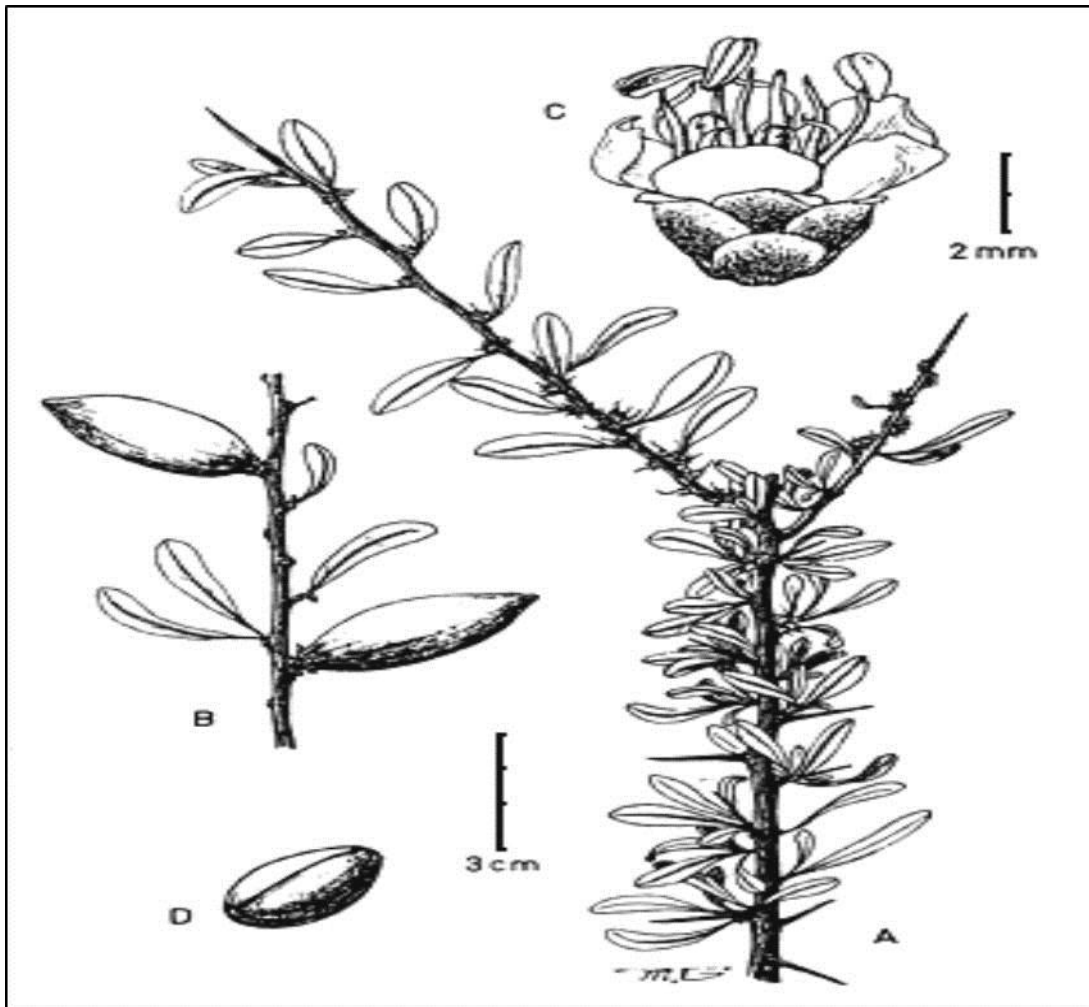


FIGURE 5.CARACTERE BOTANQUES DE L'ARGANIER. (M'HIRIT O).

(A, branche avec inflorescences; B. rameau avec fruit; C. fleur ; D. graine).

I.6. Caractéristiques biologiques et dendrométrique

I.6.1. Longévité

L'âge de l'arganier ne peut être estimé qu'approximativement en raison de la croissance irrégulière du bois, les cernes d'ailleurs peu variables correspondent à des périodes de végétation et non à des années (NOUAIM et al, 1991). Les mêmes chercheurs ont pu néanmoins constater, par les marches des accroissements et des circonférences, que l'âge des arganiers était beaucoup moins élevé qu'on aurait pu le supposer et qu'il ne devait pas dépasser 250 ans. Celui de l'arbre moyen de 0,35 à 0,40 m de diamètre, varie sensiblement de 125 à 150 ans, âge après lequel l'arbre ne s'accroît plus.

I.6.2. Accroissement

En circonférence, l'accroissement moyen de diamètre du tronc dans les premières années varie de 1.5 à 2 cm par an. Dans les zones déshéritées, il ne serait plus que de 0.5 à 0.7 cm. Après 30 ans l'accroissement est approximativement de 0.7 cm an (BOUDY, 1952).

I.6.3. Système racinaire

L'arganier possède un système racinaire de type pivotant, pouvant descendre à des grandes profondeurs ; des chiffres de l'ordre de 30 m ont été avancés (NOUAIM et al, 1991).

De plus l'arbre possède un réseau dense de racine superficielle ayant une bonne capacité de renouvellement. Par ailleurs, certains chercheurs, notamment, NOUAIM (1995) et CHAUSSOD 1994 in (LAKHDARI et KECHAIRI, 2002), notent la présence des champignons symbiotiques (endomycorhizes) à vésicules et arbuscules dans les racines de l'arganier, ce qui donne à cet arbre une résistance à sécheresse et améliore sa nutrition minérale.

I.7. Ecologie de l'Arganier

L'arganier, étant considéré comme une essence xérophile et thermophile, est adaptée aux fortes périodes de sécheresse prolongée et aux effets desséchants du vent. Cette faculté d'adaptation de l'arganier nous semble qu'elle n'est pas liée au fait que cet arbre économise l'eau, mais à sa capacité de puiser l'eau à de grandes profondeurs (MOKHTARI, 2002).

Egalement en ces mêmes périodes de sécheresse, la croissance de certains rameaux de l'arbre diminue (EL ABOUDI et al, 1991).

D'après BOUDY (1950) plus qu'une région forestière est sèche (étage aride et semi-aride), et plus la densité de ses peuplements adultes est réduite, en raison que les racines ont besoin d'un espace vital considérable pour puiser l'eau du sol.

I.8. Conditions climatiques

L'arganier est une espèce thermo-xérophile, dont l'aire de répartition chevauche à la fois avec les bioclimats semi-aride et aride.

En outre, l'arganier supporte convenablement les températures élevées et s'adapte aux périodes de sécheresse prolongées, grâce à sa faculté de défoliation (**PELTIER, 1982**).

Le paramètre clé de l'écologie de l'arganier, semble être lié à l'humidité de l'aire, due aux fréquentes rosées matinales (spécialement en été), ou les brumes et brouillards pouvant se maintenir une grande partie de la journée, limitent ainsi son insolation et l'élévation de la température, cette océanité semble réguler la répartition de l'arganier (**NOUAIM et al, 1991**).

En altitude, c'est le froid qui détermine la limite supérieure de l'arganier, cette dernière se confond avec les basses neiges (**EMBERGER, 1924 ; 1925**), soit 900 m dans le haut Atlas (**NOUAIM ET CHAUSSOD, 1993**) et 600 m au sud du Maroc (**PELTIER, 1982**).

Selon **DEBBOU (2003)**, le facteur climatique constitue l'élément déterminant dans l'écologie de l'arganier donc nous résumons ci-après les facteurs conditionnant la survie de l'arganier au Maroc :

➤ **Humidité**

La présence de l'arganier exige un climat relativement humide ce qui explique son absence à l'intérieur du continent.

En effet, il y a régression de l'arganeraie de plus en plus qu'on s'éloigne de la mer pour disparaître à partir de 150 km de la mer.

➤ **Pluviométrie :**

L'idéal pour l'arganier est une précipitation de 500 mm par an, cependant une pluviométrie de 120 mm/an semble suffisante pour son développement dans certaines régions.

• **Température :**

L'arganier supporte des températures extrêmes de 30°C et 50°C, ce qui explique son absence dans le grand Atlas, son aire d'implantation est limitée aux montagnes de l'Anti-Atlas en particulier dans leurs versants Sud (**DEBBOU, 2003**).

• **Altitude :**

Sur le plan altitudinal, l'arganier se développe depuis les franges littorales jusqu'à 1300m dans l'Anti-Atlas et 1400-1500 mètres sur les flancs chauds et ensoleillés du haut Atlas occidental (**M'HIRIT et al, 1998**).

I.9. Particularités édaphiques

L'arganier pousse sur tous les types de sols, y compris les sols salés (Nouaim et al, 1991). On le retrouve sur les schistes, les roches calcaires et les alluvions, Par ailleurs l'arganier semble supporter une large gamme de PH allant de 4.6 à 7.5 (NOUAIM et al, 1991), mais elle craint toutefois les sables mobiles qui engendrent un décapage des racines (BOUDY, 1950) et (RIEUF, 1962).

I.10. Phénologie

Le caractère phénologique le plus remarquable chez l'arganier est la défoliation. En effet, des sujets isolés ou même des cantons tous entiers arrivent à perdre leur feuillage et l'arbre mène une vie ralentie pour reverdir lorsque la période est favorable (EMBERGER, 1938). Le tableau n°3 résume le cycle phénologique de l'arganier au Maroc.

TABLEAU 3. CYCLE PHENOLOGIQUE DE L'ARGANIER SELON M'HIRIT ET AL, (1998).

Phases	Mois de l'année											
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
1- Foliation	—————											
2- Grossissement de fruits préexistants		—————			—————							
3- Apparition des fleurs	—————											
4- Croissance des fruits et des jeunes rameaux				—————								
5- Floraison					—————							
6- Maturation des fruits								—————				
7- Défoliation										—————		

I.11. Ecophysiologie

PELTIER et al,(1992) ont montré que la sécheresse constitue l'important facteur influant sur la régulation stomatique de l'arganier, d'où elle est dite le moteur de plusieurs mécanismes de régulation du déficit hydrique foliaire. L'arganier peut résister à la sécheresse grâce à son système racinaire puissant lui permettant d'atténuer ou éviter les effets du stress hydrique. En cas de sécheresse sévère ou prolongée, l'arbre d'arganier se dépouille de son feuillage pour résister à la perte en eau due aux phénomènes de l'évapotranspiration, puis il recommence à bourgeonner et à débourrer plusieurs semaines avant la reprise de la saison des pluies (EMBERGER, 1960).

ABOUDI, (1990) suggère que l'arganier n'est pas particulièrement économe d'eau bien qu'il est pourvu de mécanismes susceptibles de freiner la transpiration. Alors, en se basant sur l'ensemble de ces indices, **PELTIER et al, (1990)** rapportent qu'il s'agit peut-être d'une éventuelle participation de réservoirs internes dans la régulation du déficit hydrique foliaire pendant la saison sèche.

D'autre part, **NOUAIM et al, (1991)** parlent de l'existence d'une association symbiotique entre les racines de l'arganier et des champignons possédant des vésicules et arbuscules, jouant probablement un rôle dans la résistance de l'arbre à la sécheresse en même temps favorisent une meilleure alimentation minérale.

I.12. Multiplication de l'arganier

La régénération de l'arganier peut se faire par plusieurs manières (**M'HIRIT et al, 1998**):

a)- Par reboisement (semis en pépinière)

Opération consistant à récolter les graines et à les semer en pépinière pour avoir des plantes qu'il faut planter ultérieurement.

b)- Par germination naturelle

Technique s'effectuant par le biais des graines qui tombent de l'arbre sur le sol. L'arganier semble souffrir d'une absence quasi-totale de régénération naturelle sauf dans de très rares endroits localisés en bordure de cours d'eau, semblant profiter d'un maximum d'humidité (**BENKHEIR, 2009**).

c)- Par rejet de souches

Qui sont en fait des pousses qui démarrent des plantes mères ayant subies une taille ou suite à un incendie.

d)- Par bouturage

L'arganier est une plante qui requiert des conditions particulières pour sa multiplication par bouturage, il s'agit tout d'abord de disposer de matériel végétal jeune ou rajeuni et le placer ensuite dans des conditions d'hygrométrie et de température élevées (humidité supérieure à 70 % et température aux alentours de 30 °C). (**BENAOUF, 2017**).

e)- Par micro- propagation in vitro

Opération visant à reproduire des plantes semblables à la plante mère par la stimulation des capacités naturelles de multiplication végétatives de l'espèce. C'est une technique efficace et rapide dans la reproduction des plants d'arganier. Elle comprend deux phases : la première consiste à produire des plantules d'arbre d'arganier, et la deuxième permet d'initier et développer des racines sur ces plantules. avec cette méthode on peut produire des plants maîtrisés enracinés pendant 3 à 4 mois (**SCRIBAN, 1999**).

I.13. Intérêts de l'arganier

L'arganier, arbre sublime, peut jouer plusieurs rôles à la fois : écologique, économique et social. C'est une essence à divers usages, chaque partie de l'arbre est utilisée et valorisée.

I.13.1. Intérêt écologique

Cet arbre possède des propriétés écologiques et physiologiques et il est le seul pratiquement adapté aux régions arides et semi-arides où il pousse (**RADI, 2003**). Dans ces zones, l'arganier joue un rôle irremplaçable dans l'équilibre écologique, dans la préservation de la biodiversité grâce à son système racinaire puissant pouvant se prolonger jusqu'à 30m de profondeur (**KOUIDRI, 2008**); il contribue dans le maintien et la conservation des sols et des pâturages, permet la lutte contre l'érosion et la désertification et assure la protection de la biomasse en assurant ses besoins à travers les phénomènes (évaporation, condensation) (**MHIRIT, 1989**). De plus, grâce à son effet améliorateur de sol, il assure une production de céréales non négligeable dans les conditions climatiques actuelles (**RADI, 2003**). Sous l'arganier, existe une activité microbienne importante au sol grâce à son humidité continue et alors la disponibilité du phosphore et la minéralisation d'azote (**KOUIDRI, 2008**).

I.13.2. Intérêt socio-économique

L'Arganier est un arbre multi-usages (**CHRIQI et al, 2003**) dont la population locale tire de nombreux avantages, et dont l'exploitation traditionnelle, des fruits notamment, par les femmes berbères, procure des revenus substantiels aux familles, au travers de l'extraction et la commercialisation d'huile. Ce patrimoine offre 1.470.000 journées de travail familial par an pour la seule opération d'extraction d'huile (la production d'un litre d'huile nécessite une journée et demi de travail) et constitue un support alimentaire permanent pour plus de 250.000 petits ruminants (caprins, ovins) (**FAEZ, 2012**).

Les cultures telles que l'orge, pratiquées entre les arbres, constituent aussi un apport financier d'importance pour des centaines de milliers d'autochtones. Tout en les stabilisant dans leurs campagnes, cette forêt a fortement limité le phénomène d'exode rural (**CHRIQI et al, 2003**).

Selon (CHRIQI et al, 2003), au point de vue production, l'arganeraie offre une triple vocation : forestière, pastorale et fruitière.

- **Vocation forestière**

Le bois de l'arganier, comme il est très dense et dur, est un combustible de choix : chauffage et carbonisation (le rendement est supérieur d'un quintal de charbon au stère). Aussi, c'est un bois fort apprécié comme matériau de charpente et pour la fabrication de toutes sortes d'outils agricoles.

- **Vocation pastorale**

Toutes les forêts sont soumises au parcours des troupeaux, mais aucune n'a une vocation pastorale aussi prononcée que l'arganeraie. Durant les périodes de sécheresse, les caprins et camelins sont entretenus par l'arganeraie ; toutes les parties de l'arbre sont utilisées par le bétail, feuilles, fruits en plus du sous-bois qui comprend beaucoup d'espèces.

- **Vocation fruitière**

L'arganier est une essence à caractère mixte d'arbre forestier et d'arbre fruitier, sa drupe est utilisée à plusieurs titres. Les rendements en fruits sont très variables, mais avec une moyenne de 15 kg / arbre (il se peut qu'ils dépassent parfois cette moyenne) et une densité de 30 arbres / ha, la production peut être estimée à 450 kg / ha / an en fruits frais. Les produits dérivés du fruit sont :

- Pulpe sèche : représente 45% du poids total des fruits secs, elle constitue une réserve alimentaire significative surtout pour les bovins (1 kg de pulpe séchée équivaut à 0.85UF).
- Noyau : représente 55% du poids sec, il est dur et peut se conserver pendant longtemps (10 à 15 ans) sans que la graine perde sa qualité oléagineuse, les amandons sont extraits à la suite du concassage des noyaux, la brisure de coque du noyau, constitue un bon combustible, elle représente près de 48,5%.
- Huile d'argan : provient donc des amandons et non de la pulpe comme l'huile d'olive. Cette huile, très riche en matières grasses, est consommée en grande partie dans les zones de production.

I.13.3. Intérêt biologique et diététique

Huile d'argan c'est une huile d'excellente valeur alimentaire, elle est très prisée par les populations du sud-ouest marocain qui aiment son goût très fruité et l'utilisent pour la préparation de leurs plats traditionnels (poissons, viandes, légumes...). L'huile d'argan, extraite à partir de l'amande, est non seulement comestible et d'un goût agréable, mais elle possède des propriétés diététiques très intéressantes, car elle est constituée à 80% d'acides

gras insaturés dont une bonne proportion d'acide linoléique (**CHARROUF, 2002**). Lors d'une enquête faite auprès des Berbères originaires du sud marocain; l'huile d'argan est préconisée dans le traitement de l'acné juvénile, l'eczéma, pour soulager les manifestations cutanées de la rougeole et la varicelle. Pour le nettoyage et la désinfection des blessures ; ainsi les traitements des cheveux sec, les infections des voies respiratoires et les spasmes intestinaux (**RADI, 2003**).

- **L'huile alimentaire**

L'huile d'argane alimentaire est caractérisée par son goût de noisette et arôme exotique. Elle est produite à partir d'amandes torréfiées. Elle est très employée par les berbères marocains dans leur alimentation quotidienne.

L'huile d'argan constitue une source diététique importante vu sa richesse en plusieurs composés possédant des propriétés antioxydants, antiprolifératives et anti-inflammatoires (**MARYSE, 2011**).

Les tocophérols possèdent des propriétés diététiques. L'alpha-tocophérol (vitamine E) est eutrophique. Les gamma et sigma-tocophérols possèdent des activités anti-oxydantes puissantes, ce qui permet de neutraliser l'oxydation destructive des radicaux libres.

Les phyto-stérols sont pourvus d'une grande activité protectrice contre le cancer de la peau. De même, ils réduisent le taux de cholestérol dans le foie et le plasma (**FAEZ, 2012**).

Les pigments caroténoïdes présents dans l'huile d'argan procurent une adaptation de la réponse de la peau aux rayons UV et contribuent à la défense contre certains effets nocifs des radiations solaires.

Son profil unique d'acides gras, tocophérols, stérols, et composés phénoliques concerte à l'huile d'argan des effets chimio-préventifs précieux du cancer (particulièrement de la prostate) et des maladies cardio-vasculaires (**MARYSE, 2011**).

L'huile d'argan stimule des actions antidiabétiques et neuroprotectrices grâce à sa richesse en principes actifs. Cette huile est conseillée pour traiter la résistance à l'insuline liée au diabète de type 2 et à l'obésité (**MARYSE, 2011**).

- **L'huile d'argan cosmétique**

L'huile d'argan destinée à la cosmétologie est préparée à partir des amandons non torréfiés. L'activité cosmétologique de cette huile est probablement liée à sa forte teneur en acides gras insaturés et en agents antioxydants. Ces derniers sont connus pour s'opposer à l'activité des radicaux libres dont l'effet est néfaste pour la peau (**FAEZ, 2012**).

Son application régulière sur la peau est conseillée pour le traitement des gerçures, des peaux sèches ou déshydratées et de l'acné. A long terme, l'application d'huile d'argane conduit à

une réduction de la vitesse d'apparition des rides et à la disparition des cicatrices provoquées par la rougeole ou la varicelle. Son application est aussi préconisée pour le traitement des brûlures superficielles (MARYSE, 2011).

Des massages à l'huile d'argan au niveau des articulations permettent aussi une réduction des douleurs rhumatismales. Finalement, appliquée sur la chevelure, elle permet de redonner aux cheveux éclat et brillance (FAEZ, 2012).

TABLEAU 4. USAGES DE L'ARGANIER (LES AMIS DU MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2006).

Feuilles/feuillage	Fruit	Bois	Racine	Ecorce
Fourrage (chèvres, dromadaires, moutons) protection du sol, ombre, antimité	Noix : Phylactère Pulpe : latex (siccatif) eau de vie alimentation du bétail .usages dermatologiques fumigation, combustion Noyaux : huile alimentaire huile cosmétique (amandons non torréfiés) éclairage, combustion tourteau ; bétail à lait savon, lotion dermique shampoing, suppositoire	Menuiserie outils divers ébénisterie Antimité combustion Charbon : combustible go udron : médicinal cedre : saponacée (lessive)	contre la morsure de serpent	tanin, drogue

I.14. Rôle de l'arganier

I.14.1. Rôle environnemental

L'arganier joue un rôle irremplaçable dans l'équilibre écologique. Grâce à son système racinaire puissant, il contribue au maintien du sol et permet de lutter contre l'érosion hydrique et éolienne. De plus, grâce à son effet ombrage et améliorateur du sol, il peut permettre une production agricole non négligeable dans les conditions climatiques actuelles.

Enfin, de nombreux organismes vivants (faune, flore et microflore) sont directement liés à sa présence. La disparition de l'arganier entraînerait inéluctablement la disparition de plusieurs espèces, provoquant une diminution de la biodiversité, ou une réduction du patrimoine génétique, aussi bien pour l'arbre que les autres espèces animales, végétales ou microbiennes.

I.14.2. Rôle socio-économique

Outre qu'elle offre le pâturage, l'huile alimentaire et le bois de chauffage, l'arganeraie assure la subsistance des ruraux. Elle peut ainsi contribuer à la limitation du phénomène de l'exode rural.

I.15.Principaux ennemis de l'arganier

a)-**Les insectes ravageurs** : L'arganier semblait indemne de ravageurs seule la mouche des fruits *Ceratitis capitata*, bien connue pour ces attaques sur les agrumes arrive à affecter les fruits de l'arbre. En plus de certains insectes les mentionner : Les orthoptères, les coléoptères, les homoptères. (NASRI, 2014).

TABLEAU 5.PRINCIPAUXINSECTES RAVAGEURS DES PEUPLEMENTS A *ARGANIA SPINOSA*
(D'APRES RUNGS, (1950) IN (M'HIRIT ET AL, 1998).

Insecte ravageur	Ordre	Dégâts engendrés
Le criquet : <i>Schistocera gregaria</i> Forsk.	Orthoptère	Dégradation de jeunes pousses.
<i>Sinoxylon ceratoniae</i> L.	Coléoptère	Xylophage dégradant les troncs fraîchement coupés.
<i>Xylomedes coronata</i> Mars.	Coléoptère	Xylophage dégradant le bois coupé.
<i>Pinechora fasciatata</i> Steph.	Coléoptère	Xylophage dégradant le bois mort.
<i>Bolivarta oculata</i> Esc.	Coléoptère	Xylophage dégradant les différents types de bois.
La mouche des fruits d'Arganier.	Diptère	S'attaque aux fruits.
Les cochenilles	Homoptère	Dégradation du feuillage.

b)-**Les mammifères** : Certains rongeurs, comme l'écureuil de barbarie, *Atlantoxerus gentulus* L, et le rat d'arganier peut causer des dégâts par la consommation des graines ou des amandes (NASRI, 2014).

c)-**Les maladies cryptogamiques** : Mise à part 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).

Chapitre II

La Germination et la Levée

CHAPITRE II : Germination et levée

Chez les plantes supérieures, la graine assure la pérennité de l'espèce car elle en représente l'unité de dispersion. Elle procure à l'embryon un environnement favorable à son développement et le protège en attendant la germination, la vigueur de la croissance de la jeune plantule est en grande partie déterminée par le stock de réserves contenues dans la graine et sa capacité de réponse à l'environnement extérieur.

II.1. Définition du processus de germination

II.1. 1. Physiologiquement

- La germination est la phase initiale du processus de développement d'une plante à partir de sa graine débuté lorsque cette graine est placée dans des conditions favorables d'humidité, de luminosité et de température.
- La germination est défini comme la somme des événements qui conduisent la graine sèche à germer, elle commence par la prise d'eau et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (**HOPKINS, 2003**).
- La germination et le passage de la vie latente de la graine à la vie active, sous l'effet de facteurs de milieu favorables.
- Selon **MAZILAK, (1982)**, c'est un processus physiologique dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule.
- **DEYSSON, (1967)** a défini la germination comme une période transitoire au cours de laquelle la graine qu'était à l'état de vie latente, manifeste une reprise des phénomènes de multiplication et d'allongement cellulaire.
- La germination correspond au passage de l'état de vie ralentie à l'état de vie active, que les réserves qui jusque-là assuraient le métabolisme résiduel de l'embryon vont être activement métabolisées pour assurer la croissance de la plantule (**JEAM et al, 1998**).

II.1. 2. Botaniquement

- Une semence a germé lorsque la radicule a percé les enveloppes ou elle est visiblement allongée (**BEWLEY, 1997**).

II.1. 3. Agronomique

- la germination s'arrête à la levée des semis, c'est à dire l'apparition des premières feuilles à la surface du sol.

II.2. Morphologie et physiologie de la germination

II.2.1. Morphologie de la graine

La graine s'imbibe d'eau et se gonfle, le tégument se fend et la radicule émerge et s'oriente vers le milieu selon un géotropisme (gravi tropisme) positif. Puis, la tigelle émerge et s'allonge vers le haut. Les téguments de la graine se dessèchent et tombent (**MEYER et al, 2004**).

II.2.2. Physiologie de la germination

Au cours de la germination, la graine se réhydrate et consomme de l'oxygène pour oxyder ses réserves en vue d'acquies l'émergence nécessaire. La perméabilité du tégument et le contact avec les particules du sol conditionnent l'imbibition et la pénétration de l'oxygène. Les réserves de toute nature sont digérées (**MICHEL, 1997**).

II.2.3. Types de germination

On distingue deux types de germination :

La germination épigée caractérisé par un soulèvement des cotylédons hors des sols car il y a un accroissement rapide de la tigelle, le premier entre-nœud donne l'épi-cotyle et les premières feuilles, au-dessus des cotylédons sont les feuilles primordiales, tandis que chez les plantes à germination hypogée, les cotylédons restent dans le sol (**AMMARI, 2011**).

II.3. Condition de la germination

La germination d'une graine, dont le déterminisme est souvent très complexe, dépend de nombreux paramètres internes propres à la graine et des conditions externes liées aux facteurs physiques.

II.3.1. Condition internes de la germination

Les conditions internes de la germination concernent la graine elle-même, qu'elle doit être vivante, mure, apte à germer (non dormante) et saine (**JEAM et al, 1998**).

Facteurs internes :

Plusieurs facteurs internes peuvent influencer la germination des graines.

Maturité des graines :

Nous avons l'habitude de dire qu'une semence est mure lorsque toutes ses parties constitutives sont différenciées. C'est la maturité morphologique. Beaucoup de semences, bien que vivantes et morphologiquement mures ne germent pas lorsqu'on les place dans des conditions apparemment favorables à leur germination, parce qu'elles ne sont pas physiologiquement mûres (**CHAUSSOT et LE DEUNF, 1975**).

Longévité des semences :

C'est la durée pendant laquelle les semences restent et gardent leur pouvoir germinatif. Elle varie selon l'espèce et la variété (**HELLER, 1990**).

L'acide abscissique :

L'acide abscissique (ABA) est l'inhibiteur primaire de la germination dans beaucoup de graines (**PINFIELD et GWARAZIMBA, 1992**). La dormance embryonnaire est en droite relation avec la production de l'ABA (**HILHORST et KARSSEEN, 1992**). La synthèse d'ABA est accélérée en réponse aux facteurs de stress tel notamment hydrique (**YOSHIOKA et al, 1995**). Le manque d'oxygène augmente la quantité d'ABA endogène et diminue la quantité d'acide gibbérellique (GA3) et de cytokinine des graines (**PRASAD et al, 1983**).

II.3.2. Condition externes de la germination

La graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, et la température (**SOLTNER, 2007**) :

L'eau

Selon **CHAUSSAT et al, (1975)**, La germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leurs cellules, donc leur division (**SOLTNER, 2007**).

L'imbibition se fait par contact de la graine avec l'eau qui est d'une nécessité absolue pour sa germination. Un excès d'eau est souvent néfaste à la germination. Il intervient indirectement en privant l'embryon de l'oxygène (**COME, 1970**).

L'oxygène

La germination exige obligatoirement de l'oxygène (**SOLTNER, 2007**). **MAZILAK, (1982)** déclare qu'une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination et d'après **MEYER et al, (2004)**, l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

La germination exige assez peu d'oxygène. Les graines germent parfaitement dans des atmosphères appauvries (2-5%). Les enveloppes séminales sont de structure poreuse. Elles retiennent des gaz adsorbés qui sont partiellement libérés lors de l'imbibition (**COME, 1970**).

La Température :

La température agit sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon, et sur la vitesse d'imbibition, mais sans qu'elle modifie la teneur en eau final des semences.

II.4. Phases de la germination

La germination comprend trois phases successives :

Phase d'imbibition

C'est un phénomène d'entrée rapide et passive d'eau. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes (**CHAUSSOT et LE DEUNF, 1975**).

Phase de germination

C'est une phase très importante car elle conditionne la croissance ultérieure (**COME, 1970**).

Phase de croissance

Elle est caractérisée par une augmentation de la respiration et l'entrer d'eau.

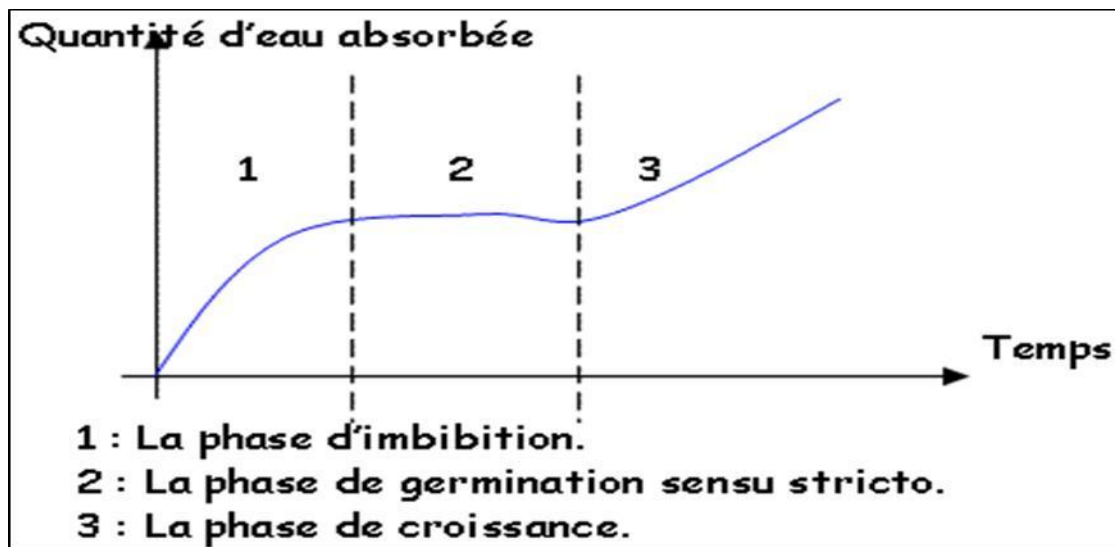


FIGURE 6. COURBE THEORIQUE D'IMBIBITION D'UNE SEMENCE (D'APRES COME, 1982).

II.5. Différents obstacles de la germination

Les obstacles de la germination sont tous les phénomènes qui empêchent le développement d'un embryon non dormant placé dans des conditions convenables (**MAZILAK, 1982**).

La température

La température a deux actions :

Soit directe par l'augmentation de vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination (**MAZILAK, 1982**), soit indirect par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (**CHAUSSAT et al, 1975**).

La température intervient directement dans le processus germinatif des graines en agissant sur la vitesse des réactions biochimiques et indirectement sur la stabilité d'oxygène dans l'embryon (**BINET et BRUNEL, 1968**).

La dormance c'est un état provisoire dans lequel des semences viables ne peuvent pas germer même dans des conditions favorables. Selon **(HILHORST, 2007)**, la dormance est caractérisée par une absence virtuelle d'activité métabolique et par le manque virtuel de développement et de croissance.

Les semences qui ne germent pas dans les différentes conditions de milieu, sont des semences dites «dormantes», et leur dormance peut concerner soit les téguments, soit l'embryon soit les deux à la fois **(SOLTNER, 2001)**.

II.5.1. Inhibitions tégumentaires

L'imperméabilité à l'eau ou à l'oxygène cause des dormances tégumentaires, c'est le cas des graines dures **(SOLTNER, 2001)**.

D'après **MAZILAK, (1982)**, les inhibitions tégumentaires peuvent être facilement définies par : les semences ont des enveloppes totalement imperméable à l'eau, les enveloppes séminales ne sont pas suffisamment perméables à l'oxygène.

II.5.2. Dormances embryonnaires

Selon **BASKIN et BASKIN, (1998)**, la dormance embryonnaire est due à la présence d'un embryon « sous-développé » au moment de la dissémination des graines.

Il existe deux types de dormance embryonnaire : la dormance primaire où l'embryon peut être dormant au moment de la récolte des semences et la dormance secondaire dont laquelle l'embryon est capable de germer mais il perd cette aptitude sous l'influence des facteurs défavorables à la germination **(CHAUSSAT et al, 1975)**.

II.5.2.1. La dormance primaire

La dormance primaire désigne l'état physiologique dans lequel se trouve une semence qui bien que placée dans des conditions favorables ne germe pas. Cette non germination est due à la semence elle-même **(BONNER et al, 1994; BOUWMESTER et KARSSSEN, 1992; FOLEY et FENNIMORE, 1998; MARTINEZ-GOMEZ et DICENTA, 2001)**.

La dormance primaire est classifiée selon la nature d'inhibition de la germination aux types suivants :

2-1-1-La dormance exogène :

La dormance exogène est due à l'inhibition de la germination par un facteur présent en dehors de l'embryon **(GBEHOUNOU et al, 2000)**.

La dormance physique :

La dormance physique est due à l'imperméabilité de l'enveloppe de la graine à l'eau **(BASKIN, 2003; BASKIN et al, 2004)**. Cette imperméabilité est habituellement associée à la

Présence d'une ou de plusieurs couches de cellules imperméables situées dans l'épiderme **(BASKIN et al, (2000) ; BELL, 1999)**.

Sous les conditions ambiantes, la dormance physique est éliminée par la fluctuation des températures **(BASKIN, 2003)**, le passage des graines dans l'appareil digestif d'un animal **(ADKINS et al. 2002 ; BASKIN et BASKIN, 1998)**, la scarification mécanique **(BASKIN et al, 2004)** et le traitement par l'eau chaude **(TURNER et al, 2005)**.

La dormance chimique :

Chimiquement les graines dormantes ne germent pas en raison de la présence d'inhibiteurs dans le péricarpe ou le tissu de la graine. **(BASKIN et BASKIN, 2004)** ont prolongé cette définition aux composés transférés à la graine qui empêchent la germination. L'ABA et la coumarine sont les inhibiteurs les plus connus **(Adkins et al, 2002)**. Cette dormance peut être levée par l'élimination du péricarpe **(BASKIN et BASKIN, 1998)**.

La dormance mécanique :

La dormance mécanique est une autre forme de dormance exogène. Les graines ne peuvent pas germer parce que le développement de l'embryon est comprimé à l'intérieur d'une structure dure hermétique (noyau). La dormance mécanique diffère de la dormance physique par le fait que la pénétration d'eau et d'oxygène ne sont pas nécessairement empêchées **(SCHMIDT, 2000)**.

2-1-2-La dormance endogène :

Il y a deux formes principales de dormance endogène; dormance morphologique et dormance physiologique.

La dormance morphologique :

Les graines dormantes morphologiquement ont des embryons sous-développés **(GENEVE, 2003)**. La dormance morphologique est principalement observée chez les espèces des régions tempérées **(BASKIN et BASKIN, 1998)**. Elle peut être levée par stratification chaude ou froide ou par traitement des graines par le nitrate de potassium ou par l'acide gibbérellique **(GENEVE, 2003)**.

La dormance physiologique :

La dormance physiologique est due à des changements biochimiques intervenant à l'intérieur de l'embryon empêchant la germination **(BASKIN et BASKIN, 1998; GENEVE, 2003)**.

Les composés phénoliques et l'ABA sont les principaux inhibiteurs de la germination chez la plupart des espèces, les graines restent perméables à l'eau **(BEWLEY et BLACK, 1982)**.

La dormance morpho physiologique :

La dormance morpho physiologique, représente un état dans lequel la dormance morphologique est associée à la dormance physiologique (**BASKIN et BASKIN, 1998; BASKIN et BASKIN, 2004**). Elle a été signalée chez certain nombre d'espèce comme *Hibbertia hypericoides* (*Dilleniaceae*) (**SCHATRAL, 1996**).

Dans ce type de dormance, la stratification ou le traitement avec GA₃ sont efficaces en favorisant la croissance de l'embryon (**HIDAYATI et al, 2000**).

II.5.2.2. La dormance secondaire :

Il arrive quelque fois dans la graine dont la dormance primaire est préalablement levée, de ne pouvoir pas germer. La non germination est due à des conditions défavorables tels que l'eau, la température, l'oxygène, la lumière ; c'est la dormance secondaire (**BEWLEY et BLACK, 1982**); (**HILHORST, 1998**).

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

Des études ont montré que la germination des graines d'arganier est difficile à l'état naturel à cause de la perte de leur pouvoir germinatif lié aux problèmes de la sécheresse (**EL MAZZOUDI et ERRAFIA, 1977**).

En effet, la graine d'Arganier est dotée de téguments très durs engendrant des problèmes d'inhibition et rendant aléatoires les germinations en pépinière et lors de semis directs.

La germination de la noix d'argan est rare en forêt naturelle; cela est peut-être dû aux changements des microclimats, des survenus à la suite du bouleversement du biotope de l'arganier (défrichement du sous-bois épineux, labour, récolte des noix, pâturage excessif, etc. (**ANONYME, 1976**). Aussi la régénération spontanée reste très rare en raison des conditions difficiles du milieu (**M'HIRIT, 1989**). Cependant, elle peut avoir lieu à la suite d'incendies ou de coupes (**KHAY, 1989**). En fait, l'arganier se régénère bien par rejets de souches jusqu'à un âge très avancé d'environ 150 à 200 ans (**NOUAIM et al, 1991**).

Etant donné les difficultés rencontrées dans la multiplication de l'arganier par le biais de graines, d'une part en raison de la présence d'un noyau central dur entouré d'un péricarpe charnu et épais qui a pour conséquence de retarder la germination, et d'autre part à cause de la propriété de l'embryon (dormance endogène).

Le taux de germination est d'autant plus élevé que les graines sont grosses et de récolte récente, et qu'on procède à une légère désinfection qui évite les contaminations responsables des fontes de semis (**NOUAIM et CHAUSSOD, 1994**). La technique de trempage des graines dans l'eau est tout à fait suffisante pour obtenir une bonne germination (**NOUAIM et CHAUSSOD, 1994**).

II.7. La levée de la dormance

Dans les conditions naturelles l'exposition au froid peut lever la dormance des graines. Artificiellement, elle peut être levée par des traitements physiques (stratification et Scarification) ou hormonales (régulateurs de croissance), La levée de dormance se fait naturellement ou artificiellement.

II.7.1. Naturellement

Par l'altération des enveloppes sous l'effet des alternances de sécheresse et d'humidité, de gel et de réchauffement (**DOMINIQUE, 2007**).

II.7.2. Artificiellement

Par des différentes méthodes, on peut citer :

La stratification :

La stratification est une technique employée principalement pour lever la dormance primaire morphologique, physiologique et morpho-physiologique (**GENEVE, 2003**). Chez quelques espèces, telles que *Glauicum flavum* (**THANOS et al, 1989**) et *Pinus brutia* (**SKORDILIS et THANOS, 1995**) la stratification est efficace pour lever la dormance secondaire.

Le processus de la stratification consiste à incuber les graines en conditions humides et à température basse (0-10°C). La température optimale est de 4°C pour beaucoup d'espèces (**BASKIN et BASKIN, 1998**). L'efficacité de la stratification est variable selon l'espèce (**VINCENT et ROBERTS, 1977; ANDERSSON et MILBERG, 1998**).

La stratification joue un rôle dans la transformation de réserves nutritives à la forme soluble (**BELL, 1999**), la promotion de la synthèse de GA (**MOORE et al, 1994**), l'augmentation de la perméabilité du tégument et la maturité de l'embryon (**HENNION et WALTON, 1997**) et la promotion de l'émergence de la radicule par l'affaiblissement des structures environnantes (**DOWNIE et al, 1997**).

Ce traitement utilisé empiriquement depuis longtemps, consiste à placer les semences au froid dans un milieu humide (terre, sable, tourbe) en période déterminée selon l'espèce (**JEAM et al, 1998**).

La scarification :

On appelle "scarification" tout procédé qui consiste à casser, érafler, altérer mécaniquement ou amincir les téguments afin de faciliter les échanges entre l'embryon (siège de la germination) et l'environnement (**HARTMANN et al, 1997**). Les différents tissus entourant l'embryon peuvent, en effet, avoir un effet inhibiteur sur la germination des graines à différents niveaux: en interférant avec l'absorption d'eau et les échanges gazeux; en exerçant une contrainte mécanique à la croissance physique de l'embryon; en empêchant la disparition

des inhibiteurs embryonnaires (**REN et KERMODE, 1999**). Trois types de traitements sont généralement employés pour scarifier les graines: la scarification mécanique, incluant souvent l'utilisation de papiers sablés, chimique à l'aide de l'acide sulfurique et thermique à l'eau bouillante (**HARMANN et al, 1997**).

Il suffit souvent de blesser plus ou moins profondément les enveloppes pour faciliter la germination. Peut effectuer par des différentes méthodes, par façon **mécanique** (coupe, pique, décortication, battage des enveloppes...) ; (**CHERFFAOU, 1987**), ou par voie **chimique** (Immersion des semences dans l'acide sulfurique concentrée(H_2SO_4), ou par lyophilisation dans l'azote liquide...) ; (**JEAM et al, 1998**).

Froid

C'est une technique qui consiste à placer les semences au froid à des températures basses mais positives (**MAZILAK, 1998**).

La quantité de froid nécessaire pour obtenir un tel résultat, c'est-à-dire la température à appliquer et la durée du traitement dépend évidemment de l'espèce ou de la variété considérée (**MAZILAK, 1998**).

Lixiviation

Par le trempage ou le lavage à l'eau, pour éliminer les inhibiteurs hydrosolubles (**JEAM et al, 1998**).

Traitements oxydants

On a souvent préconisé l'emploi d'eau oxygénée pour améliorer la germination on pensant qu'elle fournit de l'oxygène à l'embryon (**MAZILAK, 1982**).

Le rôle des gibbérellines :

Les hormones jouent un rôle important dans la germination des graines (**Davies, 1990**). Les acides gibbérelliques (GA) sont les hormones de croissance généralement utilisées pour lever la dormance dans beaucoup des graines (**MA et al, 2003**). Il existe un nombre phénoménal de GA. Elles sont désignées par les abréviations GA₁... GA₁₂₅. Les GA sont définis bien plus par leur structure que par leurs activités biologiques. Ce sont toutes des di-terpènes cycliques. Celles qui présentent une activité biologique sont assez peu nombreuses Il s'agirait principalement de GA₁, GA₃, GA₄, GA₇, ainsi que de quelques autres (**SRIVASTAVA, 2002**).

La germination est régulée, du point de vue hormonal, par deux substances antagonistes à action opposée (**BEWLEY, 1997; FOLEY, 2001 ; SRIVASTAVA, 2002**): l'ABA (inhibiteur) empêchant la germination et les gibbérellines (stimulateur) qui participent de façon importante à l'avènement de la germination. L'augmentation des gibbérellines pourrait

soit favoriser la germination en ramollissant les structures qui pouvaient faire barrière à la croissance de la radicule, soit faire disparaître la dormance de l'embryon liée à l'ABA en augmentant la capacité de la radicule à croître, ou encore les deux à la fois (**FOLEY, 2001 ; TIEU et al, 1999 ; WHITE et RIVIN, 2000**).

II.8. Amélioration de pouvoir germinatif des graines

Afin d'améliorer le pouvoir germinatif des semences, certains traitements sont utilisés. Les plus efficaces se classent en deux grands groupes :

Traitements humides

C'est l'utilisation de l'eau bouillante ou chaude, des acides, des solvants organiques, l'alcool, etc...

Trempage dans l'eau

Certaines semences peu résistantes à la germination réagissent favorablement à un trempage pendant 24 heures dans de l'eau à température ambiante (**KEMP, 1975**).

Eau chaude

L'ébullition favorise généralement la germination et un trempage dans de l'eau chaude (entre 60 et 90°C) est aussi efficace que le trempage à 100°C, mais il y a moins de risques de dommages aux températures moins élevées (**CLEMENS et al, 1977**).

Eau bouillante

Une technique généralement utilisée et qui consiste à immerger les graines dans 4 à 10 fois leur volume d'eau bouillante (100°C), à arrêter le chauffage et à les laisser tremper dans l'eau qui se refroidit progressivement pendant 12 à 24 heures (**DELWAULLE, 1979**).

Traitement à l'acide

Le produit chimique le plus fréquemment employé pour lever la dormance tégumentaire est l'acide sulfurique concentré.

Traitements à sec

Par Chaleur sèche, micro-ondes, percussion, scarification manuelle ou mécanique.

Chaleur sèche et feu

Le rayonnement solaire ne constitue pas à lui seul un traitement susceptible de favoriser la germination, mais c'est un élément important du traitement par humectage et séchage alternés.

Scarification manuelle

Elle est considérée comme une des méthodes de prétraitement la plus sûre. Le pourcentage de germination qui s'ensuit est sans doute très proche de la faculté germinative.

Micro-ondes

Ce traitement a un effet comparable à celui de l'eau bouillante, mais les semences restent sèches. **(WAHBI et al, 2010).**

Chapitre III

Substrat (La Bentonite)

CHAPITRE III : Substrat

III.1.Sols sableux

Les sols sableux se caractérisent par un faible pouvoir de cohésion entre les particules et sont mal structurés, ils possèdent généralement une structure fragmentaire, par conséquent sont peu concernés par les changements pouvant se produire en matière de teneur en humidité. De ce fait, ces sols possèdent une faible capacité de rétention en eau et présentent un ressuyage rapide à cause de leur texture légère.

La stabilité structurale de ces sols est généralement faible. **N'DAYEGAMIYE et al, (1993), CHANTIGNY et al, (1999)** pensent que la désagrégation est due à la dispersion des ciments argileux et humique libérant les particules grossières des sables et limons. L'eau pénétrant dans les pores du sol exerce sur l'air emprisonné à l'intérieur une pression qui finit par éclater en fragments de terre. La faible cohésion des agrégats est due à la faible teneur en argile et celles des cations adsorbés ainsi que la matière organique et les électrolytes absents dans la solution du sol (**VILAIN, 1987**).

Chimiquement ces sols sont très pauvres et ne disposent pas de réserves remarquables en éléments nutritifs, vu leurs faibles capacités de stockage et d'échange cationique ce qui demande une application répétée des engrais chimiques et à petites doses pour éviter le lessivage. Ces sols présentent un faible potentiel agricole et font l'objet de plusieurs travaux scientifiques en vue de leur amélioration. Ces caractéristiques physiques et chimiques défavorables influencent directement les propriétés biologiques de ces sols, car les racines des plantes cultivées ne peuvent bénéficier facilement des facteurs de croissance telle que l'eau et la chaleur, des éléments chimiques et des composés organiques de ce point de vue.

III.2. La Bentonite

Elle désigne généralement une poudre minérale constituée essentiellement de l'argile de montmorillonite (famille des smectites). Dans leur état naturel, la plupart des gisements de bentonite sont hétérogènes ; ils sont constitués de smectites mélangées ou inter-stratifiées avec l'illite et/ou la kaolinite et d'autres impuretés (**LARIBI et al, 2005**).

La bentonite est largement utilisée dans de nombreux secteurs industriels (pharmacie, cosmétique, chimie, génie civil, agroalimentaire ...). Elle est utilisée sous forme pâteuse ou à l'état de poudre pour la réalisation de barrières étanches pour les déchets industriels et ménagers (géo-membranes bentonitiques) et les déchets radioactifs (barrières ouvragées ; poudre compactées). A l'état liquide, la boue de bentonite se définit comme une *suspension eau-argile*. L'origine de l'usage de la boue est sans aucun doute les forages pétroliers (**BESQ,**

2000). Elle permet, du fait de ses propriétés rhéologiques, de faire face aux nombreuses exigences du forage, telles que la stabilité de l'ouvrage (par imprégnation du terrain et par fabrication d'un cake pour limiter la filtration vers la paroi) et l'évacuation des déblais (BESQ, 2000); (JOZJA, 2003).

II.2.1. Définition de la bentonite

La bentonite est une roche argileuse, friable, tendre et onctueuse au toucher, sa teinte dépend des composés minéraux et impuretés (matière organique et oxydes des métaux) qui lui sont étroitement associés. Elle est blanche, grise ou légèrement jaune. Elle se caractérise par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement.

Les bentonites sont des silicates d'alumine hydratés appartenant au groupe des Montmorillonites de formule brute : $\text{Si}_4 (\text{Al} (2-x) \text{Rx}) (\text{O}_{10}, \text{H}_2\text{O}) (\text{Cex}, n\text{H}_2\text{O})$ ou $\text{Si}_4 (\text{Al} (2-x) \text{Rx}) (\text{H}_2\text{O}) n$ avec :

- **R** = Mg, Fe, Mn, Zn, Ni

- **Ce** (cations échangeables) = Ca, Na, Mg.

La bentonite est une argile douée de propriétés de surface (caractère, affinité pour l'eau, capacité d'adsorption de composés électropositifs,...) (BOURAS, 2003; BOUGDAH, 2007; BOUAZZA, 2012).

III.2.2. Origine de la bentonite

Les bentonites sont des argiles d'origine volcanique, constituées principalement de montmorillonite; l'altération et la transformation hydrothermale de cendres des tufs volcaniques riches en verre entraînent la néoformation des minéraux argileux (BESQ, 2000), qui font partie principalement du groupe des smectites. Les roches argileuses ainsi formées portent le nom de bentonite, d'après le gisement situé près de Fort Benton (Wyoming, Etats-Unis). Elle contient plus de 75% de montmorillonite (SLASLI, 2002; (BESQ, 2003); YUCEF et ACHOUR, 2004; BOUGDAH, 2007; BOUAZZA, 2012).

En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent dans l'Oranie (ouest algérien). On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hamam Boughrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem (M'zila) avec des réserves de deux millions de tonnes (ABDELOUHAB et al, 1988; ACHOUR et YUCEF, 2003; AYARI et al, 2004; MARDINI, 2006; BOUAZZA, 2012).

III.2.3. Formation de bentonite

La bentonite est un matériau dérivé de l'altération, au cours de périodes géologiques, de matériaux vitreux émis par des volcans (tuf ou cendres), ou de l'altération de roches siliceuses telles que le granite et le basalte. La bentonite ne se forme qu'en présence d'eau. En fonction

de la nature de la formation, la bentonite peut contenir divers minéraux accessoires, en plus de son minéral constitutif, la montmorillonite. Ces minéraux peuvent inclure l'attapulgite, le kaolin, le mica et l'illite, ainsi que des minéraux tels que le quartz, le feldspath, la calcite et le gypse. La présence de ces minéraux peut affecter la valeur d'un gisement.

III.2.4. Structure de la bentonite

La montmorillonite (figure 7) est le constituant principal de la bentonite (BOUAZZA, 2012). La montmorillonite provient de la transformation naturelle des cendres volcanique dans l'altération s'est produit il y a des milliers d'années par lessivage alcalin ou acide (THOMASSIN et al, 2008). Elle fut découverte pour la première fois en 1847 dans la montagne de Montmorillon dans la Vienne (France) (DAMOUR, 1847). La montmorillonite c'est un phyllo-silicates 2:1 (famille de smectites) dans lequel la charge négative de la couche est électriquement équilibrée par une charge égale, des cations échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , K^+ , NH et Na^+) situés principalement entre ces couches silicates; ces cations ne font pas partie de la structure et garde une certaine mobilité (BOUAZZA, 2012).

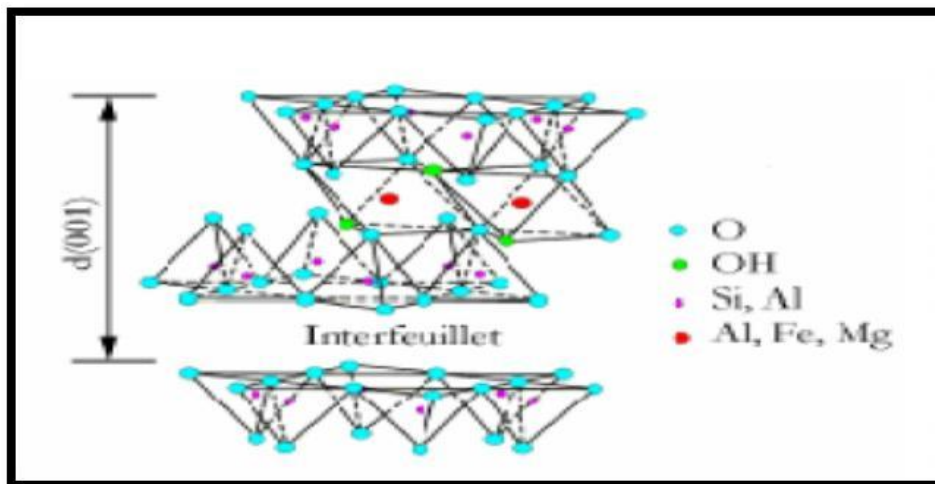


FIGURE 7. STRUCTURE IDEALE DE LA MONTMORILLONITE ET DE LA BEIDELLITE (LUCKHAM ET ROSSI, 1999).

III.2.5. Surfaces spécifiques de la montmorillonite naturelles

Plusieurs montmorillonites naturelles de surfaces spécifiques comprises entre 80 et 100 m²/g. Les surfaces spécifiques, les plus répandues dans la littérature, sont rassemblées dans le tableau 6. Elles montrent que l'aire spécifique de la montmorillonite de Maghnia est la plus élevée, comparée aux montmorillonites d'autres régions dans le monde (GUALTIERI et al., 2010).

TABLEAU 6. SURFACES SPECIFIQUES DE CERTAINES BENTONITES NATURELLES.

Origines de la bentonite Naturelle	Surface spécifique BET (m ² /g)
Maghnia (Algérie)	80 (YOUCEF et ACHOUR, 2004)
Mostaganem (Algérie)	56 (AMAR, 1981)
Expansia (France)	67 (CHIRCHI et al, 1997)
Wyoming (USA)	56 (ABDELLAOUI et al, 1999)
Guangdong (Chine)	39 (P.X.WU et al, 2001)

III.2.6. Description de la bentonite

La bentonite est une argile colloïdale naturelle découverte aux Etats Unis en 1988 à Fort Benton dans le Wyoming. L'expression bentonite a été introduite pour la première fois par le géologue américain **KHIGHTH (SIGG., 1999)**. La bentonite a la propriété de gonfler au contact de l'eau en donnant un gel plus au moins épais. De très nombreux gisements ont été découverts dans le monde (**POINSAUT et al, 1995**).

III.2.7. Propriétés des argiles

Les minéraux argileux ont un comportement particulier vis-à-vis de l'eau. Une particule argileuse en suspension dans l'eau est colloïdale, se disperse gonfle et adsorbe des quantités d'eau logeant dans l'espace inter-foliaire et pouvant atteindre plusieurs couches (**MERING, 1975 ; VAN DAMME et al, 1987**).

a) Colloïdalité

Le terme colloïdal désigne des substances assez divisées pour que les particules ne soient visibles qu'au microscope électronique (**MERING, 1975**). La colloïdalité est liée à l'extrême finesse des particules. Les particules forment des suspensions stables. La colloïdalité provient de la présence des charges négatives présentes à la surface des particules.

b) Dispersion

Selon **MERING, (1975)**, les argiles se dispersent dans l'eau et forment des suspensions plus au moins stables, dispersion due à la propriété colloïdale, la capacité d'échange et l'appartenance au groupe des silicates. L'édifice silicaté est un stabilisateur des propriétés relatives aux colloïdes échangeurs de cations.

c) Adsorption d'ions

Les argiles gonflantes sont susceptibles d'insérer toute espèce cationique organique, inorganique ou organométallique. Plusieurs mécanismes d'insertion sont possibles (**VAN DAMME et al, 1987**) :

- échange cationique comme dans le cas du bleu de méthylène (**HANG et BRINDLEY, 1970**) et des cations métalliques (**GONZALEZ-PRADAS et al, 1994**).
- la formation des complexes : lorsque les cations échangeables sont des cations de transition (**TOKARZ et SHABTAI, 1985**).

d) Capacité d'échange

Les atomes de valence « n » substitués dans les couches octaédriques ou tétraédrique par d'autres atomes de valence inférieur, créent dans le feuillet une charge globale négative. La compensation de cette charge est assurée par des cations échangeables, localisés dans l'espace inter-foliaire. Ce sont généralement des cations Na^+ , Ca^{++} . Le nombre et la nature du cation échangeable caractérisent l'argile.

L'ensemble de ces charges mobiles peut être estimé et son calcul donne la capacité la capacité d'échange cationique (CEC). La CEC est exprimée milliéquivalents grammes/100g d'argile. Il existe plusieurs méthodes d'analyse pour la mesure de la CEC de la bentonite, la méthode au cobalt (**ROHDES et BROWN, 1995**), la méthode conductimètre (**CHIU et al, 1990**), et la méthode au bleu de méthylène (**HANG et BRINDLEY, 1970 ; KAHR et MADSEN, 1995**).

III.2.8. Types de bentonites

On distingue trois types de bentonites par rapport à leur pouvoir de rétention de molécules organiques, qui sont :

- Bentonite sodique naturelle
- Bentonite calcique naturelle
- Bentonite activée (**BOUGDAH, 2007**).

a)- Bentonites naturelles

En fonction de la nature du cation échangeable présent, il existe à l'état naturel deux types de bentonites:

- Les bentonites sodiques, où le sodium est le cation échangeable majoritaire, elles ont un fort pouvoir de gonflement et d'adsorption.
- Les bentonites calciques, où le calcium est le cation échangeable majoritaire, elles ont un pouvoir de gonflement et d'adsorption plus faible que les bentonites sodiques.

Ces deux types de bentonites, éventuellement après un séchage à 80-90 °C, sont simplement broyés avant leur commercialisation (**BOUGDAH, 2007**).

b)- Bentonites activées

Afin d'améliorer les propriétés d'adsorption des bentonites calciques, ces dernières sont le plus souvent activées par du carbonate de sodium puis séchées et broyées; on obtient ainsi des bentonites calciques activées dont les propriétés sont égales ou supérieures à celles des bentonites sodiques. Les propriétés de ces bentonites ainsi activées ou permutées sont moins stables dans le temps (3 à 18 mois) et dépendent de l'activation et des taux de magnésium, calcium et sodium. Ces différents types de bentonites se présentent sous forme de poudre ou de granulés sphériques ou cylindriques. Elles ont des couleurs très variables allant du blanc pour les produits les plus purs au gris, beige ou vert pour les autres (**BOUGDAH, 2007**).

III.2.9. Les domaines d'utilisation de la bentonite

La bentonite est largement utilisée dans de nombreux secteurs industriels, Elle possède d'excellentes propriétés adsorbants, souvent utilisée en catalyse dans l'industrie du pétrole (**SWANAKER et al**). A l'état brut, sa plus importante application, après cuisson au-dessus de 1000°C, est la production de céramiques (porcelaine, faïence...etc.). A l'état modifié, l'argile est utilisée dans l'industrie du papier, des produits cosmétiques, dans l'industrie pharmaceutique (fabrication des médicaments, tels : Smecta et Bedelix) (**JULIA, 2008; JULIEN, 2009**).

Elle est utilisée pour la réalisation de barrières étanches pour les déchets industriels et ménage (géo-membranes bentonitiques) et les déchets radioactifs (barrières ouvragées; poudres compactées) (**Jozja, 2003**), pour la stabilité des forages de fait, de ses propriétés rhéologiques (**BESQ, 2000**) ainsi que le confinement des métaux lourds dans le traitement des eaux contaminées par ces dernières (**HAJJAJI et El ARFAOUI, 2009**). A un degré moindre, la bentonite est utilisée dans de nombreux autres processus industriels tels que la fabrication des peintures, l'aménagement des routes en travaux publics (**KUN, 2005**).

En agriculture, la bentonite contribue à l'augmentation de la teneur en azote assimilable dans le sol (**REGUIEG et BELKHODJA, 2008**), la bentonite améliore aussi les paramètres chimiques des sols sableux, l'application de la bentonite augmente la production agricole, l'économie de l'eau et les éléments fertilisants (**HALILAT et TESSIER, 2006**).

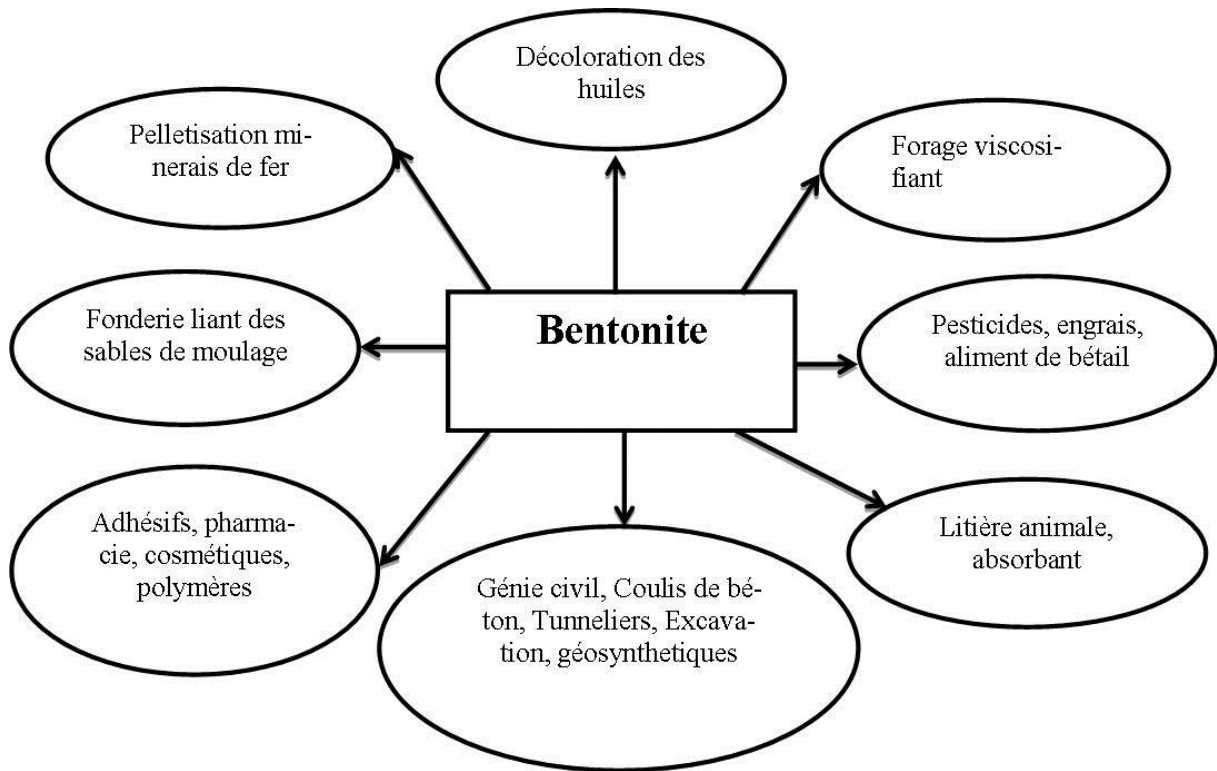


FIGURE 8. DOMAINES INDUSTRIELS D'UTILISATION DES BENTONITES (REGUIEG. Y).

III.2.10. Choix de la bentonite

La bentonite employée dans ce travail provient du gisement de Hammam Boughara situé à Maghnia. Elle est caractérisée par une surface spécifique moyennement importante de l'ordre de 80 m²/g et un pH légèrement acide (tableau 7). Sa composition en oxydes métallique est diversifiée (tableau 8).

TABLEAU 7. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA BENTONITE DE MAGHNA (YOUCEF ET ACHOUR, 2004).

Surface spécifique (m ² /g)	Cations échangeables (meq/100g)				pH
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	
80	30.6	12.8	36.2	9.5	6.2

TABLEAU 8. COMPOSITION CHIMIQUE DE LA BENTONITE BRUTE DE MAGHNA (YOUCEF ET ACHOUR, 2004).

Constituants	%
SiO ₂	69.4
Al ₂ O ₃	14.7
Fe ₂ O ₃	1.2
CaO	0.3
MgO	1.1
Na ₂ O	0.5
K ₂ O	0.8
MO ₂	0.2
AS	0.05

III.2.11. La capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange correspond à la quantité totale des cations qu'un sol ou un milieu peut adsorber et échanger dans des conditions de pH bien définis, on l'exprime en méq par 100g (LOZET et MATHIEU, 1990). Ces sites échangeables sont essentiellement liés à la présence de charges négatives permanentes à la surface de certains minéraux argileux ou à des charges variables de la matière organiques (SCHWERTHMANN et TAYLOR, 1977). Les minéraux argileux ont une capacité d'échange de cations qui dépend de leur nature (SAOUDI, 2001)

III.2.12. Potentiel d'Hydrogène

Le pH des suspensions de bentonite est un indicateur de la présence des cations échangeables. Le pH des bentonites sodiques varie entre 8,5 et 10,5 tandis que celui des bentonites calciques est inférieur à 8,5. Le test consiste à préparer une suspension de 40 grammes de bentonite dans de l'eau distillée et à mesurer son pH après 24 heures.

III.2.13. Teneur en carbonate de calcium CaCO₃

La teneur en carbonate de calcium d'un sol est déterminée par attaque à l'acide chlorhydrique d'une certaine quantité de sol. La mesure de la quantité de gaz carbonique dégagé permet de calculer la masse de carbonate de calcium dissoute et donc la teneur en carbonate de calcium du sol, exprimée en pourcentage de la masse de la phase solide du sol.

Les sols fins contenant du carbonate de calcium peuvent être désignés comme indiqué dans le tableau suivant, en complément de leur classification géotechnique.

TABLEAU 9.TENEUR EN CaCO₃ DE QUELQUES SOLS.

Pourcentage de CaCO ₃	0 à 10	10 à 30	30 à 70	70 à 90	90 à 100
Dénomination	Argile ou limon	Argile calcaire	Marne	Calcaire marneux	Calcaire

III.2.14. Bentonite en agriculture

La bentonite connaît beaucoup d'applications dans le domaine agricole parmi lesquelles :

- Elle permet de mettre en valeur les terres à texture légère, comme additif dans l'élevage car elle atténue la vitesse de décomposition de l'urée après l'ingestion, - Pour la protection contre les insectes et dans la médecine vétérinaire,
- Comme couche imperméable permet de protéger les eaux souterraines contre toute contamination par les éléments chimiques dus à l'utilisation agricole (engrais) ou industrielles,
- Elle peut se mélanger avec le fumier, ou autre excrément d'animaux elle est utilisée comme un agent de déshydratation.
- Pour l'enrobage des engrais (la médecine vétérinaire).

III.2.15. Aspect économique d'application de la bentonite dans l'agriculture

Du point de vue économique, l'application de la bentonite dans l'agriculture a permis d'améliorer la structure des sols sableux susceptibles d'augmenter la production et d'économiser l'eau et les éléments fertilisants. Ce sont les bentonites « non pures » de qualité médiocre avec des admixtions plus avantageuses pour l'agriculture, mais non pour l'industrie (à cause des carbonates par exemple). Cette économie dépend en grande partie de la distance entre le gisement et le lieu d'application de la bentonite.

Deuxième partie
Etude expérimentale

Chapitre I
Matériel et méthodes

CHAPITRE I : Matériel et Méthode

1^{er} ETAPE

I.1. Matériel végétal

L'assurance du matériel végétal était contraignante vue la distance entre la wilaya de Naama et celle de Tindouf, pour les graines de provenance du Maroc c'est une autre paire de manche. Il a fallu presque deux mois pour assurer une quantité concevable pour entamer nos expériences. Tous le matériel végétal utilisé dans ce travail expérimental s'agit de graines d'arganier (*Argania Spinosa*. L. Skeels) à maturité complète entremise via les services des forets pour celles de provenance des wilayas internes, celle du Maroc par achat du marché de semence (sans mention de variété), nous avons rassemblé 280 graines au total (100 de Tindouf, 100 de Mostaganem et 80 de Maroc) (photo 2 et 3) le jeudi 08 Décembre 2018. Concernant les détails sur l'outil végétal, les graines d'arganier se ramassent après leurs chutes, parce que la collecte est périlleuse faute des épines sur le branchage, les péricarpes sont complètement secs.



PHOTO 2.GRAINES D'ARGANIER DE TINDOUF (BELABDLI ET KHELIL, 2019).



PHOTO 3.GRAINES D'ARGANIER DE MAROC (BELABDLI ET KHELIL, 2019).

I.2. Matériel d'expérimentation

Durant les essais de germination et les mesures des différents paramètres de l'étude de germination de l'arganier de provenance Tindouf, Mostaganem et de Maroc, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Agitateur ;
- Balance de précision ;
- Broyeur ;
- Calci- mètre ;
- Centrifugeuse ;
- Conductivité mètre ;
- Congélateur ;
- Coton ;
- Cristallisateur ;
- Eau de javel ;
- Eau distillée ;
- Entonnoir ;
- Etuve à 27- 28°C ;
- pH mètre ;
- pipette (10 ml) ;
- Pissette ;
- Plateau alvéolé ;
- Sachets en plastiques : poids : 5000 g, long : 30cm, Large : 10cm ;
- Tamis.

Solutions :

- Acide chlorhydrique HCl ;
- acide sulfurique (H₂SO₄) 0- 1% ;
- Acétate d'ammonium ;
- Acétate de sodium ;
- Méthanol ;
- Carbonate de calcium 0- 3g ;
- Acide gibbéréllique GA3.

Substrats :

Sable

Bentonite

I.3. Normes expérimental pour la germination

Afin de minimiser les variables et leurs interactions nous avons fixés deux paramètres conditionnels, la température et l'humidité (T=30 C°, H=80%), puisque tous les échantillons étaient dans la même étuve ; les variables retenus n'expriment que les méthodes de traitement, nous voulons ainsi connaître l'aptitude de germination des graines d'arganier sous l'effet de cette diversification.

I.4. Préparation des semences

I.4.1. Décorticage des péricarpes

La majorité des graines portent des enveloppes externes, un décorticage est nécessaire pour éliminer la matière organique externe qui peut être une source de moisissure plu-tard surtout lors au contact avec une source d'humidité.

I.4.2. Désinfection des graines

Les graines sélectionnées de trois provenances sont placées dans un cristalliseur puis elles sont désinfectées par un trempage dans une solution d'eau et eau de javel 12° pendant quelques minutes, suivies d'un rinçage par eau distillée.

Cette procédure était pour but de réduire le maximum toute source de contamination, est on ne la considère guère un prétraitement, car la totalité des graines ont subi cette application.

I.5. Protocole des prétraitements

Quatre traitements ont été mis en application sur les graines d'arganier (figure 09) pour les trois provenances, bien sur un témoin est présent pour chaque provenance, ça veut dire sans traitement.

I.5.1. Traitement Mécanique

Faire des blessures sur les téguments des 20 graines de chaque provenance, les graines est frottées à l'aide de papier de verre ou lime (effet abrasif) pour réduire l'épaisseur du tégument.

I.5.2. Traitement Hormonal

La gibbérelline est une phytohormone qui favorise en général la levée de dormance des bourgeons et des graines. Nous avons testé ce traitement par un trempage des graines dans une solution de 100 ppm de GA3 pendant 40 mn.

I.5.3. Traitement Physique

Le principe de choc thermique.

Trempage dans l'eau froide

Les graines sont trempées dans de l'eau très froide pendant 10 secondes puis un,

Trempage dans l'eau chaude

Les graines sont trempées dans de l'eau chaude, pendant 15 secondes ($T^{\circ}=60C^{\circ}$) l'alternation dure environ 30 minutes.

I.5.4. Traitement Chimique

Les graines sont trempées dans l'acide sulfurique (H_2SO_4) (0,1%) pendant 15 minutes, puis lavées à l'eau distillée.

Donc quatre traitements plus un témoin de chaque provenance donnent 15 échantillons

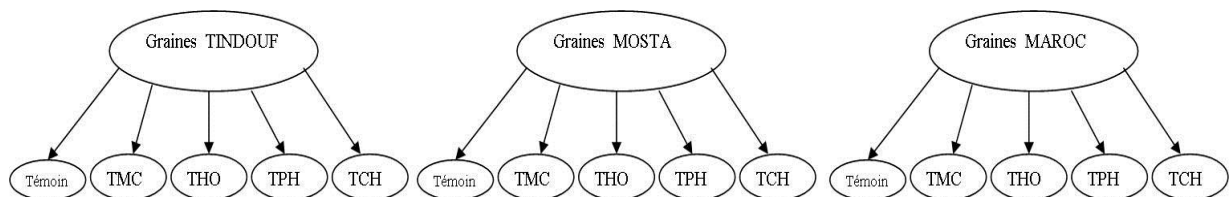


FIGURE 9. LES DIFFERENTS TYPES DE PRETRAITEMENT.

I.6. Trempage des graines

Après les prétraitements les graines, sont placées dans des cristallisoirs contenant de l'eau courante, à température ambiante pendant cinq jours, soit 120 Heures au total. Le but de cette opération est d'imbiber les graines et les rendre moins dures au toucher et éliminer les inhibiteurs d'enzymes pour casser la dormance de l'embryon. (photo04).



PHOTO 4.GRAINS D'ARGANIER TREMPÉ DANS L'EAU (BELABDLI ET KHELIL, 2019).

I.7. Procédure de germination

Après les prétraitements et trempage, les graines sont mis dans du coton mouillé avec l'eau distillé, ensuite, transférées dans l'étuve à une température fixé 30°C et une humidité 80% - Nous avons utilisés 280 graines répartis comme suit (photo05) ;

- 20 grains dans chaque traitement (Provenance de Tindouf) ;
- 20 grains dans chaque traitement (Provenance de Mostaganem) ;
- 16 grains dans chaque traitement (Provenance de Maroc).

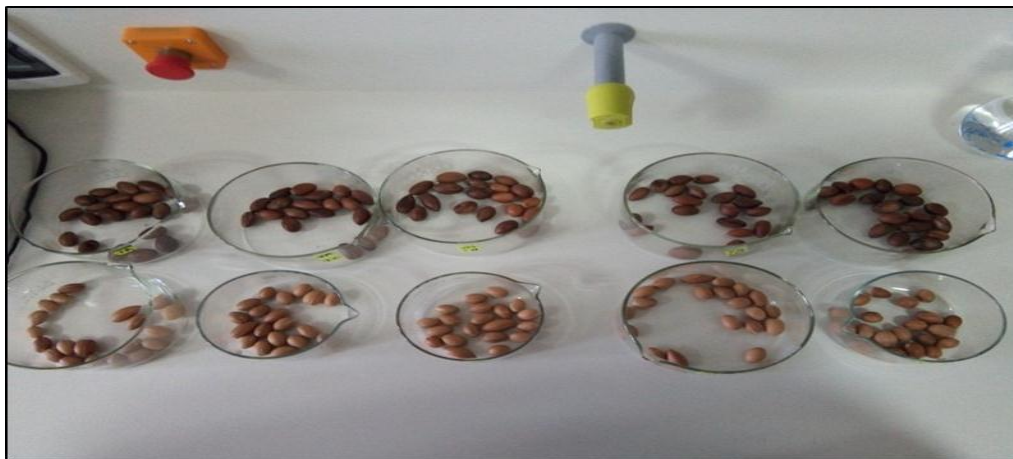


PHOTO 5.TRAITEMENT DES GRAINES (BELABDLI ET KHELIL, 2019).

I.8. Suivi de germination

Vue la température élevée 30°C un arrosage est conseillé chaque 2 jours, le contrôle périodique est nécessaire pour marquer l'évolution du processus de germination, nombre germé par jour.

I.9. Les imprévus rencontrés

Le multi usage des étuves pour les essais microbiologiques sans désinfection du matériel « étuve » rend cette dernière une source de contamination surtout en absence d'aération et désinfection régulière.

Ces contraintes ont raccourci le terme de notre essai, donc les résultats recueillis ne sont qu'une résultante de cette cassure inévitable, faute de manque de graines pour refaire le travail de nouveau, l'interprétation qui fait suite sera souligné sous l'effet de ces imprévus.

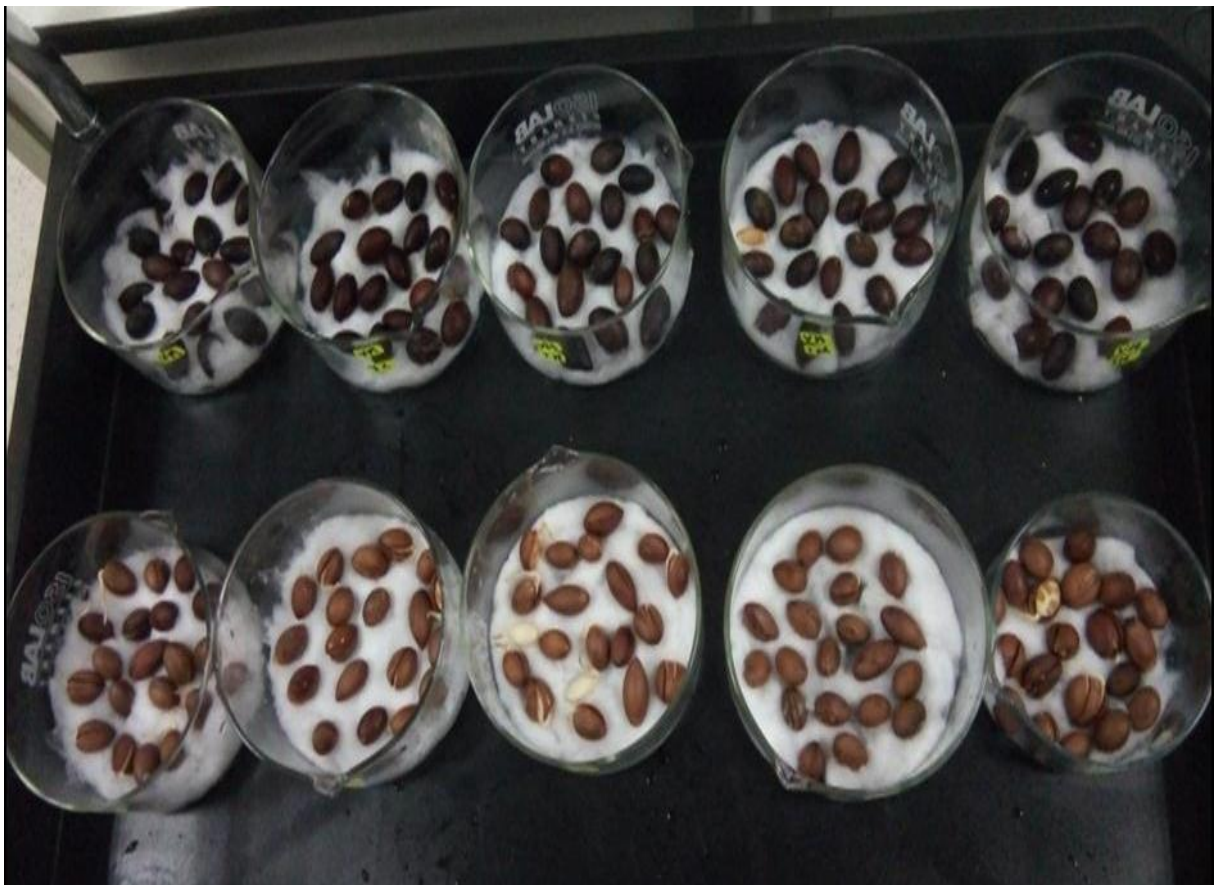


PHOTO 6. LES GRAINS MISES DANS L'ETUVE (BELABDLI ET KHELIL, 2019).

Le comptage consiste à dénombrer le nombre des graines germées pour chaque traitement expérimental, nous avons ainsi déterminé :

- ✓ Le pourcentage de germination (%G)
- ✓ Le temps moyen de germination (TMG)
- ✓ La durée de vie latente (DVL)

Ces derniers sont calculés selon les formules suivantes :

- Le pourcentage de germination pour un traitement expérimental donné correspondant au rapport suivant : (Nombre de grain germés/Nombre total des graines mis à germer) x 100
- Le taux de germination selon **COME (1970)** correspond au pourcentage maximal de graines germées par rapport au total des graines semis.

En effet, le taux de germination est calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux de germination (TG)} = \frac{(\text{nombre des graines germées})}{(\text{nombre total mis en germination})} \times 100$$

- La vitesse de germination est appréciée par le temps moyen de germination (TMG) calculé par la formule: $TMG = \frac{N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots + N_i T_i}{N_1 + N_2 + \dots + N_i}$ Où N_i représente le nombre de graines germés en temps T_i et N_2 le nombre de grains ayant germées entre le temps T_1 et T_2 (**Côme, 1970**).
 - La durée de vie latente (**DVL**) ou le temps de latence qui correspond au temps compris entre le début du test de germination et le moment où la première graine a germé.
- Les graines germées sont transférées dans une chambre de culture « phase transitoire » jusqu'à l'apparition des deux feuilles.



PHOTO 7. LES GRAINES GERME DURANT LA PHASE TRANSITOIRE.

Les sujets sont transférés une deuxième fois vers la serre expérimentale dans des sachets contenant des substrats différents.

2^{ème} ETAPE

I.10. Les substrats

I.10.1. Les type de substrats utilisés :

- le sable d'origine des dépôts cumulés suite aux tempêtes et vents de sable ;
- Mélange Sable- Bentonite (5%- 10%- 20%).

I.10.2. Les outils

180 Sachets en plastique de couleur noire troués en dessous en forme ronde étaient remplis de sable, sable + 5 % de bentonite, sable + 10 % de bentonite et sable + 20 % de bentonite .notre vision de tout ça est d'avoir une piste qui répond à la problématique : comment exploiter les sols steppiques déjà envahis par un voile de sable, et si l'utilisation de la bentonite remède le phénomène de la forte perméabilité du sable.

La méthode indirecte de mesure du levé puisse donner un indice sur cette utilisation, mais quelques paramètres de cette argile est indispensable pour fournir un plus détails sur ces caractéristiques.

I.10.3. Les Analyses du substrat :

1. Mesure de vitesse de filtration (V.F)

La Vitesse d'infiltration est la quantité d'eau qui s'infiltré, pendant un certain temps, dans un sol saturé avec l'eau. Avec une pipette ou une éprouvette on mesure la quantité d'eau qui s'infiltré dans la terre, et à l'aide d'un chronomètre on mesure le temps. On répète cette opération dans chaque substrat (sable, bentonite 5%, 10%, 20%).

- **Les Mesures :**

Cylindre (diamètre 3- 80cm, hauteur 7- 5cm) ;

Volume constant = A (cm³) ;

Intervalle de temps = B (sec) = 120sec (C^{te}) ;

Rayon de cylindre = r (cm) = 1.90cm (C^{te}) ;

Surface de base d'un cylindre $C = 3.14 * r^2$ (cm²) donc C= 11.34 cm² (C^{te}).



PHOTO 8.METHODE DE MESURE DE VITESSE D'INFILTRATION.

2. Mesure du pH

Le pH est mesuré dans une suspension de terre et d'eau distillée. Le rapport sol/liquide est égale 1/5 Le pH est mesuré après deux heures de repos. La lecture se fait à l'aide d'un pH mètre préalablement étalonné.

3. Mesure de la conductivité

La conductivité électrique a été mesurée d'une solution d'extraction aqueuse en prenant soin de veiller à ce que le rapport sol/eau soit constant (1/5), à l'aide d'un conductimètre de type « Consort Analyseur multi-paramètres C3010 ».



PHOTO 9.AGITATION DE LA BENTONITE (BELABDLI ET KHELIL, 2019).

4. Dosage de Calcaire total

Calcaire total (en %) a été réalisé par le calcimètre Bernard.



PHOTO 10. CALCI- METRE DE BERNARD (BELABDLI ET KHELIL, 2019).

5. Détermination de la capacité d'échange de cations CEC

La capacité d'échange cationique a été déterminée par déplacement des cations échangeables par une solution d'acétate de sodium. Ce dernier a été déplacé à son tour par une solution d'acétate d'ammonium puis dosé au photomètre à flamme préalablement étalonné de type **JENWAY PFP7**. Les éléments minéraux Ca^{++} Mg^{++} , Na^+ et K^+ (exprimé en meq/100g de sol) sont dosés, au photomètre à flamme de type **JENWAY PFP7**.



PHOTO 11. SPECTRE A FLAMME (ADE).

I.10.4. Date et technique de semis

Le semis a été fait le 08 Avril 2019. Chaque graine semis dans un sachet en plastique en position verticale ou horizontale puis on a mis délicatement le mélange à une profondeur égale à une à trois fois le diamètre de la graine, A cette profondeur une humidité adéquate et une température ambiante favorisent leur germination.

I.10.5. Arrosage

Les graines sont arrosées avec de l'eau courante en fonction de la qualité du substrat utilisé.

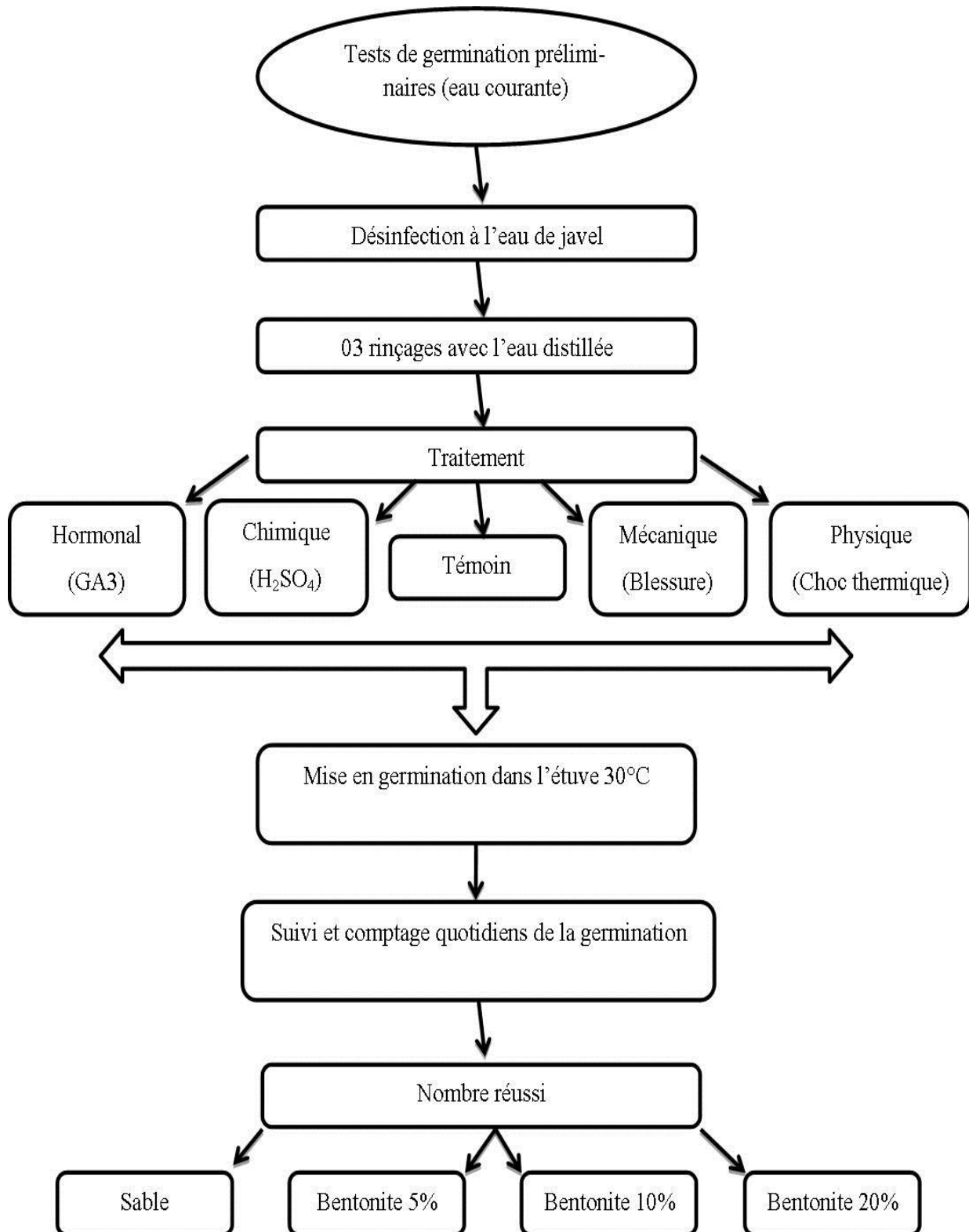


FIGURE 10. PROTOCOLE EXPERIMENTAL GLOBAL (BELABDLI ET KHELIL, 2019).

Chapitre II
Résultats et discussion

CHAPITRE II : Résultats et Discussion

L'objectif de la présente étude vise, comme nous l'avons cité en introduction, la germination de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). Quatre substrats différents en pourcentage de composition sont testés pour leur influence sur le développement des plantules. Il s'agit de sable de la région de Naama commune Ain ben khelil, Bentonite de la région de Meghnia. Trois provenances utilisées également afin de comparer leur germination. Il s'agit de l'arganier de provenance Tindouf, Mostaganem et de Maroc. La germination des graines pour les provenances eu lieu le 3 Mars 2019 au laboratoire de Centre Universitaire Salhi-Ahmed de Naama.

Les conditions comme la température, la lumière, l'humidité sont contrôlées. Après la germination on a transféré les graines dans les sachets en plastique pour les deux provenances et sur les quatre substrats différents (sable, Mélange sable-Bentonite 5%,10%20%) sous serre, nous avons obtenu les résultats suivants.

II.1. Germination

II.1.1. Effets des prétraitements

Les différents prétraitements effectués ont montré leur effet intéressant sur l'amélioration de la germination des graines de l'arganier (*Argania spinosa*), Comparativement aux témoins, l'ensemble des prétraitements appliqués a augmenté le nombre de semences germées.

- **Prétraitement mécanique**

Afin d'éliminer la dormance tégumentaire chez l'arganier, nous avons essayé un autre prétraitement faisant appel à une scarification mécanique. Ce traitement a consisté en un frottement de la graine avec une lime.

Les résultats obtenus montrent que la scarification mécanique a amélioré non seulement le taux germinatif qui passe de 70 % en comparant avec le lot témoin seulement 50 % pour la provenance de Tindouf (**Tableau 10**), mais également, le temps moyen de germination qui est de 3,7 jours. Avec ce prétraitement, la durée de vie latente des graines est de 3 jours.

La même remarque sur l'effet de ce traitement sur les graines de provenance du Maroc où le taux de germination est le double par rapport au témoin (62.5% en face de 31.25%), alors que pour les échantillons de provenance Mostaganem on remarque que ni le témoin, ni les sujets traités n'ont donné des résultats suite au fait de la contamination fongique.

TABLEAU 10.EFFET DE LA SCARIFICATION MECANIQUE (BELABDLI ET KHELIL).

	N	G%	TMG(j)	DVL (j)
Scarification mécanique (TMC T)	14	70	3,7	3
Témoin (TEM T)	10	50	4,5	6
Scarification mécanique (TMC M)	10	62,5	4,2	3
Témoin (TEM M)	5	31,25	4,4	9
Scarification mécanique (TMC Mo)	0	0	0	0
Témoin (TEM Mo)	0	0	0	0

G%: Le taux ; **TMG** : le temps moyen de germination ; **DVL**: la durée de vie latente des graines d'*Argania spinosa*. N : nombre de graines germées: (T Tindouf, M Maroc, Mo Mostaganem)

- **Prétraitement chimique**

L'application de la scarification chimique à base d'acide sulfurique 0.1% a donné de bons résultats. En effet, un trempage de 15 minutes dans cette solution a abouti à l'amélioration de taux de germination 60% des graines traitées. Ce résultat positif lorsqu'on compare avec le témoin 50%, une hausse de 10%, par contre cette hausse est très claire entre l'échantillon traité et le témoin de provenance de Maroc d'un plus de 20% ; La vitesse germinative a été également améliorée puis que nous avons enregistré un temps moyen de germination est 4 jours contre 4,5 jours chez le lot témoin. La durée de vie latente est de 3j pour les échantillons de Tindouf, alors que celle de Maroc 6j pour les sujets traités et 9 jours pour les sujets témoin.

TABLEAU 11.EFFET DE LA SCARIFICATION CHIMIQUE (BELABDLI ET KHELIL).

	N	G%	TMG(j)	DVL (j)
Scarification chimique (TCH T)	12	60	4	3
Témoin (TEM T)	10	50	4,5	6
Scarification chimique (TCH M)	8	50	3,75	6
Témoin (TEM M)	5	31,25	4,4	9
Scarification chimique (TCH Mo)	0	0	0	0
Témoin (TEM Mo)	0	0	0	0

G%: Le taux ; **TMG** : le temps moyen de germination ; **DVL**: la durée de vie latente des graines d'*Argania spinosa*. N : nombre de graines germées: (T Tindouf, M Maroc, Mo Mostaganem)

- **Prétraitement par GA3**

Les résultats illustrés dans le tableau 12 montrent clairement l'effet avantageux du trempage des graines de l'arganier dans la gibbéréline. En effet, une immersion de 40 Min a permis l'amélioration du taux de graines germées (60 %) comparativement aux témoins (50 %). Cette évolution bénéfique de la germination par voie humide est la conséquence d'une combinaison des effets du ramollissement des téguments durs et de lessivage des inhibiteurs chimiques.

La vitesse germinative a été également améliorée puis que nous avons enregistré un temps moyen de germination est 3,4 jours contre 4,5 jours chez le lot témoin. La durée de vie latente a été de 3.

TABLEAU 12.EFFET DE LA GIBBERELLINE (BELABDLI ET KHELIL).

	N	G%	TMG(j)	DVL (j)
Scarification hormonal (THO T)	12	60	3,4	3
Témoin (TEM T)	10	50	4,5	6
Scarification hormonal (THO M)	8	50	3,87	3
Témoin (TEM M)	5	31,25	4,4	9
Scarification hormonal (TMC Mo)	0	0	0	0
Témoin (TEM Mo)	0	0	0	0

G%: Le taux ; **TMG** : le temps moyen de germination ; **DVL**: la durée de vie latente des graines d'*Argania spinosa*. **N** : nombre de graines germées: (**T** Tindouf, **M** Maroc, **Mo** Mostaganem)

- **Prétraitement physique**

Les résultats obtenus montrent que la scarification physique n'a pas donné un effet très déterminant pour les graines découlées (ça donne à penser au phénomène de résistance que peut être dotées puisque la région est sous cette alternance de changement d'ampleur de température pour le quotidien), donc autres essais dans ce sens avec des températures différentes peuvent déterminer les seuils nécessaires pour avoir des résultats ;

Nous signalons également que la vitesse germinative a été lente où le temps moyen de germination passe de 4,09 jours avec le témoin à 4,5 jours pour les sujets traités de Tindouf. ce traitement n'a amélioré qu'uniquement la durée de vie latente passe elle aussi de 6 jours chez le témoin à 3 jours avec ce dernier prétraitement.

Pour les sujets provenant du Maroc, on remarque qu'il y a un effet que ce soit sur le taux de germination ou la durée de vie latente, un détail qui laisse penser qu'il y a peut-être des sous espèces, les unes tolérantes aux variations des températures, avec des mécanismes de

résistances et d'adaptation, d'autres moins résistantes, ça reste une hypothèse tirée de cette expérience.

TABLEAU 13.EFFET DE LA SCARIFICATION PHYSIQUE (BELABDLI ET KHELIL).

	N	G%	TMG(j)	DVL (j)
Scarification physique (TPH T)	11	55	4,09	3
Témoin (TEM T)	10	50	4.5	6
Scarification physique (TPH M)	8	50	3,37	6
Témoin (TEM M)	5	31,25	4,4	9
Scarification hormonal (TMC Mo)	0	0	0	0
Témoin (TEM Mo)	0	0	0	0

G%: Le taux ; **TMG** : le temps moyen de germination ; **DVL**: la durée de vie latente des graines d'*Argania spinosa*. N : nombre de graines germées: (T Tindouf, M Maroc, Mo Mostaganem)

Toutes les graines issues de la wilaya de Mostaganem non pas donnés de résultats, un autre détail sur leur hyperesthésie aux moisissures, ou bien tout simplement étaient mal stockées et altérées d'avance.

a) Effets des prétraitements sur le taux de germination

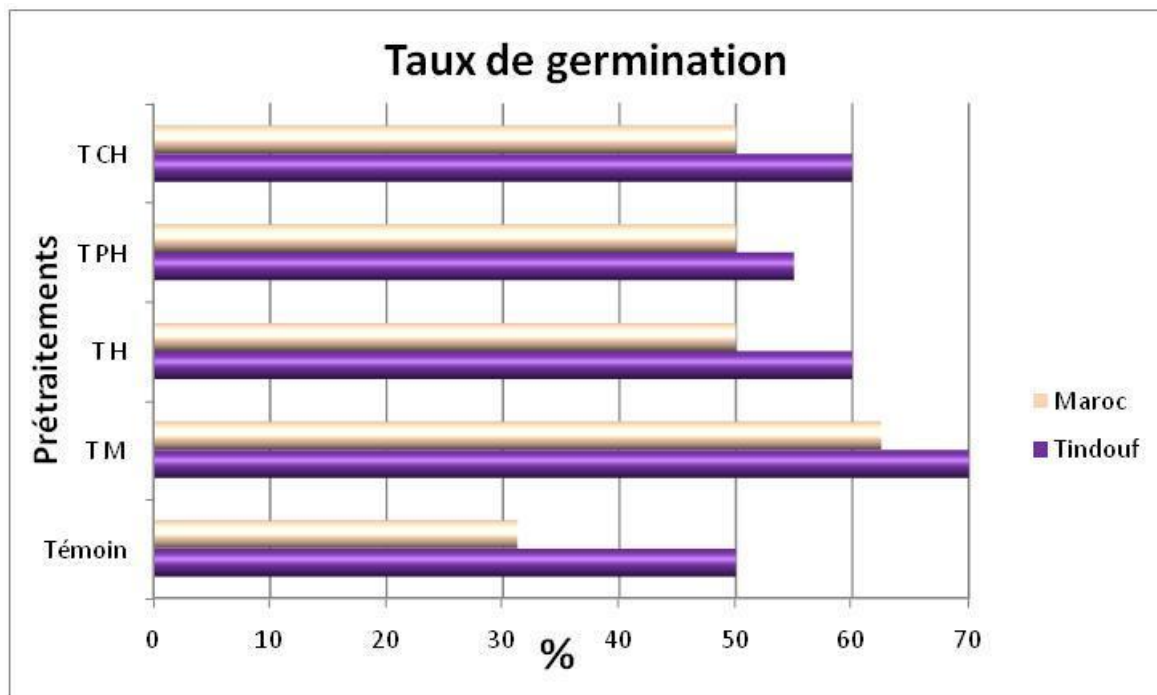


FIGURE 11.TAUX DE GERMINATION DES GRAINS D'ARGANIA SPINOSA L SKEELS POUR LES DIFFERENTS PRETRAITEMENTS TESTES (POUR LES DEUX PROVENANCES).

D'après les résultats fournis par les figures, la germination chez l'arganier est améliorée par tous les prétraitements testés comparativement aux témoins pour les deux provenances. En effet, d'une immersion de 120h dans l'eau, donnent les taux de germination les plus élevés 70% pour (Témoin T, TMC T). Les graines non traitées ont affiché un taux de germination de 50% (PT, TEM).

Par contre pour les provenant du Maroc, on a enregistré les taux plus élevés 62,5% (PM, TMC), les graines non traité ont affiché un taux de germination de 31,25% (PM, TEM).



PHOTO 12. GERMINATION DES GRAINS D'ARGANIER (BELABDLI ET KHELIL).

b) Effets des prétraitements sur la cinétique de germination suivant le nombre cumulé :

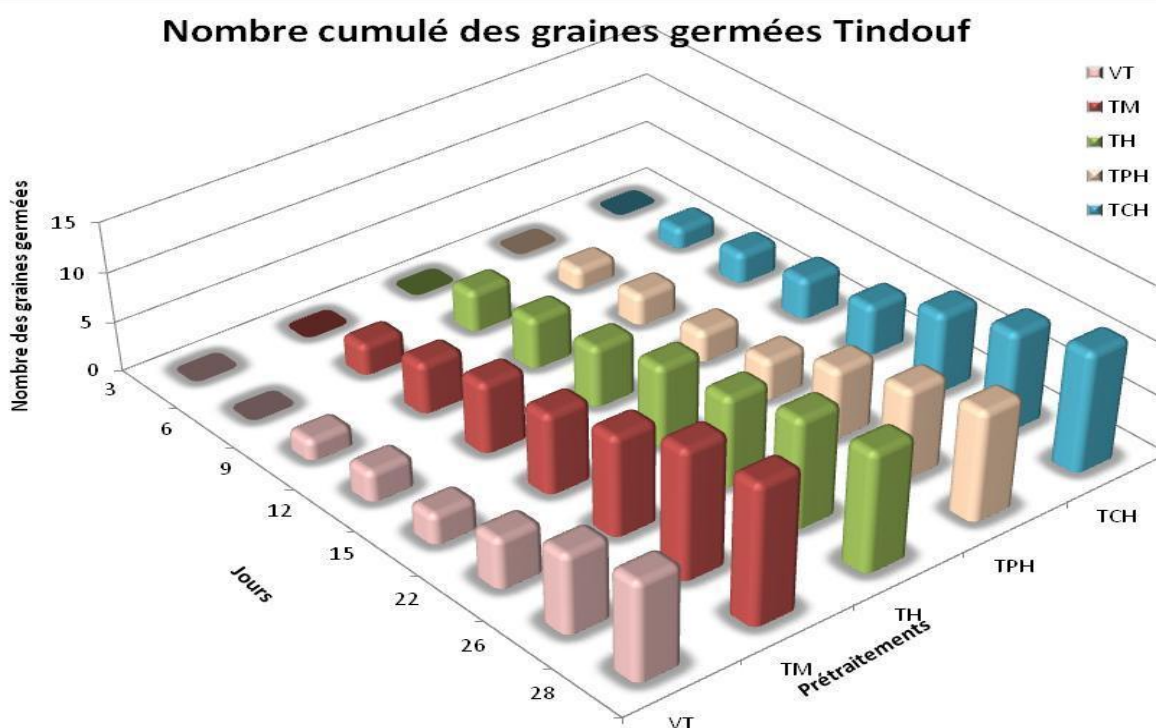


FIGURE 12. CINÉTIQUE DE LA GERMINATION DES GRAINS D'ARGANIER SOUS L'EFFET DES DIFFÉRENTS PRÉTRAITEMENTS TESTÉS (PROVENANCE DE TINDOUF).

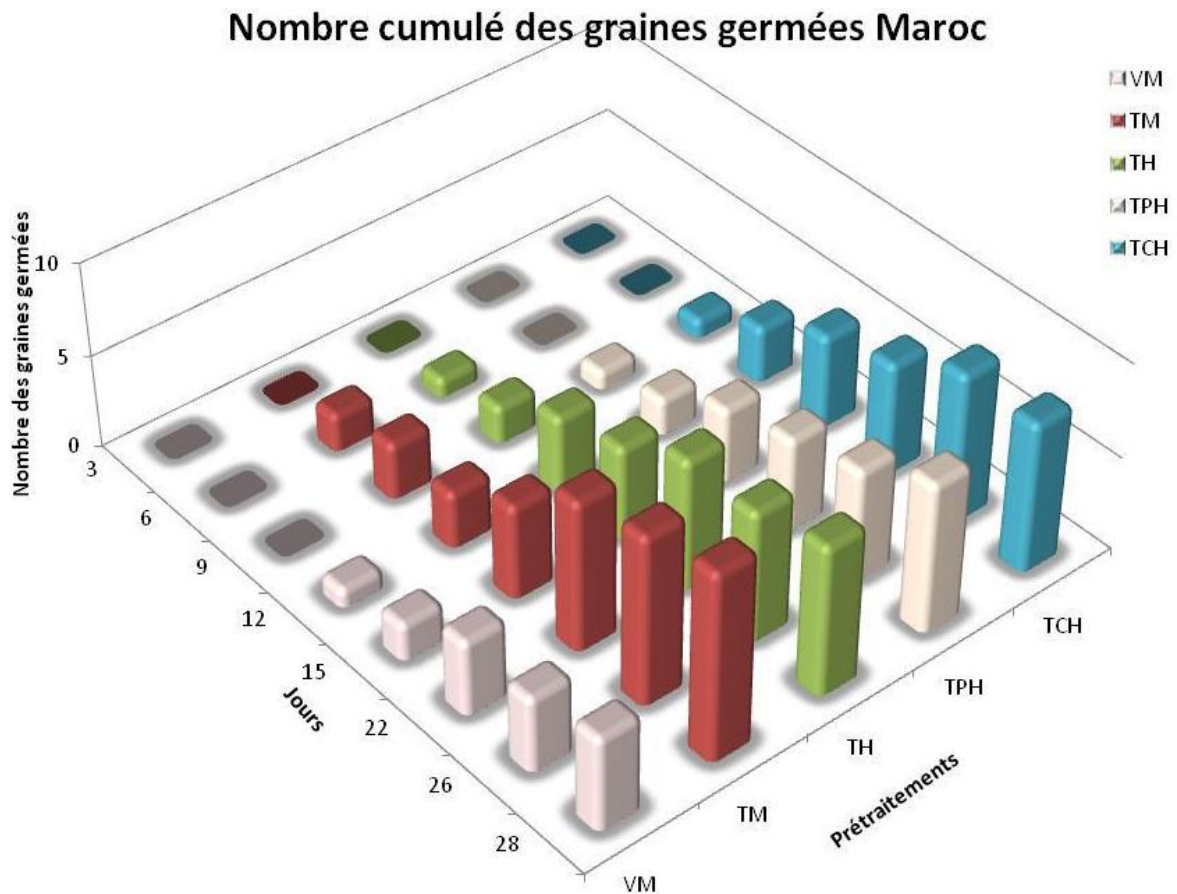


FIGURE 13. CINETIQUE DE LA GERMINATION DES GRAINS D'ARGANIER SOUS L'EFFET DES DIFFERENTS PRETRAITEMENTS TESTES (PROVENANCE DE MAROC)

Les figures représentent l'évolution au cours du temps de la germination des grains issus des différents prétraitements testés pour les deux provenances.

L'analyse montre que les traitements mécanique et hormonal ont donné au bout de 3 jours seulement de la mise en germination, 3 et 4 grains germés respectivement. Pour ces deux prétraitements, la germination s'est achevée après 03 jours environ. Pour le lot témoin (PT), nous avons enregistré 10 grains germés à la fin de l'essai, et 5 graines germées pour témoin (PM) (Fig. 12 et 13).

c) Effets des prétraitements sur la cinétique de germination suivant le nombre journalier

L'explication peut prendre une autre vision si on scrute uniquement le nombre germé journalier, par prise en considération de la continuité du phénomène de germination, ça veut dire sans rupture, un indice de l'efficacité du prétraitement pour une germination groupée.

TABLEAU 14. NOMBRE GERME JOURNALIER SUIVANT TYPES DE PRETRAITEMENTS.

Jours	Graines provenance TINDOUF					Graines provenance MAROC					Nombre Germés Journalier
	Témoin	T M	T H	T PH	T CH	Témoin	T M	T H	T PH	T CH	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	3	4	2	2	0	2	1	0	0	14
9	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	11
12	1	2	1	0	1	1	0	2	1	2	11
15	0	1	2	1	1	1	2	1	2	2	13
22	2	2	1	3	3	2	3	2	1	1	20
26	3	3	2	2	2	0	1	0	1	2	16
28	2	1	1	2	2	1	1	1	2	0	13
Total	10	14	12	11	12	5	10	8	8	8	98

Suivant l'idée du nombre germé en continuation, et afin de minimiser la durée d'utilisation d'une source énergétique pour l'étuvage, la comparaison de l'effet des prétraitements divulgue un autre classement loin du classement par le nombre cumulé, le recours vers l'utilisation de l'analyse de la composante principal (ACP) par la prise en compte de l'enchaînement du phénomène de germination et le nombre germé quotidiennement, on repère les variables qui ont présentés des valeurs positifs (n/p) (Tab14)

TABEAU 15.ANALYSE DE LA CONTINUTE DU NOMBRE GERME JOURNALIER SUIVANT TYPES DE PRETRAITEMENTS

Variable	Obs	Min	Max	Moy	E-t	Var	F1	F2
TEM T	7	0	3	1,429	1,134	TEM T	0,062	0,168
TMC T	7	1	3	2	0,816	TMC T	0,659	-0,564
THO T	7	1	4	1,714	1,113	THO T	0,634	-0,530
TPH T	7	0	3	1,571	0,976	TPH T	0,799	0,512
TCH T	7	1	3	1,714	0,756	TCH T	0,757	0,575
TEM M	7	0	2	0,714	0,756	TEM M	-0,163	0,919
TMC M	7	0	3	1,429	0,976	TMC M	0,616	0,543
THO M	7	0	2	1,143	0,690	THO M	-0,211	0,540
TPH M	7	0	2	1,143	0,690	TPH M	-0,664	0,466
TCH M	7	0	2	1,143	0,900	TCH M	-0,540	-0,169
TEM Mo	7	0	0	0	0	TEM Mo	0	0
TMC Mo	7	0	0	0	0	TMC Mo	0	0
THO Mo	7	0	0	0	0	THO Mo	0	0
TPH Mo	7	0	0	0	0	TPH Mo	0	0
TCH Mo	7	0	0	0	0	TCH Mo	0	0

Obs : Observations ; Min : Minimum ; Max : Maximum ; Moy : Moyenne ; E-t : Ecart-type ; Var : Variable

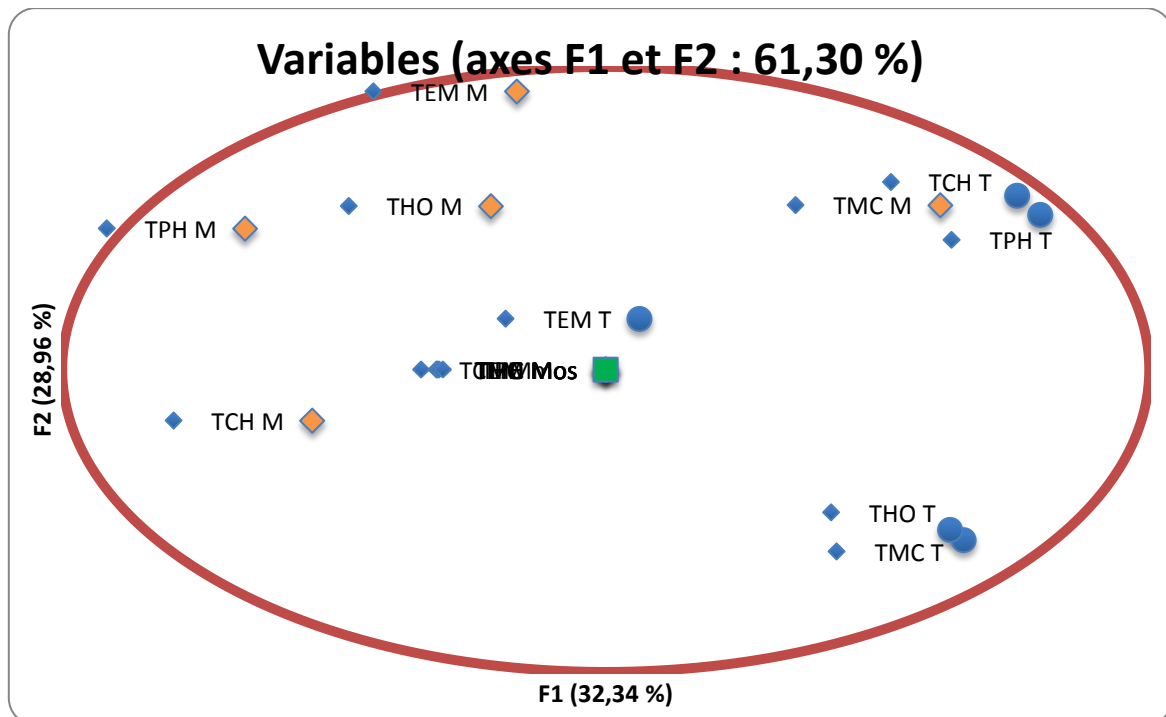


FIGURE 14.CLASSEMENT DE L'EFFICACITE DES PRETRAITEMENTS SUR LA CONTINUTE DE GERMINATION

D'après l'analyse de la figure au-dessus les prétraitements suivants TMC M, TCH T, TPH T présentent une supériorité en dépit de la provenance des graines.

THO T, TMC T présentent une légère ressemblance d'effet, la germination des graines de provenance de Tindouf sous différent traitement se localise dans la partie positive du premier axe, tandis que celle du Maroc dans la partie négative excepte celles soumises par le traitement mécanique.

II.1.2. La vitesse de germination

A travers l'analyse des données du tableau, on constate que la vitesse de germination des graines d'*Argania spinosa* pour tous les prétraitements est plus rapide que celle du témoin. En effet, le temps moyen de germination des graines non traités est d'environ 05 jours.

TABLEAU 16. VARIATION DU TEMPS MOYEN DE GERMINATION ET DE LA DUREE DE VIE LATENTE (EN JOURS) DES GRAINES D'ARGANIER EN FONCTION DU PRETRAITEMENT APPLIQUE POUR LES DEUX PROVENANCES.

Prétraitement	Temps moyen de germination (jours)		Durée de vie latente (jours)	
	Prov Tindouf	Prov Maroc	Prov Tindouf	Prov Maroc
Témoin	4,5	4,4	6	9
Mécanique	3,7	4,2	3	3
Physique	4,09	3,37	3	6
Chimique	4	3,75	3	6
Hormonal	3,4	3,87	3	3

En ce qui concerne le temps de latence, ce paramètre de germination constante est 3 jours pour tous les traitements expérimentaux sauf le témoin 6 jours pour PT.

Par contre pour PM le temps de latence est 3 jours pour TMC, THO. 6 jours pour TCH, TPH. Et le témoin 09 jours.

II.2. La levée

Les sols sableux alluvionnaires retiennent mal l'eau, ils sont nettement améliorés de ce point de vue par adjonction de la bentonite.

II.2.1. Résultats d'Analyse de Substrat

a) Vitesse d'infiltration V.F :

L'ensemble des résultats caractérisant la vitesse d'infiltration des différents mélanges sable-argile est regroupé dans le tableau au-dessous.

La comparaison des différents mélanges sable-argile fait apparaître que plus la teneur en argile n'est importante, plus la rétention de l'eau par le matériau est forte. L'écart observé entre les teneurs en eau est très important

TABLEAU 17. RESULTATS DE LA VITESSE D'INFILTRATION POUR LES QUATRE SUBSTRATS .

N° d'échantillon/cylindre		Sable	5%	10%	20%
A	volume constant d'eau ajouté	24 cm ³	14 cm ³	12 cm ³	6 cm ³
B	intervalle de temps (sec)	120 s	120 s	120 s	120 s
R	rayon de cylindre	1.90 cm	1.90	1.90	1.90
C= 3,14* R ²	surface de base	11.34 cm ²	11.34 cm ²	11.34 cm ²	11.34 cm ²
A/100, B, C	Vitesse d'infiltration V.F	1.76*10⁻⁶ m/s	1.02*10⁻⁶ m/s	0.88*10⁻⁶ m/s	0.44*10⁻⁶ m/s

- Sols avec une V.F élevée (par exemple sols sableux) : **10⁻² à 10⁻⁵ m/sec.**

- Sols avec une V.F basses : **10⁻⁶ m/sec** et moins.

D'après l'analyse de tableau on observe que la vitesse d'infiltration d'eau dans le sable environ 1.76*10⁻⁶ m/s plus rapide que les substrats à mélange sable-bentonite.

Les substrats de mélange sable-bentonite la vitesse d'infiltration lente surtout le 4^{ème} substrat (bentonite 20%) qui égale 0.4*10⁻⁶ m/s comparativement au sable qui passe 1.74*10⁻⁶ m/s

Vitesse de filtration V.F = A / B*C*100

b) Mesure du pH :

Nous avons pris 10g de sol dans 50ml d'eau distillée et nous avons agité pendant 15 minutes. On a laissé reposer pendant 30 minutes et nous avons pris des mesures de pH à l'aide de pH-mètre.

TABLEAU 18.ÉCHELLE DE DESIGNATION DU TYPE DE SOL EN FONCTION DU pH (BAIZE, 1988).

pH	pH du sol
7,5 à 8,7	Basique
> 8,7	très basique
< 6,5	Acides

✚ Le pH de la bentonite est basique (égale à 8,24) pour la moyenne d'ensemble des répétitions réalisés.

c) Calcimétrie :

On a déposé 1g de terre dans le calcimètre et nous l'avons attaqué avec 5ml de Hcl. L'évaluation des carbonates (calcaire total) se fait en mesurant le volume d'eau déplacé par le CO₂ libéré lors de leur destruction par l'attaque à l'acide chlorhydrique concentré, sous atmosphère contrôlée du Calcimètre.

TABLEAU 19.CLASSE DES CHARGES EN CALCAIRE.

%de carbonates	Charge en calcaire
<0.3	Très faible
0.3 à 3	Faible
3 à 25	Moyenne
25 à 60	Forte
>60	Très forte

➤ **Taux calcaire total :**

V : volume de CO₂ dégagé de CaCO₃

V' : volume de CO₂ dégagé de bentonite

$$T_c = \frac{(v' * 0.3)}{(v * 1g \text{ de sol})} * 100$$

Essai 1 ; V=22 ml . V'=0 ml
 Essai 2 ; V=22 ml . V'=0 ml
 Essai 3 ; V=22 ml . V'=0 ml

($T_c=0$ donc la bentonite très faible en calcaire).

d) Conductivité électrique :

Il s'agit d'utiliser une solution d'extraction aqueuse au 1/5 (5g de terre fine pour 25ml d'eau distillée) avec un appareil électrode.

e) Capacité d'échange des cations (CEC) :

Les bentonites (montmorillonite) sont donc les argiles les plus adaptées pour amender les terres à trop faible C.E.C. sableuses ou crayeuses dont en plus elles améliorent :

- La teneur en eau disponible.
- La qualité du complexe adsorbant du fait de son pouvoir tampon élevé.

- La lecture sur l'appareille :

$$Na^+ = (144.8 \cdot 8) \text{ mg/l}$$

$$K^+ = 65.2 \text{ mg/l}$$

$$Ca^{2+} = (41.8 \cdot 8.016) \text{ mg/l}$$

- Calculus:

$$1 \text{ meq } Na^+ \longrightarrow 23 \text{ mg } Na^+$$

$$50.37 \text{ meq } Na^+ \longrightarrow 1158.4 \text{ mg/l } Na^+$$

$$50.37 \text{ meq } Na^+ \longrightarrow 1000 \text{ ml}$$

$$2.52 \text{ meq } Na^+ \longrightarrow 50 \text{ ml}$$

$$2.52 \text{ meq } Na^+ \longrightarrow 10 \text{ g}$$

$$25.2 \text{ meq } Na^+ \longrightarrow 100 \text{ g}$$

$$Na^+ (\text{meq}/100\text{g}) = (144.8 \cdot 8 (\text{mg/l})/23) \cdot (50/1000) \cdot (100/10)$$

$$Na^+ (\text{meq}/100\text{g}) = 25.2 \text{ meq}/100\text{g}$$

Leur utilisation dans les sols sableux (vallées, dunes...), améliorerait considérablement leur texture et structure, tout en augmentant qualité et quantité du complexe adsorbant et la rétention en eau.

La faible valeur de CEC de l'argile est expliquée par la libération des ions échangeable.

L'augmentation peut être due à l'échange ionique entre les solutions et la structure argileuse.

$$1\text{meq Ca}^{++} = (40/2 * 10^{-3})\text{g} = 20\text{mg Ca}^{++}$$

$$1\text{meq Na}^{+} = (23/1 * 10^{-3})\text{g} = 23\text{mg Na}^{+}$$

$$1\text{meq K}^{+} = (39.1/1 * 10^{-3})\text{g} = 39.1\text{mg Ca}^{++}$$

II.2.2. Résultats de la levée de deux provenances étudiées

Les résultats obtenus indiquent un effet très marqué du substrat sur la vitesse de développement. En effet, nous avons enregistré 20% des plants développés dans le substrat Sable + Bentonite 20%. Les autres lots expérimentaux ont donné des résultats contraignantes, sauf les plants d'arganier Tindouf dans le substrat sable (une stagnation de longueur qui atteint 1 cm et ça après environ 35 jours pour la bentonite 5% et 10%).

TABLEAU 20. RESULTATS DE LA LEVEE POUR LES DEUX PROVENANCES UTILISEES EN FONCTION DES DIFFERENTS SUBSTRATS.

	Sable	Bentonite 5%	Bentonite 10%	Bentonite 20%
Arganier de Tindouf	+	-	-	+
Arganier de Maroc	-	-	-	+

+ : levée, - : pas levée



PHOTO 13. TRANSPLANTATION DES JEUNES PLANTULES DANS LES SUBSTRATS A LA SERRE.

II.2. 3. Effet de substrat sur la vitesse de levé

A. Effet de substrat sur la croissance et le développement des jeunes semis

1- Effet sur les taux de développement et d'échec

Les taux de développement des semis les plus importants (20%) ont été enregistrés avec les substrats 20% bentonite. Le sable pure a donné un taux de développement de 16.66% pour celle de Tindouf. Par contre la provenance de Maroc se développe uniquement dans le substrat sable +bentonite avec un taux de développement égale 9.09% (Fig. 15).

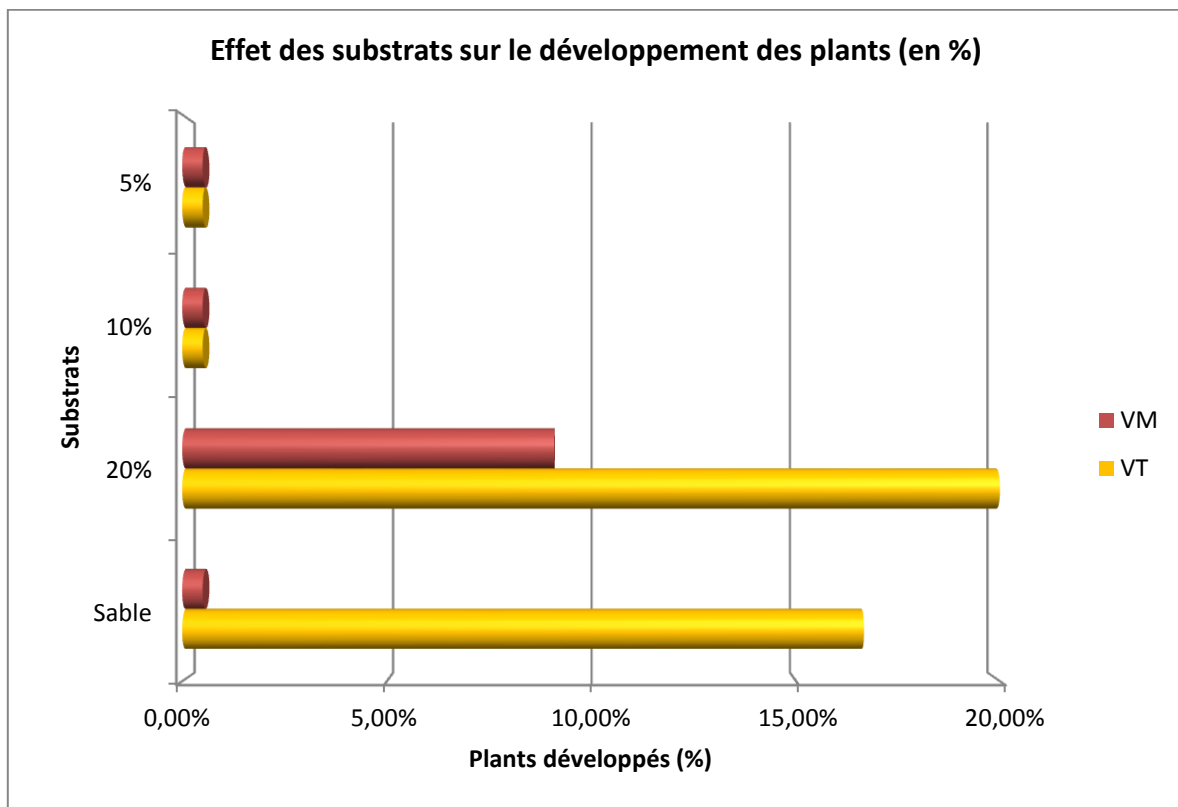


FIGURE 15.EFFET DES SUBSTRATS SUR LE DEVELOPPEMENT DES PLANTS (EN %).

Il ressort de l'analyse de la figure 16 que les pourcentages d'échec étaient très élevés. Ils varient entre 80% et 100%. Les graines semis dans le substrat 10%, 5% affichent le taux d'échec le plus élevé 100%. La croissance des plants dépéris s'est arrêtée à une hauteur faible presque nulle.

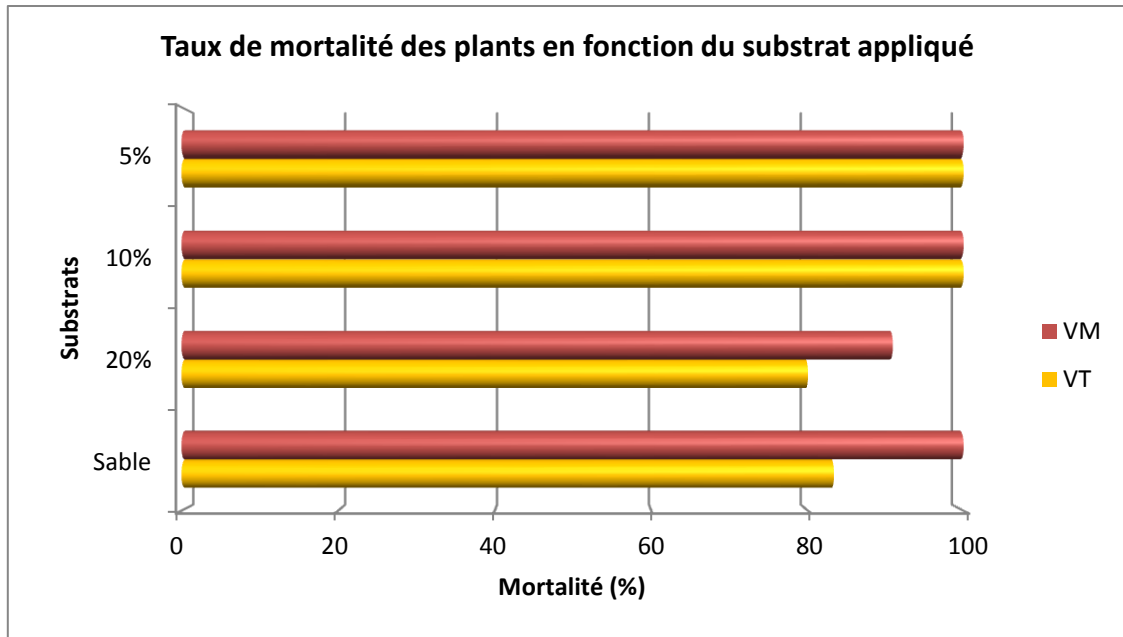


FIGURE 16. TAUX D'ECHEC DES PLANTS EN FONCTION DU SUBSTRAT APPLIQUE.

B. Effet sur les paramètres de croissance

1- Croissance en hauteur

La longueur moyenne en hauteur des plants de l'arganier après 33 jours de culture est illustrée dans la figure 17. Son analyse révèle que la hauteur moyenne des tiges est influencée par les différents substrats appliqués, où elle varie entre 3.9 cm et 6.8cm. Les plants issus des graines semis au substrat 20% bentonite ont une hauteur moyenne légèrement élevée (4,9 cm) pour la variété de Tindouf. Par contre (3.9 cm) pour la variété de Maroc.

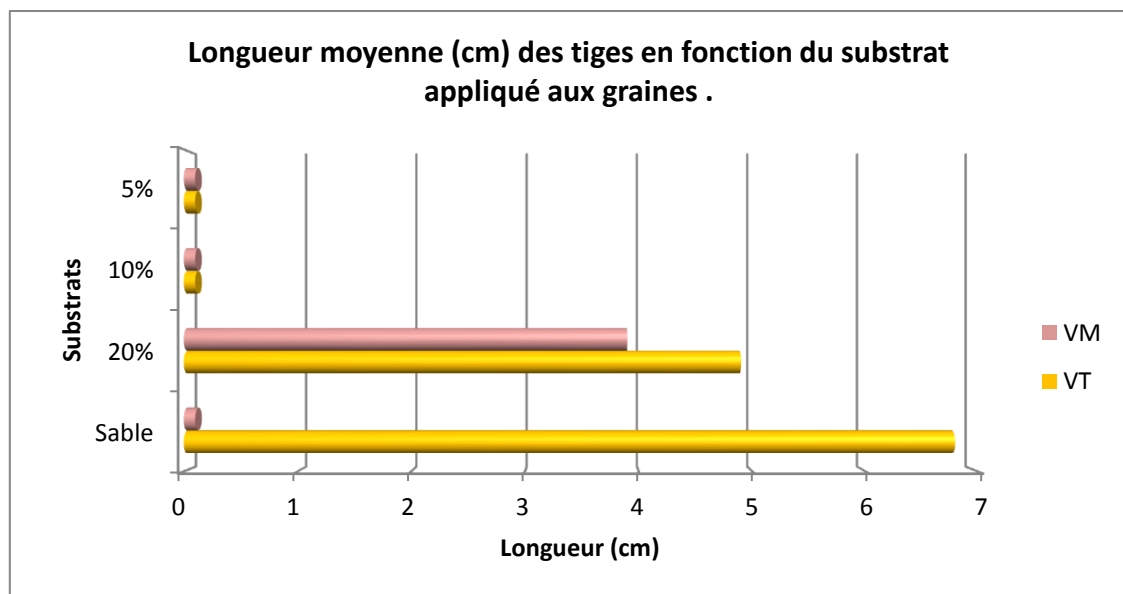


FIGURE 17. EFFET DES SUBSTRATS SUR LA CROISSANCE EN HAUTEUR.



PHOTO 14.MESURE DE LONGUEUR DES TIGES (BELABDLI ET KHELIL).

2- Croissance en diamètre

L'analyse de cette figure 18, montre que la croissance en diamètre, mesurée au collet, est faible pour l'ensemble des plants et ce pour tous les substrats testés. Elle varie entre 1,66 mm et 2,33mm.

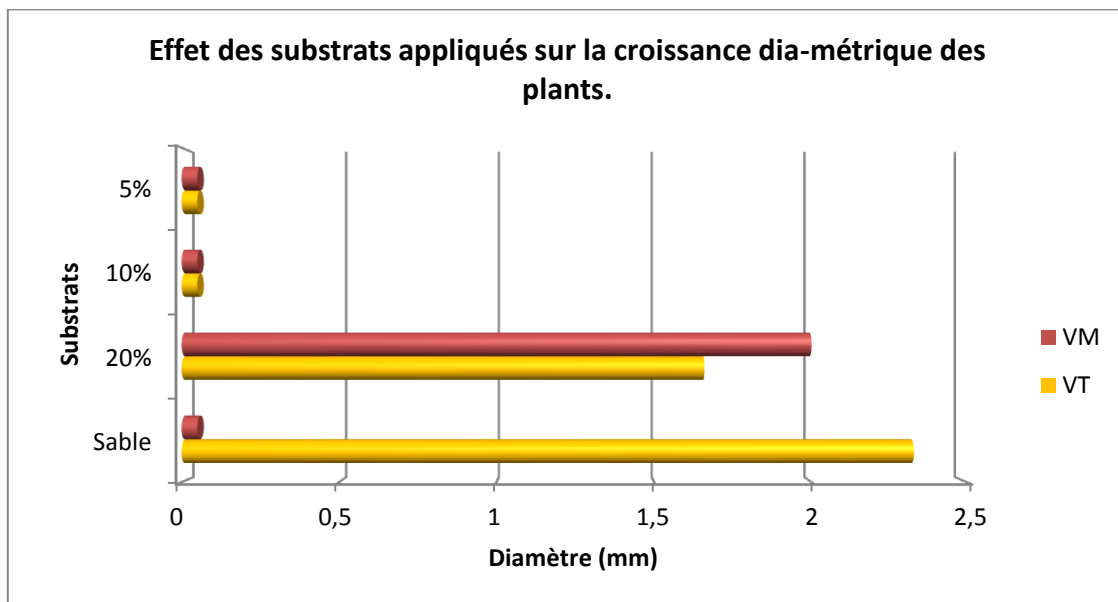


FIGURE 18.EFFET DES SUBSTRATS APPLIQUES SUR LA CROISSANCE DIA-METRIQUE DES PLANTS.

3- Organogenèse foliaire

L'évolution du nombre de feuilles par plant et par substrat testé a été suivie. Nous constatons à travers la figure 19 que le nombre maximal de feuille produit a été enregistré chez les plants issus du substrat (Sable et 20%) (18,66 feuilles/plant).

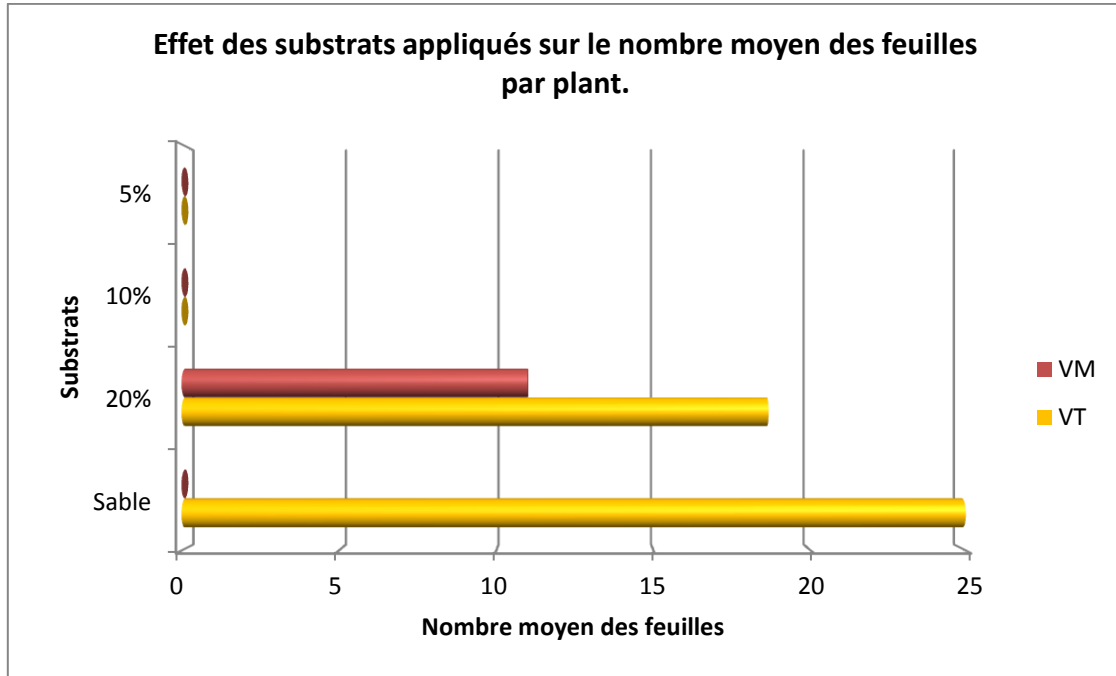


FIGURE 19. EFFET DES SUBSTRATS APPLIQUES SUR LE NOMBRE MOYEN DE FEUILLES PAR PLANT.

- Comparaison des longueurs sous effet des substrats :

La boîte à moustaches utilise 5 valeurs qui résument les données : le minimum, les 3 quartiles Q1, Q2 (médiane), Q3, et le maximum.

- Provenance Tindouf :

TABLEAU 21. MOYENNE, VARIANCE ET ECART-TYPE D'ÉLONGATION DES TIGES DE PROVENANCE TINDOUF (BELABDLI ET KHELIL).

	Moyenne	Variance	Ecart-type
Sable	6,94	22,43	4,74
S+B 5%	0,00	0,00	0,00
S+B 10%	0,00	0,00	0,00
S+B 20%	5,00	7,81	2,79

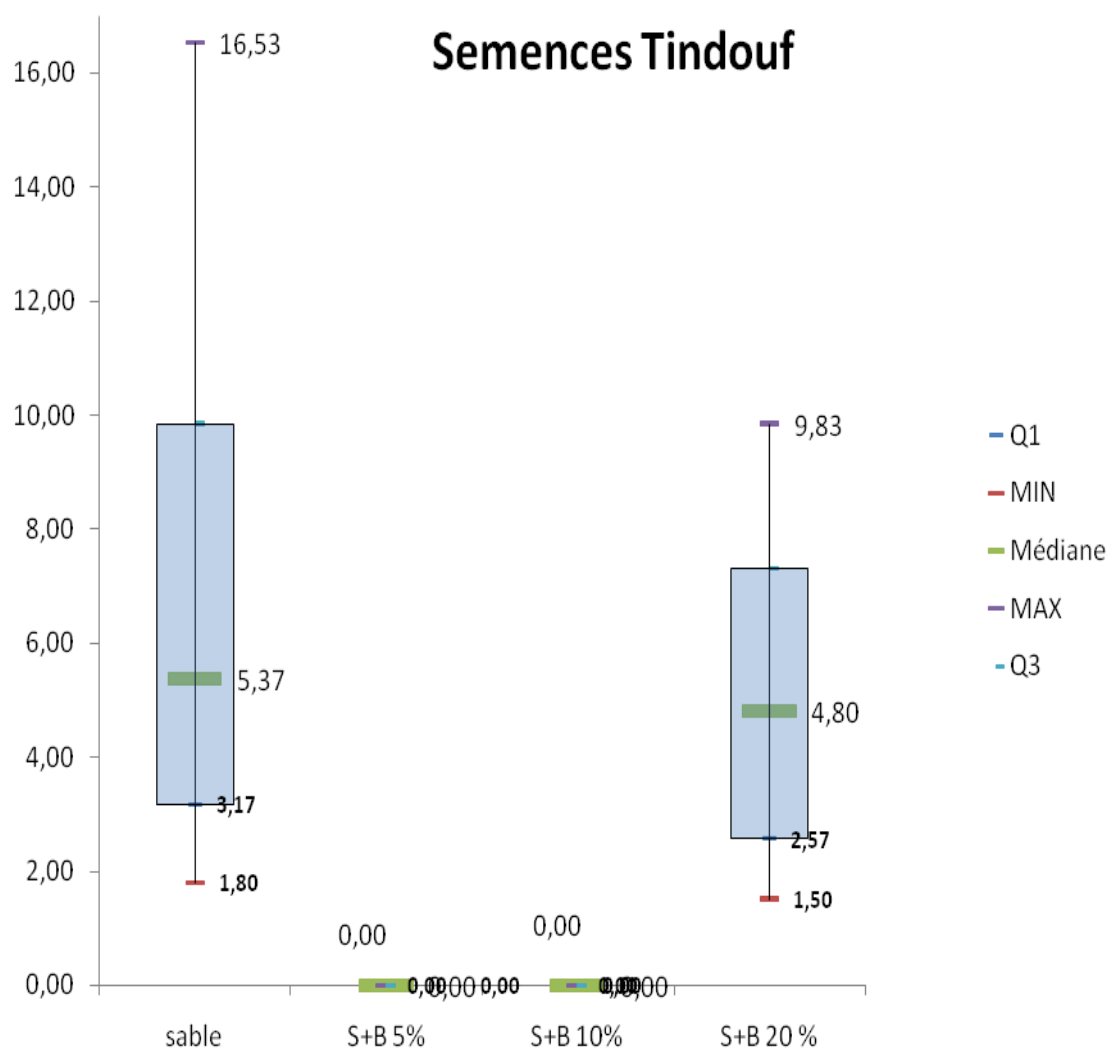


FIGURE 20.BOITE A MOUSTACHES DE LA VARIABLE LONGUEUR DES TIGES PROVENANCE TINDOUF.

Les plants soumis sous l'effet du substrat «Sable +20 % de Bentonite » présente un développement plus assemblé, tandis que ceux qui sont soumis sous effet sable uniquement marquent une grande hétérogénéité de développement avec des longueurs qui varient entre 1,8 cm jusqu'à 16,53 cm.

- **Provenance Maroc :**

TABLEAU 22.MOYENNE, VARIANCE ET ECART-TYPE D'ELONGATION DES TIGES DE PROVENANCE MAROC (BELABDLI ET KHELIL).

	Sable	S+B 5%	S+B 10 %	S+B 20%
Moyenne	0,00	0,00	0,00	3,93
Variance	0,00	0,00	0,00	3,83
Ecart-type	0,00	0,00	0,00	1,96

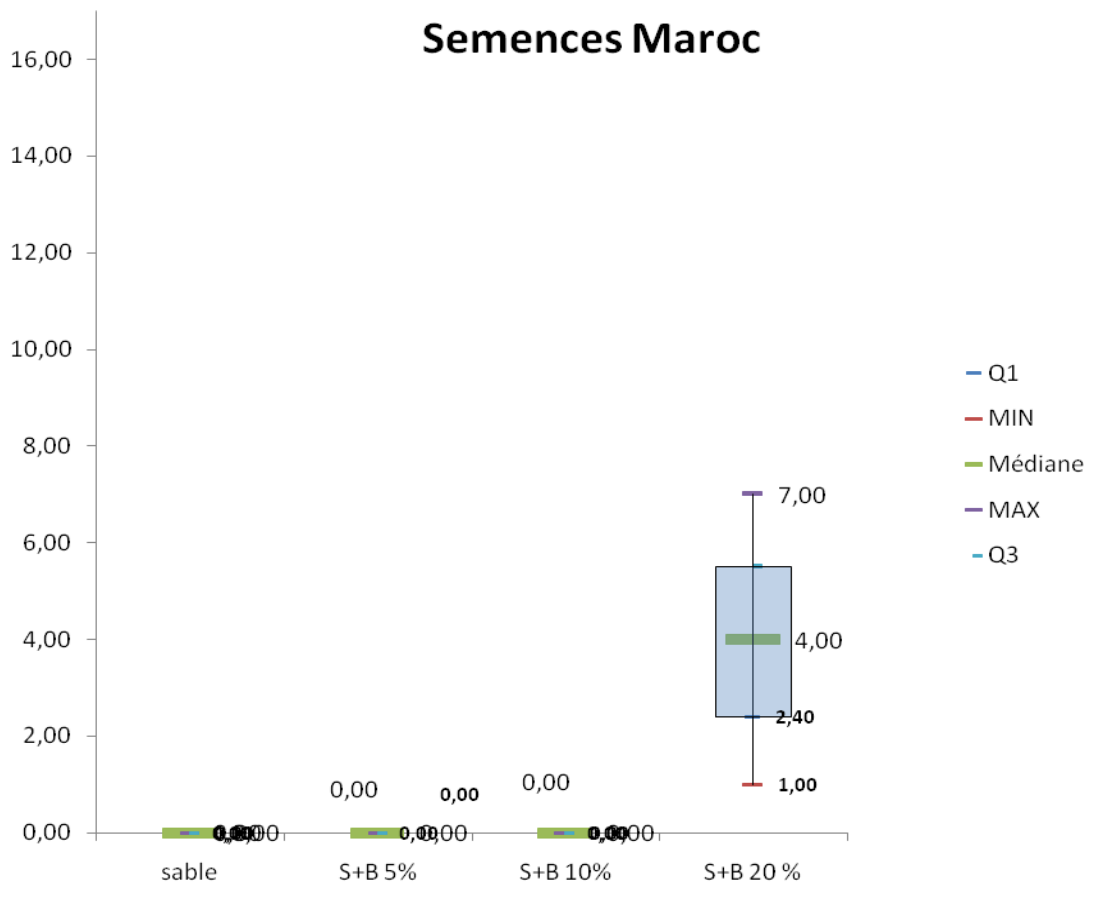


FIGURE 21.BOITE A MOUSTACHES DE LA VARIABLE LONGUEUR DES TIGES PROVENANCE MAROC.

Pour les plans issus des graines de provenance Maroc, on remarque le développement uniquement sous effet du substrat (S+B 20%) on a des plantules qui atteignent une longueur qui varie entre 1 et 7cm.

❖ L'étude de l'effet de substrat chez *Argania spinosa* a abouti aux observations suivantes :

- Les graines de cette espèce continuent à germer même à le substrat contient le sable uniquement. Cela indique que l'arganier est considéré comme plante tolérante ;
- La levée chez l'espèce est affectée par le mélange sable-bentonite (20%) où meilleur levée a été constatée.

II.3. Discussion des résultats

Cette étude a montré que pour avoir une germination rapide et homogène des graines d'*Argania spinosa*, le prétraitement des semences reste nécessaire. Les meilleurs résultats enregistrés ont été obtenus avec la scarification mécanique et la scarification hormonale.

D'après la bibliographie le problème de la non germination des graines revient aux plusieurs facteurs comme l'espèce, la variété, les conditions de culture, la génétique. La taille et le poids des graines sont parmi les facteurs génétiques qui peuvent avoir une influence sur la qualité germinative des graines (**CHAUSSAT et CHAPON, 1981**). L'âge des graines peut aussi modifier les conditions nécessaires à leur germination (**BARTON, 1936**).

Dans notre étude nous avons utilisé des graines d'arganier ramenées de la région de Tindouf et de Maroc, alors qu'on a trouvé dans notre expérience sur la germination de l'arganier que les graines de Tindouf présente un pouvoir germinatif meilleur que celles de Maroc.

Le taux de réussite de la germination dépend du type de traitement et de la nature des graines et de la provenance (**MEZGHENNI et al. 2014**). Les taux de germination des graines de même provenance peuvent changer en fonction du prétraitement appliqué, de l'état de la graine et la condition photopériodique testée (**ZIANI, 2014**).

Les graines de l'arganier ont développé uniquement sur le sable pure et bentonite 20%. La bentonite peut contenir divers minéraux accessoires, en plus de son minéral constitutif, la montmorillonite. Ces minéraux peuvent inclure l'attapulгите, le kaolin, le mica et l'illite, ainsi que des minéraux tels que le quartz, le feldspath, la calcite et le gypse. La présence de ces minéraux peut affecter la valeur d'un gisement. Ce mélange renferme l'humidité et la matière minérale (**BENYOUCEF, et HARRACHE, 2014**).

Le semis des graines dans le substrat peut améliorer les taux de développement chez l'arganier. Le pourcentage de semences développées ne dépasse pas 20 % enregistrés avec graines semées à 20% bentonite.

D'après notre étude préliminaire, on suppose que la non-germination pour les deux provenances sur les quatre substrats utilisés (sable, bentonite 5%,10%,20%) est peut être causé par :

- La structure des graines et l'état de leur embryon(en état de dormance ou état de mortalité).
- Le traitement du pré germination effectué sur les graines avant leur plantation (qui n'était peut-être pas valable).
- Les conditions non contrôlés de la serre utilisée appartenant au Centre Universitaire Salhi-Ahmed. Naama.

Bien que ces résultats sont encourageants, il est important de multiplier les essais pour d'autre traitement afin de déterminer les meilleures conditions de développement et de croissance. D'un autre côté, l'étude de l'effet de substrat nous a permis de déterminer le seuil de tolérance de l'espèce au stade germinatif. Il est important de confirmer cette tolérance au cours de la croissance et développement des plantules.

D'après les résultats obtenus, on remarque qu'une faible teneur en argile n'apparaît pas suffisante pour améliorer les propriétés du sable, Il faut donc atteindre environ 40 à 50 % de bentonite pour que la rétention en eau soit augmentée par rapport au sable pur. En même temps que la teneur en eau.

Enfin, nous pouvons conclure que les mélanges sable-argile étudiés présentent une limite de retrait et que leur comportement est influencé de manière différente suivant la proportion d'argile.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'arganier est un arbre sublime, endémique situé dans les zones aride et semi-aride présente des caractéristiques écologiques, physiologiques et génétiques très importants. Cette espèce a une grande importance dans le monde, grâce à leur intérêt écologique, économique, phytothérapeutique et cosmétique.

Dans le présent travail nous nous sommes intéressés à la germination des graines d'arganier par l'application des différents prétraitements (Mécanique, Physique, Chimique H₂SO₄ et hormonal GA3).

Pour le suivi de germination au Laboratoire nous avons trouvé avec les résultats obtenus au cours de cette étude une bonne différenciation de durées de l'éclosion des semis par les écotypes observés. On espions sensiblement que le temps de germination chez l'arganier peut être varié non seulement avec les conditions habituelles (la provenance et la date de récolte) mais aussi semble en relation avec les écotypes de l'espèce. Tandis, le début de germination des graines se diffère avec le temps de chaque forme ainsi que le taux de germination des graines n'est pas le même dans tous les cas.

Nous constatons que la graine d'arganier présente des téguments très durs engendrant des problèmes d'inhibitions à la germination. Certains traitements peuvent être utilisés pour éliminer efficacement l'inhibition tégumentaire. Le traitement mécanique et hormonal semble être les meilleurs traitements pour y arriver ; en effet, un frottement grâce à un couteau et un prétraitement à GA3 permet la facilité d'éclatement des noix et l'accès d'oxygène à l'embryon. On peut obtenir jusqu'à 70% de graines éclatées.

Nous souhaitons dans l'avenir d'avoir le plaisir et la joie de poursuivre ce travail au sein d'une équipe ayant pour objectif de sauvegarder cette espèce que l'on peut qualifier d'espèce rare dans une réserve de biosphère au niveau international, et promouvoir l'introduction de cette espèce aux régions arides et semi-arides vu sa plasticité écologique et sa résistance face aux extrêmes conditions désertique, et contribuer ainsi au but souhaité à pour la lutte contre l'érosion et la désertification et au principe aider notre pays de produire l'huile d'argan algérien.

Les sujets réussite seront repiqués à la serre de centre universitaire salhi ahmed – Nàama comme source botanique mais qui nécessite la protection et suive de son comportement dans la région.

Références Bibliographiques

Références bibliographique

1. **Aboudi E., (1990).** Évolution journalière de l'état hydrique des feuilles d'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) sous bioclimat aride à forte influence océanique (plaine du Sous s, Maroc). 11: 643 – 668. Academic Press, San Diego (CA). 772 p.
2. **Achour S, Youcef L., (2004).** Etude de L'élimination des fluorures des eaux de boisson par adsorption sur bentonite. Larhyss/Journal 3 : pp.129-142.
3. **Aka koutoua M., (2006).** Analyse Ecologique, Phyto-sociologique et évaluation des bilans des plantations à arganier (*Argania spinosa*) en vue de la régénération et de la réhabilitation de ses écosystèmes naturels (Région d'agadir, Taroudant et tiznit, DRE).
4. **Anonyme. (1976).**, Note synthétique sur les ressources génétique forestières et les peuplements porte graines. Ed. Institut National de Recherche Forestière, Alger, 20 p.
5. **Baskin SN et Baskin CC.,(2004).** A classification system for seed dormancy. Seed Science Research 14:1-16.
6. **Baskin SN et Baskin CC. (1998).** Seeds: Ecology,biogeography and evolution of dormancy and germination Academic Press, San Diego,CA. Annals of Botany. 86: 705–707.
7. **Belaroug H., (2003).** Contribution à l'étude de multiplication végétative in vitro de l'Arganier: (*Argania spinosa* L Skeels), Mem.ING.Dep Biotech. Fac. Science, Univ. U.S.T.O., Oran, 47p.
8. **Benaouf., (2017).** Etude Phénologique Et Apport De La Mycorhization Sur La Croissance De L'arganier (*Argania Spinosa* (L.) Skeels) Dans l'Ouest Algérien. Thèse de doctorat. Université Des Sciences Et De La Technologie«HouariBoumediene».p : 6.
9. **Benarnar A., (1992).** Etude expérimentale du frottement latéral argile - pieu en cours de battage, Thèse de Doctorat, Université de Nantes - Ecole Centrale de Nantes, Juillet 1992, 169.
10. **Benkhalfoune B., (2010).** Contribution à l'étude de la germination et l'effet du stress salin chez l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Ingénieur. Université d'Abou Bekr Bel Kaid– Tlemcen. 35p.
11. **Benkheira A., (2009).** L'arganeraie Algériennes. Bulletin d'information Conservation de la Biodiversité et Gestion Durable des Ressources Naturelles, **9** :1-16.
12. **Benzyane M., (1995).** Le rôle socio-économique et environnemental de L'Arganier. 100-105.

13. **Besq A, Malfoy C, Pantet A, Monnet P, Righi D., (2003).** Physicochemical characterization and flow properties of some bentonite muds," *Appl. Clay Sci.* **23**, 275–286
14. **Besq A., (2000).** "Ecoulements laminaires de suspensions de bentonite industrielles. Caractérisation rhéométrique - Ecoulements en conduites axisymétriques. Applications aux activités du Génie Civil," **Thèse** de doctorat de l'Université de Poitiers.
15. **Bewley DJ., (1997).** Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* **9**: 1055-1066.
16. **Bezzala A., (2005).** Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Magistère en sciences agronomiques. Université El Hadj Lakhdar, Batna, Algérie. 143p.
17. **Binet P et Brunel J., (1968).** Physiologie végétale, Tome III. Paris, 360p.
18. **Boudy P., (1950).** Economie forestière nord-africaine (monographies et traitements des essences Forestières), Tome II (1), Larose. p : 382-416.
19. **Boudy P., (1952).** Guide du Forestier en Afrique du Nord. La maison Rustique, Paris, p. 185-194.
20. **Bouras O., (2003).** "Propriétés adsorbantes d'argiles pontées organophiles : synthèse et caractérisation. Thèse de doctorat de l'Université de Limoges, 160p.
21. **Breuil MC, Chaussod R, Mangin G, Nouaim R., (2002).** The argan tree (*Argania spinosa*) in Morocco: Propagation by seeds, cuttings and in-vitro techniques. *Agroforestry Systems* **54**: 71–81.
22. **Charrouf Z, Guillaume D., (2002).** Phenols and polyphenols from *Argania spinosa*. *Am J Food Technol.* ; **2** : 679–683.
23. **Chaussat R , Led Eunef Y., (1975).** la germination des semences .Ed. Bordars, Paris, 232p.
24. **Chaussod R et Nouaim R., (1991).** L'Arganier. Essai de synthèse des connaissances sur cet arbre. In : *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*. Groupe d'étude de l'arbre (Paris). p : 373- 388.
25. **Chevalier., (1943).** Dictionnaire des huiles végétales, Paris, 746p.
26. **Clemens J, Jones PG, Gilbert NH., (1977).** Effect of seed treatments on germination in *Acacia*. *Australian Journal of Botany* **25**, 269–276.
27. **Côme D., (1970).** Les Obstacles à la Germination. Ed. Masson et Cie, Paris, 162 p.
28. **Côme D., (1982).** Germination. 129-225. In Mazliak P. : « Croissance et développement. *Physiologie Végétale* **11** », Hermann, 465 p.

29. **Davies FT, Geneve LR, Hartmann T, Kester D, Fred T., (1997).** Plant propagation principles and practices, Prentice Hall International, Inc., Singapore, Hegarty et Ross.
30. **Davies T., (1990).** Plant propagation principles and practices. Prentice Hall International, Singapore, 647p.
31. **Dominique., (2007).** Etude du comportement rhéologique de mélanges argiles - polymères. Effets de l'ajout de polymères.
32. **El aboudi et al., (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.
33. **El Mazzoudi H et Errafia M., (1977).** "Contribution a l'étude de la germination des noix d'argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) par des traitements chimiques", *Annales de la recherche forestière au Maroc*, 17, pp. 59-66.
34. **Emberger L., (1924 ; 1925).** A propos de la distribution géographique de l'arganier. Bull. Sté Sciences nat. Et phys. du Maroc, 4, 151 – 153.
35. **Emberger L., (1925).** Le domaine naturel de l'arganier. *Bull. Soc. Bot. de France* 73:770-774.
36. **Emberger L., (1938).** Les arbres du Maroc et comment les reconnaître. Larose, editeurs, Paris, 318 p.
37. **Emberger L., (1955).** Une classification biogéographique des climats. Reu. Tau. Faculté des Sciences Montpellier, Série bot. 7:3 – 45.
38. **Emberger L., (1960).** Traité de botanique systématique. Les végétaux vasculaires, Tomes II, 852-855, Masson, Paris.
39. **Foley A., (2001).** Review article Seed dormancy : an update on terminology , physiological genetics , and quantitative trait loci regulating germinability. *Weed Science* 49:305-317.
40. **Geneve L., (2003).** Impact of Temperature on Seed Dormancy. *HortScience* 38:336-341.
41. **Gonzalez P et al., (1994).** Ethylene Glycol Monoethyl Ether for Determining Surface Area of Silicate Minerals. *Soil Science*. Vol. 100, NOS, pp.356-360.
42. **Halilat MT et Tessier D., (2006).** "Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux. Hydratation, gonflement et structure au cours de la dessiccation et de la réhumectation," Thèse de doctorat de l'Université de Paris VII.
43. **Heller R., (1990).** « Physiologie végétale »-II-développement, 4ème Edition, Masson, 259p.

44. **Hidayati SN, Baskin MJ, Baskin CC., (2000)**. Morpho-physiological dormancy in seeds of two North American and one Eurasian species of *Sambucus* (Caprifoliaceae) with underdeveloped spatulate embryos. *American Journal of Botany* 87(11):1669-1678.
45. **John L, Hammerton JL, Fournet J.,(1997)**. Weeds of the lesser antilles mauvaises herbes des petit antilles, art.11-12p.
46. **Jozja., (2003)**. "Étude de matériaux argileux Albanais. Caractérisation "multi-échelle" d'une bentonite magnésienne. Impact de l'interaction avec le nitrate de plomb sur la perméabilité." Thèse de doctorat de l'Université d'Orléans.
47. **Kechairi R., (2009)**. Contribution à l'étude écologique de l'arganier *Argania spinosa* (L) skeels. Dans la région de Tindouf (Algérie), Mémoire de Magister à l'Université de USTHB Alger, p : 11, 14-17, 48.
48. **Lakhdari A et Kechairi R., (2002)**. Contribution à l'étude de L'Arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels), Essais de germination au laboratoire. Mémoire d'ingénieur, Centre Universitaire de Mascara.44p.
49. **Laribi S, Feureau JM, Grossiord JL, Kbir-Ariguib N., (2005)**. Comparative yield stress determination for pure and interstratified smectite clays" *Rheol. Acta* **44**, 262-269
les espèces ligneuses à usage multiple des zones arides méditerranéennes. Institut Agronomique méditerranéen, Saragosse, Espagne, Pp : 25-26 septembre
50. **Lewalle J., (1991)**. L'arganier un arbre exceptionnel. *Magazine royale Air Maroc*.**53** : 12 – 14.
51. **Luckham PF et ROSSI S., (1999)**. "Colloidal and rheological properties of bentonite suspensions" *Adv. Colloid Interface Sci.* 82, 43-92.
52. **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.
53. **Madsen FT et Müller-Vonmoos M., (1989)**.The swelling behaviour of clays. *Applied Clay Science* 4 :143-156.
54. **Mazilak. (1982)**. Croissance et développement, *Physiologie végétale II*.Hermann ed,Paris, collection Méthodes, p :465.
55. **Mering J., (1975)**. "Discussion à propos des critères de classification des phyllosilicates 2/1 *Bulletin du groupe français des argiles* 21, 1-30.
56. **Meyer J., (2004)**. *Botanique,biologie et physiologie végétale* .Ed.Moline, Paris,p ;461.
57. **Mhirit O., (1989)**. L'arganier : une espèce fruitière forestière à usage multiple. Séminaire sur l'arganier.

- 58. M'Hirit O., (1989).** L'arganier : une espèce fruitière forestière à usage multiple. Formation Forestière Continue, thème « l'arganier ». Station de recherche Forestière, Rabat, 13-17 mars, 31-58.
- 59. Mokhtari M., (2002).** Production rapide de plants d'arganier aptes à la trans-plantation.. Agadir. Bull d'information et de liaison du PNTTA, n° 95, 1 – 3. Monde, Flammarion, pp18; 797.
- 60. Msanda F, El Aboudi A, Peltier JP., (2005).** Biodiversité et biogéographie de l'Arganeraie Marocaine, Cahiers Agriculture vol.14, Maroc, 358p.
- 61. Nasri., (2014).** Effet De La Contrainte Saline Sur La Germination Et La Croissance De Quelques Provenances Algeriennes D'arganier (*ArganiaSpinosaL.*). Tlemcen. p : 14-15.
- 62. Noronha A. Andersson L et Milberg P., (1997).** Rate of change in dormancy level and light requirement in weed seeds during stratification. Annals of Botany, 80, 795-801.
- 63. Nouaim R et Chaussod R., (1994).** Apport de la mycorhization pour la croissance et le développement de l'arganier. In : Journées de l'Arbre, Marrakech, 4p
- 64. Nouaim et al., (1991).** "La biologie de l'Arganier", Agadir (Maroc).
- 65. Nouaim R et Chaussod R., (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.
- 66. 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.
- 67. Nouaim R et Chaussod R., (1994).** l'arganier au Maroc. Entre mythes et réalités. Edition l'harmattan. p : 203.
- 68. Peltier JP, Carlier G, El Aboudi A et Doche B., (1990).** Évolution journalière de l'état hydrique des feuilles d'arganier (*Argania spinosa L. Skeels*) sous bioclimat aride à forte influence océanique (plaine du Sous s, Maroc). 11: 643 – 668.
- 69. Pumareda L, Henry F, Charrouf Z, Pauly Pet Falconnet G., (2006).** Valorisation des feuilles d'arganier: impact environnemental. Bois et Forêts des Tropique, N° 287 (1) Arbres Utiles Feuilles d'arganier. P: 35-44.
- 70. Radi N., (2003).** L'Arganier: arbre du sud-ouest Marocain, en péril, à protéger. p : 59.
- 71. Reguieg Y.,** Effet de la bentonite sur les sols sableux de la région de Mosatganem, étude de comportement d'une association blé pois chiche. Univ. Es-Sénia Oran. 149p.
- 72. Riedacker A, Dreyer E, Pafadnam C , Joly H et Bory G., (1990).** Physilologie des arbres et arbustes des zones arides et semi-arides. Groupe d'étude de l'Arbre. Observatoire du Sahara et du Sahel. Seminaire. Paris, 373 – 465.

- 73. Rieuf P., (1962).** Les champignons de l'arganier. Cah. Rech. Agron., n° 15.
- 74. Rouhi R., (1991).** Anatomie de l'arganier (*Arganiaspinosa (L.) Skeels*). Actes du colloque international sur l'arganier. Agadir.p : 100 – 103.
- 75. Schmidt L., (2000).** Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed..Danida Forest Seed Centre Denmark. P: 1-511.
- 76. Scriban R., (1999).** Biotechnologie. Ed tec et doc. p : 613.
- 77. Soltner D., (2001).** Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed. Collection sciences et techniques agricole , Paris, p :304.
- 78. Srivastava LM., (2002).** Plant Growth and Development. Hormones and Environment.
- 79. Thierry L., (1987).** L'arganier au Maroc, sa description, ses méthodes de multiplication et ses applications en reforestation. Thèse d'Ing. Tech. Agro. Inst. Pro. D'Ens. Sup. p : 183.
- 80. Tieu A, Plummer JA, Dixon A, Sivasithamparam K et Sieler MI., (1999).** Germination of Four Species of Native Western Australian Plants using Plant-derived Smoke. Australian Journal of Botany 47(2): 207 219.
- 81. Turner RS, Merritt DJ, Kristiansen M et Flematti GR., (2005).** Effects of a butenolide present in smoke on light-mediated germination of Australian Asteraceae. Seed Science Research 16: 29–35.
- 82. Wahbi J, Hamrouni L, Souayeh Net Khouja ML., (2010).** Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques, 652p.
- 83. White et Rivin., (2000).** Encyclopédie des Arbres plus de 1800 Espèces et Variétés.
- 84. Youcef L et Achour S., (2004).** Possibilité de traitement des eaux fluorées du sud algérien par adsorption sur bentonite activée. Thèse de Doctorat.
- 85. Youcef L., (2003).** Elimination des phosphates par des procédés physico-chimiques. Thèse de Doctorat.

Annexes

Tableau A : Nombre des graines germé par jour pour la provenance de Tindouf.

	TEM T	TMC T	THO T	TPH T	TCH T
3	0	0	0	0	0
6	0	3	4	2	2
9	2	5	5	3	3
12	3	7	6	3	4
15	3	8	8	4	5
22	5	10	9	7	8
26	8	13	11	9	10
28	10	14	12	11	12

Tableau B : Nombre des graines germé par jour pour la provenance de Maroc.

	TEM M	TMC M	THO M	TPH M	TCH M
3	0	0	0	0	0
6	0	2	1	0	0
9	0	3	2	1	1
12	1	3	4	2	3
15	2	5	5	4	5
22	4	8	7	5	6
26	4	9	7	6	8
28	5	10	8	8	8

Tableau D : L'effet des prétraitements sur les paramètres de germination pour la provenance de Tindouf.

	TEM T	TMC T	THO T	TPH T	TCH T
3	0	0	0	0	0
6	0	3	4	2	2
9	2	5	5	3	3
12	3	7	6	3	4
15	3	8	8	4	5
22	5	10	9	7	8
26	8	13	11	9	10
28	10	14	12	11	12
G%	50%	70%	60%	55%	60
TMG	4,5	3,7	3,4	4,09	4
DVL	6	3	6	3	3

Tableau E : L'effet des prétraitements sur les paramètres de germination pour la provenance de Maroc.

	TEM M	TMC M	THO M	TPH M	TCH M
3	0	0	0	0	0
6	0	2	1	0	0
9	0	3	2	1	1
12	1	3	4	2	3
15	2	5	5	4	5
22	4	8	7	5	6
26	4	9	7	6	8
28	5	10	8	8	8
G%	31,25%	62,50%	50%	50%	50%
TMG	4,4	4,2	3,87	3,37	3,75
DVL	9	3	3	6	6

Tableau F : L'effet des substrats sur le développement en hauteur des jeunes semis pour la provenance de Tindouf.

	PT			
	Sable	5%	10%	20%
09/04/2019	1,5/1,8	0	0	1,5/
11/04/2019	1,4/1,8/2,2	0	0	1,3/2,1/1,4
14/04/2019	2,1/2,4/2,9	0	0	1,2/2,5/1,7
16/04/2019	2,5/3/3,4	0	0	2/2,9/2,3
18/04/2019	2,7/3,5/3,9	0	0	2,3/3,3/2,6
21/04/2019	3,2/4,1/4,3	0	0	2,7/4/3,2
23/04/2019	4/4,9/5,2	0	0	3,4/4,9/4
25/04/2019	4,6/5,5/6/	0	0	4/5,6/4,8/
28/05/2018	5,7/6,3/7,1/	0	0	4,7/6/5,3/
30/05/2019	7/7,5/7,6/	0	0	5/7,1/6/
02/05/2019	8,2/8,8/9/	0	0	5,8/8/7,2/
05/05/2019	10/11/12/	0	0	6/8,9/8
07/05/2019	11,3/13,1/14/	0	0	6,3/9,8/8,7
09/05/2019	12,2/14,4/16,5/	0	0	6,7/10/9,3
12/05/2019	13/17,4/19,2/	0	0	7/12/10,5/

Tableau H : L'effet des prétraitements sur les paramètres de croissance pour la provenance de Tindouf.

	PT								
	Total	développé	En %	Morts	En %	Nbre des feuilles	Nbre moyen	Diamètre	D Moy
Sable	18	3	16,66%	15	83,33%	21+28+26	25	3+2+2mm	2,33
20%	15	3	20%	12	80%	13+24+19	18,66	1+1+3mm	1,66
10%	14	0	0	14	100%	0	0	0	0
5%	15	0	0	15	100%	0	0	0	0

Tableau I : L'effet des substrats sur le développement en hauteur des jeunes semis pour la provenance de Maroc.

	PM			
	Sable	5%	10%	20%
09/04/2019	0	0	0	1/
11/04/2019	0	0	0	1,1/
14/04/2019	0	0	0	1,5/
16/04/2019	0	0	0	2,1/
18/04/2019	0	0	0	2,7/
21/04/2019	0	0	0	3,2/
23/04/2019	0	0	0	3,7/
25/04/2019	0	0	0	4
28/05/2018	0	0	0	4,5/
30/05/2019	0	0	0	4,9/
02/05/2019	0	0	0	5,2
05/05/2019	0	0	0	5,8
07/05/2019	0	0	0	6
09/05/2019	0	0	0	6,3
12/05/2019	0	0	0	7

Tableau J : L'effet des prétraitements sur les paramètres de croissance pour la provenance de Tindouf.

	PM								
	Total	développé	En %	Morts	En %	Nbre feuilles	Nbre moyen	Diamètre	D Moy
Sable	11	0	0%	11	100%	0	0	0	0
20%	11	1	9,09%	10	90,9	11	11	2mm	2mm
10%	10	0	0%	10	100%	0	0	0	0
5%	7	0	0%	7	100%	0	0	0	0

Tableau K : Moyenne des longueurs des tiges provenance Tindouf.

	Provenance Tindouf									
	Sable				sable, bentonite					
	ech1	ech2	ech3	moy	moy5%	moy10%		20%		Moy 20%
09/04/2019	1,5	1,8		2,4	0	0,00	1,5			1,50
11/04/2019	1,4	1,8	2,2	1,80	0	0,00	1,3	2,1	1,4	1,60
14/04/2019	2,1	2,4	2,9	2,47	0	0,00	1,2	2,5	1,7	1,80
16/04/2019	2,5	3	3,4	2,97	0	0,00	2	2,9	2,3	2,40
18/04/2019	2,7	3,5	3,9	3,37	0	0,00	2,3	3,3	2,6	2,73
21/04/2019	3,2	4,1	4,3	3,87	0	0,00	2,7	4	3,2	3,30
23/04/2019	4	4,9	5,2	4,70	0	0,00	3,4	4,9	4	4,10
25/04/2019	4,6	5,5	6	5,37	0	0,00	4	5,6	4,8	4,80
28/05/2018	5,7	6,3	7,1	6,37	0	0,00	4,7	6	5,3	5,33
30/05/2019	7	7,5	7,6	7,37	0	0,00	5	7,1	6	6,03
02/05/2019	8,2	8,8	9	8,67	0	0,00	5,8	8	7,2	7,00
05/05/2019	10	11	12	11,00	0	0,00	6	8,9	8	7,63
07/05/2019	11,3	13,1	14	12,80	0	0,00	6,3	9,8	8,7	8,27
09/05/2019	12,2	14,4	16,5	14,37	0	0,00	6,7	10	9,3	8,67
12/052019	13	17,4	19,2	16,53	0	0,00	7	12	10,5	9,83
vitesse	0,35	0,47	0,58	0,43	0,00	0,00	0,17	0,36	0,32	0,25

Tableau L : Moyenne des longueurs des tiges provenance Maroc.

Provenance Maroc			
sable	sable, bentonite		
moy	moy5%	moy10%	moy20%
0	0	0,00	1
0,00	0	0,00	1,1
0,00	0	0,00	1,5
0,00	0	0,00	2,1
0,00	0	0,00	2,7
0,00	0	0,00	3,2
0,00	0	0,00	3,7
0,00	0	0,00	4
0,00	0	0,00	4,5
0,00	0	0,00	4,9
0,00	0	0,00	5,2
0,00	0	0,00	5,8
0,00	0	0,00	6
0,00	0	0,00	6,3
0,00	0	0,00	7
0,00	0,00	0,00	0,18

Tableau M : Les points extrêmes, les quartiles et la médiane des longueurs de provenance Tindouf.

	sable	S+B 5%	S+B 10%	S+B 20 %
Q1	3,17	0,00	0,00	2,57
MIN	1,80	0,00	0,00	1,50
Médiane	5,37	0,00	0,00	4,80
MAX	16,53	0,00	0,00	9,83
Q3	9,83	0,00	0,00	7,32

Tableau N : Moyenne, Variance et écart-type de longueur des tiges provenance Tindouf.

Moyenne	Variance	Ecart-type
6,936	22,431	4,736
0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000
5,000	7,806	2,794

Tableau O : Les points extrêmes, les quartiles et la médiane des longueurs de provenance Maroc.

	sable	S+B 5%	S+B 10%	S+B 20 %
Q1	0,00	0,00	0,00	2,40
MIN	0,00	0,00	0,00	1,00
Médiane	0,00	0,00	0,00	4,00
MAX	0,00	0,00	0,00	7,00
Q3	0,00	0,00	0,00	5,50

Tableau P : Moyenne, Variance et écart-type de longueur des tiges provenance Maroc.

Moyenne	0,000	0,000	0,000	3,933
Variance	0,000	0,000	0,000	3,832
Ecart-type	0,000	0,000	0,000	1,958

Tableau Q : Nombre cumulé des graines germé.

	TEM T	TMC T	THO T	TPH T	TCH T	TEM M	TMC M	THO M	TPH M	TCH M
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	3	4	2	2	0	2	1	0	0
9	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1
12	1	2	1	0	1	1	0	2	1	2
15	0	1	2	1	1	1	2	1	2	2
22	2	2	1	3	3	2	3	2	1	1
26	3	3	2	2	2	0	1	0	1	2
28	2	1	1	2	2	1	1	1	2	0
TOTAL	10	14	12	11	12	5	10	8	8	8