

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Amar TELIDJI Laghouat

Faculté des Sciences

Département des sciences Agronomiques

جامعة عمار ثليجي -

كلية العلوم

الفلاحة



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

***En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie
Option : Production et amélioration des plantes***

Thème

**Effet de quelques traitements physico-chimiques
sur le pouvoir germinatif chez les graines
d'Arganier (*Agania spinosa* L. (Skeels))
Provenance de Mostaganem Nord-ouest d'Algérie.**

Présenté par: MOSTEFAOUI FERIEL

Encadré par :

Benchettouh Ahmed

Maitre-Assistant

Gouzi Hichem

M. Conférence A

JUIN 2014

(Mostefaoui feriel)

(Effet de quelques traitements physico-chimiques sur le pouvoir germinatif chez les graines d'arganier (*Argania spinosa* L. (Skeels)) Provenance de Mostaganem Nord-Ouest d'Algérie)

Résumé

L'arganier (*Argania spinosa* L. (Skeels)) est un arbre à usages multiples de grand intérêt socio-économique. Néanmoins, la graine de cet arbre est dotée de téguments très durs engendrant des problèmes d'inhibition et rendant leur germination est difficile en milieu naturel. Certains traitements physico-chimiques peuvent permettre de surmonter cet obstacle. C'est dans ce contexte que ce travail a été réalisé.

A la maturité complète vers le mois Juillet, des graines d'arganier provenance de Mostaganem (région nord-ouest de l'Algérie) issues des arbres âgés 85 ans d'environ ont été récoltées.

Les prétraitements physico-chimiques effectués (scarification par l'acide sulfurique pur 96% et par le choc thermique 45°C pendant 24 heures, traitement chimique à l'aide de l'acide gibbérellique, l'arrosage au moyen du NaCl à différentes concentrations) nous permettent d'enlever l'inhibition tégumentaire et de déterminer les conditions optimales de la germination des graines d'arganier

Les graines d'arganier lourdes ($5,2 \pm 0,014\text{g}$) présentent un pouvoir germinatif relativement élevé (80%) par rapport aux graines légères ($2,3 \pm 0,14\text{ g}$) (70%). Les graines prétraitées par l'acide sulfurique concentré pendant 5 minutes et celles traitées dans une solution d'acide gibbérellique à 100 ppm pendant 24 h accélèrent nettement la germination (72% et 90%, respectivement). Les graines d'arganier traitées au choc thermique germent rapidement en donnant un taux de germination de 100% au bout de 13 jours, tandis que, la salinité inhibe fortement leur germination.

La technique de trempage des graines à l'eau chaude (45°C) pendant 24 heures s'est avéré le meilleur traitement pour une bonne germination. Cette technique serait très utile pour envisager la multiplication de l'arganier en pépinière.

Mots clés: *Argania spinosa* L. (Skeels), Mostaganem, germination, traitements physico-chimiques.

الفيزيوكيمياء .
الكلمات المفتاحية) : *Argania spinosa* L.(skeels) , *Argania spinosa* L. , *Argania spinosa* L.

(Mostefaoui feriel)

(Effect of some physico-chemical treatments on the germination of Argan seeds (*Argania spinosa* L. (skeels)) from Mostaganem Northeast Algeria)

Summary

The argan tree (*Argania spinosa* L. (Skeels)) is a multipurpose tree of great socio-economic interest. Nevertheless, the seed of this tree has a very hard seed coat causing problems inhibition and making them difficult germination in the nursery. Some physico-chemical treatments can overcome this obstacle. It is in this context that this work was done.

A full maturity around the month of July, argan seeds from Mostaganem (northwest Algeria) from old trees about 85 years were collected.

The physico-chemical pretreatments performed (by scarification pure sulfuric acid and 96% by the 45 ° C heat shock for 24 hours, chemical treatment with gibberellic acid, watering with NaCl at various concentrations) allow us to remove the integumentary inhibition and to determine the optimal conditions for the germination of seeds argan by these techniques.

The argan heavy seeds (5.2 ± 0.014 g) have a relatively high germination (80%) compared to light seeds (2.3 ± 0.14 g) (70%). The seed pretreated with concentrated sulfuric acid for 5 minutes and those treated in a solution of gibberellic acid to 100 ppm for 24 hours significantly accelerated the germination (72% and 90%, respectively). Argan seeds treated thermal shock germinate quickly giving a germination rate of 100% after 13 days, while salinity strongly inhibits germination.

The technique of dipping seeds in hot water (45 ° C) for 24 hours, proved to be the best treatment for a good germination. This technique is very useful to consider the multiplication of the argan tree in the nursery.

Keywords: *Argania spinosa* L. (Skeels), Mostaganem, germination, physico-chemical treatments.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

*À la perle rare et précieuse, à ma source d'amour et d'affection, qui pense et
prie tous les jours pour moi,*

Ma mère

À la lumière et symbole de ma vie, et qui toujours fière de moi,

Mon père

Que Dieu Grand et Puissant les bénisse et leur accorde une très longue vie.

Amen.

A mes chers frères pour leur amour

Et à toute la famille Mostefaoui et ma famille maternelle Zarouali

A ma grande mère pour son amour

A mon cher fiancé Oussama qui m'a beaucoup aidé, conseillé et encouragé.

A toute ma belle famille de plus petit au plus grand

A ma chère amie Halima Taibi pour son amour

A tous les membres de la promotion 2013-2014

*Je n'oublie pas mes enseignants et mes enseignantes de la première année de
l'école primaire à la cinquième année universitaire, pour tout le savoir faire
être que m'avez inculqué.*

Feriel

Remerciements

Je tiens à remercier le Bon Dieu qui m'a donné le courage pour accomplir ce modeste effort, ainsi que, toute personne ayant participé à la réalisation de mon mémoire, et notamment:

J'aimerais adresser mes sincères remerciements à:

M^{lle}. Marfoua Meriem Maître-Assistante à l'Université Amar Tledji (Département Agronomie), d'avoir accepté de présider mon travail

M^{me}. Maalem Hamida Maître- Assistante à l'Université Amar Tledji (Département Agronomie), d'avoir accepté d'examiner mon travail. Je suis profondément reconnaissant de sa participation à ce jury de mémoire.

M. Ahmed Benchettouh Maitre-Assistant à l'Université Amar Tledji (Département Agronomie), qui a accepté d'encadrer mon travail et m'a apporté de précieux conseils pour la réalisation de ce mémoire.

M. Hichem Gouzi Maitre de Conférence à l'Université Amar Tledji (Département Biologie), qui a accepté de co-encadrer mon travail et m'a apporté de précieux conseils pour la réalisation de ce mémoire.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à toutes les personnes qui de près ou de loin pour leur aide en particulier:

Ammari Hamza pour toute l'aide qui j'ai apporté

Merci

M^{lle}. Ferial Mostefaoui

Table des matières.

Dédicaces.....	I
Remerciements.....	II
Liste des figures.....	VI
Liste des planches :.....	VII
Liste des abréviations.....	VIII
INTRODUCTION :.....	1
 PREMIERE PARTIE SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 	
CHAPITRE I : APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE SUR <i>L'ARGANIA SPINOSA</i>.....	3
1.1. Aspect historique et origine.....	3
1.2. Généralités sur arganier.....	3
1.2.1. Position systématique.....	4
1.2.2. Aire de répartition.....	4
1.2.3. Biologie et exigences de l'arganier.....	6
1.2.3.1. Biologie de l'arganier.....	6
1.2.3.2. Exigences pédoclimatique de l'Arganier.....	8
1.2.3.2.1. Exigences climatiques.....	9
1.2.3.2.2. Exigences édaphiques.....	9
1.2.4. Mode de multiplication de l'arganier.....	9
1.2.4.1. Multiplication sexuée.....	9
1.2.4.1.1. Semis naturels.....	9
1.2.4.1.2. Semis « tout-venant » en pépinière et plantations récentes.....	9
1.2.4.2. Multiplication végétative.....	10
1.2.4.2.1. Rejets de souche.....	10
1.2.4.2.2. Marcottage terrestre.....	10
1.2.4.2.3. Marcottage aérien.....	10
1.2.4.2.4. Bouturage.....	10
1.2.4.2.5. Greffage.....	11
1.2.4.2.6. Micropropagation.....	11
1.2.5. Importance.....	12
1.2.5.1. Importance socio-économique.....	12
1.2.5.2. Importance biologique et diététique.....	13

1.2.5.3.Importance écologique.....	13
1.2.5.4.Valeurs nutritives des fourrages.....	13
CHAPITRE II : LA GRAINE ET LA GERMINATION	15
2.1. Définitions.....	15
2.1.1. la graine.....	15
2.1.2. la germination.....	15
2.2. Morphologie et physiologie de la germination.....	16
2.2.1. Morphologie.....	16
2.2.2. Physiologie	16
2.3. Les conditions de la germination.....	17
2.3.1. Les conditions internes.....	17
2.3.1.1. La Maturité.....	17
2.3.1.2. La longévité.....	17
2.3.1.3. La graine ne doit pas être dormante.....	17
2.3.2. Les conditions externes.....	18
2.3.2.1. L'eau.....	18
2.3.2.2. L'oxygène.....	19
2.3.2.3. La température.....	19
2.3.2.4. La lumière.....	19
2.3.2.5. La nature du sol.....	20
2.4. Types de germination.....	20
2.4.1. La germination épigée.....	20
2.4.2. la germination hypogée.....	20
2.5. La faculté germinative.....	21
2.6. La vitesse de germination	21
2.7. Les différentes sortes de dormance.....	21
2.7.1. Dormance embryonnaire.....	22
2.7.2. Inhibitions tégumentaires.....	22
2.7.3. Inhibitions chimiques.....	22
DEUXIEME PARTIE MATERIEL ET METHODES	23
CHAPITRE I. MATERIEL ET METHODES.....	23
1.1. Matériel.....	23
1.1.1. Matériel végétal.....	23

1.1.2. Produits chimiques et verreries.....	23
1.2. Méthodes.....	24
1.2.1. Culture des graines d'Arganier <i>in vitro</i>	24
1.2.1.1. Etude de l'effet de la salinité.....	24
1.2.1.2. Etude de l'effet du poids de graine.....	24
1.2.1.3. Etude de l'effet de l'acide sulfurique concentré	24
1.2.1.4. Etude de l'effet de l'acide gibbérellique.....	25
1.2.1.5. Etude de l'effet de la température.....	25
1.3. Analyse des résultats expérimentaux.....	25
TROISIEMME PARTIE RESULTATS ET DISCUSSION	26
CHAPITRE I. RESULTATS ET DISCUSSION	26
1.1. Effet de différents traitements physico-chimiques sur le délai et le taux de germination des graines d'arganier (<i>argania spinosa</i> L.)	26
1.1.1. Effet de chlorure du sodium sur la germination des graines d'Arganier.....	26
1.1.2. Effet du poids de la graine d'Arganier sur leur taux de germination	27
1.1.3. Effet de l'acide sulfurique sur la germination des graines d'Arganier.....	28
1.1.4. Effet de la température sur la germination des graines d'Arganier.....	30
1.1.5. Effet de l'acide gibbérellique sur la germination des graines d'Arganier.....	31
1.2. Comparaison entre les différents traitements physico-chimiques.....	32
CONCLUSION.....	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	35
ANNEXE.....	42

Liste des figures

Figure 1. Localisation de l'arganeraie au Maroc.....	5
Figure 2. L'aire de l'arganeraie en Algérie	6
Figure 3. Les différents types de germination.....	21
Figure 4. Site de provenance des graines d'arganier (Maison forestière de Stidia- Mostaganem).....	23
Figure 5. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier traitées par différentes concentrations du chlorure de sodium (NaCl).....	26
Figure 6. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier par catégorie du poids...28	
Figure 7. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier traitées par différentes durées de trempage dans l'acide sulfurique pur (96%).....	29
Figure 8. Taux quotidiens de l'effet de la température sur la germination des graines d'arganier.....	30
Figure 9. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier traitées par différentes concentrations d'acide gibbérellique.....	31
Figure 10. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier traitées par différentes techniques (trempage dans l'AG à 100 ppm pendant 24 h, dans le H ₂ SO ₄ pendant 5 min et à T° 45°C pendant 12 h).....	33

Liste des planches

Planche 1. Aspect d'un arbre d' <i>Argania spinosa</i> L. (à gauche) et de son tronc (à droite) ...	7
Planche 2. Inflorescence et fruit de l'arganier.....	7
Planche 3. Les différentes parties du fruit de l'arganier (<i>Argania spinosa</i>).....	8
Planche4. La perforation de l'enveloppe par la radicule (graine d'arganier).....	16

Liste des abréviations

ADF:	Aciddetergent Fibre.
ADL:	AcidDetergentLignin.
AG:	Acide Gibbérellique.
AIA:	Acide Indole-3-Acétique.
AIB:	Acide IndolButyrique.
CIRAD:	Centre de coopération Internationale en Recherche agronomique pour le Développement.
Cm:	Centimètre.
CRRF :	Centre Régional de Recherche Forestière.
D G F :	Direction Générale des Forêts.
Drefso :	Direction Régionale des Eaux et Forêts du Sud-Ouest.
G:	Gramme.
H :	Heure.
H ₂ SO ₄ :	Acide Sulfurique.
Ha :	Hectare.
HCEFLCD :	Haut Commissariat aux Eaux et Forets et à la Lutte Contre la Désertification.
IAV :	Institut Agronomique et Vétérinaire
INRA :	Institut National des Recherches Agronomique.
Kg:	Kilogramme.
ml:	Millilitre.
mM:	Millimole.
mm:	Millimètre.

MS :	Murashige et Skoog.
N :	Nord.
NaCl:	Chlorure de Sodium.
NDF:	NeutralDetergent Fibre.
P S +:	Photosensible Positive.
P S-:	Photosensible Négative.
pH:	potential d'Hydrogène.
PPM:	Partie Par Million.
PS±:	Non Photosensible.
UF :	Unité Fourragère.
%:	Pourcent.
/ :	par.
° :	Degré.
°C:	Degré Celsius.

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa* L.(skeels)) est un arbre appartenant à la famille des Sapotaceae à multiples applications (thérapeutique, cosmétique et alimentaire) (Moukal, 2004). Il joue un rôle socio-économique important.

Chaque partie de l'arbre est utilisable, et constitue une source de revenus ou de nourriture; le bois est utilisé comme combustible, les feuilles et les fruits comme fourrage pour les chèvres et les chameaux, l'huile extraite de l'amande est utilisée en alimentation humaine, en cosmétique et en médecine traditionnelle (Mhirit et *al.*, 1998; El-Aich et *al.*, 2007).

Ces qualités ont fait d'arganier un arbre apprécié pour les reboisements à vocation agro-industrielle en zone aride et semi-aride au Maroc et en Algérie.

C'est ainsi qu'il a été introduit en Tunisie, en Israël, en Afrique du Sud, en Australie, en Floride et dans d'autres pays du Monde (Berka et Harfouche, 2001).

L'arganier espèce endémique entre le Maroc et l'Algérie. Plus connu au Maroc où il représente l'essence forestière majeure. S'étend sur une superficie de 870 000 ha et compte environ 21 millions d'arbres (Azenfar, 2007 ; Homrani, 2011).

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 radianna* (44 000 ha) (D.G.F., 2009). C'est un arbre thermoxérophile peut survivre aux conditions de sécheresse (< 120 mm/an de précipitations et 3°C à 50 °C de température) (Homrani, 2011; Charrouf, 2012).

L'arganeraie se dégrade d'année en année avec une vitesse alarmante à cause de défrichement, pâturage intensif, épuisement de l'eau et surexploitation agricole (Homrani, 2011).

Récemment, Ce patrimoine écologique fragile et irréversible entre en importance par l'Union Mondiale pour la Nature à travers le projet de l'éducation et la conservation de la biodiversité pour l'Afrique du Nord (Rahmani, 2001).

En Algérie, cette espèce est méconnue et il y a beaucoup à faire pour sa vulgarisation auprès des forestiers et des professionnels du secteur en particulier, Mostaganem, Mascara et Alger. Pour son utilisation éventuelle comme essence de reboisement.

De nombreuses expériences sur sa multiplication ont été testées. D'après Bellefontaine (2010), les techniques de multiplication asexuée notamment par bouturage, marcottage, drageonnage et par des rejets sont coûteuses. Les traitements physico-chimiques des

graines restent une technique alternative et encourageante. Les difficultés rencontrées dans sa multiplication en pépinière par le biais de graines, en raison de la dureté tégumentaire de son enveloppe qui peut retarder la germination pendant des mois voire même des années après le semis. Cette dormance a poussé plusieurs spécialistes à la recherche des méthodes plus adéquates pour favoriser une bonne germination de l'espèce (Berka et Harfouche, 2001; Charrouf, 2011; Miloudi et Belkhouja, 2013).

Il est donc nécessaire de disposer d'un minimum de données concernant la graine d'arganier et les traitements susceptibles d'améliorer sa capacité germinative.

Pour cela, l'objectif principal de cette approche est d'étudier l'effet de quelques facteurs physico-chimiques (salinité, scarification par l'acide sulfurique, température, acide gibbérellique) sur le pouvoir germinatif des graines d'arganier afin de déterminer les conditions optimales de germination de ces graines. L'effet du poids de la graine d'arganier a été étudié également.

Ce mémoire est composé de quatre principaux chapitres:

- I- Aperçu bibliographique sur *l'Argania spinosa* L.,(skeels).
- II- Généralités sur la germination;
- III- Matériel et Méthodes;
- IV- Résultats et Discussions.

1.1. Aspect historique et origine

L'*argania* est associé au nom du village d'Argana dans les collines entre Marrakech et Agadir (Maroc). *Spinosa* montre que l'extrémité de certains rameaux se durcit en épines (Nouaim, 1994).

Les premiers écrits sur arganier sont ceux de géographes et médecins arabes qui ont étudié la région du Maghreb. Les arbres d'arganier sont très anciennement connus et utilisés par l'homme.

Au 10^{ème} siècle, les phéniciens avaient utilisé l'huile qu'il produit dans leurs comptoirs installés le long de la côte atlantique. L'arganier un arbre épineux, donnant un fruit de la grosseur d'une noix, renfermant une pulpe utilisée comme aliment pour les caprins et une graine oléagineuse dont on extrait une huile comestible.

En 1878, Hooker décrit par ailleurs le mode d'obtention de l'huile et l'identifie comme un mélange de saponines et l'appelle arganine.

En 1924, le "secteur" de l'arganier est cité par Braum - Blanquet et Maire dans leur mémoire "les études sur la végétation et la flore marocaine (Radi, 2003).

En 1926, Maire publiait à la suite de ses missions dans le Souss un premier article sur la végétation du Sud-ouest marocain, citant deux types d'Arganeraies: celle à *Euphorbia echinus* du littoral atlantique et celle à *Hesperola burnum platycarpum* des montagnes d'Adar ou Amane, ébauchant la première classification d'Arganeraie des plaines et des montagnes (Radi, 2003).

Au 18^{ème} siècle, les récits des voyageurs et des agents consulaires anglais au Maroc, 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) (Radi, 2003).

1.2. Généralités sur l'Arganier

L'arganier espèce endémique entre le Maroc et l'Algérie. Plus connu au Maroc où il contribue au maintien de l'équilibre environnemental et lutte contre la désertification comme, il maintien de l'équilibre socio-économique de la population (Mhirit *et al.*, 1989).

Il occupe la troisième place à l'échelle nationale après le chêne vert et le thuya (Radi, 2003). C'est un arbre qui peut vivre 300 à 350 ans (Boudy, 1950).

En Algérie, son aire de répartition géographique couvre un territoire relativement important dans le Nord-ouest de la Wilaya de Tindouf (44 000 ha) (D.G.F., 2009). Plusieurs programmes ont été initiés par les services des forêts afin d'étendre les superficies de l'Arganeraie dans son aire naturelle ainsi que des essais d'introduction ont été réalisés, notamment dans la région littorale du pays (Mostaganem, Mascara et Alger) (Souidi et Larbi, 2013).

1.2.1. Position systématique

L'arganier, est la seule espèce du genre *Argania* appartenant à la famille des *Sapotaceae*. Cette dernière renferme 600 espèces et 40 genres (Radi, 2003).

Il existe deux formes d'arganier, l'une dite pleureur et l'autre dressé (Rouhi, 1991). Ceci supposerait l'existence de deux variétés au sein de l'espèce.

Embranchement: Spermaphytes.

Sous-embranchement: Angiospermes.

Classe: Dicotylédones.

Sous-classe: Gamopétales.

Série: Superovariées pentacycliques.

Ordre : Ebénales.

Famille : *Sapotaceae*.

Genre : *Argania*.

Espèce: *Argania spinosa* L. Skeels (1911).

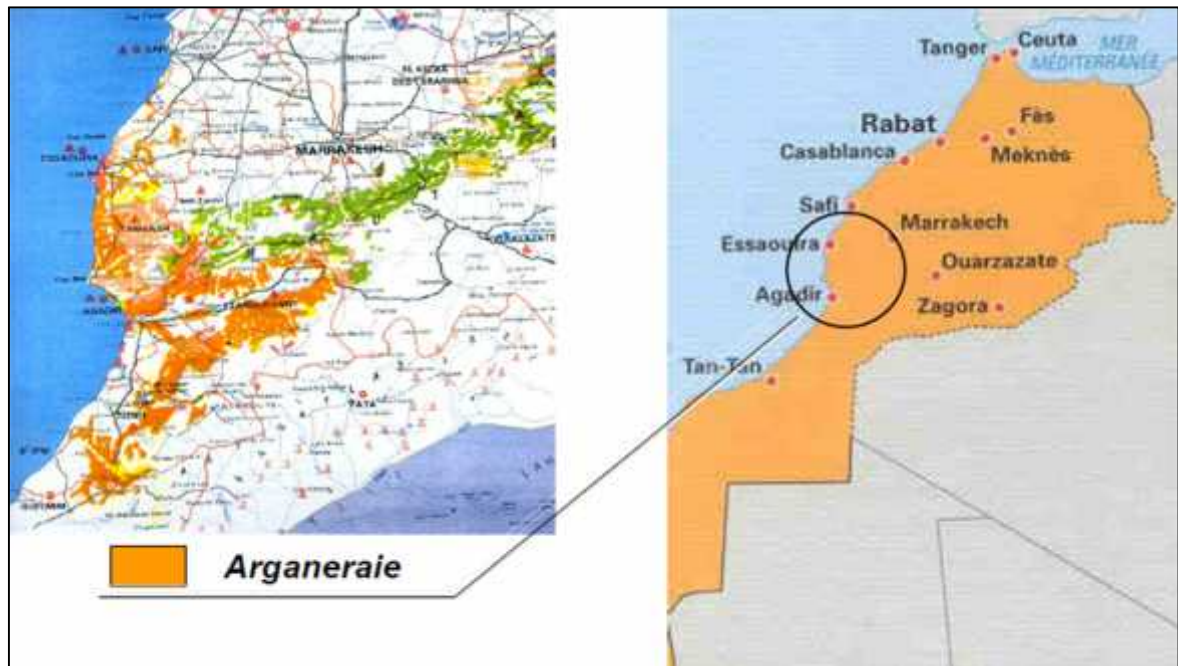
Variétés: *Argania Sideroxylon* Rom et Schl.

Argania Sideroxylon spinosium L.sp.

Nom vernaculaire: Argan (Berbère) (Bezzalla, 2005).

1.2.2. L'aire de répartition

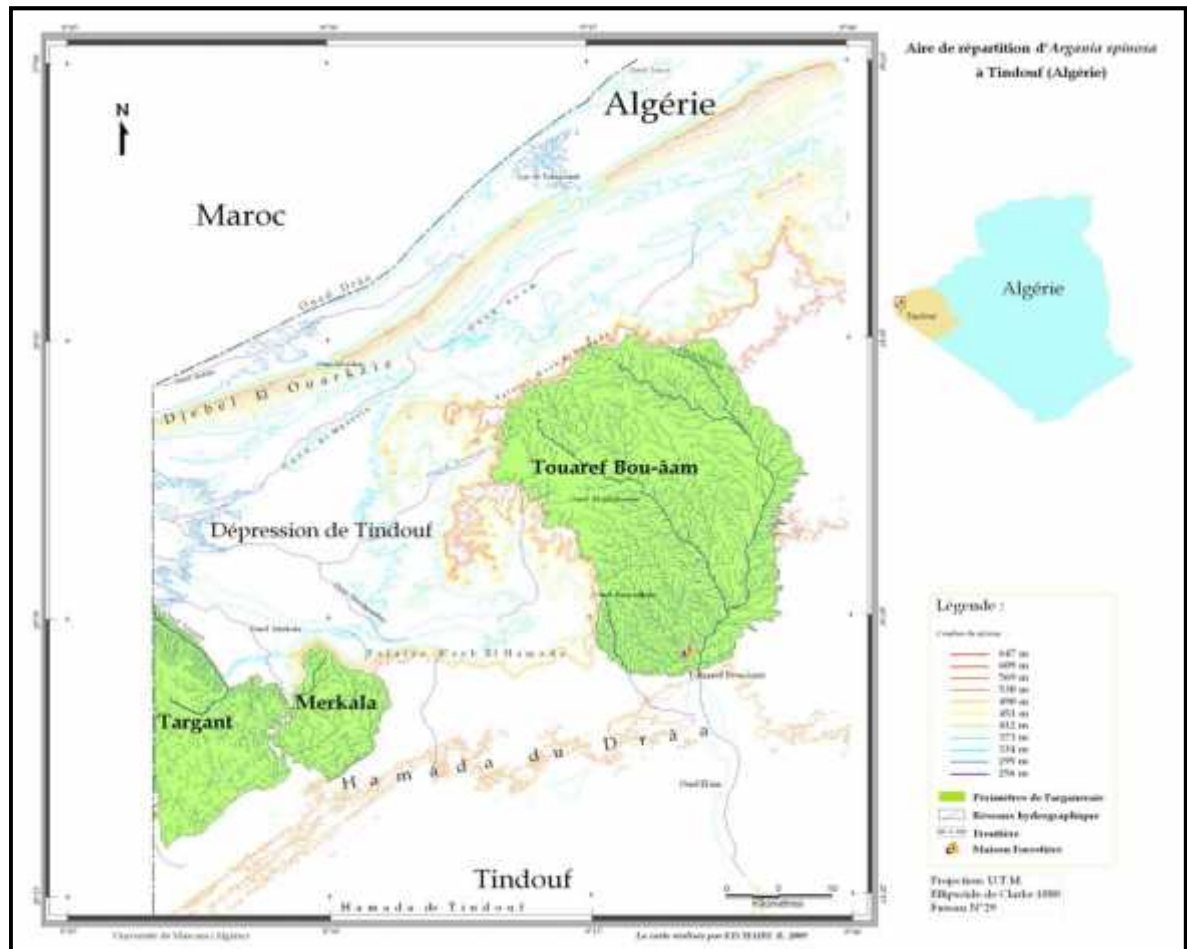
L'aire principale de l'arganeraie se situe entre 29° et 32° latitude Nord et entre 5° et 10° longitude Ouest. On note également quelques colonies isolées au Nord-est du Maroc (35° N, 3° W) dans les monts de Beni Snassen (figure 1).



Source : Charrouf, 2011.

Figure 1. Localisation de l'arganeraie au Maroc.

En Algérie, cette espèce est rencontrée exclusivement dans les lits de l'Oued El Ma (Tindouf 28° N, 8° W) (Figure 2) et quelques sujets dans la maison forestière à Stidia au plateau de Mostaganem.



Source: Ould Safi, 2014.

Figure 2. L'aire de l'arganeraie en Algérie.

1.2.3. Biologie et exigences de l'arganier

1.2.3.1. Biologie de l'arganier

L'arganier est une essence ligneuse qui a une forme similaire à celle d'un olivier (Kenny, 2007). Il atteint 8 à 10 mètres de haut et plus, selon les conditions écologiques du milieu. L'accroissement moyen en circonférence du tronc de l'arbre est de 1,35 à 1,80 cm/an selon les stations et la hauteur variée de 20 à 30 cm/an durant les premières années de leur croissance (Jacard, 1926).

La cime est très large, étalée, dense et à contours arrondis en général; le tronc est très vigoureux et court (Boudy, 1952).

L'écorce du fût et des grosses branches est rugueuse et présente un aspect du type « peau de serpent » (Planche 1). Les ramifications sont très denses et les extrémités des rameaux sont souvent épineuses (Nouaim et al., 1991).



Source: site web1

Planche 1: Aspect d'un arbre d'*Argania spinosa* L. (à gauche) et de son tronc (à droite).

Les feuilles alternes, simples ou regroupées sous forme de rosettes, sont persistantes et ne tombent qu'en cas de sécheresse prononcée. Elles sont vert sombre à la face supérieure, plus claires en dessous, glabres, avec une nervure médiane très nette et des nervures latérales très fines et ramifiées (Mhirit et *al.*, 1998) (planche 2).



Source : Charrouf, 2012.

Planche 2. Inflorescence et fruits de l'arganier
(A) branche avec inflorescences (B) rameau avec fruit

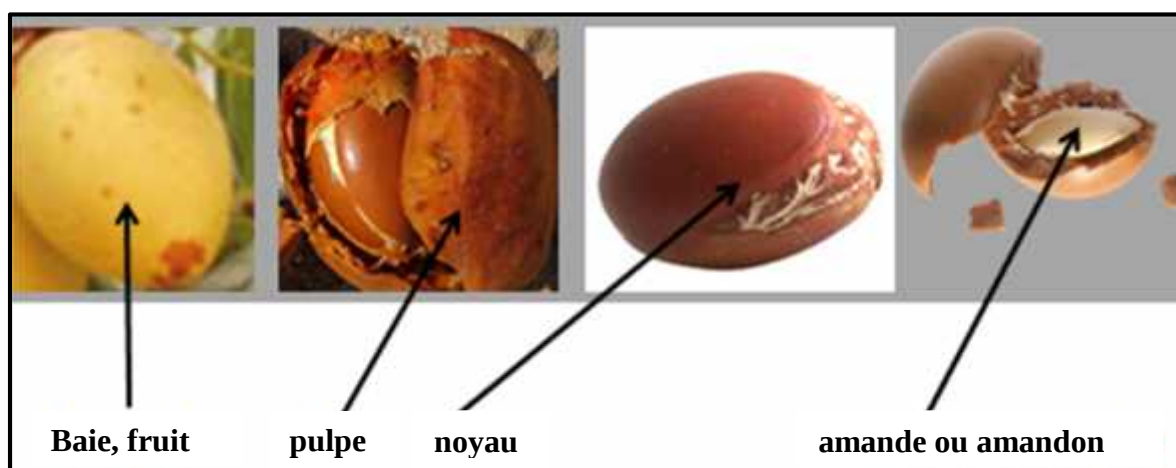
L'enracinement de l'arganier est très développé, il peut être traçant lorsque les roches dures s'opposent à son extension, ce qui lui permet de profiter même des faibles quantités de pluie. Le tempérament de cette espèce fort ancienne est extrêmement robuste; il rejette abondamment de souches, et constitue un hérissou végétal dans le volume croit régulièrement, ce qui met les pousses centrales hors de portée de la dent des animaux (Riedacker et *al.*,1990).

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'arganier est une espèce à fleurs hermaphrodites, les inflorescences se présentent en glomérules axillaires, composées chacune de 5 sépales pubescents succédant à 2 bractées. La corolle en cloche est formée de 5 pétales, arrondis, blancs; les étamines (5) sont à filets

courts et portent une grosse anthère mucronée ou obtus. L'ovaire pubescent et supère est surmonté d'un style court et conique, également ou dépassant les étamines (Mhirit, 1987).

La floraison de l'arganier a lieu généralement au printemps, voire en automne selon les conditions climatiques. La pollinisation anémophile à 80% et entomophile à 20% (Thierry, 1987). Les fruits sont des drupes ovoïdes, striées de rouges, leur mésocarpe contient un suc laiteux qui s'épaissit au contact de l'air. Ils ont le plus souvent un seul noyau, plus rarement deux, voire trois. Ovale à coque épaisse dure et très lisse et de couleur brun pale. (Planche 3) Le fruit entier se compose de 43 % de péricarpe, 2,5% de coque et 4,4% d'amande. Selon la forme et la dimension, six types de fruits ont été distingués: fusiforme, ovale, apicule, goutte, arrondie ou globuleuse (Jaccard, 1925).



Source : Charrouf, 2012.

Planche 3. Les différentes parties du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*).

La fructification peut s'échelonner sur toute l'année, ce qui démontre l'excellente adaptation de l'arganier aux fluctuations climatiques qui caractérisent les zones arides et semi-arides (Kenny, 2007). Il est fréquent de rencontrer des arbres portant des fruits issus aussi bien de la floraison automnale que ceux de la floraison hivernale ou printanière (Mhirit, 1989) (figure 1, annexe1).

1.2.3.2. Exigences pédoclimatiques

La forte variabilité phénotypique observée reflète la grande diversité génétique de l'espèce (Ferradous *et al.*, 1997) qui lui permet de résister à des conditions écologiques très contraignantes (Ferradous *et al.*, 2010). L'arganier espèce thermoxérophile donc, résistant aux fortes températures et supportant la sécheresse (Nouaim, 2005).

1.2.3.2.1. Exigences climatiques

Dont l'aire de répartition chevauche à la fois avec les bioclimats semi-aride, (dont les précipitations annuelles sont comprises entre 290 et 400 mm et la température moyenne annuelle la plus basse et le plus souvent supérieure à 7°C), et aride (qui occupe les deux tiers de l'arganeraie avec des précipitations annuelles oscillant entre 150 mm et 300 mm et la température moyenne du mois le plus froid entre 3°C et 7°C). 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'air, 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 au sud du Maroc (Nouaim et *al.*, 1990).

En altitude, c'est le froid qui détermine la limite supérieure de l'arganier (figure 2, annexe1). Cette dernière se confond avec les basses neiges (Emberger, 1924 et 1925), soit 900 mètres dans le haut Atlas (Nouaim et Chaussod, 1993) et 600 mètres au Sud du Maroc (Peltier, 1982).

1.2.3.2.2. Exigences 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. Cependant, il semble exclure les sols à sable mobile (Nouaim et Chaussod, 1993).

Par ailleurs l'arganier semble supporter une large gamme de pH allant de 4.6 à 7.5 (Nouaim et *al.*, 1991).

1.2.4. Mode de multiplication de l'arganier

1.2.4.1. Multiplication sexuée

1.2.4.1.1. Semis naturels

Aujourd'hui, en forêt, on ne constate plus guère de semis naturels, sauf en bordure d'oueds ou dans des endroits très protégés (Bellefontaine, 2010).

1.2.4.1.2. Semis « tout-venant » en pépinière et plantations récentes

La production de plants en pépinière a été étudiée depuis de nombreuses années. Les pépiniéristes marocains ont dorénavant la possibilité de produire dans de bonnes

conditions des arganiers « tout-venant » dont les graines ont été achetées sur les marchés, sans connaître l'origine exacte (Alouani et Bani-Aameur, 2004). Quatre campagnes de plantation à Tifadine enregistrées depuis 2002 avec un taux de réussite des plants important (Bouiche, 2008).

1.2.4.2. Multiplication végétative

1.2.4.2.1. Rejets de souche

Aucune recherche n'a été menée à ce jour pour déterminer si un nouveau système racinaire se développe autour de chaque rejet dépressé (Bourgeois et *al*, 2004). Et ainsi, nul ne peut affirmer que le rejetonnage constitue une voie de régénération indéfinie et sans risque. En effet, si les rejets ne produisent pas de nouvelles racines autonomes, on peut craindre qu'après plusieurs rotations la souche s'épuise définitivement et meure (Bellefontaine, 2005).

1.2.4.2.2. Marcottage terrestre

Cette forme de propagation végétative se révèle plus fréquente que le drageonnage, notamment en bordure d'oued, en plaine et dans les sites très venteux. Dans ce dernier cas, les arganiers sont couchées par les vents marins et leurs branches inférieures s'enracinent et forment alors des marcottes terrestres. Des racines adventives souvent peu nombreuses apparaissent alors sur ces branches. Il semble impossible de tirer profit de ces marcottes naturelles pour régénérer l'arganeraie (Bellefontaine, 2010).

1.2.4.2.3. Marcottage aérien

La technique la plus courante consiste à entailler l'écorce de branches fines de 1 à 2 cm de diamètre, puis à badigeonner le cambium mis à nu avec une hormone (AIB 0,4 %). (Bellefontaine, 2010)

1.2.4.2.4. Bouturage

Les techniques ont bien évolué depuis les premiers essais réalisés en 1976 à la station de recherches forestières de Rabat (Platteborze, 1976). En 1994 une technique innovante pour l'arganier (Nouaim, 1994) a été mise au point et reprise en 1998 (Kaaya, 1998) de jeunes rameaux (diamètre non précisé) sont prélevés sur des arbres sélectionnés, autoclavés. Enfin elles sont placées dans des pots de culture.

Entre 2007 et 2009 dans le cadre d'un projet CRRF-CIRAD (Bellefontaine et *al.*, 2009). Il a été observé sur près de 1 800 boutures herbacées que le bouturage de ramets prélevés

sur de jeunes plants (ou mieux sur de jeunes semis) est assez aisé si on dispose d'un système de brumisation adapté et d'une technique adéquate (Bellefontaine, 2010).

1.2.4.2.5. Greffage

Des recherches sur le greffage ont été entreprises de 2007 à 2009, et continueront en 2010, au CRRF avec le concours du CIRAD. Plus de 1 200 greffes, principalement en fente terminale, ont été tentées à diverses saisons le plus souvent en ambiance confinée.

Les conditions climatiques à Marrakech sont plus continentales que celles de la zone côtière naturelle de l'arganier, induisant un décalage d'activité physiologique entre les greffons et les porte-greffes. Ces derniers peuvent souffrir du froid en hiver et être dès lors en repos végétatif, ce qui condamne le greffage à cette saison à Marrakech. Des différences de maturité des tissus mis en contact, ainsi que des conditions de transport des greffons de leurs sites naturels (régions d'Agadir et d'Essaouira), peuvent également expliquer les faibles taux actuels de réussite après sevrage. Le greffage en écusson semble cependant être la méthode à préconiser, car elle est plus simple, mais la difficulté majeure est de déterminer la période optimale de l'année pendant laquelle l'écorce des porte-greffes se détache sans difficulté, afin que l'union tissulaire entre greffon et porte-greffe se réalise au plus vite (Bellefontaine, 2010).

1.2.4.2.6. Micropropagation

La micro propagation sur l'arganier a débuté en 1987 (Kenny, 2007) avec des milieux de culture et régulateurs de croissance disponibles à l'époque : plusieurs essais ont produit des cals. En 1994, les études de micro bouturage d'une autre équipe (Nouaim, 1994) avaient permis d'obtenir 4 explants sur 28. De 1994 à 2004, plusieurs essais ont à nouveau eu lieu à l'IAV d'Agadir avec un protocole qui est décrit dans le livre le plus récent sur l'arganier (Kenny, 2007). Selon Kenny, la formation de racines est la phase la plus délicate. Les diverses exigences nutritionnelles et environnementales à différentes époques de l'année ne semblent pas encore parfaitement au point, ce qui se traduit par la production « de beaucoup de cals. De plus, l'induction de racines ne commence qu'à partir de la cinquième subculture et ce n'est que vers la dixième que le taux d'enracinement atteint les 70 % Kenny affirme qu'il subsiste encore de nombreux problèmes à régler : nécrose apicale, cal, absence de racines secondaires, contamination, blocage de l'allongement racinaire, acclimatation des *vitro*-plants.

À l'Institut National de la Recherche Agronomique (I.N.R.A.) de Dijon, les essais ont porté sur du matériel végétal non lignifié provenant de pieds mères âgés d'1 à 3 ans, élevés en serre à Dijon. Ces pieds mère proviennent de 28 ortets sélectionnés au Maroc. Le protocole de production de microboutures (Nouaim, 2005) préconise le milieu de Murashige et Skoog (ou milieu MS) qui induit un bon développement de pousses de plus de 5 cm chez certains clones (Nouaim, 2002). D'autres clones montrent des taux de multiplication faibles et ont des apex nécrosés sur divers milieux testés. Quand les microboutures s'enracinent dans des tubes contenant du « terragreen » à la place de l'agar, le niveau d'enracinement est bien supérieur, prouvant par-là qu'arganier est plus sensible aux propriétés du substrat qu'à sa composition chimique (Nouaim, 2002). Il reste là encore de sérieux problèmes techniques à régler.

1.2.5. Importance

L'*Argania spinosa* est un arbre multi-usage (forestier-fruitier-fourrager). Il joue un rôle socio-économique important. Chaque partie de l'arbre est utilisable et constitue une source de revenus ou de nourriture. Le bois est utilisé comme combustible, les feuilles et les fruits comme fourrage pour les chèvres et l'huile extraite de l'amande par les femmes est utilisée en alimentation humaine et en médecine traditionnelle (Mhirit et *al.*, 1998; El Aich et *al.*, 2007).

L'arganier fournit une alimentation au bétail, du bois pour le feu et la menuiserie, une huile alimentaire diététique, recherchée par l'industrie cosmétologique pour ses substances bienfaisantes.

1.2.5.1. Importance socio-économique

Au Maroc, l'arganier assure la subsistance de quelque trois millions du ruraux elle permet ainsi de limiter le phénomène de l'exode rural (Radi, 2003). Il participe à hauteur de 25 à 45% des revenus des populations locales selon les zones. L'arganier procure 7 millions de journées de travail familial par année (HCEFLCD, 2006). Il existe plus d'une centaine de coopératives féminines dont 93% à caractère traditionnel, regroupant plus de 3000 adhérentes avec une production annuelle moyenne par adhérente estimée à 125 litres d'argan utilisant annuellement 4 100 kg de fruits secs) (Drefso, 2006). D'après Charrouf (2012), le prix d'huile d'argan connue récemment une élévation de 15€ à 30 € pour 100 ml. Cehaussement de prix met en relief l'importance économique de cette essence forestière dans le revenu du pays. Benzyane (1995) constate que, L'arganeraie procure 80 000 tonnes

de coques utilisées comme combustible; production de 400 000 stères de bois/an. La production fourragère est estimée à 147 millions UF/an (HCEFLCD, 2006).

1.2.5.2. Importance biologique et diététique

L'huile d'argan est riche en matières grasses du type oléique-linoléique, elle contient environ 80% d'acides gras insaturés, qui ne présentent aucun problème d'assimilation et de digestion par l'organisme humain. La proportion des acides gras de l'huile d'argan dépasse celle du lait de la femme qui ne titre que 10% d'acide linoléique, ainsi que celle du lait de vache, de la viande, et du poisson L'acide linoléique, bien représenté (environ 34%), intervient dans la biosynthèse des prostaglandines, hormones régulatrices des échanges membranaires qui jouent un rôle prépondérant dans la perméabilité de l'épiderme (Chriqi et *al.*, 2003).

1.2.5.3- Importance écologique

Le rôle écologique de l'arganier est donc irremplaçable. Il participe à la formation et à la conservation des sols. Par son effet d'ombrage et de condensation atmosphérique, il assure une humidité du sol plus importante. Par l'apport de matière organique (effet litière), il enrichit le sol et assure la présence d'une biomasse microbienne plus abondante et plus active. Il s'en suit une amélioration de la qualité des sols, à travers leurs propriétés physiques chimiques et biologiques. La résistance à l'érosion hydrique ou éolienne est favorisée par le développement de mécanismes biologiques d'agrégation (hyphes mycéliens des champignons endomycorhiziens ou autres, polysaccharides bactériens). Ces résultats confirment que, dans les zones qui lui sont climatiquement favorables, l'arganier est un arbre de choix comme pivot de systèmes agroforestiers modernes, capables de valoriser des sols pauvres ou à bas niveaux d'intrants (Nouaïm et *al.*, 2013).

Il joue des rôles principaux contre l'érosion de sol, désertification et conservation de biodiversité (Emberger, 1924; Mhirit et *al.*, 1998). Cet arbre protège et retient le sol par ses racines traçantes et il contribue à la formation du sol et à son enrichissement en matière organique directement par ses apports (feuilles et racines) et indirectement par la végétation poussant en dessous (sous-bois).

1.2.5.4. Valeurs nutritives des fourrages

Marouch et *al.* (2013) ont montré que, l'analyse chimique des feuilles d'arganier exprimée en pourcent de la matière sèche, a donné la composition chimique suivante: matière sèche (38,46%), matière minérale (8,81 %), matières azotées totales (17,28%),

cellulose brute (12,08%), matière grasse (4,82%), (NDF) (27,4%), (ADF) (19,38%), (ADL) (10,31%), phosphore (0,101%), Calcium (1,68%), Potassium (0,74%), Sodium (2,3%). Cette composition explique l'appétibilité des feuilles d'arganier par leur pourcentage important en protéines et les faibles teneurs en fibres.

2.1. Définitions

2.1.1. La graine

La graine résulte du développement d'un ovule fécondé; elle contient l'embryon et les substances nutritives. Elle constitue une structure de protection qui permet à la plante de résister pendant des périodes plus ou moins longues face aux conditions défavorables saisonnières (température extrêmes et sécheresse accrue) pendant lesquelles la plante serait incapable de pousser, ni même parfois de vivre. Les graines peuvent ne jamais se développer si les conditions climatiques défavorables se prolongent (Ammari, 2011).

L'embryon comporte les différentes parties de la futur plantule; la radicule, la tigelle avec à son extrémité la gemmule (Planche 1, annexe 1) l'embryon est associé à un cotylédon chez les monocotylédones et deux cotylédons chez les dicotylédones. Les semences renferment de 6 à 15% d'eau, des éléments minéraux et des réserves glucidiques (amidon dans les plastes), lipidique dans les graines oléagineuses ou protidiques sous forme d'aleurone¹. Nous distinguons trois types de graines selon la localisation des réserves:

- ✓ Les graines albuminées² comme les céréales où les réserves sont dans l'albumen (lipides et protides) développées aux dépens du nucelle;
- ✓ Les graines exalbuminées³ comme chez le haricot, le pois, le colza où elles se trouvent dans les cotylédons, l'embryon ayant digéré l'albumen;
- ✓ Les graines à périsperme⁴ comme celle de betterave où elles se situent dans la partie du nucelle persistante formant le périsperme (Vilain, 1997).

2.1.2. La germination

La germination est une phase physiologique qui correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine sèche à la phase de développement de la plantule. Le processus de germination commence dès que la graine sèche est hydratée (Khanfouci, 2005).

Certains auteurs comme Binet et Brunel (1968), Côme (1970) présentent la germination de la graine en trois phases (Figure 3, annexe 1) l'imbibition correspondant à la réhydratation de la graine par une prise d'eau à l'état liquide, puis la germination sensu – stricto consistant à l'activation de la physiologie de la graine après l'imbibition et enfin

Aleurone¹: est une protéine présente sous formes de grains dans l'albumen de nombreuses graines.

Albuminée²: les réserves de la graine dans l'embryon et l'albumen.

Exalbuminée³: les réserves de la graine se situent seulement dans l'embryon.

La germination morphologique marquant la perforation de l'enveloppe par la racicule due à un allongement cellulaire (planche 4).

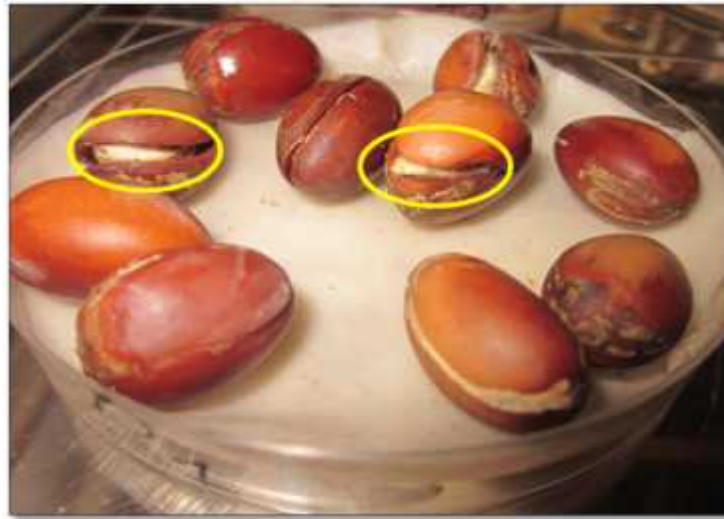


Planche 4. La perforation de l'enveloppe par la racicule (graine d'arganier) (Original, 2014).

2.2. Morphologie et physiologie de la germination

2.2.1- Morphologie

La graine s'imbibe d'eau et se gonfle, le tégument se fend et la racicule émerge et s'oriente vers le milieu (sol) selon un géotropisme⁵ positif. Puis, la tigelle émerge et s'allonge vers le haut (le ciel). Les téguments de la graine se dessèchent et tombent (Meyer et *al.*, 2004).

2.2.2. Physiologie

Au cours de la germination, la graine se réhydrate et consomme de l'oxygène pour oxyder ses réserves en vue d'acquérir l'énergie nécessaire. La perméabilité du tégument et le contact avec les particules du sol conditionnent l'imbibition et la pénétration de l'oxygène (Vilain, 1997). Les processus métaboliques accompagnant la germination sont marqués par une activité enzymatique, respiratoire et hormonale accrue. Cette activité permet l'hydrolyse de l'amidon, des lipides et des protides en substances directement assimilables par l'embryon, comme les sucres, les acides gras et les acides aminés.

Périsperme⁴: les réserves la graine dans l'embryon, l'albumen et le périsperme.

Géotropisme⁵: Orientation de croissance imposée aux organes végétatifs de plantes (racine et tige) par les champs de gravitation en particulier par le pesanteur.

L'embryon fabrique différents types d'hormones qui sont transloquées dans les cotylédons (cas des légumineuses), et qui jouent un rôle déterminant dans l'hydrolyse des réserves. Le rôle que joue l'acide gibbérellique dans la stimulation de l'activité de l'amylase est bien connu chez les céréales et les légumineuses. L'activité hormonale peut entraîner la production de substances promotrices ou inhibitrices de la germination (El Hassani, 2013).

2.3. Conditions de la germination

La germination de la graine dépend des conditions externes liées aux facteurs de l'environnement et des conditions internes liées à l'état physiologique et aux caractéristiques de la graine (Soltner, 2005) (figure 4, annexe 1).

2.3.1. Les conditions internes

2.3.1.1. La Maturité

La première condition à remplir pour qu'une semence germe, c'est qu'elle soit mure, c'est-à-dire que toutes ses parties constitutives [enveloppes séminales et amande (tissus de réserves plus embryon)], soient complètement différenciées morphologiquement. Chez certaines espèces l'embryogenèse n'est pas achevée lorsque les graines se détachent (Heller et *al.*, 1990).

2.3.1.2. La longévité

La longévité des semences se définit comme étant la durée pendant laquelle restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif (Heller et *al.*, 1990).

La longévité dépend beaucoup des conditions de conservation. La faible teneur en eau d'une graine serait un facteur de longévité, et inversement, si bien que Robert (1974) estime que la durée de longévité des semences est doublée chaque fois que leur teneur en eau est réduite de 2.5% et que la température s'abaisse de 6°C.

2.3.1.3. La graine ne doit pas être dormante

Habituellement La dormance d'une graine mure c'est une inaptitude à germer lorsque toutes les conditions de l'environnement devraient apparemment permettre la germination (présence d'eau sans excès, bonne oxygénation du milieu, température ni trop basse ni trop élevée potentiel hydrique du milieu humide), le blocage de la germination provient donc de la semence elle-même et non des conditions environnantes (Côme et Corbineau, 2006).

2.3.2. Les conditions externes

La germination subit l'effet de certains facteurs extérieurs, comme la disponibilité en eau, la température, qui a un impact direct sur le métabolisme et sur le taux d'oxygène dissout, ainsi que la lumière qui agit de manière différente sur les espèces (Anzala, 2006).

II.3.2.1. L'eau

L'eau est évidemment le premier facteur permettant :

- ✓ La remise en solution des réserves de la graine, donc leur utilisation par l'embryon ;
- ✓ Gonflement des cellules de l'embryon donc leurs divisions (Soltner, 2005).

La quantité d'eau indispensable, dépend de la nature spécifique de la semence, ainsi le blé germe lorsque son poids initial a augmenté de 40-50%.

Chez une espèce déterminée, le besoin en eau augmente avec la température, et que la température agit sur la vitesse d'entrée d'eau qui augmente avec la température au début tout au moins mais l'équilibre finale est pratiquement indépendant, de même que :

- ✓ La nature du sol : le sable facilite le gonflement du fait qu'il cède facilement son eau aux graines, tandis que les sols argileux ou humides sont moins favorables, en raison d'une compétition pour l'eau entre les colloïdes de la graine et ceux du sol (Champagnat et *al.*, 1969).

- ✓ Les travaux de préparation de semis à ce besoin en eau à de nombreuses incidences pratiques. Retenons par exemple:

- ✓ Le comportement vis-à-vis de l'eau est très variable selon l'espèce par exemple le petit pois peut être semé dans la boue et les haricots dans la cendre.

- ✓ L'immersion totale, privant la graine d'oxygène, inhibe complètement la germination sauf pour certaines plantes aquatiques ou semi-aquatique comme le Riz.

- ✓ L'élévation de la pression osmotique du sol gêne beaucoup la germination : une addition de 1 g de NaCl/Kg.

La terre, qui élève sa pression osmotique de 1 à 10 bars, abaisse le taux de germination de la luzerne de 84 à 53 % de l'orge de 95% à 20% (Soltner, 2005).

Il est utile de signaler qu'un excès d'eau est néfaste pour la germination, elle est même impossible lorsque les semences sont totalement immergées, alors l'immersion totale est asphyxique et inhibitrice sauf pour les plantes aquatiques ou semi-aquatiques Ex: le riz (Heller et *al.*, 1990).

2.3.2.2. L'oxygène

La germination exige obligatoirement de l'oxygène. Même les espèces aquatiques doivent utiliser soit de l'oxygène dissout, soit les réserves d'air contenues au niveau des structures poreuses des enveloppes séminales (Come, 1970).

Mais pour beaucoup de graines, une faible teneur en oxygène est suffisante, 21%. Un excès d'oxygène serait même néfaste à la germination. D'où la recherche de lit de semence bien aéré mais pas trop. La demande d'oxygène dépend d'ailleurs de la température (Guève, 1997).

2.3.2.3. La température

Plusieurs travaux indiquent que la température optimale de germination varie d'une espèce à une autre et même entre cultivars. Pour chaque espèce il existe un intervalle de température à l'intérieur duquel la germination est optimale. Il est souvent étroit pour les semences récemment récoltées, mais augmente au cours de la post-maturation soit vers les hautes températures, soit vers les basses températures, soit simultanément vers les basses et les hautes températures (Guève, 1997).

La température agit d'une façon directe ou indirecte sur la germination:

➤ Action directe:

En accélérant les réactions chimiques. Mais elle n'agit pas de la même façon sur la phase de germination au sens strict et sur la phase de croissance.

Elle peut être parfois un facteur de levée de dormance surtout le froid qui est un facteur essentiel de la levée de dormance embryonnaire, c'est d'ailleurs lui qui intervient dans les conditions naturelles (Mozaliak, 1982).

➤ Actions indirectes:

En influant sur la solubilité de l'oxygène, cependant son action essentielle comme le dit Mozaliak (1982), se situe au niveau des enveloppes des semences réglant ainsi l'apport d'oxygène à l'embryon.

2.3.2.4. La lumière

La lumière est favorable à la germination de la plupart des semences qui sont, alors, dites à photosensibilité positive (PS+). D'autres ne germent qu'à l'obscurité ; elles sont dites à photosensibilité négative (PS-). Un troisième groupe est représenté par les espèces indifférentes ou non photosensibles (PS±) (Anonyme, 2005) qui a consacré 10 ans à l'étude de la germination de 965 espèces a trouvé:

- ✓ 70 % d'espèces à photosensibilité positive (mauvaises herbes, plantes aquatiques...),
- ✓ 26.5 % d'espèces à photosensibilité négative (lierre, quelques Liliacées...),
- ✓ 3.5 % d'espèces non photosensibles (graminées, Légumineuses, tomate, courge...).

2.3.2.5. Nature du sol

Dans les conditions naturelles, l'eau est fournie à la semence par le sol. Un sol sec ou immergé est impropre à la germination. De l'eau peut être présente dans le sol sans être disponible à la germination du fait qu'elle soit énergiquement retenue. La fraction d'eau disponible est variable suivant le sol. Elle est peu élevée dans un sol argileux, plus basse encore dans un sol humique et tourbeux (Anonyme, 2005).

En outre, le sol renferme une microflore (notamment des moisissures) qui peuvent intervenir dans l'altération des téguments durs de certaines semences (scarification).

Le pH du sol intervient également dans les performances germinatives des semences (Anonyme, 2005).

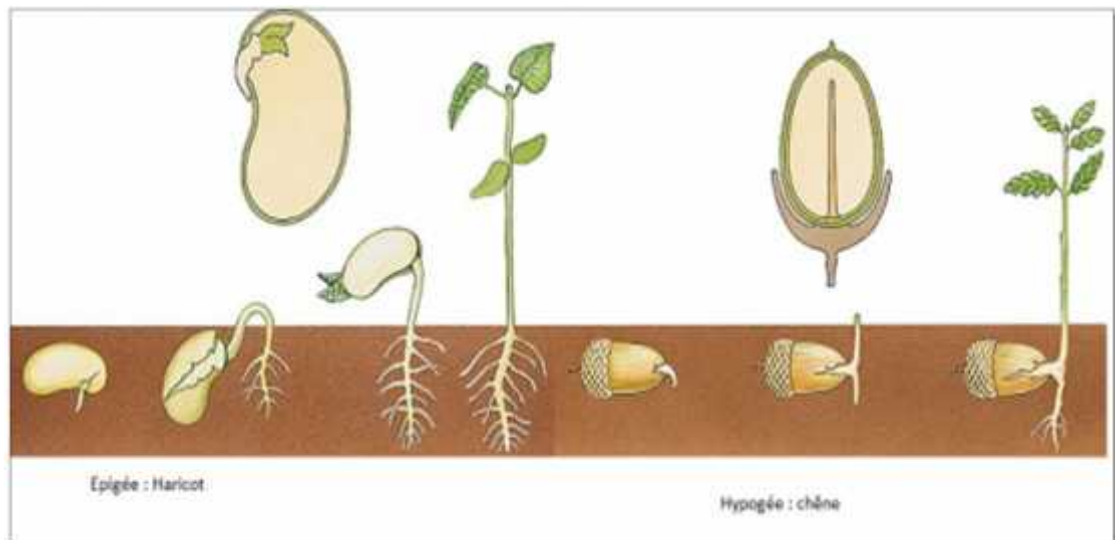
2.4. Types de germination

2.4.1. La germination épigée

Qu'est la plus répandue. La germination est dite épigée lorsque la croissance de l'axe hypocotylé s'allonge, en provoquant le soulèvement des cotylédons au-dessus du sol (Kouablan, 2003) (figure 3).

2.4.2. La germination hypogée

Lorsque les cotylédons demeurent sous terre. Dans ce cas, c'est l'axe épicotylé qui s'allonge rapidement et hisse ainsi la gemmule et les premières feuilles au - dessus du sol, l'hypocotyle ne s'allongeant pratiquement pas (figure 3) (Kouablan, 2003).



Source: site web 2

Figure 3. Les différents types de germination.

2.5. La faculté germinative

D'après Vilain (1997), la faculté germinative d'un lot de semences est le pourcentage de semences germant dans des conditions standardisées, déterminé au laboratoire selon des règles internationales.

2.6. Vitesse de germination

Elle peut être exprimée par diverses grandeurs, temps de latence, temps nécessaire pour obtenir 50% de la capacité de germination ou le pourcentage des semences germées après un certain temps (Soualmia, 1993).

2.7. Les différentes sortes de dormance

La dormance est un phénomène très répandu dans la nature. Si, en conditions adéquates de germination, une semence ne germe pas, elle est soit morte soit dormante. La semence est dite dormante si, après un traitement qui lève la dormance, la germination a lieu. Si la germination n'a pas lieu, on dira que la semence est morte. La mort d'une semence résulte du fait que son embryon est détérioré par un choc mécanique, thermique ou autre (El-Hassani, 2013). L'inaptitude à la germination de certaines graines peut être d'origine tégumentaire, et/ou embryonnaire due à des substances chimiques associées aux graines, ou à une dormance complexe (Bensaid, 1985).

Des graines qui ne germent pas, quelles que soient les conditions de milieu, sont des graines dites « dormantes », et leur dormance peut concerner soit les téguments, on parle

alors plutôt d'inhibitions tégumentaires, soit l'embryon, on parle alors de dormance au sens strict, soit les deux à la fois (Soltner, 2005).

2.7.1. Dormance embryonnaire

Dans ce cas les inaptitudes à la germination résident dans l'embryon et constituent les véritables dormances. L'embryon peut être dormant au moment de la récolte des semences on appelle « dormance primaire ». Dans d'autre cas, l'embryon est capable de germer mais il perd cette aptitude sous l'influence de divers facteurs défavorables à la germination on parle alors de « dormance secondaire » (Chaussat, Ledeunff, 1975).

2.7.2. Inhibitions tégumentaires

Les dormances tégumentaires peuvent provenir: d'une imperméabilité à l'eau ou à l'oxygène ou aux deux, c'est le cas des « graines dures » (Soltner, 2005).

La levée de l'inhibition tégumentaire des graines constitue un facteur adaptatif important pour la survie de l'espèce, puisqu'elle permet le maintien d'un stock de graine et leurs viabilité dans le sol. 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. Des enveloppes trop résistants pour que l'embryon puisse les rompre (Mozaliak, 1982).

2.7.3. Inhibitions chimiques

Une multitude de composés, dont la plupart dérivent de produits phénoliques aux propriétés anti-microbiennes stockés dans les coques des graines ou les réserves de nourriture, jouent également un rôle d'inhibiteur des processus germinatifs. Ils peuvent soit avoir une action spécifique en bloquant la mobilisation des réserves du grain, soit empêcher l'eau de mouiller la graine du fait de leur caractère hydrophobe. Certains s'oxydent lentement avec le temps. Cette réaction d'oxydation consomme de l'oxygène qui n'est donc plus disponible pour l'activité métabolique de la graine. Ces phénomènes d'inhibition de la germination sont appelés l'inhibition tégumentaire. Dans la nature, tous ces composés inhibiteurs sont évacués de la graine par lessivage lors d'abondantes précipitations ou de fontes de neige (site web 3).

CHAPITRE I. MATERIEL ET METHODES

1.1. Matériel

1.1.1. Matériel végétal

A la maturité complète, pendant le mois Juillet 2013, les fruits d'arganier chutent au ras du sol. Ces fruits sont issus de six arbres âgés d'environ 85 ans provenance la maison forestière de Stidia (wilaya de Mostaganem) Nord-ouest d'Algérie (Figure 4). Ensuite, ils sont déposés dans un endroit ensoleillé pour leur dessèchement. Au bout d'une vingtaine de jours, les graines obtenues sont transportées à la pépinière forestière d'Ain Nouissi (wilaya de Mostaganem). Les graines sont mises dans des sacs ouverts stockés dans un endroit bien aéré. Au mois de Janvier 2014, nous avons ramené auprès de service forestier de la wilaya de Mostaganem une quantité suffisante de graines d'arganier afin de réaliser nos expériences au laboratoire de biologie à l'Université Amar Télidji –Laghouat.



Source: Google earth, 2014.

Figure 4. Site de provenance des graines d'arganier (Maison forestière de Stidia- Mostaganem).

1.1.2. Produits chimiques et verreries

Compte tenu du but poursuivi visant à traiter des graines d'arganier par différents procédés physico-chimiques, on devra rassembler tous le matériel dont on a besoin (verreries et produits chimiques): Boîtes de Pétri , Eprouvettes , Papiers filtres stériles,

Bain marie, Etuve réglée et dotée d'un thermostat assurant la stabilité thermique convenable ($\pm 0,05^{\circ}\text{C}$), graduée d'une échelle de température atteint 220°C , Acide sulfurique (H_2SO_4 à 96%), Acide gibbérélique (AG), chlorure de sodium (NaCl) (fournis par Sigma Aldrich (Fluka, Merk)) de l'eau oxygénée à 10 vol.

1.2. Méthodes

1.2.1. Culture des graines d'arganier *in vitro*

Avant de procéder aux différents prétraitements physico-chimiques de germination, les graines d'arganier sont dépulpées puis désinfectées par trempage pendant 5 minutes dans une solution d'eau oxygénée diluée. Les graines sont ensuite lavées immédiatement plusieurs fois avec de l'eau distillée stérile puis mises dans des boîtes de Pétri munies de deux couches de papier filtre (Planche 1, annexe 2). Les boîtes de Pétri sont incubées dans une étuve réglée à 30°C selon le protocole expérimental adopté par certains auteurs Vilain (1997); Sy *et al.* (2001); Miloudi et Belkhouja (2013). Un arrosage régulier des boîtes est effectué pour assurer une humidité suffisante dans le milieu de culture. Pour chaque type de traitement, nous avons effectué deux répétitions.

1.2.1.1. Etude de l'effet de la salinité

Des graines d'arganier réparties sur huit boîtes de Pétri sont incubées dans l'étuve (5 graines par boîte). Le témoin est arrosé seulement avec l'eau distillée stérile tandis que, les autres graines sont arrosées par le chlorure de sodium (NaCl) à différentes concentrations: 50 mM, 150 mM et 1000 mM.

1.2.1.2. Etude de l'effet du poids de graine

Dans le but de connaître l'effet du poids de la graine sur le taux et le délai de germination, trois catégories des graines d'arganier ont testées: légères ($2,3 \pm 0,14$ g), moyennes ($3,6 \pm 0,28$ g) et lourdes ($5,2 \pm 0,014$ g) (Planche 2, annexe 2). Chaque catégorie de graine a été mise dans des boîtes de pétri (10 graines par boîte et uniquement 5 graines/boîte pour les graines lourdes). Les boîtes sont ensuite incubées dans une étuve.

1.2.1.3. Etude de l'effet de l'acide sulfurique concentré

Dans des Erlenmeyers à 100 ml de volume, les graines d'arganier sont trempées dans l'acide sulfurique concentré (H_2SO_4 à 96%), pendant différentes durées: 5, 20, 30, 60 et 120 minutes (Planche 3, annexe 2). Ensuite, les graines sont retirées et lavées immédiatement plusieurs fois avec l'eau de robinet pour éliminer toute trace d'acide

sulfurique puis sont lavées encore une fois avec l'eau distillée stérile. Les graines sont déposées dans des boîtes de Pétri (9 graines par boîte) (Planche 4, annexe 2) et incubées à l'étuve. Dans ce traitement, les graines témoins sont mises dans deux boîtes de pétri contenant le même nombre de graines (9 graines par boîte).

1.2.1.4. Etude de l'effet de l'acide gibbérellique

Les graines d'arganier sont introduites dans des flacons en verre contenant 50 mL de solution d'acide gibbérellique (AG) à des concentrations différentes: 0 ppm (témoin), 100 ppm, 500 ppm, 1000 ppm et 2000 ppm. Les flacons recouverts par papier aluminium (Planche 5, annexe 2). Sont ensuite incubés à température ambiante pendant 24 heures. Les graines sont transférées dans des boîtes de Pétri (10 graines par boîte) qui seront incubées dans l'étuve.

1.2.1.5. Etude de l'effet de la température

Les graines sont trempées dans deux flacons contenant un volume d'eau stérile (Planche 6, annexe 2). Un flacon est immergé dans un bain marie à 45°C et l'autre à température ambiante à l'obscurité (témoin). Après 24 heures de trempage, les graines sont récupérées et exposées à la lumière durant une journée (le jour ensoleillé) (Planche 7, annexe 2). Ces graines ont été mises dans des boîtes (10 graines par boîte) ensuite, elles sont entreposées dans l'étuve.

1.3. Analyse des résultats expérimentaux

L'analyse des données expérimentales observées a été effectuée à l'aide de deux programmes suivants : Excel® (Microsoft Excel 97-2003) et SigmaPlot for Windows Version 12.0 (Systat Software, Inc., Windows Version 11).

CHAPITRE I. RESULTATS ET DISCUSSION

1.1. Effet de différents traitements physico-chimiques sur le délai et le taux de germination des graines d'arganier (*Argania spinosa* L.)

1.1.1. Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines d'arganier

La figure 5 montre que, le début de germination des graines d'arganier trempées dans différentes concentrations du chlorure de sodium (NaCl) diffère d'une concentration à l'autre. En effet, l'augmentation de la concentration du NaCl, provoque un retard de germination des graines. En présence de 50 mM et 150 mM du NaCl, les graines germent qu'à partir du 11^{ème} et 16^{ème} jour, respectivement par rapport au témoin. Par contre, les graines soumises à une forte concentration saline (1000 mM), n'ont pas germé (Planche 8, annexe 2).

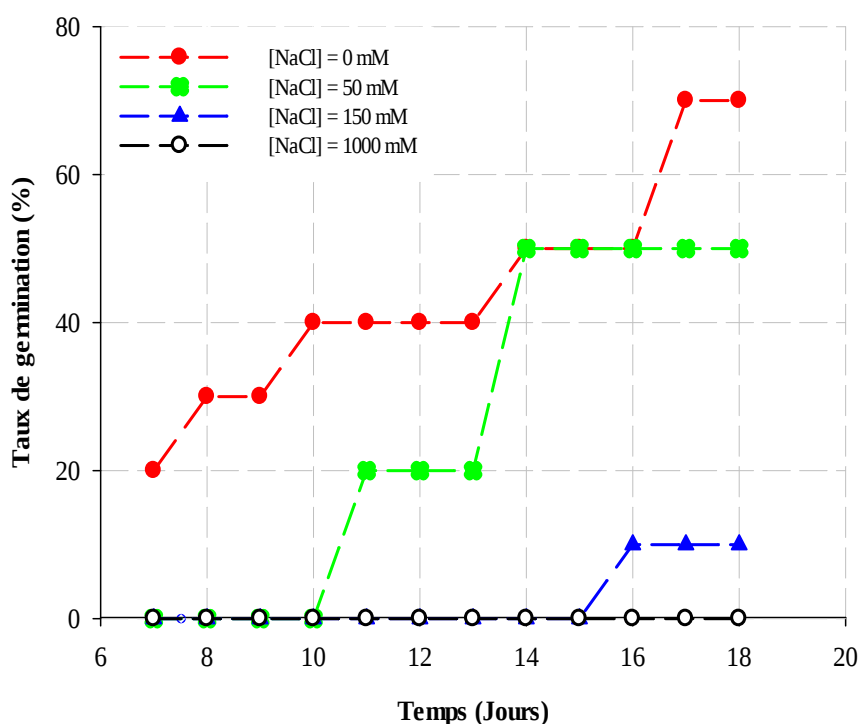


Figure 5. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier arrosées par différentes concentrations du chlorure de sodium (NaCl).

Concernant le taux de germination, nous constatons que les fortes concentrations en sel (NaCl) ont un effet inhibiteur sur le déclenchement de la germination des graines d'arganier. En passant par exemple de 70% chez les graines témoins à 10% chez les

graines soumises à NaCl concentré (150 mM) soit une réduction de 60 % voire même un effet létal sur les graines aux concentrations dépassant 1000 mM.

D'après ces résultats, nous signalons que le temps de latence de la germination des graines varie en fonction de la concentration du NaCl dans le milieu.

Les perturbations de la capacité germinative des graines d'arganier observées pourraient être expliquées par la variation du potentiel osmotique du milieu qui altère d'une part l'activité des enzymes et des hormones et d'autre part, de la difficulté d'hydratation des graines (Welbaum et *al.*, 1990; Botia et *al.*, 1998; Prado et *al.*, 2000; Mauromicale et licandro, 2002; Gill et *al.*, 2003). Les ions chlorure et sodium peuvent provoquer une toxicité des graines et les rendre par conséquent non viables (Huang et Reddman, 1995).

Dans une étude similaire chez *Washingtonia filifira* (L). Daroui et *al.*, (2012) ont signalé que le NaCl ralentie la vitesse de germination. En effet, une augmentation de concentration du NaCl dans le milieu de culture provoque un allongement de la période de germination allant de 3 semaines à 17,09 mM et jusqu'à 5 semaines à 85,47 mM. Nos résultats rappellent ceux de Boulghalagh et *al.*, (2008) qui ont noté sur le jojoba une réduction du taux et de la vitesse de germination des graines *in vitro* en additionnant du NaCl dans le milieu de culture. Au Maroc, Reda Tazi et *al.* (2001); Bani-Aameur et Sipple-Michmerhuizen (2001) ont constaté que, le chlorure de sodium à 170mM inhibe complètement la germination des graines d'arganier.

Ces résultat rappellent également aux ceux trouvés par Ben Fredjet et *al.* (2013) chez les graines de *Coriandrum sativum* de différents pays notamment l'Algérie et l'Egypte. Cette espèce est incubée d'abord en absence de sel où le pourcentage de germination atteint 62% (en Algérie) à 90% (en Egypte), ensuite elle est semis dans un milieu salin à 34.18 mM, le taux de germination a diminué à 60 et 87%, respectivement.

De manière générale, l'arganier se comporte comme une espèce glycophyte, montrant une diminution de la vitesse de germination avec l'augmentation de la concentration saline. Son comportement diffère significativement par rapport aux halophytes comme *Atriplex patula* (Ungar, 1996) ou *Prosopis alpatago* (Villagra, 1997).

1.1.2. Effet du poids de la graine d'arganier sur leur taux de germination

D'après la figure 6, nous constatons que le poids affecte nettement le pouvoir germinatif des graines d'arganier. Elles commencent à germer dès la première semaine mais avec des taux nettement variables; 10% pour les graines

légères ($2,3 \pm 0,14$ g), 20% pour les graines lourdes ($5,2 \pm 0,014$ g) et 40% pour les graines moyennes ($3,6 \pm 0,28$ g) (Planche 2, annexe 2).

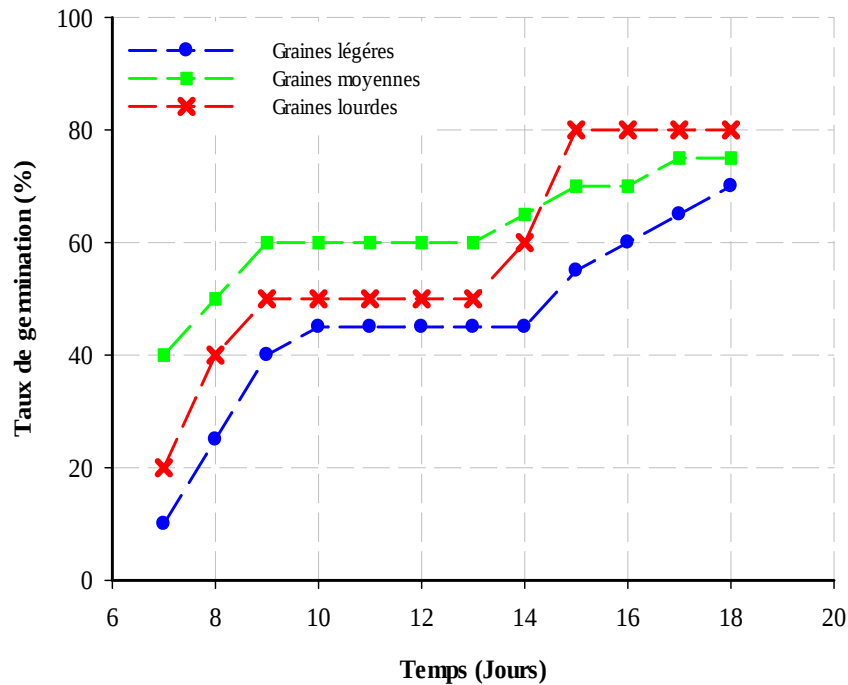


Figure 6. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier par catégorie du poids.

En ce qui concerne, le taux final de germination, nous remarquons que les graines lourdes ont un taux légèrement élevé (80%) par rapport aux celles légères (70%) (Planche 9, annexe 2).

Ceci peut expliquer par une maturité physiologique des graines. Les graines matures ou lourdes ont une faculté germinative importante que celle légères.

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvé par Al-Menaie et *al.* (2007). Ces auteurs ont constaté que, le pourcentage de germination des graines lourdes de l'espèce *Prosopis cineraria* (L.) est légèrement élevé par rapport aux graines légères. Al-Menaie et *al.* (2007) ont trouvé également que, le taux de germination est plus important est obtenu avec les graines d'arganier de poids élevé.

1.1.3. Effet de l'acide sulfurique sur la germination des graines d'arganier

La figure 7, montre que, les graines trempées pendant 5 minutes dans l'acide sulfurique amorcent leur germination dès le 3^{ème} jour après semis avec un taux de 27,77% (Planche 10, annexe 2). Ce taux augmente pour atteindre un maximum de 72,22 % à la fin de cet essai. Si on compare, ce résultat par rapport au témoin, nous enregistrons un délai de

latence de 3 jours marqué chez le témoin. Nous déduisons donc, que l'acide sulfurique a nettement amélioré le taux de germination chez les graines d'arganier.

Cependant, la prolongation de durée d'immersion des graines d'arganier dans H_2SO_4 concentré (96%) plus de 5 minutes, provoque une latence dans leur germination, voire même une diminution remarquable sur le taux final de germination. En effet, les graines qui sont immergées dans H_2SO_4 pendant les temps: 20, 30, 60 et 120 minutes, présentent une diminution en taux de germination final (61,11%, 55,55%, 50% et 33,33% respectivement) par rapport aux celles restées pendant 5 minutes à H_2SO_4 . Au-delà de cette durée, c'est-à-dire après 5 minutes de trempage, l'effet de l'acide sulfurique concentré sera négatif sur le levé de germination et n'a permis aucune amélioration sur la germination.

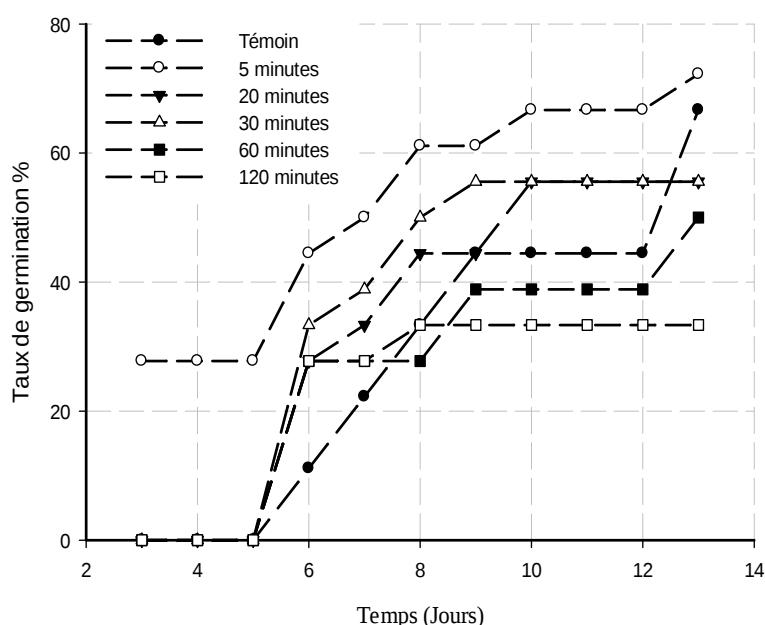


Figure 7. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier traitées dans l'acide sulfurique pur (96%) à différentes durées.

Cet effet positif sur le levé, ainsi que le taux final de germination est expliqué par, la présence des fissures observées sur le tégument de graines traitées par H_2SO_4 . Ces fissures (scarification) qui sont créés par l'action de l'acide sulfurique en constituant des portes d'entrée pour l'eau et rendant l'imbibition des amandes plus facile (Planche 11 B, annexe 2). Mais à partir d'une durée de 5 minutes de trempage, H_2SO_4 endommage les graines d'arganier.

Nos résultats sont similaires à ceux qui sont trouvés par Grouzis et Danthu (2001); Pei-Sheng et al. (2008). Ces auteurs ont remarqué que, la dormance des graines *Glycyrrhiza uralensis* est levée par leur traitement avec l'acide sulfurique concentré. Au Maroc, Garces (2003) a noté également, qu'un traitement avec l'acide sulfurique à une concentration supérieure de 95% augmente le taux de germination durant un temps de trempage ne dépasse 5 à 10 minutes.

1.1.4. Effet de la température sur la germination des graines d'arganier

D'après la figure 8, nous remarquons qu'après 4 jours, les graines d'arganier traitées à l'eau chaude (45°C) pendant 24 heures présentent un pourcentage de germination élevé (35%) par rapport au pourcentage des graines d'arganier trempées dans l'eau à température ambiante durant la même période (15%) (Planche 12, annexe 2). Egalement, le taux final de germination a été relativement important chez les graines imbibées dans l'eau à 45°C (100%) que celles immergées dans l'eau à température ambiante (95%) (Planche 13, annexe 2).

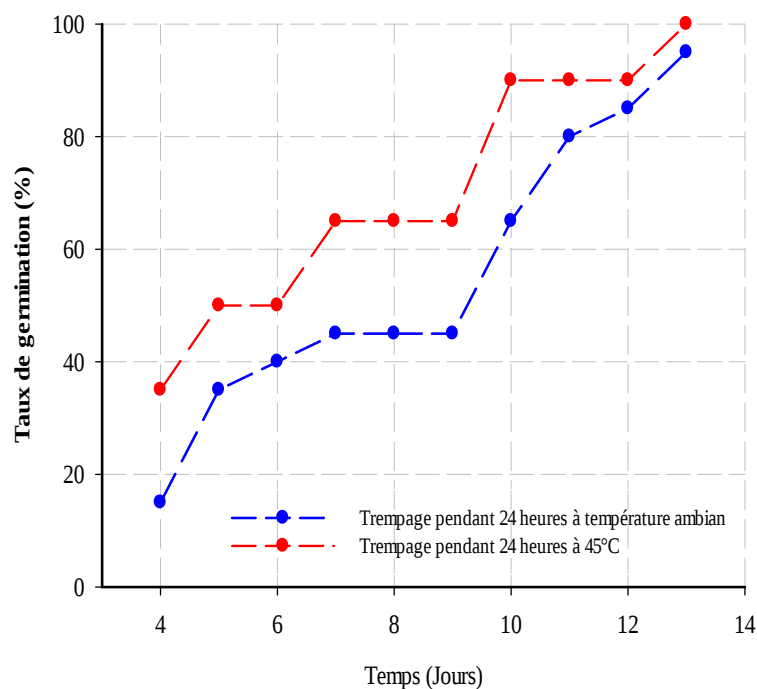


Figure 8. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier sous l'effet de la température.

D'après ces résultats nous déduisons que, la température est un paramètre clé dans la précocité de levé de germination des graines d'arganier. En effet, l'eau chaude favorise une grande proportion de germination des graines. Le choc thermique ainsi créé provoque une

fissuration sur les téguments (Planche 11 A, annexe2) et ensuite le ramollissement de l'enveloppe permet l'infiltration de l'eau à l'intérieur de la graine qui favorise l'absorption d'eau en quantité suffisante par les tissus vivants; et en même temps élimine l'inhibition de la germination par la diffusion de l'oxygène vers l'embryon.

Dans ce contexte, notre résultat confirme ceux qui sont obtenus en Algérie sur cette espèce (Berka et Harfouche, 2001; Miloudi et Belkhodja, 2013).

1.1.5. Effet de l'acide gibbérellique sur la germination des graines d'arganier

La figure 9 montre que, les graines d'arganier mises dans l'acide gibbérellique (AG) aux concentrations 100 ppm et 500 ppm amorcent la germination juste après 3 jours de leur semis avec un taux de 10% et 5% respectivement (Planche 14, annexe2). Par la suite, les taux augmentent, pour atteindre un taux maximal 90% pour 100 ppm et 50% pour 500 ppm. (Planche 15, annexe 2). En présence de 1000 ppm, 2000 ppm, les graines germent qu'à partir du 4^{eme} et 14^{eme} jour, respectivement par rapport au témoin Si on compare, la vitesse de levé de germination entre les graines traitées et celle témoins, nous pouvons déduire que l'AG à faible concentration a un effet stimulateur sur le déclenchement de la germination chez les graines d'arganier.

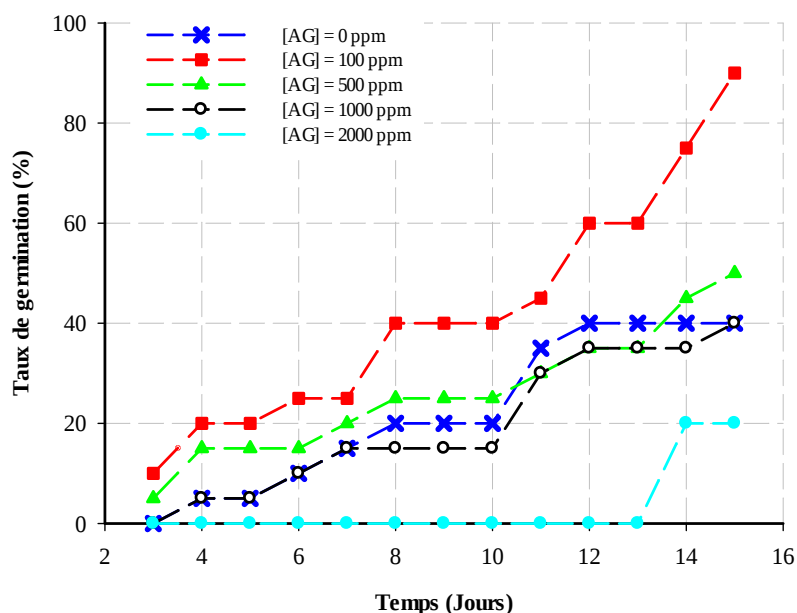


Figure 9. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier traitées par différentes concentrations d'acide gibbérellique.

En ce qui concerne, le taux de germination dans des fortes concentrations, nous constatons que l'AG a un effet inhibiteur sur le déclenchement de la germination des

graines d'arganier, en passant par exemple de 90% chez les graines mises dans une concentration 100 ppm à 20% chez les graines soumises à AG concentré (2000 ppm) soit une réduction de 70 % et 20% respectivement par rapport au témoin.

Al-Manaie et *al.*, (2007) rapporte que, le trempage des graines d'arganier dans une solution de 500ppm a donné lieu à la plus haute germination suivi par 250ppm et 100 ppm. Chez l'espèce *Lens culinaris*, Bouillenne et *al.*, (1964) a montré que, l'AG aux concentrations 10^{-6} g/l, 10^{-5} g/l et 10^{-4} g/l a un effet positif sur le délais et le taux de germination, alors que aux concentration plus élevées (10^{-3} g/l, 5.10^{-3} g/l et 10^{-2} g/l) cet effet diminue et avec la concentration 10^{-6} étant la plus favorable (Bouillenne *al.*, 1964).

Ces résultats ont été interprétés par Bouillenne *al.* (1964) qu'ont dit que, le traitement à l'AG a pour effet d'augmenter la teneur en AIA des tissus, on pourrait tenter une explication des phénomènes observés parallèlement à la teneur en AIA endogène. Pour de faibles concentrations d'AG, la quantité d'AIA augmente de manière à provoquer une croissance accélérée. Pour de plus fortes concentrations d'AG, la quantité d'AIA augmenterait à tel point que sa teneur deviendrait inhibitrice.

1.2. Comparaison entre les différents prétraitements physico-chimiques

Le choix des trois prétraitements comparés est pour leur taux de germination meilleur au bout de 13 jours d'incubation. D'après les résultats indiqués dans la figure 10, on remarque que, parmi les prétraitements physico-chimiques des graines d'arganier réalisés durant ce travail, le trempage des graines dans l'eau distillée à 45°C constitue le meilleur prétraitement. Ce prétraitement provoque un taux de germination de 50 % au bout de cinq premiers jours après le semis, tandis que les graines trempées dans l'acide gibbérellique à 100 ppm pendant 24 h et celles dans l'acide sulfurique concentré (96%) pendant 5 minutes ne dépassent pas les 20 % et 27,77 % successivement durant la même durée. De plus nous remarquons que, les graines d'arganier prétraitées à l'eau chaude pendant 24 h arrivent un taux de germination de 100 % après 13 jours dès leur incubation. Alors celles traitées à l'acide sulfurique ou à l'acide gibbérellique n'atteignent qu'un taux de 72.22% et 60% respectivement pour la même période.

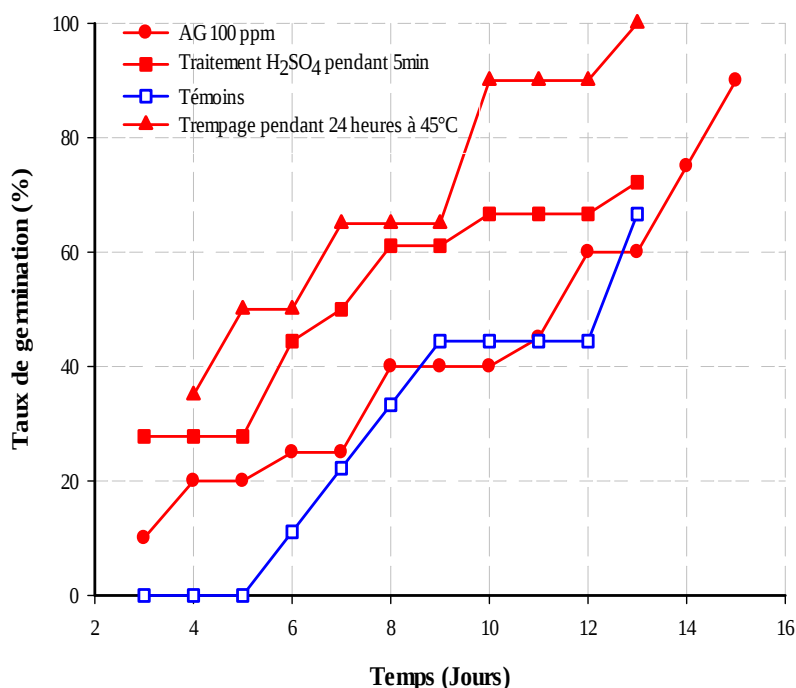


Figure 10. Taux quotidiens de germination des graines d'arganier traitées par différentes techniques (trempage dans l'AG à 100 ppm pendant 24 h, dans le H₂SO₄ pendant 5 min et à T° 45°C pendant 12 h).

Vu le gain en temps et en nombre, les graines d'arganier matures et saines trempées à l'eau chaude (45°C) pendant 24 heures et exposées à la lumière pendant une journée semble un meilleur prétraitement parmi les prétraitements physico-chimiques testés dans cette approche.

Au terme de cette étude, on peut déduire que, la scarification des graines d'arganier par l'eau chaude à 45°C pendant 24 heures puis leur exposition au soleil semble être une technique simple, moins couteuse et non toxique, mérite par conséquent d'être appliquée par les pépiniéristes et les techniciens qui travaillent sur la multiplication sexuée de l'arganier.

CONCLUSION

Pour assurer une solution à la dégradation des écosystèmes des zones arides et semi-arides, il faut appliquer un programme de réhabilitation des parcours et de reboisement offrant une solution de reforestation durable dans ces zones, mais il y a plusieurs contraintes à savoir les conditions de milieu, et aussi le choix de l'espèce introduite dans ce programme.

De par son intérêt socio-économique, sa rusticité, l'utilisation d'*Argania spinosa* espèce autochtone, adaptée à la contrainte du milieu aride et semi-aride, doit être envisagée dans ces programmes. Elle peut être choisie comme une espèce de reboisement contre la dégradation des écosystèmes dans ces régions. Néanmoins, la réussite des phases de germination de cette espèce passe par un problème de la dormance tégumentaire qui inhibe la germination.

La graine d'*Argania spinosa* présente des téguments très durs engendrant des problèmes d'inhibitions à la germination. Certains prétraitements physico-chimiques étudiés peuvent être utilisés pour éliminer efficacement l'inhibition tégumentaire.

En guise de conclusion, on peut dire que l'étude du comportement germinatif des graines d'arganier, a permis d'obtenir les principaux résultats suivants:

- ✓ la graine d'arganier ne présente pas de problème de dormance vraie. Elle est affectée d'une inhibition tégumentaire qui pourrait être éliminée.
- ✓ la salinité du milieu de culture inhibe presque totalement la germination des graines ceci implique que l'arganier est une espèce glycophyte.
- ✓ il a été montré également, que le taux de germination est d'autant plus élevé que les graines sont lourdes.
- ✓ l'inhibition tégumentaire des graines d'*Argania spinosa* a été levée par le trempage dans l'acide sulfurique pur pendant 5 minutes et le prétraitement par l'acide gibbérellique à 100 ppm qui ont un effet positif sur le taux et le délai de germination. Le coût plus ou moins élevé de ces deux prétraitements limite leur usage agronomique dans les programmes d'amélioration de la germination d'arganier.

D'après nos résultats, la technique de trempage des graines dans l'eau relativement chaude s'est avéré le meilleur prétraitement pour une bonne germination. Cette technique serait très utile pour envisager la multiplication de l'arganier en pépinière.

Références bibliographiques

- Al-Menaie N. R., Habibah S., Bhat M., Abo El-Nil S. M., Al Dosery A. A., Alshatti P., Gamalin ,Suresh N. 2007. Seed germination of Argan (*argania spinosa* L.) American-Eurasian Journal of scientific Research 2(1). 4p.
- Alouani M., Bani-Aameur F., 2004. Argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) seed germination under nursery conditions: effect of cold storage, gibberellic acid and mother-tree genotype. Ann For Sci; 61. Pp : 191-194.
- Ammari S., 2011. Contribution à l'étude de germination des graines des plantes sahariennes broutées par le dromadaire. 46p.
- Anonyme, 2005. Croissance et développement, cours d'écophysiologie végétale E.V.E 3ème Année, FSB / USTHB.
- Anzala F., 2006. Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*Zea mays*): étude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs, Thèse de doctorat. Université d'Angers. 20 p.
- Aya A.N.N. D., Irié Vroh-Bi, Patrice L., Kouamé, Irié A., Zoro BI., 2011. Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines: implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire Vol. 8 N°1. Pp : 119 – 137.
- Azenfar A., 2007. Présentation de l'arganeraie In Atlas de l'Arganier et de l'Arganeraie, , ISBN 978-8-909613-00-0. Pp : 71-74.
- Bani-Aameur F., Sipple-Michmerhuizen J., 2001. Germination and seedling survival of Argan (*Argania spinosa*) under experimental saline conditions 49. Pp: 533-540.
- Bellefontaine R., 2005. Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie: analyse de 875 cas – Texte introductif, tableau et bibliographie. Sécheresse 1(3). 38p.
- Bellefontaine R., Monteuis O., Ferradous A. et Alifriqui M., 2007. Bilan après 26 mois du Projet P6 Kenny L. Atlas de l'arganier et de l'arganeraie. Agadir: Institut Agronomique et Vétérinaire.
- Bellefontaine R., Monteuis O., Ferradous A, Alifriqui M., 2009. Bilan après 26 mois du Projet Production de plants clonés d'arganier. Montpellier : Cirad-Bios. Pp : 42-53.
- Bellefontaine R., 2010. De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) article de recherche sécheresse 2010; 21 (1). Pp: 42-53.
- Ben Fredjet M., Zhani K., Hannachi C., Mehwachi T., 2013. Effect of NaCl priming on seed germination of four coriander cultivars (*Coriandrum sativum*) Eurasia J Biosci 7. Pp: 21-29.

- Bensaid S., 1985. Contribution à la connaissance des espèces arborescentes, germe et croissance d'*Accacia radiana*. Institut Nationale d'Agronomie (INA) El Harrech, Alger. Mémoire de magistère, 70 p.
- Benzyane M., 1995. Le rôle socio-économique et environnemental de l'arganier. Acte des Journées d'étude sur l'arganier, Essaouira, 29-30, septembre.
- Berka S. et Harfouche A., 2001. Effets de quelques traitements physico-chimiques et de la température sur la faculté germinative de la graine d'Arganier Rev. For. Fr. LIII – 2. Pp : 125-130.
- 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. Univ. EL Hadj Lakhdar-Batna. Mémoire de Magistères. 96p.
- Binet P., Brunnel J. P., Physiologie végétale, Tome 1. Edition Doin, Paris.
- Botia p., Carvajal M., Martinez V., 1998. "response of eight *cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth ", Agronomie 18. Pp: 503-513.
- Boudy P., 1950. Monographie et traitement de l'arganier. Dans Monographie et traitements des essences forestières. Paris, France, Éd. Larousse, tome II, fascicule I. Pp : 382-416.
- Boudy P., 1952. Guide forestier en Afrique du Nord. La maison rustique, Paris. 505 p.
- Bouiche L., 2008. Étude des modes de régénération à faible coût de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc. Master II. Bioress en Rég Trop et Méditer, université de Paris XII.
- Bouillenne W., Xhaufflaire A., Gaspar T H., 1964. Action de l'acide gibbérellique sur la germination et la croissance radiculaire de *Lens Culinaris*. Royale science Liège 9 (10). Pp : 579-587.
- Boulghalagh J., Berrichi A., El Halouani H., Kouddane N.E., 2008. Impact de la salinité sur la germination et la croissance *in vitro* du Jojoba (*Simmondsia chinensis* [Link] Schneider). Cahiers UAE, (2- 3). Pp : 25-30.
- Bourgeois C, Sevrin E, Lemaire J., 2004. Le châtaignier : un arbre, un bois. Paris : Institut pour le Développement Forestier. Pp : 15-21.
- Champagnat P., Ozenda P., Bailliar D. L., 1969. Biologie végétale. Tome III : Croissance morphogénèse, Reproduction. 509 p.
- Charrouf Z., 2011. Valorisation de l'arganier pour une gestion durable de l'arganeraie. OIF- IEPF : Lyon 5-9 février 2011. 49 p.
- Charrouf Z., 2012. Valorisation de l'arganier pour une gestion durable de l'arganeraie. OIF- IEPF : Lyon 5-9 février 2012. 49 p.
- Chaussat R., Ledebunff Y., 1975. La germination des semences .Ed. Bordars, paris, 232p.

- Chriqi A., Ballouk A., Houjjaji A., Adnan A., Bacha L., Addebbous R., 2003. L'huile d'argan: un produit de terroir.
- Côme D., 1970. Les obstacles de la germination des graines. Edit. Masson et Cie. 162p.
- Côme D., et Corbineau F., 2006. Dictionnaire de la biologie des semences et des plantules. Ed .Lavoisier. 226p.
- Daroui E., Boukroute A., Kouddane N-E., Berrichi A., 2012. Effet de la salinité sur la germination et la croissance *in vitro* du *Washingtonia filifera* L. N°08. Pp : 32-38.
- Direction Générale des Forêts (DGF), 2009. L'arganeraie algérienne. Conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles. Bulletin d'information. Une publication du Projet ALG/00/G35 N°9. 15p.
- El Aich, A., El Assouli, N., Fathi, A., Morand-Fehr, P., Bourbouze, A., 2007. Ingestive behaviour of grazing goats in the southwestern argan forest of Morocco Small Ruminant Research, 2005, Vol. 70, No 2, Pp: 248-256.
- El Hassani T. A., 2013. Bases physiologiques de l'élaboration du rendement chapitre 6 Croissance et développement Des plantes cultivées Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc. Pp : 120-310.
- Emberger L., 1924. A propos de la distribution géographique de l'arganier. *Bull. Sté Sciences nat. Et phys. du Maroc*, 4. Pp : 151–153.
- Emberger L., 1925. Le domaine naturel de l'arganier. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 72. Pp: 770 – 774.
- Ferradous A., Bellefontaine R., Alifriqui M., Monteuis O., 2010. Multiplication végétative de l'arganier, *Argania spinosa*, au Maroc : le projet John Goelet N° 304 (2). Pp : 47-59.
- Ferradous A., Bani-Aameur F., Dupuis P., 1997. Diversité génétique du fruit et de la graine de l'arganier. Dans Birouk A Rejdali M. (éd.). Actes du séminaire sur les ressources phytogénétiques et le développement durable organisé à Rabat par le Comité national des ressources phytogénétiques. Rabat, Maroc, Actes Éditions. Pp : 319-324 .
- Jaccard P., 1926- L'arganier, sapotacée oléagineuse du Maroc. *Pharmaceutica Acta*, (11). 208p.
- Gill P.K., Sharma A.D., singh P., Bhullar S.S. 2003. Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *sorghum bicolor* L. Moench seeds under various abiotic stresses”, *Plant Growth Regulation* 40(2). Pp: 157-162.
- Graces L. M., 2003. Thèse présentée en part pour obtenir le grade de « Magistère en Ciencias Agropecuarias » à la pontificia. Université de dad Catolica de Chile. 95p.
- Guève M., 1997. Conduction à l'étude de quelques facteurs érogènes et en des gènes contrôlant la germination de cinq pièces ligneuses sahéliennes: *Sclerocaryabirrea*

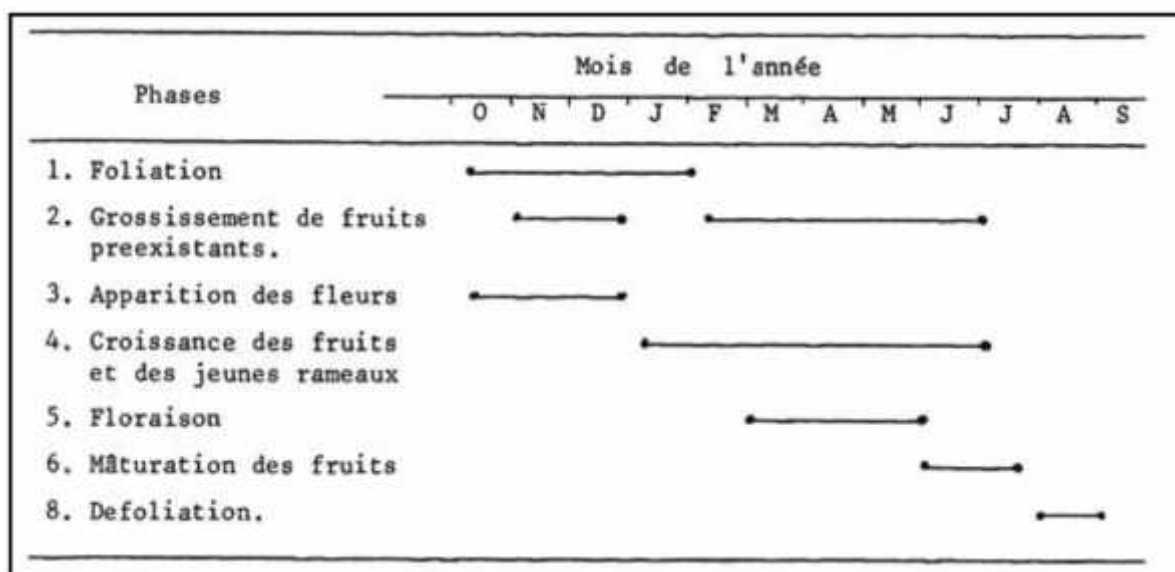
- (Richard) Hochst., *Zizyphus mauritiana* Lam. et trois espèces du genre *Acacia* Miller. Thèse de doctorat de 3ème cycle de biologie végétale, Université de L'ifan-Chcikh Anta DiOP. 43 p.
- Hang J., Reddman R.E., 1995. Salt tolerance of hordeum and Brassica species during germination and early seedling growth, Canadian journal of plant science 75. Pp: 815-819.
- Heller R., Esnault R., Lance C., 1990. Physiologie végétale. Tome II. Développement. 4ème Ed. 266p.
- Homrani B. A., 2011. Essai d'installation et de suivi de comportement de l'arganier (*Argania spinosa*) dans le contexte aride de Tafilalet. Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir 15 - 17 Décembre. Pp : 309-318.
- Kaaya M., 1998. Contribution à la domestication de l'arganier: sélection et multiplication. Thèse, faculté des sciences, univ. Ibn Zohr, Agadir. 175 p.
- Kenny L., 2007. Atlas de l'arganier et de l'arganeraie. . Institut agronomique et vétérinaire Hassan, II. Pp : 41 -49.
- Khanfouci M., 2005. Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du Cèdre de l'Atlas. Mémoire de Magister en science forestière, Université Hadj Lakhdar- Batna. 143p.
- Kouablan A., 2003. Essence forestière de cote d'ivoire quelques caractéristique des semenciers et des semences. Pp : 125-131.
- Pei-sheng M.A.O., Wang Y. h., Wang X. g., Lian J. j., and Huang Y., 2008. Conditions and stimulation for germination in *Glycyrrhiza uralensis* Fisch seeds 7 (12). Pp: 1438-1444.
- Marouch R., Qarro M., Ponett Quenti N., Sabir M., et Aamou K., 2013. Phytomasse et valeur fourragère de l'arganier recueil du résumé congrès international de l'arganier. 75p.
- Mauromicale G., Licandro p., 2002. Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of glob artichoke. Agronomie; 22. Pp : 443-50.
- Mozaliak P., 1982. Physiologie Végétale. Tome III. Croissance et développement. Ed Harman. Pp : 9-10.
- Meyer S., Reeb C., Bosdeveix R., 2004. Botanique, biologie et physiologie végétale .Ed. Moline, Paris, 461p.
- Mhirit O., 1989. L'arganier une espèce fruitière forestière à usage multiple. Station de recherches forestière, Agadir, 13-17 mars 1989, Pp : 31-57.
- Mhirit, O., 1987. L'arganier, une espèce fruitière, forestière à usages multiples des zones arides méditerranéens. Inst. Agr. Médit Saragosse. 20 p.

- Mhirit; O., Benzyane; M., Benchekroun; F. El Yousfi S. M., Bendaanoun M., 1998 *L'arganier, une espèce fruitière, forestière à usages multiples*, Mardaga : PRIMONT (Belgique),. ISBN/ISSN : 978-2-87009-684-0.151p.
- Miloudi A., Belkhodja M., 2013 Effet du pré-traitement à l'eau et la température sur la germination des graines d'arganier (*Argania Spinosa* L.). Science Lib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 131102. ISSN 2111-4706. 15 p.
- Moukal A., 2004. L'arganier, *Argania spinosa* L. (skeels), usage thérapeutique, cosmétique et alimentaire. Phytothérapie Numéro 5: Pp : 135-141.
- Nouaim R. et Chaussod R., 1993. L'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels). Le flamboyant bulletin de liaison des membres du réseau arbres tropicaux n° 27. 18p.
- Nouaim R., 1994. Mycorrhizal dependency of two clones of micropropagated Argan tree (*Argania spinosa*) Growth and biomass production, Agroforestry Systems, (27). Pp: 53-65.
- Nouaim R., 2005. L'arganier au Maroc: entre mythes et réalités. Une civilisation née d'un arbre. Paris, France, Le Harmattan. 229 p.
- Nouaim R., Chaussod R., El aboudi A., Schnabel C., 1991. L'arganier : essai de synthèse des connaissances sur cet arbre. Physiologie des arbres et arbustes des zones arides et semi-arides, Groupe d'étude de l'arbre, Edit. Paris. 16p.
- Nouaim R., Chaussod R., Mangin G., Mussillon P., 1990. L'arganier ; système racinaire et microflore. In : colloque « Ligneux des zones arides », Nancy (France). 43p.
- Nouaim R., Mangin G., Breuil M.C., Chaussod R., 2002. The argan tree (*Argania spinosa*) in Morocco: Propagation by seeds, cuttings and in-vitro techniques. Agrofor Syst. 54. Pp : 71-81.
- Nouaim., Fardeau J.C., Et Chaussod R., 2013. Effets de l'arganier sur la qualité des sols: activités biologiques, matière organique et phosphore recueil du résumé congrès international de l'arganier. 75p.
- Ould Safi A., 2014. caractérisation et état sanitaire de l'arganeraie de Tindouf. Univ Abou Bekr Belkaïd Tlemcen. Mémoire de magister. 62 p.
- Peltier J.P., 1982. La végétation du bassin versant de l'Oued Souss (Maroc). Thèse de doctorat d'Etat, Univ .Sci. Grenoble. 201 p.
- Platteborze A., 1976. Le bouturage des arbres forestiers au Maroc. Bilan des essais réalisés en 1975 et 1976. Annales de la recherche forestière au Maroc, 17. Pp : 145-190.
- Prado F.E., Boero C., Gallardo M., Gonzalez J.A., 2000. Effet of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* willd. Seeds", Botanical Bulletin of *Academia sinica* 41. Pp: 27-34.
- Radi N., 2003. L'Arganier: arbre du sud-ouest Marocain, en péril, à protéger. THESE D'ETAT de docteur en pharmacie .Université de Nantes. 55p.

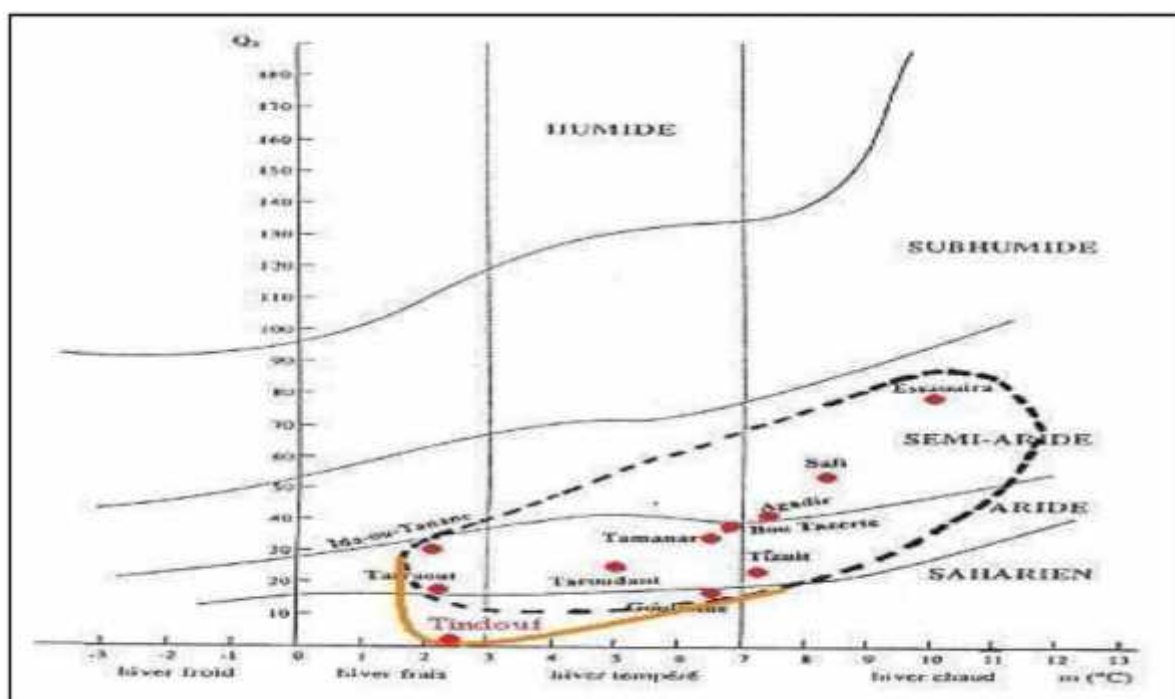
- Rahmani M., 2001. L'Arganier. Programme pour l'Afrique du nord projet éducation et consercation de la biodiversité. 4p.
- Reda Tazi M., Berrichi A., Haloui B., 2001. Germination et croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snassen (Maroc oriental) à différentes concentrations en NaCl. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 21(3). Pp : 163-168.
- Riedacker A., Dreyer E., Pafadnam C., Joly H., Bory G., 1990. Physiologie des arbres et arbustes des zones arides et semi-arides. Groupe d'étude de l'Arbre. Observatoire du Sahara et du Sahel. Séminaire. Paris. Pp : 373 – 465.
- Robert E., 1974. *Storage environment and the control of viability of seeds*. Ed Chapman-London. Pp : 14-59.
- Rouhi R., 1991. Anatomie de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). In: colloque international sur l'arganier. Agadir. Pp : 100 – 103.
- Site web 1: https://www.google.dz/search?q=l%27arganier&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=a8SJU9HXDczP0AXZ4YEO&ved=0CAYQ_AUoAQ&biw=1366&bih=667#fac . Consulté:15.04.2014.
- Site web 2 : www.vdsciences.com/pages/sciences-agronomiques-de-base/sylviculture/dendrologie-sylviculture-2.html, date de consultation: 25.05.2014
- Site web 3: http://dionee.gr.free.fr/bulletin/txt/d_42_d.htm consulté: 25. 04. 2014.
- Soltner D., 2005. Les Base de la Production Végétale. Tome III. La plante et son amélioration. 24eme Ed. Pp : 186- 189.
- Soualmia A., 1993. L'effet du Pomlyethylène Glycol (P.E.G) sur la germination des semences d'oignon (*Allium cepa* L) et les possibilités de Mécanisme de Réparation. Mémoire Ing, université Batna, 12 p.
- Souidi Z., Larbi H., 2013. Situation actuelle et perspectives d'avenir recueil du résumé congrès international de l'arganier. Université de mascara Algérie la culture de l'arganier en Algérie. 75p.
- Sy A., Grouzis M. et Danthu P. Short communication seed germination of seven Sahelian legume species 2001, vol (49). Pp: 875-882.
- Thierry L., 1987. L'arganier au Maroc : sa description, ses méthodes de multiplication et son application en reforestation. Thèse d'ingénieur technique, Institut provençal d'enseignement supérieur agronomique et technique. 183p.
- Ungar, I.A., 1996. Effect of salinity on seed germination, growth, and ion accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). American Journal of Botany, 83. Pp: 604–607.
- Vilain M., 1997. La production végétal 3emm édition volume 1 paris. 478p.

- Walbaum G. E., Tissaoui T., Bradford K.J., 1990. Water relation of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo L.*) Z.sensitivity of germination to water potential and abscisic acid during development. Plant physiology 92. Pp: 1029-1037.

Annexe I

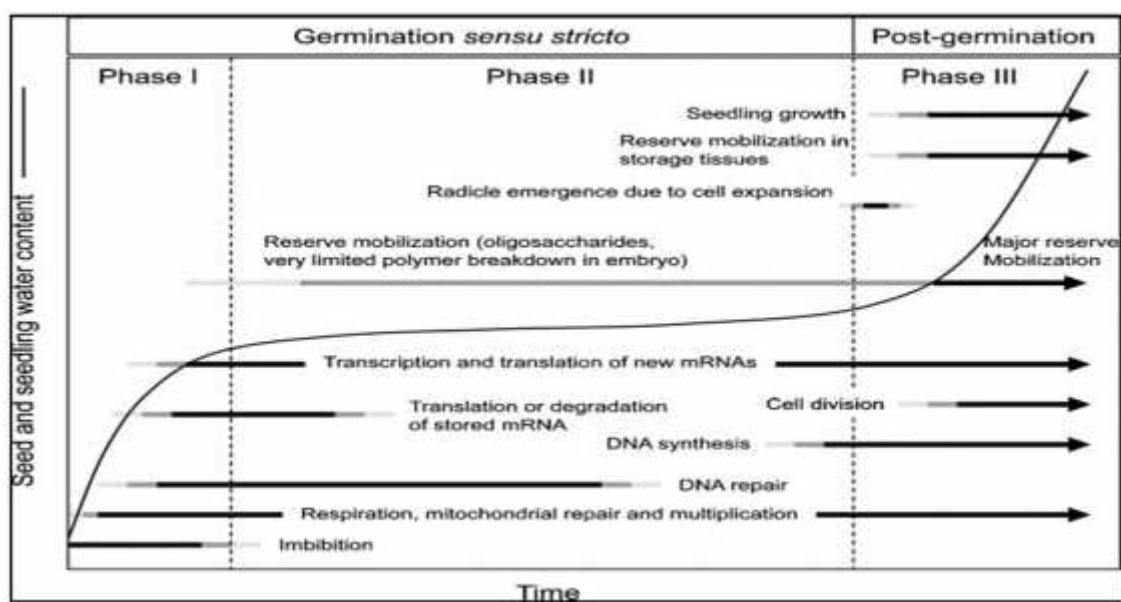


Source : Mhirit, 1989.

Figure 1. Phénologie de l'*Argania spinosa* L.

Source: Kechairi, 2009.

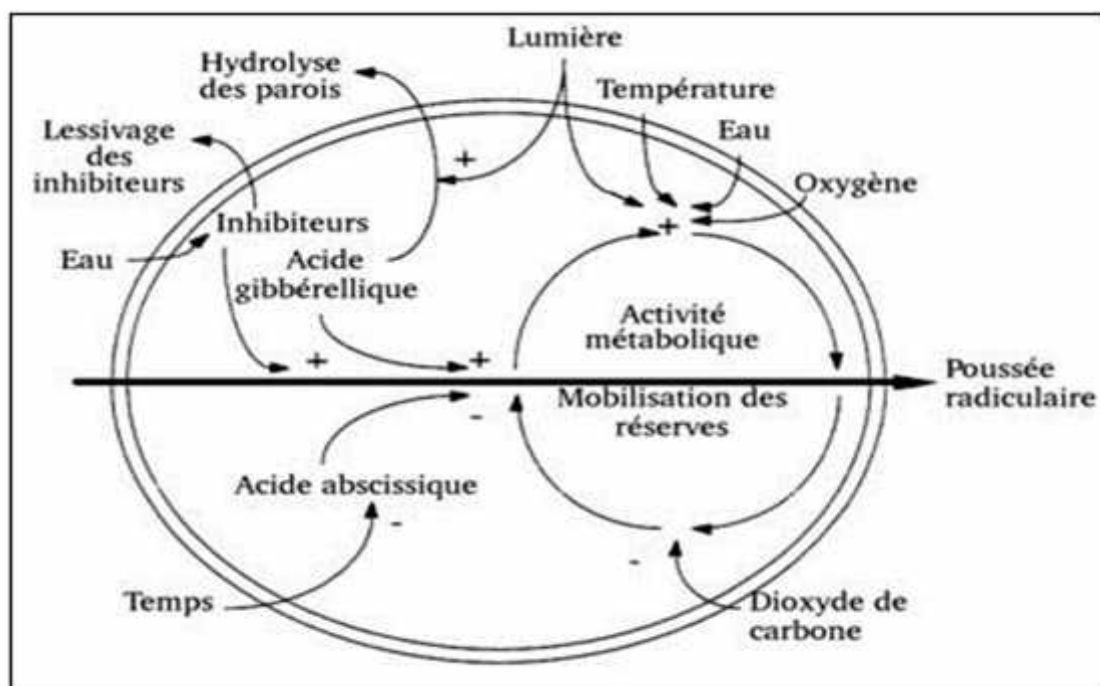
Figure 2. L'aire bioclimatique de l'arganier.



Source: Site web: <https://cropview.files.wordpress.com/2013/02/germ-and-dna.jpg>.

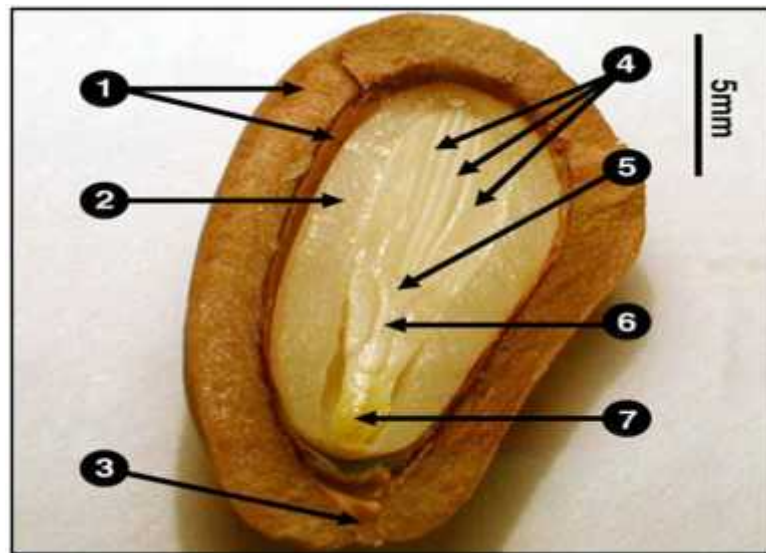
Date de consultation: 18.04.2014.

Figure 3. Les trois phases de la germination.



Source: site web: http://dionee.gr.free.fr/bulletin/txt/d_42_d.htm, date de consultation: 15.04.2014.

Figure 4. Facteurs influençant la germination d'une graine.



Source : <http://www.greffer.net/?p=194>, date de consultation 14. 03. 2014.

Planche 1. Coupe d'une graine de pin parasol (*pinus pinea*).

1 : téguments ; 2 : endosperme ; 3 : hile ; 4 : cotylédons ; 5 : gemmule ; 6 : tigelle ; 7 : radicule. L'embryon est constitué de l'ensemble des pièces 4, 5, 6 et 7.

Annexe 2



Planche 1. Epaisseur tégumentaire d'une graine d'arganier (originale, 2014).



Planche 2. Les 3 catégories des graines d'arganier (originale, 2014).

(A gauche graines lourdes).

(A droite graines légères).

(Au centre graines moyen).



Planche 3. Trempage des graines d'arganiers dans 100 ml d'acides sulfurique concentré à différentes durées (originale, 2014).



Planche 4. Les graines d'arganiers après trempages dans l'acide sulfurique et lavage (originale, 2014).



Planche 5. Trempages des graines d'arganier dans des flacons à différentes concentration d'acide gibbérellique (originale, 2014).



Planche 6. les graines d'arganier émergées dans l'eau distillée stérile (originale, 2014).



Planche 7. Les graines d'arganier exposées à la lumière (originale, 2014).



Planche 8. L'effet de NaCl sur le taux final de germination des graines d'arganier (originale, 2014).



Planche 9. L'effet du poids sur le taux final de germination (originale, 2014).



Planche 10. Le taux de germination des graines d'arganier après 3 jours incubation trempées dans l'acide sulfurique à différentes concentration (originale, 2014).

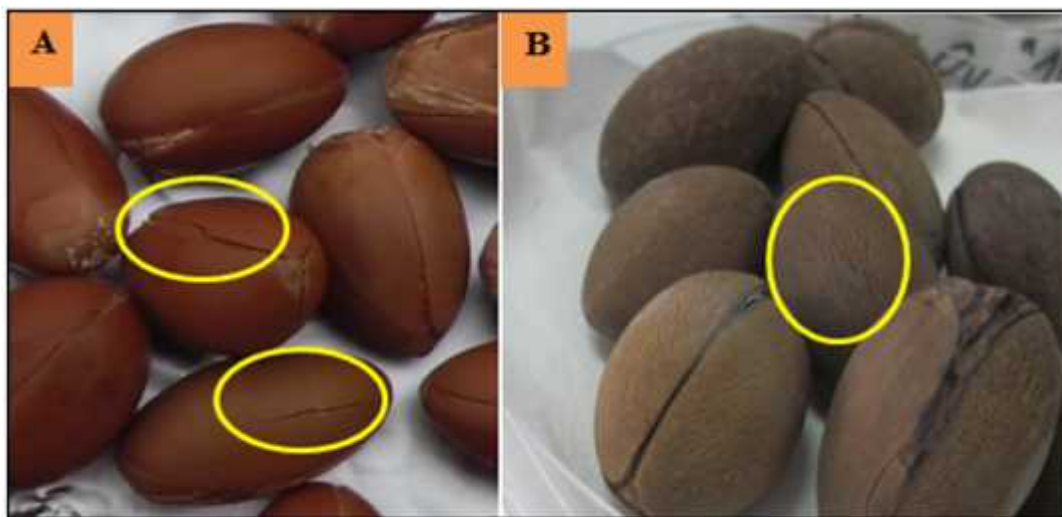


Planche 11. Des fissures sur le tégument des graines d'arganier (Originale, 2014).

A fissures du au choc thermique.

B fissures du à la scarification par l'acide sulfurique.



Planche 12. Le taux de germination après 4 jours d'incubation des graines d'arganier traitées par la température par apport à un témoin (originale, 2014).



Planche 13. Le taux final de germination des graines d'arganier traitées par la température par apport à un témoin (originale, 2014).

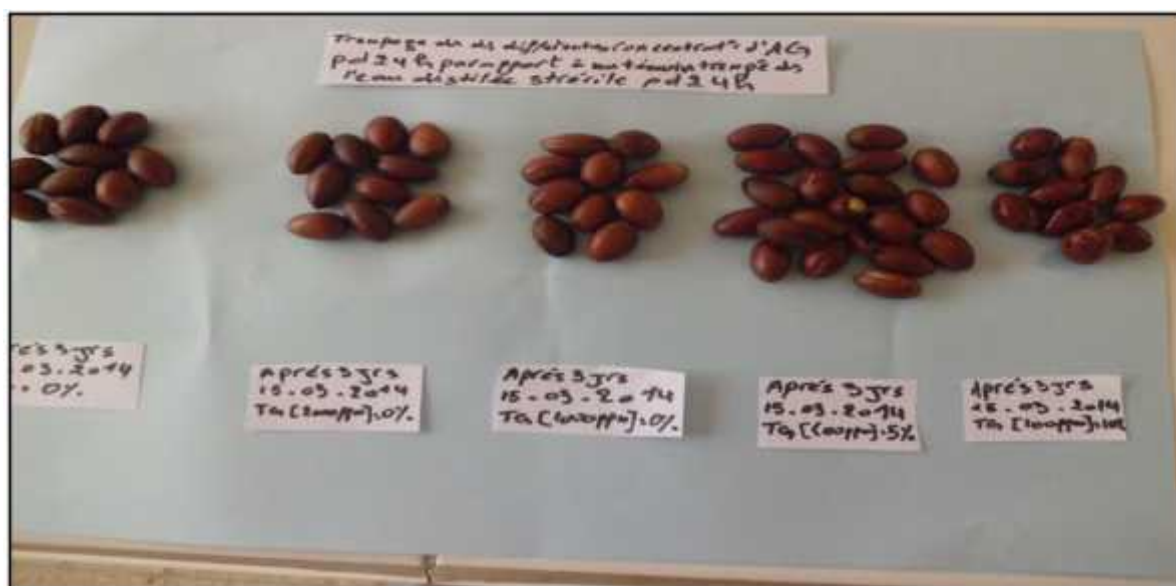


Planche 14. Le taux de germination des graines d'arganier après 3 jours d'incubation traitées par différentes concentrations d'acide gibbérellique par rapport à un témoin (originale, 2014).



Planche 15. Le taux de germination final des graines d'arganier traitées par l'acide gibbérellique à différentes concentrations par rapport à un témoin (originale, 2014).