

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES

N° d'enregistrement : /....



THESE

**Présentée pour l'obtention du diplôme de
Doctorat ès Sciences
En Biologie**

Spécialité : Ecologie-environnement

**Bio-écologie et quelques caractères physiologiques
des graines des plantes spontanées du Sahara
septentrional : cas de la région de Ouargla.**

Par :
Mériem MARFOUA

Soutenu publiquement le : 17 juin 2020

Devant le jury :

CHEHMA Abdelmadjid.	Professeur	U.K.M. Ouargla	Président
BISSATI-BOUAFIA Samia.	Professeur	U.K.M. Ouargla	Directrice de thèse
TRABELSI Hafida.	MCA	U.K.M. Ouargla	Examinatrice
BOUALLALA Mhamed.	MCA	U.A.D. Adrar	Examineur
HALIS Youcef.	MRA	CRSTRA Touggourt	Examineur
KHACHEBAR Mohamed.	MRA	CRSTRA Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019/2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

A mon très cher père, l'homme le plus parfait dans le monde, mon grand exemple et le secret de ma réussite ;

A Ma mère, source de compassion et de tendresse l'exemple de patience et sacrifice, raison de mon existence et le support de ma vie ;

A la mémoire de ma grand-mère qui a toujours souhaité me voir la meilleure ;

A mes très chères sœurs : Amal et son mari Hmeida HARRAT, Fatima Zohra et la petite Kheira Djihad ;

A mon unique et très cher frère : Tahar et sa femme Khadidja ;

A mes très chères nièces : Khadidja, Zineb, Mohamed et Ahmed ;

A la mémoire de ma tante : Aicha ;

A la mémoire de mon oncle : Semahi ;

A tous mes oncles et tantes et surtout Zohra, Souad et Belkacem ;

A toutes les familles : MARFOUA, LAMRI et BELHADJ.

MARFOUA Mériem

Remerciements

Je remercie tout d'abord le bon Dieu tout puissant qui m'a donné la force et le courage pour terminer ce travail ;

Après avoir achevé ce travail, je m'aperçois que le plus dur reste à faire qui remercierais-je en premier ? quand je sais que la contribution de tous est efficiente.

- Ma profonde gratitude va à ma promotrice, le Professeur BISSATI-BOUAFIA Samia doyenne de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université Kasdi Merbah-Ouargla, pour l'insigne honneur qu'elle m'a fait en acceptant de me diriger pour la réalisation de cette thèse.
- Mes sincères remerciements et ma respectueuse gratitude vont à Monsieur EDDOUD Amar Maître-Assistant à l'université Kasdi Merbah - Ouargla, qui a dirigé ce travail, m'a apporté toute sa compétence et son aide. Je suis infiniment reconnaissante pour sa disponibilité, ses conseils et ses idées malgré ses préoccupations.
- Avec beaucoup de plaisir, j'exprime ma reconnaissance à Monsieur le Professeur CHEHMA Abdelmadjid à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université Kasdi Merbah - Ouargla pour avoir accepté de présider cette séance.

Que soient également vivement remercier, les membres du jury pour leur obligeance en examinant ce travail :

- Madame le Docteur TRABELSI Hafida, à l'Université Kasdi Merbah - Ouargla ;
- Monsieur le Docteur BOUALLALA Mhamed, à l'Université Ahmed Drala - Adrar ;
- Monsieur le Docteur HALIS Youcef, au Centre de Recherche Scientifique et Techniques sur les Régions Arides - Touggourt ;
- Monsieur le Docteur KHACHEBAR Mohamed, au Centre de Recherche Scientifique et Techniques sur les Régions Arides - Biskra ;

Je remercie très sincèrement Monsieur BENCHETTOUH Ahmed pour son aide précieuse en cartographie et toutes ses orientations. Je remercie chaleureusement Madame AMEUR Djamila pour son intérêt permanent à mon égard et pour son soutien sur le plan humain.

Enfin, que celles et ceux qui m'ont apporté leur aide pour la réalisation de cet ouvrage trouvent ici ma profonde sympathie.

MARFOUA Mériem

MARFOUA M. (2020) : Bio-écologie et quelques caractères physiologiques des graines des plantes spontanées du Sahara septentrional : Cas de la région de Ouargla.

Résumé

En Algérie, les plantes spontanées de l'écosystème saharien ont une importance remarquable en raison de leurs utilisations comme pâturage, nourriture et médicaments. Malheureusement, elles sont confrontées à différents types de stress. Seules les espèces autochtones peuvent résister de façon remarquable à des sécheresses prolongées : elles demeurent en effet à l'état de graines ; alors que leur régénération, en particulier après de fortes perturbations anthropiques, constitue un défi pour leur conservation. Nous nous proposons par cette étude de mettre en évidence l'aptitude de la restauration écologique en étudiant les caractéristiques morphologiques et physiologiques. Sur terrain (31°38'49"N à 32°25'24"N et 4°17'11"E à 5°23'27"E), nous avons collecté des échantillons de graines de certaines plantes des zones de pâturages naturels (*Erg, Hamada, Regs*, dépressions : *Daya, Oued, Sebkha* et *Chott*) afin d'élaborer un herbier et un référentiel de graines des sites d'étude. Au laboratoire, nous avons testé quelques facteurs (température, salinité et lumière) influençant la germination et/ou la dormance des graines des plantes spontanées. Nous avons pu inventorier et caractériser cinquante-sept (57) espèces en graines des milieux naturels et perturbés (Petit Atlas descriptif des graines des plantes des parcours sahariens, région de Ouargla, taxonomie et morphologie des graines). Il est abondamment illustré de photographies et des schémas explicatifs, il contient plus que 150 photos et schémas des graines. Le comportement germinatif de quarante-six espèces dominantes indigènes (19 familles botaniques), issues des parcours de dromadaires recommandés pour la restauration écologique, a été étudié. A ce titre, nous avons évalué l'effet du facteur thermique (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 et 40°C), du stress salin (0, 50, 100, 150, 200 et 250mM de NaCl), de la lumière. La germination est appréciée par le pourcentage de germination (PMG%) et le temps moyen de germination (TMG). Cette étude a montré que des températures variantes entre 10 et 30°C étaient favorables à la germination des graines de la plupart des espèces étudiées, exceptée *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*) ; *Stipagrostis pungens* (*Poaceae*) ; *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*) pour lesquelles l'optimum thermique est plus élevé (35 à 40°C). L'effet du stress salin a révélé que l'élévation de la concentration de NaCl induit une réduction de la capacité et de la vitesse de germination. Des concentrations de 200mM de NaCl (12g/l) constituent une limite physiologique de germination pour toutes les espèces étudiées. La germination à la lumière était significativement plus importante qu'à l'obscurité. La dormance physiologique (PD) est le type de dormance caractéristique de la plupart des graines étudiées. Les effets des prétraitements par scarification froide et trempage dans GA₃ (50, 100, 150 et 200ppm) sur la levée de dormance des graines ont montré que 46% des espèces ont germé après traitement par le froid. Il semble que l'acide gibbéréllique ne remplace pas la stratification à froid. Cette dernière a réussi à augmenter le taux de la germination dans un temps moindre.

Mots clés :

Plantes spontanées, germination des graines, levée de dormance, écophysiole, parcours sahariens.

مرفوعة م. (2020): الإيكولوجيا الحيوية وبعض الخصائص الفيزيولوجية لبذور النباتات البرية في الصحراء الشمالية: حالة منطقة ورقلة.

ملخص

تتمتع النباتات البرية للنظام البيئي الصحراوي في الجزائر بأهمية ملحوظة بسبب استخداماتها كمراعي، كغذاء او كدواء. للأسف، فهي تواجه أسباب مختلفة من الإجهاد. يمكن للأنواع الأصلية وحدها تحمل الجفاف لفترات طويلة بشكل ملحوظ: اذ تبقى في حالة بذور. في حين أن تجديدها، وخاصة بعد التغيرات القوية بفعل النشاط البشري، يشكل تحديا للحفاظ عليها. نقترح من خلال هذه الدراسة أن نبرز ملاءمة الاستعادة الإيكولوجية بدراسة الخصائص المورفولوجية والفسولوجية. في الموقع (N"49'38°31 الى N"24'25°32 و E"11'17°4 الى E"27'23°5)، قمنا بجمع عينات البذور من بعض النباتات في مناطق الرعي الطبيعية (عرق، حمادة، رق، منخفضات: ضايا، وادي، سبخة وشط) لإنشاء معشبة مرجعية للبذور خاصة بمواقع الدراسة. اما في المختبر، فقد قمنا باختبار تأثير بعض العوامل (كدرجة الحرارة، الملوحة والضوء). على إنبات و / أو سكون بذور النباتات المحلية.

الأهداف التي تم تحقيقها: جرد وتوصيف سبعة وخمسون (57) نوعاً من البذور في بيئات طبيعية وأخرى مضطربة (الأطلس الوصفي الصغير لبذور نباتات المراعي الصحراوية، منطقة ورقلة، تصنيف البذور ومورفولوجيتها). ويتضح ذلك بوفرة مع الصور الفوتوغرافية والرسوم التوضيحية، ويحتوي على أكثر من 150 صورة ورسوم بيانية للبذور . تمت دراسة سلوك ستة وأربعون نوعاً محلياً مسيطراً (19 عائلة نباتية) من مراعي الجمال الموصى باستخدامها في الترميم الإيكولوجي لتأثير درجات الحرارة (5، 10، 15، 20، 25، 30، 35 و40 درجة مئوية)، إجهاد الملح (0، 50، 100، 150، 200 و250 مليمول)، وكذا تأثير الضوء. يتم التقييم بواسطة نسبة الإنبات (PMG %). وكذا الوقت المتوسط للإنبات (TMG). أظهرت هذه الدراسة أن درجات الحرارة بين 10 و30 درجة مئوية كانت مواتية لإنبات البذور لمعظم الأنواع التي تمت دراستها باستثناء *Limoniastrum guyonianum* (Plumbaginaceae)؛ *Stipagrostis pungens* (Poaceae)؛ *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) التي يكون الأمثل الحراري فيها أعلى (35 إلى 40 درجة مئوية). وكشف تأثير الإجهاد الملح أن ارتفاع تركيز كلوريد الصوديوم أدى إلى انخفاض في قدرة وبطء في الإنبات. تشكلت تركيزات 200 مليمول من كلوريد الصوديوم (12 غ/لتر) حد إنبات فسيولوجي لجميع الأنواع المدروسة. كان الإنبات في الضوء أكبر بكثير مما كان عليه في الظلام. يجدر الإشارة إلى أن السكون الفسيولوجي (PD) هو السمة المميزة لمعظم البذور التي تمت دراستها. أظهرت المعالجة بالبرودة ومعالجات GA₃ بالتراكيز التالية (50، 100، 150 و200 جزء في المليون) على سكون البذور أن 46 % من الأنواع أنبتت بعد المعالجة الباردة. يبدو أن حمض الجبريليك لم يحل محل المعالجة الباردة. اذ تمكنت هذه الأخيرة من زيادة معدل الإنبات في وقت أقل.

الكلمات الدالة :

نباتات برية، انتاش البذور، رفع السكون، الفيزيولوجيا الإيكولوجية، مراعي صحراوية.

MARFOUA M. (2020): Bio-ecology and some physiological characteristics of seeds of wild plants of the northern Sahara: case of the region of Ouargla.

Summary

In Algeria, the spontaneous plants of the Saharan ecosystem have a remarkable importance because of their uses as pasture, food and medicine. Unfortunately, they face with different types of stress. Only native species can withstand prolonged droughts remarkably well: they remain in the seed state; while their regeneration, especially after strong anthropogenic disturbances, constitutes a challenge for their conservation. We propose by this study to highlight the suitability of ecological restoration by studying morphological and physiological characteristics. On field (31°38'49"N to 32°25'24"N and 4°17'11"E to 5°23'27"E), we collected seed samples from some plants in naturel grazing areas (*Erg, Hamada, Regs*, depressions: *Daya, Oued, Sebkh*a and *Chott*) to develop a herbarium and a reference of the seeds of the study sites. In the laboratory, we tested some factors (temperature, salinity and light) influencing the germination and/or dormancy of seeds of native plants.

We have been able to inventory and characterize of fifty-seven (57) seed species in natural and disturbed environments (Small descriptive Atlas of seeds of Saharan rangelands, Ouargla region, taxonomy and morphology of seeds). It is abundantly illustrated with photographs and explanatory diagrams; it contains more than 150 photos and diagrams of the seeds. The germinative behavior of forty-six dominant native species (19 botanical families), from camel rangelands recommended for ecological restoration was studied. For the effect of the thermal factor (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40°C), salt stress (0, 50, 100, 150, 200 and 250mM) and light. Germination is assessed by germination mean percentage (PMG %) and mean germination time (GMT). This study showed that temperatures between 10 and 30°C were favorable for seed germination of most species studied except *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*); *Stipagrostis pungens* (*Poaceae*); *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*) for which the thermal optimum is higher (35 to 40°C). The effect of salt stress revealed that the elevation of NaCl concentration induced a reduction in the capacity and rate of germination. Concentrations of 200mM NaCl (12g/l) constitute a physiological germination limit for all species studied. Light germination was significantly greater than in the dark. Physiological dormancy (PD) is the type of dormancy characteristic of most of the seeds studied. The effects of cold scarification and GA₃ steeping pretreatments (50, 100, 150 and 200ppm) on seed dormancy showed that 46% of the species germinated after cold treatment. It seems that gibberellic acid did not replace cold stratification. The latter managed to increase the germination rate in less time.

Key words:

Spontaneous plants, seed germination, break of dormancy, ecophysiology, saharan rangelands.

Sigles et Acronymes

A.B.A.	: Acide abscissique
A.N.D.I.	: Agence Nationale de Développement de l'Investissement
ArcGIS	: Geographic Information System developed by Esri (Environmental Systems Research Institute)
C.I.	: Continental Intercalaire
C.T.	: Complexe Terminale
C.T.S.-Arzew	: Centre des Techniques Spatiales à Arzew
E.S	: Erreur Standard
G.A.	: Gibberellic Acid
I.S.T.A.	: International Seed Testing Association
M.N.T.	: Modèle Numérique de Terrain
MD	: Dormance Morphologique
MPD	: Dormance Morpho-Physiologique
O.S.S.	: Observatoire du Sahara et du Sahel
PD	: Dormance Physiologique
PMG	: Pourcentage Moyen de Germination
PY	: Dormance Physique
TMG	: Temps Moyen de Germination
W.R.B.	: World Reference Base

Liste des tableaux

Tableau 1 : Surface des sept types de sol de la zone d'étude.	27
Tableau 2 : Données climatiques de la zone d'étude (1979-2014).	29
Tableau 3 : Inventaire de la flore spontanée en graines collectées dans la région d'étude.	52
Tableau 4 : Liste des espèces étudiées pour l'influence de quelques facteurs abiotiques sur la germination.	103

Liste des figures

Figure 1 : Etapes de la germination d'une graine.	6
Figure 2 : Les différents facteurs impliqués dans la qualité germinative des semences.	7
Figure 3 : Germination épigée du haricot (à gauche) et hypogée du pois (à droite).	10
Figure 4 : Absorption d'eau et principaux événements pendant et après la germination. .	11
Figure 5 : Influence des conditions environnementales sur le développement, la dormance et la germination de la graine.	15
Figure 6 : Dormance primaire et dormance secondaire d'une graine.	16
Figure 7 : Localisation de la zone d'étude (Etablie par le logiciel ArcGIS Version 10.3). 24	
Figure 8 : Carte des sept types de sol de la zone d'étude.	27
Figure 9 : Diagramme ombrothermique de Gaussen pour la zone d'étude (1979-2014). ..	32
Figure 10 : Climagramme d'Emberger pour la zone d'étude (1979-2014).	33
Figure 11 : Dispositif expérimental de l'effet de la température sur les graines des espèces étudiées.	43
Figure 12 : Dispositif expérimental de l'effet de la salinité sur les graines des espèces étudiées.	44
Figure 13 : Dispositif expérimental de l'effet de la lumière sur les graines des espèces étudiées.	45
Figure 14 : Méthodologie de travail.	48
Figure 15 : Présentation de la flore spontanée inventoriée en fonction des familles botaniques (23 familles).	55
Figure 16 : Présentation de la flore spontanée étudiée en fonction des familles botaniques (19 familles).	105
Figure 17 : Effet de la température (°C) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 46 espèces spontanées sahariennes.	106
Figure 18 : Cinétique de germination des graines de 46 espèces spontanées sahariennes pour chaque degré de température (°C).	108

- Figure 19** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 07 espèces spontanées sahariennes appartenant aux *Asteraceae* : *Brocchia cinerea*, *Ifloga spicata*, *Launaea capitata*, *Launaea nudicaulis*, *Mantisalca salmantica*, *Perralderia coronopifolia* et *Scorzonera laciniata*. 110
- Figure 20** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 06 espèces spontanées sahariennes appartenant aux *Fabaceae* : *Argyrolobium uniflorum*, *Astragalus arpilobus*, *Astragalus boeticus*, *Astragalus gombo*, *Astragalus mareoticus* et *Crotalaria saharae*. 111
- Figure 21** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines des 05 espèces spontanées sahariennes appartenant aux *Amaranthaceae* : *Agathophora alopecuroides*, *Anabasis articulata*, *Atriplex dimorphostegia*, *Bassia muricata* et *Cornulaca monacantha*. 112
- Figure 22** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines des 05 espèces appartenant aux *Brassicaceae* : *Diplotaxis harra*, *Eremobium aegyptiacum*, *Henophyton deserti*, *Savignya parviflora* et *Zilla spinosa*. 112
- Figure 23** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines des 04 espèces spontanées sahariennes appartenant aux *Poaceae* : *Aristida adscensionis*, *Centropodia forsskalii*, *Stipagrostis plumosa* et *Stipagrostis pungens*. 113
- Figure 24** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines des 03 espèces spontanées sahariennes appartenant aux *Caryophyllaceae* : *Paronychia arabica*, *Polycarphaea robbairea* et *Spergularia salina*. 114
- Figure 25** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux *Apiaceae* : *Ammodaucus leucotrichus* et *Daucus sahariensis*. 115
- Figure 26** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux *Boraginaceae* : *Echium trygorrhizum* et *Moltkiopsis*. 116
- Figure 27** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux *Zygophyllaceae* : *Fagonia glutinosa* et *Peganum harmala*. 116
- Figure 28** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*). 117
- Figure 29** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Helianthemum lippii* (*Cistaceae*). 118
- Figure 30** : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Asphodelus tenuifolius* (*Asphodelaceae*). 119

Figure 31 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Erodium glaucophyllum</i> (<i>Geraniaceae</i>).	119
Figure 32 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Plantago ciliata</i> (<i>Plantaginaceae</i>).	120
Figure 33 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Cleome africana</i> (<i>Cleomaceae</i>).	121
Figure 34 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Euphorbia guyoniana</i> (<i>Euphorbiaceae</i>).	121
Figure 35 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 46 espèces spontanées sahariennes.	122
Figure 36 : Cinétique de germination des graines de 46 espèces spontanées sahariennes pour chaque concentration de NaCl (mM).	124
Figure 37 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 07 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Asteraceae</i> : <i>Brocchia cinerea</i> , <i>Ifloga spicata</i> , <i>Launaea capitata</i> , <i>Launaea nudicaulis</i> , <i>Mantisalca salmantica</i> , <i>Perralderia coronopifolia</i> et <i>Scorzonera laciniata</i> . 126	
Figure 38 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 06 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Fabaceae</i> : <i>Argyrolobium uniflorum</i> , <i>Astragalus arpilobus</i> , <i>Astragalus boeticus</i> , <i>Astragalus gombo</i> , <i>Astragalus mareoticus</i> et <i>Crotalaria saharae</i>	127
Figure 39 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Amaranthaceae</i> : <i>Agathophora alopecuroides</i> , <i>Anabasis articulata</i> , <i>Atriplex dimorphostegia</i> , <i>Bassia muricata</i> et <i>Cornulaca monacantha</i>	128
Figure 40 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Brassicaceae</i> : <i>Diplotaxis harra</i> , <i>Eremobium aegyptiacum</i> , <i>Henophyton deserti</i> , <i>Savignya parviflora</i> et <i>Zilla spinosa</i>	129
Figure 41 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 04 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Poaceae</i> : <i>Aristida adscensionis</i> , <i>Centropodia forsskalii</i> , <i>Stipagrostis plumosa</i> et <i>Stipagrostis pungens</i>	130
Figure 42 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 03 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Caryophyllaceae</i> : <i>Paronychia arabica</i> , <i>Polycarphae robbairea</i> et <i>Spergularia salina</i>	130
Figure 43 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Apiaceae</i> : <i>Ammodaucus leucotrichus</i> et <i>Daucus sahariensis</i>	131

Figure 44 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Boraginaceae</i> : <i>Echium trygorrhizum</i> et <i>Moltkiopsis ciliata</i>	132
Figure 45 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces appartenant aux <i>Zygophyllaceae</i> : <i>Fagonia glutinosa</i> et <i>Peganum harmala</i> . 133	133
Figure 46 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Limoniastrum guyonianum</i> (<i>Plumbaginaceae</i>).	134
Figure 47 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Plantago ciliata</i> (<i>Plantaginaceae</i>).	135
Figure 48 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Helianthemum lippii</i> (<i>Cistaceae</i>).	136
Figure 49 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Erodium glaucophyllum</i> (<i>Geraniaceae</i>). ..	136
Figure 50 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Asphodelus tenuifolius</i> (<i>Asphodelaceae</i>). ..	137
Figure 51 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Cleome africana</i> (<i>Cleomaceae</i>).	138
Figure 52 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Euphorbia guyoniana</i> (<i>Euphorbiaceae</i>). ..	139
Figure 53 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 46 espèces spontanées sahariennes.	140
Figure 54 : Cinétique de germination des graines de 46 espèces spontanées sahariennes à l'obscurité et à la lumière.	141
Figure 55 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 07 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Asteraceae</i> : <i>Brocchia cinerea</i> , <i>Ifloga spicata</i> , <i>Launaea capitata</i> , <i>Launaea nudicaulis</i> , <i>Mantisalca salmantica</i> , <i>Perralderia coronopifolia</i> et <i>Scorzonera laciniata</i>	142
Figure 56 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 06 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Fabaceae</i> : <i>Argyrolobium uniflorum</i> , <i>Astragalus arpilobus</i> , <i>Astragalus boeticus</i> , <i>Astragalus gombo</i> , <i>Astragalus mareoticus</i> et <i>Crotalaria saharae</i>	143
Figure 57 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 05 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Amaranthaceae</i> : <i>Agathophora alopecuroides</i> , <i>Anabasis articulata</i> , <i>Atriplex dimorphostegia</i> , <i>Bassia muricata</i> et <i>Cornulaca monacantha</i>	144

Figure 58 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 05 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Brassicaceae</i> : <i>Diploaxis harra</i> , <i>Eremobium aegyptiacum</i> , <i>Henophyton deserti</i> , <i>Savignya parviflora</i> et <i>Zilla spinosa</i>	144
Figure 59 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 04 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Poaceae</i> : <i>Aristida adscensionis</i> , <i>Centropodia forsskalii</i> , <i>Stipagrostis plumosa</i> et <i>Stipagrostis pungens</i>	145
Figure 60 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 03 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Caryophyllaceae</i> : <i>Paronychia arabica</i> , <i>Polycarpha robbairea</i> et <i>Spergularia salina</i>	145
Figure 61 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Apiaceae</i> : <i>Ammodaucus leucotrichus</i> et <i>Daucus sahariensis</i>	146
Figure 62 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Boraginaceae</i> : <i>Echium trygorrhizum</i> et <i>Moltkiopsis ciliata</i>	147
Figure 63 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Zygophyllaceae</i> : <i>Fagonia glutinosa</i> et <i>Peganum harmala</i>	147
Figure 64 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Asphodelus tenuifolius</i> (<i>Asphodelaceae</i>).	148
Figure 65 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Helianthemum lippii</i> (<i>Cistaceae</i>).	149
Figure 66 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Limoniastrum guyonianum</i> (<i>Plumbaginaceae</i>).	149
Figure 67 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Cleome africana</i> (<i>Cleomaceae</i>).	150
Figure 68 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Erodium glaucophyllum</i> (<i>Geraniaceae</i>).	150
Figure 69 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Euphorbia guyoniana</i> (<i>Euphorbiaceae</i>).	151
Figure 70 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Plantago ciliata</i> (<i>Plantaginaceae</i>).	152
Figure 71 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 46 espèces spontanées sahariennes.	153

Figure 72 : Cinétique de germination des graines de 46 espèces spontanées sahariennes sans et avec traitement au froid.	154
Figure 73 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 06 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Fabaceae</i> : <i>Argyrolobium uniflorum</i> , <i>Astragalus arpilobus</i> , <i>Astragalus boeticus</i> , <i>Astragalus gombo</i> , <i>Astragalus mareoticus</i> et <i>Crotalaria saharae</i>	156
Figure 74 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 05 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Amaranthaceae</i> : <i>Agathophora alopecuroides</i> , <i>Anabasis articulata</i> , <i>Atriplex dimorphostegia</i> , <i>Bassia muricata</i> et <i>Cornulaca monacantha</i>	157
Figure 75 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 05 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Brassicaceae</i> : <i>Diploaxis harra</i> , <i>Eremobium aegyptiacum</i> , <i>Henophyton deserti</i> , <i>Savignya parviflora</i> et <i>Zilla spinosa</i>	157
Figure 76 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 04 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Poaceae</i> : <i>Aristida adscensionis</i> , <i>Centropodia forsskalii</i> , <i>Stipagrostis plumosa</i> et <i>Stipagrostis pungens</i>	158
Figure 77 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 03 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Caryophyllaceae</i> : <i>Paronychia arabica</i> , <i>Polycarpha robbairea</i> et <i>Spergularia salina</i>	159
Figure 78 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Apiaceae</i> : <i>Ammodaucus leucotrichus</i> et <i>Daucus sahariensis</i>	159
Figure 79 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Boraginaceae</i> : <i>Echium trygorrhizum</i> et <i>Moltkiopsis ciliata</i>	160
Figure 80 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Zygophyllaceae</i> : <i>Fagonia glutinosa</i> et <i>Peganum harmala</i>	161
Figure 81 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Neurada procumbens</i> (<i>Neuradaceae</i>).	162
Figure 82 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Cleome africana</i> (<i>Cleomaceae</i>).	162
Figure 83 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Plantago ciliata</i> (<i>Plantaginaceae</i>).	163
Figure 84 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Asphodelus tenuifolius</i> (<i>Asphodelaceae</i>).	164

Figure 85 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d' <i>Euphorbia guyoniana</i> (<i>Euphorbiaceae</i>).	164
Figure 86 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de <i>Pergularia tomentosa</i> (<i>Asclepiadaceae</i>).	165
Figure 87 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA_3) (ppm) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 46 espèces spontanées sahariennes.	166
Figure 88 : Cinétique de germination des graines de 46 espèces spontanées sahariennes pour chaque concentration d'acide gibbérellique (GA_3) (ppm).	167
Figure 89 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA_3) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 07 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Asteraceae</i> : <i>Brocchia cinerea</i> , <i>Ifloga spicata</i> , <i>Launaea capitata</i> , <i>Launaea nudicaulis</i> , <i>Mantisalca salmantica</i> , <i>Perralderia coronopifolia</i> et <i>Scorzonera laciniata</i>	169
Figure 90 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA_3) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 06 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Fabaceae</i> : <i>Argyrolobium uniflorum</i> , <i>Astragalus arpilobus</i> , <i>Astragalus boeticus</i> , <i>Astragalus gombo</i> , <i>Astragalus mareoticus</i> et <i>Crotalaria saharae</i>	170
Figure 91 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA_3) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 05 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Amaranthaceae</i> : <i>Agathophora alopecuroides</i> , <i>Anabasis articulata</i> , <i>Atriplex dimorphostegia</i> , <i>Bassia muricata</i> et <i>Cornulaca monacantha</i>	171
Figure 92 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA_3) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 05 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Brassicaceae</i> : <i>Diplotaxis harra</i> , <i>Eremobium aegyptiacum</i> , <i>Henophyton deserti</i> , <i>Savignya parviflora</i> et <i>Zilla spinosa</i>	171
Figure 93 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA_3) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 04 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Poaceae</i> : <i>Aristida adscensionis</i> , <i>Centropodia forsskalii</i> , <i>Stipagrostis plumosa</i> et <i>Stipagrostis pungens</i>	172
Figure 94 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA_3) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 03 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Caryophyllaceae</i> : <i>Paronychia arabica</i> , <i>Polycarpaea robbairea</i> et <i>Spergularia salina</i>	173
Figure 95 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA_3) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Apiaceae</i> : <i>Ammodaucus leucotrichus</i> et <i>Daucus sahariensis</i>	173
Figure 96 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA_3) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Boraginaceae</i> : <i>Echium trygorrhizum</i> et <i>Moltkiopsis ciliata</i>	174

Figure 97 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA ₃) sur le PMG (%) (±ES) des graines des 02 espèces spontanées sahariennes appartenant aux <i>Zygophyllaceae</i> : <i>Fagonia glutinosa</i> et <i>Peganum harmala</i>	174
Figure 98 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA ₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (±ES) des graines de <i>Limoniastrum guyonianum</i> (<i>Plumbaginaceae</i>).	175
Figure 99 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA ₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (±ES) des graines d' <i>Helianthemum lippii</i> (<i>Cistaceae</i>).	176
Figure 100 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA ₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (±ES) des graines de <i>Cleome africana</i> (<i>Cleomaceae</i>).	176
Figure 101 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA ₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (±ES) des graines d' <i>Asphodelus tenuifolius</i> (<i>Asphodelaceae</i>). ...	177
Figure 102 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA ₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (±ES) des graines de <i>Plantago ciliata</i> (<i>Plantaginaceae</i>).	178
Figure 103 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA ₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (±ES) des graines d' <i>Erodium glaucophyllum</i> (<i>Geraniaceae</i>).	178
Figure 104 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA ₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (±ES) des graines de <i>Neurada procumbens</i> (<i>Neuradaceae</i>). 179	
Figure 105 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA ₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (±ES) des graines d' <i>Euphorbia guyoniana</i> (<i>Euphorbiaceae</i>).	180
Figure 106 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA ₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (±ES) des graines de <i>Pergularia tomentosa</i> (<i>Asclepiadaceae</i>).	180

Liste des photos

Photo 1 : Phytotron (BINDER Model KBF) Université de Ouargla.	41
Photo 2 : Phytotron (SNIJDERS Labs VF 475, Pays-Bas) Université de Laghouat.	42
Photo 3 : Description d' <i>Agathophora alopecuroides</i> (Delile) Fenzl ex Bunge : A. Fruit.	57
Photo 4 : Description d' <i>Ammodaucus leucotrichus</i> Coss. : A. Fruit.	58
Photo 5 : Description d' <i>Argyrolobium uniflorum</i> (Dc) Jaub. & Spach: A. Fruit; B. Graine.	59
Photo 6 : Description d' <i>Aristida adscensionis</i> L. : A. Fruit ; B. Graine.	60
Photo 7 : Description d' <i>Asphodelus tenuifolius</i> Cav. : A. Fruit ; B. Graine.	61
Photo 8 : Description d' <i>Astragalus boeticus</i> L. : A. Fruit ; B. Graine.	62
Photo 9 : Description d' <i>Astragalus gombo</i> Bunge : A. Fruit ; B. Graine.	63
Photo 10 : Description d' <i>Astragalus mareoticus</i> Delile : A. Fruit ; B. Graine.	64
Photo 11 : Description d' <i>Atractylis delicatula</i> Batt. ex L. Chevall. : A. Fruit.	65
Photo 12 : Description d' <i>Atriplex dimorphostegia</i> Kar. & Kir. : A. Fruit ; B. Graine.	66
Photo 13 : Description de <i>Bassia muricata</i> (L.) Asch. : A. Fruit.	67
Photo 14 : Description de <i>Brocchia cinerea</i> (Delile) Vis. : A. Fruit ; B. Graine.	68
Photo 15 : Description de <i>Centaurea pungens</i> Pomel. : A. Fruit ; B. Graine.	69
Photo 16 : Description de <i>Centropodia forsskalii</i> (Vahl) Cope : A. Fruit ; B. Graine.	70
Photo 17 : Description de <i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad. : A. Fruit ; B. Graine.	71
Photo 18 : Description de <i>Cleome africana</i> Botsch. : A. Fruit ; B. Graine.	72
Photo 19 : Description de <i>Cornulaca monacantha</i> Delile : B. Graine.	73
Photo 20 : Description de <i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd. : A. Fruit ; B. Graine.	74
Photo 21 : Description de <i>Daucus sahariensis</i> Murb. : A. Fruit.	75

Photo 22 : Description d' <i>Echium trygorrhizum</i> Pomel. : A. Fruit ; B. Graine.	76
Photo 23 : Description d' <i>Emex spinosa</i> (L.) Campd. : A. Fruit.	77
Photo 24 : Description d' <i>Ephedra alata</i> Decne. : A. Fruit ; B. Graine.	78
Photo 25 : Description d' <i>Eremobium aegyptiacum</i> (Spreng.) Asch. & Schweinf. ex Boiss. : A. Fruit ; B. Graine.	79
Photo 26 : Description d' <i>Erodium glaucophyllum</i> L'Héritier : A. Fruit ; B. Graine.	80
Photo 27 : Description d' <i>Eryngium ilicifolium</i> Lam. : A. Fruit ; B. Graine.	81
Photo 28 : Description d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. : A. Fruit ; B. Graine.	82
Photo 29 : Description de <i>Fagonia glutinosa</i> Delile : A. Fruit ; B. Graine.	83
Photo 30 : Description de <i>Frankenia thymifolia</i> Desf. : A. Fruit ; B. Graine.	84
Photo 31 : Description de <i>Helianthemum lippii</i> (L.) Dum. Cours. : A. Fruit ; B. Graine. .	85
Photo 32 : Description de <i>Henophyton deserti</i> Coss. & Durieu : A. Fruit ; B. Graine.	86
Photo 33 : Description d' <i>Ifloga spicata</i> (Forssk.) Sch. Bip. : A. Fruit ; B. Graine.	87
Photo 34 : Description de <i>Launaea capitata</i> (Spreng.) Dandy. : B. Graine.	88
Photo 35 : Description de <i>Launaea nudicaulis</i> (L.) Hook. F. : B. Graine.	89
Photo 36 : Description de <i>Mantisalca salmantica</i> (L.) Briq. & Cavillier : A. Fruit ; B. Graine.	90
Photo 37 : Description de <i>Neurada procumbens</i> L. : A. Fruit.	91
Photo 38 : Description de <i>Paronychia arabica</i> (L.) DC. : A. Fruit ; B. Graine.	92
Photo 39 : Description de <i>Peganum harmala</i> L. : A. Fruit ; B. Graine.	93
Photo 40 : Description de <i>Pergularia tomentosa</i> L. : A. Fruit ; B. Graine.	94
Photo 41 : Description de <i>Perralderia coronopifolia</i> Coss. : A. Fruit ; B. Graine.	95
Photo 42 : Description de <i>Plantago ciliata</i> Desf. : A. Fruit ; B. Graine.	96
Photo 43 : Description de <i>Savignya parviflora</i> subsp. <i>longistyla</i> (Boiss. & Reut.) Maire : A. Fruit ; B. Graine.	97
Photo 44 : Description de <i>Scorzonera laciniata</i> L. : A. Fruit ; B. Graine.	98

Photo 45 : Description de <i>Spergularia salina</i> J. & C. Presl : A. Fruit ; B. Graine.	99
Photo 46 : Description de <i>Stipagrostis plumosa</i> (L.) Munro ex T. Anderson : B. Graine.	100
Photo 47 : Description de <i>Zilla macroptera</i> Coss. : A. Fruit ; B. Graine.	101
Photo 48 : Description de <i>Zygophyllum album</i> L. : A. Fruit ; B. Graine.	102

Sommaire

Introduction générale : Contexte, objectifs et démarches	01
Introduction générale	02
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	05
1.- La germination	06
1.1.- Définition	06
1.2.- Conditions de la germination	07
1.3.- Types de germination	10
1.4.- Phases de germination	11
2.- Le stress : effets et stratégies d'adaptation	12
2.1.- Stress hydrique	12
2.2.- Stress thermique	13
2.3.- Stress salin	13
3.- La dormance	14
3.1.- Types de dormance	15
3.2.- Levée de dormance	17
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL & METHODES	21
Chapitre 1 : Description générale de la zone d'étude	22
1.- Aspects géographiques	23
1.1.- Limites territoriales naturelles	23
1.2.- Localisation de la zone d'étude	23
2.- Cadre physique et biotique	24
2.1.- Géomorphologie	24

2.2.- Pédologie	26
2.3.- Hydrologie	27
3.- Caractéristiques climatiques	28
3.1.- Températures	29
3.2.- Précipitations	30
3.3.- Humidité relative de l'air	30
3.4.- Ensoleillement	30
4.- Classification bioclimatique	30
4.1.- Indice d'aridité de De Martonne	30
4.2.- Diagramme ombrothermique de Gaussen	31
4.3.- Climagramme pluviométrique d'Emberger	32
Chapitre 2 : Méthodes d'étude	34
1.- Sur terrain	35
1.1.- Collecte des graines	35
2.- Travaux au laboratoire	36
2.1.- Identification des espèces rencontrées	36
2.2.- Caractérisation morphologique des graines	37
2.3.- Etude de l'effet de quelques facteurs abiotiques sur la germination	37
2.4.- Essai de levée de la dormance	45
2.5.- Suivi des essais	46
3.- Analyses statistiques et paramètres étudiés	47
TROISIEME PARTIE : RESULTATS & DISCUSSIONS	49
Chapitre 1 : Caractérisation morphologique des graines	50
1.- Inventaire de la flore spontanée de la région d'étude	51
2.- Description des familles inventoriées	55

3.- Description des espèces inventoriées	56
3.1.- <i>Agathophora alopecuroides</i> (Delile) Fenzl ex Bunge	57
3.2.- <i>Ammodaucus leucotrichus</i> Coss.	58
3.3.- <i>Argyrolobium uniflorum</i> (Dc) Jaub. & Spach	59
3.4.- <i>Aristida adscensionis</i> L.	60
3.5.- <i>Asphodelus tenuifolius</i> Cav.	61
3.6.- <i>Astragalus boeticus</i> L.	62
3.7.- <i>Astragalus gombo</i> Bunge	63
3.8.- <i>Astragalus mareoticus</i> Delile	64
3.9.- <i>Atractylis delicatula</i> Batt. ex L. Chevall.	65
3.10.- <i>Atriplex dimorphostegia</i> Kar. & Kir.	66
3.11.- <i>Bassia muricata</i> (L.) Asch.	67
3.12.- <i>Brocchia cinerea</i> (Delile) Vis.	68
3.13.- <i>Centaurea pungens</i> Pomel.	69
3.14.- <i>Centropodia forsskalii</i> (Vahl) Cope	70
3.15.- <i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	71
3.16.- <i>Cleome africana</i> Botsch.	72
3.17.- <i>Cornulaca monacantha</i> Delile	73
3.18.- <i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	74
3.19.- <i>Daucus sahariensis</i> Murb.	75
3.20.- <i>Echium trygorrhizum</i> Pomel.	76
3.21.- <i>Emex spinosa</i> (L.) Campd.	77
3.22.- <i>Ephedra alata</i> Decne.	78
3.23.- <i>Eremobium aegyptiacum</i> (Spreng.) Asch. & Schweinf. ex Boiss.	79
3.24.- <i>Erodium glaucophyllum</i> L'Héritier	80

3.25.- <i>Eryngium ilicifolium</i> Lam.	81
3.26.- <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	82
3.27.- <i>Fagonia glutinosa</i> Delile	83
3.28.- <i>Frankenia thymifolia</i> Desf.	84
3.29.- <i>Helianthemum lippii</i> (L.) Dum. Cours.	85
3.30.- <i>Henophyton deserti</i> Coss. & Durieu	86
3.31.- <i>Ifloga spicata</i> (Forssk.) Sch. Bip.	87
3.32.- <i>Launaea capitata</i> (Spreng.) Dandy	88
3.33.- <i>Launaea nudicaulis</i> (L.) Hook. F.	89
3.34.- <i>Mantisalca salmantica</i> (L.) Briq. & Cavillier	90
3.35.- <i>Neurada procumbens</i> L.	91
3.36.- <i>Paronychia arabica</i> (L.) DC.	92
3.37.- <i>Peganum harmala</i> L.	93
3.38.- <i>Pergularia tomentosa</i> L.	94
3.39.- <i>Perralderia coronopifolia</i> Coss.	95
3.40.- <i>Plantago ciliata</i> Desf.	96
3.41.- <i>Savignya parviflora</i> subsp. <i>longistyla</i> (Boiss. & Reut.) Maire	97
3.42.- <i>Scorzonera laciniata</i> L.	98
3.43.- <i>Spergularia salina</i> J. & C. Presl	99
3.44.- <i>Stipagrostis plumosa</i> (L.) Munro ex T. Anderson	100
3.45.- <i>Zilla macroptera</i> Coss.	101
3.46.- <i>Zygophyllum album</i> L.	102
Chapitre 2 : Caractérisation physiologique des graines	103
1.- Etude de l'influence de quelques facteurs abiotiques sur la germination	104
1.1.- Influence de la température sur la germination des graines	105

1.2.- Influence de la salinité sur la germination des graines	122
1.3.- Influence de la lumière sur la germination des graines	139
2.- Essai de levée de la dormance	152
2.1.- Effet du traitement par le froid sur la germination des graines	152
2.2.- Effet du traitement par la gibbérilline sur la germination des graines	165
Discussion générale	181
Discussion générale	182
Conclusion générale	191
Conclusion générale	192
Références bibliographiques	196
Références bibliographiques	197
Annexes	223
Annexes	224
Table des matières	229

Introduction générale

Contexte, objectifs et démarche

Incroyables plantes sahariennes

Extrait de Méharées de Théodore Mond, éd. Acte Sud (p. 176)

« Vivre au Sahara, pour une plante, n'est pas à la portée du premier pissenlit venu : ni le perce-neige, ni l'ancolie, ni la pivoine ne s'y trouveraient à leur aise.

C'est donc qu'il y faut des qualités toutes particulières, qu'il s'agisse d'espèces vivaces, spécialement outillées pour atteindre ou retenir l'humidité, ou de formes annuelles qui doivent pouvoir profiter de la moindre averse pour germer, fleurir et grainer, avant que le sol ne retourne, et pour des années peut-être, à l'état – modérément réjouissant pour une semence pleine d'ambition professionnelle – de poudre de silice anhydre.

On a décrit une série d'adaptations morphologiques, censées expliquer la résistance des espèces aux conditions sévères dans lesquelles elles vivent : dimensions des racines, réduction des feuilles, fréquence de la forme en rosette appliquée, revêtement pileux, cireux, coriaces, spinescence, feuilles charnues, sécrétions glandulaires, écorces à chlorophylle, graines adhésives, graines soudées – ou « synaptospermie », C'est plus élégant –, etc.

Les plantes vivaces font ainsi des prodiges d'ingéniosité *anatomique* pour parvenir à ne pas mourir, les annuelles constituant l'acheb, l'éphémère prairie que fait lever l'averse, opèrent des miracles *physiologiques*.

Il leur faut, dès que la pluie a mouillé le sable, et le plus rapidement possible, avant d'être torréfiées vivantes, parcourir le cycle de végétation. Pas de temps à perdre. C'est une question d'heures. Et graines de germer à l'envi. ».

Les graines du Sahara savent que l'humidité ne durera pas. Ainsi l'on se dépêche : huit jours après sa germination, un pied de *Boerhavia repens* à fleuri, mûri et semé ses graines ..., un record.

(Valicourt, 2000).

Introduction générale

Les déserts sont des zones arides qui recouvrent 35% de la surface émergée du globe, aussi bien dans l'espace intertropical que dans les régions extérieures aux tropiques (**Spichiger *et al.*, 2004**).

Le Sahara est le plus vaste désert chaud du monde, mais aussi le plus expressif et typique par l'aridité extrême, dans lequel les conditions désertiques atteignent leur plus grande sévérité. Le Sahara s'étend à travers le tiers nord du continent africain de l'Atlantique à la Mer Rouge sur une superficie totale de 8 000 000 Km². Pratiquement, ses limites sont en dessous des isohyètes 100 à 150 mm. Au Sahara, il n'y a pas de véritables sols, mais plutôt des lithosols, c'est-à-dire des substrats constitués par les produits d'érosion éolienne et hydrique.

Le Sahara demeure l'un des territoires les moins connus sur le plan de la biodiversité. La diversité des conditions environnementales et une histoire biogéographique complexe expliquent les différences bien tranchées dans l'expression de la biodiversité saharienne. Une telle situation écologique peut fournir des enseignements précieux dans la compréhension des capacités de persistance ou d'adaptation de la biodiversité face à des changements globaux sévères et rapides. Ainsi, le Sahara forme un champ d'investigation unique pour les sciences de la biodiversité. Bien trop négligé, il mérite d'être réinvesti car son exploration scientifique apportera de nouveaux éclairages sur la dynamique et la conservation de la biodiversité en situation extrême (**Médail, 2013**).

Le Sahara possède dans sa partie Nord, le Sahara septentrional. Il se présente comme une zone de transition entre les steppes méditerranéennes nord africaines et le Sahara central (**Le Houérou, 1990**). En Algérie, le plus grand pays en Afrique (2 381 741 Km²), le Sahara occupe environ 4/5 (2 000 000 Km²) de la surface. En Algérie, le risque de la désertification est en provenance du Sahara à la région méditerranéenne. La cause naturelle principale est bien connue : la sécheresse. Les causes anthropiques (démographie, surpâturages, défrichement des parcours, ...etc.) le sont moins, constituent une pression nouvelle et supplémentaire, introduisant un risque de disparition pour certaines espèces végétales de ce milieu (**Ayyad, 2003; Darkoh, 2003; Nedjraoui et Bédrani, 2008; Toumi *et al.*, 2017**).

La diversité végétale de l'écosystème saharien procurait pour les populations humaines qui s'y vivent des services directs : une source de nourriture, de médicaments grâce aux propriétés pharmacologiques (**Ould El Hadj *et al.*, 2003a; Telli *et al.*, 2016; Ben Jannet *et al.*, 2017**). Ainsi que des services indirects : les diverses espèces protègent le sol contre l'érosion éolienne, le stockage de l'eau et la fertilité du sol. D'autres avantages économiques, tels que des sources de fourrage ou de bois de chauffage (**Senoussi et Bensemaoune, 2011; Bidak *et al.*, 2015**).

Dans les régions sahariennes, les données fiables sur le fonctionnement de ces écosystèmes et leur transformation en agrosystèmes et surtout sur les types de dégradation et la possibilité de récupération des sols affectés, sont peu abondantes, peu diffusées et peu exploitées (**Aronson *et al.*, 1995; Le Floc'h et Aronson, 1995**). Il est très probable que dans l'avenir, si aucune mesure de conservation de la biodiversité sont prises, le processus de désertification va conduire à l'homogénéisation de la végétation en faveur des assemblages de plantes rudérales et les espèces introduites (**Bigirimana *et al.*, 2011**).

Une fois dégradé, l'écosystème est bien souvent lent ou inapte à se reconstruire ; sa résilience est faible ou nulle à un seuil d'irréversibilité écologique (**Aronson *et al.*, 1995**). Même si les conditions initiales sont reconstituées il est pratiquement impossible de revenir au couvert végétal initial (**Bakker et Berendse, 1999**).

Plusieurs travaux, ont rapporté que les parcours arides et semi-arides peuvent ne pas récupérer plusieurs années après la clôture contre le bétail (**Kassahun *et al.*, 2009**). Dans les situations où la dégradation des parcours a atteint le seuil d'irréversibilité écologique et où la reconstitution de l'écosystème par une simple mise en défens n'est plus possible, la réaffectation par plantation s'impose. Il y a lieu cependant de mentionner que la plupart des tentatives de resemis des parcours par des espèces herbacées introduites et des arbustes exotiques ont été vouées à l'échec en raison de la mauvaise adaptation de ces espèces (**Ben Salem *et al.*, 2008**).

La réhabilitation des terres dans les zones arides est confronté à de nombreux défis (**Anderson et Ostler, 2002**). En particulier, l'aridité forte saisonnalité, les précipitations faibles et irrégulières (**Glenn *et al.*, 1998; Snyman, 2003**) et l'activité éolienne intense. Parmi les obstacles dans la zone aride, la flore très évoluée avec un haut niveau de la spéciation, à faible capacité de dispersion des plantes et un haut degré de dormance des

graines. En conséquence, la remise en végétation des terres après une perturbation dans les zones arides exige un haut niveau de l'intervention humaine (**Chidumayo et al., 2011**).

Le manque de connaissance sur la germination des graines entravent les efforts de réhabilitation dans les zones arides après une perturbation (**Baskin et Baskin, 2003**).

Peu de travail a été fait sur la germination et la croissance des plantes locales sahariennes de l'Algérie. Et la pauvreté des espèces sahariennes s'accompagne avec un manque des références botaniques qu'en existe seulement deux flores (**Quézel et Santa, 1962, 1963; Ozenda, 1977, 1991, 2004**). Ces deux référenciés sont utilisés pour l'identification et la détermination des espèces. La caractérisation des graines dans ces deux référenciés existe sous forme de schémas ou bien des informations peu suffisantes. Il n'y a pas jusqu'à présent une référence pour l'identification des graines du pâturage Algérien. Alors que, la graine est l'organe le plus important pour la vie des plantes à graine (**Baskin et Baskin, 2014; Bewley et Black, 1994; Gurvich et al., 2017; Penfield, 2017**) et représente le moyen de dissémination des plantes.

Dans ce contexte, le but de nos recherches est i) d'inventorier la flore en graines des milieux naturels et perturbés, ii) caractériser sur le plan botanique, physiologique et écologique les graines inventoriées.

Les résultats de nos recherches sont présentés en deux chapitres dont le premier est consacré à la caractérisation et l'identification de la flore saharienne en graines « Petit Atlas des graines » cas de la région de Ouargla. Le deuxième chapitre s'attachera ainsi à la caractérisation physiologique de la collection de graines en se basant sur des tests de germination, sous l'effet des principaux facteurs : température, salinité et lumière. Et à l'étude des méthodes de levée de dormance.

Les applications de cette étude sont d'ordre scientifique dans la conservation des ressources phytogénétiques et la réalisation d'un inventaire floristique des plantes à fruits de la zone d'étude. Ainsi qu'elle est importante pour les gestionnaires des terres et des organismes de conservation dans l'optimisation de la germination des graines des zones arides pour la restauration. Une discussion générale et des perspectives concluent le manuscrit.

PREMIERE PARTIE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.- La germination

1.1.- Définition

Par définition, la germination comprend les événements qui commencent par l'absorption d'eau par la graine sèche au repos et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire (**Bewley et Black, 1994**). Le signe visible que la germination est complète est généralement la pénétration des structures entourant l'embryon par la radicule; le résultat est souvent appelé germination visible (**Bewley, 1997**).

Meyer et al. (2004) définissent la germination au sens strict comme étant la phase de réactivation du métabolisme après réhydratation de la graine, sans changement morphologique apparent.

La germination se traduit par une activation des réactions enzymatiques dans toutes les parties de la graine (embryon et tissus de réserve), conduisant à la croissance de l'embryon et à la constitution d'un germe (**Bouakez et Hamadouche, 2015**).

Chez la plupart des espèces la germination est terminée lorsque la radicule émerge des téguments de la graine. L'émergence de la radicule est due à l'action concertée du grandissement des cellules de la radicule (**Hopkins, 2003**).

Quand les conditions sont favorables et la dormance est levée, la graine sort de sa vie ralentie et germe. Elle s'imbibe d'eau, se gonfle, le tégument se fend et la radicule émerge et s'oriente vers le sol selon un gravitropisme positif. Puis, la tigelle émerge et s'allonge vers le ciel (Fig.1) (**Meyer et al., 2004**).

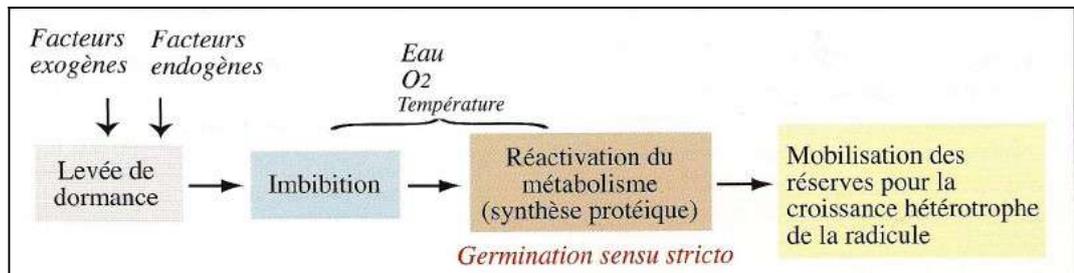


Figure 1 : Etapes de la germination d'une graine (Meyer et al., 2004).

1.2.- Conditions de la germination

L'ensemble des facteurs qui interviennent au moment de la germination mais aussi tout au long de la vie d'une semence, depuis sa création sur la plante mère jusqu'à sa reprise d'activité, exerce une influence sur le comportement de cette semence lorsqu'elle est mise à germer. La qualité germinative d'une semence est fonction de son génome mais aussi de multiples autres facteurs (Fig.2) (Hoareau, 2012).

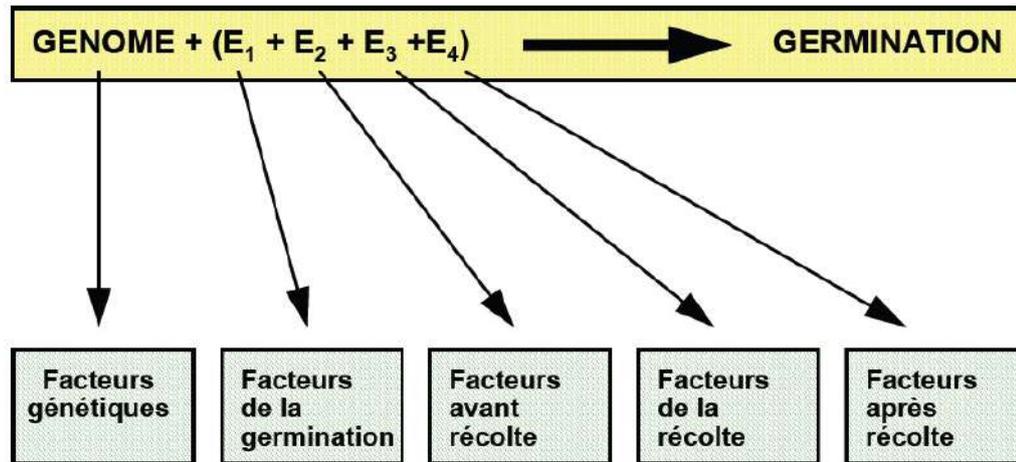


Figure 2 : Les différents facteurs impliqués dans la qualité germinative des semences (Côme, 1970).

(i) L'espèce, la variété, la taille ou le poids des semences sont quelques-uns des **facteurs génétiques** qui peuvent avoir une influence sur la qualité germinative des semences. (ii) Les **facteurs avant récolte** correspondent, entre autres : au climat (température, pluie et lumière) ; à la position des semences sur la plante mère ; à l'âge de la plante mère. (iii) Concernant **les facteurs de la récolte**, c'est certainement le stade de maturité des semences au moment de leur récolte qui intervient principalement dans la germination ; la date de récolte est donc importante. (iv) S'agissant des **facteurs après récolte**, tous les traitements auxquels les semences sont soumises après leur récolte peuvent avoir une incidence sur leurs propriétés germinatives. (v) Les **facteurs de la germination**, c'est à dire ceux qui interviennent au moment de la germination, sont nombreux. Les plus couramment étudiés sont la température, l'oxygène et la lumière. En fait, c'est l'influence combinée de ces différents facteurs qui rend possible ou non la germination. Ainsi, la présence d'eau est obligatoire, mais pas suffisante car il faut aussi que la température soit convenable et que l'embryon soit correctement oxygéné. Les inhibiteurs de germination, le substrat (profondeur du semis et granulométrie) et les

conditions des tests au laboratoire (pH du milieu, densité de semences) sont aussi des facteurs qui peuvent influencer la qualité germinative des semences (**Hoareau, 2012**).

La germination ne se produit que si des conditions extérieures (humidité, température, oxygène, luminosité ou durée du jour, ...etc.) sont conjointement présentes et favorables ; de même que les facteurs internes (maturité, viabilité, dormance, ...etc.).

1.2.1.- Conditions internes

1.2.1.1.- Maturité des graines

La première condition à remplir pour qu'une graine germe est qu'elle soit à maturité c'est-à-dire que toutes les parties constitutives : enveloppes séminales (tégument + éventuellement péricarpe) amande (tissus de réserves + embryon), soient complètement différenciées morphologiquement (**Heller *et al.*, 2004**).

1.2.1.2.- Longévité des graines

C'est la durée pendant laquelle les graines restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif, et qui varie considérablement selon les espèces. La grande longévité présente un intérêt biologique évident, en particulier, dans les régions arides où les conditions peuvent être défavorables à la germination (**Heller *et al.*, 2004**).

Selon **Finch-Savage et Leubner-Metzger (2006)**, certaines graines ne peuvent germer qu'après avoir subi :

- Un froid intense qui lève les dormances, c'est la vernalisation (stratification) ;
- Un passage dans le tube digestif d'un animal « spécifique » (herbivore, ...) ;
- Une dégradation de leur cuticule externe par un acide (graines de milieux acides, ou germant dans certaines fourmilières) ;
- Un passage dans les flammes (plante pyrophyte) ;
- Une abrasion (pour des plantes dont les graines sont dispersées par l'eau ou en contact avec les grains de sables) ;
- Une dégradation de la cuticule hydrophobe par les bactéries et/ou champignons.

1.2.2.- Conditions externes

Certaines graines germent au printemps lorsque les températures sont basses, d'autres en été quand il fait chaud. Certaines graines germent mieux à la lumière, d'autres à l'obscurité. Parmi les conditions qui ont une grande influence sur la germination : l'eau, l'oxygène, la température et la lumière (**Crosaz, 1995**).

1.2.2.1.- L'eau

Selon **Henry (1951)**, l'eau intervient dans la germination de la manière suivante :

- En imbibant les téguments de la graine et en accroissant leur perméabilité aux gaz ;
- En réhydratant le cytoplasme, ce qui assure une dispersion des colloïdes, nécessaires à ce retour à l'état de vie active ;
- En réhydratant les réserves, ce qui provoque notamment la reconstitution des vacuoles à partir des graines d'aleurone ou l'hydrolyse de glucide.

1.2.2.2.- L'oxygène

D'après **Heller et al. (2004)**, l'optimum de germination se produit dans de bonnes conditions d'aération et sous une composition normale de l'air.

1.2.2.3.- La température

Selon **Henry (1951)**, la température a deux actions :

- Soit directe, par l'augmentation de la vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination.
- Soit indirecte par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon, mais surtout au niveau des téguments.

1.2.2.4.- La lumière

L'action de la lumière est nécessaire ou défavorable selon les espèces, mais sous forme d'énergie très faible. Reçue par le photochrome, la lumière lève ou installe une dormance (**Heller et al., 2004**).

- 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-) (Crosaz, 1995).

1.3.- Types de germination

On distingue deux types de germination au sens large (Fig.3):

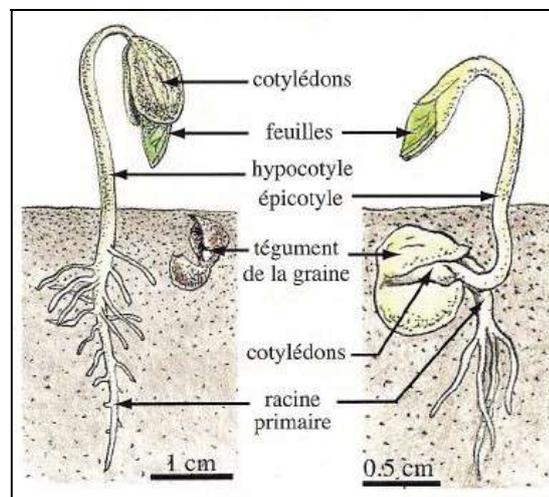


Figure 3 : Germination épigée du haricot (à gauche) et hypogée du pois (à droite) (Meyer *et al.*, 2004).

1.3.1.- Germination épigée

Du grec *e*pi= sur et *g*e= la terre, au cours de laquelle l'allongement de la tige porte les cotylédons au-dessus du niveau du sol (cas du haricot) (Meyer *et al.*, 2004).

Les premières feuilles, au-dessus des cotylédons sont les feuilles primordiales (elles sont plus simples que les futures feuilles).

1.3.2.- Germination hypogée

Du grec *u*po= sous et *g*e= la terre, au cours de laquelle, la tige ne s'allonge pas et les cotylédons restent en terre (cas du pois) (Meyer *et al.*, 2004).

1.4.- Phases de germination

La germination correspond à l'étape par laquelle une semence en vie ralentie "se réveille" et donne naissance à une plantule. Ce passage met en jeu des mécanismes physiologiques complexes qui sont assez bien identifiés aujourd'hui (Crosaz, 1995).

Selon Côme (1982), la germination comprend trois phases successives (Fig.4) :

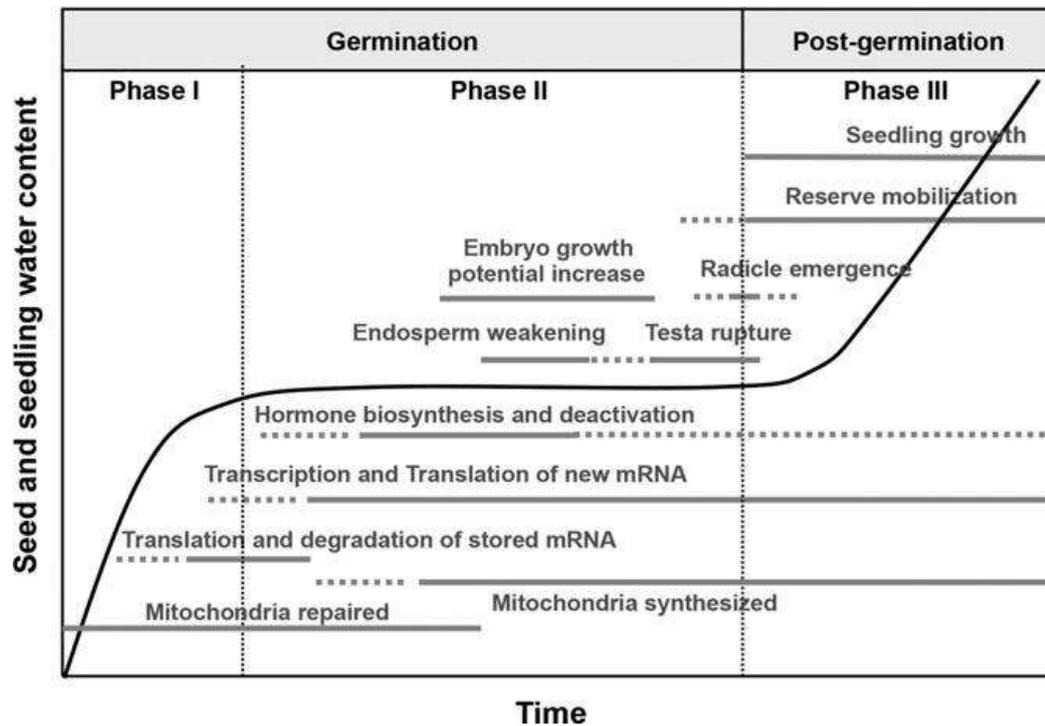


Figure 4 : Absorption d'eau et principaux événements pendant et après la germination (Bewley et Nonogaki, 2017).

Remarque : La durée des événements varie de plusieurs heures à plusieurs semaines, en fonction des espèces végétales et des conditions de germination (Bewley, 1997).

✓ Phase d'imbibition. C'est un phénomène d'entrée rapide et passive d'eau. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes (Côme, 1982). La phase I est une augmentation rapide de la teneur en eau des graines au cours de laquelle les membranes et l'ADN sont arrangés et la synthèse des protéines (traduction) commence (Bewley et Nonogaki, 2017).

✓ Phase de germination (*stricto sensu*). C'est une phase très importante car elle conditionne la croissance ultérieure (Côme, 1982). Plus de transcription et de traduction se produisent pendant la phase II, lorsque la teneur en eau de la graine augmente très peu. Les événements majeurs de la phase II comprennent la génération du potentiel de croissance de

l'embryon et, le cas échéant, le ramollissement des tissus recouvrant les semences, tels que l'endosperme micropylaire (Bewley et Nonogaki, 2017).

✓ Phase de croissance. Elle est caractérisée par une augmentation de la respiration et l'entrée d'eau (Côme, 1982). L'émergence des radicules entraîne une autre augmentation de la teneur en eau, définie comme la phase III, le stade post-germinatif (Bewley et Nonogaki, 2017).

2.- Le stress : Effets et stratégies d'adaptation

Les plantes se trouvent rarement dans des conditions environnementales optimales. Souvent des conditions extrêmes de potentiel hydrique, de température, de salinité ainsi que d'autres facteurs amènent les organismes à la limite de la survie. L'étude des plantes placées dans ces conditions est appelée « physiologie des stress ». Le terme stratégie est souvent utilisé pour décrire la façon dont une plante apporte une réponse positive à un stress particulier (Hopkins, 2003).

La germination est une étape critique du cycle de vie des plantes, en particulier sur les terres arides et semi-arides, soumises à diverses conditions défavorables, ce qui a de graves répercussions sur le peuplement de végétation qui s'ensuit. Le succès de la propagation naturelle dépend principalement de la réponse des graines vers l'interférence de divers facteurs externes. Par conséquent, le succès de la germination des graines peut refléter la taille, la distribution et l'abondance de la population (Krichen *et al.*, 2014).

Les disponibilités en eau dans le sol, la température et la salinité font partie des conditions environnementales les plus importantes qui affectent la germination des graines et donc l'établissement et la survie des plantes dans les zones arides (Al-Taisan *et al.*, 2010).

2.1.- Stress hydrique

Un stress hydrique peut se produire aussi bien sous l'effet d'un excès que d'un manque d'eau. Le stress provoqué par un déficit hydrique est bien plus fréquent, de sorte que l'expression de stress de déficit hydrique est abrégée en stress hydrique. Comme le stress hydrique dans des environnements naturels est dû à l'absence de pluies (une condition dite de sécheresse), ce stress est appelé stress de sécheresse (Hopkins, 2003).

La sécheresse est l'un de principaux facteurs environnementaux qui affecte grandement la germination des espèces cultivées et réduit leur survie au cours des stades précoces de développement (**Bouakez et Hamadouche, 2015**).

2.2.- Stress thermique

La température est l'un des facteurs les plus cruciaux de l'environnement physique des plantes. Elle exerce une profonde influence sur la croissance et le développement des plantes, sur leur distribution géographique et même sur leur survie (**Hopkins, 2003**).

Outre l'eau, la température du sol peut être importante pour la germination des graines en milieu aride (**Pérez-Sánchez et al., 2011**). Il y a des espèces pour lesquelles les températures de germination optimales coïncident avec les températures moyennes de la saison de germination de leurs habitats locaux (**Flores et Briones, 2001**). Certaines études rapportent que lorsque la température est proche de la germination optimale des graines, le potentiel hydrique devient moins contraignant (**Gurvich et al., 2017**).

Trois types de températures extrêmes peuvent causer des dégâts aux plantes : le froid, le gel et les températures élevées (**Hopkins, 2003**).

2.3.- Stress salin

Des concentrations élevées en sel dans la rhizosphère provoquent un stress, du fait du déficit en eau et de la toxicité des ions. L'exclusion de sel et l'ajustement osmotique, jouent un rôle essentiel dans la tolérance à des environnements très salés (**Hopkins, 2003**).

La salinité est le principal facteur environnemental limitant le rendement des cultures (**Flowers, 2004; Panuccio et al., 2014**). Il est connu pour réduire la germination des graines, diminuer la croissance des plantules et affecter d'autres processus métaboliques (**Khan, 1996; Gul et al., 2013**). Les sites métaboliques où le stress salin endommage les plantes et, inversement, les mécanismes d'adaptation utilisés par les plantes pour survivre au stress salin ne sont toujours pas bien compris (**Ashraf et Harris, 2004**). Un niveau de sel élevé d'un milieu de germination peut induire une réduction, un retard et même une inhibition complète de germination, due à un effet osmotique et/ou à une toxicité ionique (**Berhanu et Berhane, 2014**).

Les plantes peuvent répondre aux stress de diverses façons. Elles peuvent éviter leurs effets en accomplissant leur croissance durant les périodes de moindre stress, ou bien,

des modifications spécifiques de leur métabolisme leur permettent d'éviter ou de tolérer les effets de stress. Si elles ne peuvent le supporter, auquel cas elles subiront des lésions (Hopkins, 2003).

3.- La dormance

La dormance est un ensemble de mécanismes de défense, qui aide la plante à survivre aux conditions défavorables. Pour permettre la survie, les mécanismes de la dormance doivent se mettre en place avant l'arrivée des conditions défavorables, ce qui signifie que la plante doit être capable d'anticiper les changements climatiques. Ces mécanismes doivent également, donner l'assurance que la dormance ne sera pas levée, avant que les conditions environnementales favorables à une reprise d'une croissance normale et du développement ne soient satisfaites (Hopkins, 2003).

La dormance des semences prédomine dans les environnements arides à semi-arides et tempérés (Sweedman et Merritt, 2006). Ce blocage à la germination a évolué différemment selon les espèces par le biais d'adaptation à l'environnement en lien avec la diversité de climats et d'habitats (Fenner et Thompson, 2005).

Selon Baskin et Baskin (2014), la dormance d'une graine signifie simplement pour de nombreuses personnes qu'une graine n'a pas germé, mais cette définition est inadéquate. Les conditions environnementales défavorables sont une des raisons du manque de germination des graines alors que certains facteurs associés à la graine en soi empêchent la germination. Une deuxième raison pour laquelle les graines peuvent ne pas germer est une propriété de la graine (ou de l'unité de dispersion).

La dormance peut être liée à la présence d'inhibiteurs, la présence de protéines photosensibles ou chromoprotéines, l'imperméabilité des enveloppes à l'eau ou à l'oxygène, et/ou à la résistance mécanique des enveloppes. C'est une propriété innée qui est définie par des facteurs génétiques et environnementaux pendant le développement de la graine (Fig.5) (N'Dri *et al.*, 2011).

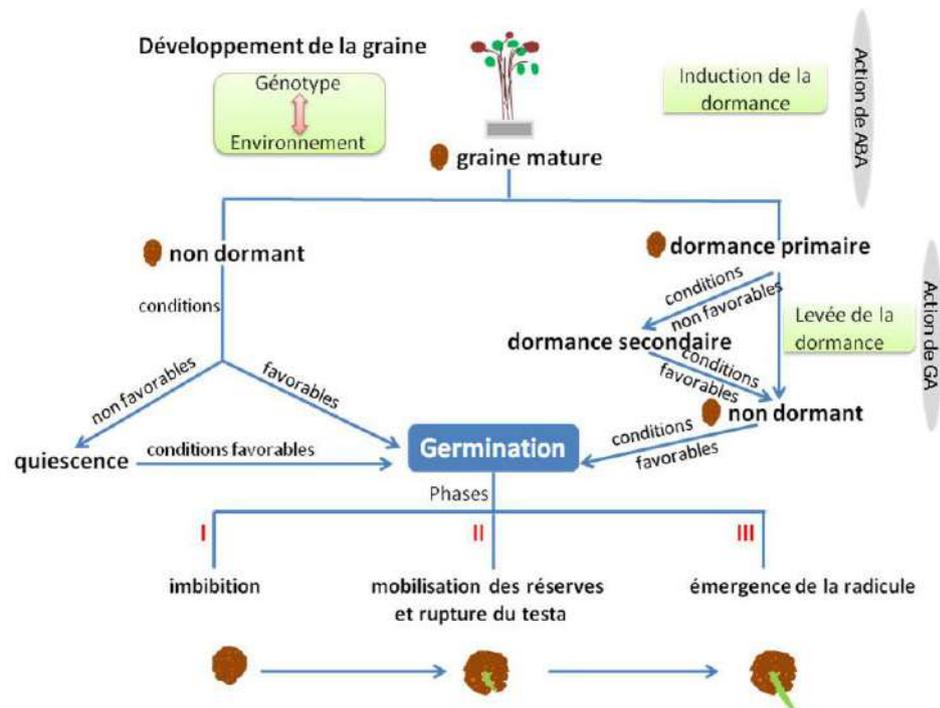


Figure 5 : Influence des conditions environnementales sur le développement, la dormance et la germination de la graine (N'Dri *et al.*, 2011).

3.1.- Types de dormance

Il existe plusieurs types de dormances, classés selon certains critères :

3.1.1.- Selon la chronologie : Primaire ou secondaire

On distingue la *dormance primaire*, acquise à l'issue du développement embryonnaire sur la plante mère et la *dormance secondaire* acquise plus tardivement chez des semences en vie ralentie. Cette aptitude à l'entrée en dormance secondaire lorsque les conditions de germination sont défavorables permet la construction d'un stock de graines dans le sol. Elle permet d'étaler les germinations au cours du temps à la faveur du maintien de la diversité des peuplements végétaux (Meyer *et al.*, 2004).

La germinabilité est influencée par des facteurs biotiques et abiotiques du développement des graines par la germination. Pendant le développement des graines, les facteurs environnementaux et génétiques interagissent pour déterminer le niveau de germination dans la graine mature (Foley, 2001).

Après avoir été retirées de la plante mère et après imbibition dans des conditions favorables, les graines matures ayant une germinabilité réduite sont appelées *dormantes*

primaires. Les graines qui présentent un début et une vitesse de germination relativement rapides ne sont pas dormantes. En règle générale, les graines non dormantes et complètement mûries imbibées dans des conditions défavorables ne germeront pas et seront appelées *quiescentes*. Des périodes prolongées dans des conditions défavorables à la germination peuvent entraîner l'induction d'une *dormance secondaire* (Fig.6) (Foley, 2001).

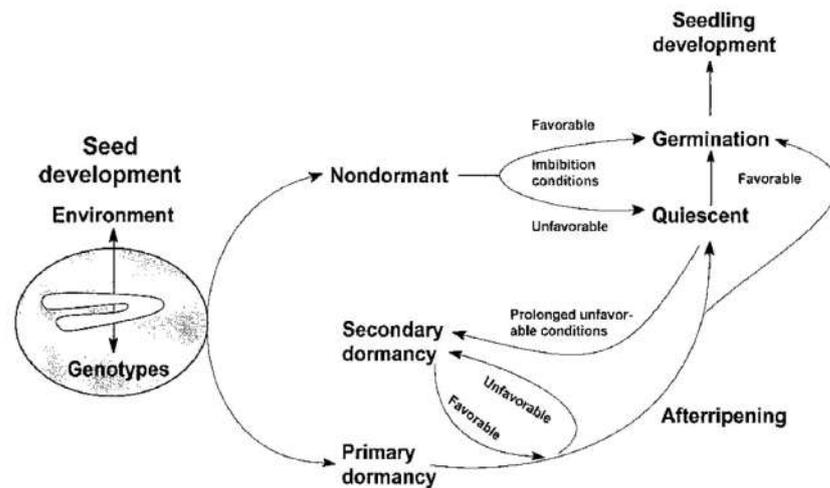


Figure 6 : Dormance primaire et dormance secondaire d'une graine (Foley, 2001).

Selon **Baskin et Baskin (2014)**, il existe actuellement cinq classes de dormance: dormance physiologique (PD), dormance morphologique (MD), dormance morpho-physiologique (MPD), dormance physique (PY) et dormance combinée (PY + PD).

3.1.2.- Selon la source : Endogène ou exogène

La *dormance exogène*, peut être due à certaines caractéristiques relatives aux téguments, de nature physique : par exemple l'imperméabilité du tégument ou du péricarpe à l'eau, de nature chimique : telle que la présence d'inhibiteurs dans le péricarpe ou le tégument ou bien de nature mécanique : résistance du tégument à la croissance de l'embryon (**Finch-Savage et Leubner-Metzger, 2006**).

La *dormance endogène*, est souvent due à un blocage au niveau de l'embryon. La germination est empêchée morphologiquement, par exemple un développement incomplet de l'embryon ; ou physiologiquement par un mécanisme inhibiteur physiologique (léger, intermédiaire ou profond).

On peut assister à une dormance morpho-physiologique combinée telle qu'une combinaison d'un développement incomplet de l'embryon et d'une forte inhibition physiologique (Finch-Savage et Leubner-Metzger, 2006).

3.1.3.- Selon le mécanisme : Physiologique, morphologique

La dormance physiologique, où l'embryon a un faible potentiel de croissance et ne peut pas surmonter la mécanique contrainte de la graine ou de l'enveloppe du fruit, est largement répandue chez la plupart des plantes à graines existantes. Moins communes mais tout aussi répandues phylogénétiquement sont la dormance morphologique et la dormance morpho-physiologique (Sweedman et Merritt, 2006).

3.2.- Levée de dormance

Certaines graines perdent leur dormance alors qu'elles sont encore à l'état sec, lorsque leur taux de métabolisme est très faible. Cependant, les graines dormantes imbibées sont métaboliquement très actives et, dans cet état, elles peuvent recevoir un signal externe (par exemple, lumière, refroidissement, températures alternatives et traitement chimique ou hormonal) pouvant stimuler la germination (Bewley, 1997).

La dormance est sous le contrôle phytohormonal. L'acide abscissique induit la dormance chez certaines espèces, comme *Arabidopsis thaliana*. Par contre, les gibbérellines et l'éthylène entraînent sa levée (Meyer *et al.*, 2004). Humidité, température et/ou luminosité déterminées agissent sur la production des hormones végétales, et donc sur la durée de dormance.

L'ABA maintient la dormance tandis que l'AG favorise la germination. En général, l'expression continue des gènes de la biosynthèse de l'ABA et de la désactivation de l'AG, qui maintiennent des teneurs élevées en ABA dans les semences par rapport à l'AG, est responsable de la dormance (Bewley et Nonogaki, 2017).

La levée de dormance, est accomplie par divers mécanismes incluant des interactions complexes entre l'environnement et les facteurs internes (Finkelstein *et al.*, 2008).

Elle est caractérisée par une augmentation de la biosynthèse des GA et une dégradation de l'ABA (Finch-Savage et Leubner-Metzger, 2006).

Plusieurs techniques variant selon l'espèce et la nature de la dormance, sont prescrites pour lever la dormance avant le semis ou les tests de germination. La stratification froide (vernalisation) ou chaude (estivation), la scarification (mécanique, chimique ou physique), l'élimination des téguments et l'élimination des substances inhibitrices sont des procédés proposés (**Bacchetta et al., 2006**).

3.2.1.- Scarification

Les semences des espèces appartenant aux familles ayant des téguments séminaux ou des endocarpes ligneux très durs et imperméables (ex.: *Fabaceae*, *Cistaceae*, *Convolvulaceae*, *Oleaceae*, etc.) doivent être scarifiées de façon mécanique, chimique ou physique (**Bacchetta et al., 2006**).

3.2.1.1.- Scarification chimique

Les scarifications de type chimique prévoient l'immersion des graines dans de l'acide sulfurique à 96% pour un temps variable, afin de ramollir les téguments. Après traitement, les graines doivent être rincées à l'eau courante avant de commencer le test de germination ou de procéder au semis (**Bacchetta et al., 2006**).

3.2.1.2.- Scarification mécanique

La scarification mécanique prévoit l'ouverture, la coupe ou l'abrasion avec du papier émeri des téguments extérieurs afin de permettre l'imbibition des graines. La partie de la graine la plus adaptée aux scarifications mécaniques est celle située immédiatement au-dessus du sommet des cotylédons (**ISTA, 2006**).

3.2.1.3.- Scarification physique

Selon **Bacchetta et al. (2006)**, les scarifications physiques des graines consistent essentiellement en un passage en eau bouillante suivi d'un trempage de 12-24 heures dans de l'eau afin d'assouplir les téguments et de favoriser l'imbibition.

L'eau doit être retirée de la source de chaleur avant d'y verser les graines, celle-ci est généralement dosée à dix volumes d'eau pour un volume de graines et doit être agitée régulièrement jusqu'à son refroidissement (**Bacchetta et al., 2006**).

Pour lever la dormance embryonnaire, plusieurs traitements sont recommandés : par exemple le *pré-chilling* (également appelé stratification au froid), le préchauffage, l'application d'acide gibbérellique (GA₃) à faible concentration, l'ajout de nitrate de potassium (KNO₃) au substrat et la lumière.

3.2.2.- *Prechilling* (Stratification au froid)

L'exposition à des températures basses qui satisfont les besoins en froid nécessaires à la germination est peut-être aussi connue sous le terme de scarification. Comme pour la levée de dormance des bourgeons, les températures proches de zéro ou en dessous de 10°C sont les plus efficaces pour lever la dormance des graines. Pour la plupart des espèces l'optimum se situe aux alentours de 5 °C. Dans une population de graines, l'efficacité est aussi fonction de la durée du traitement par le froid (**Hopkins, 2003**).

3.2.3.- Stratification chaude, estivation, *preheating* ou *warming*

Dans la nature, Un incendie (ou la chaleur d'un incendie) peut avoir des effets différents sur les semences. De nombreuses espèces présentant des pourcentages de germination accrus après une exposition à 80 °C jusqu'à 120 °C. Elles appartiennent à des familles dont les graines ont une (PY). Ainsi, les températures élevées peuvent rendre les enveloppes de graines ou de fruits perméables à l'eau (**Baskin et Baskin, 2014**).

Au laboratoire, les semences sont traitées à une température ne dépassant pas 40 °C pendant sept jours, avec une circulation de l'air libre avant germination dans les conditions recommandées (**Rao et al., 2006**).

3.2.4.- Hormones ou autres molécules

La levée de la dormance est réalisée par divers mécanismes incluant des interactions complexes avec l'environnement médiées par des phytohormones et d'autres petites molécules tel que : les gibbérellines, les brassinostéroïdes et l'éthylène et les composés azotés tels que les nitrates et l'oxyde nitrique (NO). Des études moléculaires sur la dormance ont mis en corrélation les modifications des transcriptomes, des protéomes et des taux d'hormones avec des états de dormance variables (**Finkelstein et al., 2008**).

3.2.4.1.- Gibbérellines

Les gibbérellines [par exemple, l'acide gibbérellique (GA)] sont une famille de 136 diterpènes tétracycliques, dont un petit sous-groupe est actif comme hormones végétales et connu pour stimuler la germination des graines d'une large gamme d'espèces végétales; l'AG active prédominante dépend de l'espèce (**Finkelstein *et al.*, 2008**).

Les gibbérellines stimulent la germination en induisant des enzymes hydrolytiques qui affaiblissent les tissus barrières tels que l'endosperme ou l'enveloppe de la graine, induisant la mobilisation des réserves de stockage de la graine et en stimulant l'expansion de l'embryon. Elles s'opposent donc aux effets de l'acide abscissique.

L'application de gibbérelline permet aussi de lever les dormances dues à la photosensibilité positive des semences. Il faut noter que la solution de gibbérelline confectionnée au laboratoire ne se conserve qu'au froid, à l'obscurité et au maximum une semaine, on risque sinon de ne pas obtenir l'effet désiré (**Bacchetta *et al.*, 2006**).

Du papier pour test de germination est humidifié avec une solution d'acide gibbérellique (GA₃) à 0,05%, préparée en dissolvant 500 mg de GA₃ dans 1 l d'eau. La germination est ensuite poursuivie dans les conditions recommandées (**Rao *et al.*, 2006**).

3.2.4.2.- Ethylène

Comme l'éthylène est un carbure d'hydrogène gazeux simple, qui diffuse facilement depuis son lieu de synthèse, l'étude de son rôle en tant qu'hormone soulève une série de problèmes particuliers (effet polluant par exemple). Il pouvait promouvoir la germination des graines (**Hopkins, 2003**).

L'éthylène favorise la levée de la dormance par des interactions avec la signalisation ABA (**Finkelstein *et al.*, 2008**).

3.2.4.3.- Nitrate de potassium

Une solution de nitrate de potassium (KNO₃) à 0,2%, préparée en dissolvant 2 g de KNO₃ dans 1 l d'eau, est utilisée pour humidifier le papier de germination au début du test. La germination est ensuite poursuivie dans les conditions recommandées (**Rao *et al.*, 2006**).

DEUXIEME PARTIE

MATERIEL & METHODES

Chapitre 1

Description générale de la zone d'étude

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL & METHODES

Chapitre 1 : Description générale de la zone d'étude

Notre zone d'étude est située au Sahara septentrional Est algérien. Sur le plan floristique, cet écosystème est riches en ressources génétiques mais fortement fragilisées par les conditions climatiques extrêmes, caractérisées par des températures élevées et des déficiences pluviométriques, et une extension progressive de l'activité anthropique (Ould El Hadj *et al.*, 2003a, 2003b; Abdelguerfi et Abdelguerfi-Laouar, 2004; Chehma, 2005; Baameur, 2006; Baameur *et al.*, 2015).

Ouargla, est l'une des principales oasis du Sud algérien, dans laquelle le pivot a été introduit en 1986, dans le cadre du grand projet de mise en valeur agricole des régions sahariennes (Chaouch, 2018).

1.- Aspects géographiques

1.1.- Limites territoriales naturelles

La région de Ouargla est limitée par les ruines de *Sedrata* au Sud, par *Hassi El Khefif* au Nord, l'*Erg Touil* à l'Est et à l'Ouest, elle est bordée par le versant oriental de la dorsal du *M'Zab*. Tandis que, le réseau hydrographique se constitue essentiellement de trois grands éléments hydrologiques, l'*Oued M'Ya*, l'*Oued N'SSA*, et l'*Oued M'Zab*. Ces deux derniers *Oueds* participent dans une certaine mesure à l'alimentation en eau des nappes phréatiques malgré la faiblesse des précipitations (Rouvillois-Brigol, 1975).

1.2.- Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude est située au Nord-est du Sahara algérien (Sahara septentrional). Elle couvre une superficie totale de 112 299 km² (Fig.7). Elle s'étend entre la latitude de 28° 30' Sud et 34° 00' Nord et les longitudes 3° 00' Ouest et 7° 00' Est, avec une altitude comprise entre -61m et 638m. Elle décroît du Sud vers le Nord avec une altitude moyenne de 288,5 m (CTS-Arzew, 2018).

Selon le recensement général de la population et de l'habitat (2014), la population de la zone d'étude comporte environ 575 773 habitants, avec une densité de 3,4 habitants/km² (ANDI, 2013).

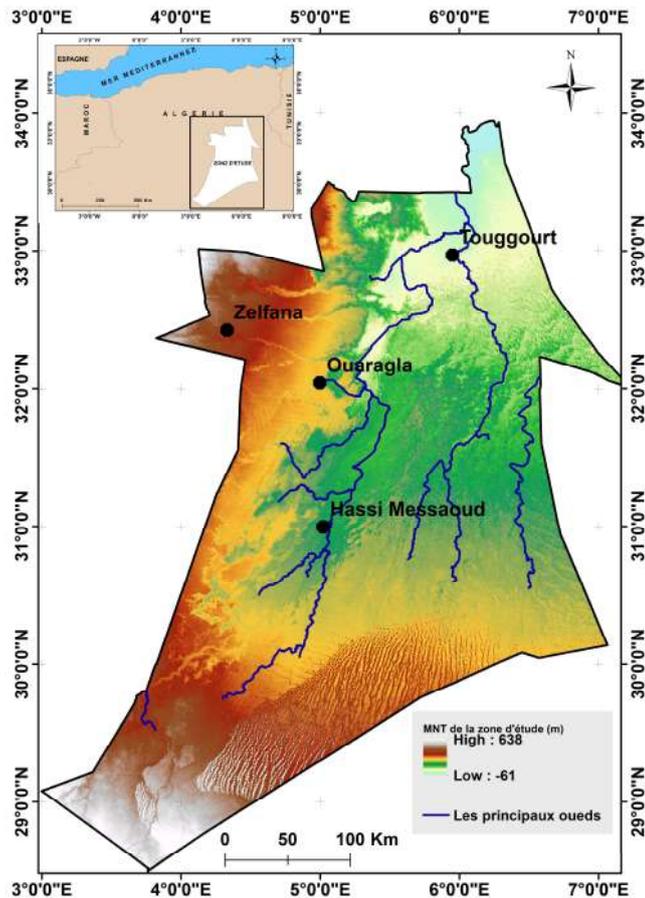


Figure 7 : Localisation de la zone d'étude (Etablie par le logiciel ArcGIS Version 10.3) (Benchettouh, 2018).

Remarque : Dans cette carte, la valeur de chaque pixel représente la classe de pente correspondante. Une palette de couleurs a été appliquée afin de faciliter l'interprétation de l'image.

2.- Cadre physique et biotique

L'étude relative au milieu physique et biotique a porté sur les caractéristiques suivantes : la géomorphologie, la pédologie, l'hydrologie et le climat. Les données ont été recueillies à partir des images du (MNT) (Benchettouh, 2018).

2.1.- Géomorphologie

Au Sahara, contrairement à une opinion très répandue le sable ne couvre qu'une faible partie de la superficie : 20% environ. Les *Hamadas* et les *regs* représentent l'essentiel du paysage ; les *Ergs* dominent et les sols salins couvrent des étendues considérables (Ozenda, 1977).

Selon Belkhira (2008), la géomorphologie de la région de Ouargla est constituée des éléments suivants :

2.1.1.- Les *Hamadas*

Plateaux où affleurent de grandes dalles rocheuses, dont l'altitude est de 200 m en moyenne. L'aspect de ces plateaux horizontaux est variable : tantôt ce sont des dalles nues, époussetées ; tantôt ils sont recouverts d'un reg éluvial de dissociation, cailloutis provenant de la désagrégation mécanique de la roche ; tantôt enfin, ce sont des karsts plus ou moins imparfaits : ils sont coupés par des dayas (**Dresch, 1939**).

2.1.2.- Les formations sableuses

Composées de dunes et de cordons d'*Erg* (**Dresch, 1939**). Les produits transportés par le vent se déposent dans les points où la vitesse du vent diminue, par exemple en bordure des reliefs, où les premières collines sont souvent frangées de dépôts sableux portant le nom de *Nebka*. Le régime général des vents détermine aussi l'accumulation du sable dans les régions entièrement occupées par des dunes et portent le nom d'*Erg*. Les deux grands *Ergs* qui se trouvent dans le Sahara septentrional algérien ont à eux deux une superficie de l'ordre de celle de la France (**Ozenda, 1977**) ;

2.1.3.- Les étendues alluviales

Le ruissellement, encore actif dans les régions relativement arrosées du Sahara septentrional, donne naissance à des *Oueds* temporaires. Là où le courant s'affaiblit par suite de l'élargissement du lit, il se forme des dépôts alluviaux qui portent souvent une riche flore (**Ozenda, 1977**).

Dans la région de Ouargla, ils correspondent au lit de l'*Oued M'Ya* selon un axe Sud-Ouest-Nord-Est (**Dresch, 1939**) ;

2.1.4.- Les *Sebkhas*

Ce sont des dépressions qui servent d'exutoire de la nappe phréatique. La plus grande est la *Sebkhet Safioune* à l'extrémité Nord, c'est aussi le point le plus bas de la région (**Dresch, 1939**).

D'une manière générale la flore des sols salins est toujours pauvre et caractérisée par la prédominance d'espèces spécialement adaptées et notamment des représentants de la famille des Chénopodiacées (**Ozenda, 1977**).

2.2.- Pédologie

Les sols des régions arides, à climat toujours peu pluvieux, sec et très irrégulier, présentent un certain nombre de caractères constants : évolution lente, profondeur souvent réduite, structure faiblement définie avec présence de croûtes calcaires, gypseuses ou salines (**Aubert, 1960**).

Selon **Toutain (1977)**, on peut classer grossièrement les sols du Sahara en trois (03) groupes : les sols détritiques (*Regs*, sols sablonneux et graveleux, dunes, *Ergs*), les sols limono-argileux (vallées, zones d'épandage des crues...etc.) et les sols salés (*Sebkha*, *Chott*).

Les sels constituent les traits caractéristiques de ces sols et ils sont, généralement, classés en fonction du niveau des sels: les sols sans accumulation de sels, les sols calcaires, les sols gypseux, les sols calcaro-gypseux et les sols salés (**Halitim, 1988**).

En effet, de nombreux déserts présentent une très grande variation spatiale des substrats géologiques et, par conséquent, du type de sol (**Ward, 2009**). La surface des différents types de sols de la zone d'étude sont présentés dans le tableau 1.

D'après la figure 8, il existe 7 classes, les sols largement répandus sont les *lithosols* (47,88%). Selon la base de référence mondiale (WRB) de classification des sols, ce sont souvent des sols squelettiques, extrêmement superficiels et très peu évolués. Les sols formés, évoluent directement sur le substratum géologique (roche en place) et non sur des dépôts secondaires alluvions, colluvions, dépôts éoliens (**Pouget, 1980**).

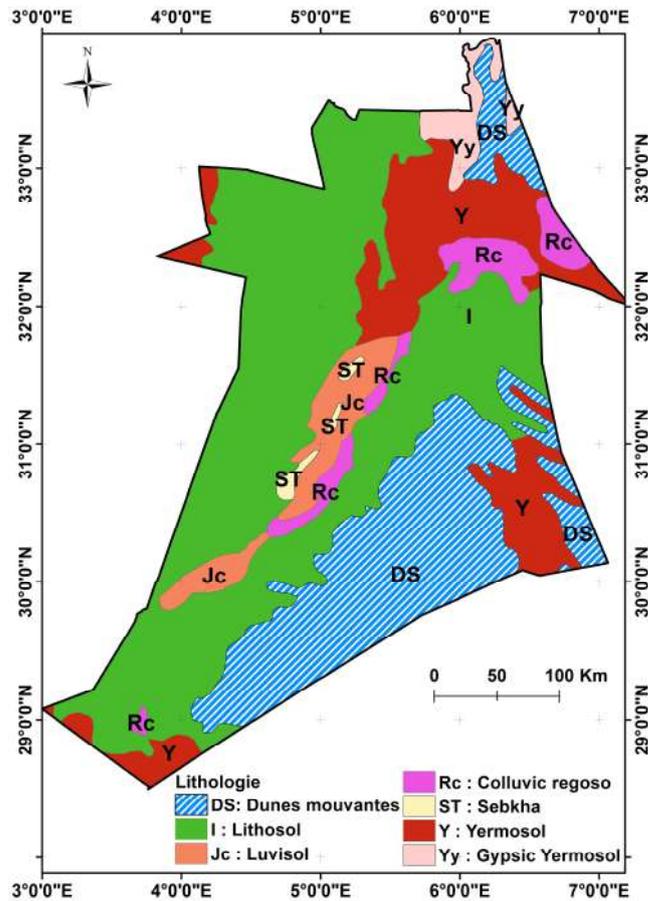


Tableau 1 : Surface des sept types de sol de la zone d'étude.

Lithologie	Surface	
	km ²	%
Lithosol	53 767,4	47,88
Dunes mouvantes	27 791,6	24,74
Yermosol	17 731,3	15,79
Luvisol	5 185,7	4,62
Colluvic regoso	4 872,6	4,34
Gypsic yermosol	2 338	2,09
Sebkha	612,4	0,54
Total	112 299	100

Figure 8 : Carte des sept types de sol de la zone d'étude selon (Borrelli *et al.*, 2017; Panagos *et al.*, 2015).

La région de Ouargla se caractérise par des sols légers, à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une bonne aération et une forte salinité. On distingue trois types de sol qui sont : Sol salsodique ; Sol hydromorphe ; Sol minéral brut (Halilat, 1993).

Selon Youcef *et al.*, (2014), les sols de la région de Ouargla sont caractérisés par une faible teneur en matière organique. On note également la présence de divers types de sels (gypse, calcite, sels solubles...) pouvant s'accumuler dans le sol.

2.3.- Hydrologie

La wilaya de Ouargla prend une place importante dans l'économie nationale par ses ressources en eaux souterraines (Dadibouhoun, 2010).

Mais elle souffre de la qualité des eaux potables car les eaux souterraines sont salées (Bechki, 2011).

Le système aquifère du Sahara septentrional désigne la superposition de deux principales couches aquifères profondes :

- a) La formation du Continental Intercalaire (CI), la plus profonde ;
- b) Celle du Complexe Terminal (CT), notamment très sollicitée dans l'*Oued Rhir*. Ce système couvre une étendue de plus de un million de km² dont 700 000 km² se trouvent en Algérie, 80 000 km² en Tunisie, et 250 000 km² en Libye (**OSS, 2003**).

A Ouargla, l'exploitation de la nappe du CI remonte à l'année 1960. Les forages atteignent la nappe entre 1 100 et 1 400 m de profondeur, leur eau faiblement minéralisée (1,9 g.l⁻¹) et donnent un débit de 200 à 400 l.s⁻¹. Quant aux nappes du CT, elles sont exploitées depuis fort longtemps entre 35 et 200 m. Leur salinité est variable (plus de 3 dS.m⁻¹), mais généralement plus minéralisées que celle du CI. A Ouargla ces nappes fournissent les 2/3 des prélèvements actuels (**Hamdi-Aïssa et al., 2001**).

3.- Caractéristiques climatiques

Pour caractériser le climat de la zone étudiée, nous avons utilisé les données climatiques de 50 stations météorologiques situées dans le réseau des coordonnées géographiques de la zone d'intérêt, puis nous avons sélectionné une station de référence. L'étude s'étale sur une période de 35 ans allant de 1979 à 2014.

En pratique, l'étude du climat doit porter sur une longue série chronologique d'observations, afin d'intégrer les variations interannuelles qui sont essentielles pour la compréhension du bioclimat, autrement dit, du climat effectivement vécu par les végétaux et autres organismes vivants (**Meddour, 2010**).

Après synthèse, les données sont résumées dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Données climatiques de la zone d'étude (1979-2014).

Paramètre Mois	T max (°C)	T min (°C)	T moy (°C)	P (mm)	HR (%)	S (kWh/m ² /j)
Janvier	15,96	5,39	10,67	9,33	0,57	12,42
Février	18,99	6,98	12,99	10,56	0,45	16,00
Mars	23,90	10,19	17,05	7,43	0,35	20,53
Avril	28,86	13,73	21,29	5,72	0,28	24,89
Mai	34,16	17,80	25,98	5,23	0,25	26,97
Juin	39,69	21,89	30,79	1,43	0,21	27,84
Juillet	42,68	23,25	32,97	0,11	0,18	27,78
Aout	42,03	22,89	32,46	0,28	0,20	25,60
Septembre	36,92	20,24	28,58	2,43	0,29	21,62
Octobre	30,33	15,58	22,95	5,97	0,38	17,18
Novembre	22,16	9,89	16,02	5,98	0,50	13,18
Décembre	16,88	6,30	11,59	4,73	0,58	11,42
	29,38 *	14,51 *	21,95 *	59,20 **	0,35 *	20,45 *

Source: Global Weather Data for SWAT (2018).

T max (°C) : Température maximale en (°C) ; **T min (°C)** : Température minimale en (°C) ; **T moy (°C)** : Température moyenne en (°C) ; **P (mm)** : Précipitations en (mm) ; **HR (%)** : Humidité relative en (%) ; **S (kWh/m²/j)** : Ensoleillement en kilo-watts-heures par mètre carré par jour. * : Moyenne ; ** : Cumul.

3.1.- Températures

La température moyenne mensuelle est, de novembre à avril, inférieure à la moyenne annuelle (**21,95°C**) ; Elle lui est supérieure de mai à octobre, permettant ainsi de diviser l'année en un semestre froid et un semestre chaud (**Meddour, 2010**).

Les températures sont très élevées en été (juin à aout de l'ordre de **30,79°C** et **32,46°C**, respectivement). La moyenne mensuelle du mois le plus chaud (juillet) est de **32,97°C** alors que celle du mois le plus froid (janvier) dépasse les **10°C**.

L'amplitude thermique entre janvier et juillet est de **37,29°C**. Elle peut avoir un effet sur la germination des graines (**Foley, 2001; Mbaye et al., 2002; Hu et al., 2009; Hoareau, 2012**).

3.2.- Précipitations

Avec la température, les précipitations représentent les facteurs les plus importants du climat (**Faurie et al., 2011**). Au Sahara, les précipitations sont rares et généralement de faible importance quantitative (**Ould El Hadj, 2004**).

Dans le tableau 2, nous récapitulons les valeurs qui nous permettront une caractérisation du régime des précipitations (annuel, saisonnier, mensuel). Les précipitations sont, en général, faibles avec un cumul annuel de **59,20mm**. La plupart des précipitations survient entre les mois de janvier et mars. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de **4,93mm**. Elles oscillent entre **0,11mm-10,56mm** (juillet, le mois le plus sec, et février, le mois le plus arrosé). Avec un minimum accentué de précipitations en période estivale (juillet-août).

3.3.- Humidité relative de l'air

L'analyse des résultats de l'humidité relative mensuelle de la zone d'étude (Tab.2), fait ressortir un maximum en décembre avec **0,58%**, et un minimum de **0,18%** en juillet. On note une moyenne annuelle de **0,35%**.

3.4.- Ensoleillement

La lumière agit par son intensité, sa longueur d'onde, son degré de polarisation, sa direction et sa durée (**Dajoz, 2006**).

L'ensoleillement est considérable dans notre zone d'étude, car l'atmosphère présente un ciel clair durant pratiquement toute l'année avec un maximum de **27,84kWh/m²/j** en juin.

4.- Classification bioclimatique

L'approche bioclimatique offre l'avantage d'une vision globale et comparative à l'échelle d'un territoire phytogéographique (**Meddour, 2010**).

4.1.- Indice d'aridité de De Martonne

Du fait de sa simplicité, cet indice combinant précipitations (P) et températures (T), deux facteurs fondamentaux agissant directement sur le développement des végétaux, est

très largement utilisé (**Meddour, 2010**). Il offre le moyen de mesurer facilement et avec assez de précision l'aridité du climat (De Martonne, 1926). Il est présenté par la formule suivante :

$$I_{DM} = P / (T + 10)$$

P : Total des précipitations annuelles (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Dans le cas de notre zone d'étude pour la période entre 1979 – 2014 : $P = 59,20\text{mm}$ et $T = 21,95^\circ\text{C}$. D'après **Prévost (2016)**, l'indice de De Martonne est d'autant plus bas que le climat est plus aride et nous pouvons distinguer 4 classes :

- Classe 1 : climat très sec ($I_{DM} < 10$) ;
- Classe 2 : climat sec ($I_{DM} < 20$) ;
- Classe 3 : climat humide ($20 < I_{DM} < 30$) ;
- Classe 4 : climat très humide ($I_{DM} > 30$).

Le calcul de l'indice d'aridité de la zone d'étude a révélé une valeur de $I_{DM} = 1,85$ ce qui permet de classer la zone étudiée dans la classe 1 : **climat très sec**.

4.2.- Diagramme Ombrothermique de Gausson

On doit à **Bagnouls et Gausson (1957)** une méthode simple et efficace de discrimination entre un mois sec et un mois humide. Ils se sont basés sur la formule :

$$P = 2 T$$

P : Précipitation moyenne mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

Les mois secs sont définis lorsque la courbe des précipitations est située en dessous de celle des températures moyennes. Ces auteurs préconisent ensuite pour la détermination de la durée et de l'intensité de la période sèche, de tracer le diagramme ombrothermique qui correspond à un graphique où la courbe thermique passe au-dessus de la courbe des précipitations. La surface du polygone est utilisée comme « indice d'intensité de sécheresse ». Ce diagramme climatique montre ainsi la durée de la période défavorable à la

croissance des végétaux (Meddour, 2010). Celui de notre zone d'étude est représenté par la figure 9. D'après ce diagramme, la période sèche de notre zone d'étude s'étale le long de l'année.

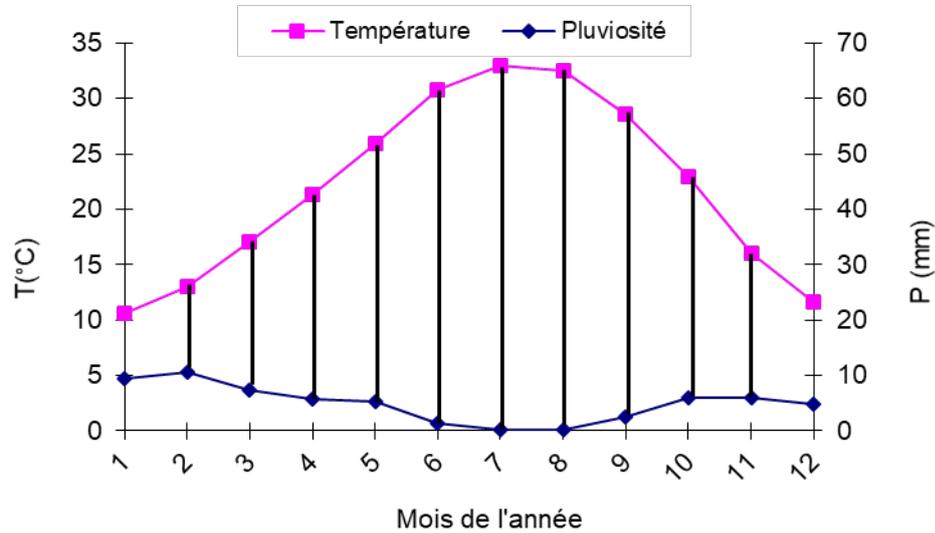


Figure 9 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen pour la zone d'étude (1979-2014).

4.3.- Climagramme pluviothermique d'Emberger

Selon Emberger (1955), le climagramme permet de déterminer l'étage bioclimatique de la région. Il est représenté en abscisse par la moyenne des minima des températures du mois le plus froid (variantes thermiques) et en ordonnées par le quotient pluviothermique Q_2 d'Emberger. Nous avons utilisé la formule de Stewart adaptée pour l'Algérie qui se présente comme suit :

$$Q_2 = 3.43 \times P / (M - m)$$

Q_2 : Quotient pluviothermique d'Emberger.

P : Total des précipitations annuelles (mm).

M : Moyenne des maximums du mois le plus chaud (°C).

m : Moyenne des minimums du mois le plus froid (°C).

Pour notre zone d'étude nous avons : $P = 59,20\text{mm}$; $M = 42,68^\circ\text{C}$; $m = 5,39^\circ\text{C}$.

Après application de la formule, nous obtenons la valeur de $Q_2 = 5,44$, ce qui place la zone étudiée dans l'étage bioclimatique saharien, variante à hiver tempéré (Fig.10).

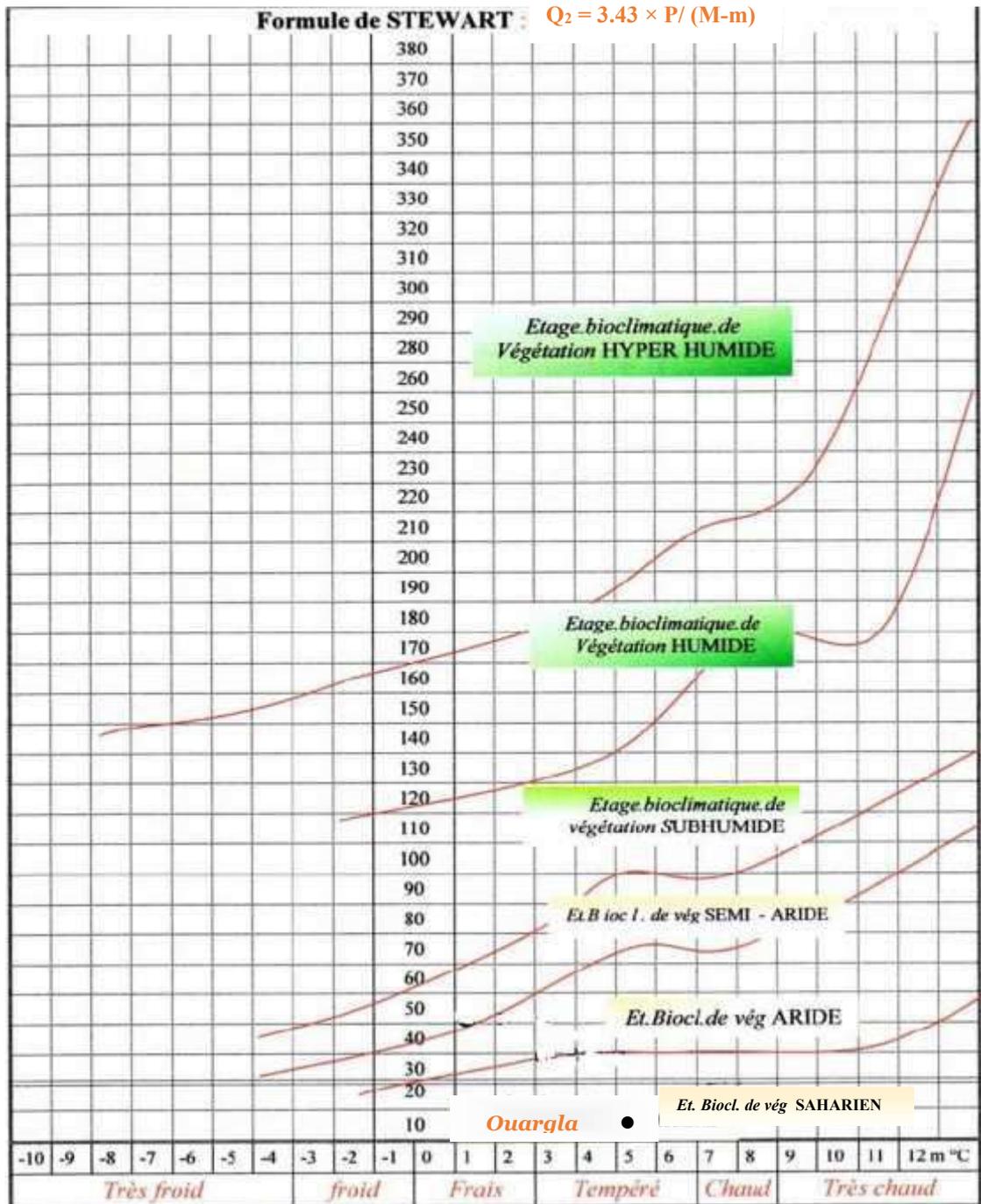


Figure 10 : Climagramme d'Emberger pour la zone d'étude (1979-2014).

Chapitre 2

Méthodes d'étude

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL & METHODES

Chapitre 2 : Méthodes d'étude

1.- Sur terrain

Avant de débiter toute opération sur le terrain, une visite préliminaire des stations s'impose afin d'observer et d'identifier les taxons, pour déterminer la possibilité de récolte et la période probable de maturité des semences. A cet effet, plusieurs sorties de prospection sur le terrain ont été réalisées en 2009 (année pluvieuse **P=136,73mm**) (**Global Weather Data for SWAT, 2018**) pour localiser les stations qui abritent le maximum d'espèces de plantes spontanées. Où la plus grande richesse totale est perceptible dans les lits d'*Oued*, vient ensuite le *Reg*, puis la *Sebkha* devant l'*Erg* et la *Hamada*. Nous citerons : *Reg de Hassi Ben Abdellah*, le bassin versant d'*Oued N'SSA*, et l'*Oued M'Zab* (vers *Zelfana*). Les visites des différentes stations se sont poursuivies jusqu'au 2014.

Le couvert végétal de la zone d'étude est relativement pauvre et dépend directement des conditions climatiques de l'année. Même si les conditions sont favorables le nombre de graines produites par pied reste très faible. De ce fait, il fallait choisir la période où les graines sont mûres et prêtes à être collectées. C'est pourquoi les sorties ont été programmées hebdomadairement en saison printanière (mars-avril-mai) car elle est supposée être la plus riche en espèces éphémères et vivaces. D'autres sorties ont été programmées juste après les pluies (septembre-octobre).

1.1.- Collecte des graines

Des échantillons de semences, prélevés aléatoirement sur plusieurs espèces disponibles sur terrain ont été récoltés. La collecte des échantillons de graines a pour but :

- ✓ D'élaborer un herbier, une carpothèque de référence et un référentiel de graines des stations étudiées.
- ✓ D'entreprendre des essais de germination pour déterminer l'effet de quelques facteurs tels que la température, la salinité et la lumière.

La collecte a été minutieusement menée, en déterminant par avance les localités de la zone d'étude (Lit d'*Oued*, *Erg*...etc.) qui abritent le maximum d'espèces et le moment

favorable pour la plupart d'entre elles d'être à maturité et avant qu'elles ne disséminent leurs graines. En régions sahariennes, les meilleurs mois pour la collecte des graines sont avril et/ou mai.

Les graines ne doivent pas être récoltées avant leur pleine maturité. Un indice nous permet d'identifier les graines mûres, c'est le changement de couleur des fruits. En effet, lorsque la couleur passe du vert clair au gris-vert ou au brun et qu'ils ne sont plus «laiteux» lorsqu'ils sont pincés ou coupés à moitié, ceci indique leur maturité. La majorité des graines peut être séchée à 2-5% et parfois même jusqu'à 0,5% sans perte de viabilité **(Baskin et Baskin, 2014)**.

Des fruits mûrs contenant des graines ont été collectés au hasard sur 5 à 10 plantes mères de chaque espèce à l'aide d'un sécateur et mis dans des sachets en papier. Chaque échantillon doit porter une étiquette mentionnant la station, le nom de l'espèce, la date et le lieu de la récolte.

La collecte des graines a été entreprise avec la coopération des étudiants et des habitants locaux. La taille des échantillons ne peut être fixée par avance car elle dépend de plusieurs facteurs liés à l'abondance des espèces, au nombre de graines/espèce...etc.

En règle générale, les espèces à large répartition donnent peu de graines alors que les espèces dont l'aire de répartition est restreinte sont très fructifères **(Bouakez et Hamadouche, 2015)**.

Les graines sont transportées au laboratoire et conservées en conditions ambiantes, à l'abri de l'humidité, facteur favorisant l'installation de moisissures qui pourraient plus tard entraver les essais de germination.

Le séchage est une condition préalable pour la germination chez certaines espèces et des pourcentages plus élevés de germination sont obtenus si les graines sont sèches sur la plante mère que si elles sont séchées après la collecte **(Baskin et Baskin, 2014)**.

2.- Travaux au laboratoire

2.1.- Identification des espèces rencontrées

Dans certains cas, la reconnaissance des espèces lorsque leurs fruits sont à maturité peut être difficile (fin de floraison et début de fructification). Par conséquent, il est

relativement fréquent que des échantillons non identifiés soient collectés et portent un numéro pour une identification botanique ultérieure. Il est donc très important qu'un bon spécimen d'herbier de la plante elle-même, soit établi pour l'identification de chaque collection.

L'identification des espèces rencontrées a été réalisée à l'aide de références botaniques, à savoir **Quézel et Santa (1962, 1963); Ozenda (1977) et Danin (2014)**, par la participation très effective de Monsieur **Eddoud A.** (Enseignant - Chercheur au Département des Sciences Biologiques à l'Université de Ouargla) et la collaboration de Madame **Buisson E.** (Enseignant - Chercheur / Maître de Conférences HDR à l'Université d'Avignon et à l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie Marine et Continentale - IMBE).

2.2.- Caractérisation morphologique des graines

La caractérisation morphologique des graines n'a pas suscité beaucoup d'intérêt par les taxonomistes. Dans toutes les publications botaniques du monde, les graines ne sont pas suffisamment utilisées dans les descriptions appropriées de plantes, bien que ce sont les graines qui sont à l'origine de l'existence d'espèces (**Bojnanský et Fargašová, 2007**).

A cet effet et avant d'utiliser les semences dans les différents essais, nous avons décrit sous une loupe binoculaire les fruits et les graines des **57** espèces étudiées (Tab.3), selon les caractères suivants : la forme, la taille (papier millimètre), la couleur, la texture, les appendices, le nombre de graines par fruit et le type de fruit (akène, gousse...etc.). Enfin, des photos ont été prises et présentées sous forme de fiches descriptives en se référant à quelques ouvrages (**Sweedman et Merritt, 2006; Bojnanský et Fargašová, 2007; Demonty et al., 2014; Abaye, 2019**) étant donné que nous n'avons aucune référence pour l'identification des graines des plantes spontanées algériennes.

2.3.- Etude de l'effet de quelques facteurs abiotiques sur la germination

2.3.1.- Choix des espèces

Après extraction manuelle de graines, intactes et entièrement formées, la germination de **46** espèces étudiées (Tab.4) a été évaluée sous l'effet de trois facteurs écologiques : température, sel et lumière.

Ces espèces ont été choisies sur la base de trois considérations :

✓ Les espèces sélectionnées étaient dominantes dans les milieux naturels sahariens de la zone d'étude, donc recommandées pour la restauration écologique ;

✓ Certaines de ces espèces sont endémiques à l'Algérie et sont potentiellement menacées par les changements climatiques et les perturbations anthropiques, telle que *Henophyton deserti* Coss. & Durieu (**Danin, 2014**) ;

✓ Certaines espèces ont des propriétés pharmacologiques qui leur confèrent un intérêt médicinal telles que : *Ammodaucus leucotrichus* Coss. & Durieu, *Asphodelus tenuifolius* Cav., *Bassia muricata* (L.) Asch., *Brocchia cinerea* (Delile) Vis., *Cornulaca monacantha* Delile, *Ephedra alata* Decne. *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut., *Helianthemum lippii* (L.) Dum. Cours., *Henophyton deserti* Coss. & Durieu, *Peganum harmala* L., *Pergularia tomentosa* L., *Plantago ciliata* Desf., *Stipagrostis pungens* (Desf.) De Winter., *Zilla spinosa* (L.) Prantl. (**Ould El Hadj et al., 2003a** ; **Derbel et al., 2010** ; **Bidak et al., 2015** ; **Telli et al., 2016** ; **Ben Jannet et al., 2017**).

2.3.2.- Traitement des semences avant germination

Quelques procédés, issues d'une synthèse des protocoles de travail, (**Bacchetta et al., 2006**; **Rao et al., 2006**; **Baskin et Baskin, 2014**; **Demonty et al., 2014**; **Mombrial et al., 2016**) ont été appliquées sur les échantillons de graines avant la mise en germination.

2.3.2.1.- Nettoyage des graines

Les graines doivent être nettoyées de toutes les impuretés (débris végétaux, graines infectées ou vides) manuellement ou à l'aide de pinces, lorsque les graines sont très petites, telles que les graines d'*Ifloga spicata* (Forssk.) Sch. Bip. (*Asteraceae*) en utilisant la loupe binoculaire ou le stéréoscope.

Dans le cas des espèces dont les graines sont munies d'appendices (Pappus, ailes...etc.), les graines sont utilisées entièrement avec leurs moyens de dispersion. Dans certains cas, les appendices telles que les grandes ailes sur les graines (exp : *Dipterocarp* sp. Famille des *Dipterocarpaceae*) peuvent être enlevées sans aucun effet sur la germination (**Marzalina et al., 2004**).

Cependant, cette même procédure peut permettre aux champignons d'envahir la graine ou le fruit chez d'autres espèces (**Mohamed-Yasseen et al., 1994**). Le retrait du pappus des akènes de *Taraxacum officinale* réduit significativement le pourcentage de germination par rapport aux témoins avec pappus intact (**Hale et al., 2010**).

Pour les Poacées, nous avons utilisé la totalité du diaspore sans retirer les structures accessoires, telles que la lemma et la paléa qui restent étroitement liées aux grains de certaines Poacées (**Baskin et al., 2006**) même si leur élimination favorise la germination, par exemple : *Stipa trichotoma* (**Joubert et Small, 1982**). Enlèvement des bractéoles/périanthe d'*Atriplex dimorphostegia*, des unités de dispersion naturelle de ces espèces, a augmenté la germination (**Koller, 1957**).

2.3.2.2.- Désinfection des graines

Afin d'éviter toute contamination, la germination implique la désinfection préalable du matériel végétal utilisé (**Belhadj, 2008**).

Les graines sont désinfectées selon la méthode citée par **Ouhaddach et al. (2014)** qui consiste en un trempage dans une solution d'hypochlorite de sodium dilué (10%) pendant 10 minutes puis un rinçage 3 fois avec de l'eau distillée pour éliminer toute trace d'hypochlorite de sodium.

2.3.2.3.- Vérification des graines pour la présence d'embryons

Selon **Baskin et Baskin (2014)**, bien que la graine puisse apparaître ferme cela ne signifie pas qu'elle contient un embryon. Les plantes peuvent produire des graines vides.

2.3.2.4.- Test Tétrazolium

Une évaluation rapide de la viabilité de la semence est indispensable. Le test au tétrazolium est un test de viabilité biochimique qui indique la présence ou l'absence de cellules vivantes dans les graines. Ce type de test détecte l'activité métabolique et la respiration cellulaire dans les tissus hydratés (**McDonald et Kwong, 2005**).

Le test au tétrazolium est un test colorimétrique qui utilise une solution à 1%, de 2,3,5-triphényl-tétrazolium chlorure ou bromure à un pH 6,5-7,5 (**ISTA, 2011**), photosensible, transparent et soluble dans l'eau.

Le temps de trempage varie en fonction des espèces, de même que le volume de solution par graines. La concentration utilisée est de 1 %. Elle s'obtient en diluant 5 g de sel de tétrazolium chloride dans 500 ml d'eau. Cette concentration a été choisie car elle permet d'obtenir une coloration intense et rapide des semences (**Konate, 1987**).

Cette solution imbibe les cellules des tissus, se déshydrogène par l'action d'enzymes, et se modifie en un mélange insoluble rouge, appelé chimiquement "formazan". La coloration résultant du test colorimétrique peut être d'une tonalité de rouge plus ou moins marquée pour les tissus sains et vitaux, alors que les parties mortes ou endommagées ne se colorent pas. Ce test tend à surestimer la viabilité d'environ 10% par rapport à la valeur que l'on obtient avec les essais de germination (**Bacchetta et al., 2006**).

2.3.2.5.- Vérification de l'imbibition de l'eau

Avant de commencer les études de germination, il est important de savoir si les graines vont absorber de l'eau. Les termes «dur» et «imperméable» sont utilisés dans la littérature lorsque l'on discute l'aptitude des graines à absorber de l'eau (**Baskin et Baskin, 2014**).

Les graines sont placées sur du papier filtre humide à la température ambiante puis pesées aux temps 0 et après 24 heures. Les graines sont ensuite retirées du papier humide, séchées et pesées à nouveau. Une augmentation de la masse des graines indique qu'elles présentent des couches perméables, alors que peu ou pas d'augmentation de la masse indique qu'elles possèdent des manteaux imperméables à l'eau.

2.3.3.- Mise en germination

Les expériences nécessaires pour déterminer l'effet de quelques facteurs sur la germination nécessitent plusieurs niveaux en combinaison factorielle (**Köchy et Tielbörger, 2007**).

Dans notre cas, le nombre de graines/tests effectués et le nombre des répétitions dépendait de la disponibilité en graines et de leur taille. Le problème qui s'est posé est celui de la rareté de certaines espèces ou de la faible production de graines d'autres espèces. La conception expérimentale suivie a été celle préconisée par Madame **Baskin C. (2013, 2014)** (Communications personnelles). Ils appellent leur méthode « l'expérience de déplacement » ou « phénologie à double germination ».

Cette méthode est facile à utiliser, ne nécessite pas un grand nombre de graines, et fonctionne aussi bien pour les graines avec de petits embryons sous-développés que pour celles à grand développement (**Baskin et Baskin, 2003**).

Hoyle et al. (2011) ont effectué des expérimentations en utilisant un nombre variable de répétitions, allant d'un à cinq et ils ont conclu qu'une factorielle complète non répliquée peut permettre de tirer des conclusions faibles sur les principaux effets sur la germination des graines.

La caractérisation éco-physiologique des graines des espèces étudiées a été effectuée par rapport aux trois principaux facteurs environnementaux ayant une incidence sur la germination, à savoir : la température, la salinité et la lumière (**Guterman, 1994; Huang et al., 2003**). Plusieurs expériences ont été réalisées au niveau des Laboratoires de Biologie végétale à l'Université de Ouargla et à l'université de Laghouat.

Les graines ont été placées dans des boîtes de Pétri stériles, de 90 mm de diamètre et 15 mm de hauteur, contenant deux couches de papier filtre, préalablement imbibées par l'eau distillée et incubées dans les phytotrons (Photo.1 et Photo.2) :

- Un phytotron (BINDER Model KBF GmbH – Headquarters, Allemagne) chambre de croissance avec lumière et humidité (Université de Ouargla).



Photo 1 : Phytotron (BINDER Model KBF) Université de Ouargla.

- Un phytotron (SNIJDERS Labs Economic Lux Chamber VF 475, Les Pays-Bas) chambre de croissance avec lumière et humidité (Université de Laghouat).

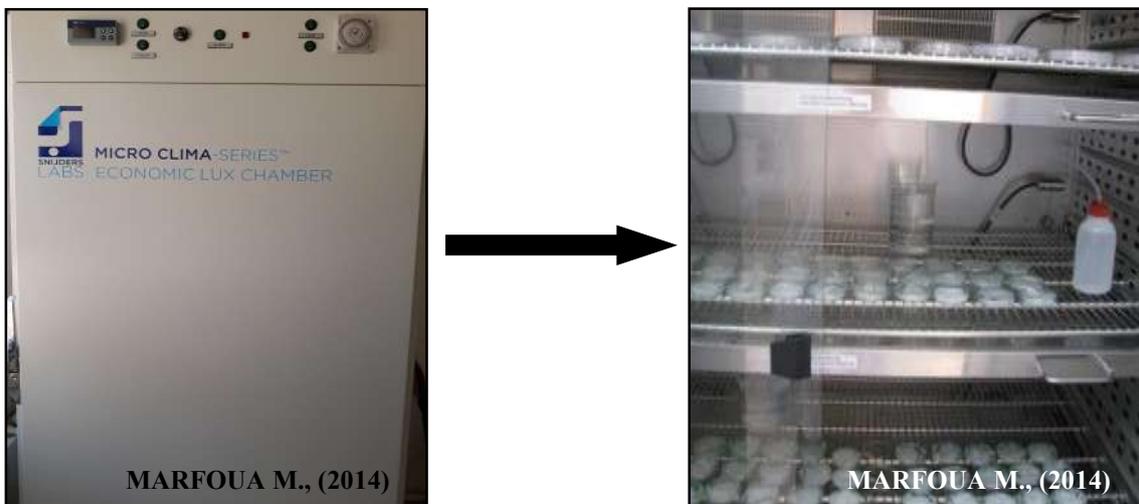


Photo 2 : Phytotron (SNIJDERS Labs VF 475, Pays-Bas) Université de Laghouat.

Les boîtes ont été réparties en randomisation totale. C'est-à-dire en disposition aléatoire (**Dagnelie, 2012**).

2.3.3.1.- Effet de la température

C'est le facteur le plus important pour déterminer la germination des graines (**Baskin et Baskin, 2014**) du fait que son action est souvent masquée par d'autres phénomènes qui dépendent aussi très étroitement de ce facteur (**Cheniti-Abed, 2016**).

Elle doit être compatible avec les exigences de l'espèce car elle agit sur la vitesse des réactions biochimiques et donc sur la vitesse de germination. Une température inadéquate peut même induire une dormance de type secondaire (**Bacchetta et al., 2006**).

Une série d'essais a été effectuée sur les graines de **46** espèces étudiées (Tab.4) afin de déterminer la température optimale de germination. Les graines ont été soumises à raison de 10 graines/boîtes de Pétri, à huit différents régimes thermiques continus (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ou 40°C), à un régime photopériodique de 12h, à raison de 3 répétitions.

Un thermomètre a été placé à l'intérieur du phytotron pour vérifier la température durant la période d'étude. Les graines ont été surveillées pendant 8 semaines.

Le dispositif expérimental est représenté dans la figure 11.

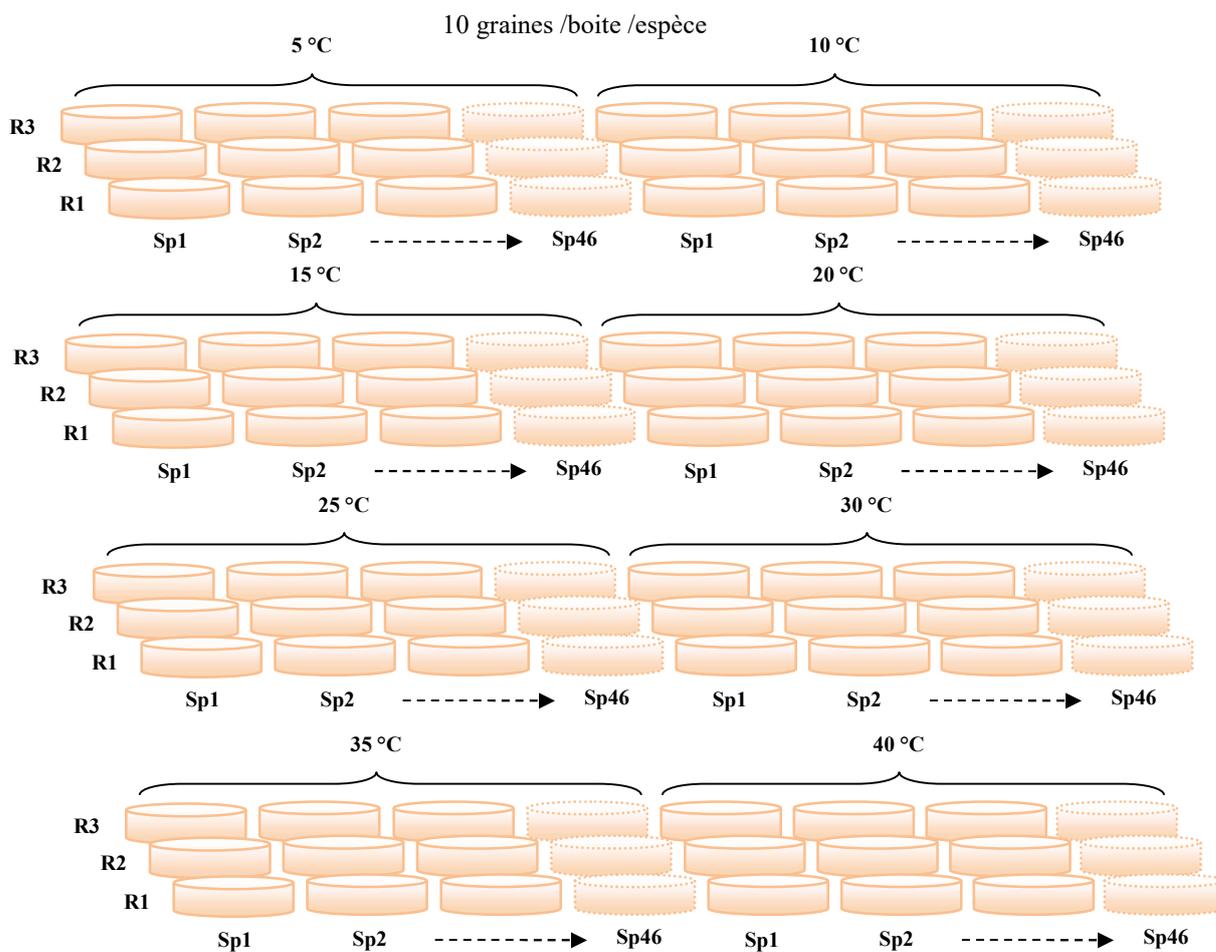


Figure 11 : Dispositif expérimental de l'effet de la température sur les graines des espèces étudiées.

R : Répétition ; Sp : Espèce étudiée.

2.3.3.2.- Effet de la salinité

Le chlorure de sodium est traditionnellement utilisé pour étudier l'effet de la salinité (potentiel osmotique) sur les études de germination, car il est facile à manipuler (Al-Taisan *et al.*, 2010). En outre, le chlorure de sodium est considéré comme l'un des sels dominants dans les sols en Algérie ainsi que dans les *Chotts* et *Sebkhas* (Nedjimi, 2012). De nombreux auteurs ont signalé l'effet du stress salin sur la germination des graines du désert par exemple : (Uphof, 1941; Apse et Blumwald, 2002; Khan *et al.*, 2002; Parida et Das, 2005; Gutterman, 2012).

Des tests de germination ont été réalisés sur les graines de 46 espèces étudiées (Tab.4). Les graines ont été semées à raison de 10 graines/boîtes de Pétri, à $25^{\circ}\text{C} \pm 5$, à un régime photopériodique de 12 h avec 3 répétitions.

Les graines ont été humidifiées par de l'eau distillée (témoin) ou par différentes concentrations de NaCl (50, 100, 150, 200 et 250mM) pendant 60 jours (Fig.12).

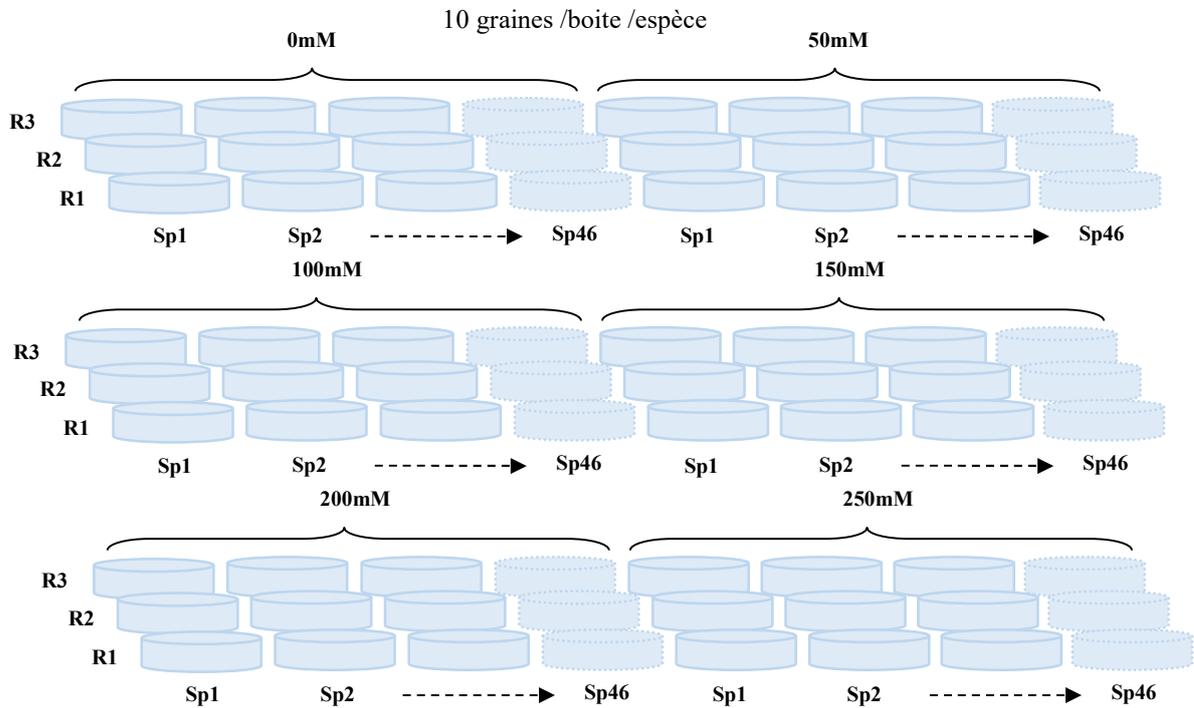


Figure 12 : Dispositif expérimental de l'effet de la salinité sur les graines des espèces étudiées.

R : Répétition ; Sp : Espèce étudiée.

2.3.3.3.- Effet de la lumière

L'action de la lumière peut être soit nécessaire, soit défavorable à la germination selon la photosensibilité des espèces. On trouve plusieurs types de photosensibilité : Photosensibilité positive : elle est présente chez 70% des semences, c'est un besoin de lumière ; Photosensibilité négative : c'est un cas rare que l'on trouve chez les liliacées ; Photosensibilité facultative : on retrouve ce cas chez la majorité des plantes cultivées (Cheniti-Abed, 2016).

Pour évaluer les effets de la lumière, un essai a été effectué sur les graines de 46 espèces étudiées (Tab.4). Les graines désinfectées ont été semées à raison de 10 graines/boîtes de Pétri, avec trois répétitions, à la température ambiante ($25^{\circ}\text{C}\pm 5$). Un lot de semences a été soumis à un régime photopériodique quotidien de 16 h de lumière blanche (750 à 1250 lux). D'autres graines semées ont été placées dans des boîtes opaques (noires) pendant 60 jours.

Le dispositif expérimental est représenté dans la figure 13.

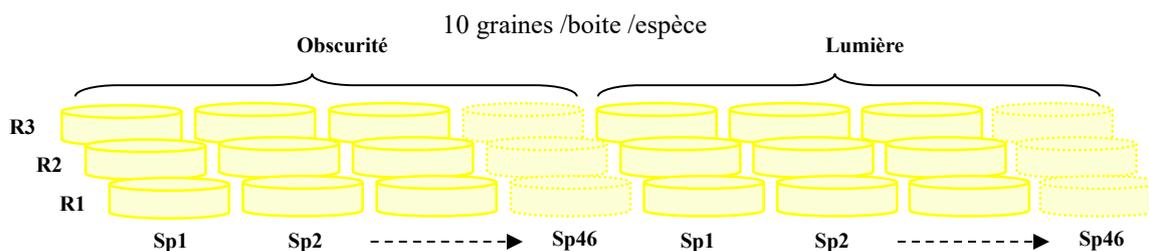


Figure 13 : Dispositif expérimental de l'effet de la lumière sur les graines des espèces étudiées.

R : Répétition ; Sp : Espèce étudiée.

2.4.- Essai de levée de la dormance

2.4.1.- Traitement par le froid (Stratification froide, vernalisation ou *prechilling*)

La température est le principal facteur environnemental responsable des changements d'état de dormance des graines (**Baskin et Baskin, 1998**).

Le terme *prechilling*, signifie l'exposition des semences dormantes à une température variant entre +2°C et +5°C. Il simule l'action qu'exerce l'hiver sur les semences (**Bacchetta et al., 2006**).

Pour déterminer l'effet du froid sur le déclenchement de la germination, les graines ont été conservées pendant une semaine au réfrigérateur, à 4°C, dans l'obscurité pour éviter les effets de la lumière. Pour les graines à dormance persistante, le traitement peut être prolongé jusqu'à 14 jours. Les graines ayant germé pendant le traitement au froid, ont été retirées avant la fin de l'incubation.

Après cette période de traitement au froid, les graines de 46 espèces étudiées (Tab.4) sont soumises à 25°C avec un photopériodisme de 12h, à raison de 10 graines/boîte de Pétri et trois répétitions. Les graines ont été contrôlées pendant 8 semaines.

2.4.2.- Traitement par gibbérelline

Une solution alternative à la stratification froide, qui peut quelquefois durer plusieurs semaines, est l'application d'hormones, telles les gibbérellines (GA) (**Bacchetta et al., 2006**).

L'induction et la levée de dormance (primaire ou secondaire) sont contrôlées par divers mécanismes qui incluent les interactions complexes entre l'environnement et deux principales phytohormones : l'acide abscissique (ABA), et les Gibbérellines tel que l'acide gibbérellique (GA₃). Ce groupe d'hormones stimule la germination en induisant les enzymes hydrolytiques qui affaiblissent les barrières des tissus, tels que les endospermes ou les téguments, en induisant la mobilisation des réserves de stockage des graines, et en stimulant l'expansion de l'embryon (N'Dri *et al.*, 2011).

Des essais de germination ont été effectués sur les graines de **46** espèces étudiées (Tab.4) à l'aide de solutions de GA₃, à cinq niveaux de concentrations : 0, 50, 100, 150 et 200 ppm.

Les graines ont été trempées dans les différentes concentrations de GA₃ pendant 24 heures. Les graines trempées sont déposées soigneusement sur papier filtre humidifié, dans les boîtes de Pétri, à raison de 10 graines/boîte à 25°C, à un régime photopériodique de 12h avec trois répétitions.

2.5.- Suivi des essais

Un comptage quotidien des graines germées est noté pendant le processus de la germination. Le papier filtre est imbibé à chaque fois qu'il est nécessaire par l'eau distillée pour maintenir une humidité suffisante et permanente pour la germination. L'essai prend fin lorsque, suite à des comptages successifs, aucune germination n'est enregistrée.

D'un point de vue pratique et surtout observable au laboratoire, on caractérise la germination par la rupture des téguments, suivie par l'allongement de la radicule ou, en absence de tégument, de l'allongement visible de celle-ci (Côme, 1970).

Cette définition coïncide avec celle de l'International Seed Testing Association (ISTA, 2011), qui dit textuellement : "la germination d'une graine dans le cadre d'un test de laboratoire est l'émergence et le développement d'une plantule jusqu'au stade où l'aspect de ses structures essentielles indique au moins sa capacité à se développer ultérieurement en une plante satisfaisante dans des conditions de culture favorables".

Les graines étaient considérées comme ayant germé lorsqu'une radicule de semence de 2 mm était apparue (Nin *et al.*, 2017).

Afin de déterminer l'effet de chaque traitement sur la germination des graines, nous avons déterminé le pourcentage moyen de germination des graines (**PMG%**) (Eq. 1). Il a été calculé à partir de la moyenne finale de germination \pm écart-type des répétitions au cours de la période d'étude et le temps moyen de germination (**TMG**) (Eq. 2) (Ranal et Santana, 2006; Ranal *et al.*, 2009; Soltani *et al.*, 2015; Fallahi *et al.*, 2017) selon les formules suivantes :

$$\text{Pourcentage moyen de germination (PMG\%)} = (\text{GS} / \text{TS}) * 100 \dots\dots\dots (\text{Eq. 1})$$

GS : Nombre de graines germées ; TS : Nombre total de graines semées.

$$\text{Temps moyen de germination (TMG)} = (\Sigma \text{DN} / \Sigma \text{N}) \dots\dots\dots (\text{Eq 2})$$

N : Nombre de graines ayant germé le jour J ; D : Nombre de compté depuis le début de la germination.

3.- Analyses statistiques et paramètres étudiés

Le pourcentage de germination des graines (**PMG**) et le temps moyen de germination (**TMG**) ont été étudiés. Des analyses de variance (ANOVA) ont été utilisées pour tester les effets de quelques facteurs et traitements. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Tukey post-hoc. Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel SPSS 25.0 pour Windows.

La figure 14 résume la méthodologie globale du travail :

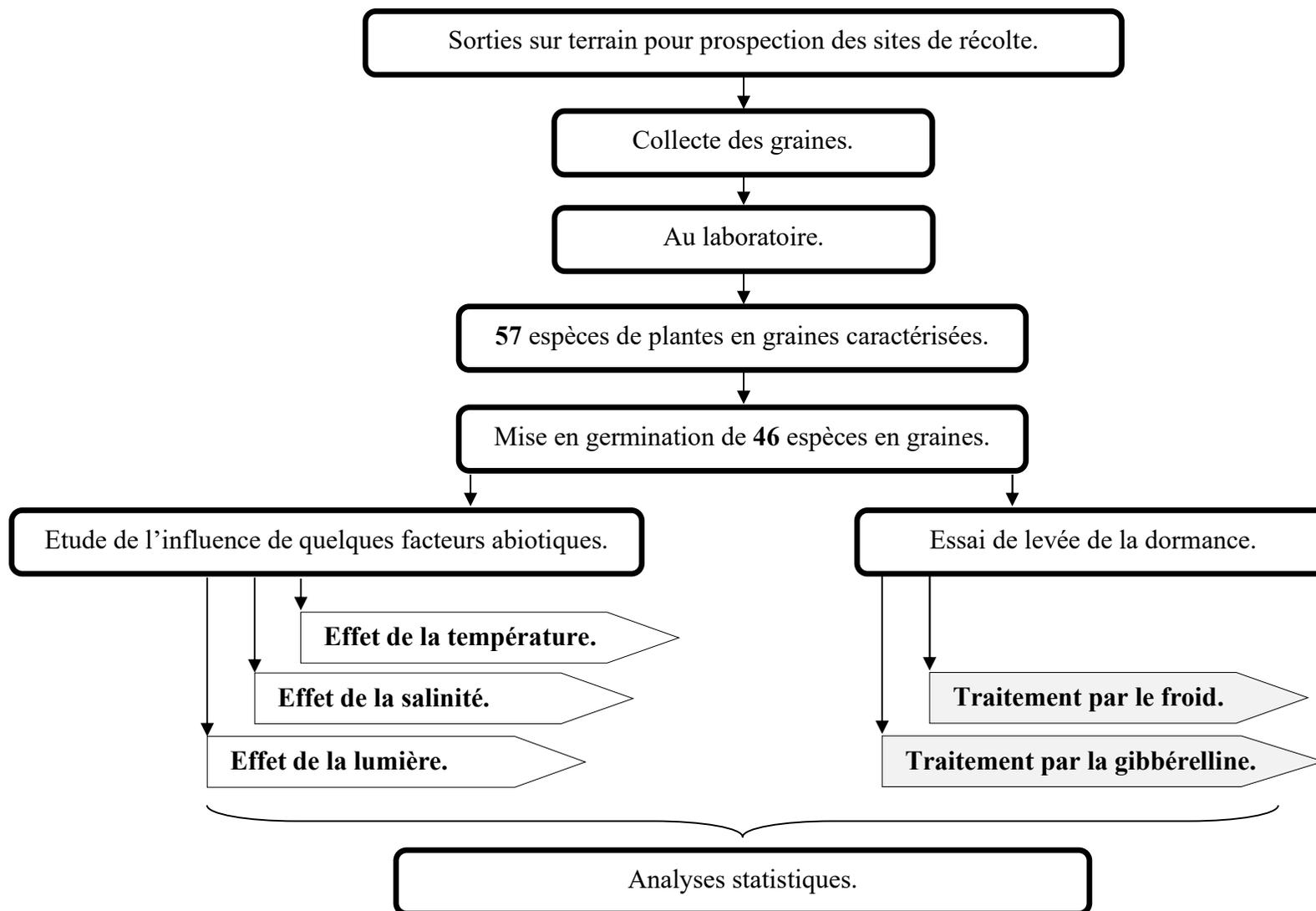


Figure 14 : Méthodologie de travail.

TROISIEME PARTIE

RESULTATS & DISCUSSIONS

Chapitre 1

Caractérisation morphologique des graines

TROISIEME PARTIE : RESULTATS & DISCUSSIONS

Chapitre 1 : Caractérisation morphologique des graines

Ce chapitre comporte des informations relatives à l'inventaire de la flore spontanée dans la région d'étude. Ces informations servent à mieux comprendre les principales caractéristiques morphologiques des fruits et graines et dès lors à mieux cerner leur impact sur la physiologie de la germination et/ou la dormance des graines.

En plus des résultats obtenus par nos observations personnelles lors des sorties sur terrain et au laboratoire, nous avons compilé quelques données recueillies à partir des flores et des publications botaniques pour une description la plus complète possible sur les fruits et les graines de notre flore spontanée. Cette description a été structurée selon les espèces recensées sous forme de fiches descriptives.

Les caractéristiques morphologiques sont généralement constantes et sont donc d'une grande valeur pour le processus de détermination des unités systématiques (**Bojnanský et Fargašová, 2007**).

1.- Inventaire de la flore spontanée de la région d'étude

Les espèces spontanées inventoriées dans la région d'étude durant une période de cinq ans (2009-2014) sont résumées dans le tableau 3 :

Un nombre total de **57** d'espèces végétales ont été recensées, réparties en **51** genres et appartenant à **23** familles botaniques. Les familles sont regroupées en trois classes, essentiellement des Dicotylédones, des Monocotylédones et des Chlamidospermes. Les deux premières classes appartiennent au sous-embranchement des Angiospermes alors que la troisième appartient au sous-embranchement des Gymnospermes, représentée par une seule famille, il s'agit des *Ephedraceae*. Les Monocotylédones comportent trois familles, représentées par ordre d'importance : les Poacées (5 genres), les Cyperacées (1 genre) et les Asphodelacées (1 genre). En fin, les Dicotylédones sont représentées par 19 familles et 43 genres.

Tableau 3 : Inventaire de la flore spontanée en graines collectées dans la région d'étude.

S/Emb.	Classe	Famille	Nom scientifique actualisé*	Chorotypes et les formes de vie	Habitat
Angiospermes	Dicotylédones	Amaranthaceae	<i>Agathophora alopecuroides</i> (Delile) Fenzl ex Bunge	CA	Terrains sableux, graveleux des regs.
			<i>Anabasis articulata</i> (Forssk.) Moq.	CA	Sols pierreux.
			<i>Atriplex dimorphostegia</i> Kar. & Kir.	TH	Zones limoneuses, terrains humides et oasis du Sahara septentrional.
			<i>Bassia muricata</i> (L.) Asch.	TH	Commune dans tout le Sahara, surtout dans les sols argileux.
			<i>Cornulaca monacantha</i> Delile	CA	Zones sableuses et les regs, en pieds isolés et en colonie.
		Apiaceae	<i>Ammodaucus leucotrichus</i> Coss. & Durieu	TH	Plages sableuses, lits d' <i>Oued</i> et dépressions à fond rocheux.
			<i>Daucus sahariensis</i> Murb.	TH	Pâturages désertiques.
			<i>Eryngium ilicifolium</i> Lam.	TH	Commune dans tout le Sahara septentrional.
		Asclepiadaceae	<i>Pergularia tomentosa</i> L.	CA	Commune dans tout le Sahara septentrional.
		Asteraceae	<i>Atractylis delicatula</i> Batt. ex L. Chevall.	TH	Sols pierreux peu ensablés, lits d' <i>Oued</i> et dépressions.
			<i>Brocchia cinerea</i> (Delile) Vis.	TH	Dépressions argilo- sableuses et lits d' <i>Oueds</i> sablonneux.
			<i>Centaurea pungens</i> Pomel.	CA	Terrains sableux, graveleux des regs.
			<i>Ifloga spicata</i> (Forssk.) Sch. Bip.	TH	Sols pierreux des dépressions et des lits d' <i>Oued</i> .
			<i>Launaea capitata</i> (Spreng.) Dandy	TH	Terrains caillouteux, dans les dépressions et les lits d' <i>Oueds</i> .
			<i>Launaea nudicaulis</i> (L.) Hook. F.	CH	Champs incultes et pâturages des régions désertiques.
			<i>Mantisalca salmantica</i> (L.) Briq. & Cavillier	TA	Broussailles et pâturages de la plaine.
			<i>Perralderia coronopifolia</i> Coss.	CH	Zones rocheuses.
			<i>Scorzonera laciniata</i> L.	CH	Terrains sablonneux.

Angiospermes	Dicotylédones	Boraginaceae	<i>Echium trygorrhizum</i> Pomel.	TH	Sols pierreux des dépressions et des lits d' <i>Oued</i> .
			<i>Moltkiopsis ciliata</i> (Forssk.) I. M. Johnst.	CA	Terrains sablonneux.
		Brassicaceae	<i>Diploaxis harra</i> (Forssk.) Boiss.	TH	Terrains argilo-sableux des dépressions et des lits d' <i>Oueds</i> .
			<i>Eremobium aegyptiacum</i> (Spreng.) Asch. & Schweinf. ex Boiss.	CH	Terrains sablonneux.
			<i>Henophyton deserti</i> Coss. & Durieu	CA	Rocailles désertiques, gypse.
			<i>Savignya parviflora</i> subsp. <i>longistyla</i> (Boiss. & Reut.) Maire	TH	Parcours désertiques.
			<i>Zilla macroptera</i> Coss.	CA	Terrains sablo-graveleux des lits d' <i>Oued</i> et des dépressions.
		Caryophyllaceae	<i>Paronychia arabica</i> (L.) DC.	TH	Terrains sablonneux.
			<i>Polycarpea robbairea</i> (Kuntze) Greuter & Burdet	TH	Terrains salés, <i>Oueds</i> sahariens.
			<i>Spergularia salina</i> J. & C.Presl	TH	Terrains salés.
		Cistaceae	<i>Helianthemum lippii</i> (L.) Dum. Cours.	CA	Pâturages désertiques, rocailles, sable.
		Cleomaceae	<i>Cleome africana</i> Botsch.	TH	Terrains sablonneux.
		Cucurbitaceae	<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	TH	Terrains sablonneux et sablo-argileux des lits d' <i>Oueds</i> et dépressions.
		Euphorbiaceae	<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	CH	Terrains sablonneux.
		Fabaceae	<i>Argyrolobium uniflorum</i> (Dc) Jaub. & Spach	CA	Commune dans tout le Sahara septentrional.
			<i>Astragalus arpilobus</i> subsp. <i>hauarensis</i> (Boiss.) Podlech	TH	Terrains sablonneux.
			<i>Astragalus boeticus</i> L.	TH	Commune dans tout le Sahara septentrional.
			<i>Astragalus gombo</i> Bunge	CA	Terrains sablonneux.
			<i>Astragalus mareoticus</i> Delile	TH	Steppes, <i>Oueds</i> sahariens.
			<i>Crotalaria saharae</i> Coss.	CA	Terrains sablonneux.
Frankeniaceae	<i>Frankenia pulverulenta</i> L.	TH	Terrains salés et humides.		
	<i>Frankenia thymifolia</i> Desf.	CA	Terrains salés.		

Angiospermes	Dicotylédones	<i>Geraniaceae</i>	<i>Erodium glaucophyllum</i> L'Héritier	CH	Terrains argilo-rocaillieux.
		<i>Neuradaceae</i>	<i>Neurada procumbens</i> L.	TH	Sur les lits d' <i>Oued</i> et dépressions à fond sableux.
		<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago ciliata</i> Desf.	TH	Terrains sablonneux et rocaillieux des lits d' <i>Oueds</i> et dépressions.
		<i>Plumbaginaceae</i>	<i>Limoniastrum guyonianum</i> Boiss.	CA	Terrains sablonneux.
		<i>Polygonaceae</i>	<i>Emex spinosa</i> (L.) Campd.	TH	Terrains sablonneux.
		<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Fagonia glutinosa</i> Delile	TH	Terrains sablonneux.
			<i>Peganum harmala</i> L.	CH	Terrains sablonneux.
<i>Zygophyllum album</i> L.	CA		Terrains sablonneux et salés (<i>Sebkha</i>).		
Angiospermes	Monocotylédones	<i>Asphodelaceae</i>	<i>Asphodelus tenuifolius</i> Cav.	TH	Les sols rocaillieux, dans les lits d' <i>Oued</i> et dépressions ensablées.
		<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus rotundus</i> L.	CA	Terrains sablonneux et humides.
		<i>Poaceae</i>	<i>Aristida adscensionis</i> L.	CT	Les rochers et rocailles.
			<i>Centropodia forsskalii</i> (Vahl) Cope	TH	Terrains sablonneux.
			<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	CH	Dans les lits de torrents, les cultures.
			<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	TH	Terrains sablonneux et humides.
			<i>Stipagrostis plumosa</i> (L.) Munro ex T. Anderson	CT	Terrains sablonneux.
<i>Stipagrostis pungens</i> (Desf.) De Winter	CH	Terrains sablonneux.			
G	C	<i>Ephedraceae</i>	<i>Ephedra alata</i> Decne.	CA	Terrains sablonneux.
Nombre total		23	57		

Source : Marfoua (2019).

S/Emb. : Sous embranchement ; G. : Gymnosperme ; C. : Chlamydosperme / **Les chorotypes** : T = Thérophyte ou annuel, G = Géophyte, H = Hémicryptophyte, C = Chamaephyte, P = Phanérophyte / **Les formes de vie** : A : Arbuste ; H : Herbe ; T : Touffe. La nomenclature suit la version 3.4.0 (2014) de la Base de données des plantes d'Afrique. Les chorotypes et les formes de vie proviennent de (Quézel et Santa, 1962, 1963; Ozenda, 1977; Danin, 2014).

2.- Description des familles inventoriées

D'après la figure 15, les espèces végétales spontanées recensées, durant la période d'échantillonnage sont réparties sur 23 familles botaniques dont 09 espèces pour les *Asteraceae*, 06 espèces pour les *Fabaceae* et les *Poaceae*, 05 espèces pour les *Amaranthaceae* et les *Brassicaceae*, 03 espèces pour les *Apiaceae*, les *Caryophyllaceae* et les *Zygophyllaceae*, 02 espèces pour les *Boraginaceae* et les *Frankeniaceae*.

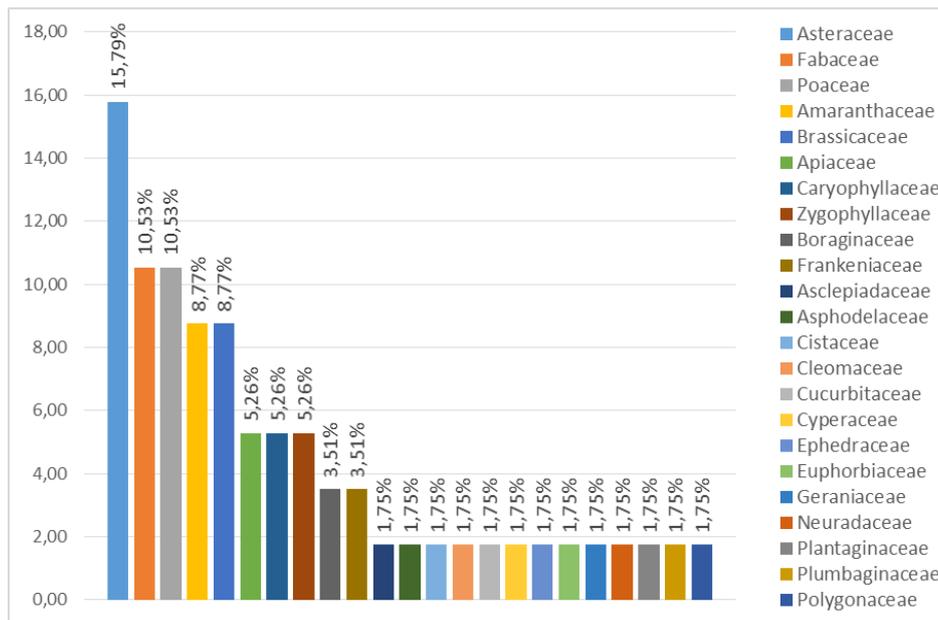


Figure 15 : Présentation de la flore spontanée inventoriée en fonction des familles botaniques (23 familles).

Alors que les familles représentées par une seule espèce sont les : *Asclepiadaceae*, *Asphodelaceae*, *Cistaceae*, *Cleomaceae*, *Cucurbitaceae*, *Cyperaceae*, *Ephedraceae*, *Euphorbiaceae*, *Geraniaceae*, *Neuradaceae*, *Plantaginaceae*, *Plumbaginaceae* et *Polygonaceae*.

A partir des flores, des catalogues, des atlas et des guides de détermination (**Quézel et Santa, 1962, 1963; Ozenda, 1977; APG II, 2003; Guignard et Dupont, 2004; Spichiger et al., 2004; APG III, 2009; Danin, 2014; APG IV, 2016**), une description de l'ensemble des fruits et graines des espèces inventoriées dans notre région d'étude a été réalisé. Cette synthèse montre la variété de formes et de tailles des fruits et des graines. Elle explique et illustre de nombreux termes botaniques relatifs à la description de la morphologie des graines et des fruits.

3.- Description des espèces inventoriées

Les graines, comme la plupart des structures de reproduction, sont relativement stables. Leur organisation externe de base ne varie que légèrement entre les espèces et les genres apparentés et les différences qui existent peuvent être considérées à juste titre comme importantes phylogénétiquement (**Martin, 1946**).

La caractérisation morphologique des fruits et graines de quelques espèces inventoriées a été réalisée à partir d'observations à la loupe binoculaire selon le référentiel de **Bojnanský et Fargašová (2007)** et celui de **Demonty *et al.* (2014)**.

3.1.- *Agathophora alopecuroides* (Delile) Fenzl ex Bunge

Kourtel, Ghassal (غسال) (Amaranthaceae)

3.1.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara-Sindien (Quézel et Santa, 1962) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : Terrains sableux, graveleux des regs (Chehema, 2006) ;

Utilisation : Intérêt pastoral : Plante appréciée par les dromadaires (Ozenda, 1977).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.1.2.- Description du fruit (Photo 3A.)

Forme : Pentagone ;

Taille : 6mm L × 6mm l ;

Appendices : 5 épines courbées avec des poils ;

Couleur externe : Marron clair ;

Type de fruit : Akène.

**3.1.3.- Description de la graine**

Forme : Courbée ;

Taille : 2mm L × 2mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Verte ;

Nombre de graines par fruit : 1.

Photo 3 : Description d'*Agathophora alopecuroides* (Delile) Fenzl ex Bunge : A. Fruit.

3.2.- *Ammodaucus leucotrichus* Coss.

Medrig, Nessoufa, Oumdryga, Kamoune l'ibel (كمون لبل) (Apiaceae)

3.2.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Saharien (Quézel et Santa, 1963) ;

Type biologique : Thérophyte (annuelle) (Réf. Eléc. 01) ;

Habitat : Plages sableuses, lits d'Oued et dépressions à fond rocheux (Chehema, 2006) ;

Utilisation : Très prisée pour ses qualités aromatiques et médicinales (Chehema, 2006).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.2.2.- Description du fruit (Photo 4A.)

Forme : Ovale ;

Taille : 10mm L × 7mm l ;

Appendice : Longs poils ;

Couleur externe : Marron verdâtre ;

Type de fruit : Diakène.

**3.2.3.- Description de la graine**

Forme : Ovale, aplati ;

Taille : 10mm L × 2mm l ;

Appendice : Longs poils ;

Couleur : Marron verdâtre ;

Nombre de graines par fruit : 2.

Photo 4 : Description d'*Ammodaucus leucotrichus* Coss. : A. Fruit.

3.3.- *Argyrolobium uniflorum* (Dc) Jaub. & Spach

Reguiga Bel Groun (رقيقة بلقرون) (*Fabaceae*)

3.3.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Saharien, Méditerranéen (Quézel et Santa, 1962) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : Çà et là au Sahara septentrional (Chehema, 2006) ;

Utilisation : Intérêt pastoral : Espèce broutée par les dromadaires (Ozenda, 1977).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.3.2.- Description du fruit (Photo 5A.)

Forme : Linéaire, étroite, déhiscente ;

Taille : 23mm L × 3mm l ;

Appendice : Velus-soyeux ;

Couleur externe : Vert clair ;

Type de fruit : Gousse.



3.3.3.- Description de la graine (Photo 5B.)

Forme : Sphérique ;

Taille : 1,5mm de diamètre ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Jaune-marron luisant ;

Nombre de graine par fruit : 6-9.



Photo 5 : Description d'*Argyrolobium uniflorum* (Dc) Jaub. & Spach: A. Fruit ; B. Graine.

3.4.- *Aristida adscensionis* L.

Neçi ouïdan, Behma (بجمة) (Poaceae)

3.4.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara-Sindien (Quézel et Santa, 1962) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : En touffes, sur les rochers et rocailles, plus rarement sur sables (Ozenda, 1977) ;

Utilisation : La plante est utilisée pour le contrôle de l'érosion. Une espèce pionnière commune sur des sols pauvres perturbés dans des friches, des endroits rocheux, ...etc. (Réf. Eléc. 01).

Lieu de récolte : Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).

3.4.2.- Description du fruit (Photo 6A.)

Forme : Fusiforme avec glume inférieure aiguë ;

Taille : 17mm L × 5mm l ;

Appendice : 3 plumes ;

Couleur externe : Blanc transparent ;

Type de fruit : Caryopse.



3.4.3.- Description de la graine (Photo 6B.)

Forme : Fusiforme avec un sillon médian ;

Taille : 5mm L × 1mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : 1.

Photo 6 : Description d'*Aristida adscensionis* L. : A. Fruit ; B. Graine.

3.5.- *Asphodelus tenuifolius* Cav.

Acheub el ibel, Tazia (طنزبية) (Asphodelaceae)

3.5.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Méditerranéen (Ozenda, 1977) ;

Type biologique : Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : Après les pluies, en pieds isolés ou en petites colonies sur les sols rocailloux, dans les lits d'Oued et dépressions ensablées (Chehema, 2006) ;

Utilisation : Alimentation : En périodes de disette, les feuilles bouillies étaient consommées ; Pharmacopée : Elle est utilisée en tisane, poudre et pommades pour les traitements des fièvres, des indigestions, des constipations et des lésions cutanées ; Intérêt pastoral : Elle est peu broutée par les dromadaires et les chèvres (Chehema, 2006).

Lieu de récolte : Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).

3.5.2.- Description du fruit (Photo 7A.)

Forme : Sphérique, strié ;

Taille : 6mm de diamètre ;

Appendice : Néant ;

Couleur externe : Marron clair ;

Type de fruit : Capsule.



3.5.3.- Description de la graine (Photo 7B.)

Forme : Sectoroïde à trois angles plissés ;

Taille : 3mm L × 2mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Noir ;

Nombre de graine par fruit : 3.



Photo 7 : Description d'*Asphodelus tenuifolius* Cav. : A. Fruit ; B. Graine.

3.6.- *Astragalus boeticus* L.

Kherroub el maaza, Louz el kelb (خروب المعزة) (*Fabaceae*)

3.6.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Méditerranéen (Quézel et Santa, 1962) ;

Type biologique : Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : Commune dans tout le Sahara septentrional.

Utilisation : Intérêt pastoral : Plante appréciée par les dromadaires (Ozenda, 1977).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.6.2.- Description du fruit (Photo 8A.)

Forme : Allongée, droite, glabre, comprimée latéralement ;

Taille : 20-40mm L × 6-8mm l ;

Appendice : Terminées par un bec crochu ;

Couleur externe : Jaune ;

Type de fruit : Gousse.



3.6.3.- Description de la graine (Photo 8B.)

Forme : Quadratique ;

Taille : 5mm L × 5mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Jaune ;

Nombre de graine par fruit : 6-9.

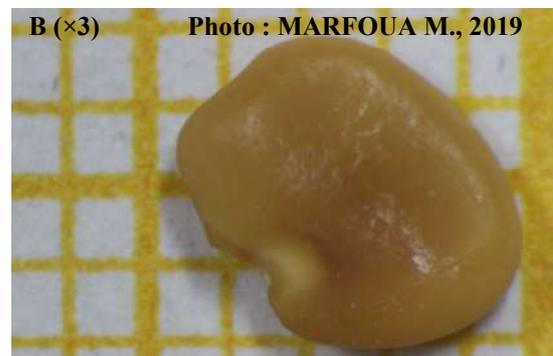


Photo 8 : Description d'*Astragalus boeticus* L. : A. Fruit ; B. Graine.

3.7.- *Astragalus gombo* Bunge

Gelza, Foug el hamir, Djelban el hamir (فلزة) (Fabaceae)

3.7.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Endémique, saharien (Quézel et Santa, 1962) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : En pieds isolés ou en petites colonies, dans les terrains sablonneux (Chehema, 2006).

Utilisation : Intérêt pastoral : Excellent pâturage pour les dromadaires (Chehema, 2006).

Lieu de récolte : Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).

3.7.2.- Description du fruit (Photo 9A.)

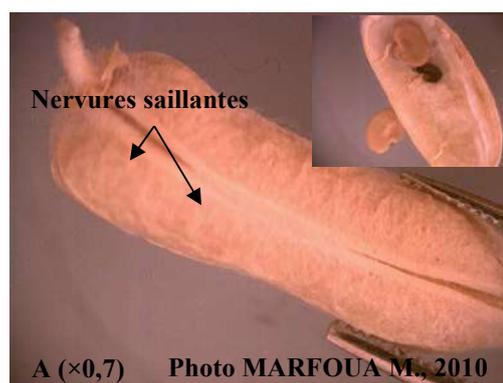
Forme : Fruit volumineux et large montrant une ligne de déhiscence ;

Taille : 15-35mm L × 5-6mm l ;

Appendice : Fortement et grossièrement côtelées-réticulées par de grosses nervures saillantes ;

Couleur externe : Jaune clair ;

Type de fruit : Gousse.



3.7.3.- Description de la graine (Photo 9B.)

Forme : Réniforme ;

Taille : 5mm L × 2,5mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Jaune ;

Nombre de graine par fruit : 2-5.

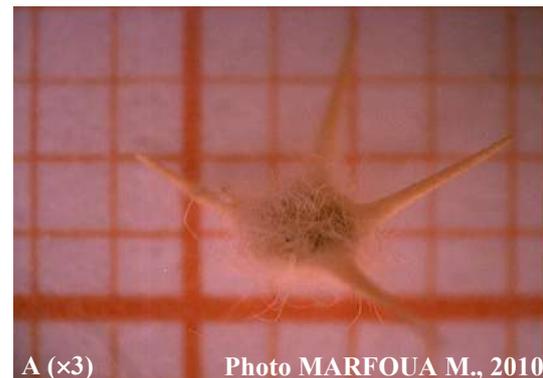


Photo 9 : Description d'*Astragalus gombo* Bunge : A. Fruit ; B. Graine.

3.8.- *Astragalus mareoticus* Delile**(Fabaceae)****3.8.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Endémique, saharien (Ozenda, 1977) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Ozenda, 1977) ;**Habitat :** Steppes, *Oueds* sahariens (Quézel et Santa, 1962) ;**Lieu de récolte :** Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).**3.8.2.- Description du fruit (Photo 10A.)****Forme :** Fruit arqué montrant une ligne de déhiscence ;**Taille :** 11mm L × 2mm l ;**Appendice :** A bec court ;**Couleur externe :** Jaune clair ;**Type de fruit :** Gousse ;**3.8.3.- Description de la graine (Photo 10B.)****Forme :** Réniforme, à un côté aplati ;**Taille :** 2,2mm L × 1,5mm l ;**Appendice :** Néant ;**Couleur :** Jaune clair ;**Nombre de graine par fruit :** 5-9.**Photo 10 :** Description d'*Astragalus mareoticus* Delile : A. Fruit ; B. Graine.

3.9.- *Atractylis delicatula* Batt. ex L. Chevall.*Sag lehrab* (ساق الغراب) (*Asteraceae*)**3.9.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Endémique, saharien (Quézel et Santa, 1963) ;**Exigences écologiques :** Pâturages rocaillieux désertiques (Quézel et Santa, 1963) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1963) ;**Habitat :** Sols pierreux peu ensablés, lits d'*Oued* et dépressions (Chehema, 2006) ;**Utilisation :** Pas d'utilisations signalées dans la région ; Intérêt pastoral : C'est une plante broutée, en petites quantités, par les dromadaires (Chehema, 2006).**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).**3.9.2.- Description du fruit (Photo 11A.)****Forme :** Allongée ;**Taille :** 1cm L × 0,5cm l ;**Appendices :** Epines ;**Couleur externe :** Blanchâtre ;**Type de fruit :** Akène.**3.9.3.- Description de la graine****Forme :** Ovoïde ;**Taille :** 0,8mm L × 0,5mm l ;**Appendices :** 7-10 aigrettes plus longues que l'akène ;**Couleur :** Jaunâtre ;**Nombre de graines par fruit :** 10-12.**Photo 11 : Description d'*Atractylis delicatula* Batt. ex L. Chevall. : A. Fruit.**

3.10.- *Atriplex dimorphostegia* Kar. & Kir.**G'taf, El melih (قطف) (*Amaranthaceae*)****3.10.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Sahara- Sindien (Quézel et Santa, 1962) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) ;**Habitat :** Zones limoneuses, terrains humides et oasis du Sahara septentrional (Quézel et Santa, 1962) ;**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).**3.10.2.- Description du fruit (Photo 12A.)****Forme :** Cordée ;**Taille :** 6mm L × 4,5mm l ;**Appendice :** Fruits membraneux, comprimés dans les deux bractées ;**Couleur externe :** Vert grisâtre ;**Type de fruit :** Akène.**3.10.3.- Description de la graine (Photo 12B.)****Forme :** Courbée ;**Taille :** 2mm L × 2mm l ;**Appendice :** Néant ;**Couleur :** Verte ;**Nombre de graines par fruit :** 1.**Photo 12 : Description d'*Atriplex dimorphostegia* Kar. & Kir. : A. Fruit ; B. Graine.**

3.11.- *Bassia muricata* (L.) Asch.*Rebir (Amaranthaceae)***3.11.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Saharien (Quézel et Santa, 1962) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1962) ;**Habitat :** Commune dans tout le Sahara, surtout dans les sols argileux (Ozenda, 1977) ;**Utilisation :** Intérêt pastoral : Plante broutée par les chèvres et les dromadaires (Chehema, 2006).**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).**3.11.2.- Description du fruit (Photo 13A.)****Forme :** Hexagonale ;**Taille :** 5mm L × 5mm l ;**Appendice :** 3 à 5 épines ;**Couleur externe :** Marron ;**Type de fruit :** Akène.**3.11.3.- Description de la graine****Forme :** Courbée ;**Taille :** 2mm L × 2mm l ;**Appendice :** Néant ;**Couleur :** Marron ;**Nombre de graines par fruit :** 1.**Photo 13 :** Description de *Bassia muricata* (L.) Asch. : A. Fruit.

3.12.- *Brocchia cinerea* (Delile) Vis.

Gartoufa, Chihia (القرطوفة) (*Asteraceae*)

3.12.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Saharien (Quézel et Santa, 1963) ;

Type biologique : Thérophyte (annuelle) (Chehema, 2006) ;

Habitat : Dépressions argilo- sableuses et lits d'*Oueds* sablonneux (Chehema, 2006) ;

Utilisation : Très réputées pour ses qualités aromatiques. Alimentation : Elle est utilisée surtout pour aromatiser les soupes. Pharmacopée : Elle est utilisée en infusion pour faciliter la digestion. Intérêt pastoral : Elle est surtout brouté par les chèvres (Chehema, 2006).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.12.2.- Description du fruit (Photo 14A.)

Forme : Capitule ;

Taille : 10mm L × 8mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur externe : Jaune ;

Type de fruit : Akène.



3.12.3.- Description de la graine (Photo 14B.)

Forme : Conique ;

Taille : 1,5mm L × 1mm l ;

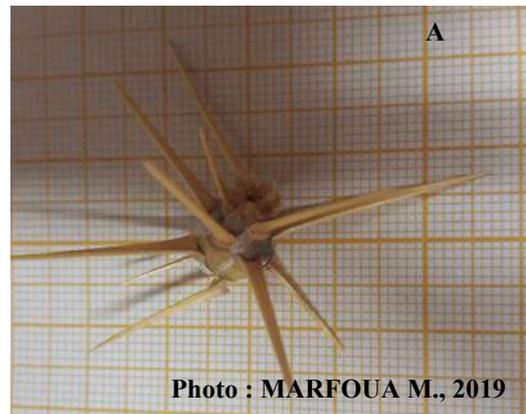
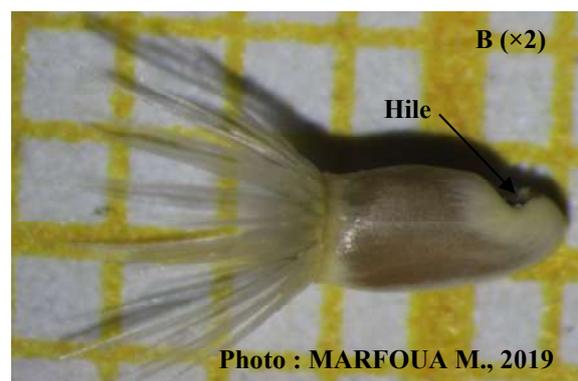
Appendice : Ailes et poils ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : Nombreux.



Photo 14 : Description de *Brocchia cinerea* (Delile) Vis. : A. Fruit ; B. Graine.

3.13.- *Centaurea pungens* Pomel.*Hahetouch (Asteraceae)***3.13.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Endémique, saharien (Quézel et Santa, 1963) ;**Exigences écologiques :** Pâturages rocailloux et sablonneux (Quézel et Santa, 1963) ;**Type biologique :** Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1962) ;**Habitat :** Terrains sableux, graveleux des regs ;**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).**3.13.2.- Description du fruit (Photo 15A.)****Forme :** Arrondie ;**Taille :** 1cm de diamètre ;**Appendices :** Epines ;**Couleur externe :** Jaune-verdâtre ;**Type de fruit :** Akène.**3.13.3.- Description de la graine (Photo 15B.)****Forme :** Oblongue, barbu, lisse, à hile latéral profond ;**Taille :** 2mm L × 1,5mm l ;**Appendices :** Aigrettes ;**Couleur :** Jaunâtre ;**Nombre de graines par fruit :** 1- 2.**Photo 15 :** Description de *Centaurea pungens* Pomel. : A. Fruit ; B. Graine.

3.14.- *Centropodia forsskalii* (Vahl) Cope

Rind, Rebia (رند) (*Poaceae*)

3.14.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Saharien (Ozenda, 1977) ;

Type biologique : Thérophyte (annuelle) (Ozenda, 1977) ;

Habitat : Sables (Ozenda, 1977) ;

Lieu de récolte : Zelfana (Route Ouargla- Ghardaïa).

3.14.2.- Description du fruit (Photo 16A.)

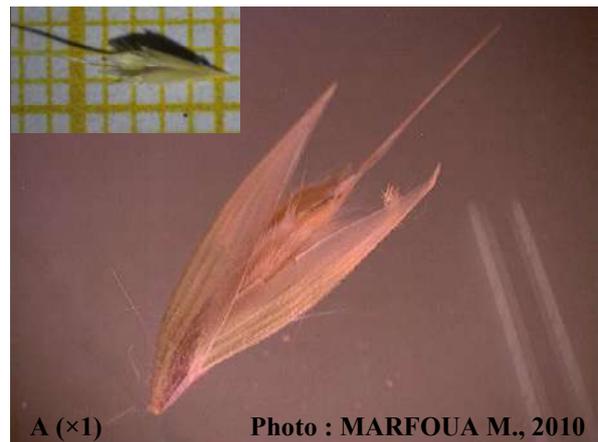
Forme : Fusiforme ;

Taille : 7mm L × 2mm l ;

Appendice : Lemmes portées par un callus piquant, 9-nerviées avec des poils apprimés blanchâtres disposés en bandes entre les nervures ; à sommet bilobé portant, dans le sinus, une arête longue de 4-4,5mm ;

Couleur externe : Marron clair ;

Type de fruit : Caryopse.



3.14.3.- Description de la graine (Photo 16B.)

Forme : Obovoïde ;

Taille : 1,5mm L × 0,8mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : 1.



Photo 16 : Description de *Centropodia forsskalii* (Vahl) Cope : A. Fruit ; B. Graine.

3.15.- *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad.

Handhal, Hdaj, Dellaa El-Wad (الحدج) (Cucurbitaceae)

3.15.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Méditerranéen et Sahara- Sindien ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : Rencontrée sur les terrains sablonneux et sablo-argileux des lits d'*Oueds* et dépressions (Chehema, 2006) ;

Utilisation : Pharmacopée : Elle est très utilisée, en infusion, cataplasme, pommade et compresse pour les traitements de piqûres de scorpion, indigestions, dermatoses et infections génitales. Elle est également utilisée pour soigner les dermatoses des dromadaires ; Intérêt pastoral : Elle n'est broutée par les dromadaires à cause de son goût amer très prononcé (Ozenda, 1977) ;

Lieu de récolte : Zone naturelle (*Oued N'SSA* Ouargla).

3.15.2.- Description du fruit (Photo 17A.)

Forme : Fruit sphérique ;

Taille : 10cm de diamètre ;

Appendice : Néant ;

Couleur externe : Jaunâtre ;

Type de fruit : Sec déhiscent.



Photo : MARFOUA M., 2019

3.15.3.- Description de la graine (Photo 17B.)

Forme : Ovoïde ;

Taille : 6mm L × 4mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Jaune-blanchâtre ;

Nombre de graine par fruit : 200-300.



Photo: MARFOUA M., 2019

Photo 17 : Description de *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. : A. Fruit ; B. Graine.

3.16.- *Cleome africana* Botsch.*Nettil* (نتيل) (Cleomaceae)

3.16.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara-Sindien (Quézel et Santa, 1962) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Ozenda, 1977) ;**Habitat :** Terrains sablonneux (Quézel et Santa, 1962) ;**Utilisation :** Considéré par les nomades, comme plante toxique provoquant des troubles nerveux. Pharmacopée : Utilisée en pansement pour traiter des rhumatismes et soulager les douleurs. Intérêt pastoral : Elle n'est jamais broutée seule par les dromadaires mais en mélange avec d'autres plantes (Chehma, 2006).**Lieu de récolte :** Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).

3.16.2.- Description du fruit (Photo 18A.)

Forme : Fruit fusiforme montrant une ligne de déhiscence ;**Taille :** 5cm L × 2cm l ;**Appendice :** Poils ;**Couleur externe :** Vert clair ;**Type de fruit :** Capsule ;

3.16.3.- Description de la graine (Photo 18B.)

Forme : Arrondi ;**Taille :** 2mm de diamètre ;**Appendice :** Poils blanches ;**Couleur :** Noir ;**Nombre de graine par fruit :** 10-20.Photo 18 : Description de *Cleome africana* Botsch. : A. Fruit ; B. Graine.

3.17.- *Cornulaca monacantha* Delile

Had, Djouri, Thallg (الحاد) (Amaranthaceae)

3.17.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara-Sindien ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) ;

Habitat : Elle est rencontrée dans les zones sableuses et les regs, en pieds isolés et en colonie.

Utilisation : Intérêt pastoral : plante très appréciée par les dromadaires, reconnue comme favorisant l'engraissement ; Excellent pâturage pour les chameaux qui ne sont pas rebutés par les pointes piquantes de la plante ; Favorise la remontée de lait pour les animaux ; Plante résistant au vent, pousse dans les coins les plus arides du Sahara, plante de survie pour les chameaux (**Chehma, 2006**).

Lieu de récolte : Zone naturelle (Axe Ouargla- Touggourt).

3.17.2.- Description du fruit (Photo 19A.)

Forme : Allongée ;

Taille : 2cm L × 1,5cm l ;

Appendice : Membrane ;

Couleur externe : Jaune ;

Type de fruit : Akène.

3.17.3.- Description de la graine (Photo 19B.)

Forme : Lancéolée ;

Taille : 12mm L × 1mm l ;

Appendice : Poils ;

Couleur : Blanche ;

Nombre de graines par fruit : 1.



Photo 19 : Description de *Cornulaca monacantha* Delile : B. Graine.

3.18.- *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd.**(Poaceae)****3.18.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Méditerranéen et tropical (Ozenda, 1977) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Ozenda, 1977) ;**Habitat :** Sables humides (Quézel et Santa, 1962) ;**Lieu de récolte :** Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).**3.18.2.- Description du fruit (Photo 20A.)****Forme :** Imbriqués sur deux rangs,
comprimés, sessiles ;**Taille :** 4,5mm L × 1,5mm l ;**Appendice :** Néant ;**Couleur externe :** Blanche ;**Type de fruit :** Caryopse.**3.18.3.- Description de la graine (Photo 20B.)****Forme :** A base tronquée-subombiliquée,
très rugueux ;**Taille :** 1mm de diamètre ;**Appendice :** Néant ;**Couleur :** Brun-rouge ;**Nombre de graine par fruit :** 2-10.**Photo 20 :** Description de *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. : A. Fruit ; B. Graine.

3.19.- *Daucus sahariensis* Murb.**(*Apiaceae*)****3.19.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Sahara-Sindien (Quézel et Santa, 1963) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1963) ;**Habitat :** Pâturages désertiques (Quézel et Santa, 1963) ;**Lieu de récolte :** Zelfana (Route Ouargla- Ghardaïa).**3.19.2.- Description du fruit (Photo 21A.)****Forme :** Ovale ;**Taille :** 8mm L × 3mm l ;**Appendice :** Rangées d'aiguillons ;**Couleur externe :** Fauve verdâtre ;**Type de fruit :** Diakène.**3.19.3.- Description de la graine****Forme :** Ovale ;**Taille :** 5mm L × 1mm l ;**Appendice :** Néant ;**Couleur :** Blanche ;**Nombre de graines par fruit :** 2.**Photo 21 :** Description de *Daucus sahariensis* Murb. : A. Fruit.

3.20.- *Echium trygorrhizum* Pomel.*Wacham* (الوشام) (*Boraginaceae*)

3.20.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Endémique, Saharien (Quézel et Santa, 1962) ;

Type biologique : Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : Pâturages désertiques (Quézel et Santa, 1962) ;

Utilisation : Par voie orale, la décoction de la partie aérienne est très utilisée pour les affections de l'appareil digestif et surtout contre l'ictère (Korichi, 2016) ; Les racines contiennent un pigment rouge-violacé soluble.

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.20.2.- Description du fruit (Photo 22A.)

Forme : Cyme ;

Taille : 1cm L × 0,5cm l ;

Appendices : Hérisses ;

Couleur externe : Vert-blanchâtre ;

Type de fruit : Akène.



3.20.3.- Description de la graine (Photo 22B.)

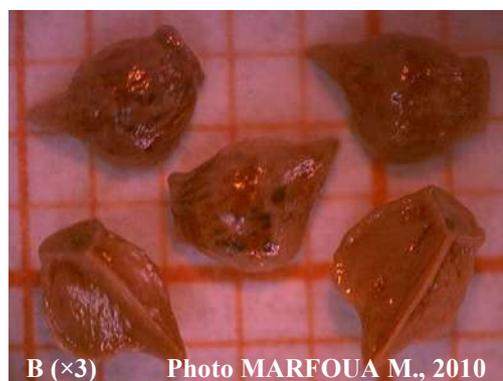
Forme : Ovoïde-trigonale ;

Taille : 3mm L × 2,5mm l ;

Appendice : Paroi lisse, luisante ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : 4.

Photo 22 : Description d'*Echium trygorrhizum* Pomel. : A. Fruit ; B. Graine.

3.21.- *Emex spinosa* (L.) Campd.

Bou semmar, Haneçab, Hodayde (الحميض) (Polygonaceae)

3.21.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Méditerranéen (Quézel et Santa, 1962) ;

Type biologique : Thérophyte (annuelle) (Ozenda, 1977) ;

Habitat : Terrains sablonneux (Lippert et Podlech, 2001) ;

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.21.2.- Description du fruit (Photo 23A.)

Forme : Trigonal ;

Taille : 5mm L × 3mm l ;

Appendice : 3 sépales durs ;

Couleur externe : Vert ;

Type de fruit : Akène.

**3.21.3.- Description de la graine**

Forme : / ;

Taille : / ;

Appendice : / ;

Couleur : / ;

Nombre de graine par fruit : 1.

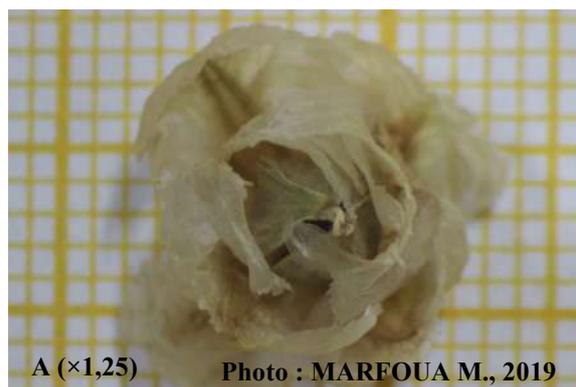
Photo 23 : Description d'*Emex spinosa* (L.) Campd. : A. Fruit.

3.22.- *Ephedra alata* Decne.*Alanda* (العندة) (*Ephedraceae*)

3.22.1.- Biologie - Ecologie

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Chehma, 2006) ;**Habitat :** Sur les terrains sableux au niveau des regs et des lits d'Oued (Chehma, 2006) ;**Utilisation :** Elle est utilisée, en tisane, contre la grippe, la coqueluche et la faiblesse générale. Elle est aussi utilisée sous forme de goutte nasale contre les rhums. Intérêt pastoral : Plante vivace très appréciée par les dromadaires (Chehma, 2006).**Lieu de récolte :** Zone naturelle (Axe Ouargla- Touggourt).

3.22.2.- Description du fruit (Photo 24A.)

Forme : Arrondie ;**Taille :** 15mm L × 12mm l ;**Appendice :** Membranes blanchâtres ;**Couleur externe :** Vert-clair ;**Type de fruit :** / ;

3.22.3.- Description de la graine (Photo 24B.)

Forme : Ovale, allongée à l'extrémité, à un côté aplatie ;**Taille :** 9mm L × 4mm l ;**Appendice :** Néant ;**Couleur :** Vert-clair ;**Nombre de graine par fruit :** 4.Photo 24 : Description d'*Ephedra alata* Decne. : A. Fruit ; B. Graine.

3.23.- *Eremobium aegyptiacum* (Spreng.) Asch. & Schweinf. ex Boiss.

Hama, Marachdet, Lehma (الحمى) (Brassicaceae)

3.23.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara- Sindien (Ozenda, 1977) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : Terrains sablonneux (Quézel et Santa, 1962) ;

Utilisation : Intérêt pastoral : Excellent pâturage pour les dromadaires (Chehema, 2006).

Lieu de récolte : Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).

3.23.2.- Description du fruit (Photo 25A.)

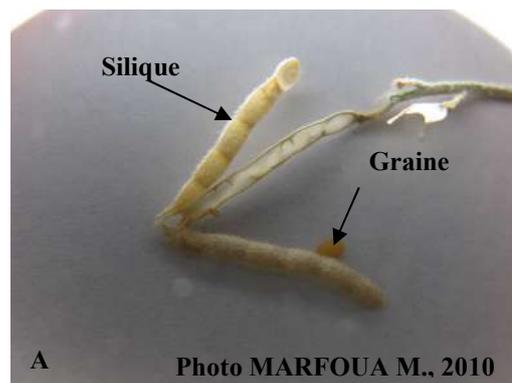
Forme : Fruit linéaires sub-cylindrique, dressées un peu aplatie, très longue ;

Taille : 10mm L × 1mm l ;

Appendice : A valves lisses ou légèrement sillonnées ;

Couleur externe : Jaune-verdâtre ;

Type de fruit : Silique.



3.23.3.- Description de la graine (Photo 25B.)

Forme : Ovale ;

Taille : 2mm L × 1mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Jaune ;

Nombre de graine par fruit : 4-8.



Photo 25: Description d'*Eremobium aegyptiacum* (Spreng.) Asch. & Schweinf. ex Boiss. : A. Fruit ; B. Graine.

3.24.- *Erodium glaucophyllum* L'HéritierToumyer (*Geraniaceae*)

3.24.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara-Méditerranéen (Quézel et Santa, 1963) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Chehma, 2006) ;

Habitat : Après les pluies, en pied isolées dans les terrains argilo-rocailloux (Chehma, 2006).

Utilisation : Plante utilisée pour tanner les peaux ; Intérêt pastoral : C'est une plante constituant un très bon pâturage pour l'ensemble des animaux d'élevage (Chehma, 2006).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.24.2.- Description du fruit (Photo 26A.)

Forme : Fusiforme ;

Taille : 4,5mm L × 2mm l ;

Appendice : / ;

Couleur externe : Marron ;

Type de fruit : Méricarpe.



3.24.3.- Description de la graine (Photo 26B.)

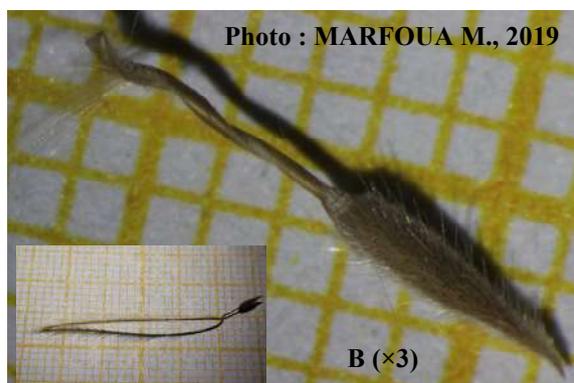
Forme : Fusiforme, portant des soies ;

Taille : 3,5mm L × 1mm l ;

Appendice : Arête spiralé dans son 1/3 inférieur et plumeux dans ses 2/3 supérieurs, caduques ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : 5.

Photo 26 : Description d'*Erodium glaucophyllum* L'Héritier : A. Fruit ; B. Graine.

3.25.- *Eryngium ilicifolium* Lam.**Kefeldib (*Apiaceae*)****3.25.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Ibéro-Mauritanien (Quézel et Santa, 1963) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) ;**Habitat :** Commune dans tout le Sahara septentrional (Ozenda, 1977) ;**Lieu de récolte :** Zelfana (Route Ouargla- Ghardaïa).**3.25.2.- Description du fruit (Photo 27A.)****Forme :** Ovoïde ;**Taille :** 1cm L × 0,5cm l ;**Appendice :** Couvert d'écailles ;**Couleur externe :** Marron-blanchâtre ;**Type de fruit :** Akène.**3.25.3.- Description de la graine (Photo 27B.)****Forme :** Allongée ;**Taille :** 1mm L × 0,2mm l ;**Appendice :** Néant ;**Couleur :** Marron clair ;**Nombre de graines par fruit :** 5 à 7.**Photo 27 : Description d'*Eryngium ilicifolium* Lam. : A. Fruit ; B. Graine.**

3.26.- *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.

Lebbina, Oumlbina, Halib el daba, ammaïa- Lebina (اللبينة) (Euphorbiaceae)

3.26.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Endémique (Ozenda, 1977) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1963) ;

Habitat : En pieds isolés et en petits groupes, dans les zones ensablées (Chehema, 2006) ;

Utilisation : Pharmacopée : Elle est utilisée contre les morsures de serpent ; Intérêt pastoral : Comme *Euphorbia cornuta* Pers. Elle est toxique et à éviter pour les animaux.

Lieu de récolte : Zelfana (Route Ouargla- Ghardaïa).

3.26.2.- Description du fruit (Photo 28A.)

Forme : Fruit tricoque, à déhiscence triple ;

Taille : 12mm L × 9mm l ;

Appendice : Glabre et lisse ;

Couleur externe : Jaune-verdâtre ;

Type de fruit : Capsule



3.26.3.- Description de la graine (Photo 28B.)

Forme : Elliptique ;

Taille : 3mm L × 2mm l ;

Appendice : Crêtes longitudinales ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : 3.

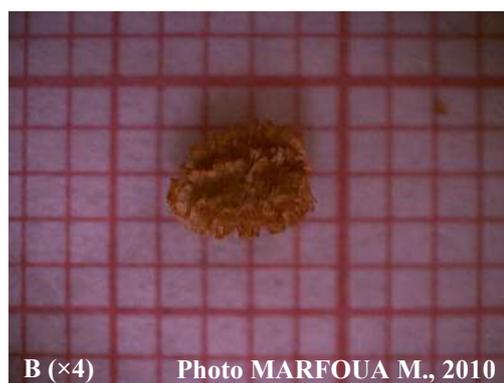


Photo 28 : Description d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. : A. Fruit ; B. Graine.

3.27.- *Fagonia glutinosa* Delile

Cheгаа, Djemda, Cherrick (الشريك) (Zygophyllaceae)

3.27.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara- Sindien (Quézel et Santa, 1962) ;

Type biologique : Thérophyte (annuelle) (Ducerf et Thiry, 2003) ;

Habitat : Terrains sablonneux.

Utilisation : Intérêt pastoral : C'est une plante broutée par les dromadaires, surtout lors de la fructification (Quézel et Santa, 1963) ; Plante peu broutée sans doute à cause du sable qui la recouvre.

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.27.2.- Description du fruit (Photo 29A.)

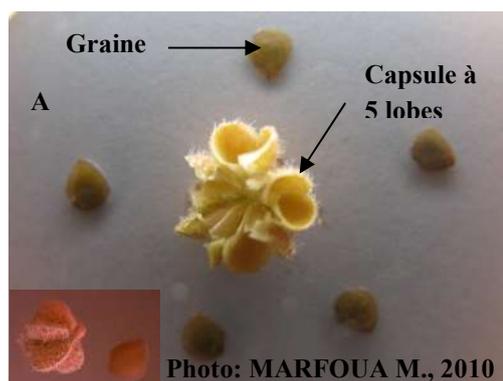
Forme : Capsule en étoile à 5 lobes ;

Taille : 5mm de diamètre ;

Appendice : Poils dressés ;

Couleur externe : Marron clair ;

Type de fruit : Capsule.



3.27.3.- Description de la graine (Photo 29B.)

Forme : Obovoïde à surface réticulée ;

Taille : 3mm L × 2,5mm l ;

Appendice : A hile latéral profond ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : 5.



Photo 29 : Description de *Fagonia glutinosa* Delile : A. Fruit ; B. Graine.

3.28.- *Frankenia thymifolia* Desf.

Roukal, Rebian, Melifa (Frankeniaceae)

3.28.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Endémique nord-africain (Ozenda, 1977) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1963) ;

Habitat : Terrains salés (Quézel et Santa, 1963) ;

Lieu de récolte : Zelfana (Route Ouargla- Ghardaïa).

3.28.2.- Description du fruit (Photo 30A.)

Forme : Variable ;

Taille : 1,5-2cm L × 0,5-1cm l ;

Appendice : Velouté ;

Couleur externe : Jaune-blanchâtre ;

Type de fruit : Akène.

**3.28.3.- Description de la graine (Photo 30B.)**

Forme : Oblong ;

Taille : 0,8mm L × 0,5-0,1mm l ;

Appendice : Poils blanches ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : 3-5.

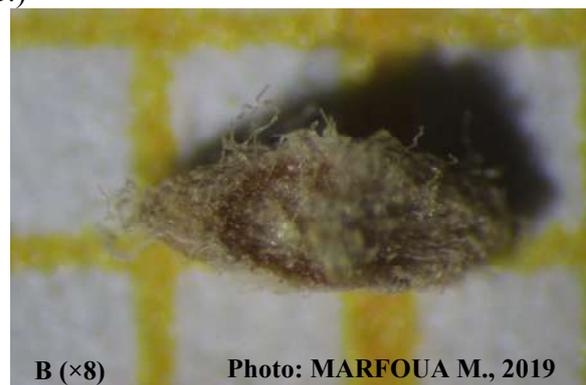


Photo 30 : Description de *Frankenia thymifolia* Desf. : A. Fruit ; B. Graine.

3.29.- *Helianthemum lippii* (L.) Dum. Cours.*Ergiga, Reguig (الرقيق) (Cistaceae)*

3.29.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara- Sindien (Ozenda, 1977) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1963) ;

Habitat : Pâturages désertiques, rocailles, sable (Quézel et Santa, 1963) ;

Utilisation : C'est au pied de cette plante que pousse la «*Terfas*» (*Terfezai ovalispora*), délicieuse truffe blanche. Elle se récolte après des pluies abondantes, il faut que la pluie tombe au moins pendant trois jours ; **Pharmacopée** : Elle est utilisée, en poudre ou en compresse, pour les traitements des lésions cutanées ; **Intérêt pastoral** : Elle est très appréciée par les dromadaires et les chèvres (Chehma, 2006).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.29.2.- Description du fruit (Photo 31A.)

Forme : Ovale ;

Taille : 2mm L × 1mm l ;

Appendices : 1-3 poils ;

Couleur externe : Jaune- blanchâtre ;

Type de fruit : Capsule.



3.29.3.- Description de la graine (Photo 31B.)

Forme : Ovale ;

Taille : 1,5mm L × 0,8mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : 6-12.

Photo 31 : Description de *Helianthemum lippii* (L.) Dum. Cours. : A. Fruit ; B. Graine.

3.30.- *Henophyton deserti* Coss. & Durieu

Hennat l'ibel, Eulga (حنة الابل) (Brassicaceae)

3.30.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Endémique (Quézel et Santa, 1962) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Ozenda, 1977) ;

Habitat : Rocailles désertiques, gypse (Quézel et Santa, 1962) ;

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.30.2.- Description du fruit (Photo 32A.)

Forme : Planes, dressées, à marge \pm ondulées ;

Taille : 3-6cm L \times 0,5-0,8cm l ;

Appendices : Un bec court ;

Couleur externe : Marron clair ;

Type de fruit : Silique.



3.30.3.- Description de la graine (Photo 32B.)

Forme : Lenticulaire, insérées sur deux rangs ;

Taille : 7mm L \times 5mm l ;

Appendice : Aile membraneuse ;

Couleur : Jaune ;

Nombre de graine par fruit : 10-15.

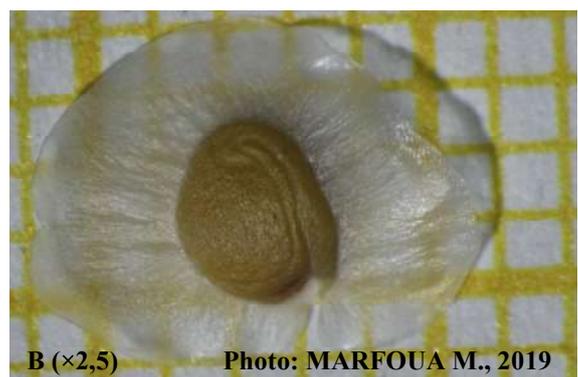
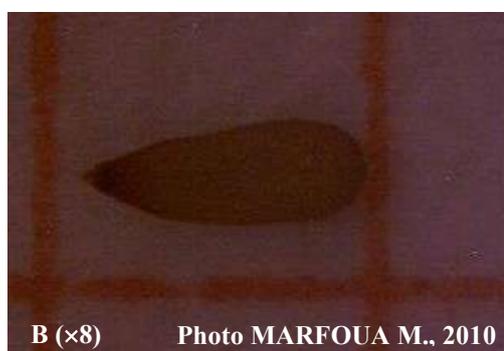


Photo 32 : Description de *Henophyton deserti* Coss. & Durieu : A. Fruit ; B. Graine.

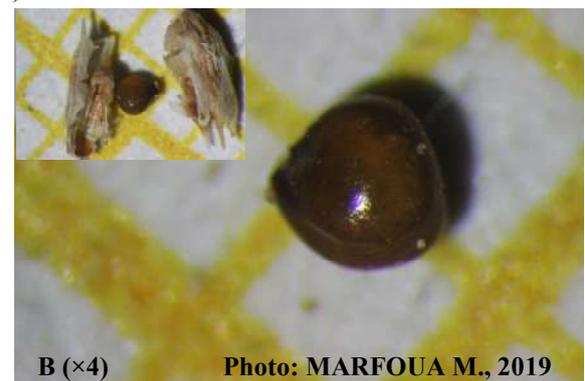
3.31.- *Ifloga spicata* (Forssk.) Sch. Bip.*Zaïdat en naadja1, Tasakrouit (Asteraceae)***3.31.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Sahara- Sindien (Quézel et Santa, 1963) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1963) ;**Habitat :** Plante apparaissant juste après les pluies sur les sols pierreux des dépressions et des lits d'*Oued* (Chehema, 2006) ;**Utilisation :** Intérêt pastoral : Elle est broutée par les dromadaires en cas d'absence d'autres plante (Chehema, 2006).**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).**3.31.2.- Description du fruit (Photo 33A.)****Forme :** Oblongue, glabre ;**Taille :** 0,9mm L × 0,2mm l ;**Appendices :** Néant ;**Couleur :** Marron ;**Type de fruit :** Capitule.**3.31.3.- Description de la graine (Photo 33B.)****Forme :** Oblongue, glabre ;**Taille :** 0,9mm L × 0,2mm l ;**Appendices :** Néant ;**Couleur :** Marron ;**Type de graine :** Akène ;**Nombre de graines par fruit :** 10-20.**Photo 33 :** Description d'*Ifloga spicata* (Forssk.) Sch. Bip. : A. Fruit ; B. Graine.

3.32.- *Launaea capitata* (Spreng.) Dandy*Harchaïa* (حرشاية) (*Asteraceae*)**3.32.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Sahara-Méditerranéen (Quézel et Santa, 1963) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Chehma, 2006) ;**Habitat :** Après les pluies, sur les terrains caillouteux, dans les dépressions et les lits d'Oueds (Chehma, 2006).**Utilisation :** Intérêt pastoral : Plante très appréciée par les dromadaires, les chèvres et particulièrement broutée par les chamelles allaitantes (Chehma, 2006).**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).**3.32.2.- Description du fruit****Forme :** Cylindrique ;**Taille :** 1cm L × 0,5cm l ;**Appendices :** Soies blanches ;**Couleur :** Blanche ;**Type de fruit :** Akène.**3.32.3.- Description de la graine (Photo 34B.)****Forme :** Allongée bordée d'ailes longitudinales très larges ;**Taille :** 3mm L × 1,8mm l ;**Appendices :** Aigrette de soies blanches ;**Couleur :** Ivoire ;**Nombre de graines par fruit :** 20-30.**Photo 34 :** Description de *Launaea capitata* (Spreng.) Dandy. : B. Graine.

3.33.- *Launaea nudicaulis* (L.) Hook. F.*Hwwa, Huwah, Howwah (Asteraceae)***3.33.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Méditerranéen-Saharo-Sindien (Quézel et Santa, 1963) ;**Type biologique :** Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1963) ;**Habitat :** Champs incultes et pâturages des régions désertiques (Quézel et Santa, 1963) ;**Utilisation :** Les jeunes pousses peuvent être consommées crues ou cuites ; Intérêt pastoral : Il s'agit d'un bon pâturage pour les chèvres allaitantes ainsi que pour les chèvres (Chehema, 2006) ;**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).**3.33.2.- Description du fruit****Forme :** Cylindrique presque sessile ;**Taille :** 2cm L × 1cm l ;**Appendices :** Longs soies blanches ;**Couleur :** Blanche ;**Type de fruit :** Capitule.**3.33.3.- Description de la graine (Photo 35B.)****Forme :** Allongée, étroite, non ailés, cannelée ;**Taille :** 4mm L × 0,5mm l ;**Appendice :** Aigrette de soies blanches ;**Couleur :** Blanche ;**Type de graine :** Akène ;**Nombre de graine par fruit :** 25-35.**Photo 35 : Description de *Launaea nudicaulis* (L.) Hook. F. : B. Graine.**

3.34.- *Mantiscalca salmantica* (L.) Briq. & Cavillier**(Asteraceae)****3.34.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Méditerranéen (Quézel et Santa, 1963) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1963) ;**Habitat :** Broussailles et pâturages de la plaine (Quézel et Santa, 1963) ;**Lieu de récolte :** Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).**3.34.2.- Description du fruit (Photo 36A.)****Forme :** Cylindriques ;**Taille :** 3cm L × 2cm l ;**Appendices :** Involucre bien articulé ;**Couleur externe :** Pourpre ;**Type de fruit :** Akène.**3.34.3.- Description de la graine (Photo 36B.)****Forme :** Cylindrique ou légèrement conique ;**Taille :** 2mm L × 2-1mm l ;**Appendice :** Double aigrette, A 10-15 côtes longitudinales reliées par des anastomoses transversales saillantes qui circonscrivent ;**Couleur :** Brunâtre ;**Nombre de graines par fruit :** 20-30.**Photo 36 : Description de *Mantiscalca salmantica* (L.) Briq. & Cavillier : A. Fruit ; B. Graine.**

3.35.- *Neurada procumbens* L.*Kef es sebaa1, Anfel, Saadane (السعدان) (Neuradaceae)***3.35.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Sahara- Sindien (Ozenda, 1977) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1962) ;**Habitat :** Sur les lits d'*Oued* et dépressions à fond sableux (Chehema, 2006) ;**Utilisation :** Excellent pâturage pour les dromadaires et les chèvres (Chehema, 2006) ; Riches en eau, les feuilles sont consommées par les *Touaregs* en tant que salade ; Autre mode de consommation : arracher les plantes, enlever la racine, garder les fruits frais, bien laver le tout, piler l'ensemble et en faire des boules. Peut-être mélangé avec d'autres plantes et céréales. C'est très nourrissant et riche en eau (idem talkach).**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).**3.35.2.- Description du fruit (Photo 37A.)****Forme :** Réceptacle fructifère à base plane ;**Taille :** 2cm de diamètre ;**Appendice :** Hérissé en dessus de fortes épines ;**Couleur externe :** Marron clair ;**Type de fruit :** Sec indéhiscent.**3.35.3.- Description de la graine****Forme :** / ;**Taille :** / ;**Appendice :** / ;**Couleur :** / ;**Nombre de graine par fruit :** 1.**Photo 37 :** Description de *Neurada procumbens* L. : A. Fruit.

3.36.- *Paronychia arabica* (L.) DC.**(Caryophyllaceae)****3.36.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Saharo-sindien (Ozenda, 1977) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Ozenda, 1977) ;**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).**3.36.2.- Description du fruit (Photo 38A.)****Forme :** Allongée ;**Taille :** 3mm L × 1mm l ;**Appendice :** Membrane poilue ;**Couleur externe :** Marron-blanchâtre ;**Type de fruit :** Akène.**3.36.3.- Description de la graine (Photo 38B.)****Forme :** Arrondie ;**Taille :** 0,5mm de diamètre ;**Appendice :** Néant ;**Couleur :** Marron luisant ;**Nombre de graine par fruit :** 1.**Photo 38 :** Description de *Paronychia arabica* (L.) DC. : A. Fruit ; B. Graine.

3.37.- *Peganum harmala* L.**Harmel (الحرمل) (*Zygophyllaceae*)****3.37.1.- Biologie - Ecologie****Type biologique :** Chaméphyte (vivace) (Ozenda, 1977) ;**Habitat :** Terrains sablonneux un peu nitré (Ozenda, 1977) ;**Lieu de récolte :** Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).**3.37.2.- Description du fruit (Photo 39A.)****Forme :** Sphérique ;**Taille :** 12mm L × 6mm l ;**Appendice :** Sépale persistant ;**Couleur externe :** Jaune ;**Type de fruit :** Capsule ;**3.37.3.- Description de la graine (Photo 39B.)****Forme :** Anguleuse ;**Taille :** 3mm L × 2mm l ;**Appendice :** Néant ;**Couleur :** Noire ;**Nombre de graine par fruit :** Nombreux.**Photo 39 : Description de *Peganum harmala* L. : A. Fruit ; B. Graine.**

3.38.- *Pergularia tomentosa* L.

Demial, Aleg, Tachkat, Relka, Geygeh, Ghalaqah, Sellakha (الفلقة) (Asclepiadaceae)

3.38.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara-Sindien (Quézel et Santa, 1963) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Ozenda, 1977) ;

Habitat : Commune dans tout le Sahara septentrional (Quézel et Santa, 1963) ;

Utilisation : Pharmacopée : Elle est utilisée de la même façon pour les piqûres de scorpion, les angines et les dermatoses. En application, le lait contenu dans la plante fait ressortir les épines de la peau ; Plante également utilisée contre les morsures de serpent ; Intérêt pastoral : A cause de ses sécrétions laiteuses à caractères corrosif, elle est très faiblement broutée par les dromadaires (Chehema, 2006).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.38.2.- Description du fruit (Photo 40A.)

Forme : Corymbiforme ;

Taille : 3cm L × 1cm l ;

Appendice : Barbues sur les bords, portant de petites pointes ;

Couleur externe : Vert-brunâtre ;

Type de fruit : Follicule.

**3.38.3.- Description de la graine (Photo 40B.)**

Forme : Spatulée ;

Taille : 8mm L × 5mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Marron clair ;

Nombre de graines par fruit : 3-5.



Photo 40 : Description de *Pergularia tomentosa* L. : A. Fruit ; B. Graine.

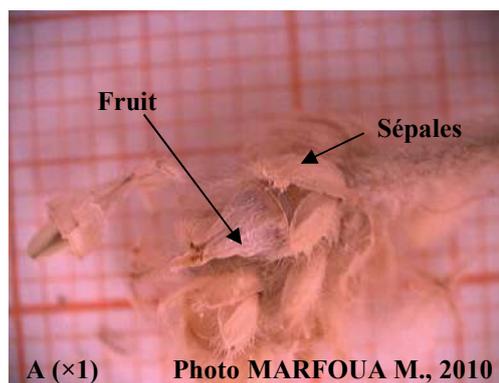
3.39.- *Perralderia coronopifolia* Coss.*Lahiet el tis, Tafés (لحية التيس) (Asteraceae)***3.39.1.- Biologie - Ecologie****Aire de répartition générale :** Endémique- Saharien (Quézel et Santa, 1963) ;**Type biologique :** Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1963) ;**Habitat :** Après les pluies, les zones rocheuses aux bordures des collines (Chehema, 2006);**Utilisation :** Plante toxique (Quézel et Santa, 1963) ; C'est une plante réputée par sa très forte toxicité pour les dromadaires, surtout ses fleurs (pouvant provoquer la mort). Elle a une odeur désagréable. D'ailleurs les animaux de la région l'évitent d'eux même (Chehema, 2006).**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).**3.39.2.- Description du fruit (Photo 41A.)****Forme :** Capitule ;**Taille :** 3cm L × 1,5cm l ;**Appendices :** Bractées dépassent ± les pétales et sont déployés vers l'extérieur ;**Couleur :** Jaune ;**Type de fruit :** Akène.**3.39.3.- Description de la graine (Photo 41B.)****Forme :** Cylindriques, brusquement rétrécis au sommet ;**Taille :** 1,5mm L × 0,9mm l ;**Appendice :** A poils sur 2 rangs (les poils de l'aigrette externe sont courts, ceux de l'aigrette interne sont longs) ;**Couleur :** Blanche ;**Nombre de graine par fruit :** 25-30.**Photo 41 :** Description de *Perralderia coronopifolia* Coss. : A. Fruit ; B. Graine.

3.40.- *Plantago ciliata* Desf.Lelma, Zelfana, Annadam (*Plantaginaceae*)

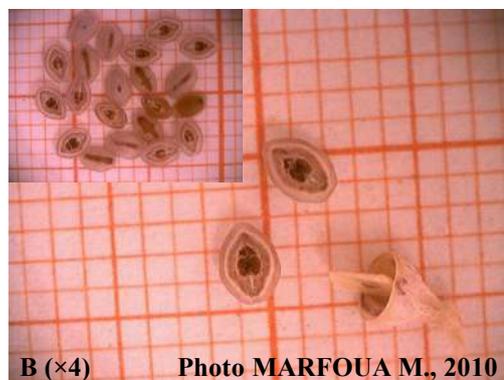
3.40.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara- Sindien (Quézel et Santa, 1963) ;**Type biologique :** Thérophyte (annuelle) (Ozenda, 1977) ;**Habitat :** En pieds isolés, après les pluies, sur les sols sableux et gravillonnaires, dans les dépressions et les lits d'*Oueds* (Chehema, 2006) ;**Utilisation :** Alimentation : Autrefois, les graines étaient utilisées en farine pour faire des galettes et des bouillies ; Pharmacopée : Elle est utilisée comme cicatrisante des blessures et pour les traitements des inflammations de la gorge et des ulcères ; Intérêt pastoral : Cette plante est très appréciée par les dromadaires et les chèvres (Chehema, 2006).**Lieu de récolte :** Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.40.2.- Description du fruit (Photo 42A.)

Forme : Fusiforme ;**Taille :** 1mm de diamètre ;**Appendice :** 3 sépales ;**Couleur externe :** Blanc ;**Type de fruit :** Pyxide.

3.40.3.- Description de la graine (Photo 42B.)

Forme : Sectoroïde ;**Taille :** 3mm L × 2mm l ;**Appendice :** Néant ;**Couleur :** Blanche aux taches marron ;**Nombre de graine par fruit :** 2.Photo 42 : Description de *Plantago ciliata* Desf. : A. Fruit ; B. Graine.

3.41.- *Savignya parviflora* subsp. *longistyla* (Boiss. & Reut.) MaireQalglan, Goulglène (فلقلان) (*Brassicaceae*)

3.41.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara- Sindien, endémique (Quézel et Santa, 1962) ;

Type biologique : Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : Parcours désertiques (Quézel et Santa, 1962) ;

Utilisation : Intérêt pastoral : Le « Goulglène » est un excellent pâturage pour les dromadaires. D'ailleurs, les chameliers la classe comme la plante la plus appréciée et qui engraisse rapidement les animaux (Chehema, 2006).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.41.2.- Description du fruit (Photo 43A.)

Forme : Plate, elliptique ;

Taille : 1cm L × 0,5cm l ;

Appendices : Un style assez long ;

Couleur externe : Jaune clair ;

Type de fruit : Silique.



3.41.3.- Description de la graine (Photo 43B.)

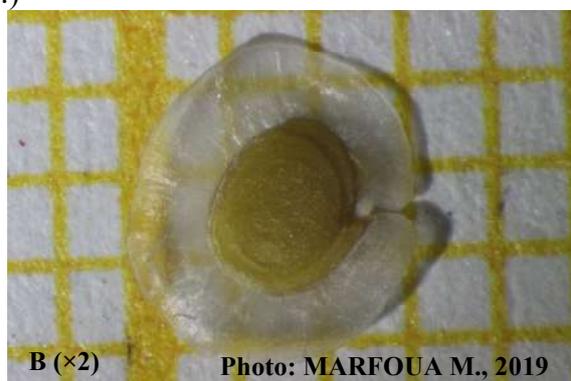
Forme : Lenticulaire ;

Taille : 4mm L × 3mm l ;

Appendice : Large aile membraneuse ;

Couleur : Jaune ;

Nombre de graine par fruit : 2-4.

Photo 43 : Description de *Savignya parviflora* subsp. *longistyla* (Boiss. & Reut.) Maire : A. Fruit ; B. Graine.

3.42.- *Scorzonera laciniata* L.Azim (*Asteraceae*)

3.42.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Méditerranéen-Sahara-Sindien (Quézel et Santa, 1963) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1963) ;

Habitat : Terrains sablonneux (Quézel et Santa, 1963) ;

Utilisation : La plante contient un latex blanc ; Pharmacopée : Utilisée en tisane pour les maladies de foie ; Pour les femmes qui allaitent, manger les feuilles fraîches donnerait du lait (Chehema, 2006).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.42.2.- Description du fruit (Photo 44A.)

Forme : Capitules subcylindriques,
nettement pédonculées ;

Taille : 1cm L × 0,5cm l ;

Appendices : Poils blancs ;

Couleur externe : Marron ;

Type de fruit : Akène.



3.42.3.- Description de la graine (Photo 44B.)

Forme : Allongée ;

Taille : 6mm L × 0,2mm l ;

Appendice : Aigrette de poils blanches,
à la base en 4 éperons aigus ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : 50-60.



Photo 44 : Description de *Scorzonera laciniata* L. : A. Fruit ; B. Graine.

3.43.- *Spergularia salina* J. & C. Presl

(Caryophyllaceae)

3.43.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Méditerranéen-Steppique (Quézel et Santa, 1962);

Type biologique : Thérophyte (annuelle) (Quézel et Santa, 1962) ;

Habitat : Terrains salés (Quézel et Santa, 1962) ;

Lieu de récolte : Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).

3.43.2.- Description du fruit (Photo 45A.)

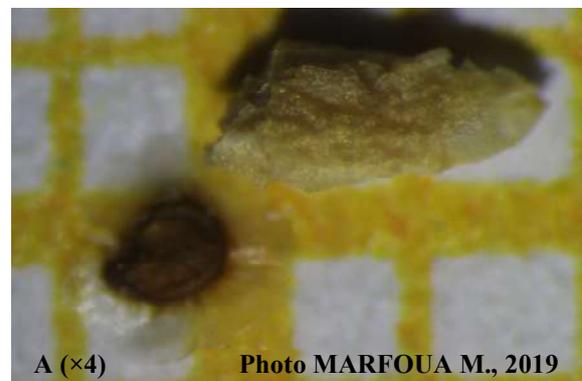
Forme : Ovale, plus longue que les sépales ;

Taille : 3-7mm L × 1-1,5mm l ;

Appendices : Néant ;

Couleur externe : Jaune ;

Type de fruit : Capsule.



A (×4)

Photo MARFOUA M., 2019

3.43.3.- Description de la graine (Photo 45B.)

Forme : Lenticulaire ;

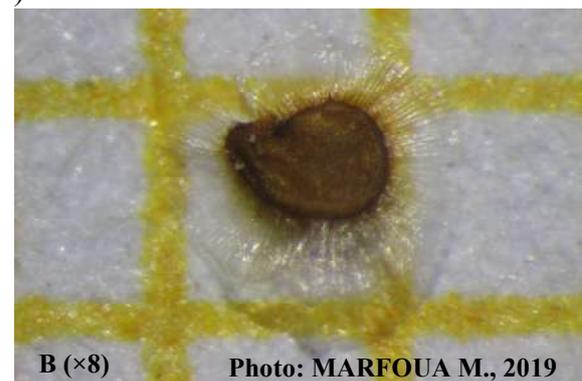
Taille : 0,5-1mm L × 0,5-0,8mm l ;

Appendice : Exceptionnellement

à aile blanche ;

Couleur : Marron ;

Nombre de graine par fruit : 10-20.



B (×8)

Photo: MARFOUA M., 2019

Photo 45 : Description de *Spergularia salina* J. & C. Presl : A. Fruit ; B. Graine.

3.44.- *Stipagrostis plumosa* (L.) Munro ex T. Anderson

N'sie (النسي) (*Poaceae*)

3.44.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara- Sindien (Ozenda, 1977) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Chehma, 2006) ;

Habitat : En pieds isolés et en touffes compactes, sur sols sableux (Chehma, 2006) ;

Utilisation : Intérêt pastoral : C'est un excellent pâturage pour les animaux d'élevage (Chehma, 2006) ; Pâturage préféré des gazelles qui pousse juste après la pluie et qui sèche très vite ; Autrefois les graines minuscules étaient récoltées pour être consommées (Réf. Eléc. 01).

Lieu de récolte : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.44.2.- Description du fruit

Forme : Fusiforme ;

Taille : 20mm L × 5mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur externe : Jaune ;

Type de fruit : Caryopse.

3.44.3.- Description de la graine (Photo 46B.)

Forme : Fusiforme ;

Taille : 4mm L × 0,8mm l ;

Appendice : Plume ;

Couleur : Marron foncé ;

Nombre de graine par fruit : 1.

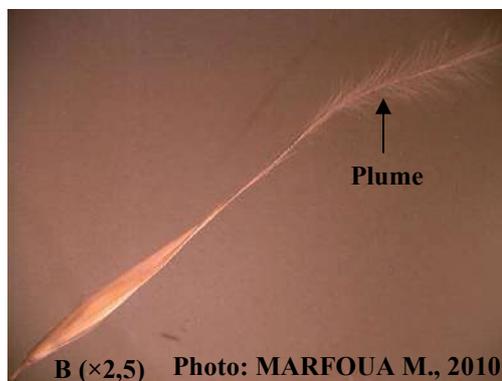


Photo 46 : Description de *Stipagrostis plumosa* (L.) Munro ex T. Anderson : B. Graine.

3.45.- *Zilla macroptera* Coss.*Chebrouk* (الشبرق) (*Brassicaceae*)

3.45.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Saharo-sindien (Ozenda, 1977) ;**Type biologique** : Chaméphyte (vivace) (Ozenda, 1977) ;**Habitat** : Terrains sablo-graveleux des lits d'*Oued* et des dépressions (Chehema, 2006) ;**Utilisation** : Ses poils sont à éviter, car ils sont très irritants. Alimentation : Dans le temps, elle était réduite en poudre et ajouté au tabac. Intérêt pastoral : Elle est broutée par les dromadaires, verte ou sèche, et ses fruits sont très appréciés (Chehema, 2006).**Lieu de récolte** : Zelfana (Axe Ouargla-Ghardaïa).

3.45.2.- Description du fruit (Photo 47A.)

Forme : Quadratique ;**Taille** : 15mm L × 10mm l ;**Appendice** : Ailes coriaces et un bec court ;**Couleur externe** : Jaune clair ;**Type de fruit** : Silicule.

3.45.3.- Description de la graine (Photo 47B.)

Forme : Conique ;**Taille** : 11mm L × 4mm l ;**Appendice** : Néant ;**Couleur** : Jaune ;**Nombre de graine par fruit** : 1.Photo 47 : Description de *Zilla macroptera* Coss. : A. Fruit ; B. Graine.

3.46.- *Zygophyllum album* L.

Agga, Aggaya, Bougriba, (العفة) (Zygophyllaceae)

3.46.1.- Biologie - Ecologie

Aire de répartition générale : Sahara- Sindien (Quézel et Santa, 1963) ;

Type biologique : Chaméphyte (vivace) (Quézel et Santa, 1963) ;

Habitat : En pieds isolés dans les zones sableuses un peu salées, et en colonies sur les grandes surfaces, sur sols salés et sebkha (Chehema, 2006) ;

Utilisation : Elle est considérée comme toxique ; Pharmacopée : Elle utilisée, en décoction, en poudre ou en pommade pour les traitements des diabètes, des indigestions et des dermatoses ; Intérêt pastoral : C'est une plante bien broutées par les dromadaires (Chehema, 2006) ; La plante serait toxique fraîche, elle est broutée par les ânes sèche.

Lieu de récolte : Agrosystème abandonné (Route Ouargla- Touggourt).

3.46.2.- Description du fruit (Photo 48A.)

Forme : Fruits dilatés en lobe au sommet ;

Taille : 8mm L × 3mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur externe : Marron clair ;

Type de fruit : Capsule.



3.46.3.- Description de la graine (Photo 48B.)

Forme : Linaire ;

Taille : 2,5mm L × 1mm l ;

Appendice : Néant ;

Couleur : Noir ;

Nombre de graine par fruit : 5.



Photo 48 : Description de *Zygophyllum album* L. : A. Fruit ; B. Graine.

Chapitre 2

Caractérisation physiologique des graines

TROISIEME PARTIE : RESULTATS & DISCUSSIONS

Chapitre 2 : Caractérisation physiologique des graines

Les résultats obtenus après les tests de germination réalisés sur les graines de quelques plantes spontanées collectées à partir de la zone d'étude ont été traités statistiquement.

1.- Etude de l'influence de quelques facteurs abiotiques sur la germination

Les aspects éco-physiologiques de la germination des graines ont été étudiés pour les graines des 46 espèces spontanées collectées au niveau de notre zone d'étude (Tab.04).

Tableau 4 : Liste des espèces étudiées pour l'influence de quelques facteurs abiotiques sur la germination.

Espèces	Familles	Espèces	Familles
<i>Agathophora alopecuroides</i>	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Euphorbia guyoniana</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
<i>Ammodaucus leucotrichus</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Fagonia glutinosa</i>	<i>Zygophyllaceae</i>
<i>Anabasis articulata</i>	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Helianthemum lippii</i>	<i>Cistaceae</i>
<i>Argyrolobium uniflorum</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Henophyton deserti</i>	<i>Brassicaceae</i>
<i>Aristida adscensionis</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Ifloga spicata</i>	<i>Asteraceae</i>
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	<i>Asphodelaceae</i>	<i>Launaea capitata</i>	<i>Asteraceae</i>
<i>Astragalus arpilobus</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Launaea nudicaulis</i>	<i>Asteraceae</i>
<i>Astragalus boeticus</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Limoniastrum guyonianum</i>	<i>Plumbaginaceae</i>
<i>Astragalus gombo</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Mantisalca salmantica</i>	<i>Asteraceae</i>
<i>Astragalus mareoticus</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Moltkiopsis ciliata</i>	<i>Boraginaceae</i>
<i>Atriplex dimorphostegia</i>	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Neurada procumbens</i>	<i>Neuradaceae</i>
<i>Bassia muricata</i>	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Paronychia arabica</i>	<i>Caryophyllaceae</i>
<i>Brocchia cinerea</i>	<i>Asteraceae</i>	<i>Peganum harmala</i>	<i>Zygophyllaceae</i>
<i>Centropodia forsskalii</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Pergularia tomentosa</i>	<i>Asclepiadaceae</i>
<i>Cleome africana</i>	<i>Cleomaceae</i>	<i>Perralderia coronopifolia</i>	<i>Asteraceae</i>
<i>Cornulaca monacantha</i>	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Plantago ciliata</i>	<i>Plantaginaceae</i>
<i>Crotalaria saharae</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Polycarpaea robbairea</i>	<i>Caryophyllaceae</i>
<i>Daucus sahariensis</i>	<i>Apiaceae</i>	<i>Savignya parviflora</i>	<i>Brassicaceae</i>
<i>Diploxaxis harra</i>	<i>Brassicaceae</i>	<i>Scorzonera laciniata</i>	<i>Asteraceae</i>
<i>Echium trygorrhizum</i>	<i>Boraginaceae</i>	<i>Spergularia salina</i>	<i>Caryophyllaceae</i>
<i>Ephedra alata</i>	<i>Ephedraceae</i>	<i>Stipagrostis plumosa</i>	<i>Poaceae</i>
<i>Eremobium aegyptiacum</i>	<i>Brassicaceae</i>	<i>Stipagrostis pungens</i>	<i>Poaceae</i>
<i>Erodium glaucophyllum</i>	<i>Geraniaceae</i>	<i>Zilla spinosa</i>	<i>Brassicaceae</i>

Source : Marfoua (2019).

Les espèces comprennent 19 familles et 41 genres. Les familles les plus représentées sont les *Asteraceae* (sept espèces), les *Fabaceae* (six espèces), les *Amaranthaceae* et les *Brassicaceae* (cinq espèces) et les *Poaceae* (quatre espèces).

Trois espèces appartiennent à la famille des *Caryophyllaceae*, deux espèces aux *Apiaceae*, *Boraginaceae* et *Zygophyllaceae*. Une seule espèce appartient aux *Asclepiadaceae*, *Asphodelaceae*, *Cistaceae*, *Cleomaceae*, *Ephedraceae*, *Euphorbiaceae*, *Geraniaceae*, *Neuradaceae*, *Plantaginaceae* et *Plumbaginaceae* (Fig.16).

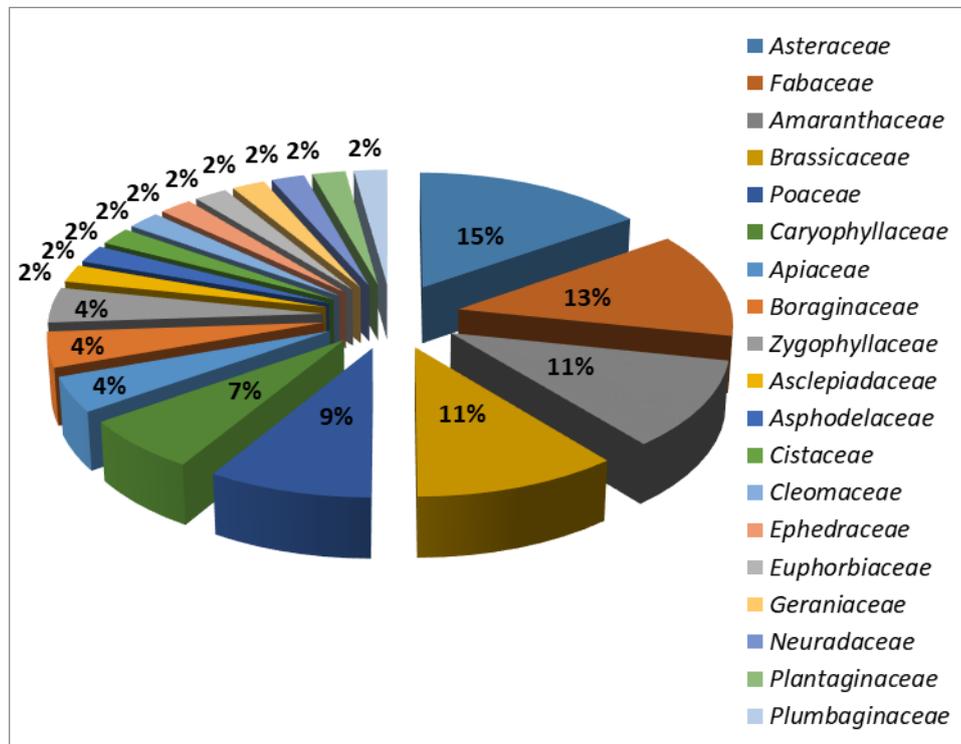


Figure 16 : Présentation de la flore spontanée étudiée en fonction des familles botaniques (19 familles).

1.1.- Influence de la température sur la germination des graines

La germination peut être ralentie ou même empêchée par des facteurs climatiques telle que la température (Côme, 1970).

1.1.1.- Effet sur le pourcentage moyen de germination (PMG)

D'après l'analyse de la variance effectuée sur le pourcentage moyen de la germination (PMG), nous avons remarqué que les facteurs : famille, température et temps sont très hautement significatifs, de même pour les interactions : famille*température et famille*temps ($P < 0,000^{***}$). Cependant, les interactions : température*temps et famille*température*temps n'ont eu aucun effet sur le taux de la germination (Annexe 01).

La germination s'est produite dans toute la gamme thermique choisie, depuis 5°C jusqu'à 40°C. La figure 17 montre que la germination des graines atteint sa valeur maximale (33,11%) à 25°C. Cependant, la valeur la plus basse (9,21%) est enregistrée à

5°C. **Fallahi et al. (2017)** et **Ren et al. (2017)** indiquent que la température détermine le taux de métabolisme, de développement des plantes et a des effets significatifs sur le pourcentage de germination.

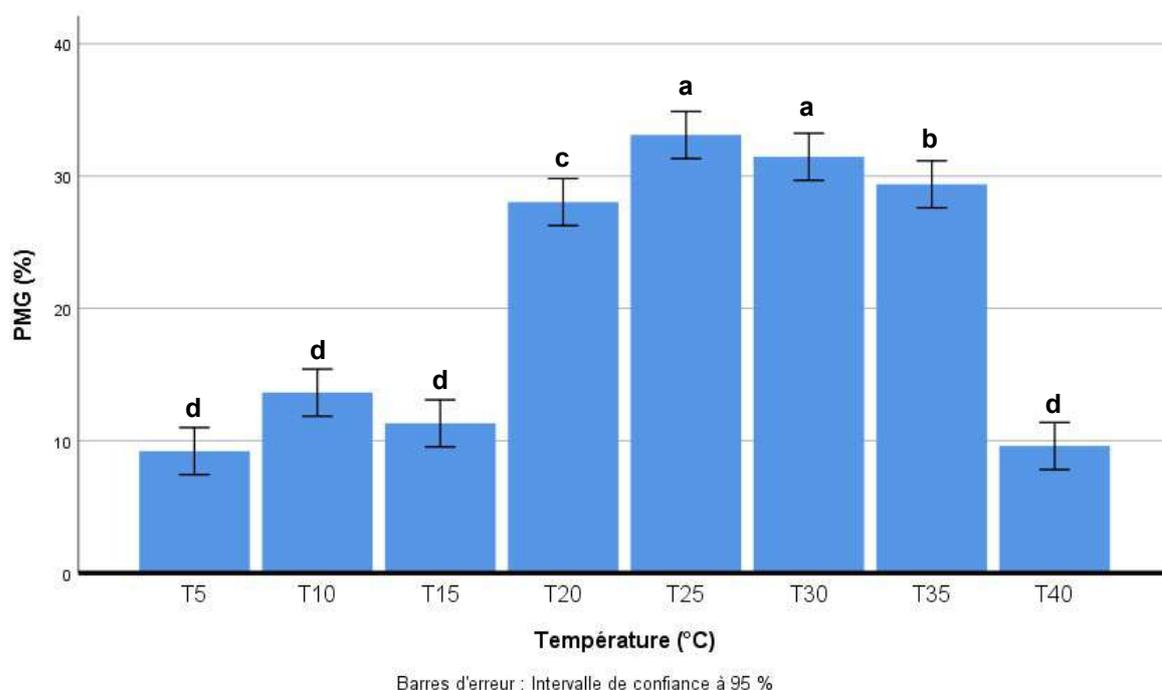


Figure 17 : Effet de la température (°C) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 46 espèces spontanées sahariennes.

Selon **Nonogaki et al. (2010)**, la germination est un "phénomène complexe comportant plusieurs réactions et plusieurs phases". Chacune de ces phases serait affectée par la température qui fournit également l'énergie nécessaire aux réactions.

La plupart des espèces testées (38/46) ont germé entre : 20, 25, 30 et 35°C avec : 28,04 ; 33,11 ; 31,46 et 29,38% respectivement. Des résultats similaires ont été obtenus pour d'autres espèces des milieux arides : *Zornia glochidiata* (*Fabaceae*) au Sahel (**Mbaye et al., 2002**) et *Gymnocalycium mostii* (*Cactaceae*) en Argentine (**Gurvich et al., 2017**).

Cependant, les pourcentages de germination enregistrés à 10, 15 et 5°C sont faibles, avec des taux respectifs de 13,63 ; 11,31 et 9,21% bien que ce sont des températures optimales pour une germination maximale chez certaines espèces étudiées. En effet, nous avons relevé : 21,17% à 10°C pour *Aristida adscensionis* (*Poaceae*); 64,89% à 15°C pour *Scorzonera laciniata* (*Asteraceae*) et 77,61% à 5°C pour *Atriplex dimorphostegia* (*Amaranthaceae*). Des pourcentages de germination maximale (84%) ont été obtenus chez *Descurainia sophia* (*Brassicaceae*) à 15°C (**Fallahi et al., 2017**).

Cela est peut-être dû au fait que ces températures correspondent aux températures moyennes saisonnières dans la zone de collecte des graines des espèces étudiées (voir le chapitre description générale de la zone d'étude).

Cette constatation a été confirmée par **Jurado et Westoby (1992)** ; **Gutterman (1994)** ; **Foley (2001)** ; **Hoareau (2012)** ; **Gurvich et al., (2017)**. Ces auteurs précisent qu'il existe des groupes d'espèces pour lesquels les températures de germination optimale coïncident avec les températures d'été et d'hiver moyennes de leurs habitats locaux.

Selon **Konate (1987)** pour une espèce donnée, il existe un intervalle de température à l'intérieur duquel la germination est possible. Aux bornes de cet intervalle, on distingue : une température minimale en dessous de laquelle la germination est impossible, et une température maximale au-dessus de laquelle les graines ne germent pas également. Entre les deux, se situe la température optimale à laquelle la germination est la plus rapide.

Le taux de germination des graines varie souvent avec la température à laquelle elles sont mises à germer et le temps qui sépare leur récolte de leur ensemencement. Le mode d'action de la température intervient soit au niveau de l'embryon pour lever sa dormance soit au niveau des enveloppes pour éliminer ou créer une inhibition tégumentaire (**Côme, 1970**).

1.1.2.- Effet sur le temps moyen de germination (TMG)

D'après l'analyse de la variance effectuée sur le temps moyen de la germination (TMG), nous avons remarqué que les facteurs : famille, température et temps sont très hautement significatifs, de même pour les interactions : famille*température et température*temps ($P < 0,000^{***}$). Cependant, les interactions : famille*temps et famille*température*temps n'ont eu aucun effet sur la vitesse de la germination (Annexe 02).

La plupart des espèces ont germé à compter du 8^{ème} jour. La vitesse de germination a augmenté progressivement jusqu'au 48^{ème} jour pour la totalité des espèces ayant germé (Fig.18).

Certaines espèces de la zone aride d'une étude menée par **Jurado et Westoby (1992)** ont également commencé à germer en moins de 10 jours.

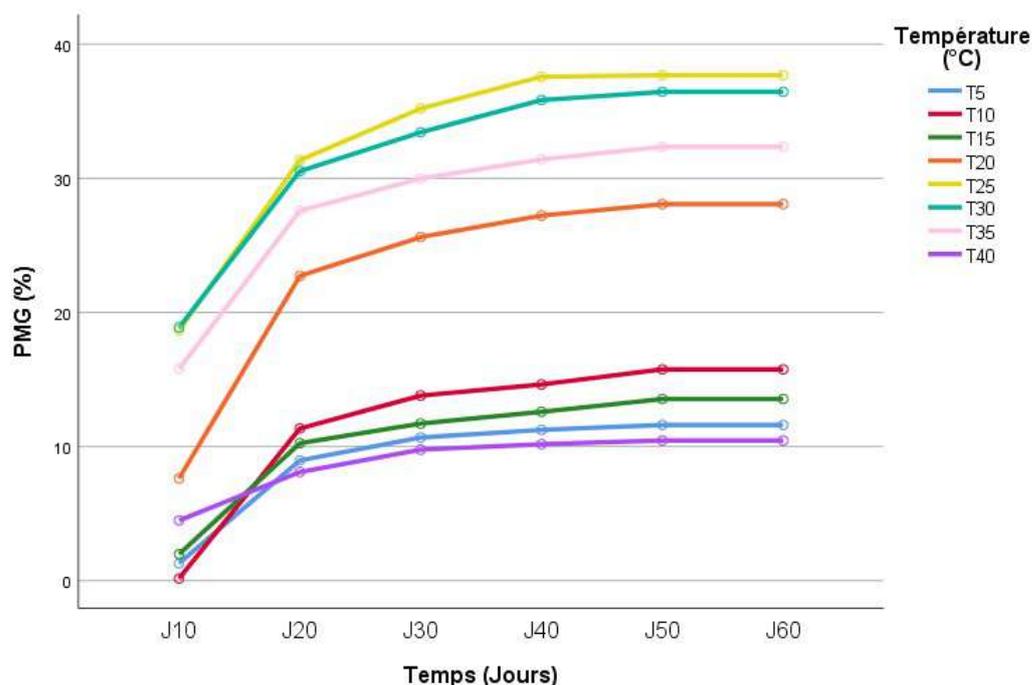


Figure 18 : Cinétique de germination des graines de 46 espèces spontanées sahariennes pour chaque degré de température (°C).

Si l'on compare les taux quotidiens de germination des espèces étudiées sous l'effet des différentes températures, nous pouvons constater que la germination est rapide à 25 et 30°C, le pourcentage de germination atteint 18,67% et 18,88% respectivement durant les dix premiers jours. Des taux de germination similaires n'ont été obtenus qu'après 14 jours (35°C) et 18 jours (20°C).

Les plantes du désert se caractérisent par une germination plus rapide que les autres types de plantes (**Meyer et Monsen, 1992**). La germination est généralement plus rapide dans les environnements arides que dans ceux où la disponibilité en eau est élevée (**Jurado et Westoby, 1992**).

D'après la figure 18, la germination est lente lorsque la température diminue : 4,49% à 40°C ; 1,99% à 15°C ; 1,30% à 5°C et 0,16% à 10°C.

La température intervient directement, en agissant sur la vitesse des réactions biochimiques. C'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination (**Mackenzie et al., 2000**) mais à condition qu'il n'y ait pas d'autres facteurs limitants, en particulier l'O₂. En effet, indirectement la température joue un grand rôle dans la germination en agissant sur la solubilité de l'O₂ dans l'embryon (**Bewley et Black, 1994**).

Selon les familles, pour la gamme thermique choisie, 16/19 familles testées ont germé avec un pourcentage de germination qui oscille entre un maximum de 58,60% pour les *Plumbaginaceae* et un minimum de 6,05% pour les *Apiaceae*. On note l'absence de germination au niveau de trois familles, à savoir les *Asclepiadaceae*, les *Ephedraceae* et les *Neuradaceae*. Ceci est probablement dû à un phénomène de dormance ou au vieillissement des graines.

La plupart des espèces ont germé (39/46 espèces testées) alors qu'aucune germination n'a été enregistrée pour les 07 espèces suivantes : *Pergularia tomentosa* (*Asclepiadaceae*), *Perralderia coronopifolia* et *Mantisalca salmantica* (*Asteraceae*), *Echium trygorrhizum* (*Boraginaceae*), *Ephedra alata* (*Ephedraceae*), *Neurada procumbens* (*Neuradaceae*) et *Fagonia glutinosa* (*Zygophyllaceae*).

Al-Taisan et al., (2010) estime que la réponse à la température de germination des graines d'*Ephedra alata* est optimale entre 13 et 28 °C (températures au printemps). Cela est probablement lié à divers facteurs limitant de la germination qui sont nombreux et qui peuvent avoir diverses origines tels que les phénomènes de dormance et/ou le vieillissement des graines ...etc.

Chacune des espèces de plantes étudiées présente ses propres stratégies de survie en matière de germination des graines. Selon **Gutterman (1994)**, au moins deux stratégies extrêmes de germination des graines peuvent être observées: 1) les stratégies de "fuite" et de germination "opportunistes", comme chez *Spergularia diandra* (*Caryophyllaceae*), ainsi que 2) les stratégies de dispersion "prudente" en portions et de germination rapide, telle que chez *Asteriscus hierochunticus* (*Asteraceae*).

La réponse des graines vis-à-vis de la température semble être spécifique à une espèce et même des différences intra-spécifiques ont été détectées (**Gurvich et al., 2017**). Ces tendances pourraient être liées aux conditions micro-environnementales des zones habitées par les espèces ou les populations (**Contreras-Quiroz et al., 2016**).

Dans ce qui en suit le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) a été représenté par famille. Les familles sont classées par ordre d'importance en nombre d'espèces (Fig.16).

a. Les *Asteraceae*

Selon la figure 19, pour les *Asteraceae* (7 espèces testées), les pourcentages moyens de germination obtenus oscillent entre 28,42% (25°C) et 2,58% (40°C).

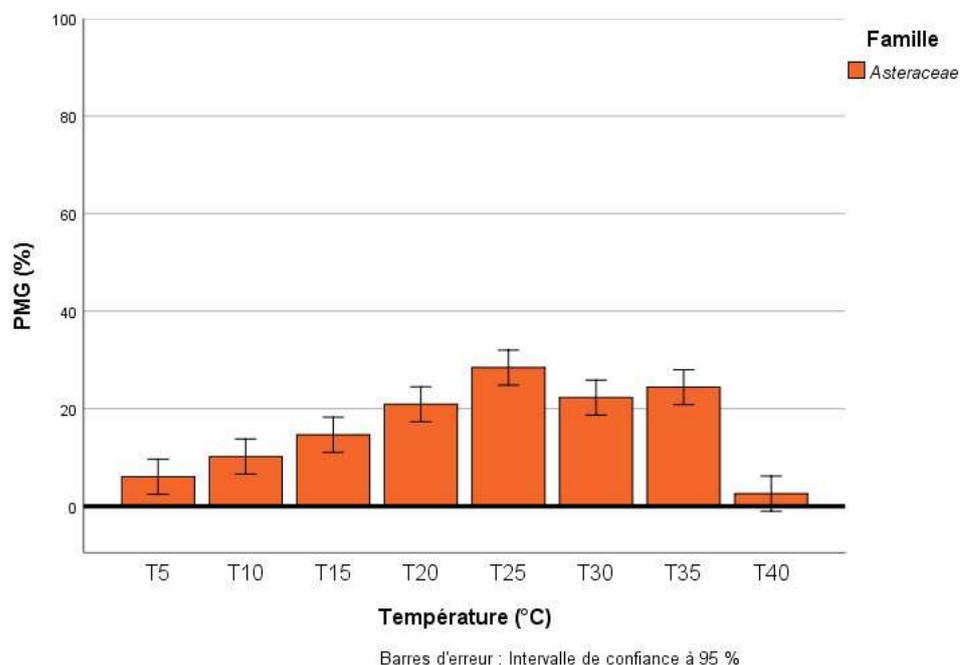


Figure 19 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 07 espèces spontanées sahariennes d'*Asteraceae* : *Brocchia cinerea*, *Ifloga spicata*, *Launaea capitata*, *Launaea nudicaulis*, *Mantiscalca salmantica*, *Perralderia coronopifolia* et *Scorzonera laciniata*.

Les espèces de la même famille n'étaient pas limitées à une seule température pour la germination. Il existe une grande inter-variabilité entre les cinq espèces qui ont germé : certaines préfèrent les températures basses (15°C) : *Scorzonera laciniata* (64,89%) et *Launaea capitata* (9,39%). D'autres germent mieux à des températures moyennes à élevées : 25°C pour *Launaea nudicaulis* (90,22%), *Ifloga spicata* (45,17%) et 35°C pour *Brocchia cinerea* (54,78%).

A cause d'une dormance embryonnaire éventuelle chez *Perralderia coronopifolia* et *Mantiscalca salmantica* aucune germination n'a été enregistrée. Cette dormance peut être éliminée avec un traitement au froid (Bacchetta *et al.*, 2006).

b. Les *Fabaceae*

L'ensemble des espèces appartenant aux *Fabaceae* (06 espèces) ont germé, même si le pourcentage de germination a été faible, compris entre 1,24% à 10°C et 15,27% à 30°C (Fig.20).

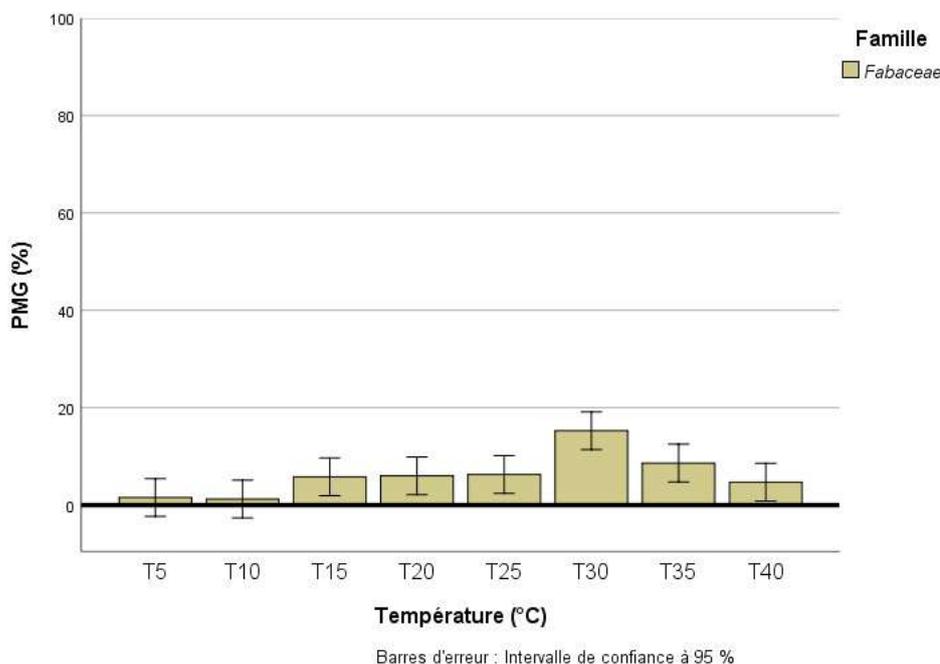


Figure 20 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 06 espèces spontanées sahariennes de *Fabaceae* : *Argyrolobium uniflorum*, *Astragalus arpilobus*, *Astragalus boeticus*, *Astragalus gombo*, *Astragalus mareoticus* et *Crotalaria saharae*.

Ces résultats concordent avec ceux de **Hu *et al.*, (2009)** qui indiquent que la plupart des espèces appartenant aux *Fabaceae* produisent des graines avec une dormance physique. Le mécanisme de la levée de cette dernière à l'état naturel est toujours très peu compris. Par exemple : *Astragalus arpilobus* qui possède un tégument imperméable à l'eau, aucune exposition à des températures élevées ou basses n'a permis de rompre efficacement cette dormance (**Long *et al.*, 2012**).

Certaines espèces germent mieux à des températures basses à moyennes, telles que : *Crotalaria saharae* (15,72%) à 15°C et *Astragalus boeticus* (5,33%) à 25°C. D'autres espèces préfèrent les températures élevées : 30°C chez *Argyrolobium uniflorum* (31%) ; *Astragalus gombo* (27,89%) ; *Astragalus mareoticus*, (6,89%) et 35°C chez *Astragalus arpilobus* (29,06%). **Zhou *et al.*, (2012)** rapportent que la germination la plus élevée des graines de *Magnolia officinalis* a eu lieu entre 15 et 25°C et la température optimale de germination des graines d'*Astragalus membraneus* et *Panax notoginseng* était de 10°C.

c. Les *Amaranthaceae*

La figure 21 indique que pour les *Amaranthaceae*, le pourcentage moyen de germination est relativement faible (16,56%). La plupart des espèces de cette famille germent à des températures basses (5 et 10°C).

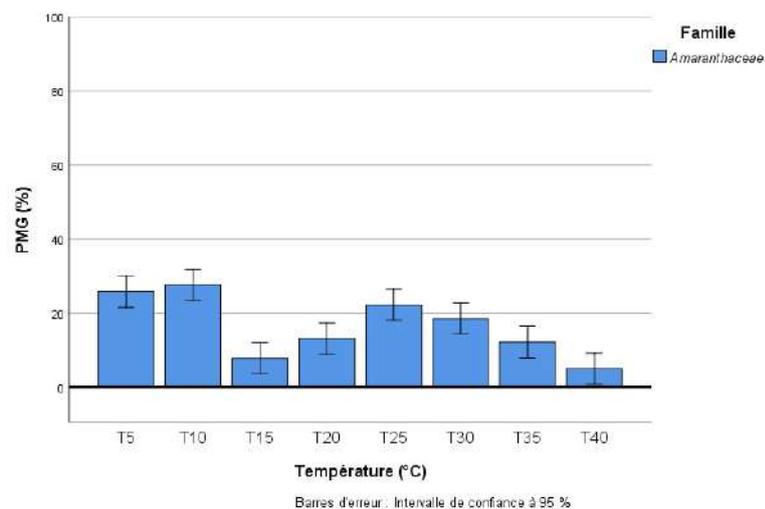


Figure 21 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes d'*Amaranthaceae* : *Agathophora alopecuroides*, *Anabasis articulata*, *Atriplex dimorphostegia*, *Bassia muricata* et *Cornulaca monacantha*.

Huang *et al.*, (2003) confirment les résultats obtenus pour *Haloxylon ammodendron* (*Amaranthaceae*) où la température optimale pour la germination est de 10°C et la germination était la plus basse à 30°C. Aufhammer *et al.*, (1998) ont constaté que la germination des *Amaranthaceae* dépendait des températures, surtout lorsqu'elles sont beaucoup plus fraîches que celles de l'habitat naturel.

d. Les *Brassicaceae*

Alors que chez les *Brassicaceae*, le pourcentage moyen de germination est très fort (30,66%). La plupart des espèces de cette famille germent considérablement à des températures moyennes à élevées (25, 30, 35 et 40°C) (Fig.22).

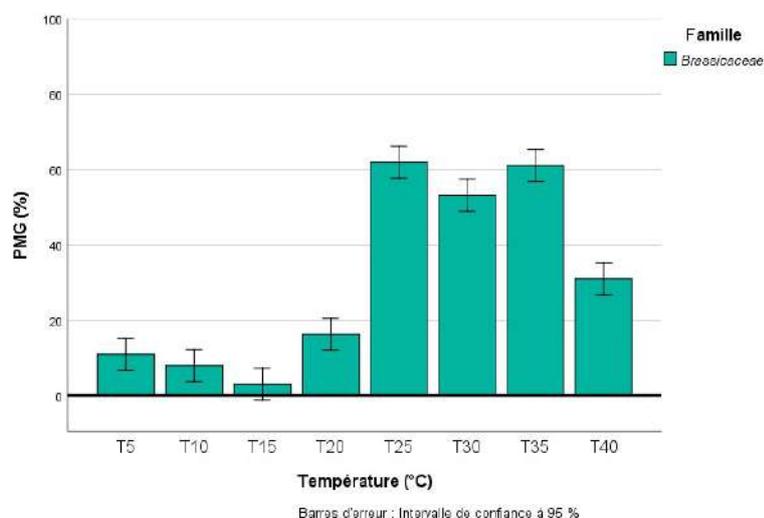


Figure 22 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces de *Brassicaceae* : *Diplotaxis harra*, *Eremobium aegyptiacum*, *Henophyton deserti*, *Savignya parviflora* et *Zilla spinosa*.

Chez les *Brassicaceae*, *Eremobium microcarpa* germe avec des pourcentages plus élevés à des températures alternées qu'aux températures constantes (Hammouda et Bakr, 1969). Selon Maraghni *et al.* (2010), des températures comprises entre 15 et 45°C semblent être favorables à la germination de *Ziziphus lotus*. Ainsi, une dormance embryonnaire se manifeste à des basses températures car ce sont des espèces de climat chaud (Bacchetta *et al.*, 2006).

e. Les *Poaceae*

D'après la figure 23, chez les *Poaceae*, le pourcentage moyen de germination est relativement important (23,91%), Il oscille entre 50,81% à 30°C et 6,46% à 40°C.

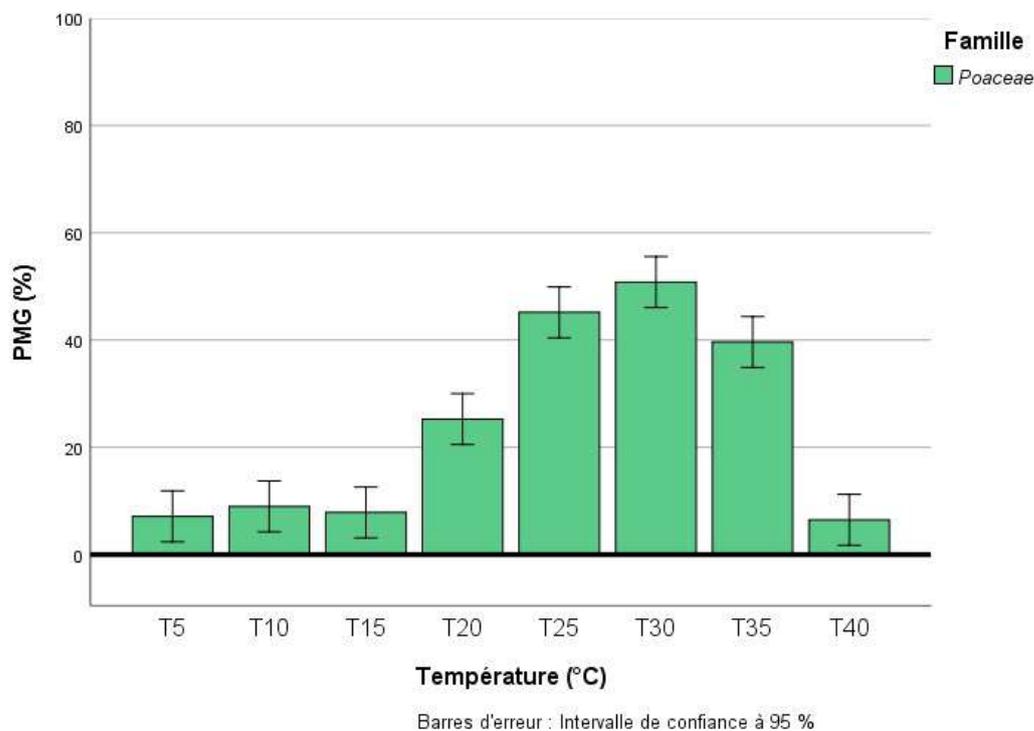


Figure 23 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 04 espèces spontanées sahariennes de *Poaceae* : *Aristida adscensionis*, *Centropodia forsskalii*, *Stipagrostis plumosa* et *Stipagrostis pungens*.

Certaines espèces de cette famille germent à des températures élevées (35°C) : *Centropodia forsskalii* (88,94%) et *Stipagrostis plumosa* (47,39%). Et moyennes (25°C) : *Stipagrostis pungens* (89,67%). Les graines de *Stipagrostis plumosa* atteignent le pourcentage de germination le plus élevé dans la plage comprise entre 15 et 25°C, avec un déclin à 30°C et une inhibition à 40°C (Mahmoud *et al.*, 1983).

Alors qu'à 5°C *Aristida adscensionis* germe avec (21,17%). Selon Nedjimi (2011), des thermopériodes plus basses ont favorisé la germination de *Lygeum spartum*.

f. Les *Caryophyllaceae*

Selon la figure 24, chez les *Caryophyllaceae*, les pourcentages moyens de germination obtenus oscillent entre 64,85% (25°C) et 3,56% (40°C).

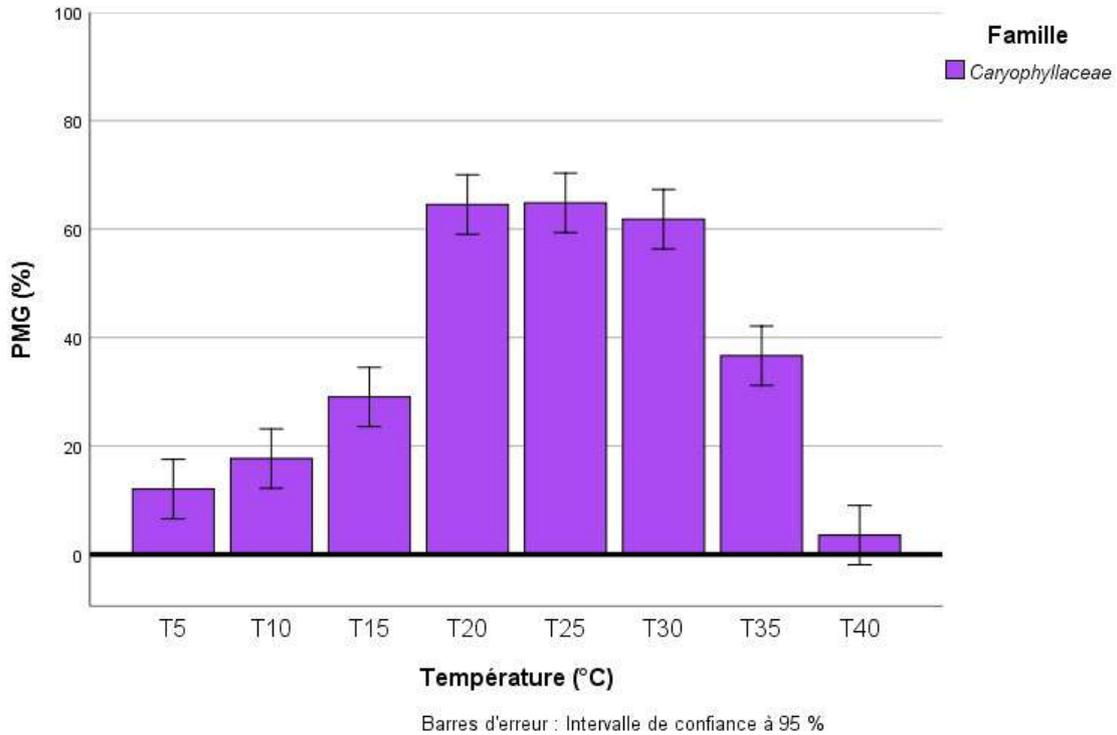


Figure 24 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 03 espèces spontanées sahariennes de *Caryophyllaceae* : *Paronychia arabica*, *Polycarpaea robbairea* et *Spergularia salina*.

L'ensemble des espèces de cette famille possède un large éventail de tolérance. Elles germent pratiquement à toutes les températures choisies. Elles atteignent leur maximum à 20, 25, 30°C : *Paronychia arabica*, (23,06%; 70,78% et 89,39%); *Polycarpaea robbairea* (85,22% ; 89,67% et 57,83%) et *Spergularia salina* (85,33% ; 34,11% et 38,28%) respectivement.

Thompson (1970) a constaté que les réponses de germination des différentes espèces de *Caryophyllaceae* étaient basées sur la température et contrôlées directement par la saison de germination.

Ces espèces, d'origine méditerranéenne semblent être adaptées à la prévention de la sécheresse estivale en préférant une germination à des températures plus basses, ce qui peut constituer un avantage pour coloniser de nouvelles zones ou tolérer les changements dans l'environnement (**Luna et al., 2012**).

g. Les *Apiaceae*

La germination des espèces d'*Apiaceae* étudiées (2/2), malgré un faible pourcentage moyen de germination (6,05%), montre une préférence aux températures moyennes à élevées (Fig.25).

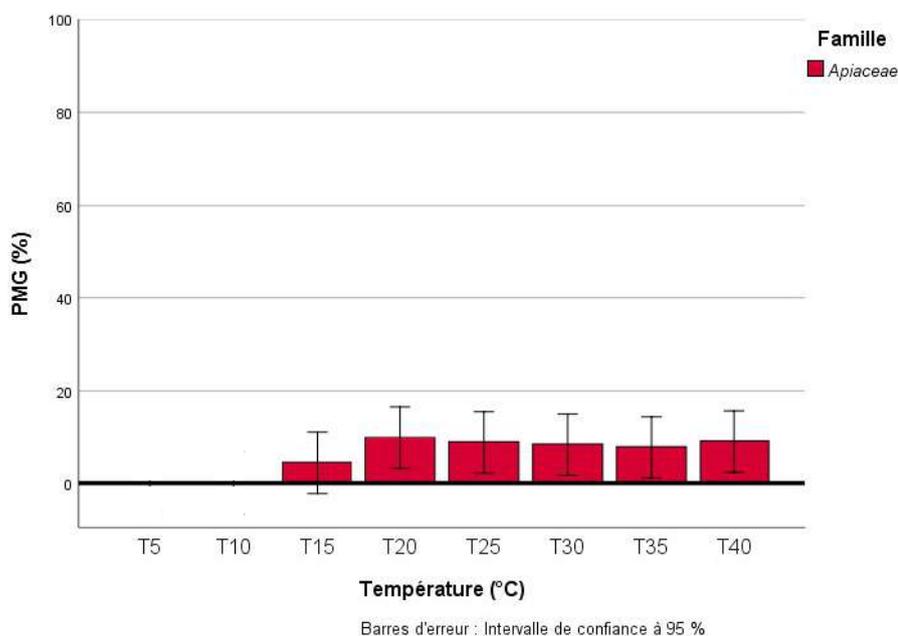


Figure 25 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes d'*Apiaceae* : *Ammodaucus leucotrichus* et *Daucus sahariensis*.

A 20°C, les graines ont germé entre 80% et 100% chez les deux espèces *Oenanthe conioides* et *Oenanthe aquatica* (*Apiaceae*) (Jensch et Poschlod, 2008). Il semble que la température de 15°C soit proche de la température optimale de germination pour *Cuminum syminum* L. (Rahimi, 2013).

Une dormance embryonnaire ou une inhibition tégumentaire se manifeste à des températures basses pour les espèces étudiées de cette famille. Selon Bacchetta *et al.*, (2006), les espèces de cette famille sont tropicales ou de climat chaud.

h. Les *Boraginaceae*

La germination chez les *Boraginaceae* étudiées (1/2), avec (23,75%), montre une bonne germination à 25 et 30°C avec 44,28 et 44,72% respectivement (Fig.26). Seulement *Moltkiopsis ciliata* a germé sur un large spectre thermique (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 et 40°C) avec 16,61; 23,67; 32,72; 70,39; 88,56; 89,44; 40,67 et 17,94% respectivement. Des résultats similaires ont été observés par Tielbörger et Prasse (2009).

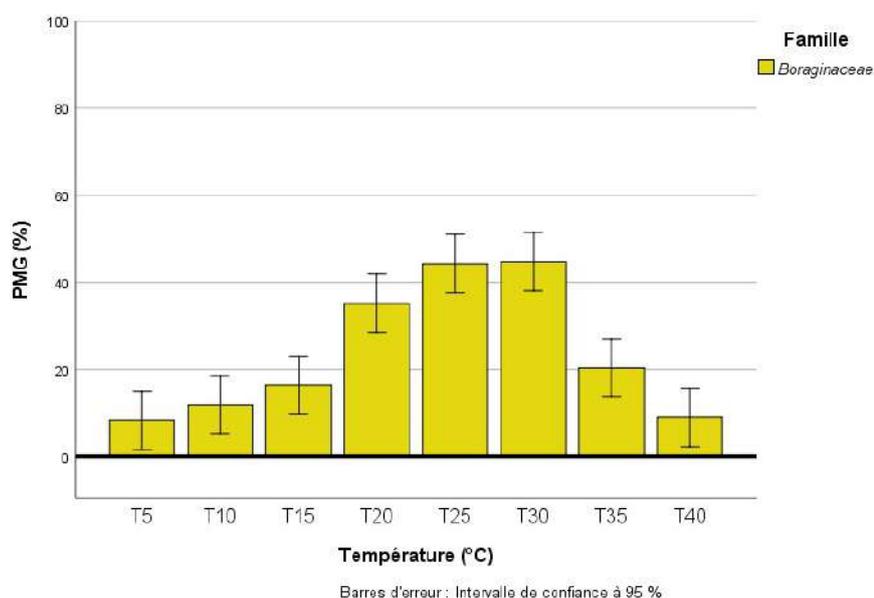


Figure 26 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes de *Boraginaceae* : *Echium trygorrhizum* et *Moltkiopsis*.

Par contre, l'*Echium* montre une inhibition tégumentaire à toutes les températures : ce sont soit des téguments durs, imperméables ou les graines présentent une photosensibilité positive (Bacchetta *et al.*, 2006).

i. Les *Zygophyllaceae*

La germination chez les *Zygophyllaceae* étudiées (1/2), est plus importante aux températures élevées 30 et 35°C avec (44,69 et 38,03%) respectivement (Fig.27).

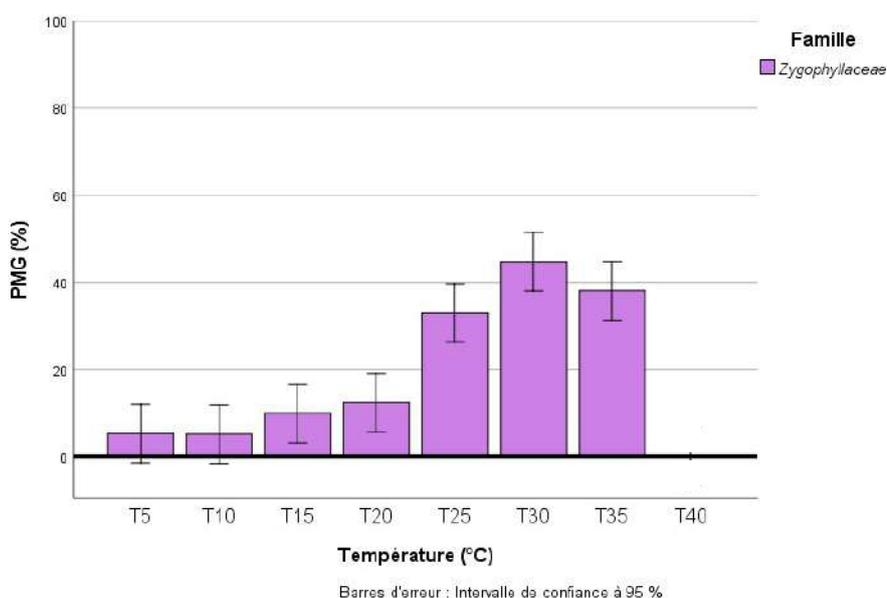


Figure 27 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes de *Zygophyllaceae* : *Fagonia glutinosa* et *Peganum harmala*.

La germination a eu lieu uniquement chez *Peganum harmala* avec 10,22% à 15°C et 89,39% à 30°C. Des résultats similaires ont été observés par **Mahmoud et al., (1983)**, la germination maximale des graines de *Peganum harmala* est maintenue dans la plage de 25 à 40°C.

Aucune germination n'a été enregistré chez *Fagonia glutinosa*, dont les causes de la dormance doivent être recherchées au niveau tégumentaire, ou bien les graines présentent une photosensibilité positive (**Bacchetta et al., 2006**).

Les pourcentages de germination moyens des sept autres familles, représentée chacune par une seule espèce, peuvent être classés ainsi : les *Plumbaginaceae* (58%), les *Cistaceae* (49,90%), les *Asphodelaceae* (36,17%), les *Geraniaceae* (25,74%), les *Plantaginaceae* (21,12%), les *Cleomaceae* (15,42%) et les *Euphorbiaceae* (08,56%).

j. Les *Plumbaginaceae*

Au niveau des *Plumbaginaceae*, représentées par *Limoniastrum guyonianum*, celle-ci peut germer sur pratiquement toute la gamme thermique choisie (5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35°C) avec 19,17; 48,67; 62,22; 82,17; 89,67; 77,89 et 89% respectivement (Fig.28).

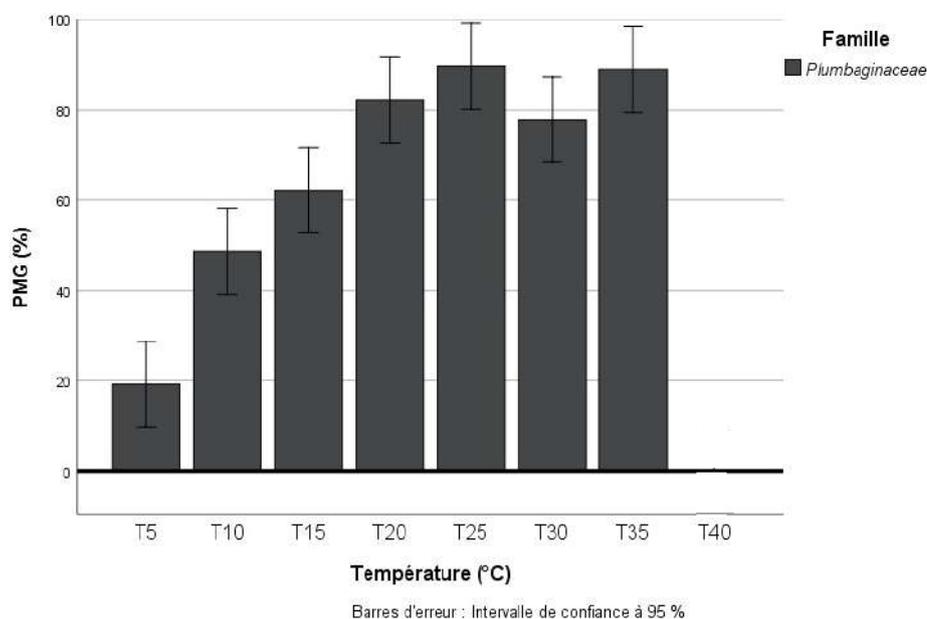


Figure 28 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*).

Mahmoud et al., (1983) rapportent que *Limonium axillare* (*Plumbaginaceae*) peut germer sur un intervalle thermique de 5 à 30°C. Chez le *Plumbaginaceae*, le taux de germination augmente avec la température (**Yildiz et al., 2008**).

k. Les *Cistaceae*

Pour les *Cistaceae*, l'*Helianthemum lippii* peut également germer sur une large gamme thermique (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 et 40°C) avec 7,67 ; 9,94 ; 48,94 ; 61,5 ; 89,67 ; 71 ; 89,06 et 21,44 % respectivement (Fig.29).

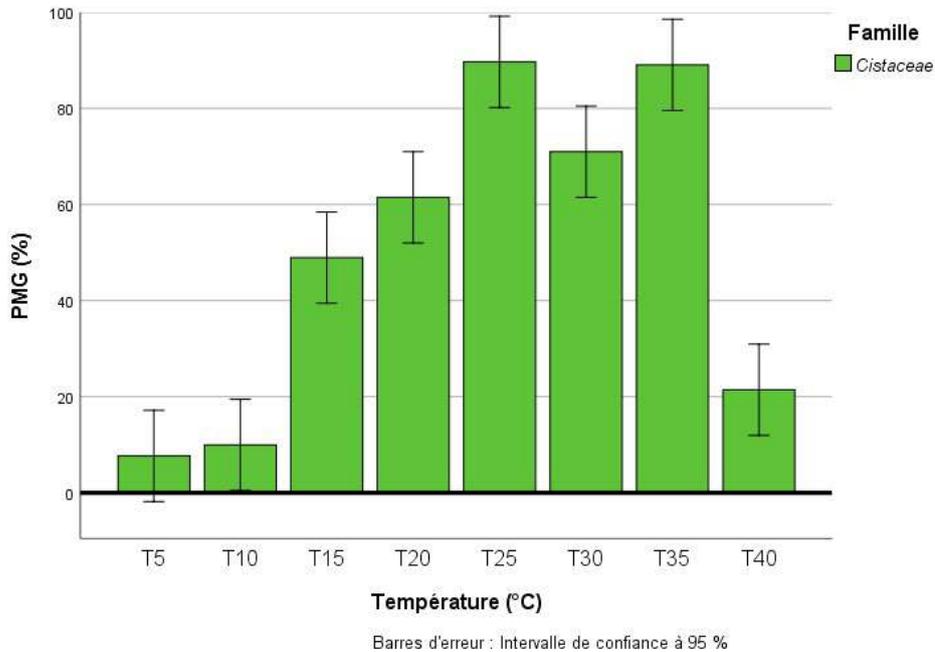


Figure 29 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Helianthemum lippii* (*Cistaceae*).

Les résultats obtenus par **Escudero *et al.*, (1997)**, montrent que les exigences thermiques pour la germination des graines d'un certain nombre d'espèces de *Cistaceae* ont été déterminées et que les graines germent dans une large plage de températures, mais les températures maximales et minimales varient selon les espèces.

Selon **Pérez-García et González-Benito, (2006)**, les graines de cinq espèces d'*Helianthemum* étudiées ont montré une dormance physique qui peut être cassée par scarification manuelle qui a considérablement amélioré la germination chez ces dernières, suggérant que la dormance de ces graines pourrait être due à la dureté et à l'imperméabilité du tégument.

l. Les *Asphodelaceae*

Pour les *Asphodelaceae*, l'*Asphodelus tenuifolius* peut aussi germer sur une large gamme thermique (5, 10, 15, 20, 25 et 30°C) avec 30,56; 62,67; 85,17; 52,67 et 58,28% respectivement (Fig.30).

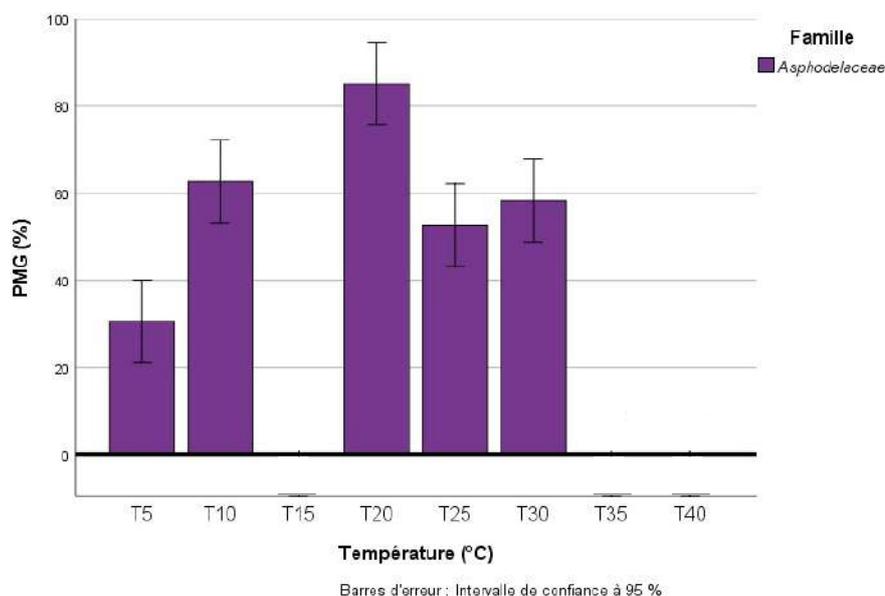


Figure 30 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Asphodelus tenuifolius* (*Asphodelaceae*).

Tanveer *et al.*, (2014) ont montré qu'*Asphodelus tenuifolius* peut tolérer un large éventail de facteurs environnementaux variés une germination importante (80%) a eu lieu à 20 et 25°C.

m. Les *Geraniaceae*

Au niveau des *Geraniaceae*, représentées par une seule espèce : *Erodium glaucophyllum* germe mieux à des températures comprises entre 25, 30, 35 et 40°C avec 45,83 ; 26,72 ; 88,56 et 44,83% (Fig.31).

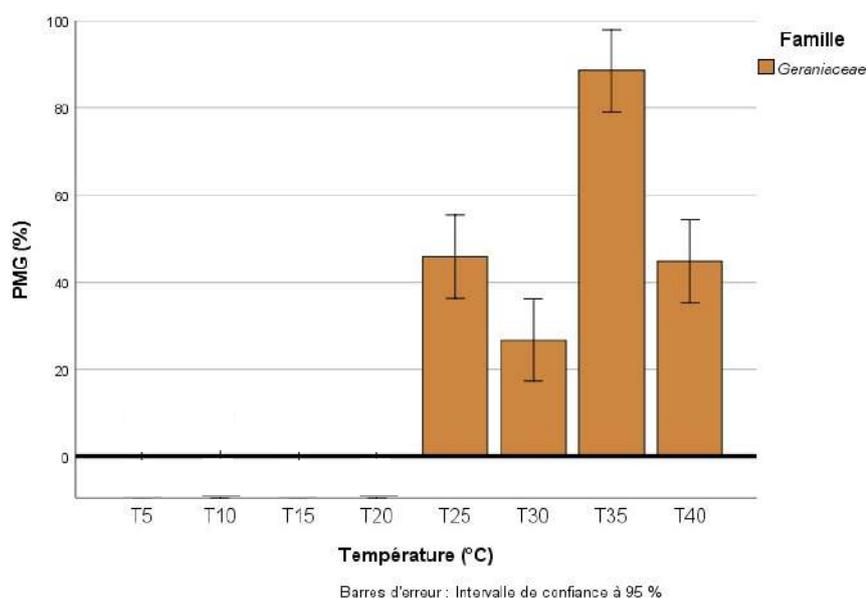


Figure 31 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Erodium glaucophyllum* (*Geraniaceae*).

La taille des graines d'*Erodium brachycarpum*, influencée par les conditions environnementales pendant le développement des graines, est corrélée à la dormance des graines. La dormance chez les *Geraniaceae* est contrôlée par un tégument dur qui limite l'entrée d'eau (Stamp, 1990).

Les résultats du traitement de scarification suggèrent que l'abrasion physique du tégument pourrait favoriser la germination d'*Erodium macrophyllum*. Une abrasion du tégument peut survenir lorsque les graines se creusent dans le sol en utilisant leurs arêtes (Gillespie et Andersen, 2005).

n. Les *Plantaginaceae*

Au contraire chez les *Plantaginaceae*, le *Plantago ciliata* préfère les températures basses. A 5, 10 et 20°C, il germe avec 35,78; 42,61 et 85,33% respectivement (Fig.32).

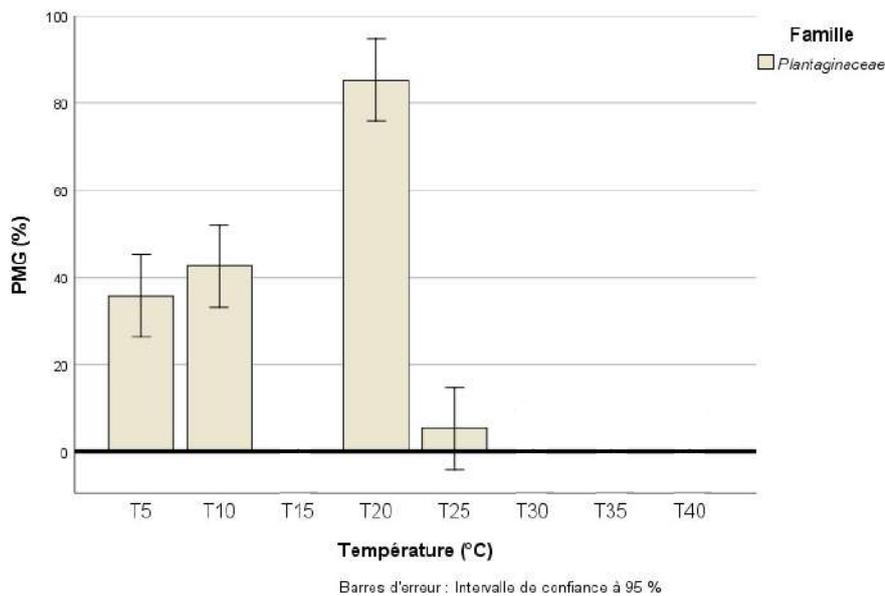


Figure 32 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Plantago ciliata* (*Plantaginaceae*).

Luciani *et al.*, (2001) précisent dans leurs travaux que les graines fraîches de *Plantago coronopus* étaient en dormance et n'ont pas germé lorsqu'elles ont été testées à 10, 15 ou 20°C, mais après 75, 120 et 150 jours de stockage à sec à la température ambiante, elles ont germé jusqu'à 90-100% à ces températures.

o. Les *Cleomaceae*

Concernant les *Cleomaceae*, *Cleome africana* germe mieux à 30, 35 et 40°C avec des taux respectifs de 25,94; 24,5 et 24,28% (Fig.33).

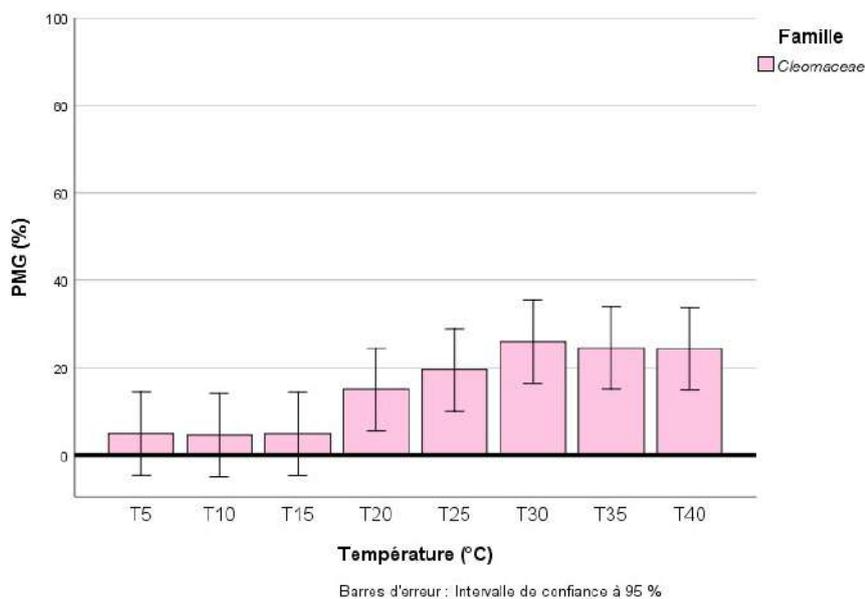


Figure 33 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Cleome africana* (Cleomaceae).

La germination la plus élevée des graines de *Cleome africana* se situe entre 15 et 30°C (Ochuodho et Modi, 2005; Ekpong, 2009) ; elle diminue à 35°C et elle est retardée à 40°C (Mahmoud *et al.*, 1983).

p. Les *Euphorbiaceae*

Chez les *Euphorbiaceae*, les graines d'*Euphorbia guyoniana* préfèrent les températures élevées 25, 30, 35 et 40°C avec respectivement 11,39; 18,17; 18,39 et 20,56% (Fig.34).

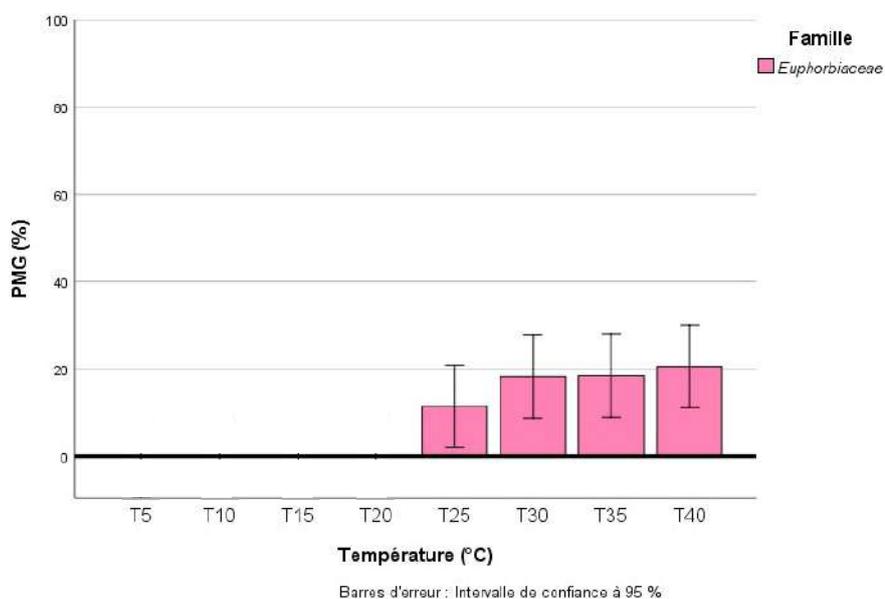


Figure 34 : Effet de la température sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae).

Papafotiou *et al.*, (2000) indiquent que les graines d'*Euphorbia characias* présentent une germination très élevée (80-100%) de décembre jusqu'à la fin du mois de mars alors qu'à la même période, la germination des graines d'*Euphorbia acanthothamnus* était très faible (10%).

1.2.- Influence de la salinité sur la germination des graines

Pour une espèce végétale, la capacité d'envahir des habitats peut dépendre de sa tolérance au sel lors de la germination (Ye *et al.*, 2005).

1.2.1.- Effet sur le pourcentage moyen de germination (PMG)

D'après l'analyse de la variance effectuée sur le pourcentage moyen de la germination (PMG), nous avons remarqué que les différences résultantes des facteurs : famille, salinité et temps sont très hautement significatifs, de même pour les interactions : famille*salinité et famille*temps et salinité*temps ($P < 0,000^{***}$). Cependant, l'interaction : famille*salinité*temps n'a eu aucun effet sur le taux de la germination (Annexe 03).

La figure 35 montre que les pourcentages de germination les plus élevés ont été observés dans des conditions de contrôle (0 mM de NaCl).

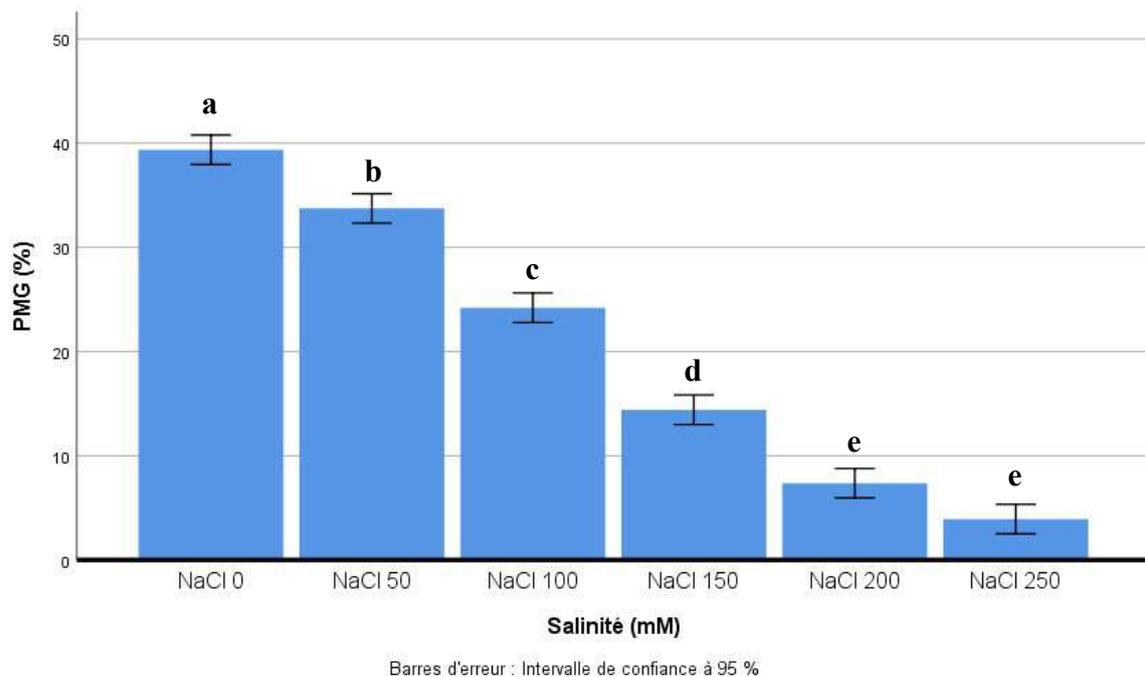


Figure 35 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 46 espèces spontanées sahariennes.

La germination des graines diminue avec l'augmentation de la salinité. Cependant, la germination à 50mM de NaCl est tolérée par la plupart des espèces étudiées puisqu'elle n'engendre qu'une légère diminution des taux de germination qui restent relativement élevés avec 33,74% par rapport à ceux obtenus à 0mM (environ 39,37%) (Fig.35).

À 100 et 150mM, la germination était plus faible (environ 24,20%, 14,41% respectivement). À des concentrations supérieures à 200mM, la germination est totalement inhibée chez la plupart des espèces étudiées (Fig.35).

Dans des sols salins des régions arides, la germination a lieu pendant la saison des pluies, lorsque les niveaux de salinité du sol sont généralement réduits (El-Keblawy, 2004).

Plusieurs études confirment qu'une concentration élevée en sel dans un milieu de germination peut induire une réduction, un retard et même une inhibition complète de ce processus (Berhanu et Berhane, 2014).

Le stress dû au sel peut modifier les mécanismes produisant l'équilibre des régulateurs de la germination, induisant ainsi une dormance secondaire physiologique (Ungar, 1996).

En particulier, le sel peut inhiber la germination des graines soit en créant un faible potentiel osmotique, qui empêche l'absorption d'eau, soit en raison des effets toxiques des ions Na^+ et Cl^- sur les processus métaboliques (Murru *et al.*, 2015).

1.2.2.- Effet sur le temps moyen de germination (TMG)

D'après l'analyse de la variance effectuée sur le temps moyen de la germination (TMG), nous avons remarqué que les facteurs : famille, salinité et temps affectent d'une façon très hautement significative, de même pour les interactions : famille*salinité, famille*temps et salinité*temps ($P < 0,000^{***}$). Cependant, l'interaction : famille*salinité*temps n'ont eu aucun effet sur la vitesse de la germination (Annexe 04).

Les observations quotidiennes du taux de germination, nous ont permis d'avoir une idée sur l'influence du stress salin sur la vitesse de germination. Nous notons que l'élévation de la concentration en NaCl provoque une diminution de la vitesse de germination (Fig.36).

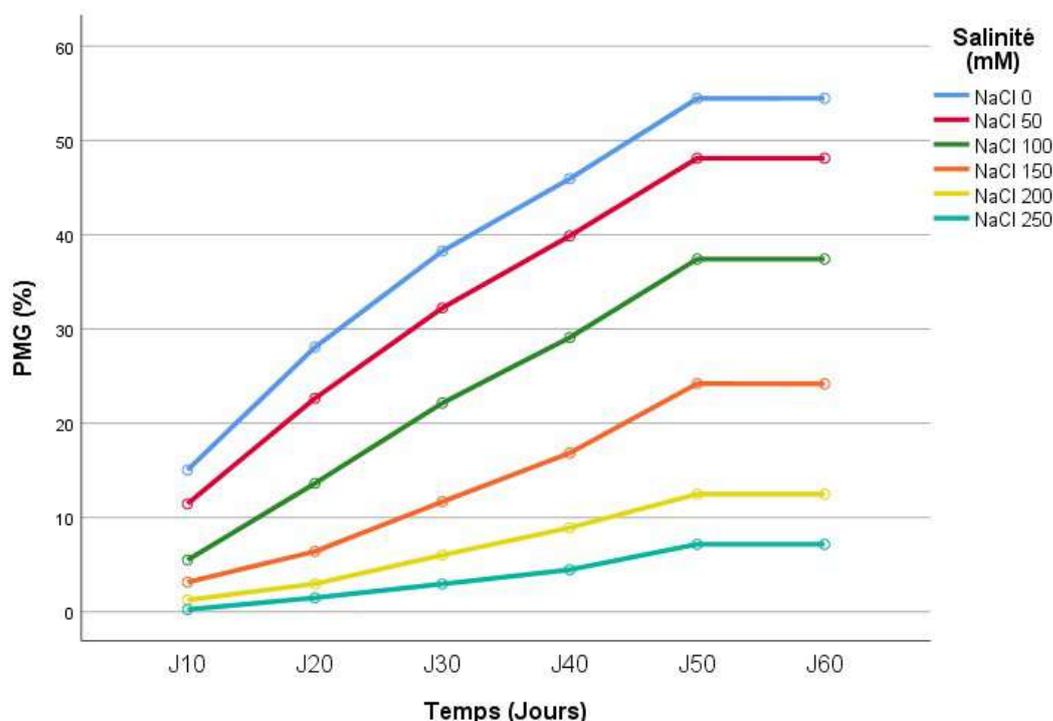


Figure 36 : Cinétique de germination des graines de 46 espèces spontanées sahariennes pour chaque concentration de NaCl (mM).

La germination est rapide dans de l'eau distillée, le pourcentage de germination atteint 15,04% en 10 jours. Alors que pour la même durée, les graines germent difficilement avec 11,46% ; 5,49% ; 3,15% ; 1,26% et 0,25% pour les concentrations 50, 100, 150, 200 et 250 mM de NaCl respectivement.

Le taux de germination aux différentes concentrations de salinité indique que les graines germent à un taux de plus en plus lent lorsque la salinité augmente. Ainsi, nous avons enregistré 22,64% après 20 jours (à 50mM) ; 22,14% après 30 jours (à 100mM) et 16,84% après 40 jours (à 150mM), avec des concentrations croissantes de NaCl : 50, 100 et 150mM, des taux de germination sensiblement similaires ne sont atteints qu'après 20, 30 et 40 jours respectivement. La germination des graines est aussi précédée par un long temps de latence à partir de la concentration 150mM. Ce temps est plus long pour les concentrations de 200 et 250mM de NaCl.

La plupart des auteurs s'accordent que l'étude de l'effet du stress salin a révélé que l'élévation de la concentration de NaCl provoque une diminution du temps moyen de germination à des fortes doses (**Jaouadi et al., 2013**). Les graines des espèces d'habitat salin germent beaucoup plus rapidement que les espèces qui poussent dans des habitats non salins (**Kadereit et al., 2017**).

Le retard de germination engendré par les concentrations croissantes en sel du milieu de germination résulterait d'une difficulté d'hydratation des graines sous potentiel osmotique élevé. Il semble représenter le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne (**Jaouadi et al., 2010**).

Selon **Jaouadi et al., (2010, 2013)** ; **Kadereit et al., (2017)**, les conditions optimales pour la germination sont réalisées en l'absence de NaCl dans le milieu, ce qui confirme la règle quasi-générale sur la germination des halophytes. Chez les halophytes, comme chez les glycophytes, la capacité de germination est plus élevée dans les milieux non salés; la présence de NaCl entraîne une augmentation de la durée des processus de germination et retarde par conséquent la levée.

Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par plusieurs autres auteurs concernant la germination des semences (**Uphof, 1941; Apse et Blumwald, 2002; Parida et Das, 2005**) et qui ont indiqué que les semences de la plupart des espèces atteignent leur germination maximale dans l'eau distillée. Plusieurs études ont indiqué que les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (**Khan et Ungar, 1998; Ungar, 1995, 1996, 2017**).

Selon les familles, pour les concentrations salines en NaCl testées, 16 sur 19 familles ont germé au moins dans les conditions de contrôle 0mM avec un pourcentage de germination qui oscille entre un maximum de 78,33% pour les *Plumbaginaceae* et un minimum de 0,35% pour les *Fabaceae*. On note l'absence de germination chez trois familles à savoir les : *Asclepiadaceae*, *Ephedraceae* et *Neuradaceae*.

Selon les espèces, la plupart ont germé (40/46 espèces testées) dans les conditions de contrôle (0mM) et/ou dans l'une des concentrations salines choisies. Cependant, aucune germination n'a été enregistrée pour les espèces *Pergularia tomentosa* (*Asclepiadaceae*), *Perralderia coronopifolia* (*Asteraceae*), *Echium trygorrhizum* (*Boraginaceae*), *Ephedra alata* (*Ephedraceae*), *Neurada procumbens* (*Neuradaceae*) et *Fagonia glutinosa* (*Zygophyllaceae*).

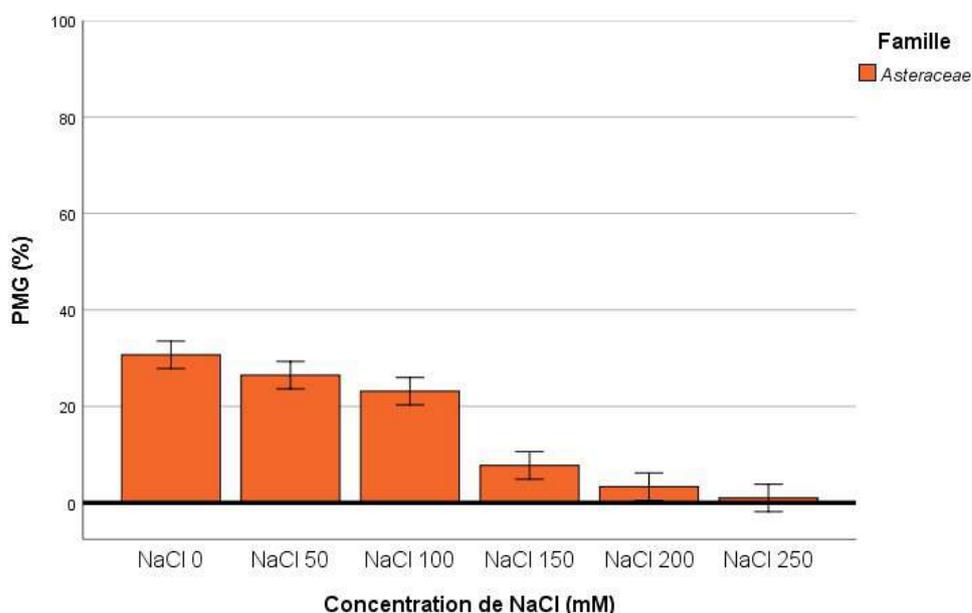
Ceci est probablement dû à d'autres facteurs tels que les phénomènes de dormance et/ou le vieillissement des graines qui peuvent avoir une influence significative. Par

exemple, les graines de *Calotropis procera* (*Asclepiadaceae*) sont sensibles à la salinité au stade de germination (Taghvaei *et al.*, 2012). Elles peuvent rester dans le sol lorsque les niveaux de salinité sont supérieurs à leur tolérance et germent normalement après les précipitations (Ungar, 1995). Alors que, les graines d'*Ephedra alata* (*Ephedraceae*) peuvent germer dans 0,05 mol/l de NaCl (Al-Taisan *et al.*, 2010).

Les meilleurs résultats ont été obtenus chez les espèces tolérant toutes les concentrations et capables de germer, c'est-à-dire *Asphodelus tenuifolius*, *Bassia muricata* et *Crotalaria saharae*. Par contre, *Mantisalca salmantica*, *Helianthemum lippii*, *Henophyton deserti* et *Scorzonera laciniata* ont présenté des taux de germination fluctuant seulement avec le témoin (0mM). Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par plusieurs autres auteurs concernant la germination des graines (Batanouny *et al.*, 1992; Bojovi, 2010; Al-Rowaily *et al.*, 2016).

a. Les *Asteraceae*

Le pourcentage moyen de germination des *Asteraceae* est faible (15,41%). Il oscille entre 30,69% (0mM) et 1% (250mM). Il ressort du graphique (Fig.37) que la germination des graines des 5/7 espèces testées est maximale à (0mM) puis à des concentrations comprises entre (50, 100mM).



Barres d'erreur : Intervalle de confiance à 95 %

Figure 37 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 07 espèces spontanées sahariennes d'*Asteraceae* : *Brocchia cinerea*, *Ifloga spicata*, *Launaea capitata*, *Launaea nudicaulis*, *Mantisalca salmantica*, *Perralderia coronopifolia* et *Scorzonera laciniata*.

La germination chez *Launaea capitata* est inhibée à partir de 100mM. Il faut noter que *Mantisalca salmantica* germe seulement dans l'eau distillée (1,06%) tandis que *Perralderia coronopifolia* ne germe sous aucune concentration saline.

La concentration de NaCl qui inhibe la germination de *Scorzonera pusilla*, est de 2,9%. Lorsque la concentration de NaCl a augmenté, la toxicité due au sel s'est produite en plus du stress hydrique (Tian *et al.*, 2007). Les résultats sont conformes aux conclusions de Kaya *et al.* (2006) pour *Helianthus annuus* L.

b. Les Fabaceae

Le pourcentage moyen de germination des *Fabaceae* est faible (5,28%). Il ressort du graphique (Fig.38) que la germination des graines de certaines espèces de cette famille se passe essentiellement dans l'eau distillée et à des faibles concentrations de NaCl testés (50 et 100mM). Alors que d'autres peuvent tolérer des concentrations élevées. Par exemple, la germination d'*Astragalus gombo* a eu lieu jusqu'à 200mM.

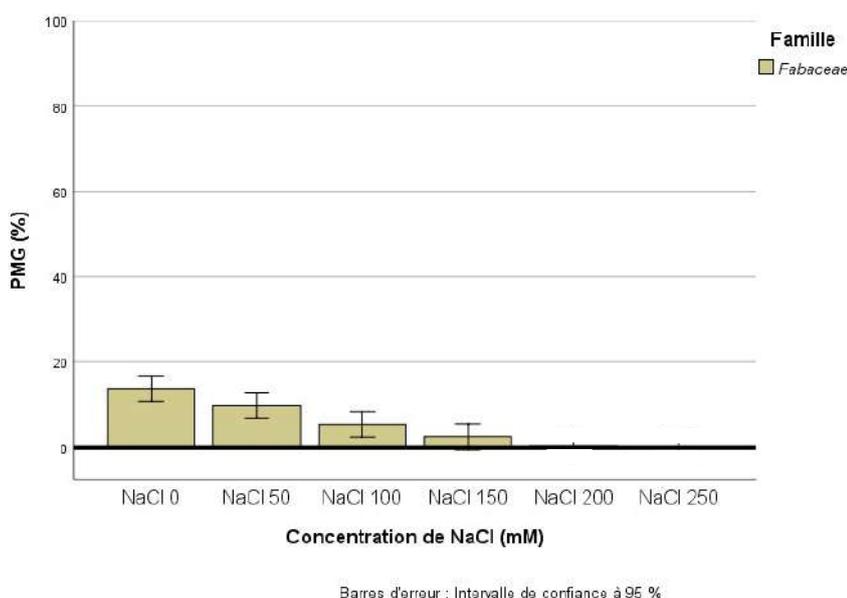


Figure 38 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 06 espèces spontanées sahariennes de *Fabaceae* : *Argyrolobium uniflorum*, *Astragalus arpilobus*, *Astragalus boeticus*, *Astragalus gombo*, *Astragalus mareoticus* et *Crotalaria saharae*.

La salinité a considérablement retardé la germination de *Caesalpinia crista* L. (*Fabaceae*). Chez certaines espèces, la tolérance au sel est associée à une accumulation de solutés organiques dans le cytoplasme pour équilibrer la pression osmotique des ions dans les vacuoles. Les composés qui s'accumulent le plus souvent sont la proline et la glycine bêtaïne. La proline s'accumule dans le cytoplasme sans avoir d'effets néfastes sur les activités des enzymes cytosoliques (Patel *et al.*, 2011).

c. Les *Amaranthaceae*

Selon la figure 39, chez les *Amaranthaceae* (5/5 espèces testées), le pourcentage moyen de germination est faible (19,68%). Les taux de germination diminuent avec l'augmentation des concentrations en sel de 35,22% dans les conditions de contrôle à 28,07 ; 19,04 ; 16,41 ; 11,41 et 7,89% avec des concentrations respectives de 50, 100, 150, 200 et 250mM.

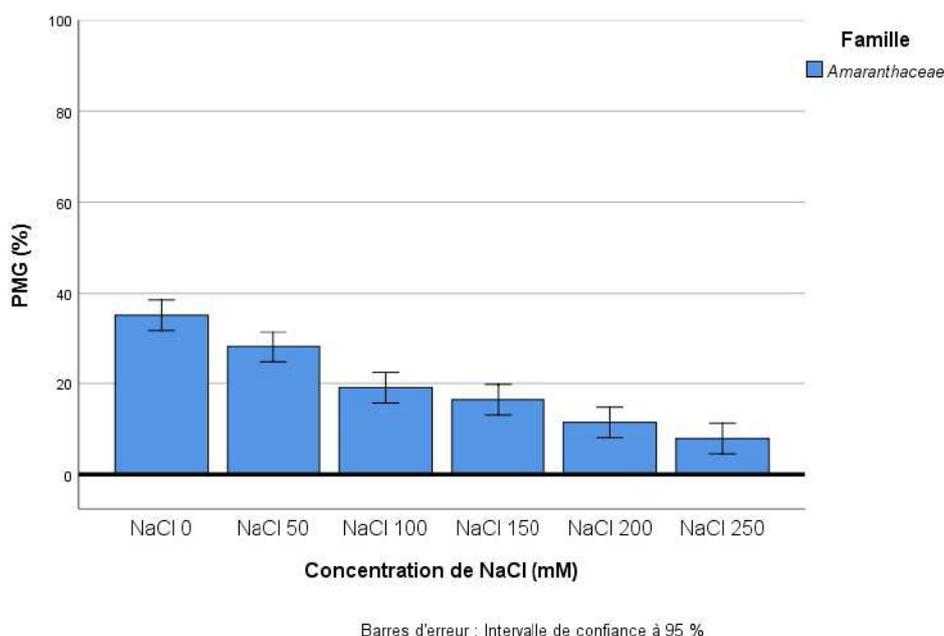


Figure 39 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes d'*Amaranthaceae* : *Agathophora alopecuroides*, *Anabasis articulata*, *Atriplex dimorphostegia*, *Bassia muricata* et *Cornulaca monacantha*.

Les résultats obtenus avec les *Amaranthaceae* sont conformes à ceux obtenus par **Huang et al., (2003)** pour *Haloxylon ammodendron* ; *Salsola affinis* (**Wei et al., 2008**) ; *Suaeda fruticosa* et *Atriplex prostrata* (**Khan et al., 2009**) pour lesquelles plus la salinité de NaCl est élevée, plus le pourcentage de germination est faible.

Ces résultats corroborent ceux de **Ungar (1996)**, chez *Atriplex patula* qui accumule des ions Na^+ et Cl^- : dans les tiges et les feuilles, avec une salinité accrue dans le milieu ainsi que d'autres halophytes de la famille des *Amaranthaceae* (**Barakat et al., 2014**).

Une étude menée sur une population d'*Atriplex halimus* par **Nedjimi, (2012)** confirme que la succulence est restée intacte pendant les saisons d'hiver, de printemps et d'été, puis a décliné en automne. Cela indique que les plantes minimisent leur consommation d'eau pendant le stress pour obtenir un ajustement osmotique, ce qui les aide à survivre dans l'écosystème de *Chott*.

d. Les *Brassicaceae*

Par contre, le pourcentage moyen de germination chez les *Brassicaceae* est sensiblement fort (24,10%). Les graines incubées à des concentrations élevées de NaCl se caractérisent par une germination retardée, puis une inhibition complète à 200mM de NaCl (Fig.40).

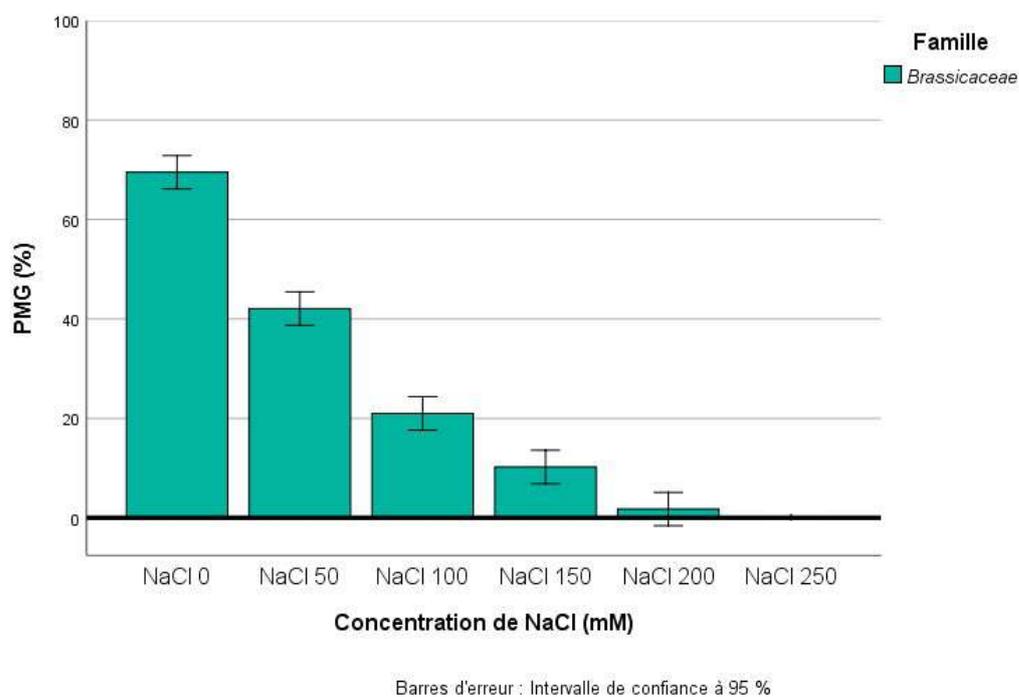


Figure 40 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes de *Brassicaceae* : *Diploaxis harra*, *Eremobium aegyptiacum*, *Henophyton deserti*, *Savignya parviflora* et *Zilla spinosa*.

À une concentration de 200mM de NaCl, la germination était complètement inhibée chez *Diploaxis harra* (Tlig *et al.*, 2008) et *Cakile maritima* (Debez *et al.*, 2004).

e. Les *Poaceae*

Le pourcentage moyen de germination des *Poaceae* est de 24,27%. Il ressort du graphique (Fig.41) que la germination des graines la plus élevée a été obtenue avec l'eau distillée (témoin). Certaines espèces peuvent tolérer une concentration saline qui atteint 200mM (*Stipagrostis pungens*), alors que pour d'autres, la germination est inhibée à 150mM (*Aristida adscensionis*).

Les mêmes résultats ont été obtenus sur les graines de *Lygeum spartum* L. (*Poaceae*) qui peuvent germer à des concentrations de sel élevées (50, 100 et 150mM). Cependant, la plus haute germination a été obtenu dans de l'eau distillée (Nedjimi, 2011).

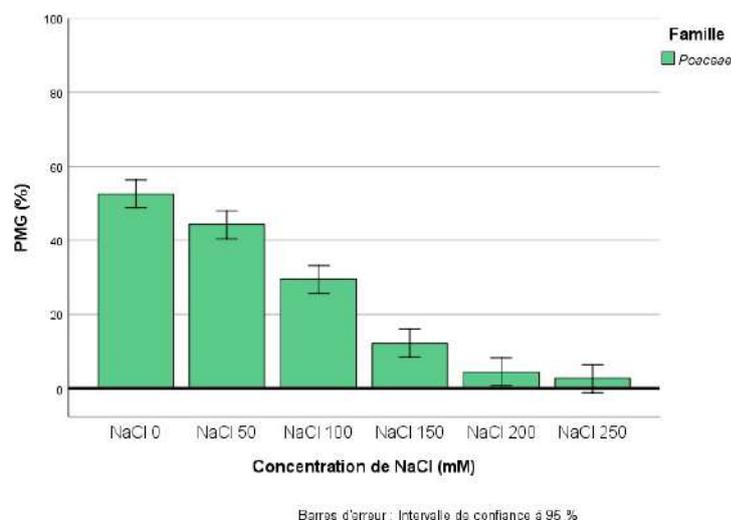


Figure 41 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 04 espèces spontanées sahariennes de *Poaceae* : *Aristida adscensionis*, *Centropodia forsskalii*, *Stipagrostis plumosa* et *Stipagrostis pungens*.

f. Les *Caryophyllaceae*

Le pourcentage moyen de germination des *Caryophyllaceae* est relativement important (37,14%). Dans l'eau distillée, les meilleurs taux de germination ont été enregistrés chez : *Polycarphaea* (85%), *Spergularia* (75%) et *Paronychia* (66,67%).

L'espèce qui a montré la meilleure tolérance à toutes les concentrations (50, 100, 150, 200 et 250mM) et a pu germer est *Polycarphaea robbairea* avec 85%, 73%, 51%, 37% et 14,44%. Elle est suivie par *Paronychia arabica* avec 66.67%, 46.67%, 11,50%, 6,11% et 2%. Alors qu'une réduction a été notée chez *Spergularia salina* avec 23,61% à 50mM jusqu'à inhibition totale à 200mM de NaCl (Fig.42).

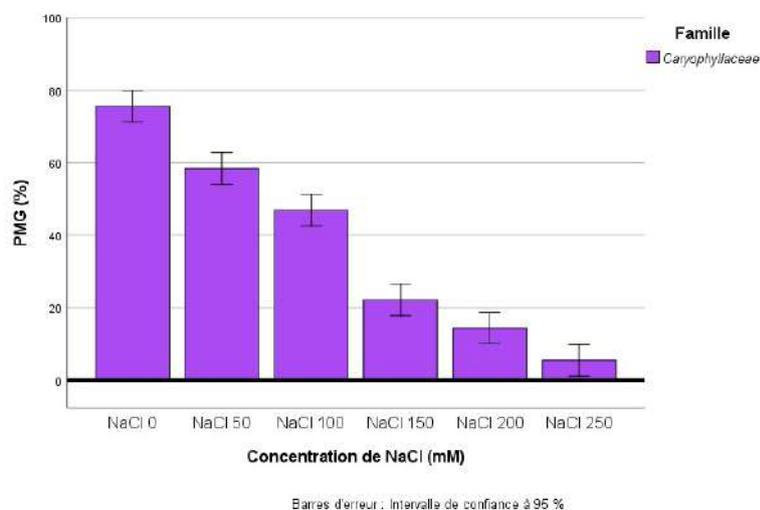


Figure 42 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 03 espèces spontanées sahariennes de *Caryophyllaceae* : *Paronychia arabica*, *Polycarphaea robbairea* et *Spergularia salina*.

Des résultats similaires ont été rapportés par **Hegazy *et al.*, (2009)**. Les semences des plantes annuelles à cycle court, notamment *Polycarphaea* ne vivent que quelques semaines et arrivent à maturité pendant la saison des pluies (**Monasterio et Sarmiento, 1976**). Elles ont tendance à avoir une banque de semences persistante pour survivre dans des environnements désertiques (**Hegazy *et al.*, 2009**).

Les graines de *Spergularia marina* produites au début de l'été (juin) tolèrent moins la salinité que celles produites à la fin de l'été (août-octobre). L'âge, la taille et/ou la morphologie et la saison de maturation des graines peuvent affecter la tolérance au sel (**Baskin et Baskin, 2014**).

g. Les *Apiaceae*

La germination des espèces d'*Apiaceae* étudiées (2/2), sous l'effet des différentes concentrations de NaCl, montre que le pourcentage moyen de germination est faible (8,26%). La germination à 200mM est totalement inhibée (Fig.43).

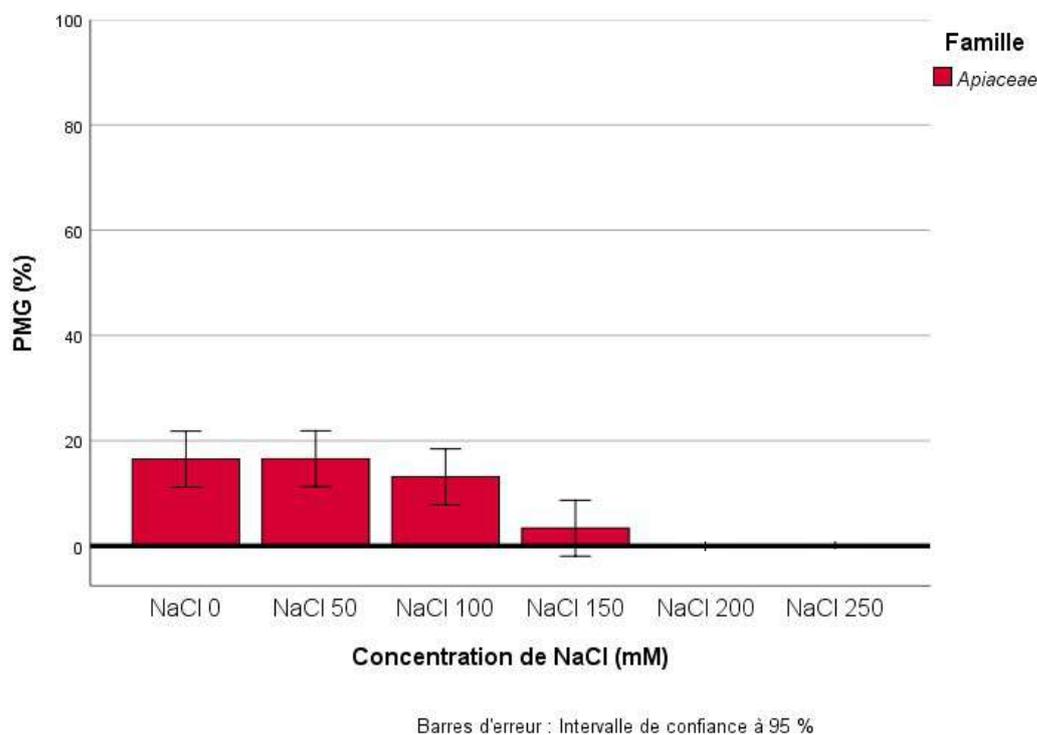


Figure 43 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes d'*Apiaceae* : *Ammodaucus leucotrichus* et *Daucus sahariensis*.

Selon **Jensch et Poschlod (2008)**, chez les deux espèces *Oenanthe conioides* et *Oenanthe aquatica* (*Apiaceae*), la salinité était tolérée jusqu'à 3,3‰. A 10‰, il y avait une forte diminution du pourcentage de germination.

La germination des graines de *Crithmum maritimum* L. a été inhibée par des concentrations de sel supérieures à 50mM de NaCl. Un tel résultat est courant chez les halophytes qui montrent, malgré leur tolérance au sel, une germination plus élevée dans les milieux non et faiblement salés (Atia *et al.*, 2006).

h. Les *Boraginaceae*

La germination des *Boraginaceae* (1/2) atteint 21,59%, les graines de *Moltkiopsis ciliata* ont germé dans toutes les concentrations salines (0, 50, 100, 150, 200 et 250mM) avec 70,83; 70,83; 59,44; 24,72; 20,28 et 13,00% respectivement. Par contre, *Echium trygorrhizum* n'a germé dans aucune concentration (Fig.44).

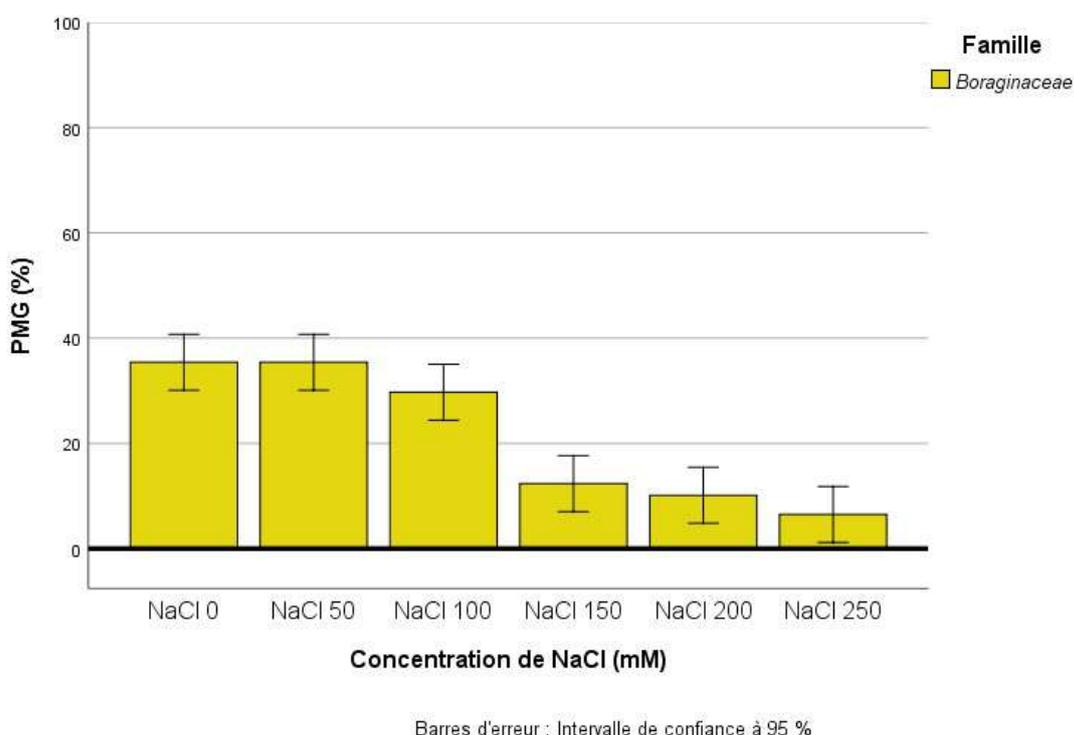
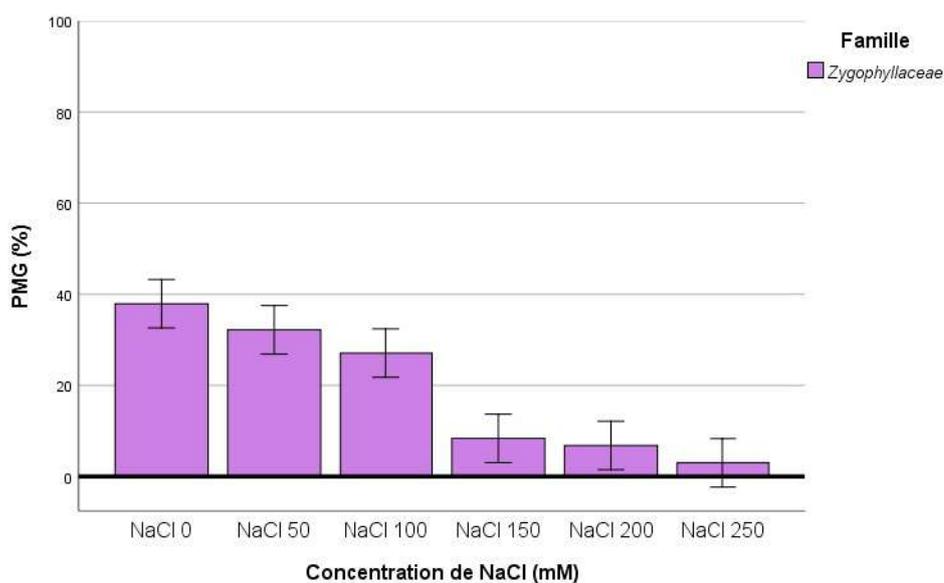


Figure 44 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes de *Boraginaceae* : *Echium trygorrhizum* et *Moltkiopsis ciliata*.

Selon Elham *et al.*, (2011), l'*Echium amoenum* qui est une plante médicinale résiste à la salinité par ajustement osmotique et absorption et partage d'ions dans ses cellules. Ce processus est essentiel pour la survie des plantes dans des conditions salines.

i. Les *Zygophyllaceae*

Chez les *Zygophyllaceae* (1/2), le pourcentage moyen de germination est de 19,23%. Seules les graines de *Peganum harmala* ont germé dans toutes les concentrations salines. Une inhibition tégumentaire a été observée chez *Fagonia glutinosa* (Fig.45).



Barres d'erreur : Intervalle de confiance à 95 %

Figure 45 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces de *Zygothylaceae* : *Fagonia glutinosa* et *Peganum harmala*.

Chez les *Zygothylaceae*, alors que plusieurs halophytes vivaces pouvaient germer dans 860mM de NaCl ou plus, par exemple, *Salicornia pacifica*, (Khan et Weber, 2006), d'autres halophytes présentaient une germination inférieure à 125mM de NaCl par exemple, *Zygothylum simplex* (Khan et Ungar, 1998; Khan *et al.*, 2009).

Les pourcentages de germination moyens des sept autres familles, représentée chacune par une seule espèce, peuvent être classés ainsi : les *Plumbaginaceae* (78,33%), les *Plantaginaceae* (71,67%), les *Cistaceae* (66,67%), les *Geraniaceae* (66,67%), les *Asphodelaceae* (62,67%), les *Cleomaceae* (18%) et les *Euphorbiaceae* (17%).

j. Les *Plumbaginaceae*

Dans l'eau distillée, les meilleurs taux de germination ont été enregistrés chez : *Limoniastrum guyonianum* 78,33%. L'espèce a toléré toutes les concentrations (50, 100, 150, 200 et 250mM) et a pu germer. Alors qu'une réduction de plus de 40% par rapport à son contrôle a été marquée à 250mM de NaCl avec 40,33% (Fig.46).

Les résultats présentés corroborent les travaux antérieurs de Yildiz *et al.* (2008) selon lesquels la germination de deux halophytes vivaces, *Limonium lilacinum* et *Limonium iconicum* (*Plumbaginaceae*) est la plus élevée (91-99%) a été obtenue dans l'eau distillée. Le taux de germination diminuait avec l'augmentation de la salinité jusqu'à 500mM de NaCl.

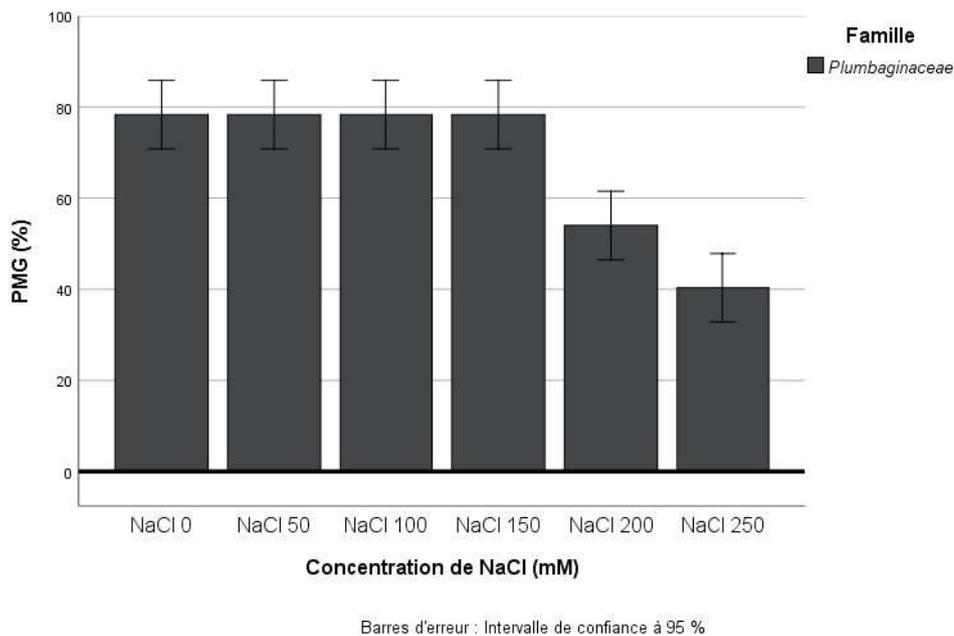


Figure 46 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*).

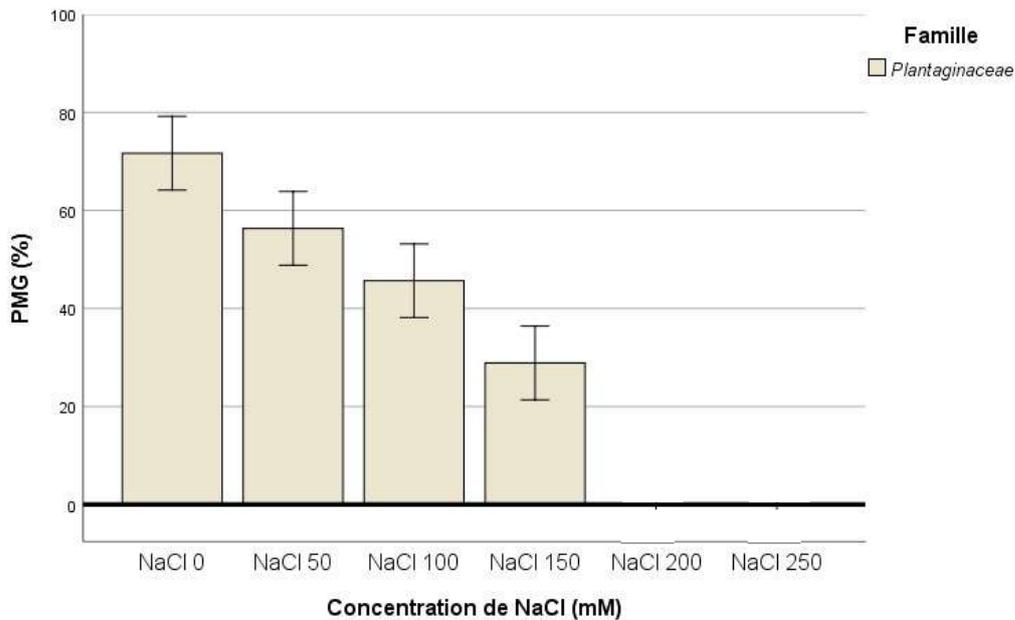
Selon **Khan *et al.* (2009)** les graines d'halophytes tel *Limonium stocksii* (*Plumbaginaceae*) peuvent germer dans une salinité d'environ 600mM de NaCl.

Limoniastrum guyonianum est un halophyte facultatif, qui peut survivre sous des concentrations salines extrêmes. Elle a la capacité d'excréter les ions toxiques en excès à la surface externe des feuilles, ce qui contrôle leur accumulation dans les tissus et protège la machinerie photosynthétique. En outre, cette espèce a accumulé de la proline pour l'ajustement osmotique et a utilisé efficacement l'eau même en cas de faible disponibilité. L'ensemble de ces mécanismes permettent à *L. guyonianum* de tolérer et de survivre à une salinité extrême (**Zouhaier *et al.*, 2015**).

k. Les *Plantaginaceae*

La figure 47 montre que chez les *Plantaginaceae* les différents niveaux de stress salin ont montré des effets significatifs sur la germination des graines de *Plantago ciliata*. La germination maximale est de 71,67% à 0mM, elle diminuait progressivement jusqu'à 28,89% à 150mM. Le NaCl n'a inhibé la germination qu'à des concentrations supérieures à 200mM.

Dans une étude menée par **Luciani *et al.*, (2001)**, trois espèces typiques des environnements salins, *Plantago coronopus* L., *Plantago crassifolia* et *Plantago macrorrhiza*, ont été analysées pour leur germination.



Barres d'erreur : Intervalle de confiance à 95 %

Figure 47 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Plantago ciliata* (Plantaginaceae).

Les résultats montrent que les solutions salines inhibent grandement la germination de *P. coronopus* et, dans une moindre mesure, celles de *P. crassifolia* et de *P. macrorrhiza*: aucune de ces espèces ne germe. Ces données suggèrent que la présence de ces espèces dans des environnements salins dépend moins de leur tolérance au sel en ce qui concerne la germination que de mécanismes de contrôle particuliers leur permettant de mener à bien leur cycle de vie lorsque les conditions écologiques sont favorables (Luciani *et al.*, 2001).

I. Les Cistaceae

Pour les Cistaceae, la germination des graines d'*Helianthemum lippii* maximale (66,67%) était notée à (0 et 50mM). La plus faible germination (4,78%) a été enregistrée avec une concentration saline de 250mM (Fig.48).

Dans une expérience de salinité réalisée par Gutterman et Agami (1987) et Gutterman et Edine (1988), les graines scarifiées de *H. vesicarium* ont eu la meilleure germination (68%) dans de l'eau distillée, mais seulement 20% de NaCl à 42,8mM mais aucune graine n'a germé à une concentration supérieure à 85,5mM de NaCl. D'autre part, seulement (52%) des graines scarifiées de *H. ventosum* ont germé dans de l'eau distillée. La germination était la meilleure dans NaCl 42,8mM (environ 68%), et dans 171mM de NaCl 38% des graines ont germé. Au-dessus de 427,5mM de NaCl, il n'y a aucune germination.

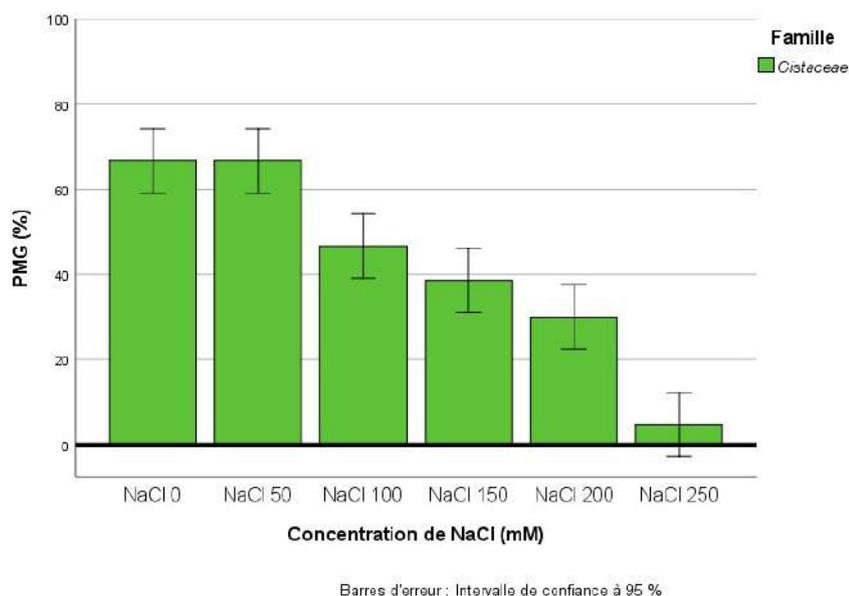


Figure 48 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Helianthemum lippii* (Cistaceae).

Le comportement de germination des Hélianthèmes en ce qui concerne la salinité pourrait être une adaptation à leurs habitats respectifs (Gutterman et Agami, 1987; Gutterman et Edine, 1988).

m. Les *Geraniaceae*

D'après la figure 49, la germination des graines d'*Erodium glaucophyllum* était comprise entre 0 et 150mM avec 66,67 et 12,67%. À 200mM, la germination était complètement inhibée.

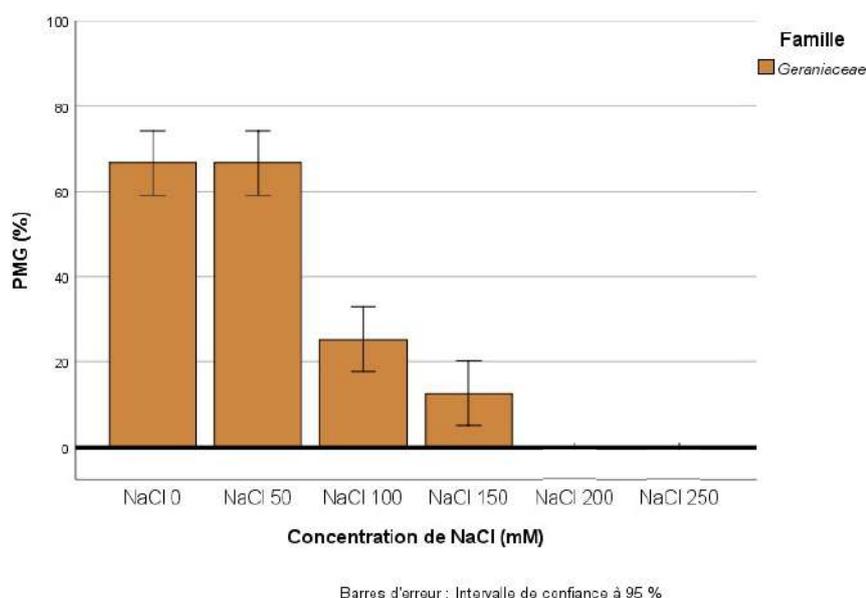


Figure 49 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Erodium glaucophyllum* (Geraniaceae).

Les graines et les plantules d'*Erodium* ont un effet bénéfique sur la communauté végétale dans son ensemble car elles augmentent la densité et la biomasse des plantes issues du réservoir de graines. Les plantules d'*Erodium* ont plus d'impact que les graines au début de la saison de croissance (Lortie et Turkington, 2002).

n. Les *Asphodelaceae*

La germination maximale d'*Asphodelus tenuifolius* à 0mM est de 62,67%. Elle diminuait avec une augmentation progressive de la salinité avec 11,44% à 150mM. La germination d'*A. tenuifolius* était complètement inhibée à 200mM (Fig.50).

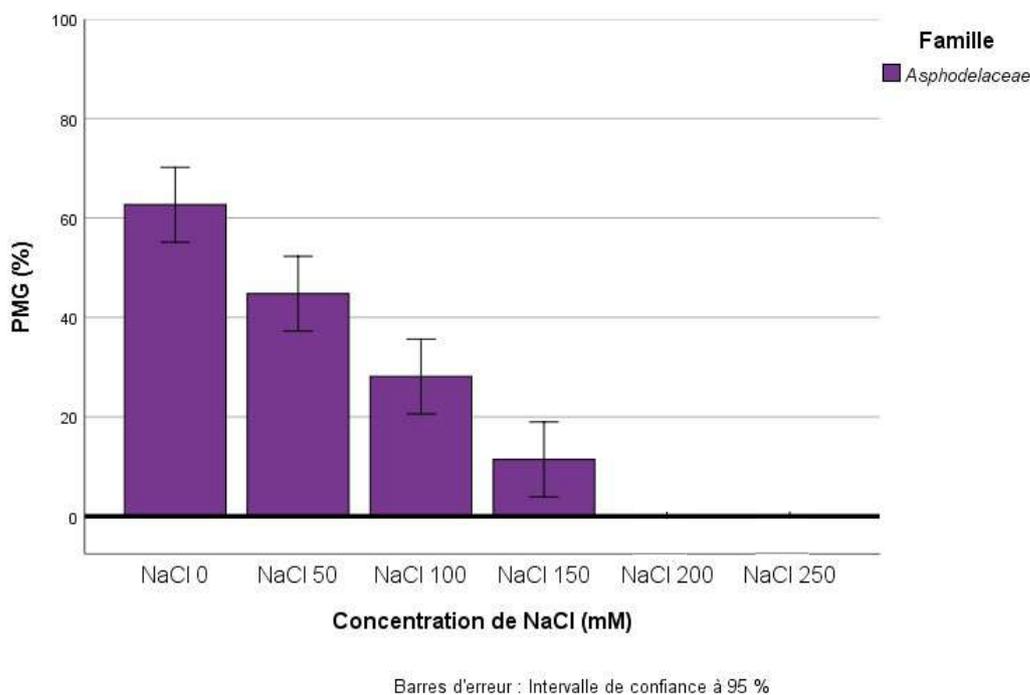


Figure 50 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Asphodelus tenuifolius* (*Asphodelaceae*).

Les présents résultats sont en accord avec la suggestion de Sosa *et al.* (2005), l'inhibition de la germination est due à la combinaison d'effets osmotiques et ioniques, tandis que les effets toxiques sont plus importants aux fortes concentrations.

Ceci est en accord également avec les résultats obtenus par Tanveer *et al.* (2014) qui ont démontré qu'à des concentrations progressives de NaCl (0, 50, 100, 150 et 200mM) la germination des graines d'*Asphodelus tenuifolius* étaient comme suit respectivement (88, 66, 22 et 0%). *Asphodelus tenuifolius* était très sensible à la salinité ; Cependant, quelques graines d'*A. tenuifolius* ont pu germer même à une concentration de 150mM en NaCl.

o. Les *Cleomaceae*

Il ressort clairement de l'analyse du graphique (Fig.51) que la germination des graines de *Cleome africana* était comprise entre 0 et 250mM avec 18,00 et 2,67% respectivement. Il faut noter qu'à 50mM, il y a eu une légère amélioration du pourcentage de germination (18,78%).

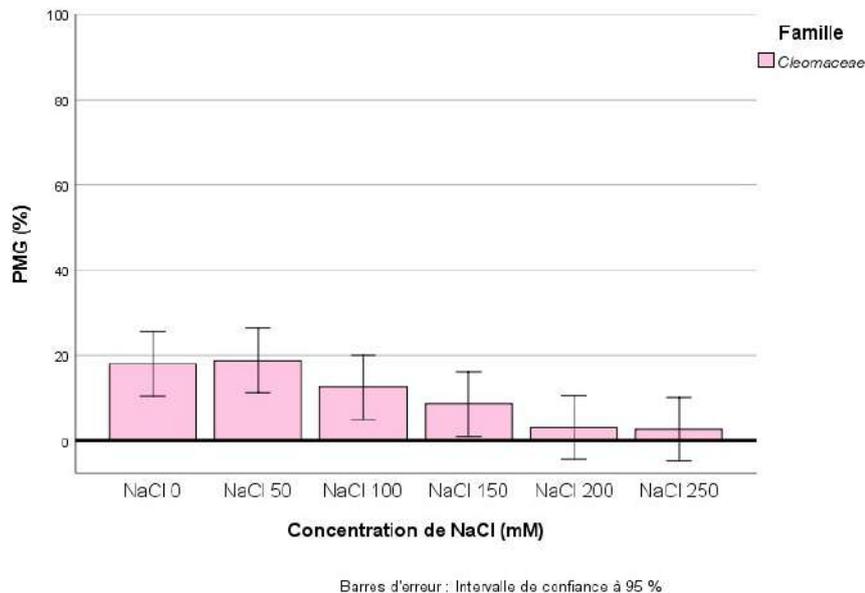


Figure 51 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Cleome africana* (*Cleomaceae*).

Wesonga *et al.* (2002) rapportent que *Cleome gynandra* L. possédait une faible capacité de régulation de l'entrée des sels, permettant ainsi à de grandes quantités de sel d'être absorbées, entraînant un retard / inhibition de la division cellulaire, une diminution de la photosynthèse et une augmentation de la respiration. Les facteurs contribuant à cette résistance peuvent inclure la capacité de l'espèce à s'ajuster par osmose et la présence d'une voie de photosynthèse C4.

Il est conclu par la présente que *Cleome gynandra* L., étant un glycophyte, est censé être sensible au sel. Par conséquent, le stress salin nuit à la croissance et au rendement de cette espèce. Cependant, les données montrent également que l'espèce peut survivre et continuer à croître dans des conditions de stress salin modéré (Wesonga *et al.*, 2002).

p. Les *Euphorbiaceae*

La germination maximale des graines d'*Euphorbia guyoniana* à 0Mm était de 17%. Le NaCl a inhibé la germination à 150mM. Il faut noter qu'à 100mM, la germinabilité diminuait de manière significative à la moitié (8,33%) (Fig.52).

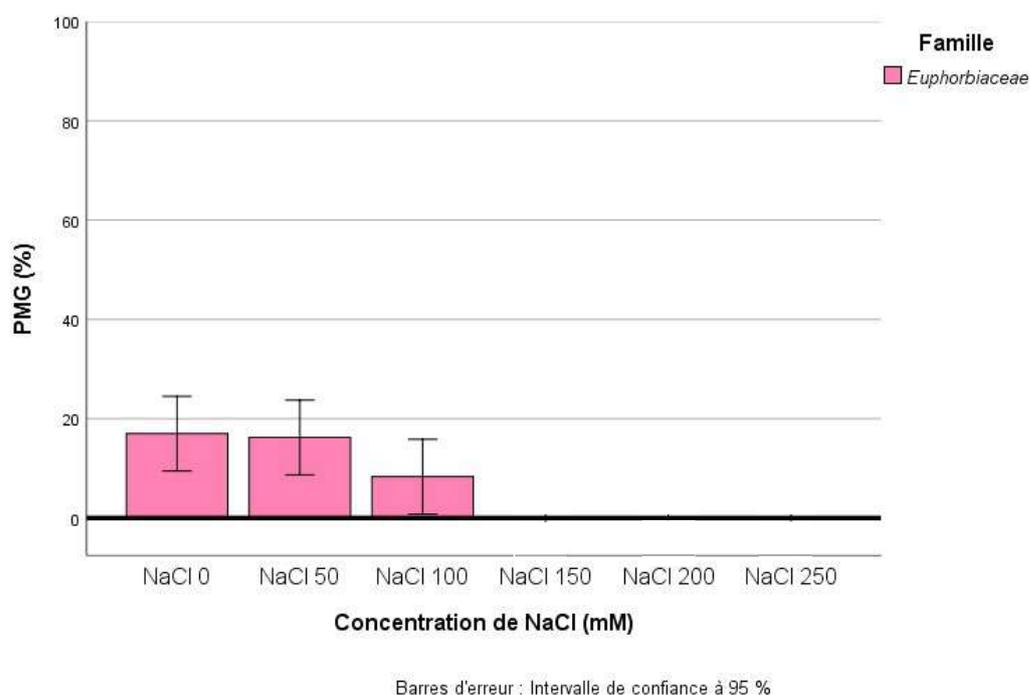


Figure 52 : Effet des concentrations de NaCl (mM) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Euphorbia guyoniana* (*Euphorbiaceae*).

Le genre *Euphorbia* contient environ 1000-1600 espèces. La plupart des espèces étudiées de ce genre sont annuelles et leurs graines ont une dormance physiologique (Narbona *et al.*, 2007). La caroncule est une structure présente dans la région micropylaire des graines d'*Euphorbiaceae*. Cette structure a la fonction écologique de favoriser la dispersion des graines par les fourmis (myrmécochorie). L'augmentation de la salinité réduit le pourcentage et la vitesse de germination des graines de ricin (*Ricinus communis*), mais aucune influence de la caroncule n'a été détectée (Severino *et al.*, 2012).

1.3.- Influence de la lumière sur la germination des graines

La germination nécessite assez souvent des conditions particulières d'éclairément : la lumière peut la stimuler (graines à photosensibilité positive) ou l'inhiber (graines à photosensibilité négative) (Rollin, 1964).

1.3.1.- Effet sur le pourcentage moyen de germination (PMG)

D'après l'analyse de la variance, effectuée sur le pourcentage moyen de germination (PMG), les effets des facteurs : famille, lumière et temps sont très hautement significatifs. Il en est de même pour l'interaction famille*lumière ($P < 0,000^{***}$). Cependant, les interactions : famille*temps, lumière*temps et famille*lumière*temps n'ont eu aucun effet sur le taux de la germination (Annexe 05).

Les pourcentages de germination les plus élevés (29,13%) ont été relevés en présence de la lumière ; tandis que les graines imbibées et placées à l'obscurité ont germé à 22,64% seulement (Fig.53).

Dans nos expériences, il convient toutefois de noter que les graines étaient retirées des boîtes noires quotidiennement pour vérifier la germination ; ainsi, les graines peuvent avoir reçu suffisamment de lumière pour favoriser la germination.

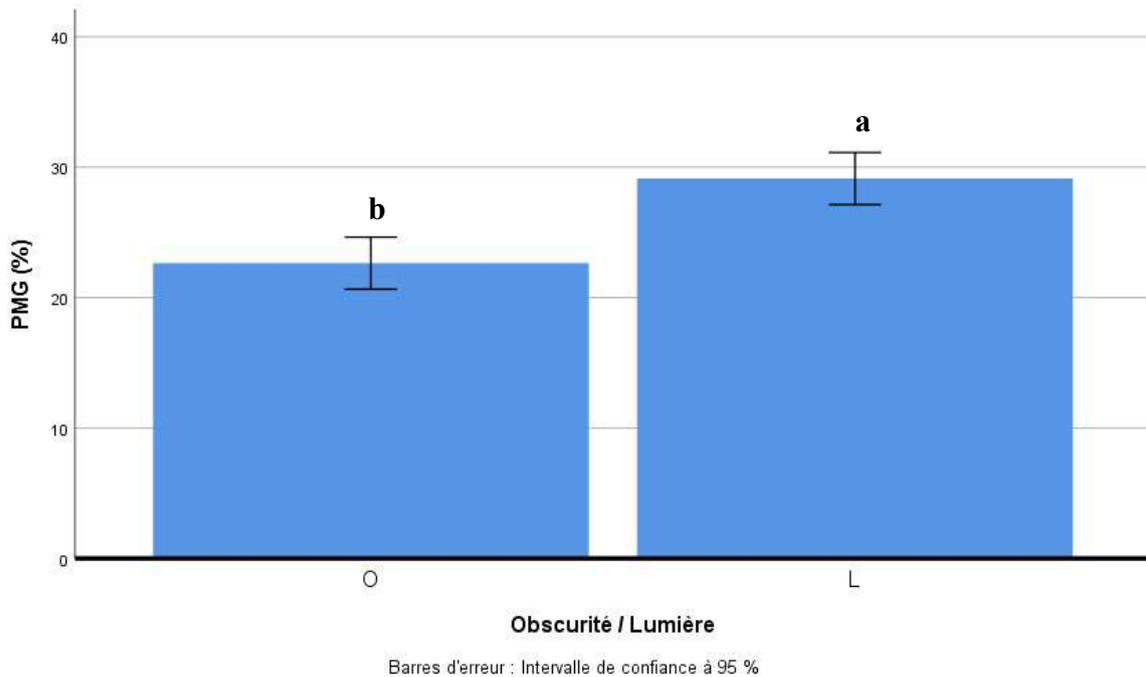


Figure 53 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 46 espèces spontanées sahariennes.

Le mécanisme de la photosensibilité a fait l'objet de nombreuses études menées par **Baskin et Baskin (1998)** qui ont abouti à la découverte d'un système photorécepteur : le phytochrome. Ce système est constitué d'un pigment localisé dans l'embryon.

Thanos et al. (1989;1995) et **Thanos et Doussi (1995)** ont constaté que la germination de plusieurs espèces méditerranéennes était photo-inhibée, mettant en évidence un mécanisme d'évitement de surface, permettant aux graines d'éviter de germer dans des conditions difficiles à la surface du sol.

Les graines de nombreux arbustes germent tout aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité, et celles de certaines espèces germent à des pourcentages plus élevés dans l'obscurité qu'à la lumière (**Baskin et Baskin, 2014**).

1.3.2.- Effet sur le temps moyen de germination (TMG)

D'après l'analyse de la variance effectuée sur le temps moyen de la germination (TMG), nous avons remarqué que les effets des facteurs : famille, lumière et temps sont très hautement significatifs, de même pour les interactions : famille*lumière et famille*temps ($P < 0,000^{***}$). Cependant, les interactions : lumière*temps et famille*lumière*temps n'ont eu aucun effet sur la vitesse de la germination (Annexe 06).

Lors de l'étude des besoins en lumière pour la germination, la vitesse de germination des graines a été testée à une photopériode quotidienne et dans l'obscurité continue à un régime de température constant quotidien (Fig.54).

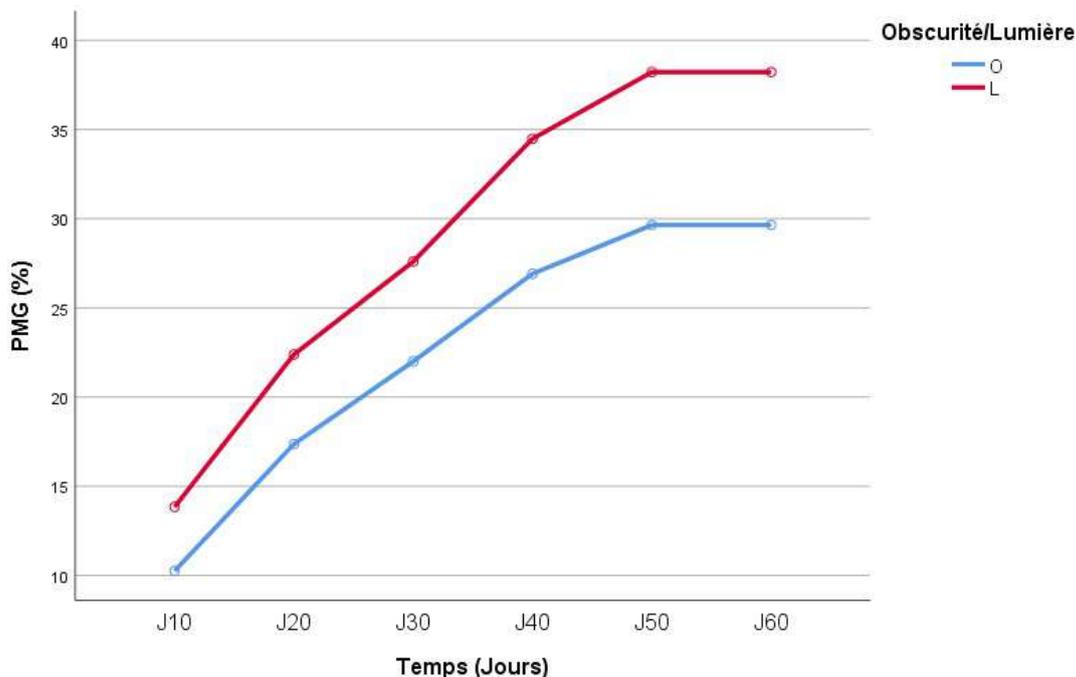


Figure 54 : Cinétique de germination des graines de 46 espèces spontanées sahariennes à l'obscurité et à la lumière.

La germination est relativement rapide en présence de la lumière, le pourcentage de germination atteint déjà 13,84% durant les 10 premiers jours ; alors que pour la même durée, les graines placées à l'obscurité atteignent 10,25% de germination. Le taux maximal atteint 38,22% après 50 jours à la lumière tandis qu'à l'obscurité il atteint 29,65%.

En présence de la lumière, la germination est beaucoup plus rapide qu'à l'obscurité. La réponse à la lumière est complexe et dépend non seulement du niveau de dormance des semences, mais également de la fluence photonique, de sa composition spectrale et du régime de température dans lequel la germination est testée (Milberg *et al.*, 2000).

Les besoins en lumière pour la germination peuvent aussi changer à mesure que les graines sortent de leur dormance (Zhou *et al.*, 2012).

Selon les familles, on note l'absence totale de germination à la lumière chez trois familles, à savoir les *Asclepiadaceae*, les *Ephedraceae* et les *Neuradaceae*. Alors qu'à l'obscurité, cinq familles n'ont pas germé : les *Asclepiadaceae*, les *Ephedraceae*, les *Euphorbiaceae*, les *Geraniaceae* et les *Neuradaceae*.

Selon les espèces, une seule espèce n'a pas germé à la lumière : *Launaea capitata*. D'autres n'ont pas germé à l'obscurité (05/46 espèces) : *Argyrobolium uniflorum*, *Astragalus boeticus*, *Daucus sahariensis*, *Erodium glaucophyllum* et *Euphorbia guyoniana*. Cependant, neuf espèces testées n'ont germé ni à l'obscurité ni à la lumière, il s'agit de *Cornulaca monacantha*, *Crotalaria saharae*, *Echium trygorrhizum*, *Ephedra alata*, *Fagonia glutinosa*, *Mantisalca salmantica*, *Neurada procumbens*, *Pergularia tomentosa* et *Perralderia coronopifolia*. Ceci est peut-être dû au fait que ces espèces sont indifférentes à la photosensibilité et/ou d'autres facteurs inhibent leur germination tels que la température, la dormance ou le vieillissement des graines.

a. Les *Asteraceae*

Selon la figure 55, 5/7 espèces testées ont germé à l'obscurité et dont le pourcentage de germination obtenu est de 35,13%. A la lumière, le taux de germination (21,71%) baisse.

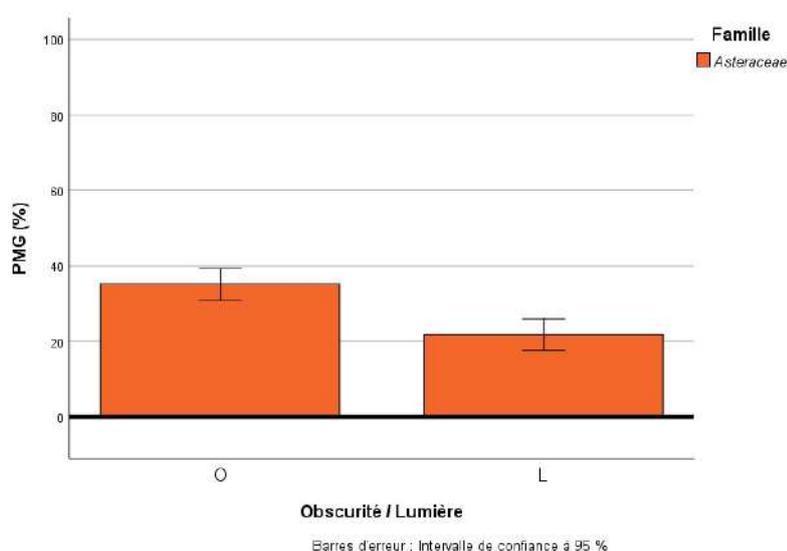


Figure 55 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 07 espèces spontanées sahariennes d'*Asteraceae* : *Brochia cinerea*, *Ifloga spicata*, *Launaea capitata*, *Launaea nudicaulis*, *Mantisalca salmantica*, *Perralderia coronopifolia* et *Scorzonera laciniata*.

Des pourcentages de germination plus élevés ont été obtenus davantage à l'obscurité qu'à la lumière, pour les graines de *Launaea capitata* (Baskin et Baskin, 2014). Alors que, selon Baskin et Baskin (1975), les graines d'*Helenium amarum* (Asteraceae) ont germé à de faibles pourcentages dans l'obscurité continue. Cependant, trois à cinq expositions à des photopériodes quotidiennes de 1 à 60min ont considérablement augmenté le pourcentage de germination par rapport à l'obscurité.

b. Les Fabaceae

La plupart des espèces étudiées de *Fabaceae* (6/6 espèces) ont germé en présence de la lumière (7,10%). A l'obscurité, le taux de germination moyen des *Fabaceae* est de 1,27% (Fig.56).

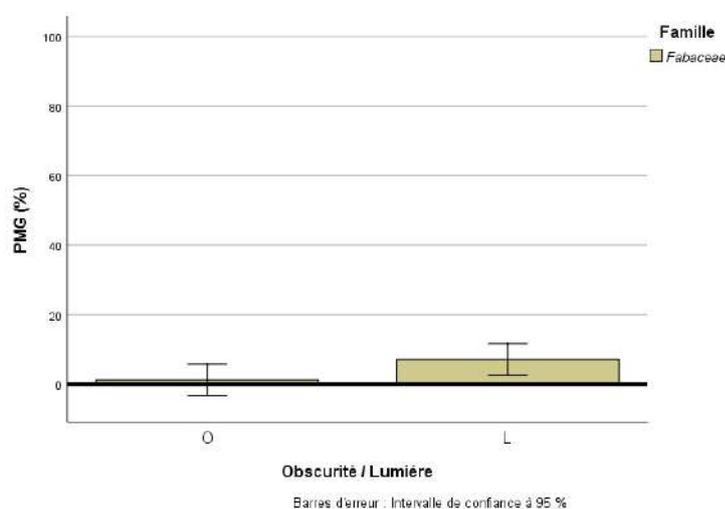


Figure 56 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 06 espèces spontanées sahariennes de *Fabaceae* : *Argyrolobium uniflorum*, *Astragalus arpilobus*, *Astragalus boeticus*, *Astragalus gombo*, *Astragalus mareoticus* et *Crotalaria saharae*.

Ces résultats concordent avec ceux de Zhou *et al.* (2012) qui rapportent que les graines des trois espèces : *Astragalus membranaceus*, *Magnolia officinalis* et *Panax notoginseng* ont montré une meilleure germination à la lumière que dans l'obscurité.

c. Les Amaranthaceae

Selon la figure 57, chez les *Amaranthaceae*, la plupart des espèces (4/5) testées ont germé (28,36%) à l'obscurité continue. Cependant, en présence de lumière, le taux de germination n'est que de 13,43%. Ceci est probablement dû au fait que la plupart des espèces de cette famille est négativement photosensible. Ceci est confirmé par les travaux de Huang *et al.* (2003) sur *Haloxylon ammodendron* (*Amaranthaceae*) dont la germination fut maximale à l'obscurité.

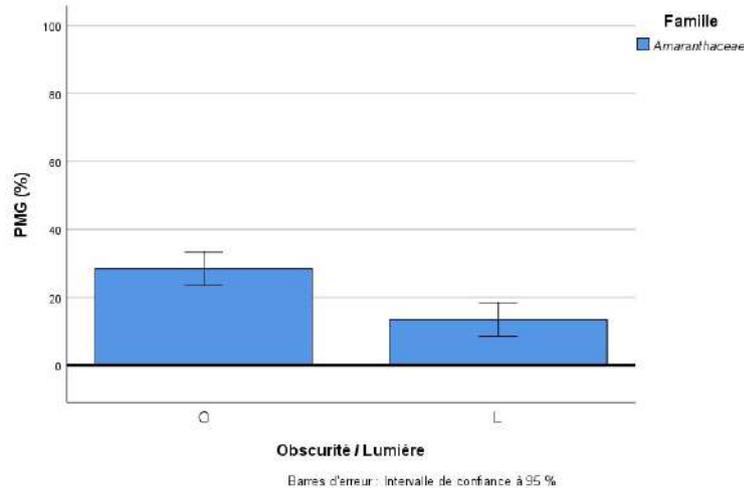


Figure 57 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes d'*Amaranthaceae* : *Agathophora alopecuroides*, *Anabasis articulata*, *Atriplex dimorphostegia*, *Bassia muricata* et *Cornulaca monacantha*.

d. Les *Brassicaceae*

Les cinq espèces testées ont germé (5/5), les pourcentages de germination obtenus sont de 75% à l'obscurité et 45,41% à la lumière (Fig.58).

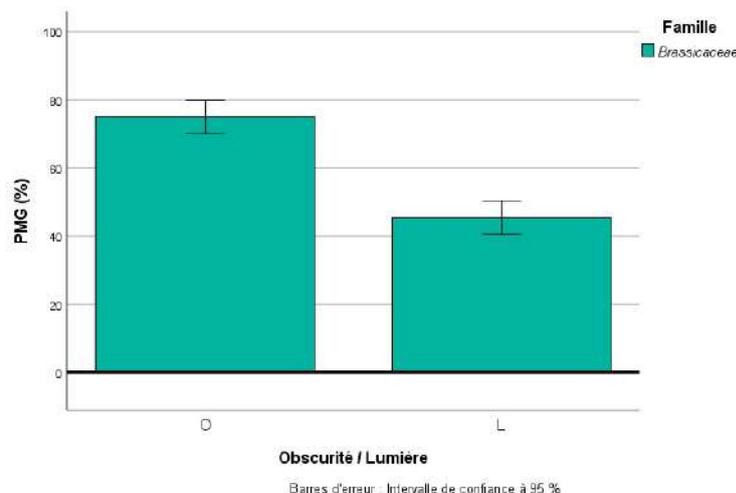


Figure 58 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes de *Brassicaceae* : *Diploaxis harra*, *Eremobium aegyptiacum*, *Henophyton deserti*, *Savignya parviflora* et *Zilla spinosa*.

La levée de dormance et la germination de *Diploaxis tenuifolia* ont été importantes pour les graines à une profondeur de 0,5 à 2cm de sol (Kleemann *et al.*, 2007). Les tests de germination avec *Diploaxis harra* suggèrent que cette espèce n'a pas besoin de lumière pour germer (Tlig *et al.*, 2008). Les graines d'*Eremobium microcarpa* germent à des pourcentages plus élevés à l'obscurité qu'à la lumière (Baskin et Baskin, 2014).

Ces exemples confirment les résultats obtenus chez les *Brassicaceae*.

e. Les *Poaceae*

Il ressort du graphique de la figure 59 que la germination des graines de *Poaceae* est plus importante à lumière (39,62%) qu'à l'obscurité (20,38%).

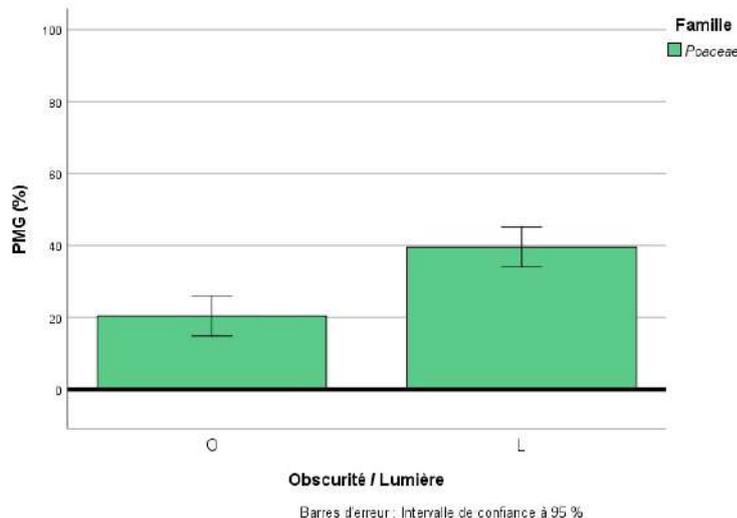


Figure 59 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 04 espèces spontanées sahariennes de *Poaceae* : *Aristida adscensionis*, *Centropodia forsskalii*, *Stipagrostis plumosa* et *Stipagrostis pungens*.

Dans ce contexte, **Baskin et Baskin (2014)** précisent qu'il n'y a pas de différence significative de germination des graines d'*Aristida ramosa* entre l'obscurité et la lumière ; alors que chez *A. contorta* les graines germent mieux en présence de la lumière.

f. Les *Caryophyllaceae*

Selon la figure 60, chez les *Caryophyllaceae* (3/3 espèces testées) la germination des graines à la lumière est plus élevée (66%) que celle obtenue à l'obscurité (26,56%).

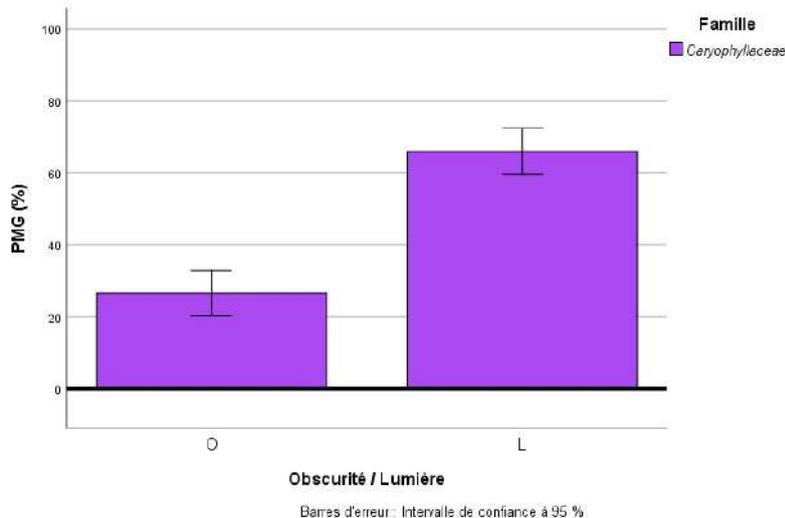


Figure 60 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 03 espèces spontanées sahariennes de *Caryophyllaceae* : *Paronychia arabica*, *Polycarpaea robbairea* et *Spergularia salina*.

Nos résultats concordent avec ceux de **Murru *et al.* (2015)** ayant obtenu des pourcentages de germination élevés à la lumière avec les graines de trois espèces de silène (*Silene velutina*, *S. ichnusa* et *S. badaroi*). Il en est de même avec les graines de *Spergularia diandra* (**Baskin et Baskin, 2014**).

g. Les *Apiaceae*

La germination des graines d'*Apiaceae* étudiées (2/2) est généralement faible et a eu surtout lieu à la lumière (6,83%) (Fig.61).

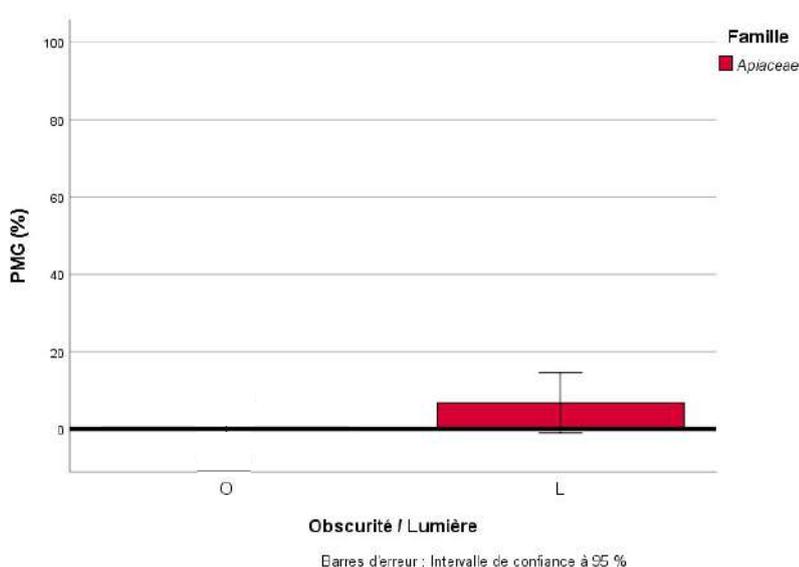


Figure 61 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes d'*Apiaceae* : *Ammodaucus leucotrichus* et *Daucus sahariensis*.

Il semblerait que les espèces de cette famille subissent probablement une dormance embryonnaire. Le type habituel de dormance chez la famille des *Apiaceae*, est la dormance primaire de l'embryon (**Baskin et Baskin, 1998; Walck *et al.*, 2002**).

h. Les *Boraginaceae*

Une seule, parmi les deux espèces de *Boraginaceae* étudiées a germé, comme indiqué sur la figure 62. Il s'agit de *Moltkiopsis ciliata* qui a germé sous différentes conditions photopériodiques, obscurité et lumière, avec 42,50% et 31,50% respectivement.

Par contre, *Echium trygorrhizum* ne germe ni à l'obscurité ni à la lumière. Ceci est peut-être dû à une inhibition tégumentaire. Pourtant cette espèce selon **Baskin et Baskin (2014)** germe mieux à l'obscurité.

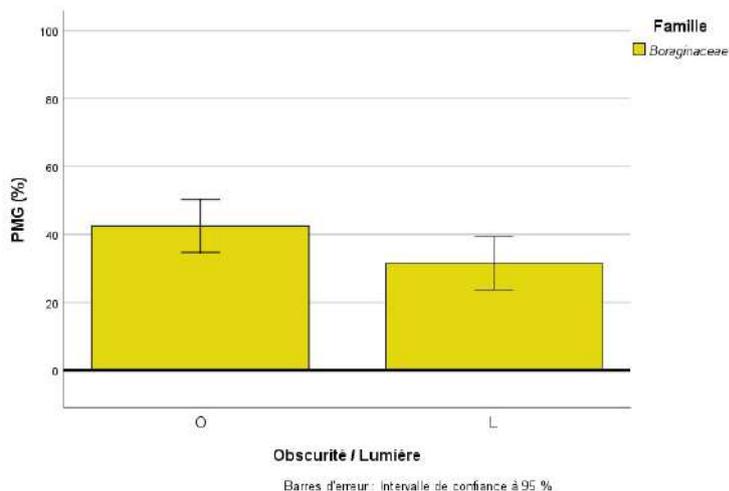


Figure 62 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes de *Boraginaceae* : *Echium trygorrhizum* et *Molkiopsis ciliata*.

i. Les *Zygophyllaceae*

L'effet de la lumière sur la germination des graines des deux espèces étudiées a montré que seules les graines de *Peganum harmala* ont germé sous les 2 conditions, 33,33% à l'obscurité et 30% à la lumière (Fig.63).

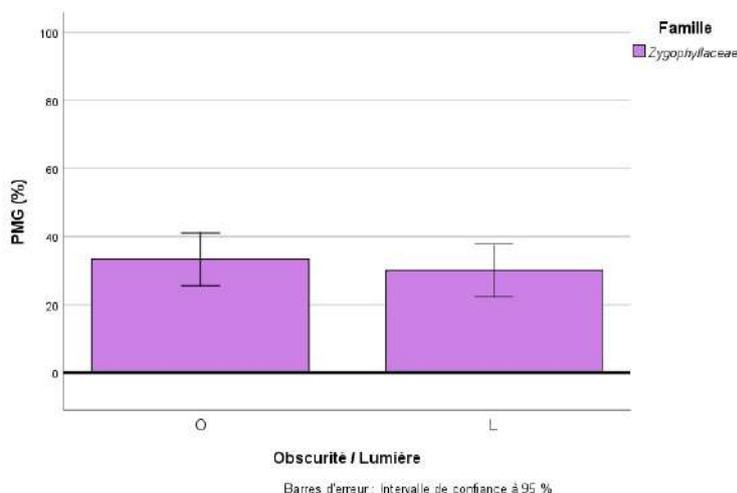


Figure 63 : Effet de la lumière sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes de *Zygophyllaceae* : *Fagonia glutinosa* et *Peganum harmala*.

Ces résultats se concordent avec ceux obtenus par **Hammouda et Bakr (1969)**, sur *Peganum harmala* qui est à photosensibilité négative alors que ces mêmes auteurs précisent que les graines de *Fagonia arabica* germent mieux en présence de lumière.

Les sept autres familles dont les espèces ont germé (1espèce/famille) peuvent être classées ainsi : certaines espèces à photosensibilité positive : les *Asphodelaceae* (+37,11%), les *Cistaceae* (+27,67%) et les *Plumbaginaceae* (+18%) à la lumière et à l'obscurité (Fig.64, Fig.65, Fig.66).

Trois espèces n'ont pu germer qu'en présence de la lumière : les *Geraniaceae* (+43,67%), les *Euphorbiaceae* (+11,11%) et les *Plantaginaceae* (+4,33%) (Fig.67, Fig.68, Fig.69). Une espèce à photosensibilité négative a été observée chez les *Cleomaceae* (-16,94%) (Fig.70).

j. Les *Asphodelaceae*

Selon la figure 64, les graines d'*Asphodelus tenuifolius* germent considérablement en présence de la lumière (52,67%) alors qu'à l'obscurité, le taux de germination n'est que de 15,56%.

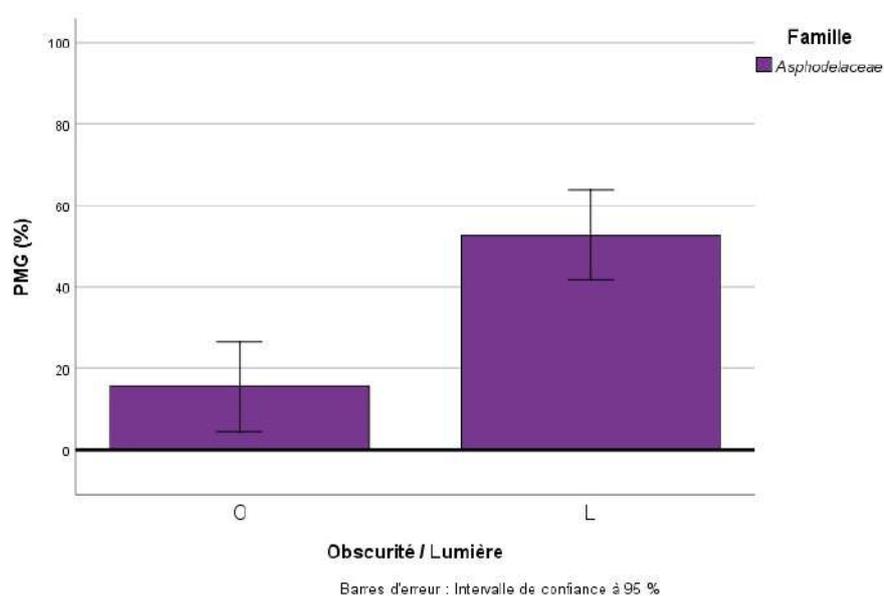


Figure 64 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Asphodelus tenuifolius* (*Asphodelaceae*).

Tanveer *et al.* (2014) indiquent que la lumière pendant 10h de photopériode, stimule la germination d'*Asphodelus tenuifolius* par rapport à l'obscurité totale.

k. Les *Cistaceae*

Chez *Helianthemum lippii*, les pourcentages de germination obtenus sont de 85% à la lumière et 57,33% à l'obscurité (Fig.65).

Selon plusieurs auteurs, les graines de toutes les espèces d'*Helianthemum* étudiées ont montré une bonne germination aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité (Escudero *et al.*, 1997; Pérez-García et González-Benito, 2006; Baskin et Baskin, 2014).

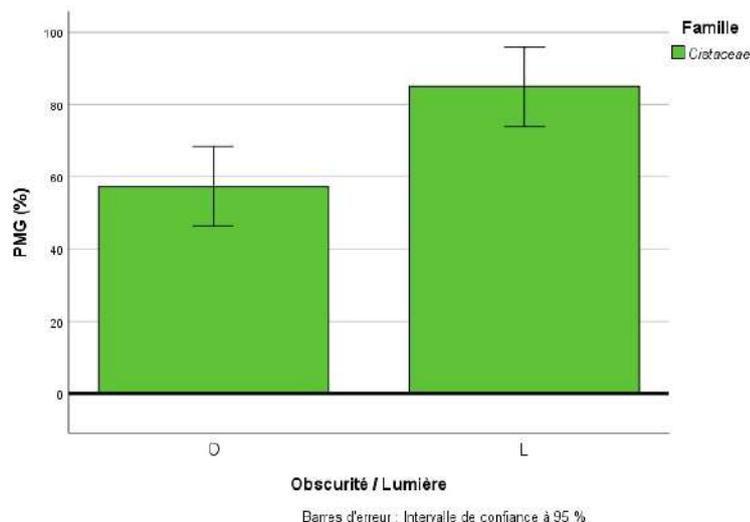


Figure 65 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Helianthemum lippii* (Cistaceae).

l. Les *Plumbaginaceae*

Selon la figure 66, *Limoniastrum guyonianum*, germe en présence de la lumière avec 85% et 67% à l'obscurité.

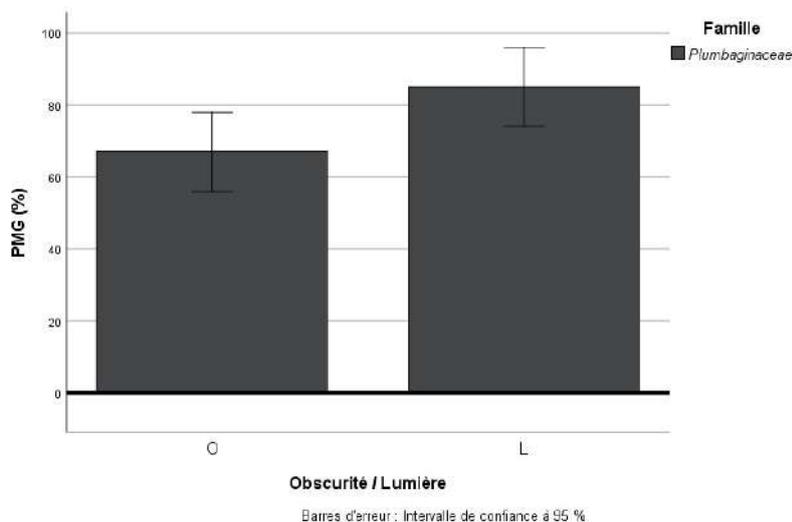


Figure 66 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Limoniastrum guyonianum* (Plumbaginaceae).

Selon Yildiz *et al.* (2008), la germination des graines chez deux espèces de *Limonium* était favorisée par la lumière. Une germination des graines de *Limonium stocksii* (Boiss.) Kuntze relativement faible a été obtenue à l'obscurité (Zia et Khan, 2004).

m. Les *Cleomaceae*

Concernant les *Cleomaceae*, *Cleome africana* germe mieux à l'obscurité (26,94%) par rapport à la lumière (10%) (Fig.67).

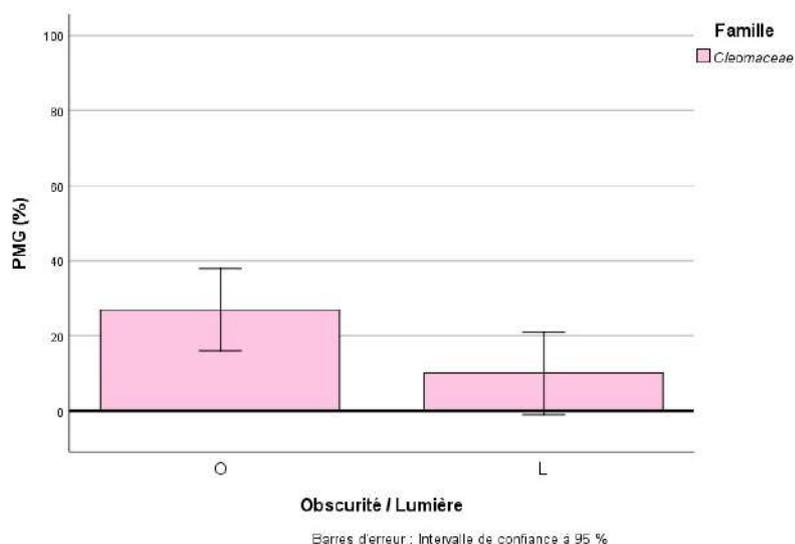


Figure 67 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Cleome africana* (Cleomaceae).

Hammouda et Bakr (1969), rapportent qu'une germination importante des graines de *Cleome arabica* a été enregistrée à la lumière par rapport à l'obscurité.

n. Les Geraniaceae

Selon la figure 68, chez les Geraniaceae, les graines d'*Erodium glaucophyllum* germent seulement en présence de lumière avec un taux de 43,67%.

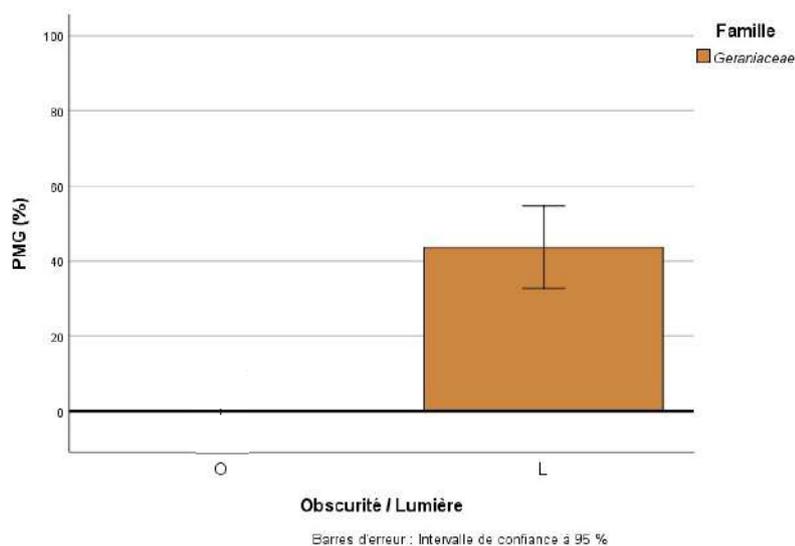


Figure 68 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Erodium glaucophyllum* (Geraniaceae).

Nos résultats concordent avec ceux de Baskin et Baskin (2014) qui indiquent que les graines d'*Erodium laciniata* germent à des pourcentages plus élevés en présence de la lumière qu'à l'obscurité.

o. Les *Euphorbiaceae*

Il en est de même pour les *Euphorbiaceae* dont les graines d'*Euphorbia guyoniana* ne germent qu'en présence de lumière, avec 11,11% (Fig.69).

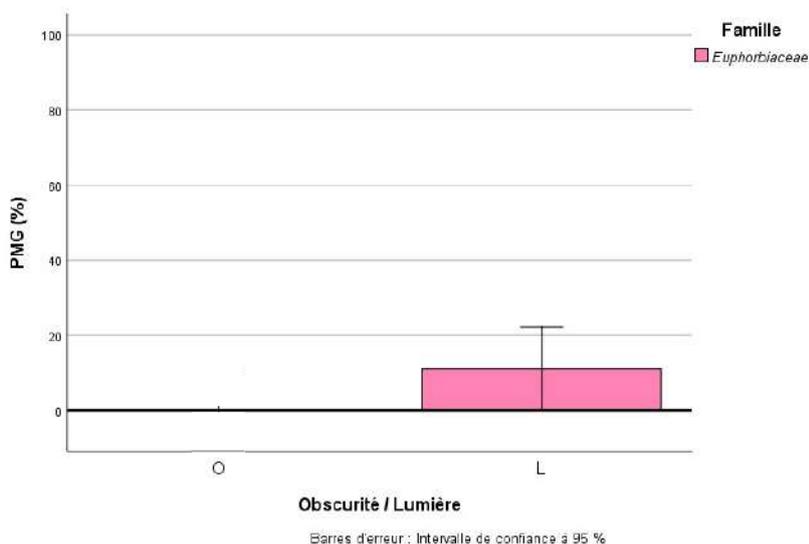


Figure 69 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Euphorbia guyoniana* (*Euphorbiaceae*).

Les graines d'*Euphorbia boetica* ont une dormance physiologique non profonde qui se brise en été, permettant ainsi aux graines de germer au début de la saison des pluies, lorsque les conditions sont optimales pour la croissance des plantules. Les graines de cette espèce peuvent germer dans diverses situations, telles que la lumière ou l'obscurité, et après des températures élevées (Narbona *et al.*, 2007).

L'augmentation de la germination était associée à l'élimination du caroncule de la graine de ricin (*Ricinus communis*) lorsque celle-ci était germée à la lumière ou en alternance de lumière et d'obscurité, bien que l'obscurité continue ne produise aucun effet de la caroncule (Severino *et al.*, 2012).

p. Les *Plantaginaceae*

Chez *Plantago ciliata*, le taux de germination est faible (4,33%) et n'a lieu qu'en présence de lumière (Fig.70).

Dans le même contexte, les graines de *Plantago maritima* et *P. rhodosperma* présentent une photosensibilité positive (Binet, 1964). Les graines de *Plantago maritima* entrent en dormance secondaire dans l'obscurité et à des températures défavorables à la germination (Baskin et Baskin, 2014).

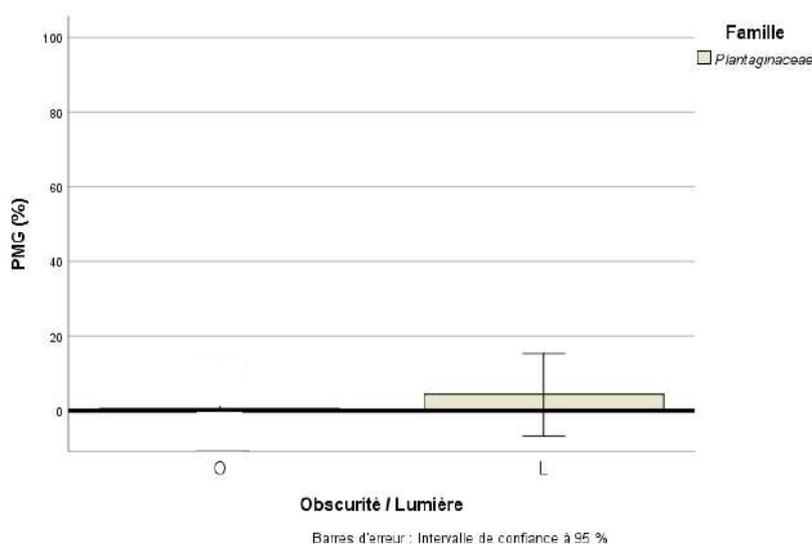


Figure 70 : Effet de la lumière sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Plantago ciliata* (*Plantaginaceae*).

2.- Essai de levée de la dormance

L'objectif est de tenter de comprendre quels sont les types de dormances détectées au niveau des graines étudiées et comment les lever afin d'améliorer leur germination. Ainsi, quelques traitements ont été appliqués.

2.1.- Effet du traitement par le froid sur la germination des graines

Les graines de la plupart des espèces du désert, possèdent un mécanisme de dormance qui empêche la germination dans des environnements défavorables. La présence d'inhibiteurs, en particulier dans l'enveloppe de la graine ou dans les ailes, réduirait la germination chez certaines espèces (**Baskin et Baskin, 2003**).

2.1.1.- Effet sur le pourcentage moyen de germination (PMG)

D'après l'analyse de la variance effectuée sur le pourcentage moyen de la germination (PMG), nous avons remarqué que les effets des facteurs : famille, froid et temps sont très hautement significatifs, de même pour l'interaction : famille*froid ($P < 0,000^{***}$). Cependant, les interactions : famille*temps, froid*temps et famille*froid*temps n'ont eu aucun effet sur le taux de la germination (Annexe 07).

La germination des graines de diverses espèces du désert peut être favorisée par une scarification mécanique ou une stratification à froid. Des températures optimales pour la germination des graines seraient comprises entre 10 et 30°C (**Bahrani et Niknejad-Kazempour, 2007**).

A 25°C, la figure 71 montre que la germination de la plupart des graines traitées au froid a été nettement améliorée, depuis 33,11% sans traitement, jusqu'au 45,71% avec traitement au froid.

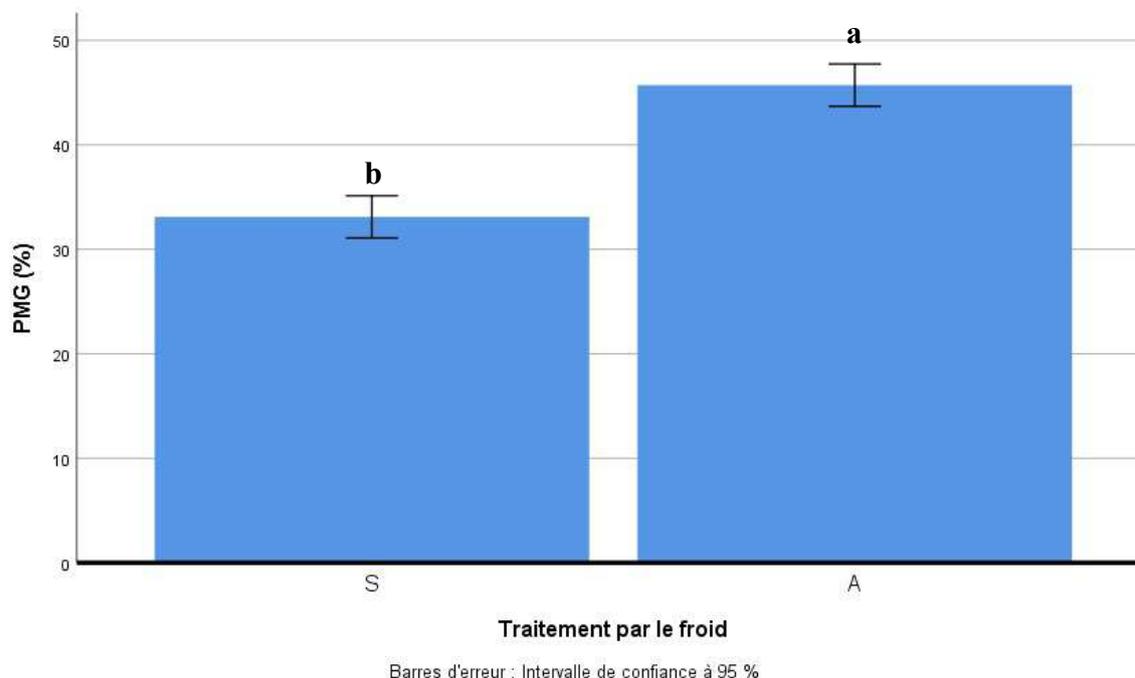


Figure 71 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 46 espèces spontanées sahariennes. S= sans traitement par le froid, A= avec traitement par le froid.

Pour de nombreuses espèces de plantes, la stratification à froid augmente la germination (**Bewley et Black, 1982**).

Les graines de nombreuses espèces nécessitent une stratification à froid pour lever la dormance ; par conséquent, elles deviennent non dormantes pendant l'hiver et germent au printemps. Chez d'autres espèces, les graines doivent être exposées à des températures estivales élevées, suivies de basses températures hivernales, avant de germer aux températures printanières (**Baskin et Baskin, 2003**).

2.1.2.- Effet sur le temps moyen de germination (TMG)

D'après l'analyse de la variance effectuée sur le temps moyen de la germination (TMG), les effets des facteurs : famille, froid et temps sont très hautement significatifs, de même pour les interactions : famille*froid, famille*temps, froid*temps et famille*froid*temps ($P < 0,000^{***}$) sur la vitesse de la germination (Annexe 08).

Pour étudier l'effet du traitement au froid sur la vitesse de germination, nous avons suivi quotidiennement le pourcentage moyen de germination (Fig.72). Ainsi, avec le traitement au froid, les graines germent plus rapidement que celles non traitées. Le pourcentage de germination maximal des graines traitées est atteint 10 jours à l'avance par rapport aux témoins.

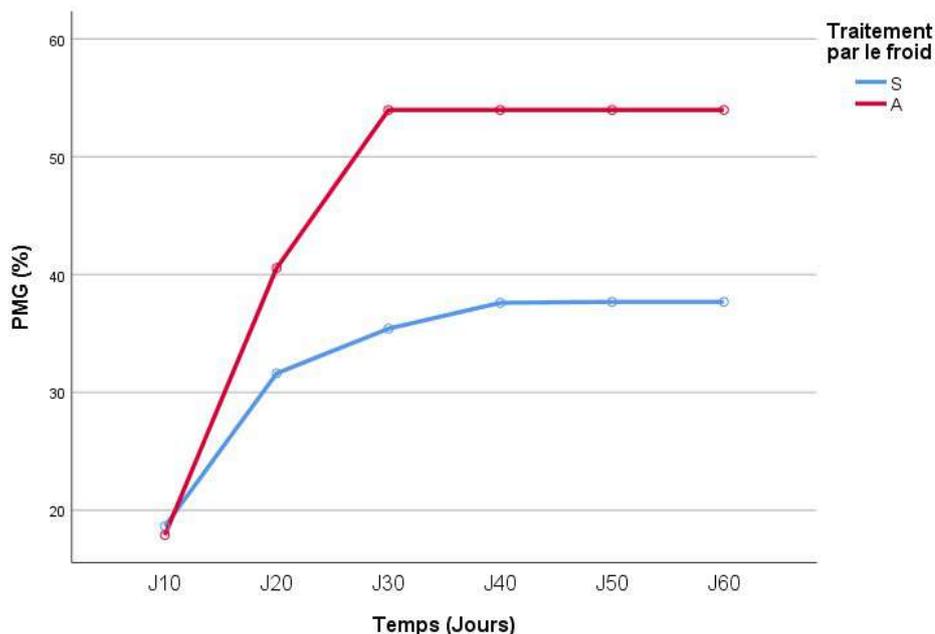


Figure 72 : Cinétique de germination des graines de 46 espèces spontanées sahariennes sans et avec traitement au froid. S= sans traitement par le froid, A= avec traitement par le froid.

Pour stimuler la germination des graines, plusieurs types de prétraitements sont utilisés (Konate, 1987). La stratification thermique participe à la levée de la dormance physiologique (Foley, 2001), morphologique (Rao *et al.*, 2006) et physique (Geneve, 2003) aux fortes périodes de chaleur et/ou de froids en milieu naturel.

Bien que l'exposition des graines de *Paeonia ostii* aux basses températures entraîne un retard dans l'absorption d'eau, la dégradation de l'amidon et la consommation de sucre soluble, ainsi qu'une augmentation subséquente des niveaux de protéines solubles (Ren *et al.*, 2017).

Selon Ren *et al.* (2017), une comparaison supplémentaire avec des graines maintenues à 25°C a montré que l'exposition à des basses températures retarde le métabolisme des glucides, la production d'adénosine triphosphate (ATP), la respiration et la protéolyse et augmente les facteurs de réponse des défenses. De plus, l'exposition aux températures basses a conduit à l'induction de l'acide abscissique, alors que la voie de la gibbérelline n'a pas été affectée.

La stratification à froid est couramment utilisée pour rompre la dormance dans les graines de nombreuses espèces perméables à l'eau, en particulier celles dont les graines germent dans l'habitat naturel au printemps. Pour de nombreuses espèces, 5°C est optimal pour lever la dormance, mais pour d'autres des températures inférieures à 5°C sont plus efficaces (Chen *et al.*, 2015).

Selon les familles, on note l'absence totale de germination avec ou sans traitement au froid au niveau d'une seule famille à savoir les *Ephedraceae*. Ceci est peut-être dû au fait que ces espèces ont une dormance physiologique et qui a été levée par le traitement au froid. Cependant *Ephedra* présente un autre type de dormance qui nécessite un autre traitement pour la lever ou bien d'autres facteurs inhibent sa germination : le régime de température, la durée d'incubation au froid ou vieillissement des graines.

Avec traitement au froid, la dormance a été levée chez : *Neuradaceae* (0 contre 84,66%) et *Asclepiadaceae* (0 contre 2,50%). De même, les taux de germination ont été considérablement améliorés (12/19 familles) chez : *Cleomaceae* +35,66%, *Plantaginaceae* +29,5%, *Asphodelaceae* +27,83%, *Zygophyllaceae* +23,11%, *Brassicaceae* +14,08%, *Fabaceae* +12,95%, *Amaranthaceae* +12,77%, *Euphorbiaceae* +10,66%, *Caryophyllaceae* +10,24%, *Apiaceae* +7,66%, *Poaceae* +5,54% et *Boraginaceae* +3,27%. Alors que chez : *Asteraceae*, *Cistaceae*, *Plumbaginaceae* et *Geraniaceae* la germinabilité diminue de plus en plus avec le traitement au froid.

Malgré l'effet positif des basses températures sur la germination de certaines espèces, la réduction du pourcentage de germination chez d'autres peut être liée à la dormance secondaire imposée, mais pas à une perte de viabilité (Fallahi *et al.*, 2017).

Selon les espèces, une variabilité interspécifique de la germination a eu lieu vis-à-vis du traitement au froid, par augmentation (35/46) particulièrement chez : *Cleome africana*, *Ammodaucus leucotrichus* et *Daucus sahariensis*. Par régression (5/46) chez *Asphodelus*, *Erodium glaucophyllum*, *Limoniastrum guyonianum*, *Launaea nudicaulis* et *Paronychia arabica*. Six espèces testées n'ont pas du tout germé sans traitement au froid, il s'agit de : *Echium trygorrhizum*, *Ephedra alata*, *Fagonia glutinosa*, *Neurada procumbens*, *Pergularia tomentosa* et *Perralderia coronopifolia*. Après scarification, une seule espèce (*Ephedra alata*) n'a pas germé, alors que les cinq autres ont réagi favorablement au traitement.

a. Les *Fabaceae*

Les espèces de *Fabaceae* étudiées (6/6 espèces) ont germé après traitement au froid (19,22%). Sans traitement, le taux de germination est de 6,27% (Fig.73).

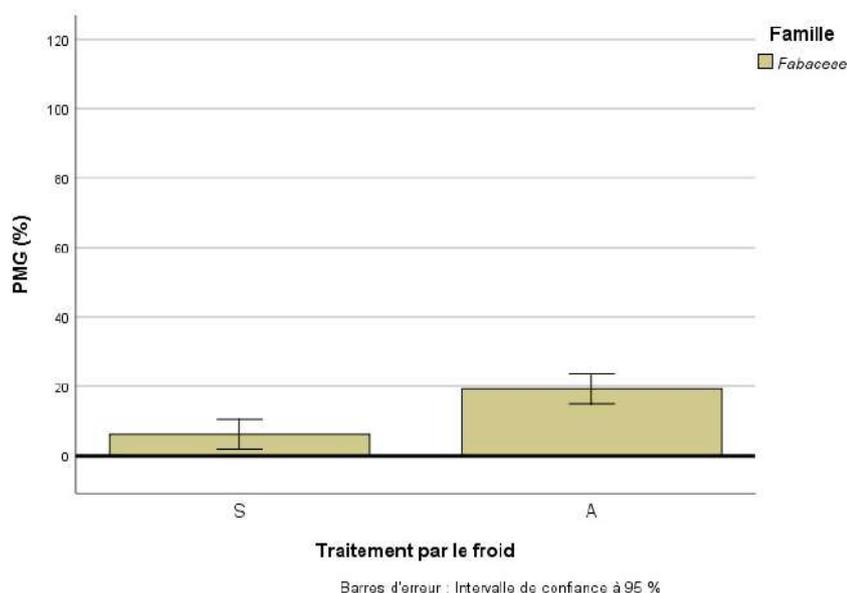


Figure 73 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 06 espèces spontanées sahariennes de *Fabaceae* : *Argyrolobium uniflorum*, *Astragalus arpilobus*, *Astragalus boeticus*, *Astragalus gombo*, *Astragalus mareoticus* et *Crotalaria saharae*.

Selon **Zhou et al. (2012)**, un traitement de stratification à froid peut être utile pour la germination des semences stockées. Chez *Astragalus mongholicus*, un traitement par congélation a montré une multiplication par deux de la germination par rapport aux graines sans traitement. Cela s'applique également pour les graines de *Podocytisus caramanicus* (*Fabaceae*) (**Smiris et al., 2006**).

b. Les *Amaranthaceae*

Selon la figure 74, chez les *Amaranthaceae*, avec un traitement au froid, la plupart des espèces de cette famille germe (35,06%) ; alors que sans traitement la germination atteint 22,28%.

Après une période de stratification à froid (entre 3 et 5°C), chez certaines espèces d'*Amaranthaceae* telle que l'*Atriplex tatarica*, les différences étaient très significatives concernant les pourcentages de germination au premier jour, mais les différences entre les pourcentages de germination finaux étaient moins prononcées. Cela pourrait s'expliquer par des régimes de sélection distincts pour la tolérance au froid et une germination plus précoce dans certaines régions (**Kochánková et Mandák, 2009**).

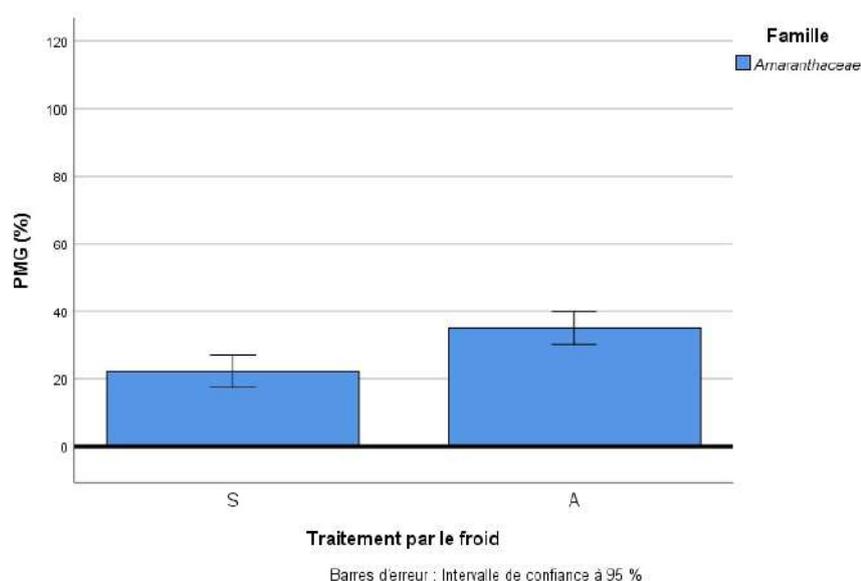


Figure 74 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes d'*Amaranthaceae* : *Agathophora alopecuroides*, *Anabasis articulata*, *Atriplex dimorphostegia*, *Bassia muricata* et *Cornulaca monacantha*.

Chez **Fan et al. (2016)**, chez *Agriophyllum squarrosum*, une plante annuelle estivale pionnière de dunes de sable mobiles, la germination des graines traitées au froid pendant 4-12 semaines a atteint 71%.

c. Les *Brassicaceae*

Pour les cinq espèces de *Brassicaceae* testées ayant germé, les pourcentages de germination respectifs obtenus sont de 61,98% et 76,07%, sans et après traitement au froid (Fig.75).

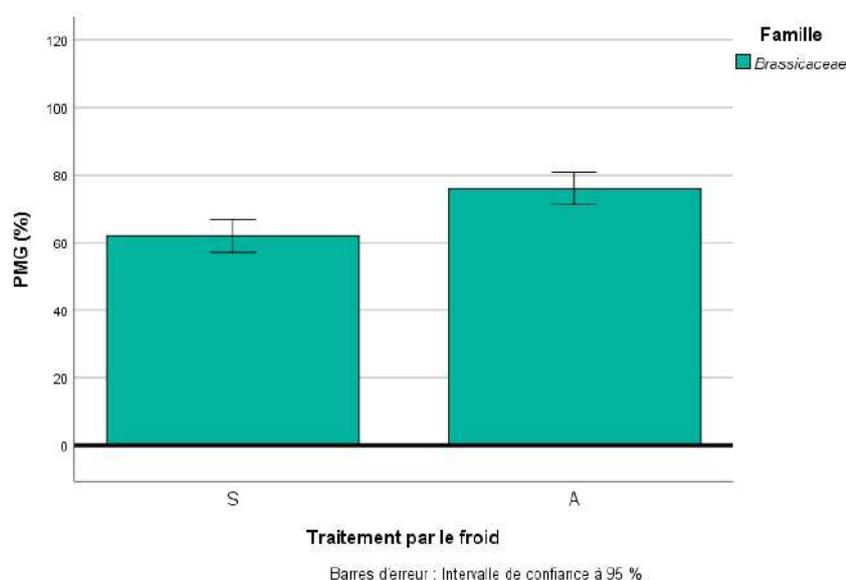


Figure 75 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes de *Brassicaceae* : *Diplotaxis harra*, *Eremobium aegyptiacum*, *Henophyton deserti*, *Savignya parviflora* et *Zilla spinosa*.

Baskin et Baskin (1995) précisent que les graines de *Cardamine concatenata* (*Brassicaceae*), ne recevant qu'une période de stratification à froid ont germé à 98% après 28 semaines à 5°C, tandis que celles soumises à un prétraitement par stratification à chaud de 4 semaines à 30:15°C (max-min) ont germé à 100%.

Une augmentation remarquable (60%) de la germination a été obtenue chez les graines de *Diploaxis tenuifolia* soumises à un choc de +4°C pendant une semaine ou deux avant de les laisser germer (**Sakçali et Serin, 2009**).

Ceci démontre l'effet positif d'un traitement à basse température sur la stimulation de la germination des graines de certaines espèces.

d. Les *Poaceae*

Il ressort du graphique de la figure 76 que la germination des graines de *Poaceae* est plus importante avec un traitement au froid avec (50,71%) par rapport au témoin (45,17%) sans traitement.

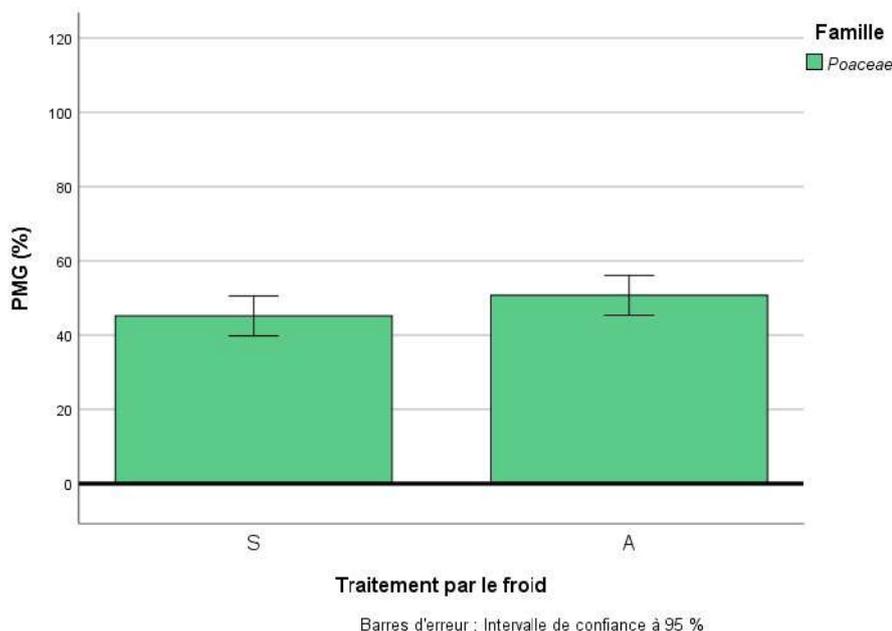


Figure 76 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 04 espèces spontanées sahariennes de *Poaceae* : *Aristida adscensionis*, *Centropodia forsskalii*, *Stipagrostis plumosa* et *Stipagrostis pungens*.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par **Bahrani et Khartegh (2006)** qui précisent que la stratification à froid pendant 10 jours a considérablement augmenté les pourcentages de germination des graines de *Stipagrostis pennata*.

e. Les *Caryophyllaceae*

La figure 77 indique que la germination des graines étudiées avec traitement au froid est plus élevée (75,09%) que celle obtenue sans traitement (64,85%).

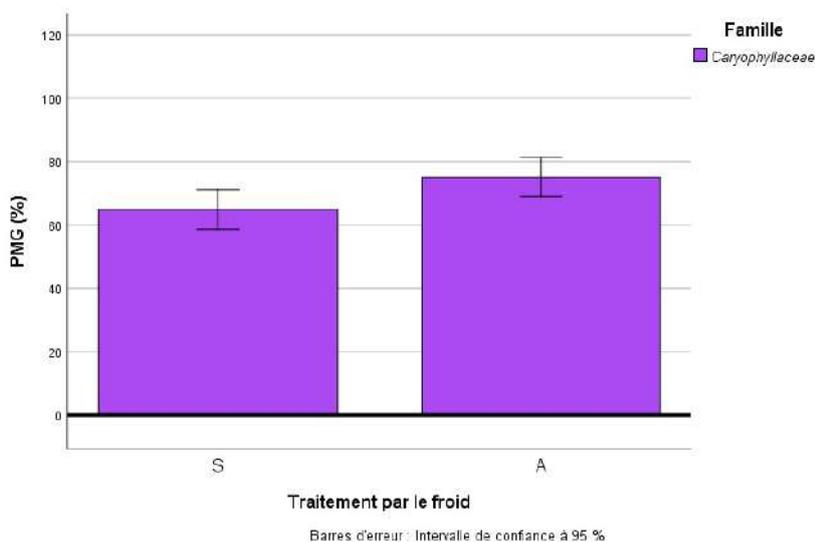


Figure 77 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 03 espèces spontanées sahariennes de *Caryophyllaceae* : *Paronychia arabica*, *Polycarphae robbairea* et *Spergularia salina*.

Soumettre les graines de *Stellaria nemorum* à une stratification à froid conduit à une germination significativement plus importante à toutes les températures (Vandelook *et al.*, 2008).

f. Les *Apiaceae*

Le traitement au froid chez les *Apiaceae* a amélioré la germination, qui passe de 8,86% (témoin) à 16,53% (après traitement) en moyenne chez les deux espèces (Fig.78).

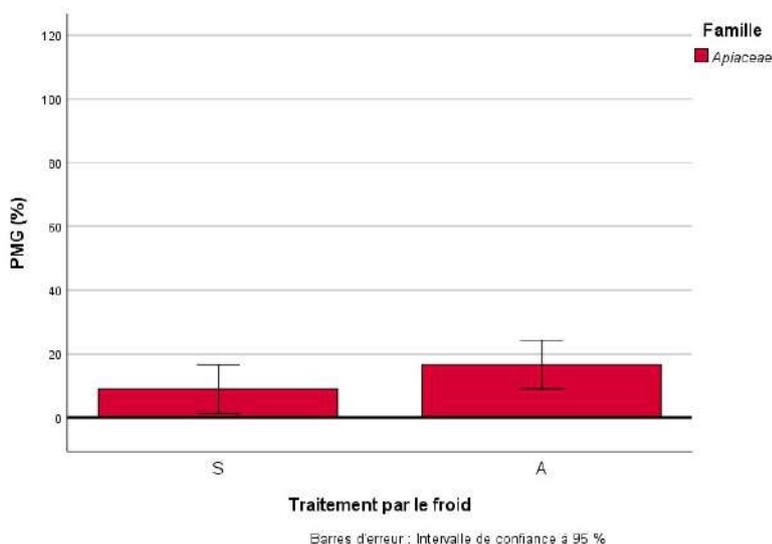


Figure 78 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes d'*Apiaceae* : *Ammodaucus leucotrichus* et *Daucus sahariensis*.

Les besoins en levée de dormance à des basses températures a été fréquemment observée chez certaines espèces d'*Apiaceae* tempérées (Baskin et Baskin, 2004).

Des expériences ont révélé que les embryons dans les graines d'*Aegopodium podagraria* ne poussent qu'à de basses températures (5°C). Les graines n'ayant pas germé immédiatement après la fin de la croissance de l'embryon, une stratification à froid supplémentaire a été nécessaire pour rompre complètement la dormance. A cet effet, elles présentent les caractéristiques d'une dormance morpho-physiologique (MPD) complexe et profonde (Vandelook *et al.*, 2009).

g. Les *Boraginaceae*

Selon la figure 79, chez les *Boraginaceae*, la germination a été améliorée après traitement au froid pour les graines d'*Echium trygorrhizum* de +10,44%. Au contraire, la germination des graines de *Moltkiopsis ciliata* diminue après traitement -4,11%. Le taux moyen de germination est de 44,28% et 47,56%, sans et après traitement respectivement.

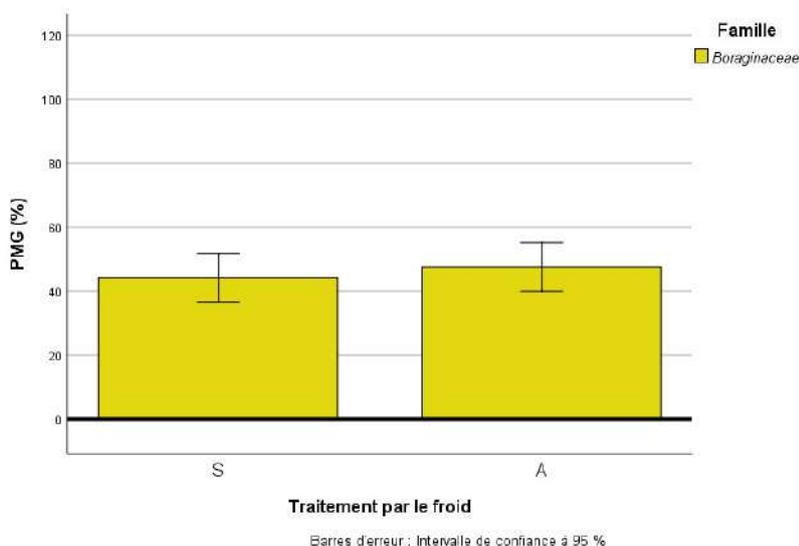


Figure 79 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes de *Boraginaceae* : *Echium trygorrhizum* et *Moltkiopsis ciliata*.

Carqué-Álamo *et al.* (2003) précisent que les graines d'*Echium acanthocarpum* sont caractérisées par une dormance physiologique et que la scarification par froid peut servir pour lever cette dormance, suivie d'un régime thermique compris entre 30-35°C.

Selon Aliloo et Darabinejad (2013), le pourcentage de germination le plus élevé a été obtenu par la stratification à froid, de 37% à 90%, méthode la plus efficace pour briser la dormance des semences d' *Heliotropium europaeum*.

h. Les *Zygophyllaceae*

Chez les *Zygophyllaceae*, les taux de germination enregistrés ont atteint après traitement (56,08%) (Fig.80). On note la germination des graines de *Fagonia glutinosa* seulement après traitement au froid.

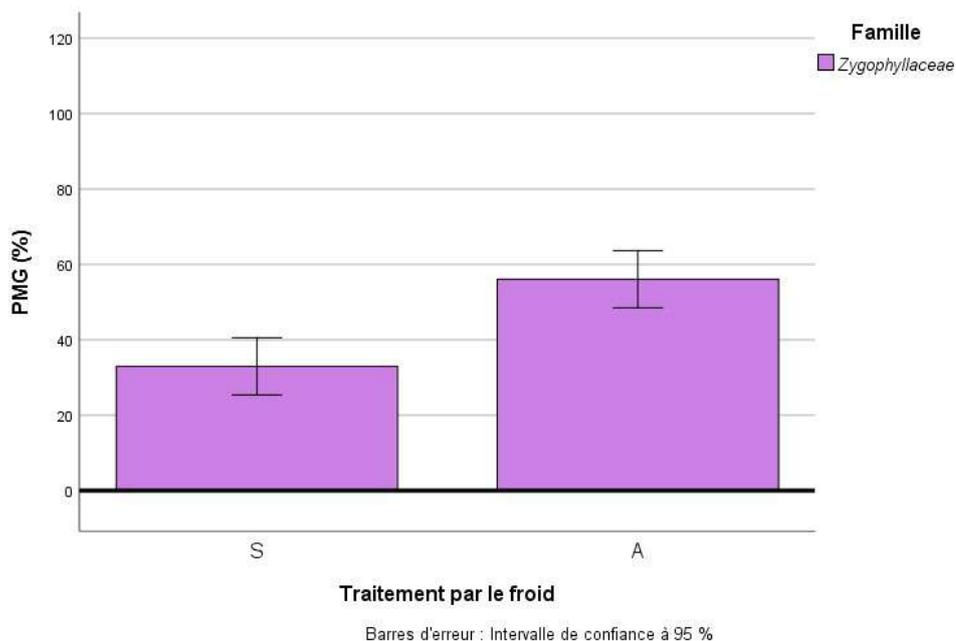


Figure 80 : Effet du traitement par le froid sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes de *Zygophyllaceae* : *Fagonia glutinosa* et *Peganum harmala*.

La stratification au froid (-5 et 4°C) peut être une méthode efficace pour rompre la dormance des graines de *Peganum nigellastrum*, *P. harmala* et *Zygophyllum fabago* (Zheng *et al.*, 2011).

Le reste des familles dont les espèces ont germé (1espèce/famille) peuvent être classées ainsi :

i. Les *Neuradaceae*

Selon la figure 82, chez les *Neuradaceae*, le froid a favorisé considérablement la germination des graines de *Neurada procumbens*. Après avoir été complètement inhibées avant traitement, les graines de cette espèce germent avec un taux de 84,67% après traitement à basse température.

Chez la même famille, les graines de *Grielum grandiflorum* ont une dormance physiologique et germent à 17°C (De Villiers *et al.*, 2002).

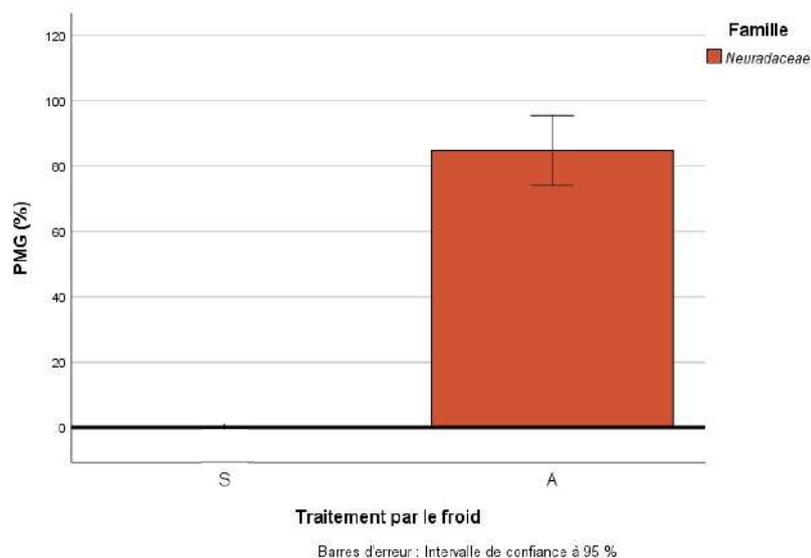


Figure 81 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Neurada procumbens* (*Neuradaceae*).

Selon **Chen *et al.* (2007)**, plusieurs études ont démontré qu'un gène impliqué dans la biosynthèse de l'acide gibbérellique (GA_3) dans des graines d'*Arabidopsis thaliana* était activé par stratification à froid à 4°C.

j. Les *Cleomaceae*

Pour les *Cleomaceae*, la germination des graines de *Cleome africana* atteint un taux élevé (55,11%) avec un traitement au froid au lieu de 19,44% sans traitement (Fig.82).

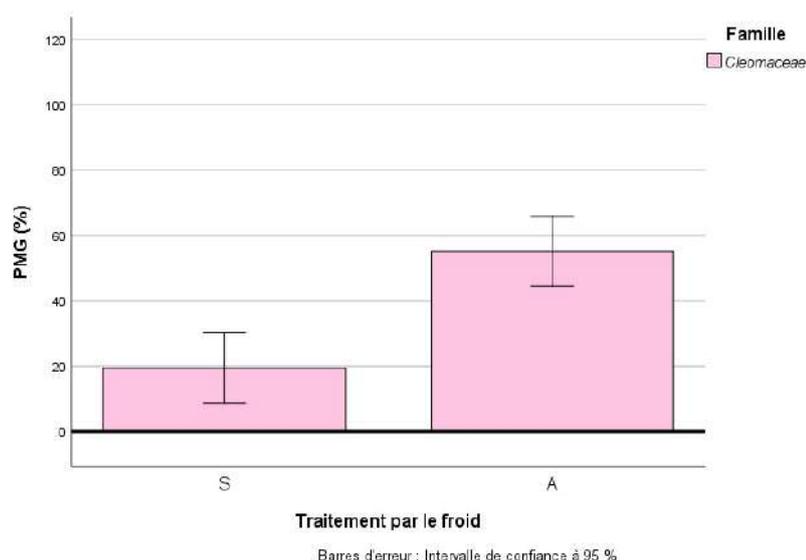


Figure 82 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Cleome africana* (*Cleomaceae*).

Selon **Ochuodho et Modi (2005)**, les graines de *Cleome gynandra* se caractérisent par une germination faible et nécessitent une post maturation.

La stratification pendant deux semaines à 5°C et à l'obscurité ont amélioré la germination significativement (Muasya *et al.*, 2009). Les graines de *C. lutea* et *C. serrulata* nécessitent une stratification au froid (4°C) pendant 4 mois (Cane, 2008).

k. Les *Plantaginaceae*

Chez les *Plantaginaceae*, le *Plantago ciliata* germe mieux après traitement au froid avec 34,78%. Sans traitement, le taux de germination était de 5,28% (Fig.83).

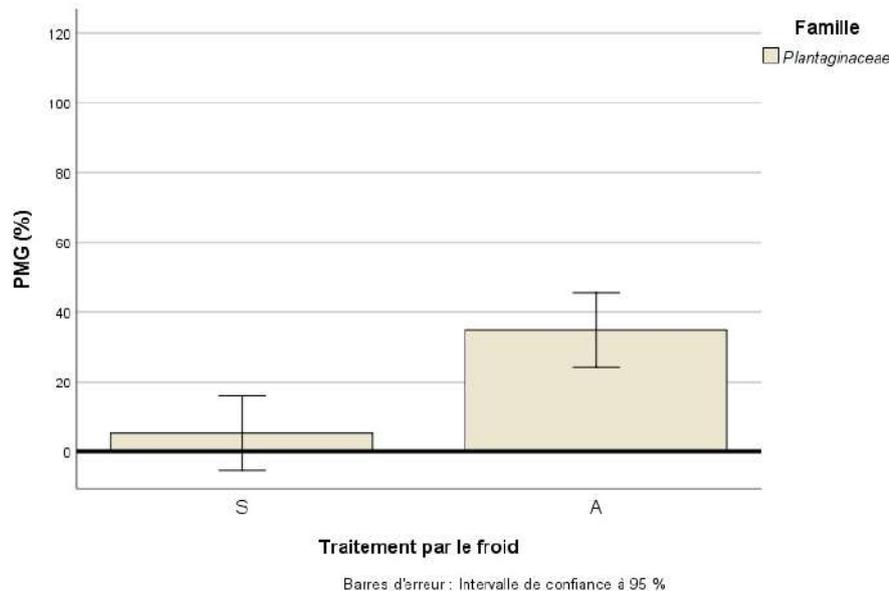


Figure 83 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Plantago ciliata* (*Plantaginaceae*).

La germination des graines de *Plantago sempervirens* a été favorisée par le traitement de stratification à froid à 5°C durant 4 semaines (Luna *et al.*, 2012). Il est recommandé une stratification à froid et une germination à 20/30°C ou 20°C pour une germination de 80 à 100% (Leo, 2013).

l. Les *Asphodelaceae*

Les graines d'*Asphodelus tenuifolius* germent considérablement après un traitement au froid (80,50%); alors que sans traitement le taux de germination est de 52,67% (Fig.84).

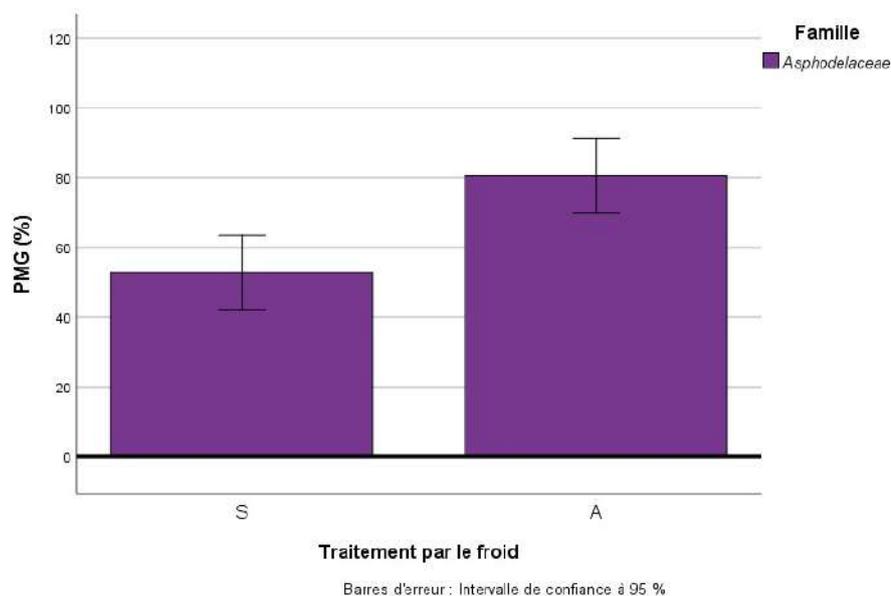


Figure 84 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Asphodelus tenuifolius* (*Asphodelaceae*).

Cousins et al. (2014) indiquent que les graines de *Kumara plicatilis* présentent un taux de germination plus élevé après stockage à -80°C et suggèrent que le refroidissement améliore la germination chez l'espèce.

m. Les *Euphorbiaceae*

Pour les *Euphorbiaceae*, la germination des graines d'*Euphorbia guyoniana* a été améliorée après traitement au froid depuis 11,39% jusqu'à 22,06% (Fig.85).

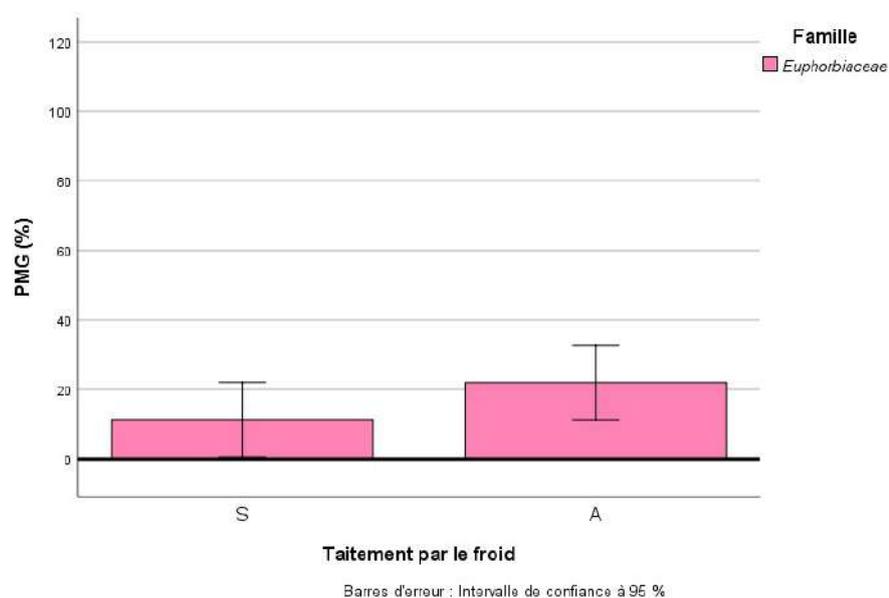


Figure 85 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Euphorbia guyoniana* (*Euphorbiaceae*).

La dormance physiologique est le type le plus courant de dormance de la graine et elle survient chez de nombreuses familles de plantes dont les graines possèdent des embryons différenciés, y compris les *Euphorbiaceae*. La dormance physiologique non-profonde est interrompue par la stratification à froid (0-10°C), selon les espèces, favorisant la germination (**Baskin et Baskin, 2004**).

n. Les *Asclepiadaceae*

Selon la figure 87, chez les *Asclepiadaceae*, la germination est nulle avant traitement. Une très faible germination des graines de *Pergularia tomentosa* a eu lieu après traitement au froid (2,50%).

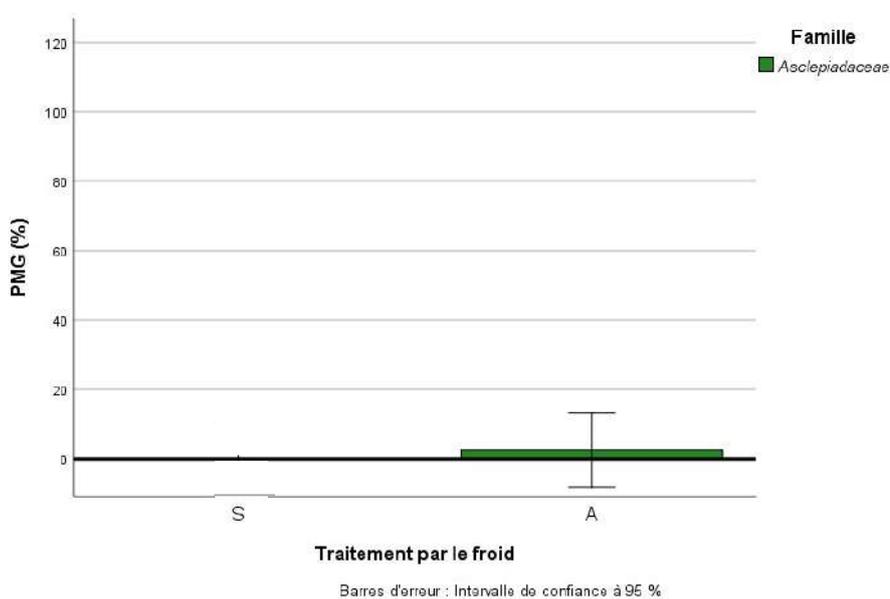


Figure 86 : Effet du traitement par le froid sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Pergularia tomentosa* (*Asclepiadaceae*).

Selon **Baskin et Baskin (2014)** les graines de *Pergularia daemia* a une dormance physiologique est se développe à 30°C.

Les graines d'*Asclepias syriaca* L. ont été stratifiées à froid (+7°C, 16 jours), les résultats indique que la stratification améliore la germination des graines depuis 5% jusqu'à 52% via les mécanismes de levée de la dormance, stimulation de la germination ou les deux (**Mojzes et Kalapos, 2015**).

2.2.- Effet du traitement par la gibbérelline sur la germination des graines

Plusieurs observations indiquent le rôle important que jouent les gibbérellines (GA) dans la promotion de la germination des graines (**Debeaujon et Koornneef, 2000**).

2.2.1.- Effet sur le pourcentage moyen de germination (PMG)

D'après l'analyse de la variance effectuée sur le pourcentage moyen de la germination (PMG), nous avons remarqué que les effets des facteurs : famille, GA₃ et temps sont très hautement significatifs. Il en est de même pour les interactions famille*GA₃ et famille*temps ($P < 0,000^{***}$). Cependant, les interactions GA₃*temps et famille*GA₃*temps n'ont eu aucun effet sur le taux de la germination (Annexe 09).

Les gibbérellines sont des hormones qui contribuent également à la levée de la dormance des graines, cause pour laquelle nous avons opté pour ce test. Afin de lever la dormance des espèces n'ayant pas germé, nous avons utilisé l'acide gibbérellique pour induire la germination. La stimulation de la germination des graines provoque l'activation des enzymes hydrolytiques conduisant à l'affaiblissement des enveloppes de la graine, suivi de la mobilisation des réserves qui stimuleront l'embryon (**Bewley et Black, 1994**).

La germination a eu lieu dans toutes les concentrations de GA₃ testées, depuis 50 à 200ppm. Les pourcentages de germinations sont tous plus élevés que le pourcentage témoin (28,04%). La figure 87 montre que la germination des graines atteint sa valeur maximale (45,71%) à 150ppm.

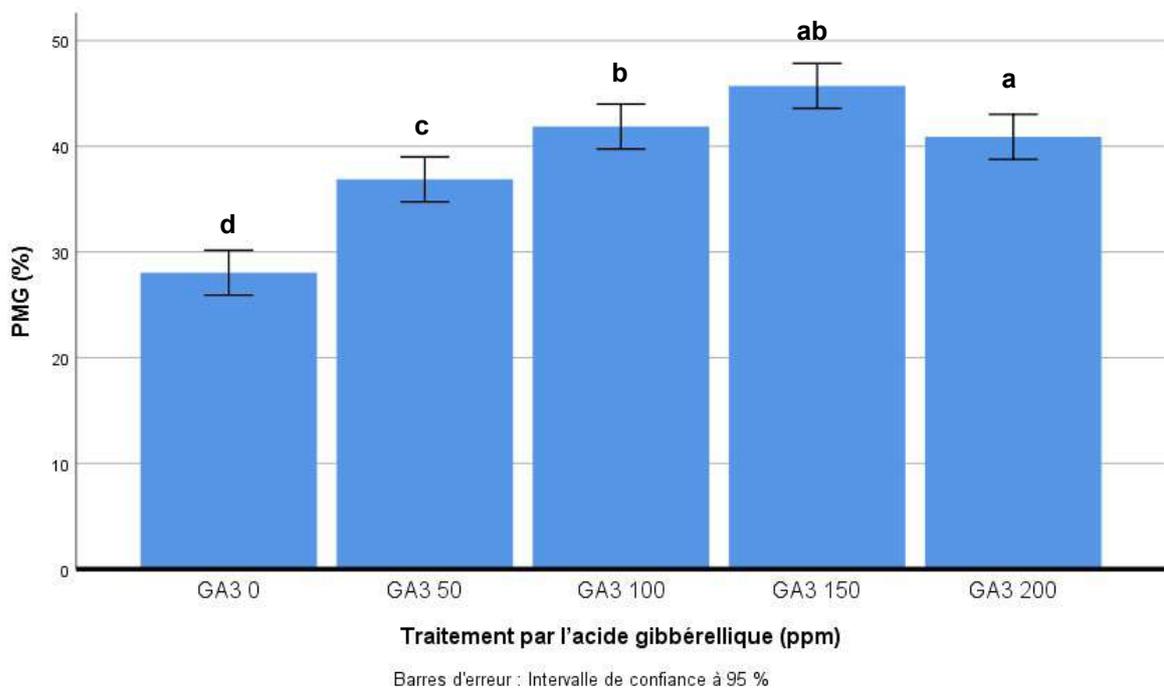


Figure 87 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (AG₃) (ppm) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de 46 espèces spontanées sahariennes.

Les hormones végétales, notamment l'acide abscissique, l'éthylène, les gibbérellines, l'auxine, les cytokynines et les brassinostéroïdes, sont des substances biochimiques qui contrôlent de nombreux processus physiologiques et biochimiques de la plante et peuvent affecter positivement ou négativement la germination des graines et interagir les unes avec les autres (Miransari et Smith, 2014).

2.2.2.- Effet sur le temps moyen de germination (TMG)

D'après l'analyse de la variance effectuée sur le temps moyen de la germination (TMG), nous constatons que les effets des facteurs : famille, GA₃ et temps sont très hautement significatifs, il en est de même pour les interactions famille*GA₃ et GA₃*temps ($P < 0,000^{***}$). Cependant, les interactions : famille*temps et famille*GA₃*temps n'ont eu aucun effet sur la vitesse de la germination (Annexe 10).

Pour étudier l'effet du traitement par GA₃ sur la vitesse de germination, nous avons suivi quotidiennement le pourcentage moyen de germination (Fig.88).

Après un trempage des graines dans des solutions d'acide gibbérellique, la plupart des graines des espèces étudiées ont germé dès les premiers jours. La vitesse de germination a fortement augmenté pour atteindre son maximum après un mois pour l'ensemble des concentrations utilisées.

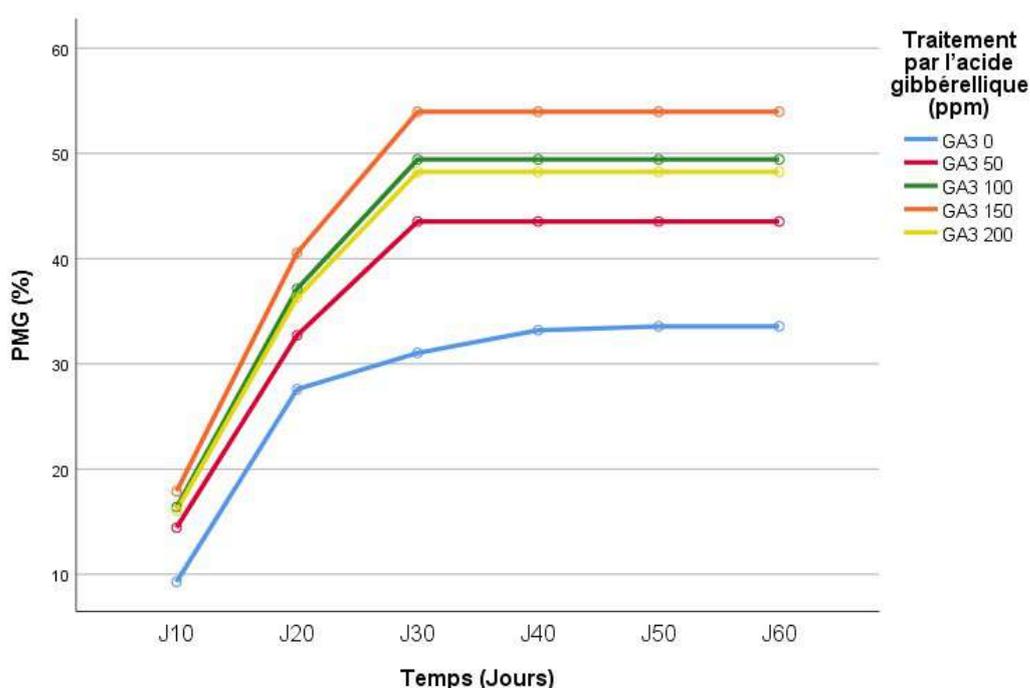


Figure 88 : Cinétique de germination des graines de 46 espèces spontanées sahariennes en fonction de la concentration d'acide gibbérellique (GA₃) (ppm).

Tigabu et Oden (2001) indiquent que le traitement en GA₃ a amélioré la germination chez *Albizia grandibracteata* et *Albizia gummifera* (*Fabaceae*) d'Ethiopie. L'effet promoteur du traitement par GA₃ est souvent attribué à la mobilisation des réserves stockées (**Bewley et Black, 1994**).

Chez certaines espèces végétales l'acide gibbérellique est sans effet et ce sont d'autres hormones, telles que les auxines ou les cytokynines, qui contre balancent l'effet inhibiteur de l'acide abscissique (**Coulombe et Paquin, 1959**).

Dans les conditions de contrôle (0ppm), les graines des espèces de cinq familles : *Asclepiadaceae*, *Ephedraceae*, *Euphorbiaceae*, *Geraniaceae* et *Neuradaceae* n'ont pas germé. Le reste des familles (14/19) germent avec des taux compris entre 6 et 85,33 %.

Avec 50ppm de GA₃, les graines de quatre familles (*Asclepiadaceae*, *Ephedraceae*, *Euphorbiaceae* et *Geraniaceae*) n'ont pas germé. Seules les *Neuradaceae*, représentées par *Neurada procumbens*, germent avec 56,5%. Alors que le taux de germination moyen des (14/19) familles a été amélioré (36,87%).

A 100ppm de GA₃, aucune germination n'a été enregistrée chez les *Asphodelaceae*, les *Ephedraceae*, les *Neuradaceae* et les *Plantaginaceae*. Le pourcentage de germination chez le reste des familles oscille entre 17,83 et 84,66%.

Les graines de dix-huit familles ont germé à 150ppm de GA₃, alors qu'à 200 ppm, trois familles n'ont pas germé : *Ephedraceae*, *Neuradaceae* et *Plantaginaceae*.

La plupart des espèces testées ont germé (32/46 espèces testées) dans les conditions de contrôle (0ppm). Dans toutes les concentrations d'acide gibbérellique (GA₃) testées, deux espèces (*Ephedra*, *Mantisalca*) seulement n'ont pas germé. Ceci est peut-être dû au fait que ces espèces sont dormantes ou sous l'effet d'autres facteurs qui inhiberaient leur germination tels que la température de germination ou le vieillissement des graines.

a. Les *Asteraceae*

Selon la figure 89, chez les *Asteraceae*, la moyenne de germination des espèces testées est de 30,25%. La germination fluctue (20,91 ; 31,77 ; 31,71 ; 27,21 et 39,65%) à travers les concentrations utilisées de GA₃ : 0, 50, 100, 150 et 200ppm respectivement.

Les cinq espèces d'*Asteraceae* étudiées ayant germé, présentent des comportements de germination différents. Le traitement en GA₃ qui permet d'avoir les meilleurs taux de germination est 200ppm.

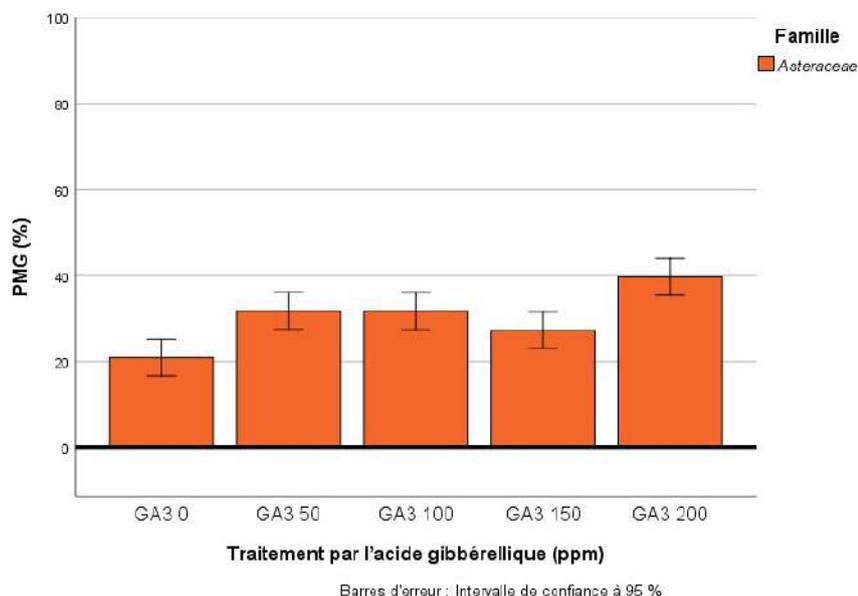


Figure 89 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 07 espèces spontanées sahariennes d'*Asteraceae* : *Brocchia cinerea*, *Ifloga spicata*, *Launaea capitata*, *Launaea nudicaulis*, *Mantisalca salmantica*, *Perralderia coronopifolia* et *Scorzonera laciniata*.

Selon **Plummer et Bell (1995)**, la germination est stimulée par des concentrations de GA₃ allant jusqu'à 100mg/l. Des concentrations élevées (500 mg/l) inhibent la germination d'*Erymophyllum ramosum*, *Craspedia* sp. et *Rhodanthe Floribunda*. Cependant, *R. humboldtiana* est inhibée à la fois par 100 et 500 mg/l de GA₃.

Selon **Kirmizi et al. (2011)**, *Tripleurospermum pichleri* (Boiss.) Bornm., *Cirsium leucopsis* D.C et *Senecio olympicus* Boiss. (*Asteraceae*) il existe un moyen efficace de faire germer différentes espèces et qui consiste à utiliser 250ppm de GA₃ et 20/10°C avec (16/8 h).

b. Les *Fabaceae*

La plupart des espèces étudiées de *Fabaceae* ont germé après traitement à l'acide gibbérellique. A 200ppm, le taux de germination atteint 45,90% après avoir été à 6% sans traitement (Fig.90).

Debeaujon et Koornneef (2000) suggèrent que des gibbérellines sont nécessaires pour surmonter les contraintes de germination, imposées à la fois par l'enveloppe de la graine et la dormance de l'embryon liée à l'ABA.

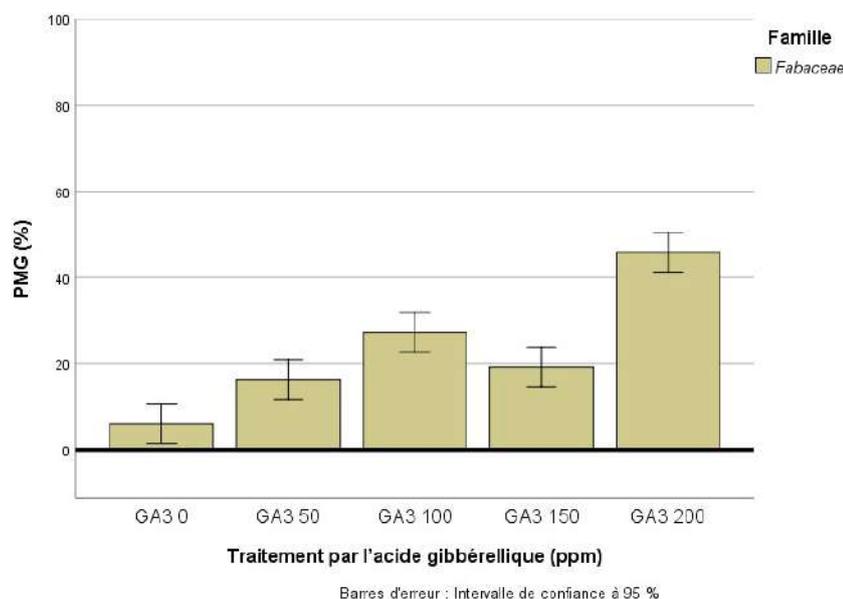


Figure 90 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 06 espèces spontanées sahariennes de *Fabaceae* : *Argyrolobium uniflorum*, *Astragalus arpilobus*, *Astragalus boeticus*, *Astragalus gombo*, *Astragalus mareoticus* et *Crotalaria saharae*.

L'acide gibbérellique (GA₃) semble être essentiel à la stimulation de la germination des graines, étant fréquemment associé à la mobilisation des réserves d'endosperme et le développement d'embryons qui ne sont que rudimentaires lors de la dispersion. GA₃ surmonte également l'exigence de germination pour la lumière ou la stratification chez *Eucalyptus pauciflora* (Bell *et al.*, 1993).

c. Les *Amaranthaceae*

Selon la figure 91, chez les *Amaranthaceae* 4/5 espèces testées ont germé sans traitement (0ppm). La germinabilité des espèces a été amélioré considérablement (24,39%) sous l'effet du traitement à GA₃.

La germination fluctue (13,16 ; 23,21 ; 22,37 ; 35,06 et 28,14%) à travers les concentrations utilisées de GA₃ : 0, 50, 100, 150 et 200ppm respectivement.

Dans des expériences en serre et sur le terrain, l'application externe d'acide gibbérellique (GA₃) sur des plants d'épinard a entraîné une augmentation de la germination. Dans certains cas, cela a atteint 70% par rapport aux contrôles (Paspatis, 1990).

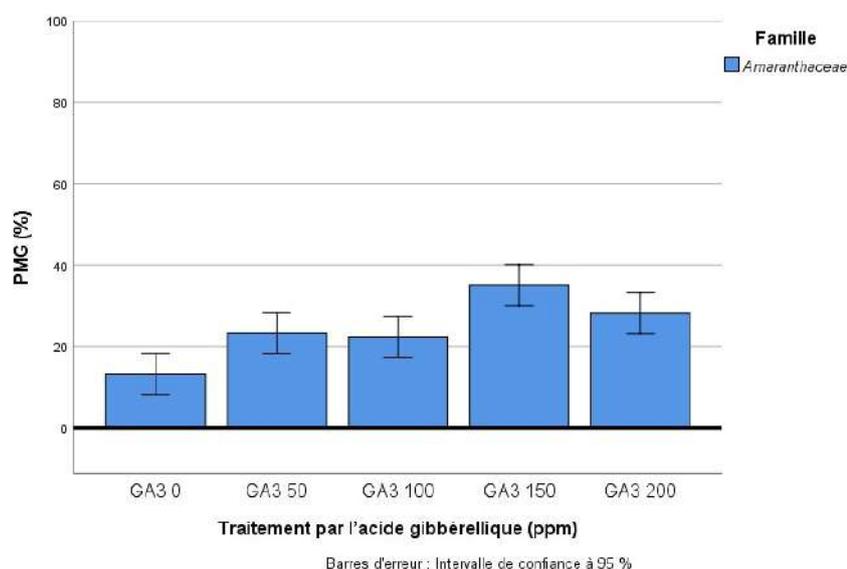


Figure 91 : Effet du traitement par l'acide gibbérannique (GA₃) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes d'*Amaranthaceae* : *Agathophora alopecuroides*, *Anabasis articulata*, *Atriplex dimorphostegia*, *Bassia muricata* et *Cornulaca monacantha*.

Dans une étude des effets de la gibbérélline (GA₃ et GA₄) sur trois lots de semences d'*Agriophyllum squarrosum*, la germination finale est passée de 8-15% à 56-74% de germination respectivement (Fan *et al.*, 2016).

d. Les *Brassicaceae*

Chez les espèces testées de *Brassicaceae*, le traitement à l'acide gibbérannique a eu un effet positif sur la germination des graines. Le taux de germination moyen enregistré atteint 39,70% (Fig.92).

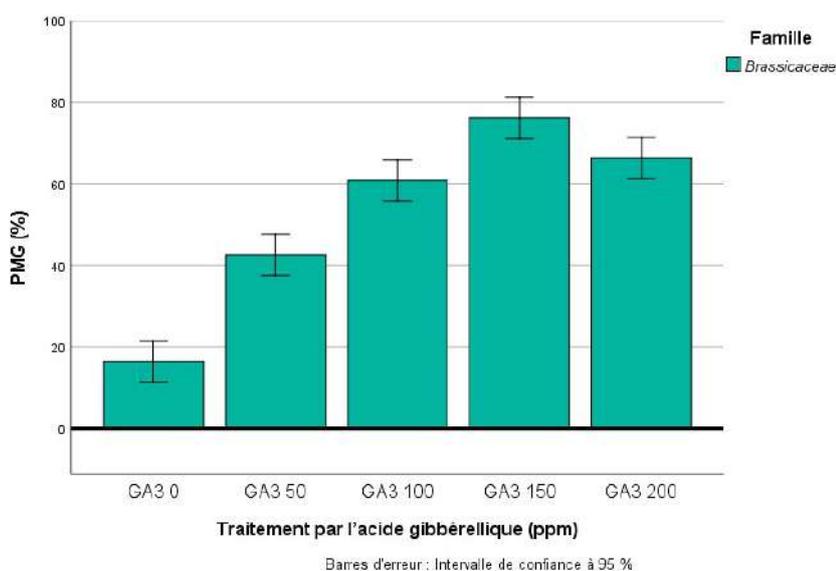


Figure 92 : Effet du traitement par l'acide gibbérannique (GA₃) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 05 espèces spontanées sahariennes de *Brassicaceae* : *Diplotaxis harra*, *Eremobium aegyptiacum*, *Henophyton deserti*, *Savignya parviflora* et *Zilla spinosa*.

Pérez-García et González-Benito (2006) précisent que le pourcentage de germination final de 25 espèces de *Brassicaceae* provenant de la banque de semences de Madrid a été évalué après 38 à 40 ans de stockage. La plupart des espèces (13/25) avait des taux de germination initiaux faibles (0-20%, c'est-à-dire dormance initiale élevée). La germination de ces espèces était significativement accrue par le GA₃, ce qui est en parfaite concordance avec nos résultats.

e. Les *Poaceae*

La moyenne de germination des graines des espèces étudiées de *Poaceae* est de 49,11%. Selon la figure 93, les concentrations 100 et 200ppm engendrent les meilleurs taux de germination respectivement 62,36 et 71,17%.

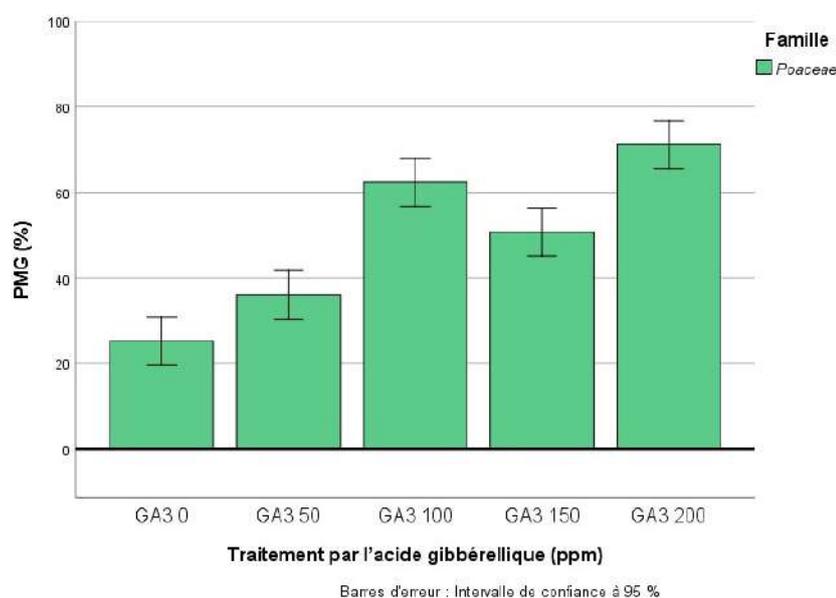


Figure 93 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 04 espèces spontanées sahariennes de *Poaceae* : *Aristida adscensionis*, *Centropodia forsskalii*, *Stipagrostis plumosa* et *Stipagrostis pungens*.

Kabar (1990) indique que le traitement au GA₃ a entraîné une augmentation environ double du pourcentage de germination des graines de *Triticum aestivum*, *Hordeum vulgäre*, *Avena sativa* et *Secale cereale*.

f. Les *Caryophyllaceae*

Chez les *Caryophyllaceae* (3/3 espèces testées), la germination de la plupart des graines étudiées après un traitement au GA₃ a été améliorée de 64,54% sans traitement jusqu'à 65,87 et 75,09% à (50 et 150ppm) (Fig.94).

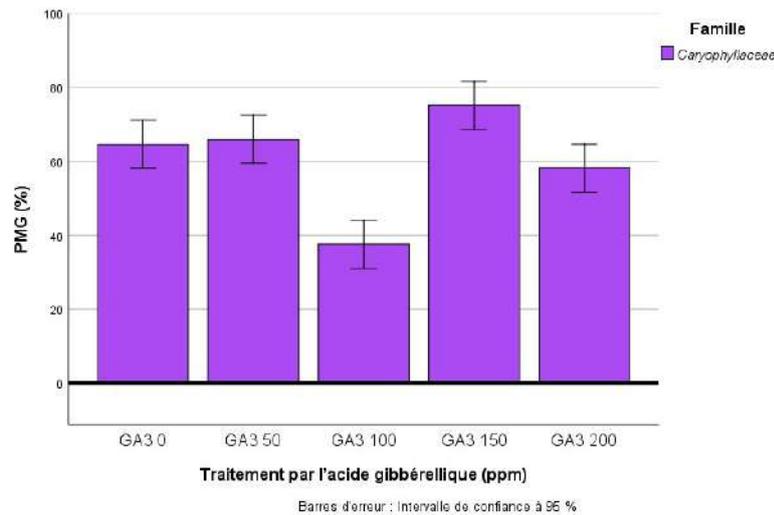


Figure 94 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 03 espèces spontanées sahariennes de *Caryophyllaceae* : *Paronychia arabica*, *Polycarpaea robbairea* et *Spergularia salina*.

Les travaux de **Mondoni *et al.* (2011)** confirment les résultats que nous avons obtenus à travers l'étude sur la germination des graines de *Silene elisabethae* pour lesquelles l'utilisation de GA₃ a entraîné une germination de 90 à 100%.

g. Les *Apiaceae*

La germination des espèces d'*Apiaceae* étudiées (2/2) a eu lieu surtout à 50, 100 et 200ppm (Fig.95). Le taux moyen de germination enregistré est de 32,43%.

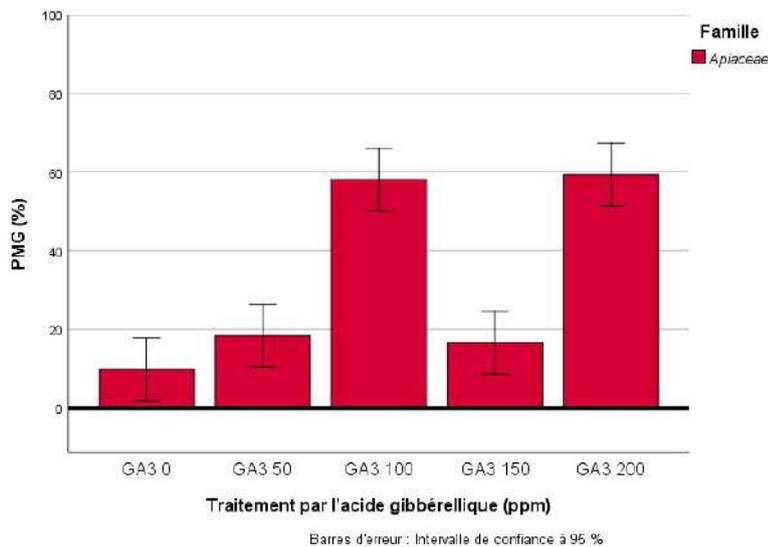


Figure 95 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃) sur le PMG (%) (\pm ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes d'*Apiaceae* : *Ammodaucus leucotrichus* et *Daucus sahariensis*.

Une étude menée sur l'effet de l'ajout de GA₃ sur la germination d'une halophyte à graines oléagineuses, *Crithmum maritimum*, révèle que GA₃ stimulent significativement la germination (**Atia *et al.*, 2009**).

h. Les *Boraginaceae*

Après application de GA₃, les deux espèces de *Boraginaceae* étudiées ont germé surtout à 50 et 150ppm avec une moyenne de 37,82% comme indiqué sur la figure 96.

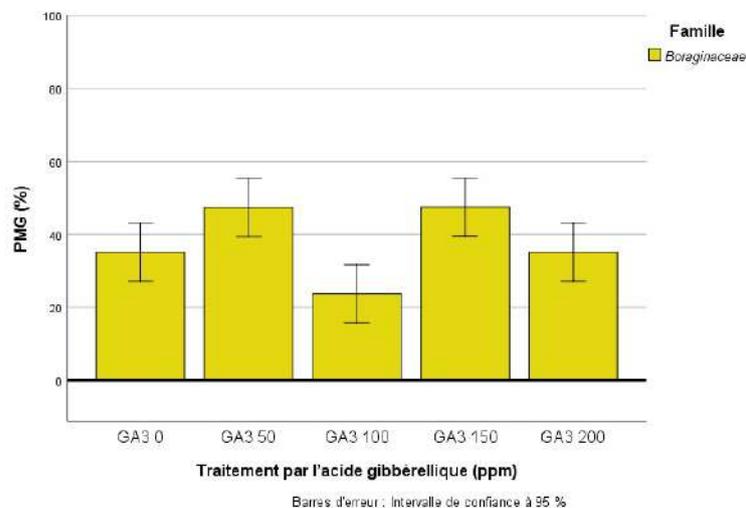


Figure 96 : Effet du traitement par l'acide gibbérélique (GA₃) sur le PMG (%) (±ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes de *Boraginaceae* : *Echium trygorrhizum* et *Moltkiopsis ciliata*.

Selon Aliloo et Darabinejad (2013), Après traitement, l'influence de l'acide gibbérélique était significative sur la levée de la dormance des graines d'*Heliotropium europaeum* qui sont fortement dormantes à maturité.

i. Les *Zygophyllaceae*

Le taux moyen de germination des espèces testées est de 43,47% chez les *Zygophyllaceae*. Nous remarquons que la germination passe de 12,38% sans traitement à 56,08% après traitement au GA₃ (Fig.97).

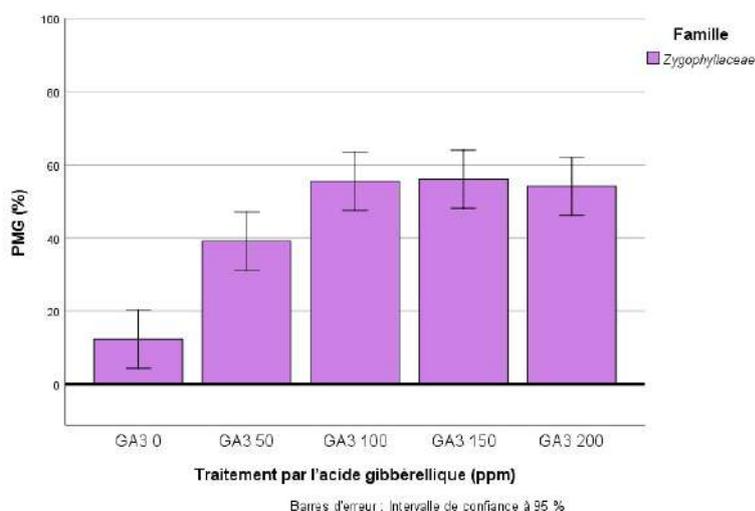


Figure 97 : Effet du traitement par l'acide gibbérélique (GA₃) sur le PMG (%) (±ES) des graines de 02 espèces spontanées sahariennes de *Zygophyllaceae* : *Fagonia glutinosa* et *Peganum harmala*.

La germination des graines de *Zygophyllum simplex* sous divers traitements d'acide gibbérellique (0,3 et 3 mM) a permis d'atténuer la dormance des graines (Khan, 1997).

Le reste des familles, représentées par une seule espèce, ont été classées selon leurs taux moyens de germination comme suit :

j. Les *Plumbaginaceae*

Chez les *Plumbaginaceae*, représentées par une seule espèce *Limoniastrum guyonianum*, le taux moyen de germination atteint 78,93%. Il n'y a pas un effet remarquable des différentes concentrations (50, 100 et 150ppm) de GA₃ par rapport au témoin. Puis la germinabilité décroît à 200ppm (Fig.98).

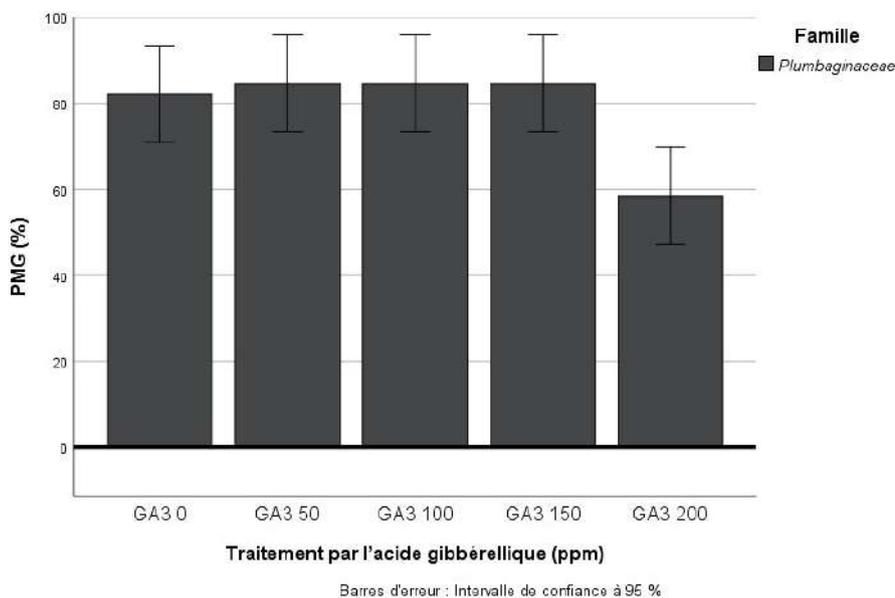


Figure 98 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*).

Une recherche a été menée sur la germination des graines de *Limonium stocksii* et les produits chimiques favorisant la germination tels que GA₃, la fusicoccine, l'éthéphon, la thiourée, la proline, la bétaine et le nitrate de potassium n'ont pas permis d'améliorer la germination des graines de *Limonium stocksii* (Khan et Zia, 2007).

k. Les *Cistaceae*

La seule espèce étudiée, *Helianthemum lippii* peut germer sans traitement à la gibbérelline (0ppm) avec 61,5%. Les taux de germination obtenus, 59,28 ; 84,67 ; 84,67 et 76,28% ont été atteints à 50, 100, 150 et 200ppm respectivement (Fig.99).

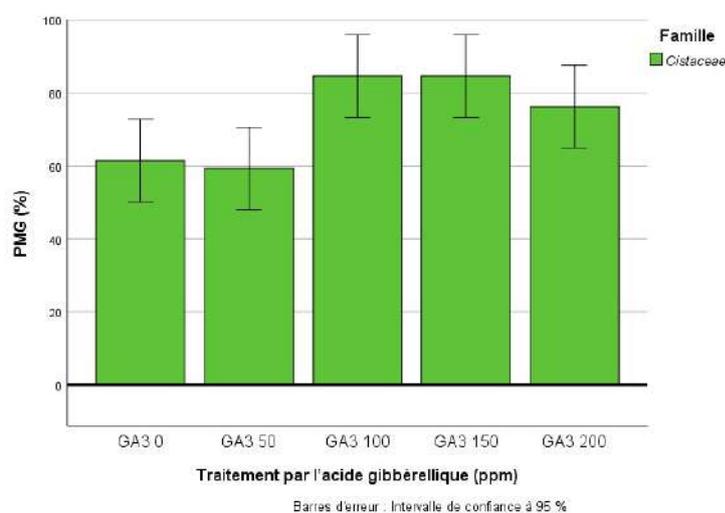


Figure 99 : Effet du traitement par l'acide gibbérannique (GA_3) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Helianthemum lippii* (Cistaceae).

Selon Zaman *et al.* (2009), la scarification seule permet d'obtenir un maximum de germination des graines de *Helianthemum lippii* sans trempage dans GA_3 . Le taux serait passé de 1 à 99%. L'augmentation de la concentration en GA_3 (100, 250 500 750 et 1000ppm) a diminué la germination de cette espèce. La scarification a réussi à briser la dormance des graines de *Helianthemum lippii* suggérant que cette espèce présente dans la nature une dormance tégumentaire.

1. Les Cleomaceae

Il ressort de l'analyse du graphique (Fig.100) que le traitement au GA_3 a montré des effets positifs sur la germination des graines de *Cleome africana*. La germination minimale (14,94%) a été enregistrée à 0ppm. Cependant, elle augmente de manière significative à 100ppm (77,39%).

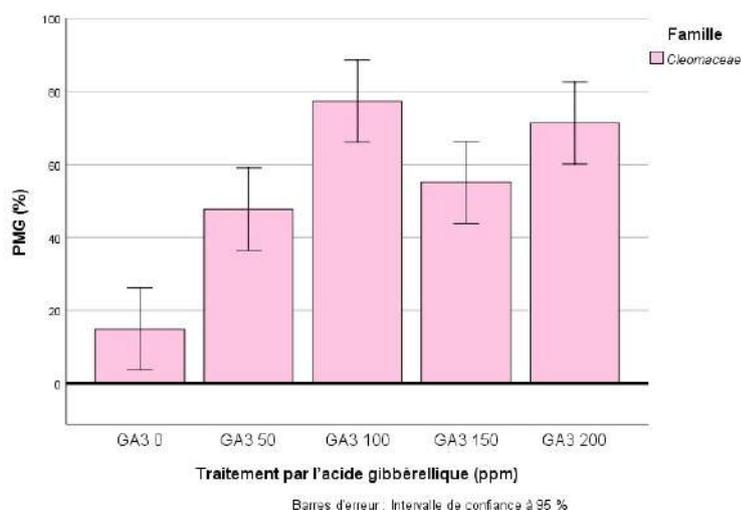


Figure 100 : Effet du traitement par l'acide gibbérannique (GA_3) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Cleome africana* (Cleomaceae).

Muasya *et al.* (2009) indiquent dans leurs travaux que l'application de GA₃ à une concentration de 500ppm a permis d'obtenir la germination finale la plus élevée chez les graines de *Cleome gynandra* L.

m. Les *Asphodelaceae*

La figure 101 montre qu'au niveau des *Asphodelaceae*, représentées par une seule espèce *Asphodelus tenuifolius*, le traitement par GA₃ n'a pas une grande influence sur la germination des graines. En effet, les taux respectifs obtenus (85,17 ; 84,67 ; 80,5 et 9,33%) à 0, 50, 100 et 200ppm confirment l'inutilité d'un traitement par GA₃.

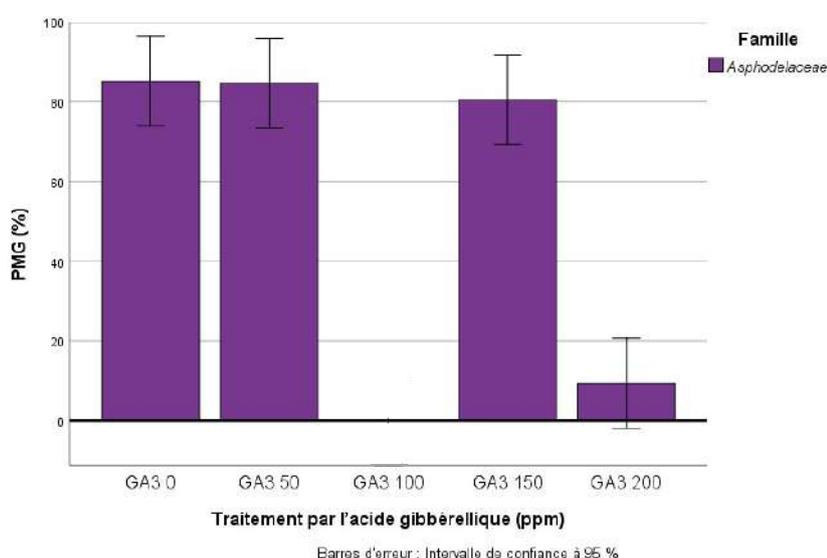


Figure 101 : Effet du traitement par l'acide gibbérélique (GA₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Asphodelus tenuifolius* (*Asphodelaceae*).

Asphodelus tenuifolius (herbe à oignon) est une herbe des sols sablonneux et considérée comme une mauvaise herbe des cultures, notamment le pois chiche, le blé, le colza et la moutarde. La dormance est l'un des principaux atouts de cette espèce, elle est régulée par une interaction complexe de facteurs environnementaux, édaphiques, physiologiques et génétiques (Hassan *et al.*, 2006).

n. Les *Plantaginaceae*

La figure 102 montre que chez les *Plantaginaceae*, l'apport de GA₃ agit négativement sur la germination des graines de *Plantago ciliata*, particulièrement aux doses de 100 et 200ppm. Le taux de germination maximal (85,33%) est atteint dans les conditions de contrôle (0ppm).

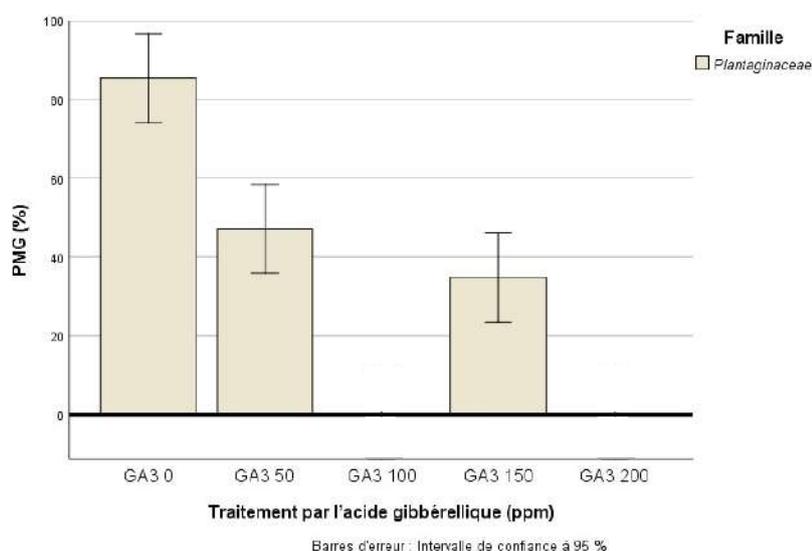


Figure 102 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Plantago ciliata* (Plantaginaceae).

Nos résultats concordent avec les travaux de **Veiga-Barbosa et Pérez-García (2014)**, qui indiquent que les pourcentages de germination des graines de *Plantago albicans* trempées pendant 24h dans de l'eau distillée ou dans une solution d'acide gibbérellique (GA₃) n'étaient pas significativement plus élevés que ceux des graines non traitées.

o. Les *Geraniaceae*

Le traitement à l'acide gibbérellique des graines d'*Erodium glaucophyllum*, stimule considérablement la germination, particulièrement à la concentration de 100ppm (84,67%). Le taux de germination diminue avec l'augmentation des concentrations en GA₃ (Fig.103).

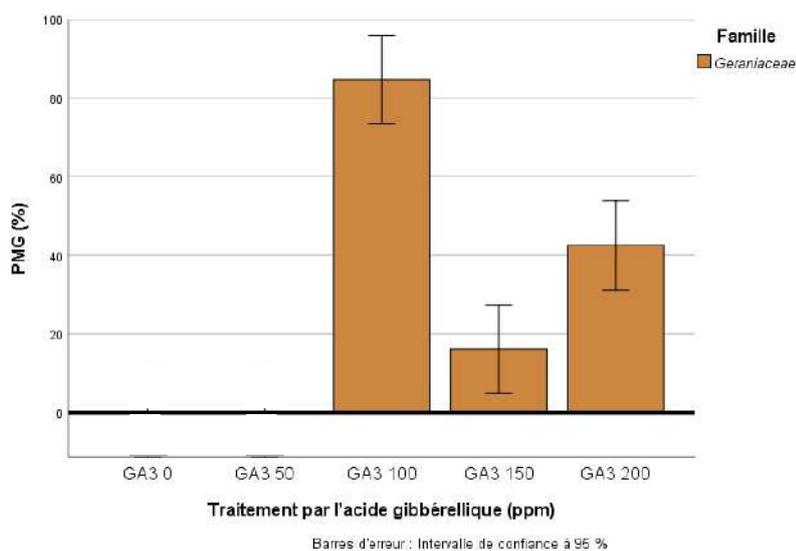


Figure 103 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Erodium glaucophyllum* (Geraniaceae).

Dans une étude menée sur la dormance physique chez 35 espèces de la famille des *Geraniaceae*, dont *Erodium*, *Geranium* et *Pelargonium*, trois catégories de dormance ont été identifiées, basées sur la proportion de couches perméables et imperméables à l'eau dans des échantillons de graines fraîches (Baskin et Baskin, 2004).

Les enveloppes de semences qui imposent physiquement une dormance exogène sont l'endosperme, le périsperme, les téguments externes du tégument ou le péricarpe du fruit. La forme la plus commune de dormance exogène est celle des graines à enveloppe dure, qui deviennent suberisées et imperméables à l'eau. Les graines dures sont caractéristiques des *Fabaceae*, *Geraniaceae* et *Malvaceae* (Geneve, 1998).

p. Les *Neuradaceae*

Selon la figure 104, chez les *Neuradaceae*, le traitement GA₃ a amélioré considérablement la germination des graines de *Neurada procumbens* à 50 et 150ppm.

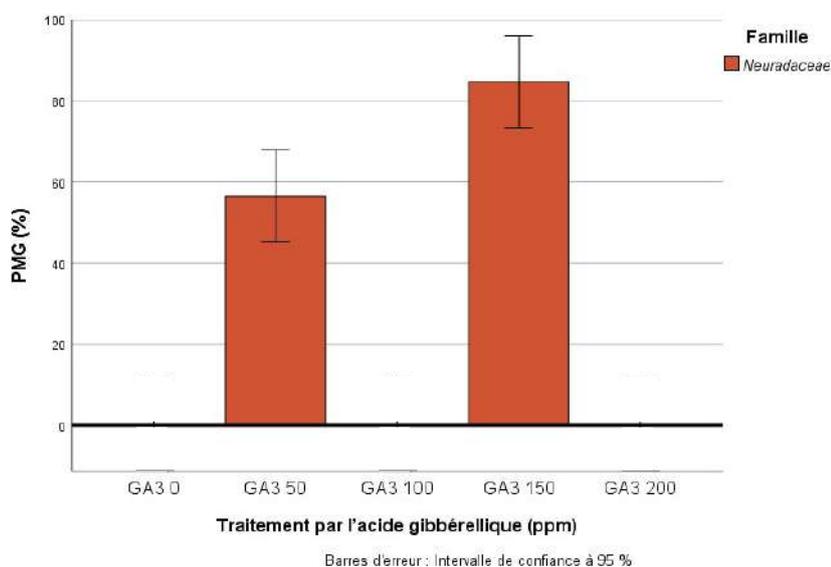


Figure 104 : Effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Neurada procumbens* (*Neuradaceae*).

Selon Baskin *et al.* (2000), la dormance des graines de *Cochlopermum vitifolium* pouvait être mieux levée en scarifiant mécaniquement le tégument au micropyle et en les incubant sur du papier buvard imbibé de GA₃.

q. Les *Euphorbiaceae*

Les meilleurs pourcentages de germination des graines d'*Euphorbia guyoniana* ont été observés après traitement à 100, 150 et 200ppm de GA₃, avec 22,06 ; 50,83 et 66,94% respectivement (Fig.105).

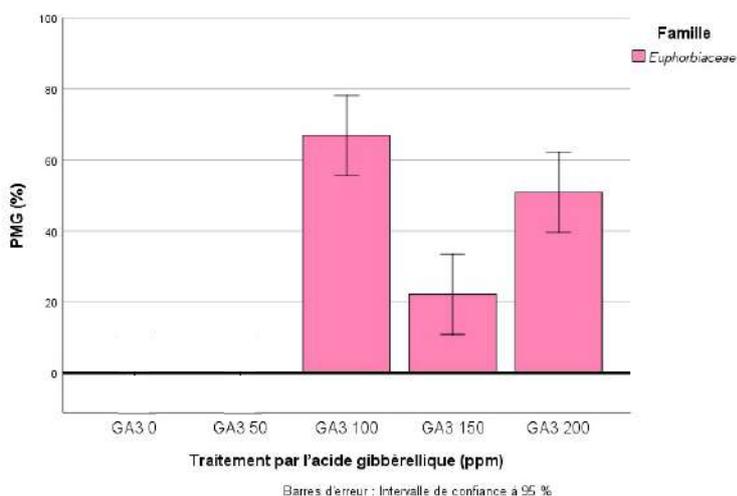


Figure 105 : Effet du traitement par l'acide gibbérélique (GA₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae).

Chez les graines d'*Euphorbia esula*, le GA₃ a induit une germination de 65% à des températures constantes de 20 et 30°C. L'alternance de la température a augmenté l'efficacité du GA₃ à 10mM avec une germination de 94%, soit une multiplication par deux par rapport au témoin (Foley et Chao, 2008).

r. Les Asclepiadaceae

Selon la figure 106, chez les *Asclepiadaceae*, après traitement à l'acide gibbérélique, une faible germination des graines de *Pergularia tomentosa* a eu lieu avec 17,83 ; 2,5 et 10,17% à 100, 150 et 200ppm respectivement.

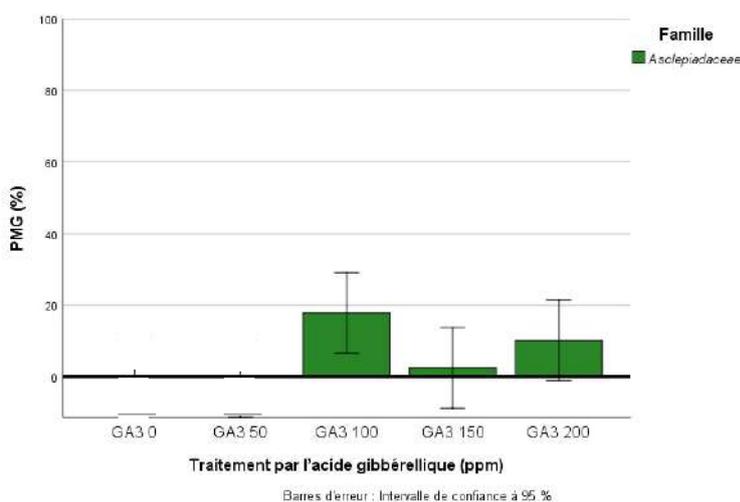


Figure 106 : Effet du traitement par l'acide gibbérélique (GA₃) sur le pourcentage moyen de germination (PMG) (%) (\pm ES) des graines de *Pergularia tomentosa* (Asclepiadaceae).

Selon Srinivasarao *et al.* (2010), les graines de *Ceropegia odorata* possèdent une dormance physiologique. Une application exogène de GA₃ pourrait être utilisée pour réduire la dormance, le GA₃ a favorisé la germination jusqu'à 51% à 150 ppm.

Discussion générale

Discussion générale

Nous avons de multiples raisons de conserver la biodiversité, en particulier dans les milieux arides, parce que cette biodiversité est adaptée aux contraintes extrêmes de cet environnement naturel. Le milieu saharien héberge des espèces dont la présence repose sur des adaptations longuement éprouvées vis-à-vis des facteurs d'élimination que sont les fortes chaleurs, le manque d'eau, les fortes radiations solaires (**Le Berre et Ramousse, 2003; Bode, 2004**).

La végétation de parcours arides et semi-arides souffre des activités humaines comme le surpâturage et la collecte de plantes à des fins médicinales. Cela peut entraîner la dégradation de l'habitat et la destruction de la végétation (**Gomaa, 2012**).

La régénération naturelle est très lente dans les régions arides. Il est nécessaire de réintroduire des espèces pérennes artificiellement sélectionnées, de préférence indigènes (**Ourcival et al., 1994**). On garantit ainsi une pérennité de la végétalisation lorsqu'on utilise des espèces issues des mêmes communautés végétales, caractérisées par des facteurs écologiques et un territoire phytogéographique propres (**Henry et al., 2011**). Le succès de toute population végétale dépend de la capacité de ses semences à faire face aux conditions environnementales et à ce que suffisamment d'individus atteignent la maturité chaque saison pour assurer la continuité de la lignée (**Khan et al., 2009**).

Durant notre étude, **57** espèces végétales ont été recensées, réparties en **51** genres et appartenant à **23** familles botaniques dont 09 espèces pour les *Asteraceae*, 06 espèces pour les *Fabaceae* et les *Poaceae*, 05 espèces pour les *Amaranthaceae* et les *Brassicaceae*, 03 espèces pour les *Apiaceae*, les *Caryophyllaceae* et les *Zygophyllaceae*, 02 espèces pour les *Boraginaceae* et les *Frankeniaceae*. Alors que les familles représentées par une seule espèce sont les : *Asclepiadaceae*, *Asphodelaceae*, *Cistaceae*, *Cleomaceae*, *Cucurbitaceae*, *Cyperaceae*, *Ephedraceae*, *Euphorbiaceae*, *Geraniaceae*, *Neuradaceae*, *Plantaginaceae*, *Plumbaginaceae* et *Polygonaceae*. Et aux différents chorotypes (51% thérophyte et 49% chaméphyte), forme de vie (65% herbes, 32 % arbustes et 3% touffes). Cette diversité a été inventoriée au niveau des différentes formations géomorphologiques (habitats : terrains sablonneux, terrains salés, lits d'*Oued* et dépressions...etc.), présente des caractéristiques morphologiques et physiologiques différentes des fruits et graines collectées.

L'établissement des espèces peut différer par son cycle de vie (annuel/vivace), sa forme de vie (arbustes/herbacées), sa réponse à la sécheresse (tolérance/évitement), sa période de floraison, ses efforts de reproduction, le comportement de germination. Les plantes de régions arides ont développé des adaptations et des stratégies de survie complémentaires tout au long de leurs stades de vie. Parmi ces stades, la graine qui a la plus grande résistance aux facteurs environnementaux extrêmes, alors que la plantule a la plus faible (**Guterman, 2002**).

Peu d'essais sont tentés pour la mise au point de clés de détermination des graines des angiospermes de notre flore saharienne. Cette pénurie ne découle pourtant pas d'un manque d'utilisateurs car un tel outil de travail manque aux phyto-sociologues et autres botanistes dont les observations sont limitées dans le temps. Mais en général, les graines sont un bon moyen d'identifier une espèce, parfois avec la même valeur que les caractères floraux (**Bouakez et Hamadouche, 2015**).

L'énorme variation de la taille des semences, de leur forme et de leur structure est le produit de l'évolution à travers une histoire environnementale variée. La masse de graines est l'un des aspects les plus importants de la variation écologique parmi les espèces coexistantes (**Sweedman et Merritt, 2006**).

Les informations sur la corrélation entre la taille et le devenir des graines dans diverses conditions environnementales fournissent une base biologique pour la conservation et la réintroduction de nombreuses espèces (**Zhao et al., 2015**).

L'étude de l'aspect morphologique des fruits et graines de la flore inventoriée dans notre zone d'étude a fait sortir que : il existe plus de 12 types (40% akène, 17% capsule, 11% caryopse, 10% gousse, 6% sillique, 4% diakène et 2% follicule, silicule, sec déhiscent, méricarpe, sec indéhiscent, pyxide ...etc.). On a trouvé que 73% des graines décrites sont de petite taille (0,5 – 4mm) et 27% ont une grande taille (5 – 12mm). Concernant la couleur, 70% des fruits sont jaunes à marrons. Alors que la couleur des graines est variable : 41% marron, 24% jaune, 15% blanc, 11% vert et 9% noir.

Quelle que soit la raison de la variation de taille, de morphologie et/ou de couleur des unités de dispersion, ces différences peuvent correspondre à des différences dans les pourcentages et les taux de germination, le moment de la germination, la croissance et la survie des plantules (**Baskin et Baskin, 2014**).

Selon **Sweedman et Merritt (2006)**, il existe des compromis fondamentaux entre la production de nombreuses petites semences présentant chacune une faible probabilité d'établissement ou la réduction du nombre de semences plus grandes mieux approvisionnées et capables de supporter un stress environnemental plus important une fois germé. Généralement, les graines de plus grande taille présentent les avantages d'une germination plus élevée des graines et l'établissement des semis, tandis que les semences de petite taille ont les avantages de la prédation des animaux et des oiseaux et de la constitution de banques de semences dans le sol, et présentent une plus grande potentialité dans le renouvellement de la végétation (**Zhao et al., 2015**).

Il a été démontré que la structure morphologique des semences est liée à la stratégie de tolérance au sel de plusieurs halophytes (**Khan et Qaiser, 2006; Flowers et Colmer, 2015; Zhao et al., 2015**). Il est également possible que la morphologie de la graine joue un rôle dans germination chez certaines espèces, en particulier en ce qui concerne la forme pour la conduction de l'eau à l'intérieur de la graine (**Hale et al., 2010**).

La recherche a montré qu'une graine bien développée peut en général être classifiée en ce qui concerne son genre et ses espèces appropriés. En toutes les publications botaniques dans le monde entier, les graines ne sont pas suffisamment employées dans les descriptions des espèces, malgré le fait que ce sont les graines qui sont les plus importantes pour l'existence d'espèces (**Chang et al., 2001; Sweedman et Merritt, 2006; Bojnanský et Fargašová, 2007; Douh et al., 2014**).

La germination est un exercice risqué, et un transit irréversible entre la phase de vie la plus tolérante (à la sécheresse par exemple) et la phase de vie la plus sensible (**Kigel, 1995**). Une compréhension détaillée de l'influence des facteurs environnementaux sur ce processus est importante pour assurer la conservation des espèces rares et/ou en voie de disparition (**Baskin et Baskin, 1998**). Des facteurs environnementaux tels que la température, la lumière, le pH, et l'humidité de sol ont été connus pour affecter la germination de la graine (**Nabors, 2008; Nonogaki et al., 2010; Ren et al., 2017**).

Selon les espèces, les réponses de germination varient en fonction de la latitude, de l'altitude, de la densité de la couverture végétale et du degré de perturbation de l'habitat des sites où les graines mûri (**Baskin et Baskin, 2014**). Même la position des graines dans le fruit peut influencer les taux de germination (**Espadaler et Gomez, 2001**).

Les conditions climatiques changent, les températures augmentent et devraient continuer à augmenter rapidement. Ces futurs changements climatiques devraient avoir un impact significatif sur la biodiversité (**Luna et al., 2012**).

La germination de la plupart des espèces spontanées sahariennes étudiées pour effet de température ont été positivement affectée par l'augmentation de la température. Surtout *Launaea nudicaulis* (*Asteraceae*), *Moltkiopsis ciliata* (*Boraginaceae*), *Eremobium aegyptiacum* (*Fabaceae*), *Savignya parviflora* et *Zilla spinosa* (*Brassicaceae*), *Paronychia arabica* et *Polycarpaea robbairea* (*Caryophyllaceae*), *Helianthemum lippii* (*Cistaceae*), *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*), *Stipagrostis pungens* (*Poaceae*) et *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*). Elles ont montré des pourcentages de germination très élevés entre 25, 30 et 35°C. Ce qui fait qu'elles peuvent être selon **Flores et al., (2017)** des plantes nourricières pour la germination et l'établissement d'autres espèces et pourraient devenir des espèces dominantes dans les futurs paysages.

Selon **Gurvich et al. (2017)**, les températures élevées réduisent considérablement la germination. Elles influencent la capacité de germination et le taux en perturbant la dormance ou en induisant une dormance secondaire dans des conditions de température extrêmes (**Brändel, 2004**).

Cependant, les pourcentages de germination des graines de quelques espèces : *Atriplex dimorphostegia* (*Amaranthaceae*), *Aristida adscensionis* (*Poaceae*) et *Scorzonera laciniata* (*Asteraceae*) atteignent leurs plus hautes valeurs à des températures relativement basses (5, 10 et 15°C) respectivement. Dans les environnements méditerranéens, la germination est favorisée à des températures relativement basses comprises entre 15 et 20°C (**Thanos et al., 1995; Tlig et al., 2008; Luna et al., 2012**).

La température et la salinité font partie des conditions environnementales les plus importantes qui affectent la germination des graines et par conséquent l'établissement et la survie des plants dans les zones arides (**Al-Taisan et al., 2010**). En outre, une forte irradiation de photons peut inhiber la germination (**Baskin et al., 2006**).

Bien que la lumière et la température soient les principaux facteurs influant sur la germination des graines, la salinité est également considérée comme l'une des forces sélectives (**Ungar, 1995; Taghvaei et al., 2012; Murru et al., 2015; Ungar, 2017; Wang et al., 2018**).

La salinité du sol peut affecter la germination des graines soit en créant un potentiel osmotique externe empêchant l'absorption d'eau, soit par les effets toxiques des ions Na⁺ et Cl⁻ sur les graines en germination (**Khajeh-Hosseini et al., 2003; Kaya et al., 2006**).

Les conditions optimales de germination sont obtenues en l'absence de NaCl dans le milieu (eau distillée), la plupart des auteurs conviennent que dans les halophytes, comme dans les glycophytes, la capacité de germination est plus élevée dans les environnements non salés. La présence de NaCl provoque une augmentation de la durée des processus de germination et par conséquent retarde l'émergence des plantes (**Bahrani et Niknejad-Kazempour, 2007; Gul et al., 2013**).

Notre étude expérimentale montre qu'en général, les niveaux élevés de salinité (NaCl 200 - NaCl 250mM) représentaient un stress pour les graines et réduisaient significativement les taux de germination pour la plupart des espèces et ralentissaient le processus de germination. Sauf pour : *Anabasis articulata* et *Bassia muricata* (*Amaranthaceae*), *Moltkiopsis ciliata* (*Boraginaceae*), *Polycarpaea robbairea* (*Caryophyllaceae*) et *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*) parce que les graines de la plupart des espèces halophytes pourraient survivre à des extrêmes sans perdre leur viabilité seraient en mesure de maintenir leur population (**Khan et al., 2009**).

Les halophytes, comme mentionné ci-dessus, sont généralement considérés comme des plantes capables de survivre et de terminer leur cycle de vie dans des environnements salins. Ils ont développé des mécanismes (morphologiques, physiologiques, métaboliques, ...etc.) de tolérance au sel qui reposent principalement sur deux stratégies : (i) la compartimentation du sel en vacuoles et (ii) l'exclusion du sel en dehors des cellules pouvant se produire via des tissus spécialisés (glandes à sel) (**Zouhaier et al., 2015**).

Selon **Tlig et al. (2008)**, les pourcentages de germination lorsque la salinité est élevée peuvent dépendre de la source de la graine et des températures d'incubation, bien qu'une salinité élevée diminue généralement la germination son effet néfaste est moins grave à la température optimale de germination.

Le mucilage des graines joue un rôle dans la régulation de la germination, la présence de mucilage augmente l'absorption d'eau et est associée à des pourcentages de germination plus élevés chez *Plantago ciliate* (**Bhatt et al., 2016**) et dans *Henophyton deserti* (**Gorai et al., 2014**).

La lumière peut être ou ne pas être requise pour la germination, en fonction de l'espèce. Lorsque l'on utilise des températures constantes pour la germination d'espèces chez lesquelles la lumière est nécessaire, les tests doivent être réalisés avec de la lumière pendant au moins huit heures par cycle de 24 heures. Lorsque des températures alternées sont utilisées, toute application nécessaire de lumière doit coïncider avec le cycle de température élevée. L'intensité lumineuse doit être de 750–1250 lux, fournie par des lampes blanches froides (**Bacchetta et al., 2006; Rao et al., 2006**).

Les espèces de trois familles *Asclepiadaceae*, *Ephedraceae* et *Neuradaceae* n'ont pas germé en présence de la lumière. Alors qu'à l'obscurité, les espèces de cinq familles n'ont pas germées à savoir : *Asclepiadaceae*, *Ephedraceae*, *Euphorbiaceae*, *Geraniaceae* et *Neuradaceae*.

Les graines des espèces étudiées ont montré des comportements différents vis-à-vis de la lumière (photosensibilité) : espèces ombrophiles : *Launaea capitata*. D'autres sont héliophiles : *Argyrolobium uniflorum*, *Astragalus-boeticus*, *Daucus sahariensis*, *Erodium glaucophyllum*, *Euphorbia guyoniana*. Cependant neuf espèces testées sont indifférentes à la photosensibilité et/ou d'autres facteurs inhibent leur germination : température, dormance ou vieillissement des graines : *Cornulaca monacantha*, *Crotalaria saharae*, *Echium trygorrhizum*, *Ephedra alata*, *Fagonia glutinosa*, *Mantisalca salmantica*, *Neurada procumbens*, *Pergularia tomentosa* et *Perralderia coronopifolia*.

Des études sur différentes familles de plantes, ont montré que la lumière semble toujours être moins importante chez les espèces à grosses graines qui proviennent des régions tempérées (**Milberg et al., 2000**). En fait, la réponse à la lumière peut être inversée : dans un climat méditerranéen, la lumière inhibe la germination et particulièrement chez les espèces à petite graine (**Bell et al., 1995**).

Les durées de jours courtes par rapport aux longues journées pendant la formation des graines peuvent entraîner des différences dans les caractéristiques de germination des graines mûres. Des graines de *Diploaxis harra* produites sous de courts jours ont germé à des pourcentages inférieurs à ceux obtenues sous de longs jours (**Baskin et Baskin, 2014**).

Les graines de certaines espèces germent à des pourcentages élevés dans l'obscurité que dans la lumière (**Baskin et Baskin, 1998; El-Keblawy et Al-Rawai, 2005**).

Les graines de la plupart des espèces méditerranéennes et du désert ont des caractéristiques de dormance ou des propriétés structurelles qui empêchent la germination immédiate d'au moins une partie des graines (**Schütz et Milberg, 1997**).

Le phénomène de la dormance est un moyen complémentaire auquel ont recours certaines plantes pour assurer leur survie. On distingue par ce terme un stade au cours duquel la germination est irréalisable ou très peu probable. Pour que la dormance soit levée de façon « naturelle », il est nécessaire que la graine soit soumise à un processus parfois long, le plus souvent caractérisé par une nécessaire transformation due à des agents climatiques : chaleur, froid, humidité, sécheresse, scarification chimiques et/ou mécanique (digestion, putréfaction), ou physique (**Bellefontaine et al., 1997**).

À maturité, l'état de dormance des graines peut être classifié comme dormant ou non dormant. Une graine dormante ne peut pas germer dans n'importe quel ensemble de conditions environnementales normales (**Narbona et al., 2007**), alors qu'une graine non dormante peut germer dans la plus large gamme de conditions possibles pour l'espèce (**Nicolas et al., 2003**).

La dormance des graines, définie comme l'incapacité des graines à germer dans des conditions apparemment favorables. La dormance réduit la gamme des conditions externes dans lesquelles la germination des graines peut se produire (**Xia et al., 2018**).

La dormance des graines est peut-être due aux structures qui entourent l'embryon, à l'embryon lui-même (**Bewley et Black, 1994**) et aux composés phénoliques produits dans les fruits et les graines qui sont aussi des inhibiteurs de la germination (**Baskin et Baskin, 1998**).

L'un des principaux objectifs de l'écologie de la germination des graines est de comprendre comment la dormance (si elle est présente) est brisée et comment le moment de la germination est contrôlé dans la nature. Idéalement, nous pouvons mener des études en laboratoire/serre/terrain (**Baskin et al., 2006**). Après avoir déterminé que les graines fraîchement mûres d'une espèce sont dormantes, le prochain défi est de lever la dormance et de germer les graines (**Baskin et Baskin, 2004**). Parce qu'avant que les graines avec une dormance endogène ou exogène puissent germer, des changements doivent survenir dans les graines/fruits qui éliminent le (s) bloc (s) à la germination (**Baskin et Baskin, 2014**).

Selon **Wang et al. (2017)** les graines à dormance physiologique (PD) sont perméables à l'eau et possèdent un embryon pleinement développé doté d'un mécanisme inhibiteur physiologique qui empêche l'émergence de racines. Les graines à dormance morphologique (MD) possèdent un embryon sous-développé qui doit se développer avant que la graine ne germe. La dormance morfo-physiologique (MPD) un embryon sous-développé qui est physiologiquement dormant. Les graines avec la dormance physique (PY) un embryon complètement non dormant mais la germination est empêchée en raison de l'imperméabilité à l'eau des graines (ou du fruit), elles ne sont pas capables de s'hydrater et de germer même en contact avec de l'eau libre, elles sont définies comme «graines dures» (**Kigel, 1995**). En fin, les graines avec la dormance combinée (PY+PD) un embryon développé qui est physiologiquement dormant et l'enveloppe de la graine (ou du fruit) est imperméable à l'eau (**Wang et al., 2017**).

Il convient de noter que bien que la plupart des espèces aient une dormance physiologique des graines car avec traitement au froid, la dormance a été levée chez : *Neuradaceae* et *Asclepiadaceae*. De même, les taux de germination ont été considérablement améliorés, par exemple : *Cleomaceae*, *Amaranthaceae*, *Euphorbiaceae* et *Caryophyllaceae*, quelques-unes ont une dormance physique (*Fabaceae*).

Des graines mûres de différentes espèces sont sorties de la dormance pendant un stockage à sec à 15°C et à la température ambiante pendant 5 mois tel que *Cleome gynandra* (**Ekpong, 2009; Ochuodho et Modi, 2005**). Les *Amaranthaceae* (cinq espèces), la plupart des espèces de cette famille germent à des températures basses (5, 10°C). Ce qui fait qu'aucune inhibition tégumentaire n'a lieu mais une dormance embryonnaire se manifeste à des températures élevées. Cette dormance est éliminable avec un traitement au froid (**Bacchetta et al., 2006**). Les *Euphorbiaceae* ont une dormance physiologique (DP), comme en témoigne le pourcentage de germination des graines fraîches des graines d'*Euphorbia geniculata* (**Kigel, 1995**). Les basses températures hivernales (stratification par le froid) peuvent supprimer le besoin de lumière pour la germination. La culture de plantes mères à faible humidité du sol a accru la dormance des graines de *Spergularia marina* (**Baskin et Baskin, 2014**).

Les *Fabaceae* (Six espèces), dont 04 sont des *Astragalus* : la PY est le type de dormance caractéristique des graines dans le genre *Astragalus*. Le meilleur moyen de rompre artificiellement le PY est de procéder à une scarification mécanique ou à l'acide

sulfurique (**Baskin et Baskin, 2014**). La chaleur humide est identifiée comme un mécanisme important de libération de la dormance pouvant être liées au métabolisme des composés phénoliques dans les graines de *Sophora alopecuroides* (**Hu et al., 2009**).

Malgré l'effet positif des basses températures sur la germination de certaines espèces, la réduction du pourcentage de germination chez d'autres peut être liée à la dormance secondaire imposée, mais pas à une perte de viabilité (**Fallahi et al., 2017**).

Selon les espèces, une variabilité interspécifique de la germination a eu lieu vis-à-vis du traitement au froid, par régression chez *Asphodelus*, *Erodium glaucophyllum*, *Limoniastrum guyonianum*, *Launaea nudicaulis* et *Paronychia arabica*. Dans l'ensemble, les résultats ont confirmé le fait généralement connu que les graines des espèces sahariennes nécessitent des températures plus basses pour leur bonne germination (**Fallahi et al., 2017; Ren et al., 2017**).

Le GA₃ est l'un des traitements les plus adéquats pour améliorer la germination des semences en dormance physiologique (**Pérez-García, 2008**). Le traitement hormonal au GA₃ a été utilisé pour lever la dormance des graines des espèces étudiées, Seules les graines de *Neurada procumbens* germent avec 56,5% (50ppm de GA₃). Alors qu'à des concentrations de 100, 150 et 200ppm de GA₃, on remarque qu'une germination considérable a été enregistrée chez : *Asclepiadaceae*, *Cistaceae*, *Cleomaceae*, *Euphorbiaceae*, *Geraniaceae* et *Zygophyllaceae*. Certaines espèces testées ont réagi défavorablement après l'ajout de l'acide gibbérellique (GA₃). Ceci est peut-être dû au fait que ces espèces sont dormantes physiquement ou subissent d'autres facteurs qui inhibent leur germination comme la température d'incubation ou le vieillissement des graines.

L'absence de réponse à GA₃ peut être due à une température d'incubation inappropriée, à un manque de pénétration de GA₃ dans la graine, à une faible sensibilité ou à une utilisation de concentration inappropriée ou l'utilisation d'une GA₃ inactive chez les espèces étudiées (**Plummer et Bell, 1995; Vandelook et al., 2008**).

Les semences joueront peut-être un rôle crucial à un moment décisif puisque nous cherchons à lutter contre les menaces actuelles envers notre planète causées en grande partie par notre propre succès. Aujourd'hui, les techniques modernes des banques de semences, comme le séchage et la congélation, nous permettent de conserver les semences pendant des centaines voire même des milliers d'années (**Botanic Gardens Kew, 2008**).

Conclusion générale

Conclusion générale

La connaissance de l'écologie de la germination et les besoins de développement de plus d'espèces sont nécessaires pour concevoir des stratégies de restauration réussies.

Les plantes sahariennes présentent une importance écologique et environnementale exceptionnelle. En effet, malgré les conditions difficiles auxquelles elles sont soumises, leur adaptation au climat désertique par subsistance pendant de longues périodes sèches est une fin unique, obtenue par des stratégies extrêmement variées.

Outre leur intérêt écologique, la valorisation des bio-ressources végétales locales domestiques ou spontanées à des fins alimentaires, médicinales, cosmétiques...etc. peut constituer une voie de développement économique et sociale pour ces régions. D'où l'intérêt de toute information botanique, écophysologie de ces espèces ainsi que l'usage traditionnel assuré et perpétué par les populations locales.

Notre travail s'est orienté sur la caractérisation morphologique et physiologique des graines de certaines plantes spontanées sahariennes. Pour cela, nous avons retenu une zone d'étude, située au Nord-est du Sahara algérien (Sahara septentrional). Elle s'étend entre la latitude de 28° 30' Sud et 34° 00' Nord et les longitudes 3° 00' Ouest et 7° 00' Est, avec une altitude moyenne de 288,5 m. Ainsi, nous avons inventorié 57 espèces à graines, appartenant à 23 familles, parmi lesquelles, une collection de 46 espèces de plantes spontanées, réparties sur plusieurs localités du Sahara septentrional algérien, appartenant à 22 familles a été établie sous forme de fiches descriptives (caractérisation morphologique).

La germination des graines est probablement la transition la plus importante de la vie des plantes dans les climats arides et semi-arides. L'utilisation d'espèces locales est un excellent point de départ pour tout projet de restauration, car elles sont les mieux adaptées aux conditions environnementales. En fonction de la disponibilité en graines, la germination de 46 espèces appartenant à 19 familles a été étudiée, vis-à-vis de quelques facteurs abiotiques (température, salinité et lumière).

Pour tous les tests effectués, le pourcentage cumulé de germination varie entre 0 à 85%. Le faible pourcentage de germination de certaines espèces est probablement dû au vieillissement des graines où il aurait été nécessaire d'avoir de très jeunes graines pour mieux mettre en évidence le niveau réel de germination. Dans le cas des espèces qui n'ont pas du tout germé : *Ephedra alata*, d'autres facteurs tels que la dormance peuvent avoir une influence significative.

Ainsi, nous avons pu distinguer trois groupes d'espèces, selon les exigences thermiques en germination :

1- Les **mégathermes** : regroupant les espèces qui préfèrent les températures élevées (thermophiles) comprises entre 30 et 40°C, représentées par *Daucus sahariensis* (*Apiaceae*) ; *Brocchia cinerea*, *Launaea nudicaulis* (*Asteraceae*) ; *Eremobium aegyptiacum*, *Henophyton deserti* (*Brassicaceae*) ; *Cleome africana* (*Cleomaceae*) ; *Euphorbia guyoniana* (*Euphorbiaceae*) ; *Argyrolobium uniflorum*, *Astragalus arpilobus* (*Fabaceae*) ; *Erodium glaucophyllum* (*Geraniaceae*) ; *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*) ; *Centropodia forsskalii*, *Stipagrostis pungens* (*Poaceae*) ; et *Peganum harmala* (*Zygophyllaceae*).

2- Les **mésothermes** : constituées par les espèces qui préfèrent les températures moyennes (20-25°C), telles que *Anabasis articulata*, *Bassia muricata* (*Amaranthaceae*) ; *Ammodaucus leucotrichus* (*Apiaceae*) ; *Asphodelus tenuifolius* (*Asphodelaceae*) ; *Ifloga spicata*, *Launaea capitata* (*Asteraceae*) ; *Moltkiopsis ciliata* (*Boraginaceae*) ; *Diplotaxis harra*, *Zilla spinosa* (*Brassicaceae*) ; *Paronychia arabica*, *Polycarphae robbairea* et *Spergularia salina* (*Caryophyllaceae*) ; *Helianthemum lippii* (*Cistaceae*) ; *Astragalus gombo* et *Astragalus mareoticus* (*Fabaceae*).

3- Les **oligothermes** : formant les espèces qui préfèrent les températures relativement basses (5-15°C), dont *Agathophora alopecuroides*, *Atriplex dimorphostegia* et *Cornulaca monacantha* (*Amaranthaceae*) ; *Mantisalca salmantica*, *Scorzonera laciniata* (*Asteraceae*) ; *Savignya parviflora* (*Brassicaceae*) ; *Astragalus boeticus*, *Crotalaria saharae* (*Fabaceae*) ; *Plantago ciliata* (*Plantaginaceae*) ; *Aristida adscensionis* et *Stipagrostis plumosa* (*Poaceae*).

Notre étude expérimentale a montré que généralement, les niveaux élevés de salinité représentaient un stress pour les graines et réduisaient significativement les taux de germination pour la plupart des espèces et ralentissaient le processus de germination.

L'effet du stress salin n'est pas très marqué sur le pourcentage et la durée moyenne de germination pour des niveaux de salinité modérés (NaCl 50 et 100 mM) et s'aggrave avec l'augmentation de la concentration en sel. À 250 mM, la germination est inhibée ou retardée pour la plupart des espèces, alors que certaines espèces, à savoir *Limoniastrum guyonianum*, *Polycarphaeae robbaireae*, *Helianthemum lippii* et *Bassia muricata* peuvent germer même si la concentration est très élevée.

Les exigences en obscurité-lumière pour la germination des graines de 46 espèces de Sahara septentrional ont été établies. Elles sont généralement à photosensibilité positive, particulièrement *Limoniastrum guyonianum* (*Plumbaginaceae*), *Polycarphaeae robbaireae* (*Caryophyllaceae*), *Helianthemum lippii* (*Cistaceae*) et *Stipagrostis pungens* (*Poaceae*). A la lumière, les taux de germination ont été les suivants : les *Cistaceae* et *Plumbaginaceae* (85,00%), les *Caryophyllaceae* (66,00%), les *Asphodelaceae* (52,67%), les *Brassicaceae* (45,41%), les *Geraniaceae* (43,67%), les *Poaceae* (39,62%), les *Boraginaceae* (31,50%), *Zygophyllaceae* (30,00%), *Asteraceae* (21,71%), *Amaranthaceae* (13,43%), *Euphorbiaceae* (11,11%), *Cleomaceae* (10,00%), *Fabaceae* (7,10%), *Apiaceae* (6,83%) et *Plantaginaceae* (4,33%).

A l'obscurité, les taux de germination relevés sont : les *Plumbaginaceae* (82,00%), les *Brassicaceae* (75,00%), les *Cistaceae* (57,33%), les *Boraginaceae* (42,50%), les *Asteraceae* (35,13%), les *Zygophyllaceae* (33,33%), les *Amaranthaceae* (28,36%), les *Cleomaceae* (26,94%), les *Caryophyllaceae* (26,56%), les *Poaceae* (20,37%), les *Asphodelaceae* (15,56%), les *Fabaceae* (1,27%), les *Plantaginaceae* (0,44%) et les *Apiaceae* (0,33%).

Les graines non dormantes germent à des pourcentages élevés dans une large plage de températures à la lumière et dans l'obscurité.

Il convient également de noter que bien que la plupart des espèces aient une dormance physiologique (PD) des graines, quelques-unes ont une dormance physique (PY).

Nos résultats ont mis en évidence les effets positifs du traitement par le froid sur la germination des graines de plantes indigènes des écosystèmes arides. La scarification au froid a pu augmenter le taux et diminuer le temps de germination. Par ailleurs, le traitement à l'acide gibbérellique (GA₃) pourrait remplacer l'exigence de stratification à froid et améliorer de ce fait la germination de certaines graines dormantes.

D'autres études, dans le cadre de futurs projets de restauration et de préservation de la biodiversité de la flore spontanée saharienne, sont nécessaires pour déterminer les exigences écologiques des graines d'autres espèces sahariennes. Ceci pourra améliorer les taux de germination sans ou avec traitement de levée de dormance, ce qui permettra la multiplication des espèces et envisager la conservation des graines dans une banque de gènes.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

-A-

- Abaye, A.O. (2019).** Grasses and Sedges. In *Common Grasses, Legumes and Forbs of the Eastern United States*. (Ed.), Elsevier Inc. 47–166. [ISBN: 978-0-12-813951-6](#)
- Abdelguerfi, A., et Abdelguerfi-Laouar, M. (2004).** Les ressources génétiques d'intérêt fourrager et/ou pastoral : Diversité, collecte et valorisation au niveau méditerranéen. *Cahiers Options Méditerranéennes* 62, 29–41. <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=4600124>
- Aliloo, A.A., et Darabinejad, S. (2013).** Evaluation of Different Techniques for Breaking Seed Dormancy of *Heliotropium europaeum* L. (*Boraginaceae*). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 7(20), 87–91.
- Al-Rowaily, S.R., Assaeed, A.M., Al-Khateeb, S.A., Al-Qarawi, A.A., et Al Arifi, F.S. (2016).** Vegetation and condition of arid rangeland ecosystem in Central Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. Article in press. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.015>
- Al-Taisan, W.A., Al-Qarawi, A.A., et Alsubiee, M.S. (2010).** Effect of water stress by Polyethylene Glycol 8000 and Sodium Chloride on germination of *Ephedra alata* Decne seeds. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 17(3), 253–257. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.04.011>
- Anderson, D.C., et Ostler, W.K. (2002).** Revegetation of Degraded Lands at U.S. Department of Energy and U.S. Department of Defense Installations: Strategies and Successes. *Arid Land Research and Management*. 16(3), 197–212. <https://doi.org/10.1080/153249802760284766>
- ANDI, (2013).** Agence Nationale de Développement de l'Investissement. Wilaya de Ouargla. 19 p. <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Ouargla.pdf>
- APG II (2003).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141, 399–436. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8339.2003.t01-1-00158.x>
- APG III (2009).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161, 105–121. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- APG IV (2016).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181, 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Apse, M.P., et Blumwald, E. (2002).** Engineering salt tolerance in plants. *Plant Biotechnology*. 13, 146–150.

- Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, E., et Pontanier, R. (1995).** Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides: le vocabulaire et les concepts. In L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait?. (Ed.), John Libbey Eurotext. Paris, pp. 11–29.
- Ashraf, M., et Harris, P.J.C. (2004).** Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*. 166(1), 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.024>
- Atia, A., Debez, A., Barhoumi, Z., Smaoui, A., et Abdelly, C. (2009).** ABA, GA₃, and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline conditions. *Comptes Rendus Biologies*. 332(8), 704–710. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2009.03.009>
- Atia, A., Debez, A., Rabhi, M., Athar, R., et Abdelly, C. (2006).** Alleviation of salt-induced seed dormancy in the perennial halophyte *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae). *Pakistan Journal of Botany*. 38(5), 1367–1372.
- Aubert, G. (1960).** Les sols de la zone aride (UNESCO). Code: NS/AZ/514. 30 p.
- Aufhammer, W., Czuczorova, D., Kaul, H.-P., et Kruse, M. (1998).** Germination of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* x *A. hybridus*): effects of seed quality, temperature, light, and pesticides. *European Journal of Agronomy*. 8, 127-135.
- Ayyad, M.A. (2003).** Case studies in the conservation of biodiversity: degradation and threats. *Journal of Arid Environments*. 54(1), 165–182. <https://doi.org/10.1006/jare.2001.0881>
- B-**
- Baameur, M., (2006).** Contribution à l'étude de la répartition biogéographique de la flore spontanée de la région de Ouargla (Sahara Septentrional Est Algerien). Mém. Magister. Protection de l'écosystème en zones arides. Université Kasdi Merbah - Ouargla 125 p.
- Baameur, M., Abdelguerfi, A., Daddi Bouhoun, M., Saadi, H., et Ould El Hadj, M. (2015).** Distribution study of some species of spontaneous Flora in two Saharan Regions of the North-East of Algeria (Ouargla and Ghardaa). *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 7, 41–47. <https://doi.org/10.5897/IJBC2014.0725>
- Bacchetta, G., Fenu, G., Mattana, E., Piotto, B., et Virevaire, M. (2006).** “Manuale per la raccolta, studio, conservazione e gestione *ex situ* del germoplasma”. APAT, Agenzia per la Protezione dello Ambiente. Roma. 217p.
- Bagnouls, F., et Gaussen, H. (1957).** Les climats biologiques et leur classification. *Annales de géographie* 66, 193–220.
- Bahrani, M.J., et Khartegh, M.A. (2006).** Seed Germination of Tall Three-Awn Grass (*Stipagrostis pennata* T. De Winter) as Affected by Dormancy-Breaking Treatments, Salinity and Harvest Time. *Journal of New Seeds*. 8(1), 83–90. http://dx.doi.org/10.1300/J153v08n01_07

- Bahrani, M.J., et Niknejad-Kazempour, H. (2007).** Effect of Dormancy Breaking Treatments and Salinity on Seed Germination of Two Desert Shrubs. *Arid Land Research and Management*. 21(2), 107–118. <http://dx.doi.org/10.1080/15324980701236242>
- Bakker, J., et Berendse, F. (1999).** Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology & Evolution*. 14(2), 63–68. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01544-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01544-4)
- Barakat, N.A.M., Cazzato, E., Nedjimi, B., Kabil, H.F., Laudadio, V., et Tufarelli, V. (2014).** Ecophysiological and species-specific responses to seasonal variations in halophytic species of the *Chenopodiaceae* in a Mediterranean salt marsh. *African Journal of Ecology*. 52(2), 163–172. <http://dx.doi.org/10.1111/aje.12100>
- Baskin, C.C., (2013).** Germination trials (Part 1). Communication personnelle.
- Baskin, C.C., (2014).** Germination trials (Part 2). Communication personnelle.
- Baskin, C.C., et Baskin, J. (2004a).** Determining dormancy-breaking and germination requirements from the fewest seeds. In *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild*, 1^{ière} édition. (Ed.), Island Press. USA. p. 165. [ISBN: 978-1-59726-756-4](http://dx.doi.org/10.1111/aje.12100)
- Baskin, C.C., et Baskin, J.M. (1995).** Warm plus cold stratification requirement for dormancy break in seeds of the woodland herb *Cardamine concatenata* (*Brassicaceae*), and evolutionary implications. *Canadian Journal of Botany*. 73(4), 608–612. <http://dx.doi.org/10.1139/b95-064>
- Baskin, C.C., et Baskin, J.M. (1998).** Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. 1^{ière} édition. (Ed.), Academic Press. USA. 666p. [ISBN: 978-0-08-054086-3](http://dx.doi.org/10.1139/b95-064)
- Baskin, C.C., et Baskin, J.M. (2003).** When breaking seed dormancy is a problem. Try a Move-along Experiment. *Nativeplants* 5. 17-21.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M., (2014).** Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. 2^{ème} édition. (Ed.), San Diego, Elsevier/Academic Press. USA. 1601p. [ISBN: 978-0-12-416677-6](http://dx.doi.org/10.1139/b95-064)
- Baskin, C.C., Thompson, K., et M. Baskin, J. (2006).** Mistakes in germination ecology and how to avoid them. *Seed Science Research* 16, 165–168. <http://dx.doi.org/10.1079/SSR2006247>
- Baskin, J.M. et Baskin, C.C. (2004b).** A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14(1), 1–16. <http://dx.doi.org/10.1079/SSR2003150>
- Baskin, J.M., et Baskin, C.C. (1975).** Do seeds of *Helenium amarum* have a light requirement for germination? *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 102(2), 73–75. <http://dx.doi.org/10.2307/2484416>

- Baskin, J.M., Baskin, C.C., et Li, X. (2000).** Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*. 15(2), 139–152. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1442-1984.2000.00034.x>
- Batanouny, K.H., Hassan, A.H., et Fahmy, G.M. (1992).** Eco-physiological studies on halophytes in arid and semi-arid zones. II. Eco-physiology of *Limonium delicatulum* (Gir.) Ktze. *Flora*. 186, 105–116. [http://dx.doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)30517-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30517-0)
- Bechki, D. (2011).** Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes. Thèse Doctorat En Sciences En Génie Mécanique. Option : Energétique. Université Hadj Lakhdar – Batna. 185 p.
- Belhadj, F. (2008).** Régénération de l'*Atriplex halimus* à partir de cals issus de différents explants. Mém. Ing. Université de Blida. 118 p.
- Belkhira, C. (2008).** Contribution à l'étude de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région de Ouargla. Mém. Mag. Hydraulique. Option : Aménagement hydraulique dans les zones arides. Université Kasdi Merbah – Ouargla. 78 p.
- Bell, D.T., Plummer, J.A., et Taylor, S.K. (1993).** Seed germination ecology in southwestern Western Australia. *The Botanical Review*. 59(1), 24–73. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02856612>
- Bell, D.T., Rokich, D.P., McChesney, C.J., et Plummer, J.A. (1995).** Effects of temperature, light and gibberellic acid on the germination of seeds of 43 species native to Western Australia. *Journal of Vegetation Science*. 6(6), 797–806. <http://dx.doi.org/10.2307/3236393>
- Bellefontaine, R., Gaston, A., et Petrucci, Y. (1997).** Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. Volume 32. (Ed.), Cahier FAO Conservation. Rome. 289p. [ISSN: 1020-1148](https://doi.org/10.1017/S10201148)
- Ben Jannet S., Hymery N., Bourgou S., Jdey A., Lachaal M., Magné C., et Ksouri R. (2017).** Antioxidant and selective anticancer activities of two Euphorbia species in human acute myeloid leukemia. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 90, 375–385. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2017.03.072>
- Ben Salem F., Ouled Belgacem A., et Neffati M. (2008).** Étude de la dynamique du système racinaire des plantules de certaines espèces arbustives autochtones de la Tunisie aride. *Sécheresse* 19(2), 123–128. <https://doi.org/10.1684/sec.2008.0127>
- Benchettouh, A. (2018).** Cartes thématiques établie par le logiciel ArcGIS Version 10.3. Communication personnelle.
- Berhanu, A.T., et Berhane, G. (2014).** The effect of salinity (NaCl) on germination and early seedling growth of *Lathyrus sativus* and *Pisum sativum* var. *abyssinicum*. *African Journal of Plant Science*. 8(5), 225–231. <https://doi.org/10.5897/AJPS2014.1176>

- Bewley, J.D. (1997).** Seed Germination and Dormancy. *Plant Cell Online* 9(7), 1055–1066. <https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055>
- Bewley, J.D., et Black, M. (1982).** Viability and Longevity. In *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination: Volume 2: Viability, Dormancy, and Environmental Control*, 1^{ière} édition. (Ed.), Springer Berlin Heidelberg. Berlin, Heidelberg, pp. 1–59. [ISBN: 978-3-642-68643-6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-68643-6)
- Bewley, J.D., et Black, M. (1994).** Seeds: Physiology of Development and Germination. 2^{ème} édition. (Ed.), Springer Science & Business Media. Plenum Press. New York, 445 p. [ISBN: 0-306-44748-7](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-0381-0)
- Bewley, J.D., et Nonogaki, H. (2017).** Seed Maturation and Germination ☆. *Reference Module in Life Sciences*, (Elsevier), 1-9. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.05092-5>
- Bhatt, A., Santo, A., et Gallacher, D. (2016).** Seed mucilage effect on water uptake and germination in five species from the hyper-arid Arabian desert. *Journal of Arid Environments*. 128, 73–79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.01.008>
- Bidak L.M., Kamal S.A., Halmy M.W.A., et Heneidy S.Z. (2015).** Goods and services provided by native plants in desert ecosystems: Examples from the northwestern coastal desert of Egypt. *Global Ecology and Conservation*. 3, 433–447. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2015.02.001>
- Bigirimana, J., Bogaert, J., De Canniere, C., Lejoly, J., et Parmentier, I. (2011).** Alien plant species dominate the vegetation in a city of Sub-Saharan Africa. *Landscape and Urban Planning*. 100 (3), 251–267. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.12.012>
- Binet, P. (1964).** Action de la température et de la salinité sur la germination des graines de *Plantago maritima* L. *Bulletin de la Société Botanique de France*. 111(9), 407–411. <http://dx.doi.org/10.1080/00378941.1964.10838211>
- Bode, S. (2004).** Pratiques pastorales et biodiversité des parcours dans le canton de Dantchandou (Fakara). Mém. Diplôme d'Etude Supérieures Spécialisées (D.E.S.S.). Protection de l'environnement et amélioration des systèmes agraires sahéliens. Université Abdou Moumouni - Niger. 59 p.
- Bojnanský, V., et Fargašová, A. (2007).** Atlas of seeds and fruits of central and east-European flora. (Ed.), Springer Netherlands. 1079 p. [ISBN: 978-1-4020-5361-0](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5361-0)
- Bojovi, B., Delić, G., Topuzović, M., et Stanković, M. (2010).** Effects of NaCl on seed germination in some species from families *Brassicaceae* and *Solanaceae*. *Kragujevac Journal of Science*. 32, 83–87.

- Borrelli, P., Robinson, D.A., Fleischer, L.R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Meusburger, K., Modugno, S., Schütt, B., Ferro, V., et al. (2017).** An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*. 8(1). 1-13. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Botanic Gardens Kew (2008).** Seed Information Database: Royal Botanic Gardens, Kew. <http://data.kew.org/sid/citing.html>. Consulté le: 2018-06-26.
- Bouakez, D., et Hamadouche, I. (2015).** Effet du stress hydrique au stade de germination sur la croissance de quelque génotype du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mém. Master. Biologie et Génomique Végétale. Université des Frères Mentouri-Constantine. 70 p.
- Brändel, M. (2004).** The role of temperature in the regulation of dormancy and germination of two related summer-annual mudflat species. *Aquatic Botany*. 79(1), 15–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2003.11.008>
- C-
- Cane, J.H. (2008).** Breeding biologies, seed production and species-rich bee guilds of *Cleome lutea* and *Cleome serrulata* (Cleomaceae). *Plant Species Biology*. 23(3), 152–158. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2008.00224.x>
- Carqué-Álamo, E., Marrero-Gómez, M., et Banares-Baudet, A. (2003).** Seed germination and dormancy in *Echium acanthocarpum* Svent. (Boraginaceae), an endangered plant of the Canary Islands, Spain. *Natural Areas Journal*. 23(4), 362–367.
- Chang, E.R., Jefferies, R.L., et Carleton, T.J. (2001).** Relationship between vegetation and soil seed banks in an arctic coastal marsh. *Journal of Ecology*. 89, 367–384.
- Chaouch, S. (2018).** Dynamique de l'espace agricole et mutations dans le Sahara Algérien, cas de la région de Ouargla (le pays d'oued M'ya). *Revue des BioRessources* 8(1), 111–123.
- Cehma, A. (2005).** Étude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien. Cas de la région de Ouargla et Ghardaïa. Thèse Doctorat Biologie Appliquée. Université Badji Mokhtar, Annaba 198 p.
- Cehma, A. (2006).** Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Laboratoire de protections des écosystèmes en zones arides et semi arides (Université Kasdi Merbah-Ouargla). (Ed.), Dar el Houda (Ain M'lila, Algérie) 156 p.
- Chen, S.-Y., Chien, C.-T., Chung, J.-D., Yang, Y.-S., et Kuo, S.-R. (2007).** Dormancy-break and germination in seeds of *Prunus campanulata* (Rosaceae): role of covering layers and changes in concentration of abscisic acid and gibberellins. *Seed Science Research*. 17(1), 21–32. <https://doi.org/10.1017/S0960258507383190>

- Chen, S.-Y., Chou, S.-H., Tsai, C.-C., Hsu, W.-Y., Baskin, C.C., Baskin, J.M., Chien, C.-T., et Kuo-Huang, L.-L. (2015).** Effects of moist cold stratification on germination, plant growth regulators, metabolites and embryo ultrastructure in seeds of *Acer morrisonense* (*Sapindaceae*). *Plant Physiology and Biochemistry*. 94, 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.06.004>
- Cheniti-Abed, K. (2016).** Polycopie Cours de Physiologie Végétale. (Ed.), Université Ferhat Abbas Sétif 1. 59 p.
- Chidumayo, E., Okali, D., Kowero, G. et Larwanou, M. (2011).** Forêts, faune sauvage et changement climatique en Afrique. (Ed.), African Forest Forum. Nairobi Kenya. 356p. [ISBN: 978-92-9059-296-9](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.06.004)
- Côme, D. (1970).** Les obstacles à la germination. Monographies de Physiologie Végétale No. 6. (Ed.), Masson et Cie. 162 p. [ISBN: 19729701389](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.06.004)
- Côme, D. (1982).** Influence of chilling and freezing on seed quality and germination ability. (in French ; Influence de la réfrigération et de la congélation sur la qualité et l'aptitude à la germination des graines). *International Journal of Refrigeration* 5(6), 333–336. [https://doi.org/10.1016/0140-7007\(82\)90053-6](https://doi.org/10.1016/0140-7007(82)90053-6)
- Contreras-Quiroz, M., Pando-Moreno, M., Jurado, E., Flores, J., Bauk, K., et Gurvich, D.E. (2016).** Is seed hydration memory dependent on climate? Testing this hypothesis with Mexican and Argentinian cacti species. *Journal of Arid Environments*. 130, 94–97. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.03.001>
- Coulombe, L.-J., et Paquin, R. (1959).** Effets de l'acide gibberellique sur le métabolisme des plantes. *Canadian Journal of Botany*. 37(5), 897–901.
- Cousins, S.R., Witkowski, E.T.F., et Mycock, D.J. (2014).** Seed storage and germination in *Kumara plicatilis*, a tree aloe endemic to mountain fynbos in the Boland, southwestern Cape, South Africa. *South African Journal of Botany*. 94, 190–194. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2014.07.003>
- Crosaz, Y. (1995).** Chapitre 2 : Propriétés germinatives des semences. pp. 28-84.
- CTS-Arzew (2018).** Centre des Techniques Spatiales (CTS). <http://www.asal.dz/formation%20au%20CTS.php>. Dernière consultation le 20 Novembre 2018.
- D-**
- Dadibouhoun, M. (2010).** Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (Sud Est Algérien). Thèse Doctorat. Université d'Annaba. 233 p.
- Dagnelie, P. (2012).** Principes d'expérimentation : Planification des expériences et analyse de leurs résultats. (Ed.), Les presses agronomiques de Gembloux. 414 p. [ISBN: 978-2-87016-117-3](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.03.001)

- Dajoz, R. (2006).** Précis d'écologie. 8^{ème} édition. (Ed.), Dunod. 640 p. [ISBN: 978-2-10-049627-3](#)
- Danin, A. (2014).** Analytical Flora of Israel Online. URL : www.flora.org.il/en/plants
Dernière consultation le 28 Mai 2014.
- Darkoh M.B.K. (2003).** Regional perspectives on agriculture and biodiversity in the drylands of Africa. *Journal of Arid Environments*. 54 (2), 261–279. <http://dx.doi.org/10.1006/jare.2002.1089>
- De Martonne, E. (1926).** L'indice d'aridité. Bulletin de l'Association de Géographes Français 3(9), 3–5. <https://doi.org/10.3406/bagf.1926.6321>
- De Villiers, A.J., Van Rooyen, M.W., et Theron, G.K. (2002).** Germination strategies of Strandveld Succulent Karoo plant species for revegetation purposes: II. Dormancy-breaking treatments. *Seed Science and Technology*. 30(1), 35–50.
- Debeaujon, I., et Koornneef, M. (2000).** Gibberellin requirement for *Arabidopsis* seed germination is determined both by testa characteristics and embryonic abscisic acid. *Plant Physiology*. 122(2), 415–424. <https://doi.org/10.1104/pp.122.2.415>
- Debez, A., Ben Hamed, K., Grignon, C., et Abdelly, C. (2004).** Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant and Soil*. 262, 179–189. <http://dx.doi.org/10.1023/B:PLSO.0000037034.47247.67>
- Demonty, E., Fort, N., et Dixon, L. (2014).** Collection de graines: conservation et germination des plantes patrimoniales de Provence-Alpes-Côte d'Azur (Ed.) Conservatoire botanique national alpin, Gap; Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, Hyères, 152 p. [ISBN: 978-2-9511-8642-2](#)
- Derbel, S., Bouaziz, M., Dhouib, A., Sayadi, S., et Chaieb, M. (2010).** Chemical composition and biological potential of seed oil and leaf extracts of *Henophyton deserti* Coss. & Durieu. *Comptes Rendus Chimie*. 13, 473–480.
- Douh, C., Daïnou, K., Loumeto, J.J., Fayolle, A., et Doucet, J.-L. (2014).** Explorer la banque de graines du sol pour mieux comprendre la dynamique de régénération des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 18(4), 558–565.
- Dresch, J. (1939).** Structure et relief du Sahara. *L'Information Géographique* 3(3), 111–114. <https://doi.org/10.3406/ingeo.1939.4909>
- Ducerf, G., et Thiry, C. (2003).** Les plantes bio-indicatrices : guide de diagnostic des sols. (Ed.) PromoNature. France. 278 p. [ISBN: 978-2-9519258-0-9](#)

-E-

- Ekpong, B. (2009).** Effects of seed maturity, seed storage and pre-germination treatments on seed germination of cleome (*Cleome gynandra* L.). *Scientia Horticulturae*. 119(3), 236–240. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.003>
- Elham, R., Mehdi, G.S., et Hasan, A.N.B. (2011).** The effect of salinity on the growth, morphology and physiology of *Echium amoenum* Fisch. Mey. *African Journal of Biotechnology*. 10(44), 8765–8773. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2301>
- El-Keblawy, A. (2004).** Salinity effects on seed germination of the common desert range grass, *Panicum turgidum*. *Seed Science and Technology*. 32(3), 873–878. <https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.3.24>
- Emberger, L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. *Travaux de l'Institut botanique* 7, 3- 43.
- Escudero, A., Carnes, L.F., et Pérez-Garcia, F. (1997).** Seed germination of gypsophytes and gypsovags in semi-arid central Spain. *Journal of Arid Environments*. 36, 487–497.
- Espadaler, X., et Gomez, C. (2001).** Female performance in *Euphorbia characias* : effect of flower position on seed quantity and quality. *Seed Science Research*. 11, 163–172. <https://doi.org/10.1079/SSR200170>

-F-

- Fallahi, H.-R., Aghhavani-Shajari, M., Mohammadi, M., Kadkhodaei-Barkook, R., et Zareei, E. (2017).** Predicting of flixweed (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl) germination response to temperature using regression models. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 6, 131–134. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.04.005>
- Fan, S.G., Wang, Y.R., Baskin, C.C., Baskin, J.M., et Hu, X.W. (2016).** A rapid method to determine germinability and viability of *Agriophyllum squarrosum* (*Amaranthaceae*) seeds. *Seed Science and Technology*. 44(2), 410–415. <https://doi.org/10.15258/sst.2016.44.2.01>
- Faurie, C., Ferra, C., Médori, P., Dévaux, J., et Hemptinne, J.-L. (2011).** Ecologie : Approche scientifique et pratique. 6^{ème} édition. (Ed.), Lavoisier. Paris. 531 p. [ISBN: 978-2-7430-1310-3](https://doi.org/10.1017/9782743013103)
- Fenner, M., et Thompson, K. (2005).** The Ecology of Seeds. (Ed.) Cambridge University Press. UK. 261 p. [ISBN: 978-0-521-65311-4](https://doi.org/10.1017/9780521653114)
- Finch-Savage, W.E., et Leubner-Metzger, G. (2006).** Seed dormancy and the control of germination: *Tansley review*. *New Phytologist*. 171(3), 501–523. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x>

- Finkelstein, R., Reeves, W., Ariizumi, T., et Steber, C. (2008). Molecular Aspects of Seed Dormancy. *Annual Review of Plant Biology*. 59(1), 387–415. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092740>
- Flores, J., et Briones, O. (2001). Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. *Journal of Arid Environments*. 47(4), 485–497. <http://dx.doi.org/10.1006/jare.2000.0728>
- Flores, J., Pérez-Sánchez, R.M., et Jurado, E. (2017). The combined effect of water stress and temperature on seed germination of Chihuahuan Desert species. *Journal of Arid Environments*. 146, 95–98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.07.009>
- Flowers, T.J. (2004). Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*. 55(396), 307–319. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erh003>
- Flowers, T.J., et Colmer, T.D. (2015). Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. *Annals of Botany*. 115(3), 327–331. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu267>
- Foley, M.E. (2001). Seed dormancy: an update on terminology, physiological genetics, and quantitative trait loci regulating germinability. *Weed Science*. 49(3), 305–317. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0305:SDAUOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0305:SDAUOT]2.0.CO;2)
- Foley, M.E., et Chao, W.S. (2008). Growth Regulators and Chemicals Stimulate Germination of Leafy Spurge (*Euphorbia esula*) Seeds. *Weed Science*. 56(4), 516–522. <https://doi.org/10.1614/WS-07-179.1>
- G-
- García-Fayos, P., et Gasque, M. (2006). Seed vs. microsite limitation for seedling emergence in the perennial grass *Stipa tenacissima* L. (*Poaceae*). *Acta Oecologica*. 30(2), 276–282. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2006.05.003>
- Geneve, R.L. (1998). Seed dormancy in commercial vegetable and flower species. *Seed Technology*. 20(2), 236–250.
- Geneve, R.L. (2003). Impact of temperature on seed dormancy. *HortScience*. 38(3), 336–341. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.38.3.336>
- Gillespie, I.G., et Andersen, H.M. (2005). Seed germination of *Erodium macrophyllum* (*Geraniaceae*). *California Botanical Society Madroño* 52(2), 123–124. [http://dx.doi.org/10.3120/0024-9637\(2005\)52\[123:SGOEMG\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.3120/0024-9637(2005)52[123:SGOEMG]2.0.CO;2)
- Glenn, E., Stafford Smith, M., et Squires, V. (1998). On our failure to control desertification: implications for global change issues, and a research agenda for the future. *Environmental Science and Policy*. 1. 71–78.
- Global Weather Data for SWAT (2018). <https://globalweather.tamu.edu/>. Dernière consultation le 03 décembre 2018.

- Gomaa, N.H. (2012).** Soil seed bank in different habitats of the Eastern Desert of Egypt. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 19(2), 211–220. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.01.002>
- Gorai, M., El Aloui, W., Yang, X., et Neffati, M. (2014).** Toward understanding the ecological role of mucilage in seed germination of a desert shrub *Henophyton deserti*: interactive effects of temperature, salinity and osmotic stress. *Plant and Soil*. 374(1-2), 727–738.
- Guignard, J.-L., et Dupont, F. (2004).** Botanique: systématique moléculaire. 13^{ème} édition (Ed.) Masson. 284 p. [ISBN: 978-2-294-01739-1](https://doi.org/10.1007/978-2-294-01739-1)
- Gul, B., Ansari, R., Flowers, T.J., et Khan, M.A. (2013).** Germination strategies of halophyte seeds under salinity. *Environmental and Experimental Botany*. 92, 4–18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.11.006>
- Gurvich, D.E., Pérez-Sánchez, R., Bauk, K., Jurado, E., Ferrero, M.C., Funes, G., et Flores, J. (2017).** Combined effect of water potential and temperature on seed germination and seedling development of cacti from a mesic Argentine ecosystem. *Flora*. 227, 18–24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2016.12.003>
- Gutterman, Y., et Agami, M. (1987).** A comparative germination study of seeds of *Helianthemum vesicarium* Boiss. and *H. ventosum* Boiss., perennial desert shrub species inhabiting two different neighbouring habitats in the Negev desert highlands, Israel. *Journal of Arid Environments*. 12(3), 215–221. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-1963\(18\)31165-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-1963(18)31165-0)
- Gutterman, Y., et Edine, L. (1988).** Variations in seed germination of *Helianthemum vesicarium* and *H. ventosum* seeds from populations of two different altitudes in the Negev highlands, Israel. *Journal of Arid Environments*. 15(3), 261–267. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-1963\(18\)31063-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-1963(18)31063-2)
- Gutterman, Y. (1994).** Strategies of seed dispersal and germination in plants inhabiting deserts. *Botanical Review* 60(4), 373–425.
- Gutterman, Y. (2002).** MINIREVIEW: Survival adaptations and strategies of annuals occurring in the Judean and Negev Deserts of Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*. 50(3), 165–175. <http://dx.doi.org/10.1560/CD1L-0NCF-G2JC-1MHV>
- Gutterman, Y. (2012).** Seed Germination in Desert Plants. (Ed.) Springer Science & Business Media. 253 p. [ISBN: 978-3-642-75698-6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-75698-6)

-H-

- Hale, A.N., Imfeld, S.M., Hart, C.E., Gribbins, K.M., Yoder, J.A., et Collier, M.H. (2010).** Reduced Seed Germination after Pappus Removal in the North American Dandelion (*Taraxacum officinale*; Asteraceae). *Weed Science*. 58(4), 420–425. <http://dx.doi.org/10.1614/WS-D-10-00036.1>

- Halilat, M.T. (1993).** Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zone saharienne (région de Ouargla). Mém. Magister. I.N.E.S. Batna, 130 p.
- Halitim, A., (1988).** Sols des régions arides d'Algérie. Office des Publications Universitaires (OPU), Alger, 384 p.
- Hamdi-Aïssa, B., Halilat, M., et Daddi Bouhoun, M. (2001).** Gestion de l'eau pour une agriculture durable au Sahara algérien. Poster 328–331.
- Hammouda, M. A., & Bakr, Z. Y. (1969).** Some aspects of germination of desert seeds. In *Phyton-Annales Rei Botanicae*. 13, 21-23.
- Hassan, G., Tanveer, S., et Munir, M. (2006).** Studies on GA3 and KNO3 in two biotypes of *Asphodelus tenuifolius* Cav. collected from Karak and Mianwali, Pakistan. *Pakistan Journal of Weed Science Research*. 12(3), 235–242.
- Hegazy, A.K., Hammouda, O., Lovett-Doust, J., et Gomaa, N.H. (2009).** Variations of the germinable soil seed bank along the altitudinal gradient in the northwestern Red Sea region. *Acta Ecologica Sinica*. 29(1), 20–29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chnaes.2009.04.004>
- Heller, R., Esnault, R., et Lance, C. (2004).** Physiologie végétale - Tome 1, Nutrition. 6^{ème} édition (Ed.) Dunod. France. 323 p. [ISBN: 978-2-1004871-0-3](https://www.isbn-international.org/number/978-2-1004871-0-3)
- Henry, E., Cornier, T., Toussaint, B., Duhamel, F., et Blondel, C. (2011).** Guide pour l'utilisation de plantes herbacées pour la végétalisation à vocation écologique et paysagère en Région Nord-Pas de Calais. 56 p.
- Henry, P. (1951).** La germination des graines d'Elaeis. *Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale*. 31(349), 565–591. <http://dx.doi.org/10.3406/jatba.1951.6453>
- Hoareau, D. (2012).** Ecologie de la germination des espèces indigènes de La Réunion. Mém. Master. Biodiversité des Ecosystèmes Tropicaux. Université de La Réunion. 64 p.
- Hopkins, W.G. (2003).** Physiologie végétale. 1^{ère} édition (Ed.) De Boeck Université. Bruxelles. 536 p. [ISBN: 2-7445-0089-5](https://www.isbn-international.org/number/2-7445-0089-5)
- Hoyle, G.L., Kravchuk, O.Y., Daws, M.I., Adkins, S.W., et Steadman, K.J. (2011).** Replicated versus un-replicated factorial experiments for preliminary investigation of seed germination and dormancy: alternative approaches using fewer seeds. *Seed Science & Technologies*. 39(1), 93–111. <http://dx.doi.org/10.15258/sst.2011.39.1.09>
- Hu, X.W., Wu, Y.P., et Wang, Y.R. (2009).** Different requirements for physical dormancy release in two populations of *Sophora alopecuroides* relation to burial depth. *Ecological Research*. 24(5), 1051–1056. <http://dx.doi.org/10.1007/s11284-008-0580-3>

Huang, Z., Zhang, X., Zheng, G., et Gutterman, Y. (2003). Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. *Journal of Arid Environments*. 55, 453–464. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-1963\(02\)00294-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-1963(02)00294-X)

-I-

ISTA (2006). International rules for seed testing. Edition 2006. The International Seed Testing Association (ISTA). Method Validation for Seed Testing. *Bassersdorf CH-Switz*. 1, 1–70.

ISTA (2011). International Seed Testing Association - ISTA - ISTA Online - International Seed Testing Association. <https://www.seedtest.org/en/home.html> Dernière consultation le 18 février 2011.

-J-

Jaouadi, W., Hamrouni, L., Souayah, N., et Khouja, M.L. (2010). Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 14(4), 643-652.

Jaouadi, W., Mechergui, K., Hamrouni, L., Hanana, M., et Khouja, M.L. (2013). Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de trois espèces d'acacias en Tunisie. *Revue d'écologie – la Terre et la Vie*. 68(2), 133-156.

Jensch, D., et Poschlod, P. (2008). Germination ecology of two closely related taxa in the genus *Oenanche*: Fine tuning for the habitat? *Aquatic Botany*. 89(4), 345–351. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.03.013>

Joubert, D.C., et Small, J.G.C. (1982). Seed germination and dormancy of *Stipa trichotoma* (Nassella tussock). Part 1. Effect of dehulling, constant temperatures, light, oxygen, activated charcoal and storage. *South African Journal of Botany*. 1(4), 142–146. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-4618\(16\)30165-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-4618(16)30165-6)

Jurado, E., et Westoby, M. (1992). Germination biology of selected central Australian plants. *Australian Journal of Ecology*. 17(3), 341–348. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.1992.tb00816.x>

-K-

Kabar, K. (1990). Comparison of kinetin and gibberellic acid effects on seed germination under saline conditions. *Phyton (Horn, Austria)*. 30, 291–298.

Kadereit, G., Newton, R.J., et Vandeloock, F. (2017). Evolutionary ecology of fast seed germination—A case study in *Amaranthaceae* / *Chenopodiaceae*. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 29, 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ppees.2017.09.007>

- Kassahun, A., Snyman, H.A., et Smit, G.N. (2009).** Soil seed bank evaluation along a degradation gradient in arid rangelands of the Somali region, eastern Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129, 428–436. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2008.10.016>
- Kaya, M.D., Okçu, G., Atak, M., Çikili, Y., et Kolsarıcı, Ö. (2006).** Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*. 24(4), 291–295. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2005.08.001>
- Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A., et Bingham, I.J. (2003).** The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soyabean seeds. *Seed Science and Technology*. 31(3), 715–725. <http://dx.doi.org/10.15258/sst.2003.31.3.20>
- Khan, M. (1996).** Influence of salinity and temperature on the germination of *Haloxylon recurvum* Bunge ex. Boiss. *Annals of Botany*. 78(5), 547–551. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0159>
- Khan, M. (1997).** Alleviation of seed dormancy in the desert Forb *Zygophyllum simplex* L. from Pakistan. *Annals of Botany*. 80(4), 395–400. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0449>
- Khan, M.A., et Qaiser, M. (2006).** Halophytes of Pakistan: characteristics, distribution and potential economic usages. In *Sabkha Ecosystems*, M.A. Khan, B. Böer, G.S. Kust, and H.-J. Barth, (Ed.) (Dordrecht: Springer Netherlands), pp. 129–153. [ISBN: 978-94-007-7411-7](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7411-7)
- Khan, M.A., et Ungar, I.A. (1998).** Seed germination and dormancy of *Polygonum aviculare* L. as influenced by salinity, temperature, and gibberellic acid. *Seed science and technology*. 26(1), 107–117.
- Khan, M.A., et Weber, D.J. (2006).** Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants. (Ed.) Springer Science & Business Media. 399 p. [ISBN: 978-1-4020-4017-7](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4017-7)
- Khan, M.A., et Zia, S. (2007).** Alleviation of salinity effects by sodium hypochlorite on seed germination of *Limonium stocksii*. *Pakistan Journal of Botany*. 39(2), 503–511.
- Khan, M.A., Ansari, R., Gul, B., et Li, W. (2009).** Dormancy and germination responses of halophyte seeds to the application of ethylene. *Comptes Rendus Biologies*. 332(9), 806–815. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2009.05.002>
- Khan, M.A., Gul, B., et Weber, D.J. (2002).** Seed germination in the Great Basin halophyte *Salsola iberica*. *Canadian Journal of Botany*. 80(6), 650–655. <https://doi.org/10.1139/b02-046>
- Kigel, J. (1995).** Seed Development and Germination (CRC Press). 876 p. [ISBN: 978-0-8247-9229-9](https://doi.org/10.1007/978-0-8247-9229-9)

- Kirmizi, S., Güleriyüz, G., et Arslan, H. (2011).** Germination responses to GA₃ and short-time chilling of three endemic species: *Tripleurospermum pichleri*, *Cirsium leucopsis* and *Senecio olympicus* (Asteraceae): GERMINATION IN ASTERACEAE. *Plant Species Biology*. 26(1), 51–57. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2010.00302.x>
- Kleemann, S.G.L., Chauhan, B.S., et Gill, G.S. (2007).** Factors affecting seed germination of perennial wall rocket (*Diploaxis tenuifolia*) in Southern Australia. *Weed Science*. 55(5), 481–485. <https://doi.org/10.1614/WS-06-197.1>
- Kochánková, J., et Mandák, B. (2009).** How do population genetic parameters affect germination of the heterocarpic species *Atriplex tatarica* (Amaranthaceae)? *Annals of Botany*. 103(8), 1303–1313. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp073>
- Köchy, M., et Tielbörger, K. (2007).** Hydrothermal time model of germination: Parameters for 36 Mediterranean annual species based on a simplified approach. *Basic and Applied Ecology* 8, 171–182. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2006.04.002>
- Koller, D. (1957).** Germination-Regulating Mechanisms in Some Desert Seeds, IV. *Atriplex Dimorphostegia* Kar. et Kir. *Ecology*. 38(1), 1–13. <https://doi.org/10.2307/1932120>
- Konate, K. (1987).** Etude de l'influence de la température et de la lumière sur la germination des graines de *Ziziphus mauritiana* et de *Jatropha curcas* et étude des prétraitements à appliquer pour la germination des graines de *Acacia senegal*, *Bauhinia rufescens* et de *Prosopis juliflora*. Mém. Ing. Techniques du développement rural. Université de Ouagadougou - 114 p.
- Korichi, A. (2016).** Etude floristique et ethnobotanique de Chouchet Tobdji (forêt de Sénalba Chergui)-Région de Djelfa. Mém. Magister. Ecole doctorale En écologie végétale-dynamique des écosystèmes et environnement. Université de Djelfa. 100 p.
- Krichen, K., Ben Mariem, H., et Chaieb, M. (2014).** Ecophysiological requirements on seed germination of a Mediterranean perennial grass (*Stipa tenacissima* L.) under controlled temperatures and water stress. *South African Journal of Botany*. 94, 210–217. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2014.07.008>

-L-

- Le Berre M. et Ramousse R. (2003).** Les enjeux de la conservation de la biodiversité en milieu saharien. UNESCO-MAB, Paris. 1–13.
- Le Floch, É., et Aronson, J. (1995).** Écologie de la restauration. Définition de quelques concepts de base. *Natures Sciences Sociétés*. 3, 29–35. <http://dx.doi.org/10.1051/nss/199503s029>
- Le Houérou H.-N. (1990).** Définition et limites bioclimatiques du Sahara. *Sécheresse*. 1(4), 246–259.

- Leo, J. (2013).** The effect of cold stratification on germination in 28 cultural relict plant species - With the purpose of establishing germination protocols. *Swedish University of Agricultural Sciences*. 1–58.
- Lippert, W., et Podlech, D. (2001).** Gros plan sur les plantes de Méditerranée. Pour une identification sûre. (Ed.) Nathan. 254 p. [ISBN: 978-2-09-278531-7](#)
- Long, Y., Tan, D.Y., Baskin, C.C., et Baskin, J.M. (2012).** Seed dormancy and germination characteristics of *Astragalus arpilobus* (*Fabaceae*, subfamily *Papilionoideae*), a central Asian desert annual ephemeral. *South African Journal of Botany*. 83, 68–77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2012.06.010>
- Lortie, C.J., et Turkington, R. (2002).** The facilitative effects by seeds and seedlings on emergence from the seed bank of a desert annual plant community. *Écoscience* 9(1), 106–111. <http://dx.doi.org/10.1080/11956860.2002.11682696>
- Luciani, F., Cristaudo, A., et Aricò, D. (2001).** Germination ecology of three *Plantago* L. (*Plantaginaceae*) species living in a saline environment. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 135(2), 213–221. <http://dx.doi.org/10.1080/11263500112331350850>
- Luna, B., Pérez, B., Torres, I., et Moreno, J.M. (2012).** Effects of Incubation Temperature on Seed Germination of Mediterranean Plants with Different Geographical Distribution Ranges. *Folia Geobotanica*. 47(1), 17–27. <http://dx.doi.org/10.1007/s12224-011-9110-0>
- M-
- Mackenzie, A., Andy, S.B., et Virdee, S.R. (2000).** L'essentiel en Ecologie. (Ed.) Berti. Paris. 368 p. [ISBN: 978-2-911808-13-5](#)
- Mahmoud, A., EI-Sheikh, A.M., et Basit, S.A. (1983).** Germination of Six Desert Species from Riyadh District, Saudi Arabia, *Journal de l'Université King Saud*. 14(1), 5–22.
- Maraghni, M., Gorai, M., et Neffati, M. (2010).** Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. *South African Journal of Botany*. 76(3), 453–459. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2010.02.092>
- Martin, A.C. (1946).** The Comparative Internal Morphology of Seeds. *American Midland Naturalist* 36(3), 513–660. <http://dx.doi.org/10.2307/2421457>
- Marzalina, M., Wan Tarmeze, W.A., et Staines, H. (2004).** Dewinging Dipterocarp seeds. *Journal of Tropical Forest Science*. 16(4), 377–383. http://agris.upm.edu.my:8080/dspace/bitstream/0/12684/1/Dewinging_dipterocarp_seeds.pdf

- Mbaye, N., Diop, A.T., Gueye, M., Diallo, A.T., Sall, C.E., et Samb, P.I. (2002).** Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC., légumineuse fourragère. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 55(1), 47-52.
- McDonald, M.B., et Kwong, F.Y. (2005).** Flower seeds: biology and technology. (Ed.) CABI Publishing. 372 p. [ISBN: 978-2-2240-2767-4](#)
- Médail F. (2013).** Etudier la biodiversité au Sahara, une exploration inachevée.... France: Colloque Sahara. 28 et 29 novembre 2013. IMBE - Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale. URL: <http://www.imbe.fr/etudier-la-biodiversite-au-sahara.html>
- Meddour, R. (2010).** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie exemple des groupements forestiers et pré-forestiers de la Kabylie Djurdjurenne. Thèse Doctorat En Sciences Agronomiques. Option : Foresteries. Université Mouloud Mammeri De Tizi Ouzou. 230 p.
- Meyer S., Reeb C., et Bosdeveix, R. (2004).** Botanique: biologie et physiologie végétales. 2^{ème} édition (Ed.) Maloine. France. 461 p. [ISBN: 978-2-2240-2767-4](#)
- Meyer, S.E., et Monsen, S.B. (1992).** Big Sagebrush Germination Patterns: Subspecies and Population Differences. *Journal of Range Management*. 45(1), 87-93. <http://dx.doi.org/10.2307/4002533>
- Milberg, P., Andersson, L., et Thompson, K. (2000).** Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Science Research*. 10(1), 99–104. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960258500000118>
- Miransari, M., et Smith, D.L. (2014).** Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*. 99, 110–121. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005>
- Mohamed-Yasseen, Y., Barringer, S.A., Splittstoesser, W.E., et Costanza, S. (1994).** The role of seed coats in seed viability. *The Botanical Review* 60(4), 426–439. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02857926>
- Mojzes, A., et Kalapos, T. (2015).** Plant-derived smoke enhances germination of the invasive common milkweed (*Asclepias syriaca* L.). *Polish Journal of Ecology*. 63(2), 280–285. <http://dx.doi.org/10.3161/15052249PJE2015.63.2.011>
- Mombrial, F., Lambelet-Haueter, C., et Palese, R. (2016).** Manuel de fonctionnement de la Banque de semences. Laboratoire de conservation. *Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève*. 89 p.
- Monasterio, M., et Sarmiento, G. (1976).** Phenological Strategies of Plant Species in the Tropical Savanna and the Semi-Deciduous Forest of the Venezuelan Llanos. *Journal of Biogeography*. 3(4), 325-355. <http://dx.doi.org/10.2307/3037976>

- Mondoni, A., Probert, R.J., Rossi, G., Vegini, E., et Hay, F.R. (2011).** Seeds of alpine plants are short lived: implications for long-term conservation. *Annals of Botany*. 107(1), 171–179. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcq222>
- Muasya, R.M., Simiyu, J.N., Muui, C.W., Rao, N.K., Dulloo, M.E., et Gohole, L.S. (2009).** Overcoming seed dormancy in *Cleome gynandra* L. to improve germination. *Seed Technology*. 31(2), 134–143.
- Murru, D.V., Santo, D.A., Piazza, D.C., Hugot, D.L., et Bacchetta, D.G. (2015).** Seed germination, salt stress tolerance and effect of nitrate in three Tyrrhenian coastal species of the *Silene mollissima* aggregate (*Caryophyllaceae*). 1-26. <http://dx.doi.org/10.1139/cjb-2015-0148>
- N-
- N’Dri, A.A.N., Vroh-Bi, I., Kouamé, P.L., et Bi, I.A.Z. (2011).** Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines : implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire. *Sciences & Nature*. 8(1), 119-137.
- Nabors M. W. (2008).** Biologie végétale : structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies. (Ed.) Pearson Education, France. 614 p. [ISBN: 978-2-7440-7306-9](https://www.isbn-international.org/product/9782744073069)
- Narbona, E., Arista, M., et Ortiz, P.L. (2007).** Seed germination ecology of the perennial *Euphorbia boetica*, an endemic spurge of the southern Iberian Peninsula. *Annales Botanici Fennici*. 44, 276–282.
- Nedjimi, B. (2011).** Is salinity tolerance related to osmolytes accumulation in *Lygeum spartum* L. seedlings? *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 10(2), 81–87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2011.03.002>
- Nedjimi, B. (2012).** Seasonal variation in productivity, water relations and ion contents of *Atriplex halimus* spp. *schweinfurthii* grown in Chott Zehrez wetland, Algeria. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 11(1), 43–49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2011.08.002>
- Nedjraoui D. et Bédrani S. (2008).** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* 8 (1), 7–15. <http://dx.doi.org/10.4000/vertigo.5375>
- Nicolas, G., Bradford, K.J., Côme, D., et Pritchard, H.W. (2003).** The biology of seeds: recent research advances: proceedings of the Seventh International Workshop on Seeds, Salamanca, Spain. 472 p. [ISBN: 978-0-85199-653-0](https://www.isbn-international.org/product/9780851996530)
- Nin, S., Petrucci, W.A., Del Bubba, M., Ancillotti, C., et Giordani, E. (2017).** Effects of environmental factors on seed germination and seedling establishment in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). *Scientia Horticulturae*. 226, 241–249. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.049>
- Nonogaki, H., Bassel, G.W., et Bewley, J.D. (2010).** Germination—Still a mystery. *Plant Science*. 179(6), 574–581. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.02.010>

-O-

- Ochuodho, J.O., et Modi, A.T. (2005).** Temperature and light requirements for the germination of *Cleome gynandra* seeds. *South African Journal of Plant and Soil*. 22(1), 49–54. <http://dx.doi.org/10.1080/02571862.2005.10634680>
- OSS. (2003).** Observatoire du Sahara et du Sahel : Rapport de synthèse sur le système aquifère du Sahara Septentrional. 148 p. [ISBN: 9973-856-03-1](https://www.isbn-international.org/number/9973-856-03-1)
- Ouhaddach, M., Mouhssine, F., Hmouni, D., ElYacoubi, H., Zidane, L., et Douaik, A. (2014).** Effet du Chlorure de Sodium (NaCl) sur les Paramètres de Germination du blé Tendre (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Scientific Research*. 127(3) 298-310.
- Ould El Hadj M.D., Hadj-Mahammed M. et Zabeirou H. (2003a).** Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara septentrional Est). *Courrier du savoir*. Université Mohamed Khider – Biskra, Algérie (3) : 47–51.
- Ould El Hadj, M. (2004).** Le problème acridien au Sahara algérien. Thèse Doctorat Etat. Université INA – El Harrach. 276 p.
- Ould El Hadj, M.D, Hadj-Mahammed, M., Zabeirou, H., et Chehma, A. (2003b).** Importance des plantes spontanées médicinales dans la pharmacopée traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara septentrional-Est algérien). *Sciences & Technologie*. Université Mentouri–Constantine, Algérie C 20. 73–78.
- Ourcival, J.M., Floret, C., Le Floc’h, E., et Pontanie, R. (1994).** Water relations between two perennial species in the steppes of southern Tunisia. *Journal of Arid Environments*. 28, 333–350.
- Ozenda P. (1977).** Flore du Sahara septentrional et central. 1^{ière} édition. (Ed.), Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Paris, 622 p. [ISBN: 978-2-222-00292-5](https://www.isbn-international.org/number/978-2-222-00292-5)
- Ozenda P. (1991).** Flore et végétation du Sahara. 2^{ème} édition. (Ed.), Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Paris, 662 p. [ISBN: 978-2-222-04614-1](https://www.isbn-international.org/number/978-2-222-04614-1)
- Ozenda P. (2004).** Flore et végétation du Sahara. 3^{ème} édition. (Ed.), Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Paris, 680 p. [ISBN: 978-2-271-06230-7](https://www.isbn-international.org/number/978-2-271-06230-7)

-P-

- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., et Alewell, C. (2015).** The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*. 54, 438–447. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>
- Panuccio, M.R., Jacobsen, S.E., Akhtar, S.S., et Muscolo, A. (2014).** Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB PLANTS*. 6, 1–18. <http://dx.doi.org/10.1093/aobpla/plu047>

- Papafotiou, M., Triandaphyllou, N., et Chronopoulos, J. (2000).** Studies on propagation of species of the xerophytic vegetation of Greece with potential floricultural use. *Acta Horticulturae*. 541, 269–272. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.541.40>
- Parida, A.K., et Das, A.B. (2005).** Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 60(3), 324–349. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>
- Paspatis, E.A. (1990).** Effects of external application of gibberellic acid (GA₃) on yield and nitrate content of spinach. *Zizaniology*. 2(3), 161–166.
- Patel, N.T., Vaghela, P.M., Patel, A.D., et Pandey, A.N. (2011).** Implications of calcium nutrition on the response of *Caesalpinia crista* (Fabaceae) to soil salinity. *Acta Ecologica Sinica*. 31(1), 24–30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chnaes.2010.11.004>
- Penfield, S. (2017).** Seed dormancy and germination. *Current Biology*. 27(17), 874–878. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.050>
- Pérez-García, F. (2008).** Effect of cryopreservation, gibberellic acid and mechanical scarification on the seed germination of eight endemic species from the Canary Islands. *Seed Science and Technology*. 36(1), 237–242. <http://dx.doi.org/10.15258/sst.2008.36.1.29>
- Pérez-García, F., et González-Benito, M.E. (2006).** Seed germination of five *Helianthemum* species: Effect of temperature and presowing treatments. *Journal of Arid Environments*. 65(4), 688–693. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.10.008>
- Pérez-Sánchez, R.M., Jurado, E., Chapa-Vargas, L., et Flores, J. (2011).** Seed germination of Southern Chihuahuan Desert plants in response to elevated temperatures. *Journal of Arid Environments*. 75(10), 978–980. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.04.020>
- Plummer, J., et Bell, D. (1995).** The effect of temperature, light and gibberellic acid (GA₃) on the germination of Australian everlasting daisies (*Asteraceae*, Tribe *Imuleae*). *Australian Journal of Botany*. 43(1), 93–102. <http://dx.doi.org/10.1071/BT9950093>
- Pouget, M. (1980).** Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-Algéroises. (Ed.) Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), Paris. 569p.
- Prévost, P. (2016).** Les bases de l'agriculture. 4^{ème} édition. (Ed.), Lavoisier, 290 p. [ISBN: 978-2-7430-2142-9](http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.04.020)

-Q-

- Quézel P. et Santa S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I, (Ed.) Centre national de la recherche scientifique, Paris. pp. 1-570.

Quézel P. et Santa S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II, (Ed.) Centre national de la recherche scientifique, Paris. pp. 571-1170.

-R-

Rahimi, A. (2013). Seed priming improves the germination performance of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under temperature and water stress. *Industrial Crops and Products*. 42, 454–460. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.026>

Ranal, M.A., et Santana, D.G. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasilia Botânica* 29(1), 1–11. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>

Ranal, M.A., Santana, D.G., Ferreira, W.R., et Mendes-Rodrigues, C. (2009). Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. *Revista Brasileira de Botânica*. 32(4), 849–855.

Rao, N.K., Hanson, J., Dulloo, M.E., et Ghosh, K. (2006). Manipulation des semences. (Ed.), Bioversity International. 181 p. [ISBN: 978-92-9043-741-3](http://www.bioversityinternational.org/978-92-9043-741-3)

Réf. Eléc. 01 : <http://www.sahara-nature.com>. Dernière consultation le 17 Novembre 2016.

Ren, X.-X., Xue, J.-Q., Wang, S.-L., Xue, Y.-Q., Zhang, P., Jiang, H.-D., et Zhang, X.-X. (2017). Proteomic analysis of tree peony (*Paeonia ostii* 'Feng Dan') seed germination affected by low temperature. *Journal of Plant Physiology*. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.12.016>

Rollin, P. (1964). Remarques concernant l'action de la lumière sur la germination. *Canadian Journal of Botany*. 42, 463–471.

Rouvillois-Brigol, M. (1975). Le Pays de Ouargla, Sahara algérien: variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. 3ème édition. (Ed.), Département de géographie de l'Université de Paris-Sorbonne. 389 p. [ISBN : 2-88074-502-0](http://www.persee.fr/doc/geo_0000_1975__3_0_0)

-S-

Sakçali, M.S., et Serin, M. (2009). Seed germination behaviour of *Diploptaxis tenuifolia*. *EurAsian Journal of BioSciences*. 3. 107–112. <https://doi.org/10.5053/ejobios.2009.3.0.14>

Schütz, W., et Milberg, P. (1997). Seed germination in *Launaea arborescens*: a continuously flowering semi-desert shrub. *Journal of Arid Environments*. 36(1), 113–122. <https://doi.org/10.1006/jare.1996.0201>

Senoussi A. et Bensemaoune Y. (2011). Les parcours sahariens entre usage et enjeu! Cas de la région de Ghardaïa. *Algerian journal of arid environment*. 1(1), 37–49. [ISSN-2170-1318](http://www.algeriajournal.com/ISSN-2170-1318)

- Severino, L.S., Cordoba G., O.J., Zanotto, M.D., et Auld, D.L. (2012).** The influence of the caruncle on the germination of castor seed under high salinity or low soil water content. *Seed Science and Technology*. 40(1), 139–143. <https://doi.org/10.15258/sst.2012.40.1.18>
- Smiris, P., Pipinis, E., Aslanidou, M., Mavrokordopoulou, O., Milios, E., et Kouridakis, A. (2006).** Germination study on *Arbutus unedo* L. (*Ericaceae*) and *Podocytisus caramanicus* Boiss. & Heldr. (*Fabaceae*). *Journal of Biological Research*. 5, 85–91.
- Snyman, H.A. (2003).** Short-term response of rangeland following an unplanned fire in terms of soil characteristics in a semi-arid climate of South Africa. *Journal of Arid Environments*. 55(1), 160–180. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(02\)00252-5](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(02)00252-5)
- Soltani, E., Ghaderi-Far, F., Baskin, C.C., et Baskin, J.M. (2015).** Problems with using mean germination time to calculate rate of seed germination. *Australian Journal of Botany*. 63(8), 631–635. <https://doi.org/10.1071/BT15133>
- Sosa, L., Llanes, A., Reinoso, H., Reginato, M., et Luna, V. (2005).** Osmotic and Specific Ion Effects on the Germination of *Prosopis strombulifera*. *Annals of Botany*. 96(2), 261–267. <https://doi.org/10.1093/aob/mci173>
- Spichiger R.-E., Savolainen V.V., Figeat-Hug M., et Jeanmonod D. (2004).** Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. 3^{ème} édition. (Ed.), Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR). 413 p. [ISBN: 2-88074-502-0](https://doi.org/10.1093/aob/mci173)
- Srinivasarao, C., Soni, A., Dulloo, M.E., et Naithani, S.C. (2010).** Overcoming physiological dormancy in *Ceropegia odorata* seeds, an endangered rare species, with GA₃, H₂O₂ and KNO₃. *Seed Science and Technology*. 38(2), 341–347. <https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.2.07>
- Stamp, N.E. (1990).** Production and effect of seed size in a grassland annual (*Erodium brachycarpum*, *Geraniaceae*). *American Journal of Botany*. 77(7), 874–882. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1990.tb15182.x>
- Sweedman, L. et Merritt, D. (2006).** Australian Seeds: A Guide to Their Collection, Identification and Biology. (Ed.), CSIRO Publishing, 258p. [ISBN: 0-643-09298-6](https://doi.org/10.1093/aob/mci173)
- T-
- Taghvaei, M., Khaef, N., et Sadeghi, H. (2012).** The effects of salt stress and prime on germination improvement and seedling growth of *Calotropis procera* L. seeds. *Journal of Ecology and Environment*. 35(2), 73–78. <https://doi.org/10.5141/JEFB.2012.011>
- Tanveer, A., Sibtain, M., Javaid, M.M., et Ali, H.H. (2014).** Germination ecology of wild onion: a rainfed crop weed. *Planta Daninha*. 32(1), 69–80. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000100008>

- Telli A., Esnault M.-A., et Ould El Hadj Khelil A. (2016).** An ethnopharmacological survey of plants used in traditional diabetes treatment in south-eastern Algeria (Ouargla province). *Journal of Arid Environnements*. 127, 82–92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.11.005>
- Thanos, C.A., et Doussi, M.A. (1995).** Ecophysiology of seed germination in endemic labiates of Crete. *Israel journal of plant sciences*. 43, 227–237.
- Thanos, C.A., Georghiou, K., et Skarou, F. (1989).** *Glaucium flavum* seed germination - an Ecophysiological approach. *Annals of Botany*. 63(1), 121–130. <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087714>
- Thanos, C.A., Kadis, C.C., et Skarou, F. (1995).** Ecophysiology of germination in the aromatic plants thyme, savory and oregano (*Labiatae*). *Seed Science Research*. 5(3), 161–170. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960258500002786>
- Thompson, P.A. (1970).** Germination of Species of Caryophyllaceae in Relation to their Geographical Distribution in Europe. *Annals of Botany*. 34(2), 427–449. <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084381>
- Tian, M.-H., Tang, A.-J., et Song, S.-Q. (2007).** The effects of temperature and osmotic stress on the germination of *Scorzonera pusilla* (*Compositae*) seeds. *Acta Botanica Yunnanica*. 682–686.
- Tielbörger, K., et Prasse, R. (2009).** Do seeds sense each other? Testing for density-dependent germination in desert perennial plants. *Oikos*. 118(5), 792–800. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.17175.x>
- Tigabu, M., et Oden, P.C. (2001).** Effect of scarification, gibberellic acid and temperature on seed germination of two multipurpose *Albizia* species from Ethiopia. *Seed science and technology*. 29(1), 11–20.
- Tlig, T., Gorai, M., et Neffati, M. (2008).** Germination responses of *Diploaxis harra* to temperature and salinity. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 203(5), 421–428. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2007.07.002>
- Toumi M., Barris S., Seghiri M., Cheriguene H., et Aid F. (2017).** Effet de plusieurs méthodes de scarification et du stress osmotique sur la germination des graines de *Robinia pseudoacacia* L. *Comptes Rendus Biologies*. 340, 264–270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2017.02.002>
- Toutain, G., (1977).** Elément de l'agronomie saharienne. (Ed.), Cellule de zone aride. Paris. 277 p.
- U-
- Ungar, I.A. (1995).** Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. In *Seed Development and Germination*, (Kigel J, Galili G, (Eds). Marcel Dekker, New York), pp. 599–628.

- Ungar, I.A. (1996).** Effect of Salinity on Seed Germination, Growth, and Ion Accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). *American Journal of Botany*. 83(5), 604–607.
- Ungar, I.A. (2017).** Seed germination and seed-bank ecology in halophytes. In *Seed Development and Germination*. (Ed.), Routledge, pp. 599–628.
- Uphof, J.C.TH. (1941).** Halophytes. *The Botanical Review*. VII (1), 1–58.

-V-

- Valicourt, B. (2000).** Mauritanie. (Ed) Marcus, Paris. 100 p. [ISBN : 2-7131-0153-0](#)
- Vandelook, F., Bolle, N., et Van Assche, J.A. (2009).** Morphological and physiological dormancy in seeds of *Aegopodium podagraria* (Apiaceae) broken successively during cold stratification. *Seed Science Research*. 19(2), 115–123. <http://dx.doi.org/10.1017/S0960258509301075>
- Vandelook, F., Van de Moer, D., et Van Assche, J.A. (2008).** Environmental signals for seed germination reflect habitat adaptations in four temperate *Caryophyllaceae*. *Functional Ecology*. 22(3), 470–478. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01385.x>
- Veiga-Barbosa, L., et Pérez-García, F. (2014).** Germination of mucilaginous seeds of *Plantago albicans* (Plantaginaceae): effects of temperature, light, pre-sowing treatments, osmotic stress and salinity. *Australian Journal of Botany*. 62(2), 141–149. <https://doi.org/10.1071/BT14034>

-W-

- Walck, J.L., Hidayati, S.N., et Okagami, N. (2002).** Seed germination ecophysiology of the Asian species *Osmorhiza aristata* (Apiaceae): comparison with its North American congeners and implications for evolution of types of dormancy. *American Journal of Botany*. 89(5), 829–835. <https://doi.org/10.3732/ajb.89.5.829>
- Wang, J., Baskin, J.M., Baskin, C.C., Liu, G., Yang, X., et Huang, Z. (2017).** Seed dormancy and germination of the medicinal holoparasitic plant *Cistanche deserticola* from the cold desert of northwest China. *Plant Physiology and Biochemistry*. 115, 279–285. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.04.010>
- Ward, D. (2009).** The biology of deserts. (Ed.) Oxford University Press. New York. 339 p. [ISBN: 978-0-19-921146-3](#)
- Wei, Y., Dong, M., Huang, Z., et Tan, D. (2008).** Factors influencing seed germination of *Salsola affinis* (Chenopodiaceae), a dominant annual halophyte inhabiting the deserts of Xinjiang, China. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 203(2), 134–140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2007.02.003>

Wesonga, J.M., Losenge, T., Ndung'u, C.K., Ngamau, K., Njoroge, J.B.M., Ombwara, F.K., Agong, S.G., Fricke, A., Hau, B., et Stützel, H. (2002). Proceedings of the Second Horticulture Seminar on Sustainable Horticultural Production in the Tropics. (Ed.) Department of Horticulture, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology. 137 p. [ISBN: 9966-923-27-6](#)

-X-

Xia, Q., Maharajah, P., Cueff, G., Rajjou, L., Prodhomme, D., Gibon, Y., Bailly, C., Corbineau, F., Meimoun, P., et El-Maarouf-Bouteau, H. (2018). Integrating proteomics and enzymatic profiling to decipher seed metabolism affected by temperature in seed dormancy and germination. *Plant Science*. 269, 118–125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.01.014>

-Y-

Ye, Y., Tam, N.F.-Y., Lu, C.-Y., et Wong, Y.-S. (2005). Effects of salinity on germination, seedling growth and physiology of three salt-secreting mangrove species. *Aquatic Botany*. 83(3), 193–205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2005.06.006>

Yildiz, M., Cenkci, S., et Kargiöglu, M. (2008). Effects of salinity, temperature, and light on seed germination in two Turkish endemic halophytes, *Limonium iconicum* and *L. lilacinum* (Plumbaginaceae). *Seed Science and Technology*. 36(3), 646–656. <http://dx.doi.org/10.15258/sst.2008.36.3.14>

Youcef, F., Hamdi Aissa, B., Bouhadja, M., et Lamini, K. (2014). Sur l'origine des croûtes gypseuses du Sahara Septentrional Algérien: cas de la région de Ouargla. *Algerian Journal of Arid Environment*. 4(2), 41-49.

-Z-

Zaman, S., Padmesh, S., et Tawfiq, H. (2009). Effect of pre-germination treatments on seed germination of *Helianthemum lippii* (L.) Dum.Cours. *Desert Plants*. 25(2), 18–23.

Zhao, L.-L., Mo, B.-T., Wang, P.-C., Zhang, Y., et Long, Z.-F. (2015). Relationship of *Sophora davidii* seed size to germination, dormancy, and mortality under water stress. *South African Journal of Botany*. 99, 12–16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2015.03.181>

Zheng, X.-F., Chen, W., Wang, J.-H., Peng, Y.-J., et Zhang, Y. (2011). Effect of cold stratification and dry storage at room temperature on seed germination of four herbaceous species of *Zygophyllaceae*. *Agricultural Research in the Arid Areas*. 4.

Zhou, J., Kulkarni, M.G., Huang, L.-Q., Guo, L.-P., et Van Staden, J. (2012). Effects of temperature, light, nutrients and smoke-water on seed germination and seedling growth of *Astragalus membranaceus*, *Panax notoginseng* and *Magnolia officinalis* — Highly traded Chinese medicinal plants. *South African Journal of Botany*. 79, 62–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2011.11.004>

- Zia, S., et Khan, M.A. (2004).** Effect of light, salinity, and temperature on seed germination of *Limonium stocksii*. *Canadian Journal of Botany*. 82(2), 151–157. <http://dx.doi.org/10.1139/b03-118>
- Zouhaier, B., Najla, T., Abdallah, A., Wahbi, D., Wided, C., Chedly, A., et Abderrazak, S. (2015).** Salt stress response in the halophyte *Limoniastrum guyonianum* Boiss. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 217, 1–9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2015.09.003>

Annexes

Annexes

Annexe 01 : Analyse de la variance pour le pourcentage moyen de la germination (PMG) des graines sous l'effet de la température.

Variable dépendante : PMG

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	3155089,696 ^a	911	3463,326	8,282	,000
Constante	1744050,764	1	1744050,764	4170,487	,000
Famille	1033456,721	18	57414,262	137,293	,000
Température	402366,004	7	57480,858	137,452	,000
Temps	121370,870	5	24274,174	58,046	,000
Famille * Température	1128392,046	126	8955,492	21,415	,000
Famille * Temps	69594,570	90	773,273	1,849	,000
Température * Temps	14493,182	35	414,091	,990	,485
Famille * Température * Temps	82154,913	630	130,405	,312	1,000
Erreur	2388694,330	5712	418,189		
Total	8097154,000	6624			
Total corrigé	5543784,027	6623			

a. R-deux = ,569 (R-deux ajusté = ,500)

Annexe 02 : Analyse de la variance pour le temps moyen de la germination (TMG) des graines sous l'effet de la température.

Variable dépendante : TMG

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	987676,007 ^a	911	1084,167	7,810	,000
Constante	527030,544	1	527030,544	3796,757	,000
Famille	313281,415	18	17404,523	125,383	,000
Température	113046,433	7	16149,490	116,342	,000
Temps	5618,569	5	1123,714	8,095	,000
Famille * Température	340368,893	126	2701,340	19,461	,000
Famille * Temps	16450,463	90	182,783	1,317	,025
Température * Temps	49384,359	35	1410,982	10,165	,000
Famille * Température * Temps	61962,338	630	98,353	,709	1,000
Erreur	792886,752	5712	138,811		
Total	2550247,000	6624			
Total corrigé	1780562,760	6623			

a. R-deux = ,555 (R-deux ajusté = ,484)

Annexe 03 : Analyse de la variance pour le pourcentage moyen de la germination (PMG) des graines sous l'effet de la salinité.

Variable dépendante : PMG

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	2721520,379 ^a	683	3984,656	15,042	,000
Constante	1280522,329	1	1280522,329	4833,812	,000
Famille	784979,611	18	43609,978	164,622	,000
Salinité	523209,533	5	104641,907	395,010	,000
Temps	250100,074	5	50020,015	188,819	,000
Famille * Salinité	365952,349	90	4066,137	15,349	,000
Famille * Temps	152593,380	90	1695,482	6,400	,000
Salinité * Temps	61593,576	25	2463,743	9,300	,000
Famille * Salinité * Temps	68839,027	450	152,976	,577	1,000
Erreur	1134871,916	4284	264,909		
Total	5672751,000	4968			
Total corrigé	3856392,294	4967			

a. R-deux = ,706 (R-deux ajusté = ,659)

Annexe 04 : Analyse de la variance pour le temps moyen de la germination (TMG) des graines sous l'effet de la salinité.

Variable dépendante : TMG

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	845788,674 ^a	683	1238,344	12,388	,000
Constante	384106,257	1	384106,257	3842,348	,000
Famille	233716,323	18	12984,240	129,886	,000
Salinité	154612,715	5	30922,543	309,329	,000
Temps	56010,376	5	11202,075	112,058	,000
Famille * Salinité	110839,771	90	1231,553	12,320	,000
Famille * Temps	69535,669	90	772,619	7,729	,000
Salinité * Temps	14025,922	25	561,037	5,612	,000
Famille * Salinité * Temps	52225,932	450	116,058	1,161	,014
Erreur	428256,652	4284	99,967		
Total	1816112,000	4968			
Total corrigé	1274045,326	4967			

a. R-deux = ,664 (R-deux ajusté = ,610)

Annexe 05 : Analyse de la variance pour le pourcentage moyen de la germination (PMG) des graines sous l'effet de la lumière.

Variable dépendante : PMG

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	1017744,566 ^a	227	4483,456	8,529	,000
Constante	680524,524	1	680524,524	1294,507	,000
Famille	686627,244	18	38145,958	72,562	,000
Lumière	10690,407	1	10690,407	20,335	,000
Temps	64595,742	5	12919,148	24,575	,000
Famille * Lumière	164167,537	18	9120,419	17,349	,000
Famille * Temps	36469,874	90	405,221	,771	,943
Lumière * Temps	897,741	5	179,548	,342	,888
Famille * Lumière * Temps	7977,387	90	88,638	,169	1,000
Erreur	750702,211	1428	525,702		
Total	3015687,000	1656			
Total corrigé	1768446,777	1655			

a. R-deux = ,576 (R-deux ajusté = ,508)

Annexe 06 : Analyse de la variance pour le temps moyen de la germination (TMG) des graines sous l'effet de la lumière.

Variable dépendante : TMG

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	309051,818 ^a	227	1361,462	7,647	,000
Constante	201540,503	1	201540,503	1131,952	,000
Famille	195713,614	18	10872,979	61,068	,000
Lumière	3160,872	1	3160,872	17,753	,000
Temps	15127,872	5	3025,574	16,993	,000
Famille * Lumière	45977,884	18	2554,327	14,346	,000
Famille * Temps	27864,588	90	309,607	1,739	,000
Lumière * Temps	317,813	5	63,563	,357	,878
Famille * Lumière * Temps	12190,575	90	135,451	,761	,952
Erreur	254250,875	1428	178,047		
Total	933686,000	1656			
Total corrigé	563302,693	1655			

a. R-deux = ,549 (R-deux ajusté = ,477)

Annexe 07 : Analyse de la variance pour le pourcentage moyen de la germination (PMG) des graines sous l'effet du traitement par le froid.

Variable dépendante : PMG

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	1239321,432 ^a	227	5459,566	10,125	,000
Constante	1577837,969	1	1577837,969	2926,171	,000
Famille	865530,718	18	48085,040	89,176	,000
Froid	40372,535	1	40372,535	74,873	,000
Temps	103028,406	5	20605,681	38,214	,000
Famille * Froid	96218,748	18	5345,486	9,913	,000
Famille * Temps	53451,159	90	593,902	1,101	,248
Froid * Temps	11360,511	5	2272,102	4,214	,001
Famille * Froid * Temps	8477,970	90	94,200	,175	1,000
Erreur	770000,391	1428	539,216		
Total	4425426,000	1656			
Total corrigé	2009321,824	1655			

a. R-deux = ,617 (R-deux ajusté = ,556)

Annexe 08 : Analyse de la variance pour le temps moyen de la germination (TMG) des graines sous l'effet du traitement par le froid.

Variable dépendante : TMG

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	188585,398 ^a	227	830,773	18,574	,000
Constante	59484,161	1	59484,161	1329,927	,000
Famille	31846,169	18	1769,232	39,556	,000
Froid	1912,099	1	1912,099	42,750	,000
Temps	63717,450	5	12743,490	284,915	,000
Famille * Froid	3587,187	18	199,288	4,456	,000
Famille * Temps	37749,283	90	419,436	9,378	,000
Froid * Temps	6356,403	5	1271,281	28,423	,000
Famille * Froid * Temps	7012,784	90	77,920	1,742	,000
Erreur	63870,708	1428	44,727		
Total	343696,000	1656			
Total corrigé	252456,106	1655			

a. R-deux = ,747 (R-deux ajusté = ,707)

Annexe 09 : Analyse de la variance pour le pourcentage moyen de la germination (PMG) des graines sous l'effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃).

Variable dépendante : PMG

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	2976665,579 ^a	569	5231,398	8,772	,000
Constante	3799506,039	1	3799506,039	6371,307	,000
Famille	1074398,968	18	59688,832	100,091	,000
AG ₃	91993,291	4	22998,323	38,565	,000
Temps	328426,756	5	65685,351	110,146	,000
Famille * AG ₃	937532,260	72	13021,281	21,835	,000
Famille * Temps	93458,508	90	1038,428	1,741	,000
AG ₃ * Temps	7895,569	20	394,778	,662	,866
Famille * AG ₃ * Temps	82281,103	360	228,559	,383	1,000
Erreur	2128956,603	3570	596,346		
Total	10891179,000	4140			
Total corrigé	5105622,182	4139			

a. R-deux = ,583 (R-deux ajusté = ,517)

Annexe 10 : Analyse de la variance pour le temps moyen de la germination (TMG) des graines sous l'effet du traitement par l'acide gibbérellique (GA₃).

Variable dépendante : GMT

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	786862,026 ^a	569	1382,886	7,910	,000
Constante	1126171,218	1	1126171,218	6441,939	,000
Famille	319073,355	18	17726,298	101,398	,000
AG ₃	24028,908	4	6007,227	34,363	,000
Temps	32716,387	5	6543,277	37,429	,000
Famille * AG ₃	279902,309	72	3887,532	22,238	,000
Famille * Temps	12647,892	90	140,532	,804	,911
AG ₃ * Temps	18310,795	20	915,540	5,237	,000
Famille * AG ₃ * Temps	25359,271	360	70,442	,403	1,000
Erreur	624102,637	3570	174,819		
Total	3122462,000	4140			
Total corrigé	1410964,663	4139			

a. R-deux = ,558 (R-deux ajusté = ,487)

Table des matières

Dédicaces	III
Remerciements	IV
RESUME	V
ملخص	VI
ABSTRACT	VII
Sigles et Acronymes	VIII
Liste des tableaux	IX
Liste des figures	X
Liste des photos	XVIII
Sommaire	XXI
Introduction générale : Contexte, objectifs et démarches	01
Introduction générale	02
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	05
1.- La germination	06
1.1.- Définition	06
1.2.- Conditions de la germination	07
1.2.1.- Conditions internes	08
1.2.1.1.- Maturité des graines	08
1.2.1.2.- Longivité des graines	08
1.2.2.- Conditions externes	09
1.2.2.1.- L'eau	09
1.2.2.2.- L'oxygène	09
1.2.2.3.- La température	09

1.2.2.4.- La lumière	09
1.3.- Types de germination	10
1.3.1.- Germination épigée	10
1.3.2.- Germination hypogée	10
1.4.- Phases de germination	11
2.- Le stress : effets et stratégies d'adaptation	12
2.1.- Stress hydrique	12
2.2.- Stress thermique	13
2.3.- Stress salin	13
3.- La dormance	14
3.1.- Types de dormance	15
3.1.1.- Selon la chronologie : Primaire et secondaire	15
3.1.2.- Selon la source : Endogène et exogène	16
3.1.3.- Selon le mécanisme : Physiologique et morphologique	17
3.2.- Levée de dormance	17
3.2.1.- Scarification	18
3.2.1.1.- Scarification chimique	18
3.2.1.2.- Scarification mécanique	18
3.2.1.3.- Scarification physique	18
3.2.2.- <i>Prechilling</i> (Scarification au froid)	19
3.2.3.- Scarification chaude, estivation, <i>preheating</i> ou <i>warning</i>	19
3.2.4.- Hormones ou autre molécules	19
3.2.4.1.- Gibbérillines	20
3.2.4.2.- Ethylène	20
3.2.4.3.- Nitrate de potassium	20

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL & METHODES	21
Chapitre 1 : Description générale de la zone d'étude	22
1.- Aspects géographiques	23
1.1.- Limites territoriales naturelles	23
1.2.- Localisation de la zone d'étude	23
2.- Cadre physique et biotique	24
2.1.- Géomorphologie	24
2.1.1.- Les <i>Hamadas</i>	25
2.1.2.- Les formations sableuses	25
2.1.3.- Les étendues alluviales	25
2.1.4.- Les <i>Sebkhas</i>	25
2.2.- Pédologie	26
2.3.- Hydrologie	27
3.- Caractéristiques climatiques	28
3.1.- Températures	29
3.2.- Précipitations	30
3.3.- Humidité relative de l'air	30
3.4.- Ensoleillement	30
4.- Classification bioclimatique	30
4.1.- Indice d'aridité de De Martonne	30
4.2.- Diagramme ombrothermique de Gaussen	31
4.3.- Climagramme pluviométrique d'Emberger	32
Chapitre 2 : Méthodes d'étude	34
1.- Sur terrain	35
1.1.- Collecte des graines	35

2.- Travaux au laboratoire	36
2.1.- Identification des espèces rencontrées	36
2.2.- Caractérisation morphologique des graines	37
2.3.- Etude de l'effet de quelques facteurs abiotiques sur la germination	37
2.3.1.- Choix des espèces	37
2.3.2.- Traitement des semences avant germination	38
2.3.2.1.- Nettoyage des graines	38
2.3.2.2.- Désinfection des graines	39
2.3.2.3.- Vérification des graines pour la présence d'embryens	39
2.3.2.4.- Test Tétrazolium	39
2.3.2.5.- Vérification de l'imbibition de l'eau	40
2.3.3.- Mise en germination	40
2.3.3.1.- Effet de la température	42
2.3.3.2.- Effet de la salinité	43
2.3.3.3.- Effet de la lumière	44
2.4.- Essai de levée de la dormance	45
2.4.1.- Traitement par le froid (Scarification froide, vernalisation ou <i>prechilling</i>)	45
2.4.2.- Traitement par gibbérolines	45
2.5.- Suivi des essais	46
3.- Analyses statistiques et paramètres étudiés	47
TROISIEME PARTIE : RESULTATS & DISCUSSIONS	49
Chapitre 1 : Caractérisation morphologique des graines	50
1.- Inventaire de la flore spontanée de la région d'étude	51
2.- Description des familles inventoriées	55
3.- Description des espèces inventoriées	56

3.1.- <i>Agathophora alopecuroides</i> (Delile) Fenzl ex Bunge	57
3.1.1.- Biologie – Ecologie	57
3.1.2.- Description du fruit.....	57
3.1.3.- Description de la graine.....	57
3.2.- <i>Ammodaucus leucotrichus</i> Coss.	58
3.2.1.- Biologie – Ecologie	58
3.2.2.- Description du fruit.....	58
3.2.3.- Description de la graine.....	58
3.3.- <i>Argyrolobium uniflorum</i> (Dc) Jaub. & Spach.....	59
3.3.1.- Biologie – Ecologie.....	59
3.3.2.- Description du fruit.....	59
3.3.3.- Description de la graine.....	59
3.4.- <i>Aristida adscensionis</i> L.....	60
3.4.1.- Biologie – Ecologie.....	60
3.4.2.- Description du fruit.....	60
3.4.3.- Description de la graine.....	60
3.5.- <i>Asphodelus tenuifolius</i> Cav.....	61
3.5.1.- Biologie – Ecologie.....	61
3.5.2.- Description du fruit.....	61
3.5.3.- Description de la graine.....	61
3.6.- <i>Astragalus boeticus</i> L.....	62
3.6.1.- Biologie – Ecologie	62
3.6.2.- Description du fruit.....	62
3.6.3.- Description de la graine.....	62

3.7.-	<i>Astragalus gombo</i> Bunge	63
3.7.1.-	Biologie – Ecologie	63
3.7.2.-	Description du fruit	63
3.7.3.-	Description de la graine	63
3.8.-	<i>Astragalus mareoticus</i> Delile	64
3.8.1.-	Biologie – Ecologie	64
3.8.2.-	Description du fruit	64
3.8.3.-	Description de la graine	64
3.9.-	<i>Atractylis delicatula</i> Batt. ex L. Chevall.	65
3.9.1.-	Biologie – Ecologie	65
3.9.2.-	Description du fruit	65
3.9.3.-	Description de la graine	65
3.10.-	<i>Atriplex dimorphostegia</i> Kar. & Kir.	66
3.10.1.-	Biologie – Ecologie	66
3.10.2.-	Description du fruit	66
3.10.3.-	Description de la graine	66
3.11.-	<i>Bassia muricata</i> (L.) Asch.	67
3.11.1.-	Biologie – Ecologie	67
3.11.2.-	Description du fruit	67
3.11.3.-	Description de la graine	67
3.12.-	<i>Brocchia cinerea</i> (Delile) Vis.	68
3.12.1.-	Biologie – Ecologie	68
3.12.2.-	Description du fruit	68
3.12.3.-	Description de la graine	68

3.13.-	<i>Centaurea pungens</i> Pomel.	69
3.13.1.-	Biologie – Ecologie	69
3.13.2.-	Description du fruit	69
3.13.3.-	Description de la graine	69
3.14.-	<i>Centropodia forsskalii</i> (Vahl) Cope	70
3.14.1.-	Biologie – Ecologie	70
3.14.2.-	Description du fruit	70
3.14.3.-	Description de la graine	70
3.15.-	<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	71
3.15.1.-	Biologie – Ecologie	71
3.15.2.-	Description du fruit	71
3.15.3.-	Description de la graine	71
3.16.-	<i>Cleome africana</i> Botsch.	72
3.16.1.-	Biologie – Ecologie	72
3.16.2.-	Description du fruit	72
3.16.3.-	Description de la graine	72
3.17.-	<i>Cornulaca monacantha</i> Delile	73
3.17.1.-	Biologie – Ecologie	73
3.17.2.-	Description du fruit	73
3.17.3.-	Description de la graine	73
3.18.-	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	74
3.18.1.-	Biologie – Ecologie	74
3.18.2.-	Description du fruit	74
3.18.3.-	Description de la graine	74

3.19.-	<i>Daucus sahariensis</i> Murb.	75
3.19.1.-	Biologie – Ecologie	75
3.19.2.-	Description du fruit	75
3.19.3.-	Description de la graine	75
3.20.-	<i>Echium trygorrhizum</i> Pomel.	76
3.20.1.-	Biologie – Ecologie	76
3.20.2.-	Description du fruit	76
3.20.3.-	Description de la graine	76
3.21.-	<i>Emex spinosa</i> (L.) Campd.	77
3.21.1.-	Biologie – Ecologie	77
3.21.2.-	Description du fruit	77
3.21.3.-	Description de la graine	77
3.22.-	<i>Ephedra alata</i> Decne.	78
3.22.1.-	Biologie – Ecologie	78
3.22.2.-	Description du fruit	78
3.22.3.-	Description de la graine	78
3.23.-	<i>Eremobium aegyptiacum</i> (Spreng.) Asch. & Schweinf. ex Boiss.	79
3.23.1.-	Biologie – Ecologie	79
3.23.2.-	Description du fruit	79
3.23.3.-	Description de la graine	79
3.24.-	<i>Erodium glaucophyllum</i> L’Héritier	80
3.24.1.-	Biologie – Ecologie	80
3.24.2.-	Description du fruit	80
3.24.3.-	Description de la graine	80

3.25.-	<i>Eryngium ilicifolium</i> Lam.	81
3.25.1.-	Biologie – Ecologie	81
3.25.2.-	Description du fruit	81
3.25.3.-	Description de la graine	81
3.26.-	<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	82
3.26.1.-	Biologie – Ecologie	82
3.26.2.-	Description du fruit	82
3.26.3.-	Description de la graine	82
3.27.-	<i>Fagonia glutinosa</i> Delile	83
3.27.1.-	Biologie – Ecologie	83
3.27.2.-	Description du fruit	83
3.27.3.-	Description de la graine	83
3.28.-	<i>Frankenia thymifolia</i> Desf.	84
3.28.1.-	Biologie – Ecologie	84
3.28.2.-	Description du fruit	84
3.28.3.-	Description de la graine	84
3.29.-	<i>Helianthemum lippii</i> (L.) Dum. Cours.	85
3.29.1.-	Biologie – Ecologie	85
3.29.2.-	Description du fruit	85
3.29.3.-	Description de la graine	85
3.30.-	<i>Henophyton deserti</i> Coss. & Durieu	86
3.30.1.-	Biologie – Ecologie	86
3.30.2.-	Description du fruit	86
3.30.3.-	Description de la graine	86

3.31.-	<i>Ifloga spicata</i> (Forssk.) Sch. Bip.	87
3.31.1.-	Biologie – Ecologie	87
3.31.2.-	Description du fruit	87
3.31.3.-	Description de la graine	87
3.32.-	<i>Launaea capitata</i> (Spreng.) Dandy	88
3.32.1.-	Biologie – Ecologie	88
3.32.2.-	Description du fruit	88
3.32.3.-	Description de la graine	88
3.33.-	<i>Launaea nudicaulis</i> (L.) Hook. F.	89
3.33.1.-	Biologie – Ecologie	89
3.33.2.-	Description du fruit	89
3.33.3.-	Description de la graine	89
3.34.-	<i>Mantisalca salmantica</i> (L.) Briq. & Cavillier	90
3.34.1.-	Biologie – Ecologie	90
3.34.2.-	Description du fruit	90
3.34.3.-	Description de la graine	90
3.35.-	<i>Neurada procumbens</i> L.	91
3.35.1.-	Biologie – Ecologie	91
3.35.2.-	Description du fruit	91
3.35.3.-	Description de la graine	91
3.36.-	<i>Paronychia arabica</i> (L.) DC.	92
3.36.1.-	Biologie – Ecologie	92
3.36.2.-	Description du fruit	92
3.36.3.-	Description de la graine	92

3.37.-	<i>Peganum harmala</i> L.	93
3.37.1.-	Biologie – Ecologie	93
3.37.2.-	Description du fruit	93
3.37.3.-	Description de la graine	93
3.38.-	<i>Pergularia tomentosa</i> L.	94
3.38.1.-	Biologie – Ecologie	94
3.38.2.-	Description du fruit	94
3.38.3.-	Description de la graine	94
3.39.-	<i>Perralderia coronopifolia</i> Coss.	95
3.39.1.-	Biologie – Ecologie	95
3.39.2.-	Description du fruit	95
3.39.3.-	Description de la graine	95
3.40.-	<i>Plantago ciliata</i> Desf.	96
3.40.1.-	Biologie – Ecologie	96
3.40.2.-	Description du fruit	96
3.40.3.-	Description de la graine	96
3.41.-	<i>Savignya parviflora</i> subsp. <i>longistyla</i> (Boiss. & Reut.) Maire	97
3.41.1.-	Biologie – Ecologie	97
3.41.2.-	Description du fruit	97
3.41.3.-	Description de la graine	97
3.42.-	<i>Scorzonera laciniata</i> L.	98
3.42.1.-	Biologie – Ecologie	98
3.42.2.-	Description du fruit	98
3.42.3.-	Description de la graine	98

3.43.-	<i>Spergularia salina</i> J. & C. Presl	99
3.43.1.-	Biologie – Ecologie	99
3.43.2.-	Description du fruit	99
3.43.3.-	Description de la graine	99
3.44.-	<i>Stipagrostis plumosa</i> (L.) Munro ex T. Anderson	100
3.44.1.-	Biologie – Ecologie	100
3.44.2.-	Description du fruit	100
3.44.3.-	Description de la graine	100
3.45.-	<i>Zilla macroptera</i> Coss.	101
3.45.1.-	Biologie – Ecologie	101
3.45.2.-	Description du fruit	101
3.45.3.-	Description de la graine	101
3.46.-	<i>Zygophyllum album</i> L.	102
3.46.1.-	Biologie – Ecologie	102
3.46.2.-	Description du fruit	102
3.46.3.-	Description de la graine	102
Chapitre 2 : Caractérisation physiologique des graines		103
1.- Etude de l'influence de quelques facteurs abiotiques sur la germination		104
1.1.-	Influence de la température sur la germination des graines	105
1.1.1.-	Effet sur le pourcentage moyen de germination (PMG)	105
1.1.2.-	Effet sur le temps moyen de germination (TMG)	107
a.	Les <i>Asteraceae</i>	110
b.	Les <i>Fabaceae</i>	110
c.	Les <i>Amaranthaceae</i>	111
d.	Les <i>Brassicaceae</i>	112

e.	Les <i>Poaceae</i>	113
f.	Les <i>Caryophyllaceae</i>	114
g.	Les <i>Apiaceae</i>	115
h.	Les <i>Boraginaceae</i>	115
i.	Les <i>Zygophyllaceae</i>	116
j.	Les <i>Plumbaginaceae</i>	117
k.	Les <i>Cistaceae</i>	118
l.	Les <i>Asphodelaceae</i>	118
m.	Les <i>Geraniaceae</i>	119
n.	Les <i>Plantaginaceae</i>	120
o.	Les <i>Cleomaceae</i>	120
p.	Les <i>Euphorbiaceae</i>	121
	1.2.- Influence de la salinité sur la germination des graines	122
	1.2.1.- Effet sur le pourcentage moyen de germination (PMG)	122
	1.2.2.- Effet sur le temps moyen de germination (TMG)	123
a.	Les <i>Asteraceae</i>	126
b.	Les <i>Fabaceae</i>	127
c.	Les <i>Amaranthaceae</i>	128
d.	Les <i>Brassicaceae</i>	129
e.	Les <i>Poaceae</i>	129
f.	Les <i>Caryophyllaceae</i>	130
g.	Les <i>Apiaceae</i>	131
h.	Les <i>Boraginaceae</i>	132
i.	Les <i>Zygophyllaceae</i>	132
j.	Les <i>Plumbaginaceae</i>	133

k.	Les <i>Plantaginaceae</i>	134
l.	Les <i>Cistaceae</i>	135
m.	Les <i>Geraniaceae</i>	136
n.	Les <i>Asphodelaceae</i>	137
o.	Les <i>Cleomaceae</i>	138
p.	Les <i>Euphorbiaceae</i>	138
	1.3.- Influence de la lumière sur la germination des graines	139
	1.3.1.- Effet sur le pourcentage moyen de germination (PMG)	139
	1.3.2.- Effet sur le temps moyen de germination (TMG)	141
a.	Les <i>Asteraceae</i>	142
b.	Les <i>Fabaceae</i>	143
c.	Les <i>Amaranthaceae</i>	143
d.	Les <i>Brassicaceae</i>	144
e.	Les <i>Poaceae</i>	145
f.	Les <i>Caryophyllaceae</i>	145
g.	Les <i>Apiaceae</i>	146
h.	Les <i>Boraginaceae</i>	146
i.	Les <i>Zygophyllaceae</i>	147
j.	Les <i>Asphodelaceae</i>	148
k.	Les <i>Cistaceae</i>	148
l.	Les <i>Plumbaginaceae</i>	149
m.	Les <i>Cleomaceae</i>	149
n.	Les <i>Geraniaceae</i>	150
o.	Les <i>Euphorbiaceae</i>	151
p.	Les <i>Plantaginaceae</i>	151

2.- Essai de levée de la dormance	152
2.1.- Effet du traitement par le froid sur la germination des graines	152
2.1.1.- Effet sur le pourcentage moyen de germination (PMG)	152
2.1.2.- Effet sur le temps moyen de germination (TMG)	153
a. Les <i>Fabaceae</i>	156
b. Les <i>Amaranthaceae</i>	156
c. Les <i>Brassicaceae</i>	157
d. Les <i>Poaceae</i>	158
e. Les <i>Caryophyllaceae</i>	159
f. Les <i>Apiaceae</i>	159
g. Les <i>Boraginaceae</i>	160
h. Les <i>Zygophyllaceae</i>	161
i. Les <i>Neuradaceae</i>	161
j. Les <i>Cleomaceae</i>	162
k. Les <i>Plantaginaceae</i>	163
l. Les <i>Asphodelaceae</i>	163
m. Les <i>Euphorbiaceae</i>	164
n. Les <i>Asclepiadaceae</i>	165
2.2.- Effet du traitement par la gibbérilline sur la germination des graines	165
2.2.1.- Effet sur le pourcentage moyen de germination (PMG)	166
2.2.2.- Effet sur le temps moyen de germination (TMG)	167
a. Les <i>Asteraceae</i>	168
b. Les <i>Fabaceae</i>	169
c. Les <i>Amaranthaceae</i>	170
d. Les <i>Brassicaceae</i>	171

e.	Les <i>Poaceae</i>	172
f.	Les <i>Caryophyllaceae</i>	172
g.	Les <i>Apiaceae</i>	173
h.	Les <i>Boraginaceae</i>	174
i.	Les <i>Zygophyllaceae</i>	174
j.	Les <i>Plumbaginaceae</i>	175
k.	Les <i>Cistaceae</i>	175
l.	Les <i>Cleomaceae</i>	176
m.	Les <i>Asphodelaceae</i>	177
n.	Les <i>Plantaginaceae</i>	177
o.	Les <i>Geraniaceae</i>	178
p.	Les <i>Neuradaceae</i>	179
q.	Les <i>Euphorbiaceae</i>	179
r.	Les <i>Asclepiadaceae</i>	180
	Discussion générale	181
	Discussion générale	182
	Conclusion générale	191
	Conclusion générale	192
	Références bibliographiques	196
	Références bibliographiques	197
	Annexes	223
	Annexes	224
	Table des matières	229