

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques

Année : 2020

N° d'enregistrement : /...



THESE

**Pour l'obtention du diplôme de Doctorat ès sciences
En Sciences Agronomiques**

*Facteurs impliqués dans la germination et la levée des mauvaises
herbes dans quelques agrosystèmes de la région de Ouargla.*

Présentée et soutenue publiquement par :

M^{me}. BABA SIDI-KACI Safia

Devant le jury composé de :

SALHI Nesrine	Professeur	U.K.M. Ouargla	Présidente
BISSATI-BOUAFIA Samia	Professeur	U.K.M. Ouargla	Promoteur
DJEROUDI Ouiza	M.C.A	U.K.M. Ouargla	Rapporteur
FERHI Kamilia	M.C.A	Université de Biskra	Rapporteur
ALLAM Abdelkader	M.R.A	I.N.R.A., Touggourt	Rapporteur
KOUIDRI Mohamed	M.C.A	Université de Laghouat	Rapporteur

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Je tiens à remercier ici les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la concrétisation de ce travail de thèse de doctorat, qui est loin d'être un travail solitaire.

Je tiens en premier lieu à témoigner toute ma reconnaissance à ma promotrice Mme BISSATI-BOUAFIA Samia qui m'a encadré et m'a fait confiance durant ces longues années. Merci Madame pour ta disponibilité, ton dynamisme et ton optimisme permanents. Je la remercie également pour les discussions et ses suggestions et ses conseils précieux

Mes sincères remerciements vont à Mlle SALHI Nesrine Présidente du jury et professeur à l'université de Ouargla de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury. Qu'elle trouve ici tous les respects les plus sincères.

Mes remerciements également à Mme DJEROUDI Ouiza Maître de conférence à l'université de Ouargla pour l'honneur qu'elle me fait d'accepter à participer au jury et d'évaluer ce travail ; qu'elle trouve ici l'expression de ma grande reconnaissance.

Mes sincères remerciements à Mme FERHI Kamilia Maître de conférence à l'université de Biskra, de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury.

Mes remerciements s'adressent à Mr ALLAM Abdelkader Maître de recherche à l'I.N.R.A (Touggourt), pour avoir accepté de porter un jugement à ce travail. C'est avec sincérité que j'exprime ma gratitude et mon profond respect.

Un remerciement particulier à Mr. EDDOUD Amar Maître assistant à l'Université de Ouargla, qu'il trouve ici mes vifs et sincères remerciements pour leur aides, leur compétence et leur conseils précieux.

Il me sera très difficile de remercier tout le monde car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener cette thèse à son terme :

Je voudrais tout d'abord remercier grandement mon marie Redouane BABA SIDI pour toute son aide.

Je remercie toutes les personnes avec qui j'ai partagé mes études et notamment ces années de thèse.

Je remercie Mme BABAANI Souad, directeur du laboratoire de bioressources sahariennes, préservation et valorisation ainsi toute l'équipe de laboratoire.

Je remercie également tous les personnels de la faculté des Science de la Nature et de la vie, particulièrement, celles et ceux qui ont apporté leur aide et contribué de près ou de loin au bon déroulement des manip surtout les agents des laboratoires pédagogique et l'exploitation de l'université.

Dédicaces

Je dédie ce travail en signe de respect, reconnaissance et de remerciement :

A la mémoire de mes grands-parents, mon frère Ali et ma sœur Sabiha.

A mon mari « Redouane », je vous remercie pour votre soutien et sacrifices

A mes fils « Adem, Djihad et Iyad »

*A mes parents en témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices
et tous les efforts qu'ils ont fait pour mon éducation ainsi que ma formation*

A mon frère et mes sœurs.

A mes beaux-parents, mes beaux-frères et mes belles sœurs.

KACI Safia

Table des matières

Dédicace

Remerciements

Résumés

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION	01
Chapitre I : Matériel et Méthodes	04
1. Matériel d'étude	04
1.1. Récolte et conservation des graines	04
1.2. Identification des espèces de mauvaises herbes	05
1.3. Caractérisation des graines des mauvaises herbes	06
2. Méthodes d'étude	08
2.1. Etude de levée de la dormance primaire des graines de quelques mauvaises herbes	08
2.1.1. Mise en germination des graines	09
2.1.2. Traitements chimiques de la levée de la dormance	09
2.1.2.1. Influence de l'acide gibbérélique (GA ₃)	09
2.1.2.2. Influence de la scarification à base d'acide sulfurique concentré (H ₂ SO ₄)	09
2.1.3. Traitements physiques de la levée de la dormance	09
2.1.3.1. Influence de la stratification au froid	09
2.1.3.2. Influence de la scarification par l'eau chaude à 100°C	09
2.2. Etude de l'effet de quelques facteurs abiotiques sur la germination des mauvaises herbes.	10
2.2.1. Test de germination	10
2.2.2. Effet de la température	10
2.2.3. Effet de la salinité	11
2.2.4. Effet du potentiel osmotique	11
2.2.5. Effet de la profondeur	12
2.3. Effet de la profondeur et de l'irrigation sur la levée de quelques mauvaises herbes	13
2.4. Etude de la conservation de la viabilité des graines après enfouissement	15
« Persistance du stock semencier du sol ».	
2.4.1. Enfouissement des lots de semences	15
2.4.2. Récupération des graines enfouies	17

2.4.3. Mesure de la viabilité des semences	17
2.4.4. Mesures de la viabilité des semences non germées	17
3. Paramètres étudiés	18
3.1. Pourcentage de germination (PG)	18
3.2. Cinétique de germination	18
3.3. Indice de germination (IG)	18
3.4. Taux de levée	18
3.5. Détermination de la viabilité des semences	19
3.6. Détermination du Taux Annuel de Décroissance (T.A.D)	19
4. Analyse statistique	20
Chapitre II. Résultats et discussion	21
1. Etude de la levée de dormance primaire des graines de quelques mauvaises herbes	21
1.1. Effet du traitement chimique sur la germination	21
1.1.1. Scarification par l'acide sulfurique	21
1.1.2. Acide gibbérellique	27
1.2. Effet du traitement physique sur la germination	24
1.2.1. L'eau chaude	27
1.2.2. Stratification au froid humide	29
2. Etude de l'effet de quelques facteurs abiotiques sur la germination des mauvaises herbes	34
2.1. La température	34
2.1.1. Effet sur la germination d' <i>Amaranthus albus</i>	34
2.1.2. Effet sur la germination de <i>Dactyloctenium aegyptium</i>	36
2.1.3. Effet sur la germination de <i>Polypogon monspeliensis</i>	38
2.1.4. Effet sur la germination de <i>Bromus rubens</i>	40
2.1.5. Effet sur la germination de <i>Polygonum aviculare</i>	42
2.1.6. Effet sur la germination de <i>Melilotus indica</i>	44
2.2. La salinité	47
2.2.1. Effet sur la germination d' <i>Amaranthus albus</i>	47
2.2.2. Effet sur la germination de <i>Dactyloctenium aegyptium</i>	49
2.2.3. Effet sur la germination de <i>Polypogon monspeliensis</i>	51
2.2.4. Effet sur la germination de <i>Bromus rubens</i>	53
2.2.5. Effet sur la germination de <i>Polygonum aviculare</i>	55

2.2.6. Effet sur la germination de <i>Melilotus indica</i>	57
2.3. Le potentiel hydrique	60
2.3.1. Effet sur la germination d' <i>Amaranthus albus</i>	60
2.3.2. Effet sur la germination de <i>Dactyloctenium aegyptium</i>	62
2.3.3. Effet sur la germination de <i>Polypogon monspeliensis</i>	63
2.3.4. Effet sur la germination de <i>Bromus rubens</i>	65
2.3.5. Effet sur la germination de <i>Polygonum aviculare</i>	67
2.3.6. Effet sur la germination de <i>Melilotus indica</i>	68
2.4. Effet de la profondeur d'enfouissement sur le comportement germinatif des espèces étudiées	71
3. Etude de l'effet de la profondeur et de l'irrigation sur la levée de quelques mauvaises herbes	75
3.1. <i>Amaranthus albus</i>	75
3.2. <i>Dactyloctenium aegyptium</i>	77
3.3. <i>Polypogon monspeliensis</i>	78
3.4. <i>Bromus rubens</i>	79
3.5. <i>Polygonum aviculare</i>	80
4. Etude de la conservation de la viabilité des graines après enfouissement « Persistance du stock semencier du sol ».	84
4.1. Effet de l'enfouissement sur la viabilité des graines des espèces étudiées	84
4.1.1. <i>Amaranthus albus</i>	85
4.1.2. <i>Polypogon monspeliensis</i>	86
4.1.3. <i>Dactyloctenium aegyptium</i>	87
4.1.4. <i>Bromus rubens</i>	89
4.1.5. <i>Melilotus indica</i>	90
4.1.6. <i>Polygonum aviculare</i>	91
4.2. Estimation du taux annuel de décroissance des espèces étudiées	94
CONCLUSION	99
Références bibliographiques	104

Facteurs impliqués dans la germination et la levée des mauvaises herbes dans quelques agrosystèmes de la région de Ouargla

Résumé

Le présent travail a pour objectif principal l'étude de la germination et de la levée de quelques mauvaises herbes existantes dans les agrosystèmes de la région de Ouargla; à savoir, *Amaranthus albus*, *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Bromus rubens*, *Polygonum aviculare* et *Melilotus indica*. Il s'intéresse à l'étude de la dormance primaire en premier lieu, mais également au comportement germinatif des graines face à quelques facteurs abiotiques, à la levée, ainsi qu'à la conservation de leur viabilité.

Des traitements chimiques (H_2SO_4 , GA_3) et physiques (eau chaude et stratification) ont été appliqués sur les graines de *Bromus rubens*, *Polygonum aviculare* et *Melilotus indica* pour la levée de dormance. En deuxième lieu, une simulation de l'effet des facteurs abiotiques (température, salinité, stress hydrique et profondeur) sur la réponse germinative des espèces étudiées, ont été appliqués avec 9 niveaux de températures (allant de 5 à 45°C), 10 niveaux de salinité (de 0 à 320 mmol/l), 5 niveaux de potentiel hydrique (0; -0,2; -0,6; -1,2; -1,6 MPa) et 6 niveaux de profondeur (0, 5, 10, 15, 20 et 25 cm). La troisième étape a permis d'évaluer l'effet de la profondeur et du stress hydrique sur la levée des mauvaises herbes. En dernier lieu, nous avons pu étudier la viabilité des graines après leur enfouissement pendant deux ans.

Les traitements appliqués pour lever la dormance des graines ont montré un effet significatif sur l'amélioration de la germination des espèces étudiées. Une nette amélioration de la germination (99,6%) de *Bromus rubens* a été obtenue par GA_3 et une stratification de 05 jours (94,8%), de *Polygonum aviculare* par GA_3 (75,2%) et 98,4% après 07 jours de stratification. Pour *Melilotus indica*, le traitement par H_2SO_4 pendant 60 minutes a permis une germination de 92,56%.

Quant aux effets des facteurs abiotiques sur la germination, il en ressort que, la température optimale de germination de *Polygonum aviculare*, *Polypogon monspeliensis* et *Bromus rubens*, varie entre 10 et 15°C, 20°C chez *Dactyloctenium aegyptium*, 25°C pour *Melilotus indica* et 35°C chez *Amaranthus albus*. Les espèces étudiées présentent une certaine résistance à la salinité, allant jusqu'à 200 mmol/l de NaCl. Concernant le stress hydrique les résultats ont montré que *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Amaranthus albus*, *Bromus rubens* et *Melilotus indica* sont moyennement résistantes au stress hydrique, alors que *Polygonum aviculare* est sensible au déficit hydrique. La profondeur n'a pas eu d'effet significatif sur la germination des espèces étudiées.

L'interaction Profondeur/Irrigation a montré un effet significatif sur le taux de levée des espèces étudiées. Il diminue en fonction de l'augmentation de la profondeur et du stress hydrique, enregistrant 20% pour *Amaranthus albus*, 30% chez *Polypogon monspeliensis*, 20 % pour *Bromus rubens*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Polygonum aviculare*. Aucune levée n'a été enregistrée pour la profondeur 4 cm, sauf, *Bromus rubens*.

L'enfouissement a présenté un effet significatif sur la diminution de la viabilité d'*Amaranthus albus*, *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Polygonum aviculare*. Ces espèces se caractérisent par une longévité limitée, alors que, *Melilotus indica* présente une forte conservation de la viabilité, d'environ 100%.

Mots clés: Mauvaise herbe, agrosystème saharien, germination, température, salinité, stress hydrique, profondeur.

Factors involved on weed germination and emergence at some agrosystems in Ouargla region

Abstract

The main objective of this work was to study the germination and emergence of some existing weeds at agrosystems in Ouargla region; namely, *Amaranthus albus*, *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Bromus rubens*, *Polygonum aviculare* and *Melilotus indica*. It was interested in the study of primary dormancy in the first time, but also on seed germination behavior to cope with some abiotic factors, in emergence, as well as in the conservation of their viability.

Chemical (H_2SO_4 , GA_3) and physical (hot water and stratification) treatments were applied on the seeds of *Bromus rubens*, *Polygonum aviculare* and *Melilotus indica* for breaking of dormancy. Secondly, a simulation of the effect of abiotic factors (temperature, salinity, water stress and depth) on the germination response of the study species were applied with 9 temperature levels (ranging from 5 to 45°C), 10 salinity levels (from 0 to 320 mmol/l), 5 levels of water potential (0; -0.2; -0.6; -1.2; -1.6 MPa) and 6 depth levels (0, 5, 10, 15, 20 and 25 cm). The third step assessed the effect of depth and water stress on weed emergence. Finally, we were able to study the viability of the seeds after they were buried for two years.

The treatments applied on breaking of seeds dormancy have shown a significant effect on improving the germination of the studied species. A clear improvement germination (99.6%) of *Bromus rubens* was obtained by GA_3 and a stratification of 05 days (94.8%), of *Polygonum aviculare* by GA_3 (75.2%) and 98.4% after 07 days of stratification. For *Melilotus indica*, treatment with H_2SO_4 for 60 minutes allowed germination of 92.56%.

As for the effects of abiotic factors on germination, it appears that the optimal germination temperature of *Polygonum aviculare*, *Polypogon monspeliensis* and *Bromus rubens*, varies between 10 and 15°C, 20°C in *Dactyloctenium aegyptium*, 25°C for *Melilotus indica* and 35°C in *Amaranthus albus*. The studied species have a certain resistance to salinity, ranging up to 200 mmol/l of NaCl. Regarding water stress, the results showed that *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Amaranthus albus*, *Bromus rubens* and *Melilotus indica* are moderately resistant to water stress, while *Polygonum aviculare* was sensitive to water deficit. The depth had no significant effect on the germination of the species studied.

The Depth/Irrigation interaction showed a significant effect on the emergence rate of the species studied. It was decreased with depth and water stress, recording 20% for *Amaranthus albus*, 30% for *Polypogon monspeliensis*, 20% for *Bromus rubens*, *Dactyloctenium aegyptium* and *Polygonum aviculare*. No emergence was recorded for the 4 cm depth, except, *Bromus rubens*.

Burial was a significant effect on reducing viability of *Amaranthus albus*, *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium* and *Polygonum aviculare*. These species were characterized by a limited longevity, while, *Melilotus indica* shows a strong conservation of viability, of approximately 100%.

Key words: Weed, Saharan agrosystem, germination, temperature, salinity, water stress, depth.

العوامل المشاركة في الإنتاش وظهور الأعشاب الضارة في بعض الأنظمة الزراعية في منطقة ورقلة

الملخص

يهدف هذا العمل الى دراسة إنتاش وإنبات بعض الأعشاب الضارة الموجودة في الأنظمة الزراعية في منطقة ورقلة؛ وهي *Dactyloctenium aegyptium*، *Polypogon monspeliensis*، *Amaranthus albus*، *Bromus rubens*، *Polygonum aviculare* و *Melilotus indica*. وذلك من خلال دراسة السبات الأولي في المقام الأول، وأيضاً على السلوك الإنتاشي للبذور تحت تأثير بعض العوامل اللاحيوية، في الإنبات، وكذلك في الحفاظ على حيويتها.

تم تطبيق بعض المعالجات الكيميائية (GA_3 ، H_2SO_4) والفيزيائية (الماء الساخن والطبقية) على بذور كل من *Melilotus indica* و *Polygonum aviculare*، *Bromus rubens* و *Polygonum aviculare* لرفع السبات. ثانياً، تم تطبيق العوامل اللاحيوية (درجة الحرارة، الملوحة، الإجهاد المائي والعمق) على الاستجابة الإنتاشية للأنواع التي تمت دراستها، بـ 9 مستويات للحرارة (تتراوح من 5 إلى 45 درجة مئوية)، 10 مستويات من الملوحة (من 0 إلى 320 ملليمول/لتر)، 5 مستويات من الإجهاد المائي (0؛ -0.2؛ -0.6؛ -1.2؛ -1.6 ميجا باسكال) و 6 مستويات للعمق (0، 5، 10، 15، 20، 25 سم). الخطوة الثالثة تقييم تأثير العمق والإجهاد المائي على ظهور الأعشاب الضارة. وأخيراً، تمكنا من دراسة صلاحية البذور بعد دفنها لمدة سنتين.

أظهرت المعالجات المطبقة لرفع سكون البذور تأثيراً كبيراً على تحسين إنتاش الأنواع المدروسة. حيث كان التحسن واضح في إنبات *Bromus rubens* (99.6٪) بواسطة GA_3 وبعد 05 أيام من التطبيق (94.8٪)، و *Polygonum aviculare* بواسطة GA_3 (75.2٪) و 98.4٪ بعد 07 أيام من التطبيق. بالنسبة لـ *Melilotus indica*، سمحت المعاملة باستخدام H_2SO_4 لمدة 60 دقيقة بنسبة إنتاش قدرت بـ 92.56٪.

بالنسبة لتأثيرات العوامل اللاحيوية على الإنتاش، أظهرت النتائج أن درجة الحرارة المثلى للإنبات لـ *Polygonum aviculare*، *Polypogon monspeliensis* و *Bromus rubens*، تتراوح ما بين 10 و 15 درجة مئوية و 20 درجة مئوية بالنسبة لـ *Dactyloctenium aegyptium*، 25 درجة مئوية لـ *Melilotus indica* و 35 درجة مئوية بالنسبة لـ *Amaranthus albus*. الأنواع التي شملتها الدراسة لديها مقاومة معينة للملوحة، والتي وصلت إلى 200 ملليمول/لتر من كلوريد الصوديوم. فيما يتعلق بالإجهاد المائي، أظهرت النتائج أن كل من *Polypogon monspeliensis*، *Dactyloctenium aegyptium*، *Amaranthus albus*، *Bromus rubens* و *Melilotus indica* تميزت بمقاومة متوسطة للإجهاد المائي، بينما *Polygonum aviculare* كان حساساً لنقص المياه. كما أنه لم يكن للعمق تأثير كبير على إنبات الأنواع المدروسة.

أظهر تفاعل العمق/الري تأثيراً كبيراً على معدل إنبات الأنواع المدروسة. حيث أنه يتناقص مع زيادة العمق والإجهاد المائي، حيث سجل 20٪ بالنسبة لـ *Amaranthus albus* و 30٪ لـ *Polypogon monspeliensis* و 20٪ بالنسبة لكل من *Bromus rubens*، *Dactyloctenium aegyptium* و *Polygonum aviculare*. لم يتم تسجيل أي ظهور للإنبات في عمق 4 سم، باستثناء *Bromus rubens*. كان للدفن تأثير كبيراً على الحد من حيوية بذور *Amaranthus albus* و *Polypogon monspeliensis* و *Dactyloctenium aegyptium* و *Polygonum aviculare* حيث بينت الدراسة أن هذه الأنواع تميزت بعمر محدود، في حين أن *Melilotus indica* تميز بحفظ قوي للحيوية بحوالي 100٪.

الكلمات الدالة: الأعشاب الضارة، نضام زراعي صحراوي، الإنتاش، درجة الحرارة، الملوحة، الإجهاد المائي، العمق.

Liste des abréviations

AG₃	: Acide gibbérellique
H₂SO₄	: Acide sulfurique
IG	: Indice de germination
IOILB/SROP	: Organisation internationale de lutte biologique et intégrée contre les animaux et les plantes nuisibles. Section régionale ouest paléarctique
MPa	: Méga Pascal
PG	: Pourcentage de germination
PEG	: Polyéthylène Glycol
TAD	: Taux annuel de décroissance
TL	: Taux de levée

Liste des photos

Photo 1	Semis des graines de <i>Bromus rubens</i>	14
Photo 2	Levée de plantules de <i>Bromus rubens</i>	14
Photo 3	Levée de plantules de <i>Polygonum aviculare</i>	14
Photo 4	Parcelle expérimentale (Palmeraie)	16
Photo 5	Tranchée d'enfouissement	16

Liste des figures

Figure 1	Etapas de l'égrainage-conservation	05
Figure 2	Graines des espèces étudiées	06
Figure 3	Représentation schématique du dispositif expérimental pour l'étude de l'effet de la profondeur sur la germination	12
Figure 4	Calendrier d'enfouissement et déterrement des graines des espèces étudiées.	15
Figure 5	Effet de l'acide sulfurique sur la germination des graines de <i>Melilotus indica</i> .	21
Figure 6	Effet de l'acide sulfurique sur la cinétique de germination de <i>Melilotus indica</i>	23
Figure 7	Effet de l'acide gibbérellique sur la germination des graines de <i>Bromus rubens</i> .	24
Figure 8	Effet de l'acide gibbérellique sur la germination des graines de <i>Polygonum aviculare</i>	24
Figure 9	Effet de l'acide gibbérellique sur la cinétique de germination de <i>Bromus rubens</i> .	26
Figure 10	Effet de l'acide gibbérellique sur la cinétique de germination de <i>Polygonum aviculare</i> .	26
Figure 11	Effet de l'eau de chaude sur la germination des graines de <i>Melilotus indica</i>	27
Figure 12	Effet de l'eau chaude sur la cinétique de germination de <i>Melilotus indica</i> .	28
Figure 13	Effet de stratification sur la germination de <i>Bromus rubens</i>	29
Figure 14	Effet de stratification sur la germination de <i>Polygonum aviculare</i>	29
Figure 15	Effet de la stratification au froid humide sur la cinétique de germination de <i>Bromus rubens</i> .	31
Figure 16	Effet de la stratification au froid humide sur la cinétique de germination de <i>Polygonum aviculare</i> .	31
Figure 17	Variation du pourcentage et indice de germination des graines d' <i>Amaranthus albus</i> en fonction de la température.	34
Figure 18	Effet de la température sur la cinétique de germination des graines d' <i>Amaranthus albus</i> .	34
Figure 19	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Dactyloctenium aegyptium</i> en fonction de la température.	36

Figure 20	Effet de la température sur la cinétique de germination des graines de <i>Dactyloctenium aegyptium</i>	36
Figure 21	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Polypogon monspeliensis</i> en fonction de la température.	38
Figure 22	Effet de la température sur la cinétique de germination des graines de <i>Polypogon monspeliensis</i> .	38
Figure 23	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Bromus rubens</i> en fonction de la température.	40
Figure 24	Effet de la température sur la cinétique de germination des graines de <i>Bromus rubens</i> .	40
Figure 25	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Polygonum aviculare</i> en fonction de la température.	42
Figure 26	Effet de la température sur la cinétique de germination des graines de <i>Polygonum aviculare</i> .	42
Figure 27	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Melilotus indica</i> en fonction de la température.	44
Figure 28	Effet de la température sur la cinétique de germination des graines de <i>Melilotus indica</i> .	44
Figure 29	Variation du pourcentage et indice de germination des graines d' <i>Amaranthus albus</i> en fonction de la salinité.	47
Figure 30	Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines d' <i>Amaranthus albus</i> .	47
Figure 31	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Dactyloctenium aegyptium</i> en fonction de la salinité.	49
Figure 32	Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines de <i>Dactyloctenium aegyptium</i> .	49
Figure 33	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Polypogon monspeliensis</i> en fonction de la salinité.	51
Figure 34	Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines de <i>Polypogon monspeliensis</i> .	51
Figure 35	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Bromus rubens</i> en fonction de la salinité.	53
Figure 36	Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines de <i>Bromus rubens</i> .	53

Figure 37	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Polygonum aviculare</i> en fonction de la salinité.	55
Figure 38	Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines de <i>Polygonum aviculare</i> .	55
Figure 39	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Melilotus indica</i> en fonction de la salinité.	57
Figure 40	Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines de <i>Melilotus indica</i> .	57
Figure 41	Variation du pourcentage et indice de germination des graines d' <i>Amaranthus albus</i> en fonction du potentiel hydrique.	60
Figure 42	Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines d' <i>Amaranthus albus</i>	60
Figure 43	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Dactyloctenium aegyptium</i> en fonction du potentiel hydrique.	62
Figure 44	Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines de <i>Dactyloctenium aegyptium</i> .	62
Figure 45	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Polypogon monspeliensis</i> en fonction du potentiel hydrique	63
Figure 46	Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines de <i>Polypogon monspeliensis</i>	63
Figure 47	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Bromus rubens</i> en fonction du potentiel hydrique.	65
Figure 48	Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines de <i>Bromus rubens</i> .	65
Figure 49	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Polygonum aviculare</i> en fonction du potentiel hydrique.	67
Figure 50	Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines de <i>Polygonum aviculare</i>	67
Figure 51	Variation du pourcentage et indice de germination des graines de <i>Melilotus indica</i> en fonction du potentiel hydrique.	68
Figure 52	Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines de <i>Melilotus indica</i> .	68
Figure 53	Effet de la variation de la profondeur sur le taux de germination.	71

Figure 54	Effet de la profondeur et de l'irrigation sur le taux de levée des plantules d' <i>Amaranthus albus</i>	76
Figure 55	Effet de la profondeur et l'irrigation sur le taux de levée des plantules de <i>Dactyloctenium aegyptium</i>	77
Figure 56	Effet de la profondeur et l'irrigation sur le taux de levée des plantules de <i>Polypogon monspeliensis</i>	78
Figure 57	Effet de la profondeur et l'irrigation sur le taux de levée des plantules de <i>Bromus rubens</i>	79
Figure 58	Effet de la profondeur et l'irrigation sur le taux de levée des plantules de <i>Polygonum aviculare</i>	80
Figure 59	Variation de la viabilité de graines d' <i>Amaranthus albus</i> selon les saisons d'enfouissement.	85
Figure 60	Variation de la viabilité de graines de <i>Polypogon monspeliensis</i> selon les saisons d'enfouissement	87
Figure 61	Variation de la viabilité de graines de <i>Dactyloctenium aegyptium</i> selon les saisons d'enfouissement.	88
Figure 62	Variation de la viabilité de graines de <i>Bromus rubens</i> selon les saisons d'enfouissement.	90
Figure 63	Variation de la viabilité de graines de <i>Melilotus indica</i> selon les saisons d'enfouissement.	91
Figure 64	Variation de la viabilité de graines de <i>Polygonum aviculare</i> selon les saisons d'enfouissement.	92
Figure 65	Variation du taux annuel de décroissance des graines des espèces étudiées en fonction de la saison d'enfouissement.	94

Liste des tableaux

Tableau 1	Présentation des espèces étudiées	06
Tableau 2	Caractéristiques des graines des espèces étudiées	07
Tableau 3	Type de dormance des graines étudiées	08
Tableau 4	Traitements appliqués aux graines	08
Tableau 5	Les solutions salines utilisées	11
Tableau 6	Les solutions de PEG préparées	12
Tableau 7	Caractéristiques physico-chimiques du sol	16
Tableau 8	Classification de la durée de vie des graines en fonction du TAD (Thompson et Grime, 1979; Barralis et <i>al.</i> , 1988).	19
Tableau 9	Analyse de variance (ANOVA) de l'effet du traitement par l'acide sulfurique sur la germination de <i>Melilotus indica</i> .	22
Tableau 10	Analyse de variance (ANOVA) de l'effet du traitement GA ₃ sur la germination de <i>Bromus rubens</i> et <i>Polygonum aviculare</i> .	25
Tableau 11	Analyse de variance (ANOVA) de l'effet de l'eau chaude sur la germination de <i>Melilotus indica</i> .	28
Tableau 12	Analyse de variance (ANOVA) de l'effet de la stratification sur la germination de <i>Bromus rubens</i> et <i>Polygonum aviculare</i> .	31
Tableau 13	Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines d' <i>Amaranthus albus</i> .	35
Tableau 14	Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines de <i>Dactyloctenium aegyptium</i> .	37
Tableau 15	Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines de <i>Polypogon monspeliensis</i>	39
Tableau 16	Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines de <i>Bromus rubens</i> .	41
Tableau 17	Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines de <i>Polygonum aviculare</i> .	43
Tableau 18	Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines de <i>Melilotus indica</i> .	45
Tableau 19	Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination d' <i>Amaranthus albus</i>	48

Tableau 20	Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination de <i>Dactyloctenium aegyptium</i> .	50
Tableau 21	Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination de <i>Polypogon monspeliensis</i> .	52
Tableau 22	Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination de <i>Bromus rubens</i> .	54
Tableau 23	Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination de <i>Polygonum aviculare</i> .	56
Tableau 24	Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination de <i>Melilotus indica</i> .	58
Tableau 25	Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination d' <i>Amaranthus albus</i> .	61
Tableau 26	Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination de <i>Dactyloctenium aegyptium</i> .	63
Tableau 27	Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination de <i>Polypogon monspeliensis</i>	64
Tableau 28	Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination de <i>Bromus rubens</i> .	66
Tableau 29	Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination de <i>Polygonum aviculare</i> .	68
Tableau 30	Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination de <i>Melilotus indica</i>	69
Tableau 31	Analyse de la variance de l'effet de la profondeur sur le taux de germination des espèces étudiées (Moyenne±Ecart type. Groupe homogène).	72
Tableau 32	Effet des facteurs étudiés (Profondeur, irrigation) et leur interaction sur le pourcentage de levée.	75
Tableau 33	Effet des facteurs (saison, durée) et de leur interaction sur la viabilité des graines.	84
Tableau 34	Effet des facteurs étudiés (saison, durée) et de leur interaction sur le T.A.D des espèces étudiées.	96

INTRODUCTION



Introduction

Durant la seconde moitié du XX^{ème} siècle, l'agriculture a connu de profonds changements, basés sur une intensification des pratiques agricoles, avec notamment : (i) la sélection de variétés plus productives, (ii) l'utilisation accrue d'engrais minéraux, (iii) la généralisation du recours aux pesticides pour lutter contre les bio-agresseurs et (iv) les nombreuses évolutions techniques relatives à la mécanisation du secteur agricole (**Zimdahl, 2007**).

Les mauvaises herbes représentent une des principales contraintes biotiques dans les agroécosystèmes (**Oerke, 2006**). Elles constituent l'ensemble de la végétation spontanée, présente dans un champ, hormis l'espèce cultivée (**Fried, 2010**). Elles sont en concurrence pour l'eau, la lumière du soleil et des éléments nutritifs dans le sol. Dans certains cas, leurs graines contaminent les cultures de semences et réduisent sa valeur. Les mauvaises herbes causent depuis toujours des ennuis aux producteurs agricoles et de lourdes pertes de rendements et de qualité des récoltes résultent de la compétition des mauvaises herbes (**Buhler, 2005**) ou par son rôle de réservoir de bioagresseur.

Selon **Oerke (2006)**, les mauvaises herbes causent des pertes évaluées à 34% du rendement de la culture dans le monde par rapport aux animaux nuisibles et les agents pathogènes étant moins importants (pertes de 18 et 16%), sont dans l'ordre de 10 à 56 % en Afrique (**Traore et Mangara, 2009**) et peuvent atteindre 50% de rendement céréalier en Algérie (**Kadra, 1976**). Selon **Harker (2001)**, la diminution des rendements grainiers causée par la concurrence des mauvaises herbes atteindrait jusqu'à 29 % pour l'orge et 63 % pour le blé.

Depuis les années cinquante, l'agriculture dépend de l'utilisation des herbicides pour éliminer les mauvaises herbes et assurer des rendements élevés. Par conséquent, l'augmentation de l'utilisation d'un certain nombre de pesticides a eu des effets négatifs sur la santé humaine et sur l'environnement (**Weih et al., 2008**). Les conséquences de cette utilisation intense d'herbicide sont doubles: une spécialisation de la flore et la contamination du milieu par les résidus de ces matières actives. La flore adventice évolue sous l'effet des pratiques vers une flore souvent qualifiée de « difficile ». En effet, soit parce que peu d'herbicides efficaces existent sur les espèces sélectionnées par le système (c'est le cas par exemple des bromes dans les systèmes céréaliers sans labour), soit parce que des biotypes résistants apparaissent et se développent (**Chauvel et al., 2001**).

Pour lutter contre ces mauvaises herbes il faut à la fois réduire le potentiel d'infestation (banque de graines), éviter les périodes de levée préférentielles de ces plantes, détruire les plantules et limiter la croissance des individus restants (**Munier-Jolain et al., 2005**). Pour ce faire plusieurs pratiques culturales existent, la rotation, le semis direct (**Trichard et al., 2014**),

les mulchs vivants (**De Tourdonnet et al., 2008**), et surtout le travail du sol qui permet de les détruire mécaniquement mais aussi de modifier le positionnement des organes reproducteurs et végétatifs telles que les graines, pouvant alors les mettre dans des conditions favorables ou défavorables pour la germination.

L'agriculture saharienne a connu depuis ces dernières décennies un développement remarquable en termes de superficies agricoles, qui tend de plus en plus vers une agriculture intensive. Elle doit avoir recours à l'usage de nouvelles techniques, afin d'assurer une bonne production agricole, aussi bien en quantité qu'en qualité (**Dada Moussa, 2017**). Dans ce contexte et sous l'effet de ces mutations, les agriculteurs, notamment ceux qui pratiquent le maraîchage et la céréaliculture sous pivot ont tendance à utiliser les traitements phytosanitaires, tels que les pesticides (inclus les herbicides), dont la pratique et les doses sont d'une importance primordiale dans l'entretien des cultures et l'obtention de meilleurs rendements (**Idder, 2011**).

D'après **Sayed et al. (2014)**, la situation est alarmante pour la céréaliculture sous pivot dans la région de Ouargla. Ils signalent que la densité de mauvaises herbes a dépassé celle de la céréale cultivée ; elle est presque deux fois plus importante, ce qui constitue un indice alarmant de la situation des périmètres céréaliers de notre région. En effet, ils se retrouvent menacés par un arrêt de fonctionnement et un abandon, suite aux chutes importantes de rendement, engendrées par l'envahissement quasi-total par les mauvaises herbes, des superficies emblavées et l'effet direct de ce phénomène sur la productivité et la durabilité de ces systèmes de productions.

La progression des graminées à germination précoce au milieu d'une culture annuelle comme les céréales, se traduit par des phénomènes de compétitions plus complexes et pose en outre des problèmes de désherbage de plus en plus difficile à résoudre. De plus elles gênent l'action de la barre de coupe lors de la récolte. Les pertes passent de 0,75 % en absence des graminées à plus de 2 % en leur présence (**Boutahar, 1994**). Le secteur de l'agriculture intensive reste confronté au problème de gestion de ces graminées infestantes, par manque d'un système de culture diversifié (diversification d'herbicides) et l'absence d'une lutte mécanique efficace (**Fenni et Maillet, 1998**). Par ailleurs, certaines « mauvaises herbes » Dicotylédones semblent échapper à l'action des herbicides utilisés.

Pour diminuer la part des produits chimiques dans l'agriculture d'aujourd'hui, une des solutions consiste à opter pour la protection intégrée qui permet notamment de diminuer la dépendance aux herbicides (**Chikowo et al., 2009**). Les systèmes conduits en protection intégrée sont définis comme des « systèmes de lutte contre les organismes nuisibles qui utilisent un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de

limitation et en respectant les seuils de tolérance » (Définition de IOILB/SROP, 1973). Les adventices figurent probablement parmi les organismes nuisibles dont la lutte est la plus délicate car elles sont sujettes à une forte variabilité interspécifique (de nombreuses plantes aux caractéristiques très différentes), intraspécifique (chaque plante n'atteint pas les mêmes stades), spatiale (différences de populations entre les parcelles) et temporelle (fluctuation du nombre d'espèces émergeant chaque année). Par ailleurs, la gestion des adventices se fait sur le long terme du fait de leur persistance dans le sol sous forme de graines (pour les espèces annuelles) ou d'organes de réserve (pour les vivaces) (**Dessaint et al., 1991**).

Selon **Freid et al. (2008)**, comme pour les autres communautés végétales, la composition de la flore adventice est dépendante des conditions pédo-climatiques. La présence d'une mauvaise herbe étant à la fois liée à un environnement écologique (sol, climat) et à un environnement agronomique (pratiques culturales).

L'objectif de cette étude s'oriente vers la connaissance de la biologie de quelques mauvaises herbes de l'agrosystème de la région de Ouargla, à travers l'étude de différents axes:

➤ **Axe 1. La dormance primaire chez quelques mauvaises herbes**

L'étude de l'effet de quelques traitements pour déterminer la capacité germinative de ces espèces et la levée de dormance.

➤ **Axe 2. La résistance des graines vis-à-vis des facteurs abiotiques du milieu saharien**

L'étude du comportement germinatif des graines des mauvaises herbes vis à vis de la température, de la salinité, du potentiel hydrique et de la profondeur.

➤ **Axe 3. La levée des mauvaises herbes**

L'étude de l'effet de la profondeur d'enfouissement et de l'irrigation sur la capacité de levée des mauvaises herbes.

➤ **Axe 4. La dynamique du stock semencier**

L'étude de l'effet de l'enfouissement des graines sur leur persistance au niveau du sol

Chapitre I



Matériel et Méthodes

Chapitre I. Matériel et méthodes

1. Matériel d'étude

Le matériel végétal utilisé pour la réalisation de notre travail, est constitué de graines de quelques mauvaises herbes, présentes dans les agrosystèmes de la région de Ouargla. Ce sont des espèces associées aux cultures, à savoir dans les pivots de céréales, les palmeraies et les cultures sous serres.

Ces espèces de mauvaises herbes sont réparties selon différentes familles botaniques. Ce sont des espèces annuelles où la multiplication s'effectue principalement par la voie sexuée, c'est à dire par le biais de graines matures.

Pour notre étude nous nous sommes limités à étudier 06 espèces de mauvaises herbes annuelles. Le choix de ces espèces porte sur l'abondance des plantes, ce qui signifie un certain état de nuisibilité sur les cultures, ce qui permet de récolter une quantité relativement importante de graines, nécessaires aux expérimentations.

Les problèmes rencontrés durant la récolte des graines sont les traitements herbicides et l'arrachage par les agriculteurs des plants des mauvaises herbes existant dans les cultures. Ceci rend très difficile la récolte de grandes quantités de graines pour entamer les expérimentations. Pour cela, nous nous sommes limités à 06 espèces de mauvaises herbes par rapport à la flore existante dans les cultures.

Les graines des mauvaises herbes étudiées ont été récoltées de préférence dans une culture où l'espèce est la plus fréquente, en nous basant sur les données des travaux de **Sayed et al. (2014)**. Afin de récolter les graines d'une même espèce au sein d'une seule parcelle, nous avons recherché des sites avec des densités d'adventices élevées (parcelles sans utilisation d'herbicides, culture abandonnée). Nous avons veillé à récolter les graines à pleine maturité en milieu et temps sec.

1.1. Récolte et conservation des graines

Nous avons veillé à récolter les graines à pleine maturité, en secouant légèrement les plantes mères pour faire tomber les semences.

Les récoltes ont eu lieu entre juin et octobre 2012/2013/2014/2015, ceci afin de récolter une grande quantité des graines et d'espèces.

Les graines de chaque espèce ont été stockées dans des sacs en papier, portant le nom de l'espèce et la date de récolte. Les sacs ont été conservés au laboratoire (**figure 1**).

- ↳ Ensachage de la plante entière : à l'aide d'un sécateur, on ne prend que l'inflorescence.
- ↳ Egrainage manuel.
- ↳ Elimination des déchets de fruits d'inflorescence (purification).
- ↳ Conservation des graines dans des flacons et tubes avec des étiquettes.



1.2. Identification des espèces de mauvaises herbes

Les plantes qui font l'objet d'une récolte des graines ont été conservées dans l'objectif d'une identification ultérieure.

Pour l'identification des espèces, nous nous sommes basés sur les travaux réalisés sur les mauvaises herbes des champs cultivés :

- Les mauvaises herbes des cultures de **Mamarot (2002)**.
- Flore des champs cultivés de **Jauzein (2011)**.

Le **tableau 1** présente les espèces étudiées.

Tableau 1: Présentation des espèces étudiées

Classes	Familles	Noms scientifiques	Lieux de récoltes
Monocotylédones	Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Palmeraie
		<i>Bromus rubens</i>	Pivot de la céréaliculture
		<i>Polypogon monspeliensis</i>	Palmeraie et Pivot
Dicotylédones	Amaranthaceae	<i>Amaranthus albus</i>	Pivot de la céréaliculture
	Fabaceae	<i>Melilotus indica</i>	Palmeraie et Pivot
	Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i>	Palmeraie et Pivot

1.3. Caractérisation des graines des mauvaises herbes

Après l'identification des espèces collectées (**figure 2**) nous avons procédé à la caractérisation de leurs graines, selon quelques critères morphologiques (formes, dimensions).

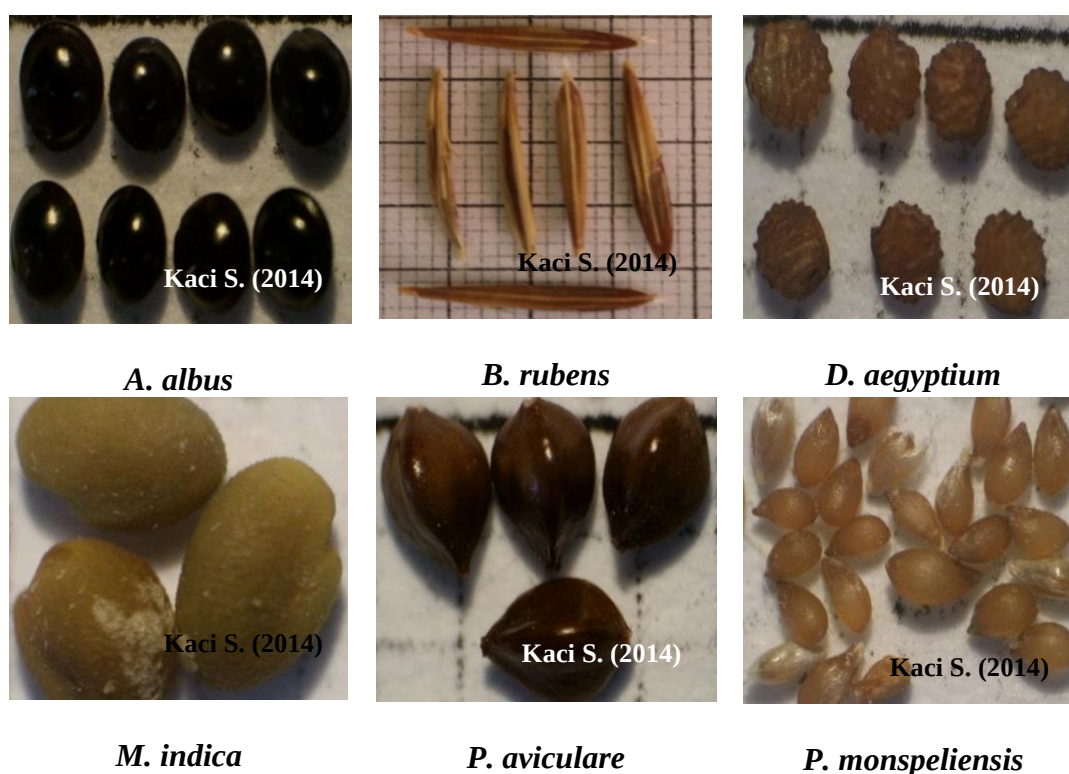


Figure 2: Graines des espèces étudiées

Les critères sont les suivants:

- **Forme** : la forme des graines est un caractère géométrique et est calculé suivant quatre catégories qui dérivent de deux principales dimensions perpendiculaires (Longueur, Largeur).
- **Poids sec de 100 graines** : Une centaine de semences séchées à l'étuve 48 h à 80°C, ont été pesées individuellement afin de déterminer leur poids sec, selon des protocoles standards (Cornelissen et al., 2003).
- **Les dimensions des semences** : longueur, largeur ont été ensuite mesurées pour à partir d'analyse d'image des graines, capturée par une caméra intégrée à une loupe binoculaire.

Tableau 2: Caractéristiques des graines des espèces étudiées

Espèces	Forme	Taille (Lxl)* (mm)	Poids sec de 100 graines (mg)
<i>Amaranthus albus</i>	Lenticulaire	1x1	33,96±1,23
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Discoïdale	1x1	25,53±0,65
<i>Polypogon monspeliensis</i>	Ovale-allongé	0,8x0,3	8,93±2.5
<i>Melilotus indica</i>	Ovoïde-elliptique	2x1,5	212,96±2,36
<i>Bromus rubens</i>	Allongé	12x2	1045,30±8,14
<i>Polygonum aviculare</i>	Trigone	2x1,2	79,36±1,20

*L : Longueur, l : largeur

2. Méthodes d'étude

2.1. Etude de levée de la dormance primaire des graines de quelques mauvaises herbes

Les graines récoltées des espèces de mauvaises herbes retenues pour l'étude de la dormance primaire, sont celles qui n'ont pas germé lors des tests préliminaires de germination.

Le test préliminaire de germination a été effectué sur les 06 espèces de mauvaises herbes récoltées. Les graines ont été décortiquées manuellement puis désinfectées dans l'hypochlorite de Na dilué pendant 15 min. Elles sont ensuite rincées 03 fois à l'eau distillée, puis placées dans des boîtes de Pétri, tapissées de deux feuilles de papier filtre imbibées de 4 ml d'eau distillée. Nous avons retenu trois (05) répétitions. Les boîtes sont ensuite placées dans une étuve, à une température de 25°C. Des comptages quotidiens du nombre de graines germées ont été effectués.

Parmi les 06 espèces mises en germination, 03 présentent un taux de germination supérieur à 80% à savoir *Amaranthus albus*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Polypogon monspeliensis*.

Par contre, pour *Melilotus indica*, *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare* aucune germination n'a été enregistré.

L'absence de germination des graines peut avoir des causes diverses, d'origine interne ou externe. Certaines causes sont définitives telles que : la mort du germe, provoquée par des mauvaises conditions de conservation, vieillissement des graines etc... D'autres causes peuvent être temporaires et dans ce cas les graines sont qualifiées de graines dormantes (**Baskin et Baskin, 1998**).

La dormance a été évoquée et étudiée par plusieurs chercheurs. D'après nos tests préliminaires sur les graines étudiées, nous avons classé les espèces selon le type de dormance (**tableau 3**). Ainsi, nous avons procédé à des traitements selon chaque type de dormance (**tableau 4**).

Tableau 3: Type de dormance des graines étudiées

Espèce	Type de dormance	Source
<i>Melilotus indica</i>	Dormance physique	Baskin et al. (2000)
<i>Bromus rubens</i>	Dormance physiologique	Kruk et Benech-Arnold (1998)
<i>Polygonum aviculare</i>		Batlla et Benech-Arnold (2003)

D'après **Roussel (1984)**, de nombreuses techniques ont été utilisées pour rendre les semences perméables. Nous avons appliqué différents traitements sur les graines n'ayant pas germé au bout d'une semaine.

Tableau 4: Traitements appliqués aux graines

Nature du traitement	Mode de traitement	Espèce concernée
Traitement physique	Stratification au froid	<i>Polygonum aviculare</i> et <i>Bromus rubens</i> .
	Eau chaude	<i>Melilotus indica</i> .
Traitement chimique	Acide gibbérellique	<i>Polygonum aviculare</i> et <i>Bromus rubens</i>
	Acide sulfurique	<i>Melilotus indica</i> .

2.1.1. Mise en germination des graines

Nous avons introduit au départ 4 ml d'eau distillée à l'aide d'une pipette graduée (10 ml) dans chaque boîte de Pétri contenant du papier filtre. Nous y avons déposé 25 graines de chaque espèce, ensuite les boîtes ont été placées dans une étuve réglée à 25°C. Le suivi de la germination des graines est effectué quotidiennement à la même heure. La durée d'incubation a été de 8 jours. La mise en germination a été effectuée après les traitements de la levée de la dormance. Avant chaque traitement, les graines ont été désinfectées avec l'eau de javel, puis rincées à plusieurs reprises avec l'eau distillée. Nous avons adopté 05 répétitions pour chaque traitement appliqué.

2.1.2. Traitements chimiques de la levée de la dormance

2.1.2.1. Influence de l'acide gibbérellique (GA₃)

Cette hormone végétale joue un rôle majeur dans la germination, en activant la levée de dormance et mobilisation des réserves (Gubler et al., 2008; Seo et al., 2009).

Nous avons testé ce traitement par le trempage des graines dans différentes concentrations : 500, 1000, 1500, 2000 et 2500 ppm de GA₃. Le trempage a été effectué pendant 24 heures, à 25°C et à l'obscurité. Les graines après trempage sont rincées avec l'eau distillée et placées dans des boîtes de Pétri. L'incubation a été effectuée dans un phytotron, réglé à une température de 25°C.

2.1.2.2. Influence de la scarification à base d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄)

Les graines ont été trempées dans une solution d'acide sulfurique concentrée à 96%, pendant des durées variables : 15, 30, 45, 60 et 75 minutes. Elles ont ensuite été rincées abondamment à l'eau du robinet puis avec l'eau distillée afin de faire disparaître toute trace d'acide sulfurique. Les graines ont été déposées sur le papier filtre dans des boîtes de Pétri puis mises à germer dans le phytotron à température de 25°C.

2.1.3. Traitements physiques de la levée de la dormance

2.1.3.1. Influence de la stratification au froid

Le traitement des graines par le froid consiste à mettre les graines dans des boîtes de Pétri tapissées de papier filtre, et imbibées avec 04 ml d'eau distillée. Les boîtes sont recouvertes avec du papier Aluminium. Elles sont ensuite placées dans le réfrigérateur à +4°C pendant des durées

variables : 1 jour, 2 jours, 3 jours, 4 jours, 5 jours, 6 jours et 7 jours. A la fin de la durée du traitement, les boîtes de Pétri sont mises à germer dans le phytotron à 25°C.

2.1.3.2. Influence de la scarification par l'eau chaude à 100°C

Les graines sont placées dans de l'eau bouillante (100°C) (Wahbi et al., 2010), un lot de graines a été laissé environ 6 heures, jusqu'au retour de l'eau à la température ambiante. Pour le deuxième lot, nous avons retiré les graines après 15 minutes de trempage dans l'eau bouillante. Après traitement, les graines sont transférées dans les boîtes de Pétri, humectées avec l'eau distillée et placées dans le phytotron.

2.2. Etude de l'effet de quelques facteurs abiotiques sur la germination des mauvaises herbes.

Les essais ont été réalisés au niveau du laboratoire des Bio-ressources Sahariennes : Préservation et Valorisation et au niveau des laboratoires pédagogiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université de Ouargla. Pour la réalisation de notre étude nous sommes intéressés à quelques facteurs abiotiques, à savoir la température, la salinité, le potentiel hydrique et la profondeur de semis.

2.2.1. Test de germination

Les tests de germination ont été effectués dans des boîtes de Pétri en verre de 90 mm de diamètre et d'une hauteur de 15 mm, tapissées de deux disques en papier filtre standard, humidifié jusqu'à saturation. Cinq répétitions de 25 graines ont été réalisées pour chaque essai de germination. Le papier filtre a été imbibé avec 4 ml d'eau distillée ou de solutions de Chlorure de Sodium ou de PEG.

Avant la mise en germination, les graines sont désinfectées à l'eau de Javel 20% pendant 15 min. Elles sont ensuite lavées abondamment à l'eau courante, puis rincées à l'eau distillée pour éliminer les traces de désinfectant.

Les boîtes sont mises à l'obscurité dans un phytotron. Les graines germées sont quotidiennement comptées. On considère qu'elles ont germé lorsque la radicule perce le tégument.

L'étude de l'effet de la profondeur sur la germination a été réalisée au niveau de la serre de l'université de Ouargla. Nous avons utilisé des pots en plastique remplis de sable des dunes, et les graines sont introduites à différentes profondeurs.

2.2.2. Effet de la température

La température est certainement le facteur le plus important de la germination car elle joue un rôle dans la vitesse des réactions biochimiques (Chaussat et Le Deunff, 1975).

C'est le premier test que nous avons procédé afin de déterminer la température optimum pour obtenir le meilleur taux de germination. La température optimale sera par la suite choisie pour la mise en germination des graines sous l'effet des facteurs salinité et potentiel osmotique.

Les essais de germination ont été effectués à des températures variant entre 5° et 45°C avec un intervalle de 5°C.

2.2.3. Effet de la salinité

Nous avons procédé aux essais de germination sous contraintes salines en utilisant les conditions optimales de germination déterminées à partir de l'essai précédent.

Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels. Pour ce faire, les graines sont mises à germer dans des boîtes de Pétri imbibées quotidiennement avec de l'eau distillée, considérée comme témoin ou par les différentes concentrations de NaCl (**tableau 5**). Les boîtes sont placées à l'obscurité et à la température optimale de germination, déterminée à partir des tests précédents.

La durée du test a été fixée à la période de germination qui s'est étalée sur 07 jours, avec un comptage quotidien des graines germées.

Tableau 5: Les solutions salines utilisées

Solutions	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
NaCl (mmol/l)	0	20	40	80	120	160	200	240	280	320
g/l	0	1,168	2,337	4,675	7,012	9,350	11,688	14,025	16,363	18,700

2.2.4. Effet du potentiel osmotique

Pour simuler l'effet d'un potentiel hydrique du sol sur la germination, les essais de germination ont été réalisés sous différents niveaux de potentiel osmotique par l'utilisation du PEG ayant une masse molaire de 10000.

Le poly-éthylène-glycol (PEG) constitue un agent relativement stable, inerte, non ionique, soluble dans l'eau et non toxique, même à de fortes concentrations (**Hohl et Peter, 1991; Lu et Neumann, 1998**). En effet, les molécules de PEG sont suffisamment petites pour influencer le potentiel osmotique et assez larges pour ne pas être absorbées par les graines (**Carpita et al., 1979**) et constituent ainsi un moyen efficace pour simuler une contrainte hydrique.

Les valeurs du potentiel osmotique testées sont 0, -0,2 ; -0,6 ; -1,2 et -1,6 MPa. Elles ont été préparées par dissolution d'une quantité de PEG 10000 dans l'eau distillée (**tableau 6**), le calcul des quantités nécessaires a été effectué à partir des travaux de **Money (1989)**.

Les graines traitées ont été placées à l'obscurité et à la température idéale de germination, tout en maintenant un potentiel hydrique stable et uniforme durant toute la période expérimentale.

La durée du test a été fixée à la période de germination qui s'est étalée sur 07 jours, le comptage des graines germées a été effectué quotidiennement.

Tableau 6 : Les solutions de PEG préparées

	Solution	T	H1	H2	H3	H4
PEG	g/100 ml	0	15	20	25	28
Pression osmotique	M Pascal	0	-0,2	-0,6	-1,2	-1,6

2.2.5. Effet de la profondeur

L'effet de la profondeur de semis des graines de mauvaises herbes a été étudié dans la serre contrôlée de l'Université de Ouargla.

Des pots en plastique de 30 cm du long et de 8 cm de diamètre ont été remplis de sable des dunes, puis, 50 graines ont été placées sur la surface du sol. Par la suite, elles sont recouvertes de sable jusqu'en haut du pot pour achever les différentes profondeurs : 0 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20 et 25 cm. Nous avons effectué trois (03) répétitions pour chaque profondeur (**figure 3**). Les pots ont été irrigués selon la nécessité (environ 1/2 jours), afin de maintenir le sol dans un état d'humidité constante, similaire à la capacité au champ. La température de la serre a été fixée à 25°C avec un photopériodisme naturel. A la fin de l'expérience, les graines ont été retirées et examinées. Les graines germées ont été comptabilisées pour déterminer le taux de germination.

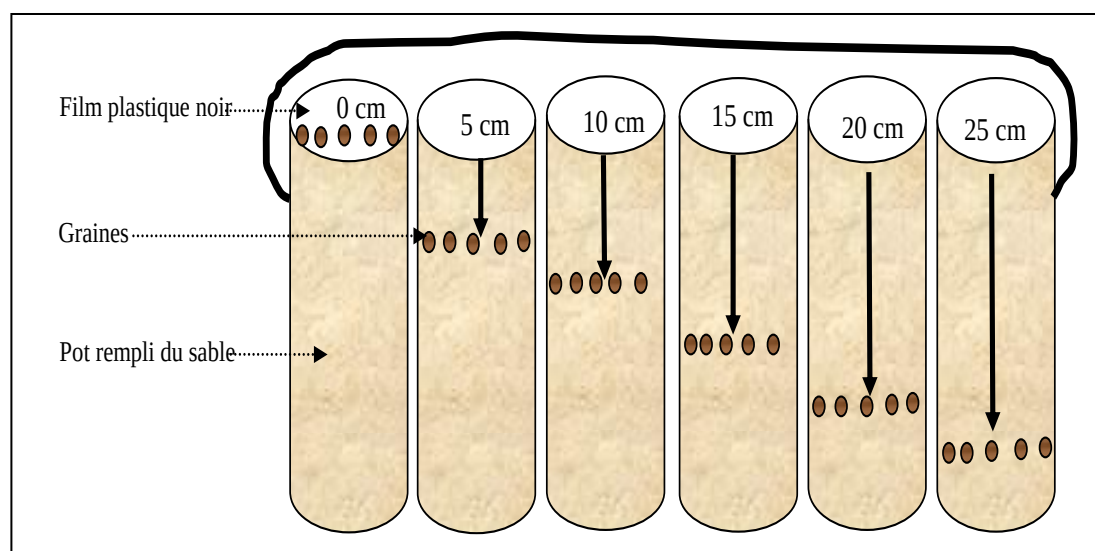


Figure 3: Représentation schématique du dispositif expérimental pour l'étude de l'effet de la profondeur sur la germination

2.3. Effet de la profondeur et de l'irrigation sur la levée de quelques mauvaises herbes

Nous avons utilisé pour cette partie de l'étude, les graines récoltées durant la campagne 2014/2015. Les graines collectées ont été conservées dans des sacs en papier au laboratoire dans les conditions ambiantes.

Pour les 06 espèces étudiées, 162 pots correspondant à l'ensemble des traitements étudiés ont été installés durant le mois d'octobre 2016. L'essai a été conduit sous une serre contrôlée de l'université de Ouargla durant l'année 2016/2017.

Pour la réalisation de cette étude portant sur l'évaluation de l'effet combiné entre la profondeur et l'irrigation sur la levée de quelques mauvaises herbes, nous avons varié les principales conditions résultant des systèmes de culture et d'état d'humidité du sol, pour cela, nous avons adopté la démarche suivante:

- Choix des profondeurs de semis : chaque espèce a été semée en surface (0 cm), à une profondeur intermédiaire (2 cm) et à un niveau peu profond (4 cm).
- Choix du régime d'irrigation : Trois fréquences d'irrigation ont été adoptées, une humidité permanente (irrigation de 1/2 jours), une sécheresse temporaire (1/4 jours) et un stress hydrique sévère (1/6 jours).

Le dispositif expérimental comprend donc 09 combinaisons (modalité) pour chaque espèce et 03 répétitions pour chaque modalité, pour chaque espèce nous avons utilisé 27 pots.

Le substrat utilisé est le sable des dunes. Il a été prélevé sur une dune sans végétation, afin de limiter la présence de graines non désirées.

Pour la réalisation de l'essai nous avons utilisé des pots en plastique avec les dimensions 10 cm de longueur, de 10 cm de largeur et de 12 cm en hauteur. Nous avons percé des petits trous dans le fond pour faciliter le drainage, car trop d'eau pourrait causer des pourrissements. Nous avons introduit au fond des pots (2 cm) une quantité de gravier pour assurer un meilleur drainage de l'eau. Les pots ont été remplis avec le sable des dunes tamisé.

Nous avons déposé une quantité de 25 graines de chaque espèce dans chaque pot (**photo 1**). Les graines qui sont semées à la surface sont légèrement tassées pour améliorer le contact sable-semence. L'irrigation des pots s'effectue selon les régimes fixés avec de l'eau douce.

Concernant les espèces caractérisées par une dormance primaire de leurs graines (*Bromus rubens* et *Polygonum aviculare*), des stimulations ont été effectuées par une stratification au froid humide, nécessaire avant la mise en culture des graines. Concernant les graines de *Melilotus indica* ont subi une scarification par l'acide sulfurique (60 min).

Un contrôle quotidien de la levée a été effectué (**photos 2 et 3**). Une semence de dicotylédone (*Amaranthus albus* et *Polygonum aviculare*) est considérée comme « levée » lorsque

les deux cotylédons sont visibles. Pour les monocotylédones (*Bromus rubens* et *Dactyloctenium aegyptium*) une plante est considérée levée quand la 1^{ère} feuille est visible (environ 1 cm). Le comptage des plantules levées a été effectué quotidiennement, afin de calculer le taux de levée pour chaque espèce et pour chaque modalité.



Photo 1: Semis des graines de *Bromus rubens*.



Photo 2: Levée de plantules de *Bromus rubens*.



Photo 3: Levée de plantules de *Polygonum aviculare*.

2.4. Etude de la conservation de la viabilité des graines après enfouissement

« Persistance du stock semencier du sol ».

L'expérimentation d'enfouissement des graines a été mise en place durant l'année 2015/2016 afin de mesurer tous les deux mois la viabilité des graines des 06 espèces étudiées pendant deux ans. Notre expérimentation s'est étalée d'octobre 2015 à juillet 2018. De plus, cette expérimentation a permis d'étudier l'effet saisonnier de l'enfouissement durant les quatre saisons. Le calendrier d'enfouissement est décrit dans la **figure 4**.

Les semences ont été déterrées et analysées bimensuellement afin de déterminer l'effet « saison » et l'effet « durée d'enfouissement » sur la capacité germinative.

Le protocole expérimental mis en œuvre est basé sur des études proches ou similaires, réalisées pour d'autres adventices (**Lonchamp et al., 1984; Sester et al., 2006, Gardarin, 2008**).

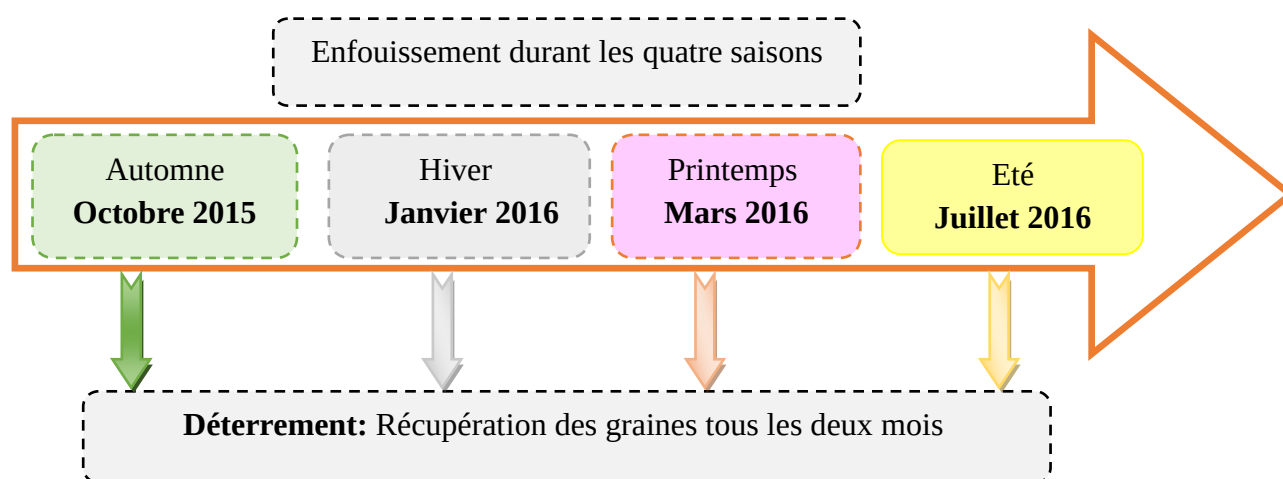


Figure 4: Calendrier d'enfouissement et déterrement des graines des espèces étudiées.

2.4.1. Enfouissement des lots de semences

Immédiatement après la récolte, des lots de 100 graines sont constitués. Afin de nous rapprocher des conditions réelles, les graines sont mélangées à 100 g de sable, sauf pour les graines de *Dactyloctenium aegyptium* et de *Polypogon monspeliensis* (les graines ont la même couleur que le sable). Le mélange est placé dans un petit sachet en tissu (voile) (environ 5x45 cm), perméable à l'humidité et aux micro-organismes du sol. Le sachet est fermé avec une thermo-soudeuse. Nous avons préparé 144 sachets pour chaque espèce, ce nombre correspond aux 12 prélèvements x 4 saisons x 3 répétitions. Ainsi, pour l'ensemble de l'expérimentation, 864 sachets ont été préparés pour toutes les espèces étudiées.

Des tranchées de 40 cm de profondeur sont creusées sur les parcelles de l'exploitation expérimentale de l'université de Ouargla (**photo 4**). A cette profondeur, les variations climatiques sont tamponnées, ce qui limite les pertes de semences par germination.



Photo 4: Parcelle expérimentale (Palmeraie)

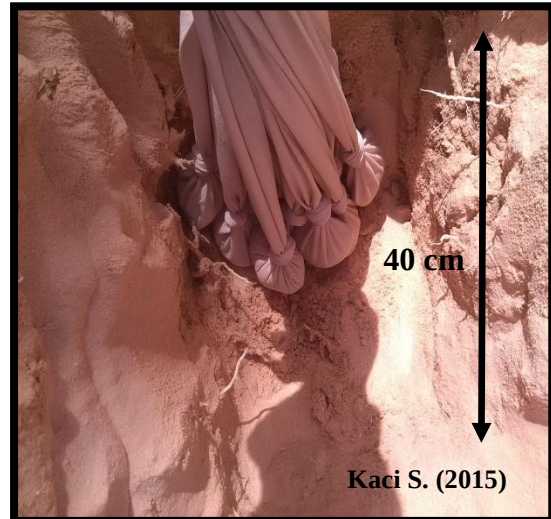


Photo 5: Tranchée d'enfouissement

Les caractéristiques édaphiques de la parcelle destinée pour l'enfouissement sont résumées sur le **tableau 7**.

Tableau 7 : Caractéristiques physico-chimiques du sol

Paramètre	pH	Granulométrie (%)					CE (ds/m)	Ct (%)	Mo (%)	At (%)
		A	L.F	L.G	S.F	S.G				
	7,16	1,43	32,58	20,45	35,94	1,25	5,86	2,40	0,50	0,05

A : argile, L.F : limon fin, L.G : limon grossier, S.F : sable fin; S.G : sable grossier, Ct : calcaire totale, Mo : matière organique, At : azote total.

Le sol est caractérisé par une texture sableuse, dominée par le sable fin (35,94%), un pH neutre et une salinité élevée (5,86 ds/m). Le sol est peu calcaire, pauvre en matière organique et en azote total.

Pour évaluer la viabilité, nous devons récupérer l'ensemble des graines, ce qui a nécessité un triage après le déterrement, au niveau du laboratoire.

En cas d'enfouissement sans terre, le contact direct avec la terre et les micro-organismes du sol se fait seulement à travers le tissu (voile). En revanche, comme les semences se retrouvent agglomérées, une fois une contamination réalisée (à partir de semences enfouies et de la terre environnante), la progression à l'intérieur du lot sera bien plus rapide que dans un mélange graines-terre.

Les lots de graines de chaque espèce y sont placés (**photo 5**), à raison de six sachets par tranchée, puis la tranchée est rebouchée à la pelle.

2.4.2. Récupération des graines enfouies

Les sachets contenant les graines sont déterrés une fois tous les deux mois, sur une durée de deux ans, aboutissant à 12 prélèvements pour chaque saison. Précisons que la dormance et la viabilité initiales des graines au moment de la récolte, ont été mesurées.

2.4.3. Mesure de la viabilité des semences

Les graines sont enlevées des sachets, et triées de la terre, rincées avec l'eau distillée, puis placées sur du papier filtre disposé dans une boîte de Pétri. L'imbibition des graines par l'eau distillée a été effectuée si nécessaire quotidiennement (éviter le dessèchement des graines).

Chaque boîte est bien fermée pour éviter toute perte d'eau et placée dans le phytotron. Trois boîtes contenant chacune 25 graines, sont mises à germer à température constante, proche de l'optimum pour la germination comprise entre 20 et 25°C.

Les germinations sont comptées d'abord quotidiennement, puis sont espacées lorsque la germination ralentit, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de germination pendant une semaine au moins. A chaque comptage, les boîtes sont ouvertes et les semences germées sont comptabilisées puis ôtées. Ce suivi dure au moins un mois.

2.4.4. Mesures de la viabilité des semences non germées

Parmi les graines non germées, nous devons mesurer si ces dernières sont viables ou non. Des traitements permettant de lever la dormance et stimuler la germination ont été effectués. Les graines de *Polygonum aviculare* sont préalablement stratifiées, c'est-à-dire placées une semaine en chambre froide à 4°C après avoir été réimbibées. Les graines de *Melilotus indica* ont été scarifiées par l'acide sulfurique. Par la suite, elles sont à nouveau mises à germer à des températures stimulant la germination.

Après une ou deux semaines en phytotron, les semences ayant germé (après stimulation) sont comptées.

Les dernières graines n'ayant toujours pas germé sont finalement disséquées à la pince et les plus petites sous loupe binoculaire, afin de déterminer la viabilité de l'embryon. Une semence est considérée comme viable lorsque son embryon est blanc et ferme sous la pression d'une pince. Cette méthode a été préférée à celle utilisant le tétrazolium (Donald, 1994) pour sa facilité de mise en œuvre et sa fiabilité Sawma et Mohler (2002) et Gardarin (2008).

3. Paramètres étudiés

Pour la présente étude, les paramètres retenus à la fin du test sont :

3.1. Pourcentage de germination (PG)

C'est le taux maximal obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur. Il correspond au nombre des graines germées par rapport au nombre total de graines **Côme (1970)** et **Mazliak (1982)**. Il est exprimé en pourcentage.

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

3.2. Cinétique de germination

Elle correspond à la courbe de l'évolution du taux quotidien cumulé de germination, calculé sur la base du nombre de graines nouvellement germées à chaque observation.

$$\text{Cinétique de germination} = \frac{\text{nombre des graines germées quotidiennement}}{\text{nombre total mis en germination}} \times 100.$$

3.3. Indice de germination (IG)

L'indice de germination (IG) est calculé selon « **the Association of Official Seed Analysts** » (1990) par la formule suivante:

$$\text{Indice de germination} = G1/1 + G2/2 + \dots + Gn/n$$

Avec :

G₁ : étant le pourcentage de germination au premier jour ; G₂ au 2^{ème} jour, etc...

n: étant le nombre de jours que dure l'expérience.

L'indice de germination explique la vitesse de germination : un indice faible reflète une germination lente.

3.4. Taux de levée

La levée correspond selon **Leblanc et al., (1998)**, à l'allongement de la racine et la croissance épigée ou hypogée de la plantule vers la surface de sol. Les plantules sont considérées émergées lorsqu'elles sont au stade de l'apparition de deux premières feuilles.

Le taux de levée correspond au pourcentage de plantules levées par rapport au total des graines semées. Il est estimé par la formule suivante :

$$\text{TL(\%)} = \text{Nombre des plantules levées} / \text{Nombre de graines semées} \times 100$$

3.5. Détermination de la viabilité des semences

A l'issue des tests de germination, nous obtenons donc pour chaque espèce le pourcentage de graines ayant persisté pendant la durée de l'enfouissement, c'est-à-dire celles ayant germé durant les conditions initiales, celles ayant germé après stimulation et celles déclarées viables lors de la dissection.

Les tests de germination et de viabilité des semences permettent de calculer la proportion de semences viables dans chaque sachet enfoui. La formule utilisée est la suivante (**Gardarin, 2008**):

$$\% \text{ graines viables} = (GI+GPS+NGV)/V$$

GI: Semences ayant germé initialement,

GPS : Germinations post-stimulation,

NGV : Semences non germées mais déclarées viables,

V : Total de semences viables, enfermées dans le sachet en voile (cette quantité a été déterminée lors des test initiaux de germination et viabilité des semences).

3.6. Détermination du Taux Annuel de Décroissance (T.A.D)

Nous avons voulu également exprimer les résultats obtenus en TAD plutôt qu'en pourcentage de viabilité par souci de simplification (**tableau 8**).

Tableau 8: Classification de la durée de vie des graines en fonction du TAD
(Thompson et Grime, 1979; Barralis et *al.*, 1988).

T.A.D	100%	75-85%	± 50%	10-30%
Durée de vie	1 an	3-4 ans	6-8 ans	10 ans

Le Taux annuel de décroissance est calculé par la formule suivante :

$$TAD = Vi - Vf$$

Vi : viabilité initiale des graines,

Vf : viabilité après enfouissement.

4. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse statistique, par comparaison des moyennes à l'aide du logiciel XLStat 2014.

Une ANOVA a été réalisée pour déterminer l'effet des différents traitements physiques et chimiques appliqués pour la levée de la dormance et sur la germination des graines des espèces étudiées en fonction de la variation des facteurs abiotiques étudiés.

Les données recueillies de l'étude de la levée ont fait l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) à trois critères de classification (espèce, profondeur et irrigation). Si l'analyse de variance met en évidence des différences entre modalités, le test de Tukey a été mis en œuvre pour tenter de constituer des groupes homogènes. Chaque moyenne est affectée d'une lettre, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, au seuil de probabilité 5%. Nous avons également déterminé les corrélations entre l'ensemble des variables étudiées.

Les résultats obtenus sur la viabilité des graines enfouies ont subi un traitement statistique, en utilisant le logiciel XLStat 2014. Une analyse de variance (ANOVA) des moyennes des taux de viabilité, permet de montrer la signification de l'effet de la saison et la durée d'enfouissement des espèces étudiées.

Chapitre II



Résultats et Discussion

1. Etude de la levée de dormance primaire des graines de quelques mauvaises herbes

La dormance est une excellente façon pour les mauvaises herbes d'accroître leurs chances de survie dans les agro-écosystèmes en termes de durée et d'espace (Fenner et Thompson, 2005; Jayasuria *et al.*, 2008; Bentsink et Koornneef, 2008; Baskin et Baskin, 2014), elle est considérée comme une adaptation aux environnements difficiles (Benech-Arnold *et al.*, 2000) qui empêche la germination des semences dans des conditions où l'établissement et la reproduction des plantes sont défavorables (Gardarin et Colbach, 2015). La dormance favorise l'infestation prolongée des cultures par les adventices (Chadoeuf-Hannel, 1985).

1.1. Effet du traitement chimique sur la germination

1.1.1. Scarification par l'acide sulfurique

La **figure 5** représente le pourcentage et l'indice de germination des graines traitées par l'acide sulfurique de *Melilotus indica* (Fabaceae) en fonction du temps de trempage.

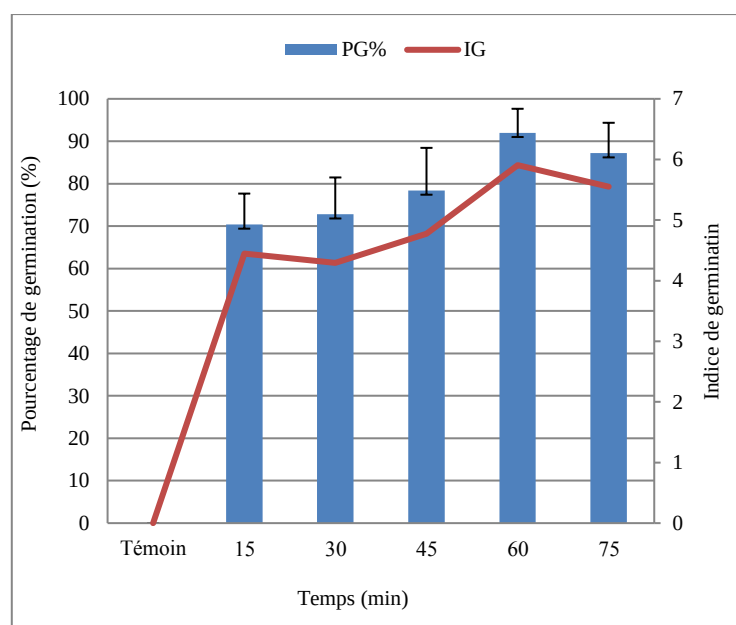


Figure 5: Effet de l'acide sulfurique sur la germination des graines de *Melilotus indica*.

Il ressort de ces résultats que le trempage dans l'acide sulfurique a nettement amélioré le pourcentage de germination des graines de *Melilotus indica* par rapport au témoin (non traité).

Les résultats mentionnés dans la **figure 5**, montrent que le pourcentage de germination augmente avec l'augmentation de la durée de trempage dans l'acide sulfurique. Il est de 70,4; 72,8; 78,4 et 92% respectivement pour 15, 30, 45 et 60 minutes de trempage. Ce taux diminue légèrement pour les graines traitées pendant 75 min, pour atteindre 87,2 % de germination.

Les indices de germination des graines de *Melilotus indica* (**figure 5**) obtenus sont de 4,44 ; 4,29 ; 4,77; 5,9 et 5,55 respectivement pour des temps de trempage de 15, 30, 45, 60 et 75 min.

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Avci et al. (2013)**, qui ont montré que la scarification par l'acide sulfurique des graines de *Melilotus alba* pendant 20 minutes, donne un taux de 92,5% et un taux de 96 % durant 15 minutes pour *Melilotus officinalis*. **Ali et al. (2011)** ont obtenu un taux de 100% de germination des graines de *Rhynchosia capitata* (mauvaise herbe de la famille des Fabaceae) après trempage de 60 minutes dans l'acide sulfurique.

L'efficacité du traitement par l'acide sulfurique chez les Fabaceae a été prouvée par plusieurs chercheurs, nous citerons **Patane et Gresta (2006)** chez *Astragalus hamosus* et *Medicago orbicularis*, **Hay et al. (2010)** pour *Trifolium ambiguum* et **Ghaderi-Far et al. (2010)** chez *Medicago officinalis*,

L'analyse statistique de l'effet du traitement par l'acide sulfurique sur la germination de *Melilotus indica* est mentionnée dans le **tableau 9**.

Tableau 9: Analyse de variance (ANOVA) de l'effet du traitement par l'acide sulfurique sur la germination de *Melilotus indica*.

Temps de traitement	PG (%)±Ecart type	IG±Ecart type
Témoin	0c	0d
15 min	70,4±7,26 ***b	4,44±0,47 ***c
30 min	72,8±8,67 ***b	4,29±0,39 ***c
45 min	78,4±10,03***ab	4,77±0,77 ***bc
60 min	92±5,65 ***a	5,90±0,47 ***a
75 min	87,2±7,15 ***a	5,55±0,38 ***ab

PG:Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p<0,001$). a, b, c, d, e :groupe homogène.

Les résultats de l'analyse statistique révèlent des variations importantes et montrent un effet très hautement significatif du traitement par l'acide sulfurique sur le pourcentage et indice de germination à différentes durées de trempage. De ce fait, il ressort que l'amélioration de la germination s'effectue :

- A 60 minutes de trempage pour *Melilotus indica* (92%) avec un indice de 5,9 ; constituant le groupe homogène a.

La cinétique de germination des graines de *Melilotus indica* traitées par l'acide sulfurique est présentée dans la **figure 6**.

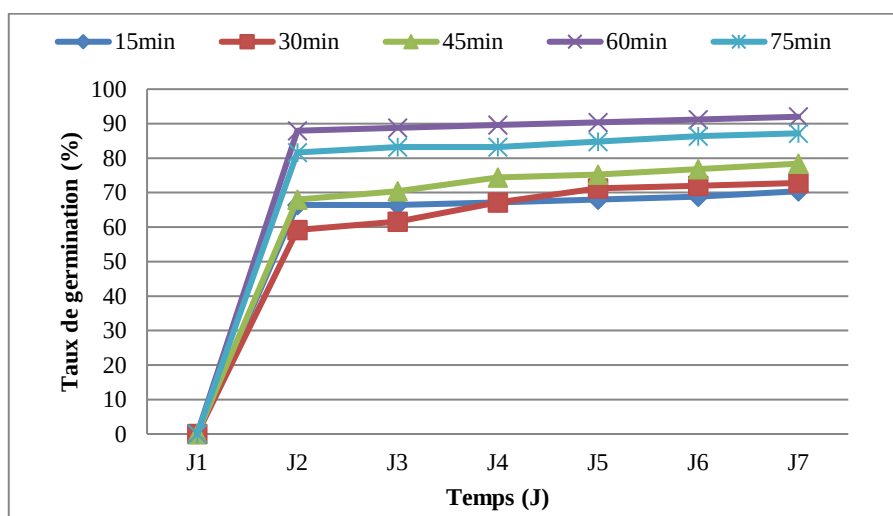


Figure 6: Effet de l'acide sulfurique sur la cinétique de germination de *Melilotus indica*

Selon les résultats illustrés dans la **figure 6**, il ressort que :

Les graines de *Melilotus indica* traitées par l'acide sulfurique entament la germination dès le deuxième jour avec des taux de 68; 59,2; 68; 88 et 81,6 % respectivement pour les temps de trempage de 30, 15, 45, 60 et 75 min.

Le taux de germination augmente progressivement pour atteindre son maximum de 70,4; 72,8; 78,4; 92 et 87,2% le septième jour, correspondant aux temps respectifs de 15, 30, 45, 60 et 75 min. Le meilleur taux de germination (92%) est obtenu après 60 min de traitement acide.

L'efficacité du traitement par l'acide sulfurique s'explique selon **Ali et al. (2011)**, par sa capacité de rupture des téguments de la graine, ce qui permet l'entrée de l'eau.

Les Fabaceae possèdent une couche de palissade (**Rolston, 1978; Bianco et Kraus, 2005**) composée de cellules sclérifiées à parois secondaires lignifiées, épaisses (**Esau, 1965**). Quand les graines sont immergées dans H_2SO_4 , le tégument peut être dégradé permettant l'entrée de l'eau suivie de la réhydratation des réserves.

1.1.2. Acide gibbérellique

Le pourcentage et l'indice de germination des graines traitées par l'acide gibbérellique pour les deux espèces *Bromus rubens* (Poaceae) et *Polygonum aviculare* (Polygonaceae) en fonction de la variation de la concentration de la solution de trempage sont présentés dans les figures 7 et 8.

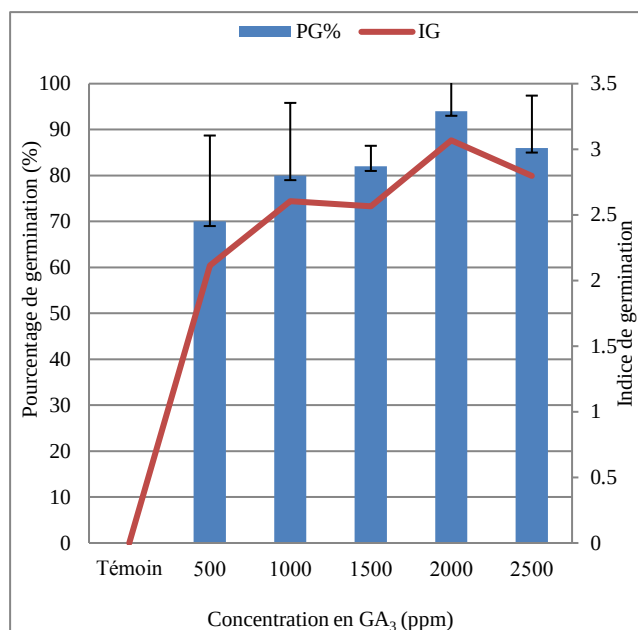


Figure 7: Effet de l'acide gibbérellique sur la germination des graines de *Bromus rubens*.

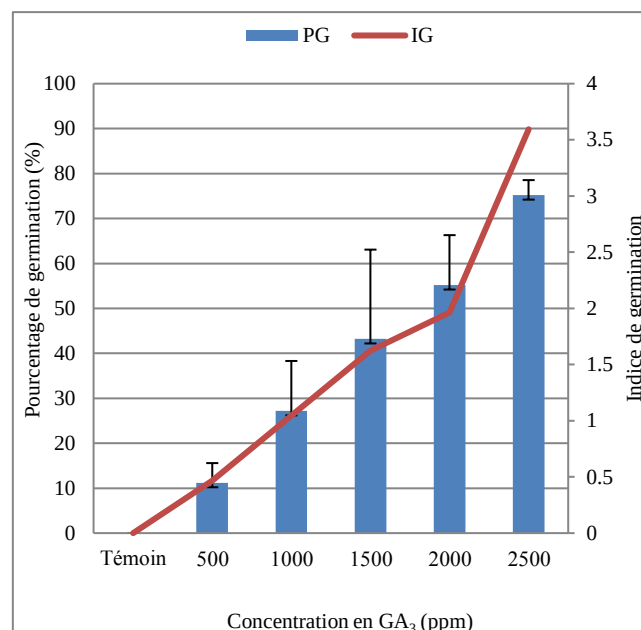


Figure 8: Effet de l'acide gibbérellique sur la germination des graines de *Polygonum aviculare*.

D'après les résultats mentionnés dans la figure 7, le taux de germination des graines de *Bromus rubens* varie en fonction de l'augmentation de la concentration de la solution de l'acide gibbérellique. L'ensemble de ces valeurs montre que ce prétraitement apporte une amélioration appréciable des pourcentages de germination des graines dormantes par rapport au témoin (sans traitement). Le taux de germination croît avec l'augmentation de la concentration, enregistrant, 70, 80, 82 et 94% respectivement pour 500, 1000, 1500, 2000 ppm de GA_3 . Par contre, à 2500 ppm, le pourcentage de germination diminue, il est de l'ordre de 86%.

Les indices de germination des graines de *Bromus rubens* (figure 7) obtenus après le trempage dans l'acide gibbérellique montrent que pour 500, 1000, 1500, 2000 et 2500 ppm, les IG sont de 2,11; 2,60; 2,56; 3,06 et 2,79. Seules les graines ayant trempé dans 2000 ppm de GA_3 présentent un indice élevé, de l'ordre de 3,06.

Baskin et Baskin (1998), ont signalé que GA_3 stimule la germination de graines de nombreuses espèces de Poaceae en augmentant le potentiel de croissance de l'embryon (**Adkins et al., 2002; Kucera et al., 2005**). De même **Tang et al. (2011)**, ont prouvé que le traitement de trois mauvaises herbes (*Poa annua*, *Alopecurus aequalis* et *Stellaria aquatica*) de la famille des

Poaceae par GA₃, est une méthode efficace pour lever la dormance de ces espèces. Ceci est en accord avec nos résultats, de l'efficacité de ce traitement sur les graines de *Bromus rubens*.

D'après les résultats mentionnés sur la **figure 8**, le traitement par trempage des graines dans l'acide gibbérellique stimule la germination de *Polygonum aviculare*, qui se manifeste par l'augmentation des pourcentages de germination, enregistrant des taux de 11,2; 27,2; 43,2; 55,2 et 75,2 %, respectivement pour 500, 1000, 1500 et 2000 ppm de solution de GA₃. La valeur maximale (75,2%) est obtenue avec le traitement 2500 ppm de GA₃.

Concernant les indices de germination des graines de *Polygonum aviculare* (**figure 8**) les valeurs enregistrées sont : 0,46; 1,04; 1,62 et 1,96 correspondant respectivement à 500, 1000, 1500 et 2000 ppm de GA₃. Seules les graines ayant trempé dans la solution de 2500 ppm de GA₃, présentent un indice élevé (3,59).

L'analyse statistique de l'effet du traitement par l'acide gibbérellique sur la germination de *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare* est présentée dans le **tableau 10**.

Les résultats de l'analyse statistique montrent un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) du traitement par l'acide gibbérellique sur le pourcentage et l'indice de germination, à différentes concentrations de solutions de GA₃.

A partir de ce tableau il ressort que la germination a été améliorée par :

- Le trempage des graines dans la solution de 2000 ppm de GA₃ pour *Bromus rubens* (94% de germination, avec un indice de 3,06) qui constitue un groupe homogène a.
- Le trempage des graines dans la solution de 2500 ppm de GA₃ pour *Polygonum aviculare* (75,2% de germination et un indice de 3,59) représente le groupe homogène a

Tableau 10: Analyse de variance (ANOVA) de l'effet du traitement GA₃ sur la germination de *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare*.

Concentration en GA ₃	<i>Bromus rubens</i>		<i>Polygonum aviculare</i>	
	PG (%)±Ecart type	IG±Ecart type	PG (%)±Ecart type	IG±Ecart type
Témoin	0c	0c	0e	0e
500 ppm	70±18,7***b	2,11±0,69***b	11,2±4,38 ns	0,46±0,22 ns
1000 ppm	80±15,81***ab	2,60±0,60***ab	27,2±11,09**cd	1,04±0,41**cd
1500 ppm	82±4,47***ab	2,56±0,19***ab	43,2±19,87***bc	1,62±0,76***bc
2000 ppm	94±8,94***a	3,06±0,37***a	55,2±11,09***ab	1,96±0,47***b
2500 ppm	86±11,40***ab	2,79±0,50***ab	75,2±3,34***a	3,59±0,22***a

PG : Pourcentage de germination, IG : Indice de germination, *** : Très hautement significatif ($p < 0,001$).

**Hautement significatif ($p < 0,01$), ns = non significatif ($p < 0,05$). a, b, c, d, e = groupe homogène.

La cinétique de germination des graines de *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare* traitées par l'acide gibbérellique est présentée dans les figures 9 et 10.

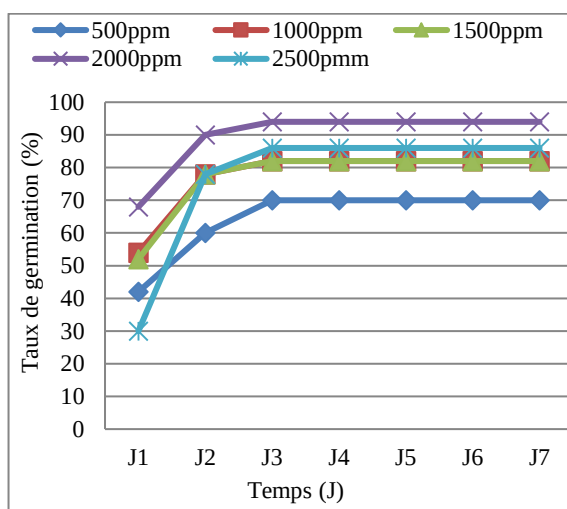


Figure 9: Effet de l'acide gibbérellique sur la cinétique de germination de *Bromus rubens*.

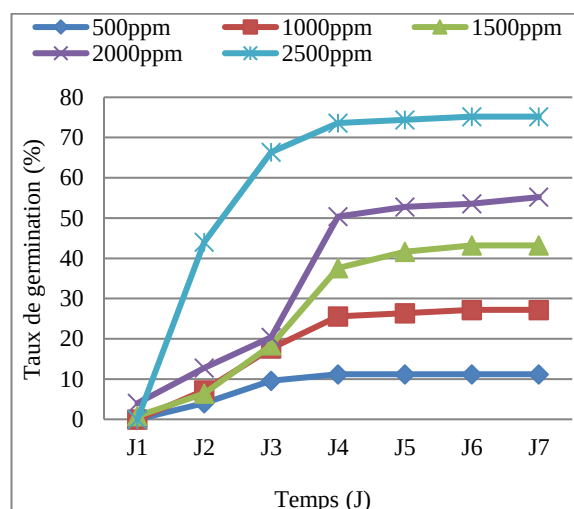


Figure 10: Effet de l'acide gibbérellique sur la cinétique de germination de *Polygonum aviculare*.

Selon les résultats illustrés dans la figure 9, la germination des graines de *Bromus rubens* débute dès le premier jour avec 42, 54, 52, 68 et 30% de germination, respectivement pour 500, 1000, 1500, 2000 et 2500 ppm de GA₃. Le taux de germination augmente progressivement pour atteindre son maximum 70, 82, 82, 94 et 86% le troisième jour, correspondant à 500, 1000, 1500, 2000 et 2500 ppm de GA₃ respectivement.

La cinétique des taux de germination des graines de *Polygonum aviculare* (figure 10) débute le premier jour (4% de germination) pour le traitement 2000 ppm, puis le deuxième jour avec des taux croissants de 4; 6,4; 6,4 et 44%, respectivement pour 500, 1000, 1500 et 2500 ppm de GA₃. Le taux de germination augmente progressivement pour atteindre son maximum de 11,2; 27,2; 43,2; 55,2 et 75,2% le sixième jour, correspondant respectivement à 500, 1000, 1500, 2000 et 2500 ppm de GA₃.

D'après ces résultats, l'application exogène de GA₃ a induit d'une manière significative une germination plus élevée chez *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare* par rapport au témoin.

Nos résultats sont soutenus par plusieurs travaux sur les mauvaises herbes. Il a été démontré que les gibbérellines brisent la dormance dans de nombreux types de graines (Bewley et Black, 1994; Debeaujon et al., 2007). Des études précédentes ont indiqué que les graines d'espèces de mauvaises herbes traitées avec GA₃ ont nettement mieux germé que des graines témoins (Greipsson, 2001; Rogis et al. 2004), *Raphanus raphanistrum* (100 mg/l) (Manoto et al., 2006), *Pentapetes phoenicea* (100 ppm) (Yawalikar et al., 2012), *Capsella bursa-pastoris* (400 ppm)

(Rezvani et al., 2014), *Papaver rhoeas* (750 ppm) et *Papaver dubium* (500 ppm) (Golmohammadzadeh et al., 2015).

L'efficacité du traitement par l'acide gibbérellique peut être expliquée par son rôle physiologique en tant que stimulateur de la germination des graines dormantes pour une large gamme d'espèces végétales, précisément comme stimulateur des enzymes hydrolytiques (Leubner-Metzger, 2001; Yamaguchi et Kamiya, 2001; Rogis et al., 2004; Zhang et al., 2006; Finkelstein et al., 2008). Il induit la mobilisation des réserves stockées et stimule la croissance de l'embryon (Finkelstein et al., 2008). Kucera et al. (2005), Finch-Savage et Leubner-Metzger (2006) ont révélé que GA₃ favorise la germination des graines en activant la synthèse des protéines et autres métabolites, indispensables pour l'activation de l'embryon.

1.2. Effet du traitement physique sur la germination

1.2.1. L'eau chaude

Les pourcentages de germination ainsi que les indices de germination des graines de *Melilotus indica* sous l'effet du traitement par l'eau chaude, sont illustrés dans la figure 11.

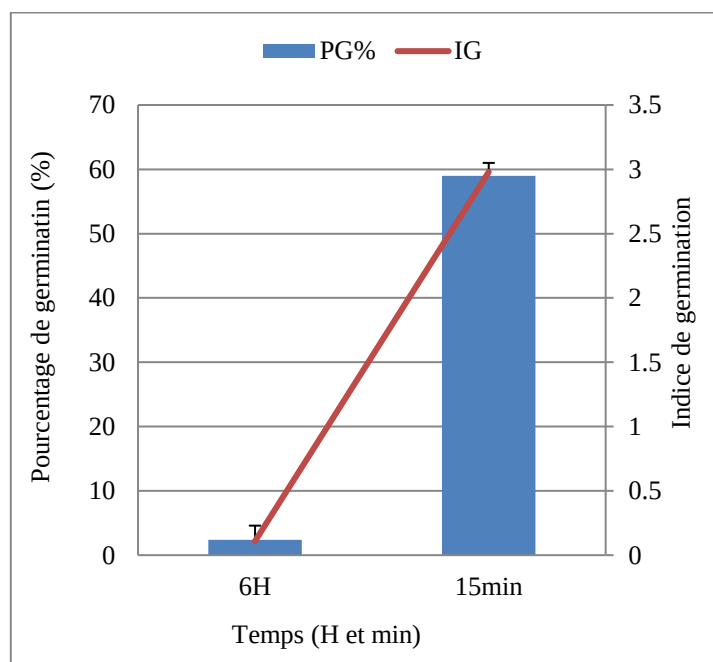


Figure 11: Effet de l'eau de chaude sur la germination des graines de *Melilotus indica*

D'après la figure 11, il en ressort que le pourcentage de germination varie en fonction du temps de trempage des graines dans l'eau chaude. Le pourcentage de germination de *Melilotus indica* diminue avec le temps de trempage dans l'eau chaude. Il est de 59% pour un trempage de 15 min, avec un indice de germination de 2,98, puis baisse pour atteindre 2,4% pour les graines

trempées pendant 6 h, où l'indice de germination enregistre une valeur faible, de l'ordre de 0,10 ; signe d'une germination très lente.

L'analyse statistique de l'effet de traitement par l'eau chaude sur la germination de *Melilotus indica* est illustrée dans le **tableau 11**.

Tableau 11: Analyse de variance (ANOVA) de l'effet de l'eau chaude sur la germination de *Melilotus indica*.

Traitement	<i>Melilotus indica</i>	
	PG (%)±Ecart type	IG±Ecart type
Témoin	0b	0b
15 min	59±2***a	2,98±0,50***a
6 h	2,4±2,19 ns b	0,108±0,10 ns b

PG : Pourcentage de germination, IG : Indice de germination, *** : Très hautement significatif ($p<0,001$). ** : Hautement significatif ($p<0,01$), ns : non significatif ($p<0,05$). a b, : groupe homogène.

L'analyse des données du **tableau 11** permet de déduire que ce traitement n'est pas suffisamment efficace pour la levée de dormance chez cette espèce

D'après les résultats de l'analyse statistique il ressort que :

- L'effet du trempage des graines de *Melilotus indica* pendant 6h dans l'eau chaude est non significatif, tandis que le trempage durant 15 minutes a pu améliorer la germination par un effet significatif sur le pourcentage et l'indice de germination.

La cinétique de germination est illustrée dans la **figure 12**.

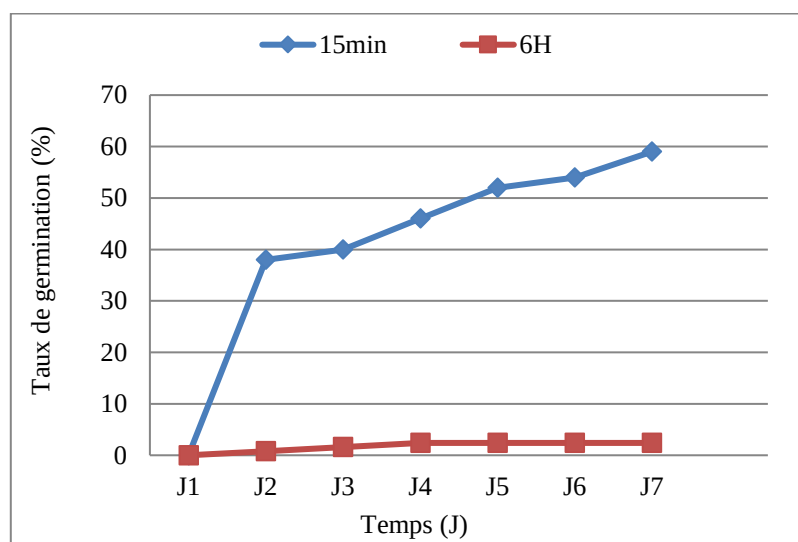


Figure 12 : Effet de l'eau chaude sur la cinétique de germination de *Melilotus indica*.

Les résultats présentés dans **la figure 12**, indiquent que la germination des graines de *Melilotus indica* traitées par l'eau chaude, débute le deuxième jour. Le taux de germination passe progressivement de 59% le deuxième jour à 38% au sixième jour après immersion dans l'eau chaude pendant 15 min. Cependant, pour les graines traitées pendant 6h, le taux de germination est très faible et progresse lentement ; il passe de 0,8 % au 2^{ème} jour, à 2,4 % le 7^{ème} jour.

Selon **Budy et al. (1986)**, l'eau chaude est une forme de scarification thermique permettant la levée de la dormance physique (tégument des graines), en provoquant des fissures, situées dans les téguments sans altérer l'anatomie du micropyle. Les fissures permettent à l'eau d'entrer, puis déclencher la germination (**Baskin et Baskin, 1999**). L'immersion des graines dans l'eau chaude permet également la perméabilité des téguments chez de nombreuses espèces (**Baskin et Baskin, 2014**). De même, une exposition de 5 secondes dans l'eau bouillante, peut tuer certaines graines à dormance physique (**Mandal, 1994**). Par contre, il existe plusieurs espèces qui peuvent tolérer un tel traitement plus de 5 secondes et restent viables.

1.2.2. Stratification au froid humide

Les résultats obtenus de la germination après la stratification au froid humide des graines de *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare* sont présentés dans **les figures 13 et 14**.

A travers l'analyse des résultats obtenus nous avons constaté que la stratification au froid humide a induit une augmentation du pourcentage et de l'indice de germination des deux espèces étudiées, en fonction de l'augmentation de la durée du traitement.

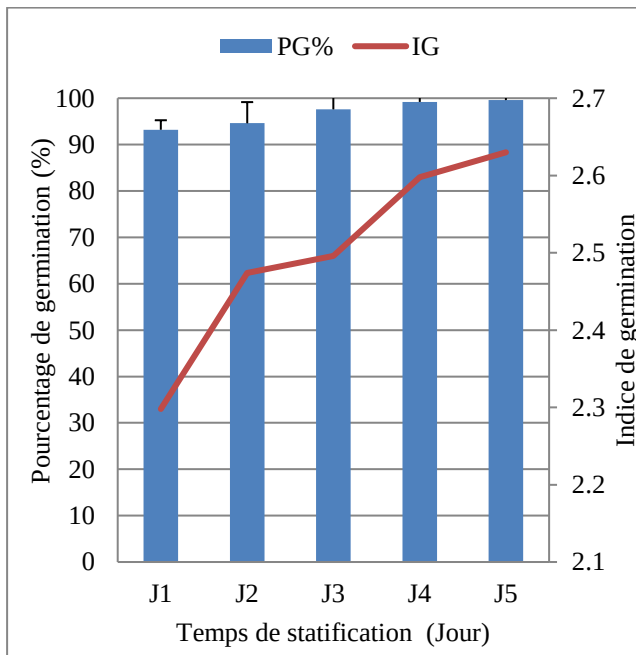


Figure 13: Effet de stratification sur la germination de *Bromus rubens*

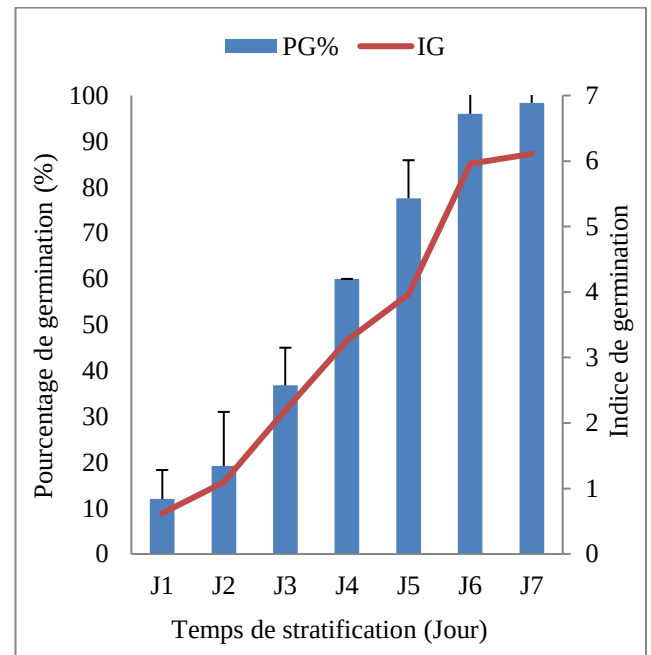


Figure 14: Effet de stratification sur la germination de *Polygonum aviculare*

Les valeurs montrent que ce prétraitement apporte une amélioration appréciable des pourcentages de germination des graines.

Le pourcentage de germination de *Bromus rubens* (**figure 13**) est de l'ordre de 93,2% pour les graines stratifiées pendant 1 jour. Il passe à 94,6% après deux jours, puis 97,6% au 3^{ème} jour de stratification. Le meilleur pourcentage de germination est de l'ordre de 99,6%, obtenu avec des graines stratifiées pendant 5 jours.

Par ailleurs, le traitement au froid a également amélioré l'indice de germination, d'après les résultats mentionnés dans **la figure 13**. Ainsi, l'indice est passé de 2,29 pour les graines stratifiées durant 1 jour, à 2,63 pour celles stratifiées pendant 5 jours.

Nos résultats sur la levée de la dormance chez *Bromus rubens* sont en concordance avec ceux rapportés par **Kleeman et Gill (2013)** qui indiquent qu'une germination maximale (95%) de *Bromus diandrus* a été atteinte après 4 jours de traitement.

Pour la famille des Poaceae, une durée de stratification de 3 jours à 6 semaines, améliore la germination des semences (**Williams, 1983; Smith-Jochum et Albrecht, 1988; Matus-Cádiz et al., 2001; Matus-Cádiz et Hucl, 2003**).

Boddy et al. (2013) ont signalé la réussite de la levée de dormance chez *Echinochloa oryzicola* (mauvaise herbe annuelle d'été) par une stratification à 5°C pendant 2 semaines. **Amini et al. (2015)** ont également signalé l'amélioration de la germination de *Setaria glauca* par une stratification à 4°C pendant 45 jours, permettant de donner 60% de germination.

Les résultats de la **figure 14** montrent que la stratification à froid (4°C) a pu lever la dormance des graines de *Polygonum aviculare* après un jour de traitement, ainsi qu'une augmentation progressive des taux de germination, qui passent de 12% après 24h à 98,4% après 7 jours de stratification. Cette amélioration a été accompagnée d'une augmentation de l'indice de germination (**figure 14**). Les valeurs minimums de l'indice de germination sont enregistrées entre 1 et 5 jours de stratification, ce qui indique une germination lente. Les valeurs maximales sont enregistrées dans l'intervalle de 6-7 jours de stratification, de l'ordre de 5,69 et 6,11 respectivement. L'effet positif de la stratification sur l'amélioration de la germination des graines de le *Polygonum aviculare* est confirmé par les travaux de **Khan et Ungar (1998)**, pour lesquels ils signalent que les graines de *Polygonum aviculare* exigent une stratification au froid humide à 5°C pour germer avec un taux de 100%.

L'analyse statistique de l'effet du traitement par stratification au froid humide sur la germination de *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare* est consignée dans **le tableau 12**.

Le test statistique de la variance (**tableau 12**) fait ressortir un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$) de ce traitement sur le pourcentage et l'indice de germination.

A partir de ce tableau il s'avère que la germination a été nettement améliorée par :

- Une stratification pendant 4 et 5 jours des graines de *Bromus rubens*, constituant un groupe homogène (a).
- Une stratification pendant 6 et 7 jours des graines de *Polygonum aviculare*, formant un seul groupe homogène (a).

Tableau 12: Analyse de variance (ANOVA) de l'effet de la stratification sur la germination de *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare*.

Traitement	<i>Bromus rubens</i>		<i>Polygonum aviculare</i>	
	PG (%)±Ecart type	IG±Ecart type	PG (%)±Ecart type	IG±Ecart type
1 jour	93,2±2,04***b	2,29±0,10***b	12±6,32ns	0,62±0,32ns
2 jours	94,6±4,56***ab	2,47±0,14***a	19,2±11,79*e	1,09±0,67ns
3 jours	97,6±4,33**ab	2,49±0,11***a	36,8±8,19***d	2,19±0,47***cd
4 jours	99,2±1,09***a	2,59±0,04***a	60±0***c	3,96±0,55***bc
5 jours	99,6±0,89***a	2,63±0,00***a	77,6±8,29***b	3,26±0,78***b
6 jours	--	--	96±6,92***a	5,96±0,78***a
7 jours	--	--	98,4±2,19***a	6,11±0,14***a

PG : Pourcentage de germination, IG : Indice de germination, *** : Très hautement significatif ($p < 0,001$). ** : Hautement significatif ($p < 0,01$), ns : non significatif ($p < 0,05$). a : groupe homogène.

Les figures 15 et 16 représentent les résultats de l'effet de la stratification au froid sur la cinétique de germination des graines de *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare*.

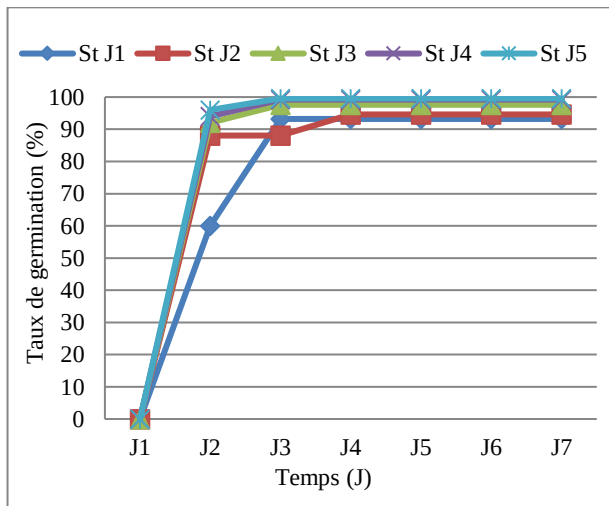


Figure 15: Effet de la stratification au froid humide sur la cinétique de germination de *Bromus rubens*.

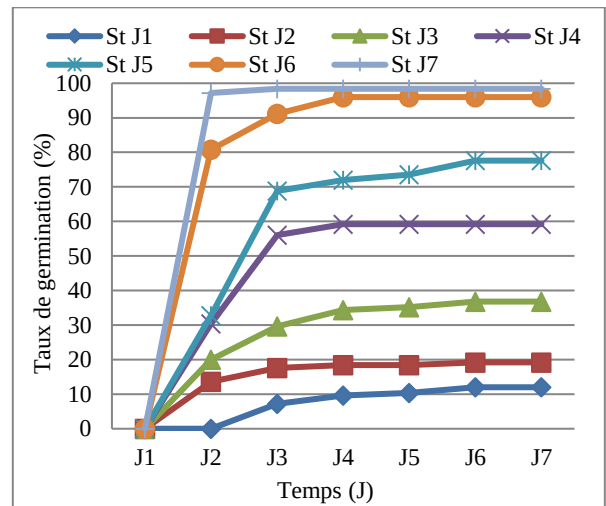


Figure 16: Effet de la stratification au froid humide sur la cinétique de germination de *Polygonum aviculare*.

La germination des graines de *Bromus rubens* débute le deuxième jour pour l'ensemble des durées de stratification, avec des taux de 60, 88, 92, 94 et 96 % respectivement durant 1, 2, 3, 4 et 5 jours (**figure 15**). Le taux de germination augmente progressivement pour atteindre son maximum le 3^{ème} jour avec des valeurs de 60, 88, 92, 94 et 96%, correspondant à 1, 2, 3, 4 et 5 jours de traitement au froid.

Selon les résultats illustrés dans la **figure 16**, la germination des graines de *Polygonum aviculare*, traitées par la stratification au froid humide, débute le 3^{ème} jour pour celles traitées pendant 1 jour, avec un taux de 7,2%. Cependant, pour les graines stratifiées pendant 2, 3, 4, 5, 6 et 7 jours, la germination commence dès le premier jour, avec des taux respectifs de 12; 19,2; 36,8; 60; 77,6; 96 et 98,4%. Le taux de germination atteint son maximum (98,4%) le 6^{ème} jour.

La stratification au froid humide est très employée pour lever la dormance primaire physiologique (**Geneve, 2003**) en brisant la dormance embryonnaire (**Karssen 1982; Egley, 1986; Bouwmeester et Karssen, 1993; Vleeshouwers et al., 1995**).

L'efficacité de la stratification à froid dans la levée de la dormance des graines et l'amélioration de la germination des espèces de mauvaises herbes a été évoquée par plusieurs auteurs et chez différentes espèces (**Baskin et al., 1992; Wartidiningsih et al., 1994**), *Rumex obtusifolius* et *Rumex crispus* (**Tottedell et Roberts, 1979**), *Heracleum sphondylium* (**Jauzein et Mansour, 1992**), *Ambrosia trifida* (**Ballard et al., 1996**), *Galium tricornutum* (**Chauhan et al., 2006**), *Hordeum murinum ssp. glaucum* (**Fleet et Gill, 2012**), *Heliotropium europaeum* (**Aliloo et Darabinejad, 2013**), *Amaranthus retroflexus* (**Kępczyński et Sznigir, 2013**), *Capsella bursa-pastoris* (**Rezvani et al., 2014**), *Papaver dibium* et *Papaver rhoeas* (**Golmohammadzadeh et al., 2015**).

L'efficacité de la stratification au froid dépend de la durée et de la température appliquée. Selon **Stokes (1965)**, la température idéale pour la stratification est comprise entre 3 et 5°C, d'autant plus, **Baskin et Baskin (1998)** ont précisé que la température optimale est de 4°C pour beaucoup d'espèces végétales.

La prolongation du temps de stratification améliore la capacité germinative des espèces étudiées. La durée de la stratification est tributaire du degré de la dormance des graines, et varie d'une espèce à l'autre. *Bromus rubens* nécessite moins de temps (5 jours) de stratification pour lever la dormance par rapport au *Polygonum aviculare* (7 jours). Cette durée est indicatrice du degré de la dormance des graines. A partir de nos résultats et selon **Baskin et Baskin (2004), Tang et al. (2008); Kucera et al. (2005) et Yang et al. (2007)** nous constatons que *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare* se caractérisent par une dormance physiologique non profonde.

La dormance des annuelles d'été est brisée par des basses températures (**Bewley et Black, 1994**) survenant habituellement durant l'hiver alors que la rupture de la dormance des annuelles

d'automne nécessite des températures élevées (**Baskin et Baskin, 1989**). Ceci justifie la réponse de nos espèces aux traitements appliqués :

- ✦ *Melilotus indica* pour la levée de dormance : peut être due à une température élevée conjuguée avec un état d'humidité convenable du sol.
- ✦ *Bromus rubens* et *Polygonum aviculare* ont besoin de basses températures et une humidité suffisante pour lever la dormance.

2. Etude de l'effet de quelques facteurs abiotiques sur la germination des mauvaises herbes

Plusieurs facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité, la profondeur et la lumière ont été identifiés comme ayant des répercussions majeures sur la germination des graines (Hilton, 1985; Zimdahl et al., 1988).

2.1. La température

2.1.1. Effet sur la germination d'*Amaranthus albus*

Les résultats de la variation de la capacité germinative des graines d'*Amaranthus albus* en fonction de la variation de la température sont représentés dans les figures 17 et 18.

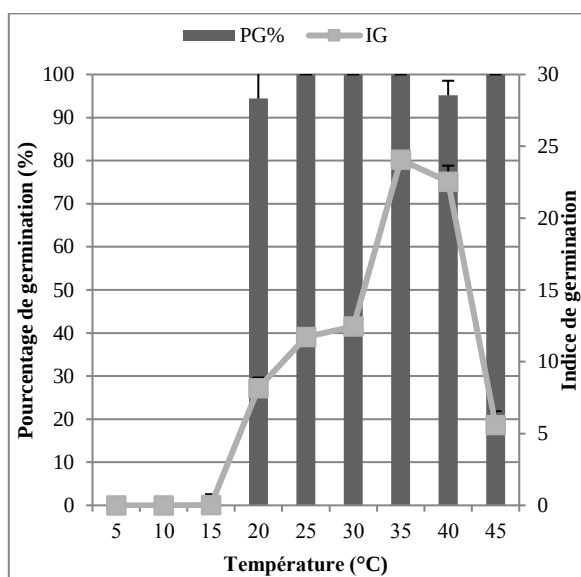


Figure 17: Variation du pourcentage et indice de germination des graines d'*Amaranthus albus* en fonction de la température.

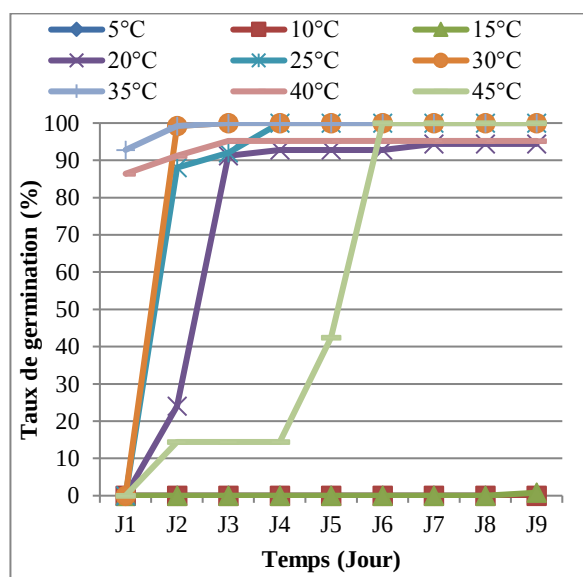


Figure 18: Effet de la température sur la cinétique de germination des graines d'*Amaranthus albus*.

D'après les résultats, nous constatons qu'*Amaranthus albus* peut germer dans un large intervalle de températures, allant de 15°C avec un taux de 0,8% jusqu'à 45°C (100%). Les résultats indiquent que les graines d'*Amaranthus albus* ne peuvent germer que sous des températures relativement élevées, étant donné que les meilleurs taux ont été obtenus avec des températures supérieures à 20°C.

La température optimum pour la germination de cette espèce est de 35°C, avec un taux de 100% et un indice de germination de 24,06; d'autant plus que la cinétique de germination sous cette température est la plus rapide par rapport aux autres températures testées. La germination s'est déclenchée le premier jour avec un taux de 92,8% (figure 18).

D'après l'analyse statistique, nous avons pu classer les températures selon leurs effets sur le taux de germination en 4 groupes homogènes (**tableau 13**).

Tableau 13: Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines d'*Amaranthus albus*.

	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
PG%	0	0	0,8±1,78	94,4±6,06	100	100	100	95,2±3,34	100
	ns.a	ns.a	ns.a	***.ab	***.b	***.b	***.b	***.ab	***.b
IG	0	0	0,22±0,49	8,15±0,74	11,46±0,87	12,46±0,07	24,06±0,59	22,53±1,12	5,59±0,96
	ns.a	ns.a	ns.a	***.ab	***.ab	***.ab	***.b	***.b	***.ab

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p<0,001$), ns : non significatif ($p>0,05$). a, ab,b: groupe homogène.

L'analyse statistique des résultats montre un effet hautement significatif ($P<0,0001$; $R^2=0,99$) de la température sur le pourcentage de germination des graines d'*Amaranthus albus*. Le test de classement des moyennes (test Kruskal-Wallis) a révélé que les meilleures moyennes ont été obtenues avec les températures de 25, 30, 35 et 45°C, représentées par le groupe (b). Alors que les moyennes nulles et les plus faibles ont été obtenues sous les températures de 5, 10 et 15°C, formant le groupe (a). Un groupe intermédiaire (ab) est constitué par les températures 20 et 40°C.

Cependant, une variation importante a caractérisé l'indice de germination. En effet, l'analyse de variance a montré un effet très hautement significatif de la température ($P<0,0001$; $R^2=0,99$). Le test de classement des moyennes (test Kruskal-Wallis) a décelé trois groupes homogènes bien distincts. Le premier groupe (a) correspond aux températures 5, 10 et 15°C, le deuxième groupe (ab) représente les températures 20, 25, 30 et 45°C et le troisième groupe (b) rassemble les températures 35 et 40°C, où l'indice de germination est le plus élevé, qui révèle une germination très rapide par rapport aux autres températures.

La germination a lieu dans une large gamme de températures. La température minimale est 15°C avec 0,8% de germination et un indice de 0,22 et la température maximale est 45°C avec 100% de germination et un indice de 5,59.

Les résultats de notre étude montrent que les graines d'*Amaranthus albus* peuvent germer à des températures relativement élevées (35, 40 et 45°C). Les faibles températures 5 et 10°C sont inhibitrices de la germination. Cette espèce présente ainsi une préférence vis-à-vis de la température élevée. La température optimale de germination pour les graines d'*Amaranthus albus* est 35°C avec 100% de germination et un indice de 24,06 pour. Ces résultats sont assez

proches des travaux de **Loddo et al. (2016)** qui rapportent que la température optimum de germination d'*Amaranthus albus* est de 28°C (88%). Alors que, **Steckel et al. (2004)**, notent que les graines d'*Amaranthus albus* et d'*Amaranthus hybridus* germent dans un intervalle de température de 10 à 35°C, avec une température optimale chez la 1^{ère} espèce de 30°C (63%), et pour la seconde de 35°C (67%). Les différences observées entre nos résultats et ceux obtenus par **Loddo et al. (2016)** et **Steckel et al. (2004)**, concernant la réponse germinative envers la température est peut être liée à divers facteurs, telle que l'adaptation de cette mauvaise herbe aux conditions environnementales des régions sahariens.

Par ailleurs, nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Singh et Singh (2009)**, où ils rapportent que les graines d'*Amaranthus retroflexus* germent dans un intervalle de 15 à 45°C, avec un pourcentage de 93% à 35°C.

2.1.2. Effet sur la germination de *Dactyloctenium aegyptium*

La variation de la réponse germinative des graines de *Dactyloctenium aegyptium* vis-à-vis de la variation de la température est portée sur **les figures 19 et 20**.

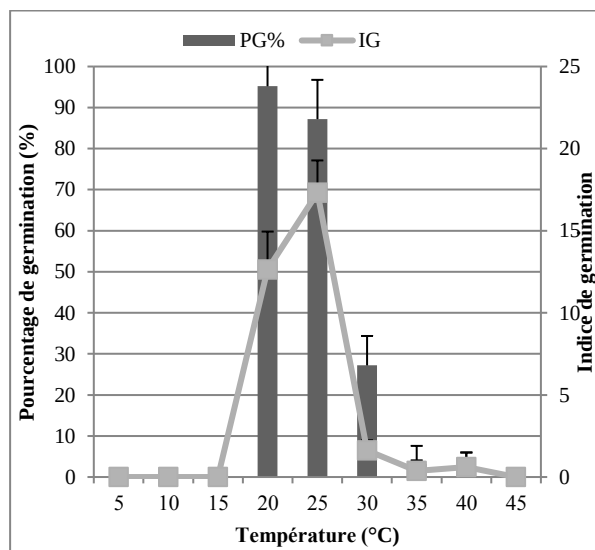


Figure 19: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium* en fonction de la température.

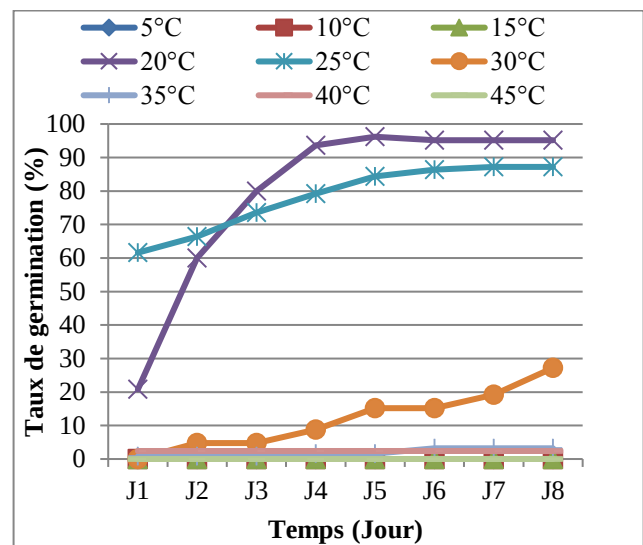


Figure 20: Effet de la température sur la cinétique de germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium*

Les résultats motionnés dans **les figures 19 et 20**, indiquent que le taux et l'indice de germination de *Dactyloctenium aegyptium*, varient en fonction de la température. Les graines enregistrent les meilleurs taux de germination à 20 et 25°C avec des pourcentages respectifs de 95,2% et 87,2%. Pour ces 2 températures, l'effet est très hautement significatif ($p < 0,0001$). A 20°C, l'indice de germination est de 12,644 ($p < 0,0001$, effet très hautement significatif) et à

25°C, l'indice de germination est égal à 17,31 ($p < 0,0001$, effet très hautement significatif) (**tableau 14**).

La germination des graines est nulle aux températures de 5, 10, 15 et 45°C.

Les graines soumises aux températures de 35°C et 40°C, enregistrent le 1^{er} jour un taux de germination très faible (0,8 et 2,4%) puis évolue lentement jusqu'à atteindre le 6^{ème} jour 3,2% et 2,4% respectivement (**figure 20**).

Tableau 14: Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium*.

	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
PG%	0	0	0	95,2±5,21	87,2±9,54	27,2±7,15	3,2±4,38	2,4±3,57	0
	ns.c	ns.c	ns.c	***.a	***.a	***.b	ns.c	ns.c	ns.c
IG	0	0	0	12,644±2,3	17,31±1,96	1,6±0,61	0,36±0,64	0,6±0,89	0
	ns.c	ns.c	ns.c	***.b	***.a	*.c	ns.c	ns.c	ns.c

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$),*: significatif ($p < 0,05$), ns : non significatif ($p > 0,05$). a, b,c: groupe homogène.

Le test de comparaison des moyennes a permis de classer les températures en classes homogènes selon leurs effets, sur les pourcentages de germination (**tableau 14**). Le groupe (a) est constitué par les températures 20 et 25°C, qui présentent les meilleurs pourcentages de germination. Le deuxième groupe (b) représente la température 30°C, alors que les températures inhibitrices de la germination, à savoir les plus faibles (5, 10 et 15°C) et les plus élevées (35, 40, et 45°C) se réunissent en un seul groupe (c).

Le classement des indices de germination par comparaison des moyennes, révèle l'existence de trois groupes homogènes (**tableau 14**), où le groupe (a) représente la température 25°C, suivi par le groupe (b) (température 20°C). Les températures 5, 10, 15, 30, 35, 40 et 45°C constituent le groupe (c).

La germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium* est limitée dans un intervalle de températures plus au moins élevé, allant de 20 à 40°C. La température optimale est 20°C, la germination à cette température est de 95,2% avec un indice de 12,64. L'augmentation de la température provoque la diminution du pourcentage de germination et à 25°C le taux de germination enregistré est de 87,2%. Cette diminution persiste jusqu'à l'arrêt total de la germination à 45°C.

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Sharma et Chivinge (1982)** et **Holm et al. (1997)** qui ont noté que la gamme de température favorable à la germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium* se situe entre 10°C et 40°C et que 20°C est considérée comme la température optimum de germination. Cependant, **Kumar et al. (1971)**, **Gupta (1973)** et **Burke**

et al. (2003) indiquent que le taux maximum de germination est à 30°C. Bien que la germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium* puisse se produire autour d'une température de 20 à 40°C, ce résultat est confirmé par **Burke et al. (2003)** qui ont constaté que les graines de cette espèce germent à des températures allant de 15 à 40°C.

2.1.3. Effet sur la germination de *Polypogon monspeliensis*

Les résultats obtenus de l'effet de la température sur la germination de *Polypogon monspeliensis* sont mentionnés dans les figures 21 et 22.

Nous avons observé que le maximum est de 98,4%, obtenu sous la température 20°C. Les températures 5, 30, 35, 40 et 45°C inhibent totalement la germination des graines de *Polypogon monspeliensis* (figure 21).

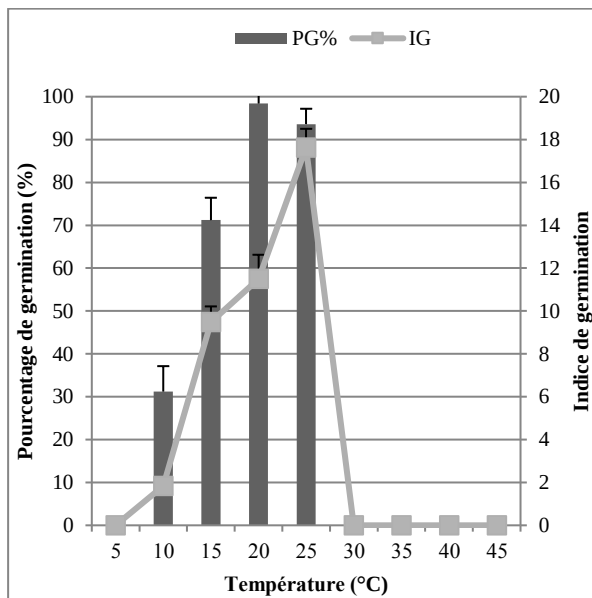


Figure 21: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Polypogon monspeliensis* en fonction de la température.

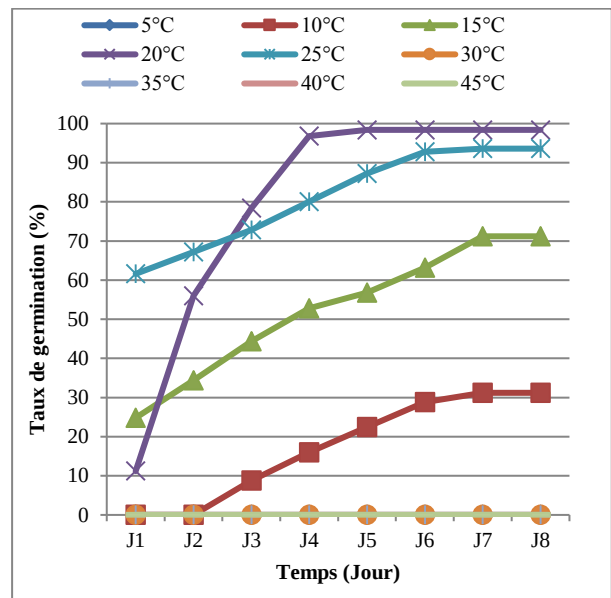


Figure 22: Effet de la température sur la cinétique de germination des graines de *Polypogon monspeliensis*.

La germination des graines semées à 15°C et 25°C, a débuté à partir du premier jour, avec des taux respectifs de 24,8% et 61,6% pour atteindre 71,2% et 93,6% le dernier jour. Alors que pour les graines soumises à la température de 20°C, la germination démarre dès le 1^{er} jour avec un taux de 11,2%, et augmente rapidement jusqu'à atteindre 98,4% le 5^{ème} jour (figure 22).

Tableau 15: Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines de *Polypogon monspeliensis*

	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
PG%	0	31,2±5,93	71,2±5,21	98,4±3,57	93,6±3,57	0	0	0	0
	ns.d	ns.c	***.b	***.a	***.a	ns.d	ns.d	ns.d	ns.d
IG	0	1,84±0,29	9,48±0,72	11,49±1,13	17,62±0,87	0	0	0	0
	ns.e	*** d	***c	*** b	*** a	ns.e	ns.e	ns.e	ns.e

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$), ns : non significatif ($p > 0,05$). a, b, c, d, e: groupe homogène.

L'analyse de la variance (**tableau 15**) montre un effet très hautement significatif de la température sur la capacité germinative ainsi que sur l'indice de germination des graines de *P. monspeliensis* ($p < 0,0001$). Le test de classement des moyennes, appliqué sur les pourcentages de germination, a permis de classer les températures en quatre groupes homogènes : le groupe (a) constitué par les températures 20 et 25°C, ayant donné les meilleurs pourcentages de germination ; le deuxième groupe (b) représente la température 15°C puis la température 10°C représentée par le groupe (c). Les températures inhibitrices de la germination, à savoir 5, 30, 35, 40, et 45°C forment le groupe (d).

Le classement des indices de germination des graines de *Polypogon monspeliensis* par comparaison des moyennes, révèle l'existence de cinq groupes homogènes, où le groupe (a) représente la température 25°C, le groupe (b) la température 20°C, le groupe (c) la température 15°C et le groupe (d) la température 10°C. Les températures 5, 30, 35, 40 et 45°C représentent le groupe (e).

L'optimum de germination (98,4%) des graines de *Polypogon monspeliensis* a été enregistré sous la température 20°C avec un indice de 11,49 ; puis diminue pour les graines soumises à 25°C (93,6%). La germination des graines est nulle pour les températures supérieures à 25°C.

Wu et al. (2015) ont signalé que la germination optimale de *Polypogon fugax* se produisait dans une plage de températures comprise entre 10 et 20°C ($> 90\%$ à 20°C). **Tang et al. (2015)** ont montré que la germination la plus élevée de *Polypogon fugax* est de 93% à 10°C et que la germination a diminué à 82 et 67% à 20 et 25°C, respectivement. La différence de température optimale de germination entre nos résultats et ceux cités par les précédents auteurs pourrait être expliquée par l'adaptation des espèces sous différents climats et biotopes (**Leblanc et al., 2004**).

2.1.4. Effet sur la germination de *Bromus rubens*

La réponse germinative des graines de *Bromus rubens* vis-à-vis de la variation de la température est représentée dans les figures 23 et 24. D'après les résultats, la température influe sur la capacité germinative, l'indice de germination et la cinétique de germination.

Les graines soumises à 5°C ne germent pas. Elles déclenchent leur germination à partir de 10°C et la bloquent à partir de 40°C (figure 23). Durant les essais, nous avons constaté que les graines soumises à 40°C et 45°C, subissent une dégradation qui se manifeste par un noircissement et une détérioration des réserves de la graine. Les meilleurs taux de germination ont été obtenus dans une gamme de températures allant de 10°C à 25°C. Les pourcentages enregistrés sont de 94, 90, 80 et 99,6% respectivement pour 10, 15, 20 et 25°C. A partir de 30°C, le pourcentage de germination diminue et passe à 38 et 12%, respectivement pour 30°C et 35°C.

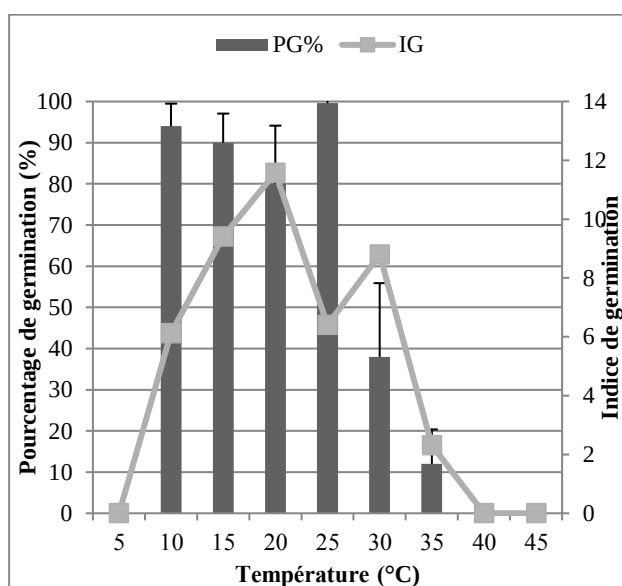


Figure 23: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Bromus rubens* en fonction de la température.

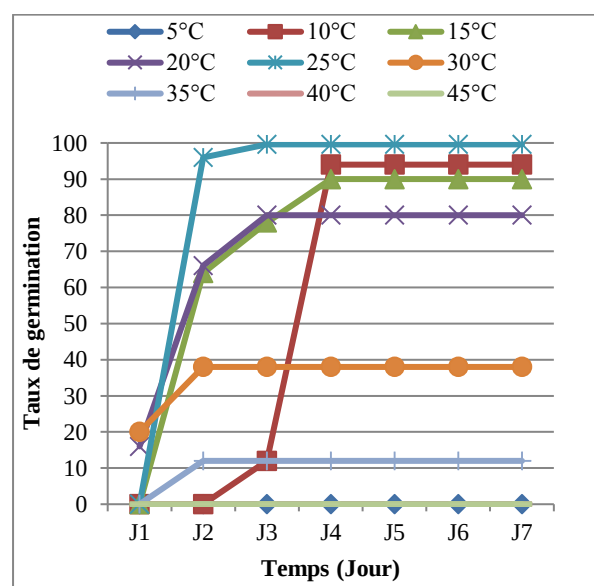


Figure 24: Effet de la température sur la cinétique de germination des graines de *Bromus rubens*.

L'indice de germination et la cinétique de germination sont fortement affectés par la variation de la température. La germination la plus rapide est enregistrée pour le lot de graines soumis à 20°C avec un indice de 11,58; tandis qu'à 25°C l'indice de germination est de 6,4 (figure 23).

Concernant la cinétique de germination, le rythme le plus accéléré est signalé sous l'effet de la température de 25°C avec 96% de germination au 2^{ème} jour (figure 24).

Le test statistique des résultats obtenus par l'analyse de variance (tableau 16) permet de confirmer l'effet très hautement significatif ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,96$) de la température sur le pourcentage de germination des graines de *Bromus rubens*.

Tableau 16: Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines de *Bromus rubens*.

	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
PG%	0	94±5,47	90±7,07	80±14,14	99,6±0,89	38±17,88	12±8,36	0	0
	ns.a	***.b	***.ab	***.ab	***.b	***.ab	*.ab	ns.a	ns.a
IG	0	6,11±0,43	9,41±1,87	11,58±2,6	6,4±0,13	8,8±5,03	2,31±2,49	0	0
	ns.a	***.ab	***.b	***.b	***.ab	***.ab	ns.ab	ns.a	ns.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p<0,001$), * : significatif ($p<0,05$)
 ns : non significatif ($p>0,05$). a, ab,b: groupe homogène.

La comparaison des moyennes (test Kruskal-wallis) permet de répartir les températures testées en trois groupes homogènes bien distincts, indiquant l'effet de la variation de la température sur le pourcentage de germination. Le premier groupe (a) constitué par les températures 5, 40 et 45°C où la germination est complètement inhibée. Un groupe intermédiaire (ab), représenté par les températures 15, 20, 30 et 35°C (bien que l'effet de la température 35°C soit significatif et enregistre un pourcentage de 12%, le test statistique l'a classé parmi ce groupe). Le test statistique a rassemblé les températures 10°C et 25°C en un seul groupe (b), formé par les températures ayant enregistré les meilleurs pourcentages de germination.

En se basant sur les résultats de l'analyse, il en ressort l'existence d'une différence très hautement significative de l'effet de la variation de la température sur l'indice de germination ($p<0,0001$, $R^2=0,82$). La comparaison des moyennes par le test Kruskal-wallis (**tableau 16**), permet de dégager trois groupes homogènes. Le groupe (a) englobe les températures qui n'ont pas donné de résultats (absence de germination) représenté par 5, 40 et 45°C ; tandis que les températures 10, 25, 30 et 35°C forment le groupe (ab) pour lesquelles l'indice de germination se situe entre 2 et 8. En ce qui concerne les températures 15 et 20°C, elles représentent le groupe (b) avec des indices supérieurs à 9.

Les graines de *Bromus rubens* peuvent germer dans un large spectre de températures, allant de 10 à 35°C. La température optimale de germination est 25°C avec un pourcentage de germination de 99,6%. La germination diminue sous les températures supérieures à 25°C, avec une inhibition totale pour les fortes températures (40 et 45°C). **Horn et al. (2015)** signalent que, les graines de *Bromus rubens* germent de 1,6 à 30,5°C, avec une germination de 90% entre 10 et 30°C dont 19,3°C comme température optimale de germination pour cette espèce. Nos résultats sont conformes à ceux obtenus par d'autres chercheurs sur le genre *Bromus*. **Hilton (1984)** affirme que la température optimale de germination des graines de *Bromus sterilis* se situe entre

13 et 23°C. **Anderson et al. (2002)** ont rapporté que la germination de *Bromus arvensis* et *Bromus hordeaceus* peut atteindre 100% sous des températures allant de 3 à 25°C.

2.1.5. Effet sur la germination de *Polygonum aviculare*

Les **figures 25 et 26** indiquent que la germination des graines de *Polygonum aviculare* soumises à différentes températures est possible sauf pour les températures extrêmes (5°C et 45°C). La réponse aux températures testées est divisée en deux groupes, l'une avec des pourcentages de germination très élevés et rapprochés, et l'autre par des pourcentages de germination très faibles.

Les meilleurs taux obtenus sont situés entre 10°C et 25°C. La température optimum de germination est 25°C avec 98,4% et un indice de 6,11. Le pourcentage décroît pour les températures supérieures à 25°C, dont le plus faible est obtenu à 40°C (6,4%).

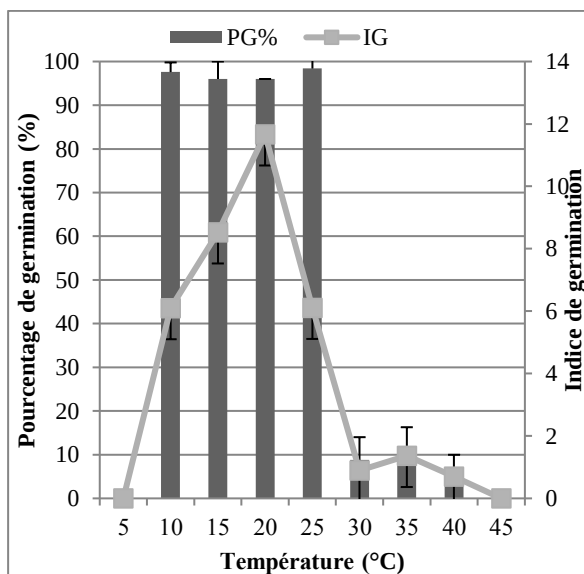


Figure 25: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Polygonum aviculare* en fonction de la température.

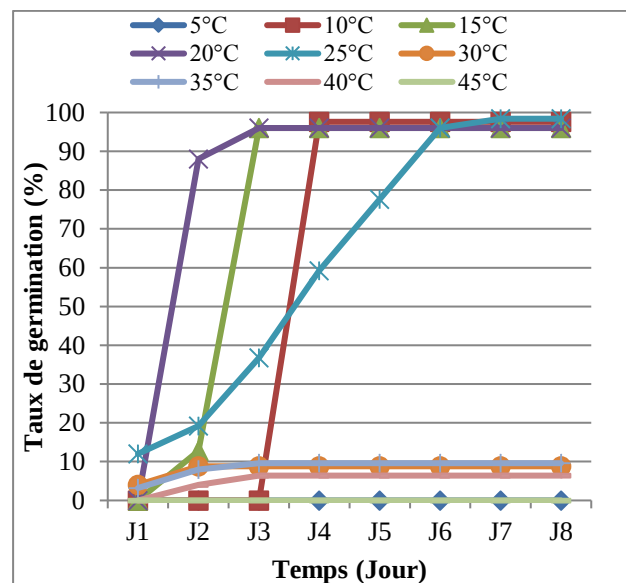


Figure 26: Effet de la température sur la cinétique de germination des graines de *Polygonum aviculare*.

La cinétique (**figure 26**), révèle que la température influe sur le taux cumulé de germination. Le déclenchement de la germination a lieu dès le premier jour pour le lot des graines incubées à 25°C, avec un pourcentage de 12%. Il augmente rapidement pour atteindre le maximum au 7^{ème} jour. Alors que, pour les températures 10, 15 et 20°C, le délai nécessaire pour le déclenchement de la germination varie entre 3 jours à 10°C et un jour pour 15 et 20°C.

L'analyse de la variance (ANOVA) (**tableau 17**) a montré un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,99$) de la température sur les pourcentages de germination des graines de *Polygonum aviculare*.

La comparaison des moyennes par le test Kruskal-Wallis permet de dégager trois groupes homogènes. Le premier groupe est celui des températures extrêmes 5 et 45°C, où la germination est quasiment nulle. Les températures 30, 35 et 40°C sont défavorables à la germination et constituent le groupe (ab) ; tandis que le groupe (b) représente les températures optimums pour la germination, formé par 10, 15, 20 et 25°C.

Tableau 17: Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines de *Polygonum aviculare*.

	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
PG%	0	97,6±2,19	96±4	96±00	98,4±2,19	8,8±5,21	9,6±6,69	6,4±3,57	0
	ns.a	***.b	***.b	***.b	***.b	**..ab	**..ab	**..ab	ns.a
IG	0	6,1±0,13	8,52±0,50	11,66±0,17	6,11±0,14	0,89±0,53	1,36±1,48	0,69±0,39n	0
	ns.a	***.abc	***.bc	***.c	***.abc	*.abc	**..abc	s.ab	ns.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$),** : hautement significatif ($p < 0,01$), * : significatif ($p < 0,05$), ns : non significatif ($p > 0,05$). a, ab, b, abc, bc, c: groupe homogène.

Concernant l'indice de germination, l'analyse de la variance a démontré un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,98$) de la température. Une comparaison des moyennes par le test Kruskal-Wallis a permis de ressortir cinq groupes homogènes: le groupe (a) constitué par les températures 5 et 45°C, le groupe (ab) représente la température 40°C. Le groupe (abc) réunit les températures 10, 25, 30 et 35°C, le groupe (bc) représenté par la température 15°C et le dernier groupe (c) la température 20°C où l'indice de germination enregistré est le plus élevé (11,66) par rapport aux autres températures.

Un intervalle de température de 10 à 40°C est favorable pour la germination des graines de *Polygonum aviculare*. Les taux de germination les plus élevés (supérieurs à 90%) ont été enregistrés pour les températures comprises entre 10 et 25°C. La température optimum de germination est 25°C dont le pourcentage de germination est de 98.4%. Les températures supérieures à 25°C provoquent une diminution de la germination (inférieure à 10%). Les températures extrêmes (5 et 45°C) inhibent la germination de cette espèce.

2.1.6. Effet sur la germination de *Melilotus indica*

Les résultats de l'effet de la température sur la germination de *Melilotus indica* sont représentés dans les figures 27 et 28. Ils montrent une nette variation entre les températures testées.

Les meilleurs pourcentages de germination sont obtenus entre 20 et 35°C, alors qu'ils ne dépassent pas 7,2% pour 15°C et 2,4% pour 40°C. La germination sous les températures extrêmes 0, 10 et 45°C est totalement inhibée.

La température optimale est 25°C, induisant un pourcentage de germination de 100%, avec un indice de germination de 24,8 ; tandis qu'à 20°C le pourcentage enregistré est de 87,2% avec un indice de 21,06. Par ailleurs, avec des températures relativement élevées de 30 et 35°C, nous avons relevé des taux de germination importants (98,4% et 89,6%).

Il est à signaler que les graines soumises aux températures de 40°C et 45°, subissent une dégradation importante, caractérisée par une coloration marron.

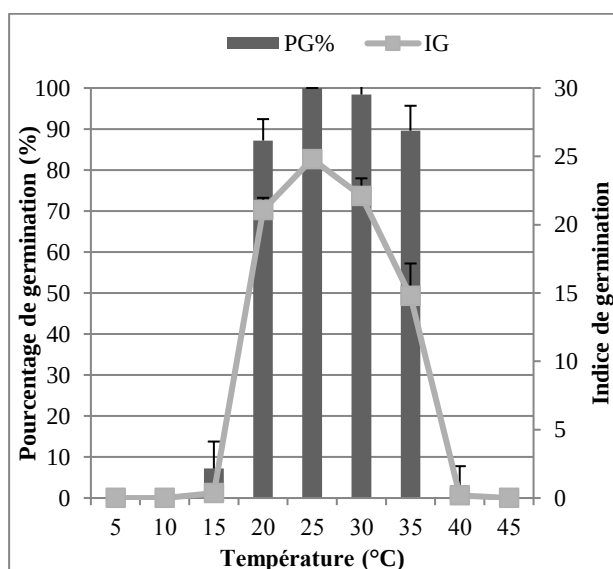


Figure 27: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Melilotus indica* en fonction de la température.

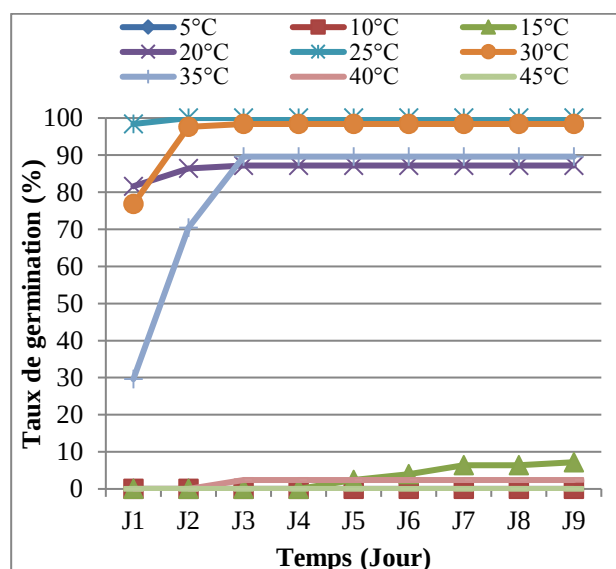


Figure 28: Effet de la température sur la cinétique de germination des graines de *Melilotus indica*.

L'indice le plus élevé (24,8) est enregistré à 25°C, induisant une germination très rapide par rapport aux autres températures testées (figure 27).

Quant à la cinétique de germination (figure 28), elle est affectée par la température. Ainsi, la germination est déclenchée dès le premier jour pour les températures 20, 25, 30 et 35°C avec des taux respectifs de 81,6; 98,4; 98,4 et 29,6%. Le taux maximum de germination est atteint le 2^{ème} pour l'ensemble de ces températures.

L'analyse des résultats statistiques (ANOVA) révèle un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,99$) de la température sur le pourcentage de germination des graines de *Melilotus indica* (**tableau 18**).

Le test Kruskal-Wallis a distingué trois groupes homogènes : le premier groupe (a) englobe les températures ayant provoqué une inhibition ou une dégradation des graines ; il s'agit de 5, 10, 40 et 45°C. Un groupe intermédiaire (ab) unit les températures 15, 20 et 35°C, tandis que la température la plus favorable (25°C) à la germination forme le groupe (b).

Tableau 18: Analyse de la variance de l'effet de la température sur la germination des graines de *Melilotus indica*.

	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
PG%	0	0	7,2±6,57	87,2±5,21	100±00	98,4±2,19	89,6±6,06	2,4±5,36	0
	ns.a	ns.a	** .ab	*** .ab	*** .b	*** .b	*** .ab	ns.a	ns.a
IG	0	0	0,35±0,33	21,06±0,9	24,8±0,27	22,1±1,29	14,8±2,36	0,2±0,44	0
	ns.a	ns.a	ns.ab	*** .abc	*** .c	*** .bc	*** .abc	ns.ab	ns.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$), ** : hautement significatif ($p < 0,01$), ns : non significatif ($p > 0,05$). a, ab, b, abc, c: groupe homogène

L'analyse de la variance de l'effet de la température sur les indices de germination montre un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,99$). Le test Kruskal-Wallis a permis de déceler cinq groupes homogènes : le groupe (a) représenté par 5, 10 et 45°C comme étant des températures défavorables à la germination. Le groupe (ab) forme les températures 15 et 40°C pour lesquelles les indices enregistrés sont très faibles ; alors que les températures 20 et 35°C forment le groupe (abc), dans lequel ces températures constituent chacune un groupe à part, il s'agit du groupe (c) et (bc) respectivement.

Les températures les plus favorables à la germination se situent entre 20 et 35°C, avec une température optimum (25°C), où la germination marque un pourcentage de 100% et un indice de 24,8. Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par **Tribouillois et al. (2016)**, qui précisent que la température optimale pour la germination (100%) des graines de *Melilotus officinalis* est 24,9°C.

D'après les résultats obtenus, les espèces étudiées sont réparties en deux groupes, selon la plage de température de germination.

- **Plage de germination large:** regroupe les espèces ayant germé entre 15 et 45°C (*Amaranthus albus*), 15 et 40°C (*Melilotus indica*), 10 et 35°C (*Bromus rubens*) et entre

10 et 40°C (*Polygonum aviculare*). Cette plage de température permet un échelonnement des levées de ces mauvaises herbes dans les cultures.

- **Plage de germination étroite:** regroupe les espèces pouvant germer entre 10 et 25°C (*Polypogon monspeliensis*) et entre 20 et 40°C (*Dactyloctenium aegyptium*). La préférence de ces espèces aux températures plus ou moins basses leur permet des levées concurrentielles au dépend de la culture, particulièrement les céréales d'hiver.

Les températures extrêmes pour la germination varient d'un minimum de 10°C pour *Bromus rubens*, *Polypogon monspeliensis* et *Polygonum aviculare*, 15°C pour *Amaranthus albus* et *Melilotus indica* et 20°C pour *Dactyloctenium aegyptium*. A un maximum de 25°C pour *Polypogon monspeliensis*, 35°C pour *Bromus rubens* et 40°C pour *Melilotus indica*, *Polygonum aviculare* et *Dactyloctenium aegyptium*.

Lorsque la température est très élevée (45°C), la majorité de nos espèces est incapable de germer, sauf *Amaranthus albus*. Il est possible que la quantité d'oxygène qui arrive à l'embryon soit insuffisante pour permettre la germination. En effet, l'embryon exige plus d'oxygène lorsque la température de germination s'élève. Les fortes températures peuvent tuer l'embryon et/ou dénaturer certains enzymes indispensables au métabolisme de base de la germination (**Maguire, 1973**).

2.2. La salinité

2.2.1. Effet sur la germination d'*Amaranthus albus*

Les **figures 29 et 30** représentent l'effet de la concentration saline sur le comportement germinatif des graines d'*Amaranthus albus*.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que l'augmentation de la concentration en NaCl entraîne une réduction, non seulement des taux de germination, mais aussi des indices de germination des graines.

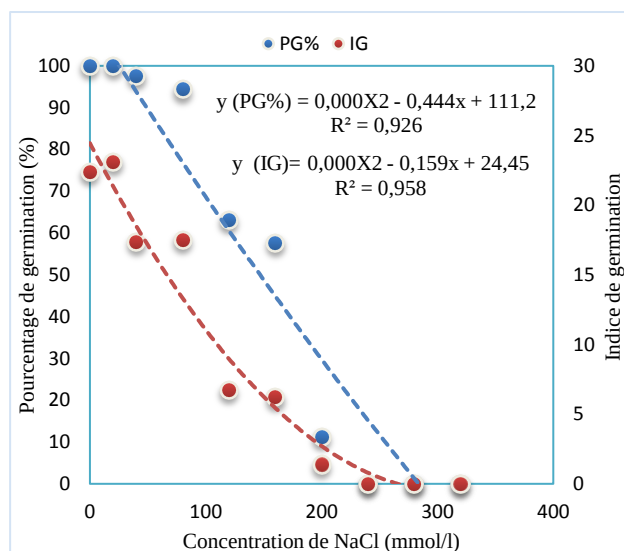


Figure 29: Variation du pourcentage et indice de germination des graines d'*Amaranthus albus* en fonction de la salinité.

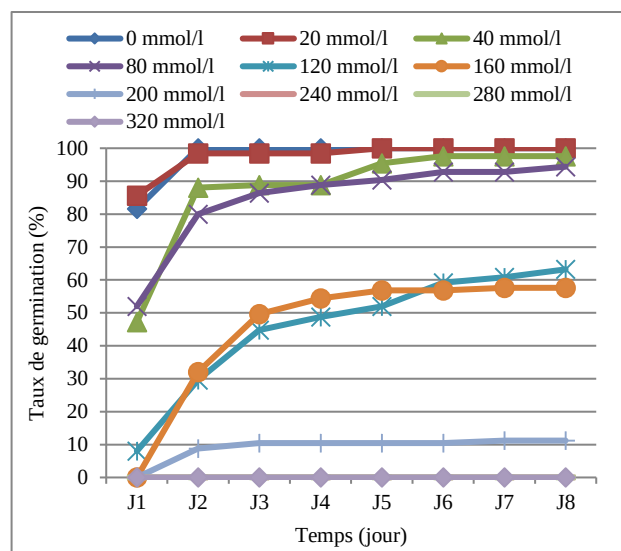


Figure 30: Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines d'*Amaranthus albus*.

Le taux de germination des graines d'*Amaranthus albus* est important chez les graines témoin (100%) ; ainsi que chez les graines traitées avec 20 mmol/l de NaCl. A partir de 40 mmol/l, nous constatons la diminution du taux de germination (97,6%) qui passe à 94,4% pour 80 mmol/l de NaCl. Les graines d'*Amaranthus albus* semblent tolérantes aux stress de 120 et 160 mmol/l de NaCl, enregistrant respectivement 63,2 et 57,6 %. A 200 mmol/l NaCl, le taux de germination est fortement réduit (11,2%), puis s'annule aux concentrations 240, 280 et 320 mmol/l (**figure 29**).

Cette réduction du taux de germination a été accompagnée par une diminution de l'indice de germination. L'indice chez le témoin, évalué à 22,35, diminue avec l'augmentation de la concentration en sel (**figure 29**).

L'ANOVA a montré une différence non significative avec le témoin (**tableau 19**). La diminution est plus importante à partir de la concentration 80 mmol/l (indice de 7,94) et l'analyse de variance indique une différence très hautement significative par rapport au témoin

($p < 0,0001$). La diminution de l'indice de germination est plus prononcée pour les traitements les plus concentrés dont les indices sont de 5,3; 2,09; 0,57; 0,25; 0,09 et 0,08 respectivement pour les concentrations 120, 160, 200, 240, 280 et 320 mmol/l.

La figure 30 montre que les courbes relatives aux taux de germination des graines traitées (stressées) sont situées en dessous de celle de la courbe témoin. Celles des solutions très concentrées se rapprochent de zéro au fur et à mesure que la dose de NaCl augmente.

Les graines témoin et celles traitées à 20, 40, 80 et 120 mmol/l de NaCl ont débuté la germination au 1^{er} jour, alors que pour celles traitées à 160 et 200 mmol/l, nécessitent une phase de latence de deux jours pour entamer la germination.

Tableau 19: Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination d'*Amaranthus albus*

	0 mmol/l	20 mmol/l	40mmol/l	80 mmol/l	120mmol/l	160mmol/l	200 mmol/l	240 mmol/l	280 mmol/l	320 mmol/l
PG (%)	100±4,56 b	100±3,34 ns.b	97,6±3,57 ns.b	94,4±3,57 ns.ab	63,2±11,45 ***.ab	57,6±18,88 ***.ab	11,2±5,93 ***.ab	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a
IG	22,35±1,50 b	23,1±0,84 ns.b	17,38±2,24 ***.ab	17,49±2,73 ***.ab	6,71±1,90 ***.ab	6,21±2,3 ***.ab	1,39±0,91 ***.ab	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$), ns : non significatif ($p < 0,05$). a, ab, b:groupe homogène.

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,97$) de la salinité sur les pourcentages de germination des graines traitées par rapport au témoin.

La comparaison des moyennes des pourcentages de germination par le test Kruskal-Wallis, a permis de distinguer trois groupes homogènes : le groupe (b) constitué par le témoin, 20 et 40 mmol/l de NaCl (il n'existe pas de différence entre ces lots par rapport au témoin), le groupe (ab) regroupe les concentrations 80, 120, 160, 200 mmol/l de NaCl. Tandis que les concentrations élevées se réunissent en groupe (a) où l'effet de la salinité est très hautement significatif.

En ce qui concerne la variation des indices de germinations en fonction de l'augmentation de la concentration saline, l'analyse de variance indique un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,97$) de la salinité. Le classement des moyennes des indices en groupes homogènes permet de dégager trois groupes bien distincts: le groupe (b) représenté par le lot témoin et celui de 20 mmol/l, le groupe intermédiaire (ab) constitué par 40, 80, 120, 160 et 200 mmol/l et le groupe (a) formé par les concentrations 240, 280 et 320 mmol/l.

D'après les résultats du comportement germinatif d'*Amaranthus albus* vis-à-vis de la salinité, notre étude montre que cette espèce est particulièrement tolérante et qu'elle est capable

de germer après un traitement allant jusqu'à 200 mmol/l de NaCl, avec un taux de l'ordre de 11,2% et un indice de 1,39.

Nos résultats se rapprochent des travaux d'**Amukali et al. (2015)** et **Omami (2005)** sur la germination des graines d'*Amaranthus hybridus* en fonction de la salinité. Ces auteurs précisent qu'à 150 mmol/l de NaCl, le taux de germination atteint 47%. Toutefois, ils confirment une forte inhibition à 200 mmol/l. Des réductions similaires de la germination avec l'augmentation des concentrations de sel ont été rapportées chez *Amaranthus spinosus* (**Chauhan et Johnson, 2009**).

2.2.2. Effet sur la germination de *Dactyloctenium aegyptium*

Les figures 31 et 32 représentent l'effet de la concentration saline sur la variation du comportement germinatif des graines de *Dactyloctenium aegyptium*.

Le facteur salinité a exercé un effet relativement positif sur la germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium*. La capacité germinative (figure 31) des graines issues du témoin est de l'ordre de 87.2% ; elle diminue légèrement, avec des taux de 84; 76; 74,4 et 72,8% respectivement pour les doses de 20, 40, 80 et 120 mmol/l de NaCl. Le taux de germination demeure satisfaisant à des concentrations élevées, enregistrant un taux de 56,8% pour 160 mmol/l et 44% pour les graines imbibées par la solution de 200 mmol/l. Le pourcentage de germination diminue (24%) à 240 mmol/l et à 280mmol/l (1,6%) puis s'annule à la concentration 320 mmol/l.

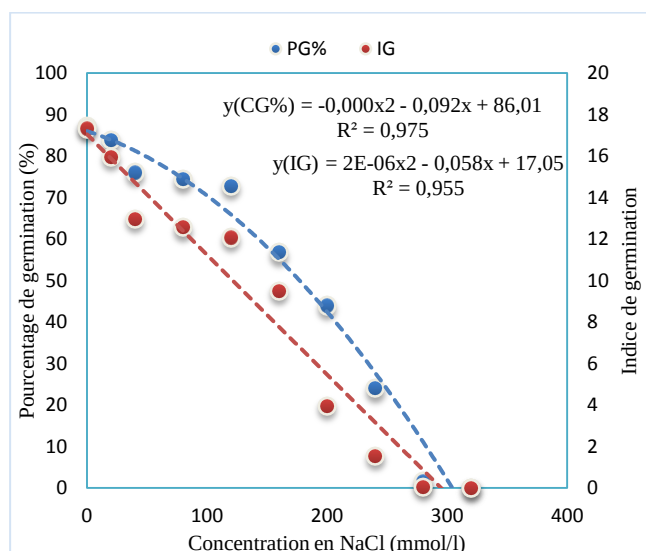


Figure 31: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium* en fonction de la salinité.

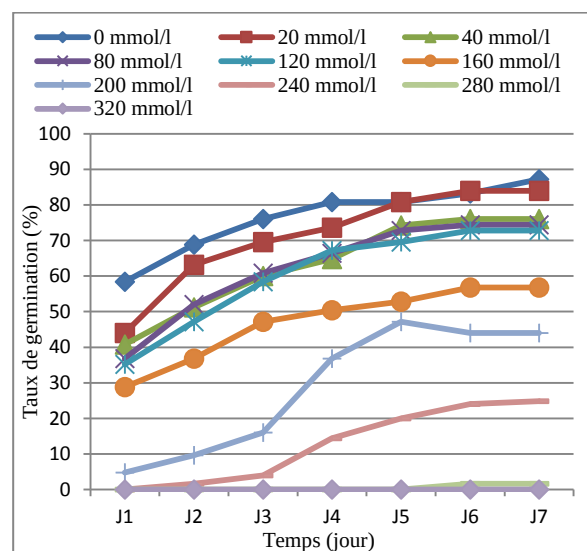


Figure 32: Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium*.

Les résultats présentés dans **la figure 31** montrent que l'augmentation de la concentration saline diminue sensiblement l'indice de germination. Le meilleur indice est obtenu chez le lot témoin (17,33). À 20 mmol/l, l'indice de germination enregistre 15,96 puis décroît à 12,98; 12,56; 12,08 et 9,51 sous les concentrations respectives de 40, 80, 120 et 160 mmol/l. Pour les graines traitées par les concentrations 200, 240 et 280 mmol/l, l'indice de germination, fortement affecté par la salinité élevée, enregistre respectivement 3,96; 1,53 et 0,06.

La germination des graines témoin et celles imbibées avec les solutions salines de 20, 40, 80, 120 et 160 mmol/l déclenchent leur germination dès le premier jour avec des taux de 83,2; 54,4; 40,8; 36,8; 35,2 et 28,8% respectivement. Ces taux augmentent progressivement pour atteindre leur maximum le 6^{ème} jour. Sous le traitement à 200 mmol/l, les graines débutent la germination le premier jour avec un taux de 4,8%, puis augmente lentement pour atteindre 44% le 6^{ème} jour. Quant aux graines imbibées par la solution saline à 240 mmol/l, la germination démarre le deuxième jour avec un taux très faible (1,6%), puis atteint 24% le 6^{ème} jour. A 280 mmol/l, les graines ne commencent à germer que le 6^{ème} jour avec un taux de 1,6% (**figure 32**).

L'analyse de variance (**tableau 20**) a mis en évidence un effet très hautement significatif de l'augmentation des doses de sel sur les pourcentages de germination ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,97$). La comparaison des moyennes a permis de différencier entre les concentrations par des groupes homogènes (Test Kruskal-Wallis): le témoin, 20, 40, 80, 120 mmol/l fusionnent dans le groupe (a), alors que les concentrations 160 et 200 mmol/l constituent le groupe (b) avec une différence très hautement significative par rapport au témoin. Le groupe (c) est constitué par les concentrations 240 et 280 mmol/l. L'effet inhibiteur de la salinité est représenté par la concentration 320 mmol/l, qui constitue le groupe (d).

Tableau 20: Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination de *Dactyloctenium aegyptium*.

	0 mmol/l	20mmol/l	40mmol/l	80 mmol/l	120mmol/l	160mmol/l	200 mmol/l	240 mmol/l	280 mmol/l	320 mmol/l
PG (%)	87,2±9,55 a	84±8 ns.a	76±6,93 *.a	74,4±8,29 *.a	72,8±8,67 *.a	56,8±6,57 ***.b	44±7,48 ***.b	24±6,93 ***c	1,6±3,58 ***c	0 ***.d
IG	17,33±1,94 a	15,96±1,08 ns.a	12,98±1,54 ***.b	12,56±2,13 ***.b	12,08±1,16 ***.bc	9,51±2,02 ***.c	3,96±1,49 ***.d	1,53±0,36 ***.de	0,06±0,14 ***.e	0 ***.e

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$), * : Significatif ($p < 0,01$), ns : non significatif ($p > 0,05$). a, b, bc, c, d, de, e : groupe homogène.

L'indice de germination est également affecté par la salinité. La différence est très hautement significative ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,93$) des graines traitées par rapport à celles du témoin. Le classement des moyennes par le test Kruskal-Wallis, permet de distinguer 7 groupes homogènes : le témoin et 20 mmol/l (groupe a), 40 et 80 mmol/l (groupe b), 120 mmol/l (groupe bc), 160 mmol/l (groupe c), 200 mmol/l (groupe d), 240 mmol/l (groupe de) et le groupe (e) est constitué par les concentrations 280 et 320 mmol/l.

2.2.3. Effet sur la germination de *Polypogon monspeliensis*

L'effet de la variation de la concentration saline sur le comportement germinatif des graines est représenté dans les **figures 33 et 34**.

Le taux de germination des graines de *Polypogon monspeliensis* (**figure 33**) est important (91,2 et 88,8%) pour les faibles doses de NaCl, 20 et 40 mmol/l respectivement. Les graines soumises à 80 et 120 mmol/l de NaCl, enregistrent des taux respectifs de 78,4 et 68,8%. A 160 mmol/l NaCl, le taux de germination est fortement réduit et chute à 33,6%. Aux concentrations 200, 240, 280 et 320 mmol/l, la capacité germinative des graines est fortement affectée par la salinité, dont les taux respectifs sont 8,8; 4,8; 2,4 et 2,4%.

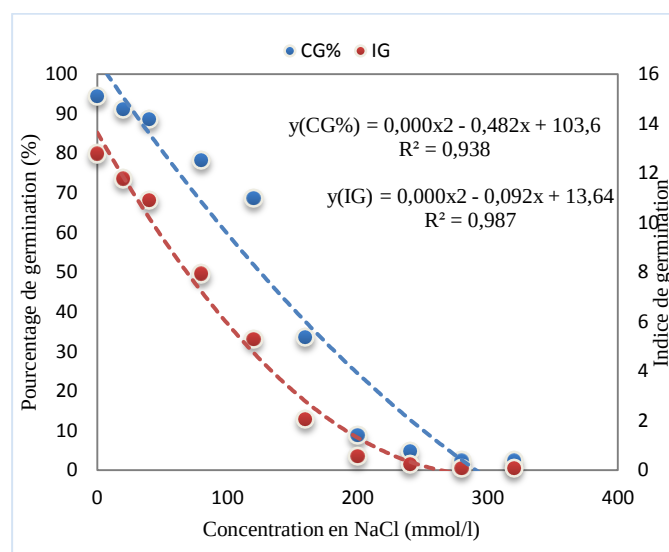


Figure 33: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Polypogon monspeliensis* en fonction de la salinité.

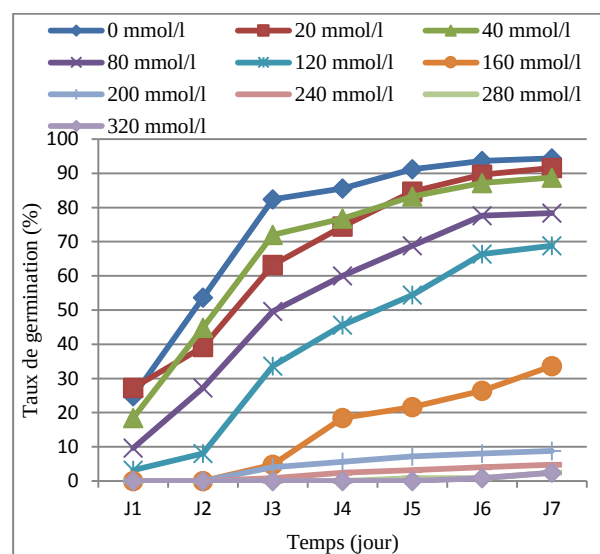


Figure 34: Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines de *Polypogon monspeliensis*.

La réduction du taux de germination a été accompagnée par une diminution de l'indice de germination des graines de *P. monspeliensis*. L'indice de 12,79 chez les graines témoins, diminue au fur et à mesure avec l'augmentation de la concentration de sel, jusqu'à 40 mmol/l. ANOVA a montré une différence non significative avec le témoin. Cette diminution est plus importante à partir de la concentration 80 mmol/l (indice de 7,94) et l'analyse de variance

montre une différence très hautement significative par rapport au témoin ($p < 0,0001$). La diminution de l'indice de germination est plus prononcée pour les traitements les plus concentrés, marquant des indices de 5,3; 2,9; 0,57; 0,25; 0,09 et 0,08 respectivement pour les concentrations 120, 160, 200, 240, 280 et 320 mmol/l.

Quant à la cinétique de germination, l'augmentation de la salinité a provoqué un léger retard dans le déclenchement de la germination. La germination a débuté le premier jour pour le lot témoin, 20, 40, 80 et 120 mmol/l, avec des taux de 27,2; 18,4; 9,6 et 3,2% respectivement. Tandis que sous les concentrations 160, 200 et 240 mmol/l un délai de deux jours a été nécessaire pour déclencher la germination, avec des taux de 4,8; 4 et 0,8% respectivement. Un retard de 5 jours est enregistré pour la concentration 280 et 6 jours à 320 mmol/l (**figure 34**).

L'analyse statistique (**tableau 21**) montre un effet très hautement significatif de la salinité sur le pouvoir germinatif des graines de *Polypogon monspeliensis* ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,93$). La comparaison des moyennes des différentes concentrations a abouti au classement suivant: le groupe (a) représenté par le témoin et la concentration 20 mmol/l où la différence entre les deux est non significative, le groupe (ab) formé par la concentration 40 mmol/l, le groupe (bc) représenté par la concentration 80 mmol/l, le groupe (c) représenté par la concentration 120 mmol/l et la concentration 160 mmol/l constitue le groupe (d). Le dernier groupe (e) rassemble les concentrations 200, 240, 280 et 320 mmol/l.

Tableau 21: Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination de *Polypogon monspeliensis*.

	0 mmol/l	20 mmol/l	40mmol/l	80mmol/l	120mmol/l	160mmol/l	200mmol/l	240mmol/l	280mmol/l	320 mmol/l
PG (%)	94,4±4,56 a	91,2±3,34 ns.a	88,8±4,38 ns.ab	78,4±7,26 ***bc	68,8±7,15 ***c	33,6±6,06 ***d	8,8±6,57 ***e	4,8±3,34 ***e	2,4±3,57 ***e	2,4±3,57 ***e
IG	12,79±1,50 a	11,79±0,78 ns.a	10,91±1,24 ns.a	7,94±1,52* **b	5,3±1,21 ***c	2,09±0,65 ***d	0,57±0,36 ***de	0,25±0,15 ***de	0,09±0,14 ***e	0,08±0,12 ***e

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$), **: hautement significatif ($p < 0,01$), ns : non significatif ($p < 0,05$). a, ab, b, bc, c, d, de, e: groupe homogène.

L'analyse de la variance (ANOVA) a montré une différence très hautement significative de l'effet de la salinité sur les indices de germination obtenus ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,98$). De ce fait, le classement des moyennes a permis la distinction entre les différentes concentrations salines étudiées. La comparaison des moyennes a montré la présence de six groupes homogènes : le groupe (a) constitué par le témoin, 20 mmol/l et 40 mmol/l, le groupe (b) la concentration 80 mmol/l, le groupe (c) la concentration 120 mmol/l, le groupe (d) la concentration 160 mmol/l, les

concentrations 200 et 240 mmol/l constituent un groupe intermédiaire (de). Le dernier groupe (e) réunit les concentrations 280 et 320 mmol/l.

D'après les résultats obtenus, la germination des graines de *Polypogon monspeliensis* a lieu même pour les fortes concentrations, enregistrant un taux de 2,4% chez les graines imbibées avec la solution de 320 mmol/l de NaCl. Ces résultats suggèrent que les graines *Polypogon monspeliensis* sont tolérantes à la salinité. Ces données sont corroborées par celles obtenues par **Atia et al. (2011)**, qui indiquent que les limites de tolérance de *Polypogon monspeliensis* provenant de Tunisie sont de l'ordre de 300 mmol/l de NaCl, et que la germination est pratiquement inhibée à 400 mmol/l de NaCl.

2.2.4. Effet sur la germination de *Bromus rubens*

Les figures 35 et 36 indiquent l'effet de la concentration saline sur la variation du comportement germinatif des graines de *Bromus rubens*.

Le meilleur pourcentage de germination a été obtenu pour le lot témoin (98%). En présence de salinité, le taux décroît à 76% pour la concentration 80 mmol/l et une nette diminution a été enregistrée pour les graines imbibées par la solution de 120 mmol/l, qui représente la dose limite pour la germination. Un effet inhibiteur a été constaté pour les concentrations 160, 200, 240, 280 et 320 mmol/l de NaCl (**figure 35**).

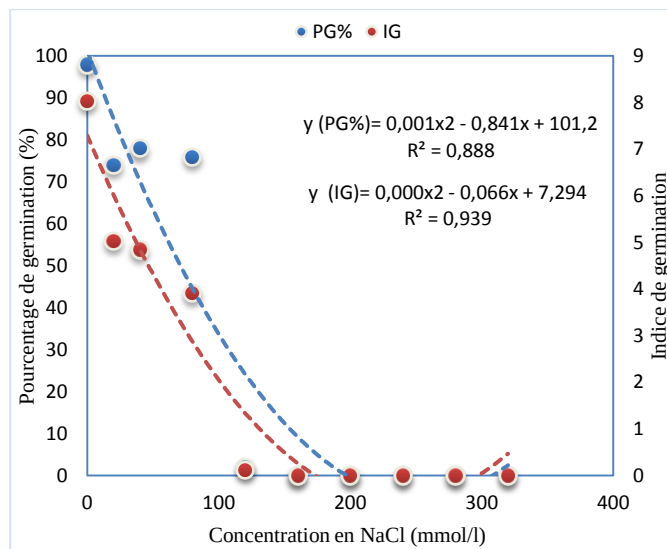


Figure 35: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Bromus rubens* en fonction de la salinité.

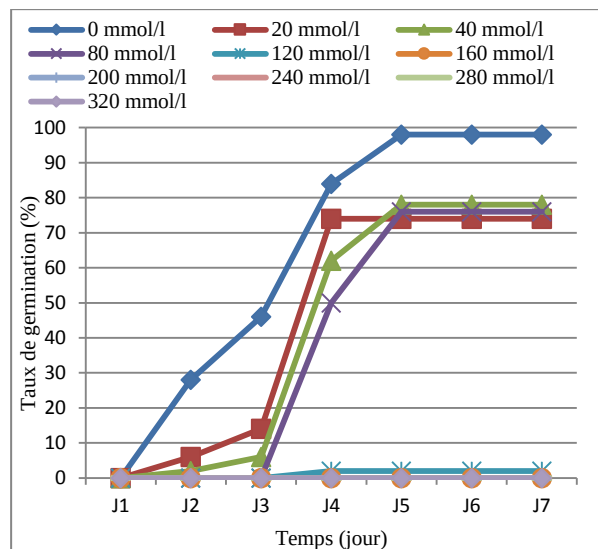


Figure 36: Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines de *Bromus rubens*.

L'indice de germination (**figure 35**) est de 8,03 chez les graines témoin, puis chute à 5,03 pour les graines traitées par 20 mmol/l de NaCl. Pour les concentrations 40 et 80 mmol/, l'indice

marque respectivement 4,85 et 3,91. Une nette réduction (2%) par rapport au témoin a été enregistrée pour le lot imbibé par la solution de 120 mmol/l de NaCl.

La salinité a affecté la germination par un retard de déclenchement ainsi que la vitesse, se traduisant par un ralentissement de la cinétique de la germination des graines de *Bromus rubens* (**figure 36**). La germination a débuté le 2^{ème} jour pour le témoin, 20 et 40 mmol/l avec des taux respectifs de 28,6 et 2% ; tandis que pour les concentrations 80 et 120 mmol/l, elle s'est déclenchée après 3 jours avec 50 et 2% de germination respectivement. Le taux maximum de germination a été obtenu pour l'ensemble des traitements (y compris le témoin) le 5^{ème} jour.

L'analyse de la variance (**tableau 22**) révèle un effet très hautement significatif de la salinité sur le pourcentage de germination ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,97$) et l'indice de germination ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,93$) des graines de *Bromus rubens*.

Le classement des moyennes par le test Kruskal-Wallis a permis de classer les traitements en trois groupes homogènes que se soit pour les pourcentages ou l'indice de germination : le groupe (a) est constitué par les fortes concentrations 120, 160, 200, 240, 280 et 320 mmol/l de NaCl, le groupe intermédiaire (ab) est représenté par les concentration 20, 40 et 80 mmol/l de NaCl, alors que le témoin constitue un groupe à part, le groupe (b).

Tableau 22: Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination de *Bromus rubens*.

	0 mmol/l	20 mmol/l	40mmol/l	80 mmol/l	120mmol/l	160mmol/l	200mmol/l	240 mmol/l	280 mmol/l	320 mmol/l
PG (%)	98±4,47 b	74±15,16 ***.ab	78±10,95 ***.ab	76±8,94 ***.ab	2±4,47 ***.a	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a
IG	8,03±1,81 b	5,03±1,10 ***.ab	4,85±0,83 ***.ab	3,91±1,30 ***.ab	0,12±0,27 ***.a	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$). a, ab, b: groupe homogène.

L'effet dépressif de la salinité sur la germination des graines de *Bromus rubens* est très appuyé par l'augmentation de la dose du sel ; le pourcentage de germination étant inversement proportionnel à l'augmentation de la salinité. D'après nos résultats, le meilleur pourcentage de germination a été obtenu chez le témoin avec un pourcentage de 98% ; ce taux chute à 76% pour les graines traitées par la solution de 80 mmol/l, alors qu'une réduction très nette (2%) est enregistrée chez les graines traitées avec la solution de 120 mmol/l. Il en ressort que les graines de *Bromus rubens* sont modérément tolérantes à la salinité. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Yang et al. (2009)** sur le comportement des graines de *Bromus inermis* vis-à-

vis de la salinité, en précisant qu'aucune graine n'a germé à une salinité supérieure à 200 mmol/l de NaCl.

Concernant les mauvaises herbes étudiées, appartenant à la famille des Poaceae, *Polypogon monspeliensis* et *Dactyloctenium aegyptium* manifestent des réponses différentes par rapport au *Bromus rubens*. Les deux premières espèces sont plus tolérantes à l'augmentation de la salinité et dont la réduction importante du pourcentage de germination a été signalée à partir de 160 mmol/l. Ces données suggèrent que même lorsque la salinité du sol est élevée, une partie des graines de *Polypogon monspeliensis* L. et de *Dactyloctenium aegyptium* L. peut germer.

Nos résultats sont en conformité avec de nombreuses études sur des mauvaises herbes de la famille des Poaceae, tolérantes à de fortes concentrations en sel (Rao et al., 2008; Chauhan et Johnson, 2008a; Humphries et al., 2018). Tang et al. (2015) ont signalé que la germination des graines de *Polypogon fugax* atteint 17% à 160 mmol/l.

2.2.5. Effet sur la germination de *Polygonum aviculare*

L'effet de la variation de la concentration saline sur la variation du comportement germinatif des graines de *Polygonum aviculare* est présenté dans les figures 37 et 38.

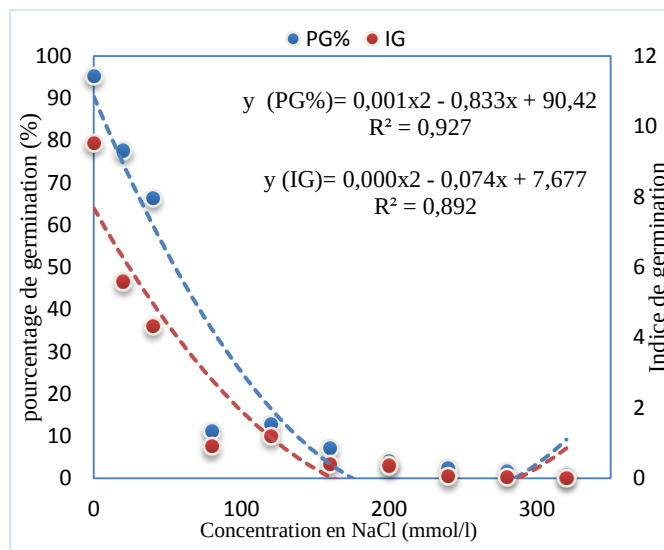


Figure 37: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Polygonum aviculare* en fonction de la salinité.

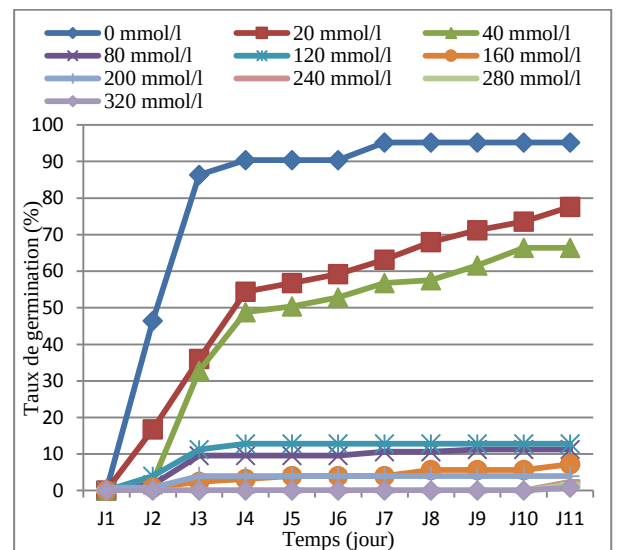


Figure 38: Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines de *Polygonum aviculare*.

A travers les résultats illustrés dans la figure 37, l'augmentation de la concentration saline des solutions utilisées a provoqué une réduction, voire une inhibition de la germination des graines de *Polygonum aviculare*. Le pourcentage de germination chez le témoin est de 100%, tandis qu'une légère diminution a été enregistrée pour les lots traités par 20, 40 et 80 mmol/l

(97,6%). A 120 et 160 mmol/l, le taux enregistré est de 86,4 et 81,6% respectivement. Alors que pour les concentrations 200, 240, 280 et 320 mmol/l, aucune germination n'a été obtenue.

Les indices de germination (**figure 37**) sous les différentes concentrations, révèlent que le meilleur indice est de 9,07 pour le lot témoin. La diminution des indices de germination va de pair avec l'augmentation de la concentration saline. Un indice de 8,16 a été noté pour les graines traitées par 20 mmol/l de NaCl et 7,45 pour celles par la solution de 40 mmol/l de NaCl. Une nette réduction a été enregistrée pour les lots traités par 80, 120 et 160 mmol/l par rapport au témoin, marquant respectivement 4,97; 4,63 et 4,17.

La cinétique de germination semble moins affectée par l'augmentation de la salinité des solutions testées (**figure 38**). La germination chez le témoin ainsi que les concentrations 20, 40, 80 et 120 mmol/l a débuté le 2^{ème} jour avec respectivement des taux de 40,8; 32; 22,4; 7,2 et 1,6% ; alors que pour la concentration 160 mmol/l, la germination n'a été entamée qu'au 3^{ème} jour avec un taux de 11,2%.

L'analyse de variance (ANOVA) sur les pourcentages de germination selon la concentration saline, montre un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,81$). La comparaison des moyennes (Test Kruskal-Wallis) a permis de ressortir les groupements (**tableau 23**) suivants : le groupe (a) réunit les concentrations 200, 240, 280 et 320 mmol/l, le groupe (b) représente le lot témoin et un groupe intermédiaire (ab) entre les deux précédents groupes, représente les concentrations 20, 40, 80, 120 et 160 mmol/l.

Tableau 23: Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination de *Polygonum aviculare*.

	0 mmol/l	20 mmol/l	40mmol/l	80 mmol/l	120mmol/l	160m mol/l	200 mmol/l	240 mmol/l	280 mmol/l	320 mmol/l
PG (%)	100±00 b	97,6±2,19n ns.ab	97,6±3,57n ns.ab	97,6±3,57 ns.ab	86,4±8,29 ***.ab	81,6±14,02 ***.ab	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a
IG	9,07±1,24 b	8,16±0,65 *.b	7,45±0,36 ***.ab	4,97±0,30 ***.ab	4,63±0,73 ***.ab	4,17±0,71 ***.ab	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a	0 ***.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$), ns : non significatif ($p < 0,05$). a, ab, b: groupe homogène.

L'indice de germination diminue proportionnellement et significativement ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,94$) avec l'augmentation de la concentration en NaCl. La comparaison des moyennes par le test Kruskal-Wallis a décelé trois groupes homogènes bien distincts: le groupe (a) rassemble les concentrations 200, 240, 280 et 320 mmol/l de NaCl, le groupe (b) le lot témoin ainsi que la

concentration 20 mmol/l et un groupe intermédiaire (ab) qui réunit les concentrations 40, 80, 120 et 160 mmol/l de NaCl (**tableau 23**).

Les résultats relatifs à l'effet de la salinité sur la germination des graines de *Polygonum aviculare* montrent que cette espèce tolère des concentrations salines modérées étant donné que la germination se poursuit jusqu'à 160 mmol/l avec un taux de 81,6%. Cependant, à des concentrations plus élevées, la germination est totalement inhibée.

Nos résultats diffèrent de ceux obtenus par **Khan et Ungar (1998)**, qui indiquent que la germination de *Polygonum aviculare* persiste même aux fortes concentrations salines (12% de germination à 300 mmol/l). Par contre, ils rejoignent ceux de **Yazdi et al. (2013)**, qui affirment que des concentrations supérieures à 160 mmol/l, provoquent un arrêt de la germination chez les graines de *Rumex acetosella* (Mauvaise herbe de la famille des Polygonaceae).

2.2.6. Effet sur la germination de *Melilotus indica*

La **figure 39** montre que la salinité a affecté le taux et l'indice de germination. Une nette réduction a été enregistrée par rapport au témoin.

Toutes les graines (100%) imbibées par l'eau distillée (témoin) germent. Les lots traités par 20, 40, 80, 120 mmol/l semblent peu affectés par la présence du sel, enregistrant respectivement des taux de 99,2 ; 98,4 et 100%. Tandis qu'à 160 et 200 mmol/l, le taux décroît à 79.2% et 32% respectivement. Pour les concentrations 240, 280 et 320 mmol/l, aucune germination n'a été obtenue.

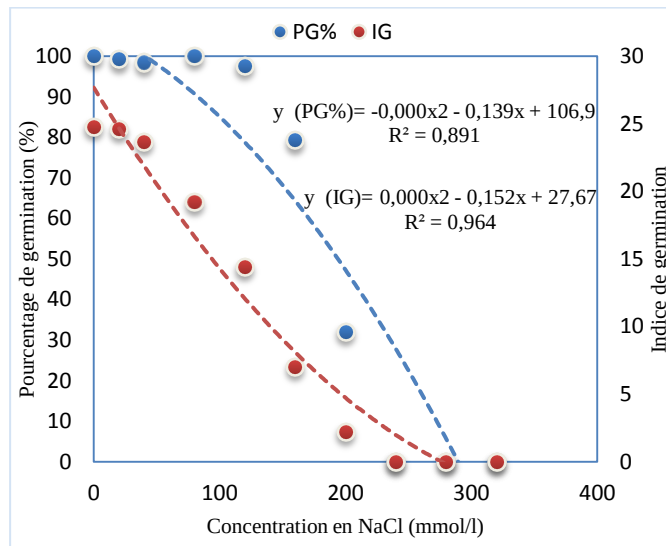


Figure 39: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Melilotus indica* en fonction de la salinité.

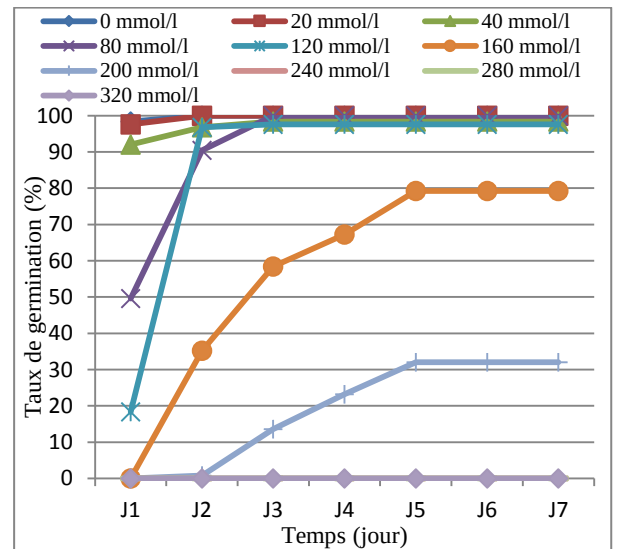


Figure 40: Effet de différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des graines de *Melilotus indica*.

Les résultats des indices de germination révèlent que les graines témoin, présentent une vitesse de germination qui évolue sans contrainte (**figure 39**) et enregistrent un indice de 24,8. Pour les solutions 20, 40 et 80 mmol/l, la vitesse diminue (par rapport au témoin), enregistrant des indices respectifs de 24,6; 23,6 et 19,19. Au fur et à mesure que la salinité augmente, les indices deviennent plus faibles : 14,4; 7,02 et 2,2 respectivement pour les graines traitées par 120, 160 et 200 mmol/l de NaCl.

La cinétique de germination des graines de *Melilotus indica* en fonction de la variation de la salinité (**figure 40**), révèle que le déclenchement de la germination a été enregistré dès le 1^{er} jour avec des taux de 98,4; 97,6; 92; 49,6 et 18,4 respectivement pour les lots : témoin, 20, 40, 80 et 120 mmol/l. Alors que pour les lots 160 et 200 mol/l la germination a été entamée le 2^{ème} jour avec 35,2 et 0,8% de germination.

Les résultats obtenus à partir de l'analyse de variance (**tableau 24**) montrent un effet très hautement significatif de la présence du sel sur la capacité germinative ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,89$) et l'indice de germination ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,96$).

La comparaison des moyennes par le test Kruskal-Wallis permet de déceler trois groupes homogènes, à savoir le groupe (a) constitué par les concentrations 240, 280 et 320 mmol/l, un groupe intermédiaire (ab) représenté par les concentrations 40, 120, 160 et 200 mmol/l et le dernier groupe (b) qui réunit les lots : témoin, 20 et 80 mmol/l.

Tableau 24: Analyse de la variance de l'effet de la salinité sur la germination de *Melilotus indica*.

	0 mmol/l	20 mmol/l	40mmol/l	80 mmol/l	120mmol/l	160mmol/l	200 mmol/l	240 mmol/l	280 mmol/l	320 mmol/l
PG (%)	100±00	99,2±1,78n	98,4±2,19n	100±00	97,6±2,19	79,2±7,15	32±21,35	0	0	0
	b	ns.b	ns.ab	ns.b	ns.ab	***.ab	***.ab	***.a	***.a	***.a
IG	24,8±0,27	24,6±0,65	23,66±2,24	19,19±1,48	14,4±3,30	7,02±1,86	2,2±1,38	0	0	0
	b	ns.b	ns.b	***.ab	***.ab	***.ab	***.ab	***.a	***.a	***.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significati, ns : non significatif ($p < 0,05$). a, ab, b: groupe homogène.

Le même test a permis de classer les traitements selon leurs actions sur la variation des indices de germination, en trois groupes homogènes, le premier groupe (a) représente les concentrations inhibitrices (240, 280 et 320 mmol/l), le groupe intermédiaire (ab) est formé par les concentrations 80, 120, 160 et 200 mmol/l et le dernier groupe englobe le lot témoin, 20, 40 mmol/l.

Le comportement germinatif de *Melilotus indica* démontre une certaine tolérance vis-à-vis de la salinité. D'après les résultats obtenus, il n'existe pas de différence de pourcentage de germination chez les graines traitées avec 20, 40, 80 et 120 mmol/l par rapport au témoin. La diminution du taux de germination s'exprime à partir de 160 mmol/l, et la germination persiste jusqu'à 200 mmol/l avec un taux de 32% ; au-delà de cette concentration la germination est annulée.

Marañon et al. (1989) ont obtenu des résultats inférieurs à nos travaux. Ils signalent une diminution de la capacité germinative chez cette espèce à partir de 50 mmol/l de NaCl. En outre, **Dhawan (2009)**, considère que la concentration 160 mmol/l de NaCl est la dose inhibitrice de la germination de *Melilotus indica*.

L'augmentation de la concentration saline a induit une diminution de pourcentage de germination et un retard de germination par la diminution de l'indice de germination et le ralentissement de vitesse de germination pour la majorité des espèces étudiées. D'après les résultats obtenus il ressort qu'il existe des espèces plus tolérantes que d'autres face au stress salin.

Le stress salin peut entraîner des modifications des mécanismes produisant l'équilibre des régulateurs de la germination, induisant ainsi une dormance secondaire physiologique (**Ungar, 1978; 1984**). Lorsque les graines sont humidifiées avec une solution saline, leur germination est affectée ou inhibée, soit en créant un faible potentiel osmotique (augmentation de la pression osmotique du milieu environnant), ce qui empêche l'absorption de l'eau (diminution de la vitesse d'absorption de l'eau), soit en raison des effets toxiques des ions Na^+ et Cl^- sur les processus métaboliques (**Redmann, 1974, Khajeh-Hosseini et al., 2003; Kaya et al., 2006**), et une inhibition de la mobilisation des réserves de la graine pour la croissance de l'embryon (**Prisco et al., 1981**). De plus, les ions Na^+ peuvent modifier la structure et la fertilité du sol en remplaçant le calcium et le magnésium dans le processus d'échange anionique, entraînant ainsi un stress nutritif et hydrique (**Rao et al. 2008**).

Ces interactions d'effets spécifiques et osmotiques induisent à la fois une réduction du nombre de graines germées et un ralentissement de la vitesse de germination (**Ungar, 1978**).

La tolérance au sel au cours de la germination est une réponse directe de l'embryon à ses conditions nutritionnelles. Elle est directement liée à une sélectivité efficace du plasmalemm (membrane cellulaire) à l'égard de l'ion sodium. Cette sélection au stade embryonnaire est associée à une accumulation de calcium par la graine lors de la phase de maturation (**Guerrier, 1983**).

2.3. Le potentiel hydrique

2.3.1. Effet sur la germination d'*Amaranthus albus*

Les résultats relatifs à l'effet du potentiel hydrique sur le comportement germinatif des graines d'*Amaranthus albus* sont présentés dans les figures 41 et 42.

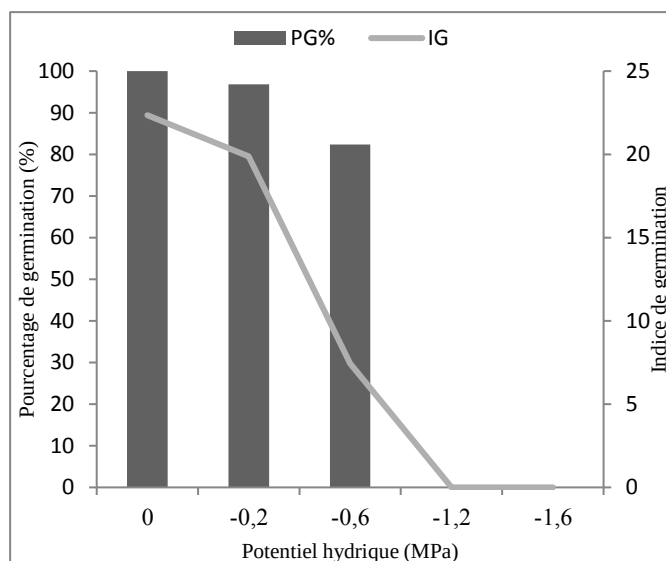


Figure 41: Variation du pourcentage et indice de germination des graines d'*Amaranthus albus* en fonction du potentiel hydrique.

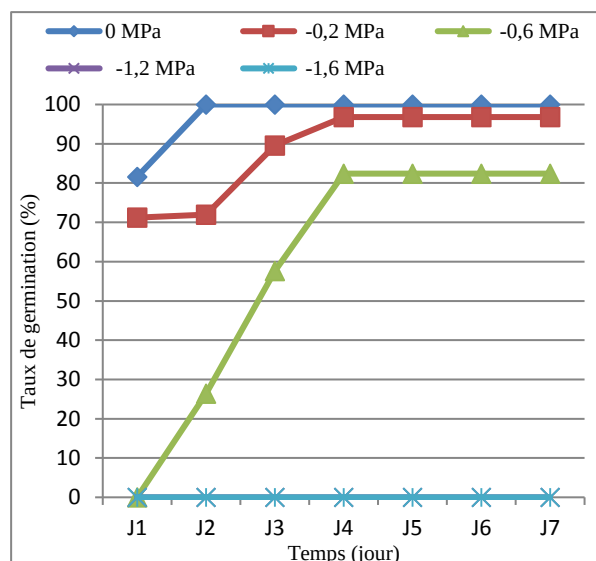


Figure 42: Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines d'*Amaranthus albus*.

Les résultats montrent que la diminution du potentiel hydrique provoque une régression du pourcentage de germination, accompagné par la réduction de l'indice de germination ainsi que le ralentissement de processus germinatif.

Le pourcentage de germination du témoin est de 100%, alors qu'aux valeurs -0,2 et -0,6 MPa; le pourcentage de germination marque respectivement 96,8 et 82,4%. Les graines des lots imbibés avec les solutions de -1,2 et -1,6 MPa n'ont pas germé (**figure 41**).

L'indice de germination (**figure 41**) le plus élevé est enregistré pour le témoin (22,35), une faible diminution a été enregistrée pour les graines traitées avec -0,2 MPa, marquant un indice de 19,87 ; tandis qu'à -0,6 MPa l'indice chute brusquement à 7,44.

Concernant la cinétique la germination (**figure 42**), celle-ci semble peu affectée par la diminution de potentiel hydrique pour les lots traités par la solution à -0,2 MPa (71,2%), par rapport au témoin (81,6%) où la germination a commencé le premier jour pour les deux lots. Le ralentissement de la germination est perçu pour le lot traité avec la solution de -0,6 MPa, la germination a débuté le 2^{ème} jour, avec un taux de 26,4%

L'analyse de variance (ANOVA) des résultats obtenus, montre un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,99$) du stress hydrique sur le taux de germination. La comparaison

des moyennes par le test Kruskal-Wallis a permis de dégager trois groupes homogènes (**tableau 25**), le groupe (a) constitué par les potentiels -1,2 et -1,6 MPa, tandis que le groupe (b) est représenté par les potentiel 0 (témoin) et -0,2 MPa. Le groupe intermédiaire (ab) est représenté par le potentiel -0,6 MPa.

L'indice de germination a été affecté par l'augmentation du stress hydrique, par un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,97$). La comparaison entre les indices obtenus par rapport au témoin par le test Kruskal-Wallis a fait ressortir trois groupes homogènes (**tableau 25**), le groupe (a) est formé par les potentiels qui induisent une inhibition totale de la germination, il s'agit de -1,2 et -1,6 MPa, le groupe (b) réunit le témoin et le potentiel -0,2 MPa. Le groupe intermédiaire est représenté par le potentiel -0,6 MPa.

Tableau 25: Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination d'*Amaranthus albus*.

	0 MPa	-0,2 MPa	-0,6 MPa	-1,2 MPa	-1,6 MPa
PG %	100±00.b	96,8±5,21ns.b	82,4±6,69***.ab	0***.a	0***.a
IG	22,35±2,64.b	19,87±2,04*.b	7,44±2,84***.ab	0***.a	0***.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, ***:Très hautement significatif ($p < 0,001$), *: significatif ($p < 0,01$) ns : non significatif ($p < 0,05$). a, ab, b: groupe homogène.

Nos résultats montrent que l'espèce *Amaranthus albus* est moyennement tolérante au stress hydrique, le seuil critique de germination est -1,2 MPa. Plus la pression osmotique est importante, plus le taux de germination diminue. La germination passe de 100% pour le témoin à 82,4% chez les graines traitées avec la solution de -0,6 MPa, aucune germination n'a été signalée sous la contrainte hydrique de -1,2 et -1,6 MPa. Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par **Thomas et al. (2006)**, qui ont signalé que la germination des graines d'*Amaranthus viridis* a été complètement inhibée aux potentiels d'eau inférieurs à -0,6 MPa.

2.3.2. Effet sur la germination de *Dactyloctenium aegyptium*

Les résultats présentés par les figures 43 et 44, expriment la réponse germinative des graines de *Dactyloctenium aegyptium* vis-à-vis du traitement appliqué.

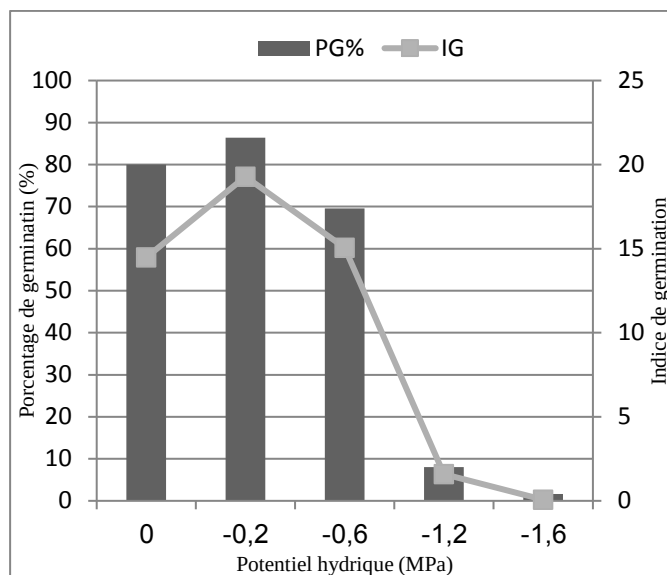


Figure 43: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium* en fonction du potentiel hydrique.

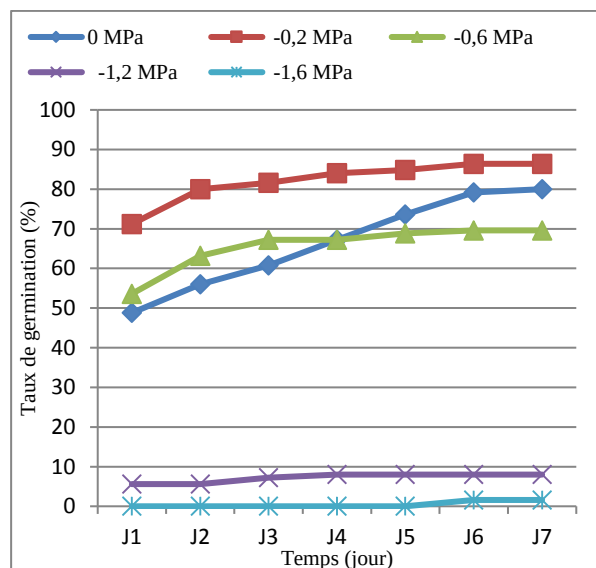


Figure 44: Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines de *Dactyloctenium aegyptium*.

D'après la figure 43, les pourcentages de germination des graines ayant subi les traitements -0,2 et -0,6 MPa (86,4 et 69,6%) avoisinent ceux du témoin (80%). Par contre, une nette réduction a été enregistrée pour les lots traités par les solutions -1,2 (8%) et -1,6 MPa (1,6%).

La germination des graines témoin ou celles traitées a débuté le 1^{er} jour avec des taux de 48,8; 71,2; 53,6 et 5,6%, respectivement pour le témoin, -0,2; -0,6 et -1,2 MPa. Alors que pour le lot traité par la solution de -1,6 MPa, il a entamé la germination le 6^{ème} jour par un taux de 1,6% (figure 44).

Le traitement des données par l'analyse statistique (tableau 26) montre un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,98$) sur les pourcentages de germination des lots traités. La comparaison des moyennes par le test Kruskal-Wallis a permis de classer le témoin et les traitements en cinq groupes homogènes: le groupe (a) représente le stress le plus sévère (-1,6 MPa), le groupe (ab) représente la solution de -1,2 MPa, le groupe (abc) représente la solution de -0,6 MPa, le groupe (bc) représente le témoin et le groupe (c) la solution -0,2 MPa.

Tableau 26: Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination de *Dactyloctenium aegyptium*.

	0 MPa	-0,2 MPa	-0,6 MPa	-1,2 MPa	-1,6 MPa
PG%	80±4,89.bc	86,4±7,79.ns.c	69,6±7,26*.abc	8±4,89***.ab	1,6±2,19***.a
IG	14,47±1,93.ab	19,28±1,61***.b	15,04±1,94ns.ab	1,58±0,72***.a	0,06±0,08***.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p<0,001$), *: significatif ($p<0,01$), ns : non significatif ($p<0,05$). a, ab, b,abc, bc, c: groupe homogène.

L'analyse de variance (ANOVA) indique un effet très hautement significatif ($p<0,0001$; $R^2=0,97$) du stress hydrique sur l'indice de germination. Le classement des moyennes par la comparaison par rapport au témoin, a permis de dégager trois groupes homogènes : le groupe (a) réunit les potentiels hydriques les plus bas, à savoir -1,2 et -1,6 MPa, le groupe (b) représente le potentiel -0,2 MPa et le groupe intermédiaire (ab) rejoint le témoin et le potentiel -0,6 MPa.

Les résultats acquis sur la réponse germinative des graines de *Dactyloctenium aegyptium* sont en désaccord avec ceux obtenus par **Burk et al. (2003)** qui signalent que *Dactyloctenium aegyptium* ne tolère pas le stress hydrique. En effet, la germination a été réduite lorsque les graines ont été soumises à un stress hydrique et aucune germination n'a été enregistrée sous un stress inférieur à -0,8 MPa.

2.3.3. Effet sur la germination de *Polypogon monspeliensis*

Les variations du pourcentage, de l'indice et de la cinétique de germination sont illustrées sur les figures 45 et 46.

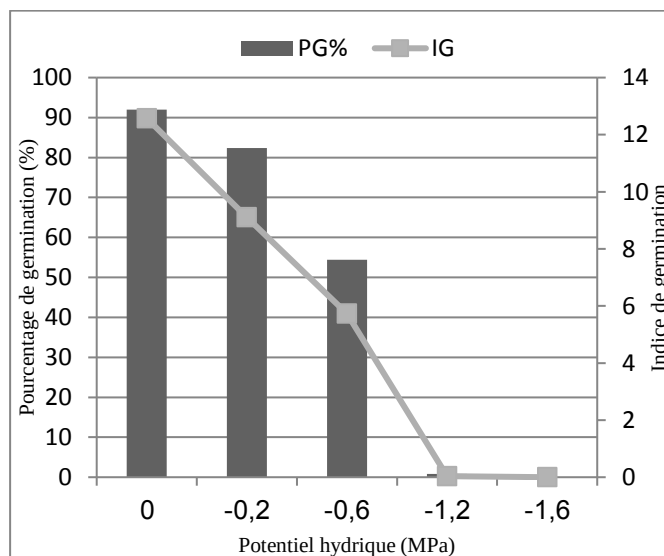


Figure 45: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Polypogon monspeliensis* en fonction du potentiel hydrique.

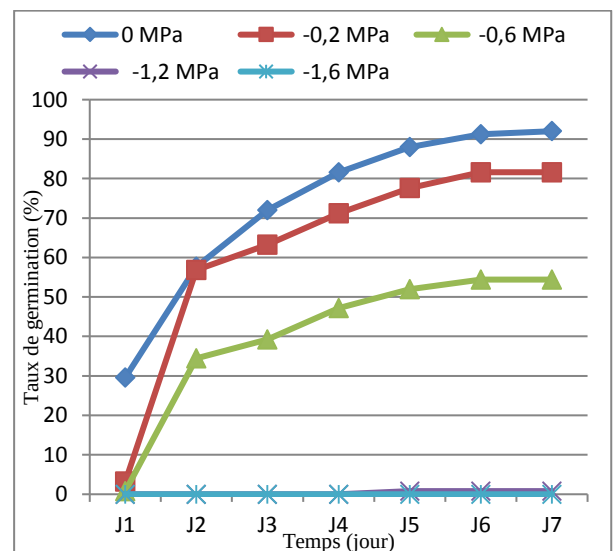


Figure 46: Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines de *Polypogon monspeliensis*.

D'après la **figure 45**, le pourcentage de germination décroît avec la diminution du potentiel hydrique des solutions testées, par rapport au témoin. La même constatation concerne l'indice de germination. Le taux de germination le plus élevé est obtenu pour le témoin (92%), les graines traitées par les solutions -0,2 et -0,6 MPa, enregistrent respectivement 82,4 et 54,4%. Pour les graines imbibées par la solution de -1,2 MPa, le taux est de 0,8% de germination. Quant à la solution de -1,6 MPa, aucune germination n'a été obtenue.

Les indices de germination ont également été touchés par l'effet de la diminution du potentiel hydrique des solutions utilisées. Le meilleur indice a été obtenu pour le lot témoin (12,57), puis accuse une diminution à 9,11 pour le lot traité par la solution de -0,2 MPa. Une nette réduction de l'indice de germination a été enregistrée pour les graines imbibées par les solutions de -0,6 et -1,2 MPa, dont les valeurs respectives sont 5,73 et 0,05.

Cette diminution des pourcentages et des indices de germination des graines de *Polypogon monspeliensis*, a été accompagnée d'un ralentissement du processus germinatif des lots traités par rapport au témoin (**figure 46**).

Le traitement des résultats par l'analyse statistique (ANOVA) a confirmé l'existence d'un effet très hautement significatif de la diminution du potentiel hydrique sur le pourcentage de germination ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,98$) et sur l'indice de germination ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,96$) (**tableau 27**). Par ailleurs, le test de classement des moyennes en comparaison avec le témoin (Test Kruskal-Wallis) a permis de distinguer que se soit pour le pourcentage de germination ou l'indice de germination, les mêmes groupes homogènes: le groupe (a) représente le potentiel -1,6 MPa, le groupe (ab) le potentiel -1,2 MPa, le groupe (abc) le potentiel -0,6 MPa, le groupe (bc) le potentiel -0,2 MPa et le témoin représenté par le groupe (c).

Tableau 27: Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination de *Polypogon monspeliensis*

	0 MPa	-0,2 MPa	-0,6 MPa	-1,2 MPa	-1,6 MPa
PG%	92±4.c	82,4±8,29*.bc	54,4±7,26***.abc	0,8±1,78***.ab	0***.a
IG	12,57±0,87.c	9,11±2,04***.bc	5,73±0,98***.abc	0,04±0,08***.ab	0***.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$), *: significatif ($p < 0,01$).

a, ab, b,abc, bc, c: groupe homogène.

Nos résultats sont en conformité avec ceux obtenus par **Atia et al. (2011)**, qui signalent que le *Polypogon monspeliensis*, pouvait germer à un potentiel osmotique de -1,1 MPa; et

précisent que certaines populations avaient même un taux de germination élevé avec un potentiel osmotique de -1,6 MPa.

2.3.4. Effet sur la germination de *Bromus rubens*

Les résultats obtenus de l'effet du déficit hydrique sur la réponse germinative des graines de *Bromus rubens* sont présentés sur les figures 47 et 48.

Il ressort de la figure 47 que le déficit hydrique a entraîné une diminution des pourcentages de germination des graines traitées par rapport au témoin. Le meilleur pourcentage (98%) a été enregistré pour le témoin. Le taux baisse pour le lot traité par la solution de -0,2 MPa, marquant 82% de germination, tandis qu'un taux de 56% a été obtenu pour les graines imbibées par la solution de -0,6 MPa. Les potentiels -1,2 et -1,6 ont inhibé la germination des graines de cette espèce.

Les indices de germination ont également été affectés par la diminution du potentiel hydrique des graines traitées par rapport au témoin (figure 47). Ils passent de 8,03 pour le témoin, à 3,88 pour le potentiel -0,2 et à 2,8 pour le potentiel -0,6 MPa.

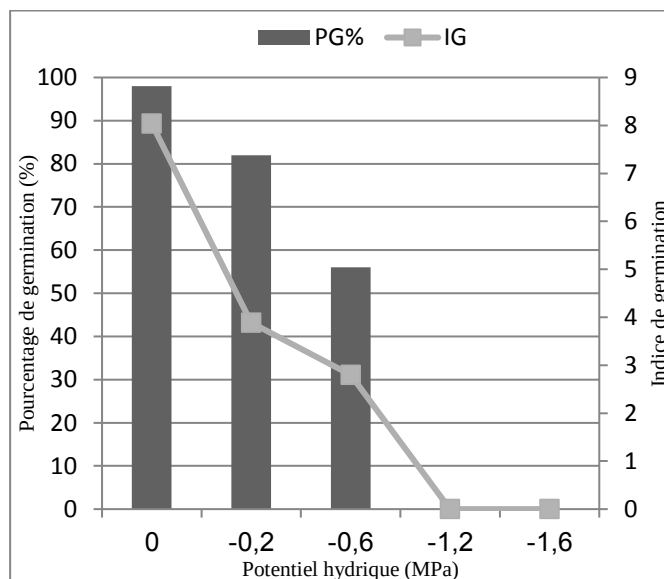


Figure 47: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Bromus rubens* en fonction du potentiel hydrique.

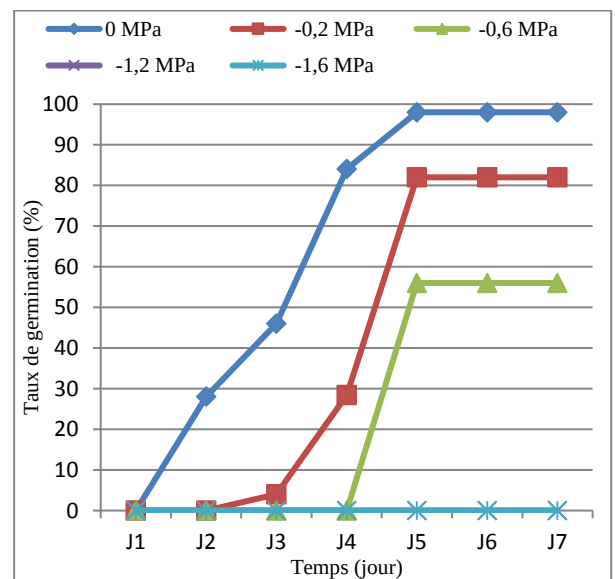


Figure 48: Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines de *Bromus rubens*.

La germination est affectée par la diminution du potentiel hydrique, qui se traduit par l'augmentation de la période de latence nécessaire pour le déclenchement de la germination (figure 48). La germination a débuté le 2^{ème} jour pour le témoin avec un taux de 28%, le 3^{ème} jour sous le potentiel de -0,2 MPa (4%) et le 5^{ème} jour pour le lot traité par la solution -0,6 MPa (56%). Le taux maximum a été atteint le 5^{ème} jour pour l'ensemble des lots.

Les résultats de l'analyse statistiques sont présentés dans le **tableau 28**.

Tableau 28: Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination de *Bromus rubens*.

	0 MPa	-0,2 MPa	-0,6 MPa	-1,2 MPa	-1,6 MPa
PG%	98±4,47.b	82±10,95***.b	56±15,16***.ab	0***.a	0***.a
IG	8,03±1,81.b	3,88±0,95***.ab	2,8±0,75***.ab	0***.a	0***.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$). a, ab: groupe homogène.

L'analyse de variance (ANOVA) a permis de confirmer que l'effet du potentiel hydrique sur le pourcentage de germination est très hautement significatif ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,96$). De ce fait, un classement des moyennes en comparaison avec le témoin a été réalisé et a permis de déceler trois groupes homogènes: le groupe (a) réunit les potentiels -1,2 et -1,6 MPa, le groupe (b) comprend le témoin et le potentiel -0,2 MPa, tandis que le groupe intermédiaire (ab) représente le potentiel -0,6 MPa (**tableau 28**).

L'effet du stress hydrique agit avec un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,92$) sur l'indice de germination ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,96$). Le classement des moyennes par le test Kruskal-Wallis, fait ressortir trois groupes homogènes (**tableau 28**): le groupe (a) est constitué par les potentiels -1,2 et -1,6 MPa, le groupe (b) représente le témoin, alors que le groupe intermédiaire (ab) est représenté par les potentiels -0,2 et -0,6 MPa.

La capacité germinative des graines de *Bromus rubens* diminue progressivement avec la contrainte hydrique.

D'après les résultats obtenus, il en ressort que cette espèce était plus tolérante au stress hydrique, le potentiel hydrique de -0,2 MPa ne réduisant pas significativement sa germination. Toutefois, un potentiel hydrique de -0,6 MPa a réduit la germination à 56% et aucune germination n'a été enregistrée à -1,2 MPa.

Le même comportement a été évoqué chez d'autres espèces de mauvaises herbes appartenant au genre *Bromus*, notamment par **Haferkanp et MacNeil (2004)** qui indiquent que la germination maximale des graines de *Bromus japonicus* était supérieure à 95% entre -0,05 et -0,23 MPa, mais diminue à moins de 35% à -0,63 MPa. Chez *Bromus tomentellus*, le pourcentage de germination diminue de 90% chez le témoin à 52,2% sous un stress hydrique de -0,4 MPa (**Tilaki et al., 2014**). **Haliniarz et al. (2013)** déclarent également que *Bromus secalinus*, tolère le stress hydrique, la germination passe de 97,4% chez les graines de témoin à 82,2 % sous un déficit hydrique de -0,9 MPa.

2.3.5. Effet sur la germination de *Polygonum aviculare*

Les figures 49 et 50 indiquent les variations du pourcentage de germination, l'indice de germination et la cinétique de germination, enregistrées chez les graines de *Polygonum aviculare*.

La figure 49 indique que la diminution du potentiel hydrique a provoqué une diminution du pourcentage de germination. Chez le témoin, le pourcentage de germination est de 100%, alors que, l'imbibition des graines par la solution -0,2 MPa a permis d'obtenir un taux de 92%. Une forte diminution de la germination (4%) a été observée pour les graines traitées par la solution -0,6 MPa. Les solutions -1,2 et -1,6 MPa ont provoqué une inhibition totale de la germination des graines de *Polygonum aviculare*.

Un ralentissement de la vitesse de germination a induit la diminution de l'indice de germination et le retard dans le déclenchement de la germination (figure 49).

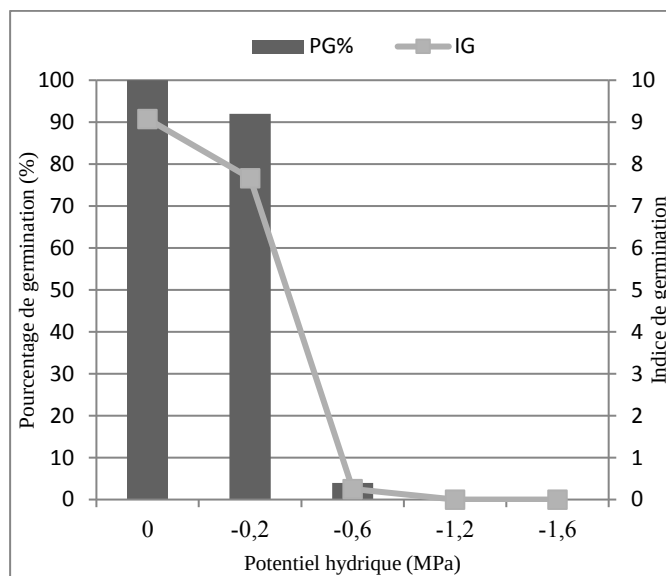


Figure 49: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Polygonum aviculare* en fonction du potentiel hydrique.

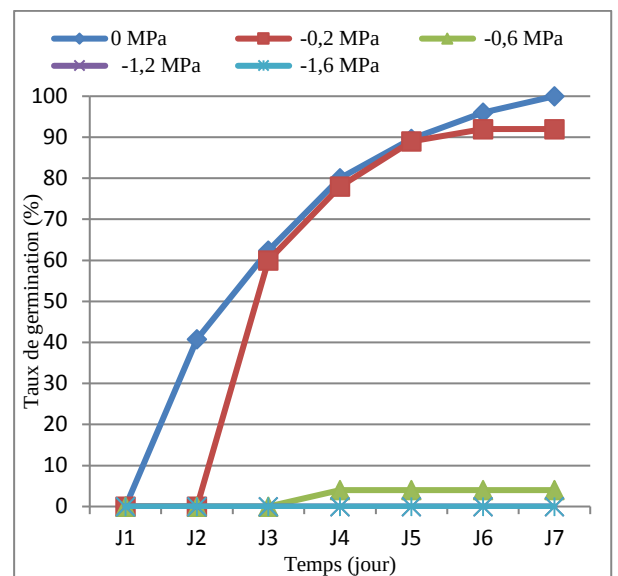


Figure 50: Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines de *Polygonum aviculare*.

L'indice de germination du lot témoin est de 9,07 contre 7,66 pour celui du lot traité par la solution -0,2 MPa. L'indice le plus faible est noté pour le lot traité par la solution -0,6 MPa (indice de 0,25).

Quant à la cinétique de germination (figure 50), la germination a débuté le 2^{ème} jour pour les graines témoin avec 40,8%, le 3^{ème} jour pour les graines traitées par la solution -0,2 MPa avec un taux de 60%; alors qu'à -0,6 MPa, la germination a été entamée le 4^{ème} jour par un taux de 4%.

L'analyse statistique (**tableau 29**) a permis d'indiquer un effet très hautement significatif du potentiel hydrique sur le pourcentage de germination ($P<0,0001$; $R^2=0,99$) et sur l'indice de germination ($P<0,0001$; $R^2=0,98$). Le classement des moyennes par le test Kruskal-Wallis révèle l'existence de trois groupes homogènes, le groupe (a) réunit les potentiels -1,2 et -1,6 MPa, le groupe (ab) comprend les potentiels -0,2 et -0,6 MPa, tandis que le témoin est représenté par le groupe (b).

Tableau 29: Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination de *Polygonum aviculare*.

	0 MPa	-0,2 MPa	-0,6 MPa	-1,2 MPa	-1,6 MPa
PG%	100±00.b	92±6,32**.ab	4±4,89***.ab	0***.a	0***.a
IG	9,07±1,24.b	7,66±0,52**.ab	0,25±0,30***.ab	0***.a	0***.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p<0,001$), **: hautement significatif ($p<0,01$), a, ab, b: groupe homogène.

2.3.6. Effet sur la germination de *Melilotus indica*

Les pourcentages et les indices de germination des graines de *Melilotus indica* sous la contrainte hydrique, sont mentionnés sur la **figure 51**. La **figure 52** représente la cinétique de germination en fonction du potentiel hydrique.

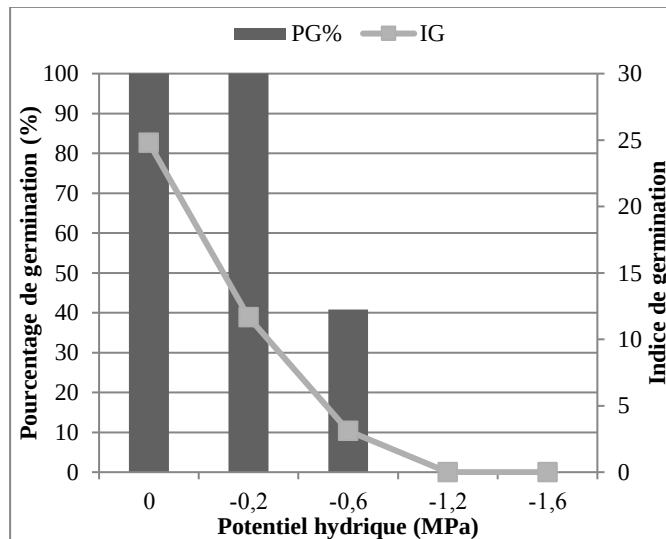


Figure 51: Variation du pourcentage et indice de germination des graines de *Melilotus indica* en fonction du potentiel hydrique.

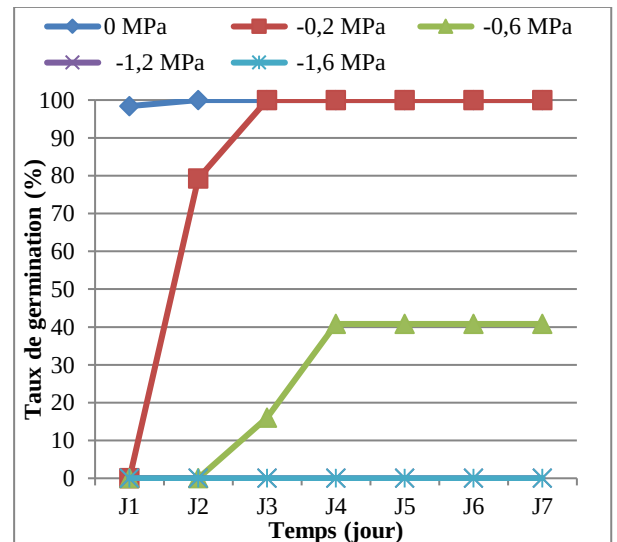


Figure 52: Effet de différents potentiels hydriques sur la cinétique de germination des graines de *Melilotus indica*.

La diminution du potentiel hydrique des solutions utilisées a provoqué une baisse du pourcentage et de l'indice de germination des graines de *Melilotus indica*. Les graines témoins, imbibées avec l'eau distillée et celles imbibées par la solution de -0,2 MPa, présentent 100% de germination. Celle-ci est très faible (40,8%) par rapport au témoin pour le traitement -0,6 MPa. Aux potentiels plus faibles (-1,2 et -1,6 MPa), la germination est quasiment nulle.

L'abaissement du potentiel hydrique conduit à une réduction des indices de germination (**figure 51**). L'indice le plus élevé est enregistré pour le témoin (24,8) ; chez les graines ayant reçu la solution de -0,2 MPa, l'indice chute à 11,66, puis à 3,09 pour celles imbibées par la solution de -0,6 MPa.

Les résultats des cinétiques de germination, présentés sur **la figure 52**, indiquent que la germination débute le 1^{er} jour avec un taux de 100% pour le témoin, le 2^{ème} jour chez les graines imbibées par la solution -0,2 MPa (79,2%). Un retard de deux jours a été observé chez les graines traitées par la solution -0,6 MPa (16%). Le taux de germination augmente rapidement en fonction du temps, il atteint le maximum de germination le 2^{ème}, le 3^{ème} et le 4^{ème} jour, respectivement pour le témoin, -0,2 MPa et -0,6 MPa.

L'analyse statistique montre un effet très hautement significatif du potentiel hydrique sur le pourcentage de germination ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,99$). Du classement des moyennes en comparaison au témoin par le test Kruskal-Wallis, découlent trois groupes homogènes (**tableau 30**) : le groupe (a) unit les potentiels -1,2 et -1,6 MPa, le groupe (ab) le potentiel -0,6 MPa et le groupe (b) rassemble le témoin et le potentiel -0,2 MPa.

Tableau 30: Analyse de la variance de l'effet du potentiel hydrique sur la germination de *Melilotus indica*

	0 MPa	-0,2 MPa	-0,6 MPa	-1,2 MPa	-1,6 MPa
PG%	100±00.b	100±00.ns.b	40,8±8,19***.ab	0***.a	0***.a
IG	24,8±0,27.b	11,66±0,11***.ab	3,09±0,58***.ab	0***.a	0***.a

PG: Pourcentage de germination, IG :Indice de germination, *** :Très hautement significatif ($p < 0,001$), ns: non significatif ($p > 0,05$). a, ab, b: groupe homogène.

Le potentiel hydrique montre un effet très hautement significatif sur l'indice de germination ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,99$). Les solutions utilisées se regroupent en trois groupes homogènes selon le test de classement des moyennes (**tableau 30**), à savoir le groupe (a) formé par les solutions -1,2 et -1,6 MPa, le groupe (b) représenté par le témoin et le groupe intermédiaire (ab) rassemble les potentiels -0,2 et -0,6 MPa.

Notre étude montre que le stress hydrique affecte le potentiel germinatif de *Melilotus indica*, particulièrement lorsque la pression osmotique est élevée. Au vu des résultats, il apparaît que la contrainte agit sur la capacité germinative à partir d'un potentiel hydrique de -0,6 MPa avec un taux de 40,8% contre 100 chez le témoin et le potentiel de -0,2 MPa. Cependant, un potentiel hydrique de -1,2 et -1,6 MPa entraîne une inhibition totale de la germination.

Dhawan (2009) rapporte que le pourcentage de germination des graines de *Melilotus indica* demeure stable jusqu'à un potentiel hydrique de -0,8 MPa. **Ghaderi-Far et al., (2010)** précisent que le pourcentage de germination de *Melilotus officinalis* a diminué de 92 à 5% lorsque le potentiel osmotique chute de 0 à -0,1 MPa et a été complètement inhibé par un potentiel osmotique de -1,2 MPa. Ces résultats sont conformes aux nôtres.

Dans l'ensemble, notre étude montre que le stress hydrique affecte le potentiel germinatif des espèces de mauvaises herbes, particulièrement lorsque la pression osmotique est élevée. En fait, plus le stress hydrique augmente, plus le pourcentage de germination diminue. Cette diminution a été accompagnée par celle de l'indice et de la cinétique de germination.

Les résultats obtenus, suggèrent que nos espèces préfèrent un environnement humide pour la germination et que les graines peuvent rester en dormance en période de sécheresse jusqu'à ce que les niveaux d'humidité soient suffisants pour la germination. Ceci augmente en fin de compte la longévité de ces graines dans la banque de semences.

2.4. Effet de la profondeur d'enfouissement sur le comportement germinatif des espèces étudiées

Les résultats de l'effet de la profondeur sur la germination de 06 espèces de mauvaises herbes étudiées sont présentés sur la figure 53.

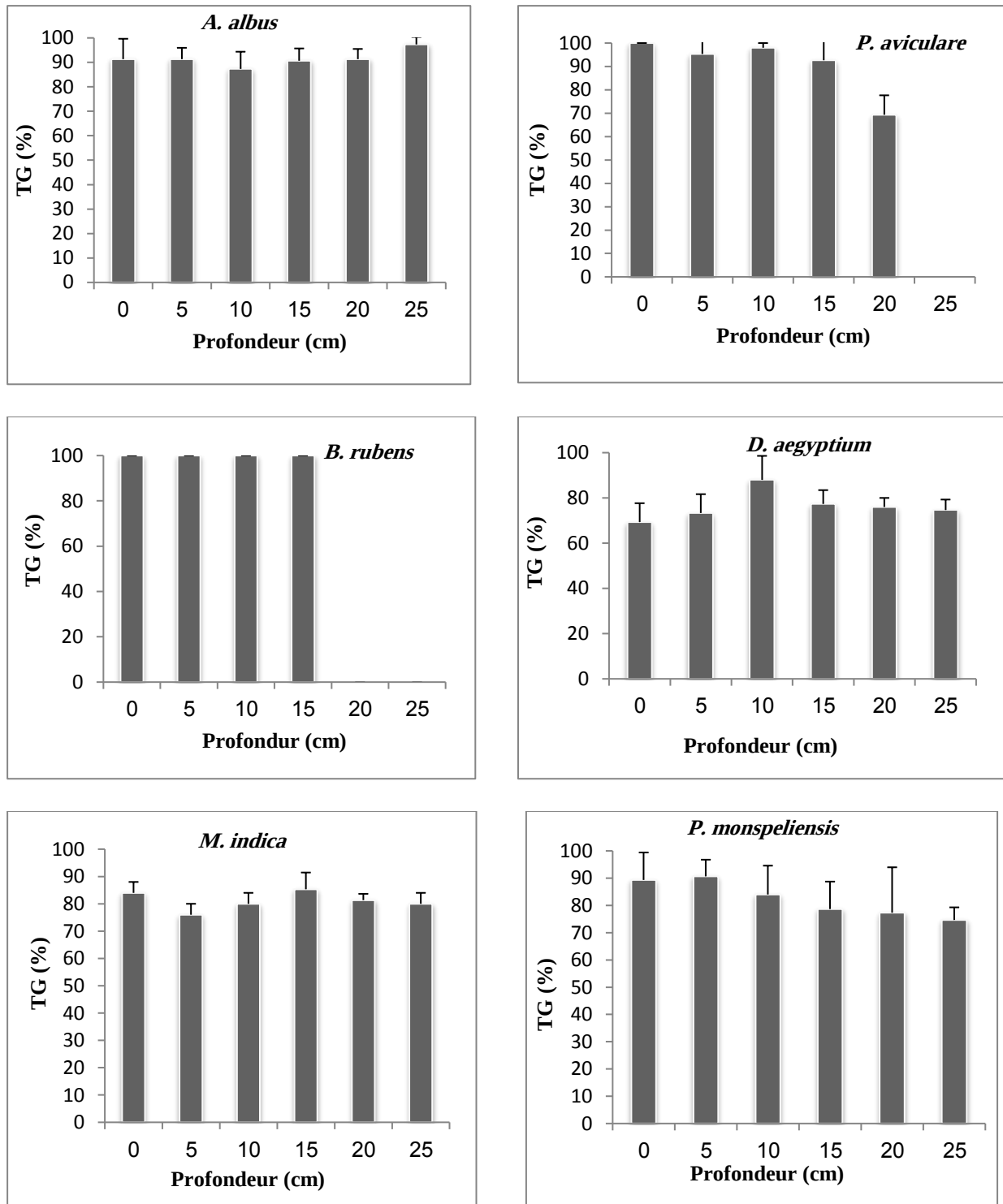


Figure 53: Effet de la variation de la profondeur sur le taux de germination.

D'après les résultats présentés au niveau de **la figure 53**, il ressort que la réponse germinative vis-à-vis de l'effet de la profondeur est variable selon l'espèce. Pour certaines espèces, la germination des graines se manifeste au niveau de toutes les profondeurs testées, allant de 0 à 25 cm pour les espèces suivantes : *Amaranthus albus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Polypogon monspeliensis* et *Melilotus indica*.

Tandis que, la germination de *Polygonum aviculare* a été inhibée pour les graines enfouies à 25 cm ; une diminution de la germination a été signalée avec l'augmentation de la profondeur, le taux passe de 100% pour les graines de la surface à 69,33% à 20 cm.

La germination des graines de *Bromus rubens* n'a eu lieu que pour les profondeurs 0, 5, 10 et 15 cm avec un taux de germination de 100%, alors qu'elle est complètement inhibée sous les profondeurs de 20 et 25 cm.

D'après les résultats de l'analyse statistique (**tableau 31**) il ressort que :

L'effet de la profondeur sur la germination des graines d'*Amaranthus albus* est non significatif ($p=0,46$), sous les profondeurs testées. La germination a été importante et proche de la capacité germinative de cette espèce (environ 100% de germination dans les conditions optimum de germination).

Tableau 31: Analyse de la variance de l'effet de la profondeur sur le taux de germination des espèces étudiées (Moyenne±Ecart type. groupe homogène).

	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
<i>A. albus</i>	91,33±8,32.ns.a	91,33±4,61.ns.a	87,33±7,02.ns.a	90,66±5,03.ns.a	91,33±4,16.ns.a	97,33±3,05.ns.a
<i>D.aegyptium</i>	69,33±8,32.ns.a	73,33±8,32.ns.a	88±10,58.ns.a	77,33±6,11.ns.a	76±4.ns.a	74,66±4,61.ns.a
<i>B. rubens</i>	100±0.ns.a	100±0.ns.a	100±0.ns.a	100±0.ns.a	0±0.***.b	0±0.***.b
<i>P.monspeliensis</i>	89,33±10,06.ns.a	90,66±6,11.ns.a	84±10,58.ns.a	78,66±10,06.ns.a	77,33±16,65.ns.a	74,66±4,61.ns.a
<i>P. aviculare</i>	100±0.ns.a	95,33±8,08.ns.a	98±2.ns.a	92,66±8,08.ns.a	69,33±8,32***.b	0±0***.c
<i>M.indica</i>	84±4.ns.a	76±4.ns.a	80±4.ns.a	85,33±6,11.ns.a	81,33±2,30.ns.a	80±4.ns.a

***: très hautement significatif ($p<0,001$), ns: non significatif ($p>0,05$), a,b,c: groupe homogène.

La germination des graines de *Polypogon monspeliensis* varie de 74 à 90,66% en fonction de la profondeur. L'analyse de la variance montre un effet non significatif ($p=0,36$) de la profondeur sur la germination de cette espèce. De même, l'effet de la profondeur est non significatif chez *Dactyloctenium aegyptium* ($p=0,12$), la valeur la plus élevée (88%) est obtenue pour la profondeur de 10 cm. Pour les autres profondeurs, la germination varie de 69,33% (0 cm) à 74,66% sous la profondeur de 25 cm.

La germination des graines de *Polygonum aviculare* est moins influencée par les profondeurs où elle enregistre une légère diminution des taux, allant de 100% à 0 cm, 95,33% à 5 cm, 98% à 10 cm et 92,66% à 15 cm. L'analyse statistique montre un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$) de l'augmentation de la profondeur sur la diminution du taux de germination. Celui-ci atteint 69,33% pour la profondeur de 20 cm, et à 25 cm aucune germination n'a été obtenue.

D'après les résultats présentés dans le **tableau 31**, la profondeur n'a pas affecté la germination des graines de *Melilotus indica* car l'analyse statistique montre un effet non significatif ($p = 0,17$). Le taux de germination varie de 76% pour la profondeur de 5 cm, et à 85,33% pour la profondeur 15 cm.

Quant au *Bromus rubens*, l'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$) de l'augmentation de la profondeur sur le taux de germination. La germination sous les profondeurs 0, 5, 10, 15 cm est de l'ordre de 100%. Par contre, une différence non significative entre ces profondeurs est indiquée car elles sont classées dans le même groupe homogène (a). Pour les profondeurs 20 et 25 cm, la germination est complètement inhibée, de ce fait, l'analyse a montré un effet très hautement significatif ($p < 0,0001$) de ces deux profondeurs sur la germination et les a réunies dans le groupe homogène (b).

L'étude expérimentale de l'effet de la profondeur sur la germination des semences a révélé de fortes disparités qui varient d'une espèce à l'autre. Il a été constaté que les 06 espèces étudiées se sont révélées pas ou peu sensibles à la profondeur de semis, où l'effet dépressif de la profondeur n'a été signalé que pour celles trop importantes pour certaines espèces.

Les résultats de notre étude montrent que, la germination d'*Amaranthus albus*, *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Melilotus indica* n'est pas affecté par la profondeur, (espèces non sensibles à la profondeur). **Gardarin (2008)** indique que généralement les mauvaises herbes, sont peu sensibles à la profondeur.

Un effet « profondeur » est responsable d'une inhibition totale de la germination à 20 et 25 cm chez les graines de *Bromus rubens*, ainsi que pour les graines de *Polygonum aviculare* à 25 cm. **Coble et Slife (1972); Evetts et Burnside (1972); Soters et Murray (1981); Oliver et al. (1983)** confirment que, la germination a diminué avec la profondeur croissante des plantations. Nos résultats sont en accord avec celles de **Gardarin (2008)**, où il a signalé que, la réduction de la germination est très importante pour *Stellaria media*: le taux de germination est réduit de 70% entre 5 et 30 cm de profondeur, elle germe beaucoup mieux en surface qu'en profondeur. **IpouIpou et al. (2004)**, ont rapporté que chez les graines d'*Euphorbia heterophylla* (Euphorbiaceae) à 10 cm de profondeur, le taux de germination est nul. **Thomas et al. (2006)** rapportent que, la germination des graines d'*Amaranthus viridis* s'est produite jusqu'à 6 cm. Le

pourcentage de germination le plus élevé des graines de *Convolvulus arvensis*, a été observé à une profondeur inférieure à 2 cm, l'inhibition totale de germination a été observée à 6 cm (**Asgharipour, 2011**).

L'inhibition de la germination par la profondeur du sol, pourrait s'agir d'un mécanisme d'adaptation limitant la germination des espèces à des profondeurs trop importantes les empêchant de lever (**Holm, 1972; Stoller et Wax, 1973**). Des études antérieures suggèrent que cela pourrait ne pas être dû simplement à un manque de lumière (**Benvenuti et Macchia, 1995**), mais également à une diminution de la fluctuation thermique avec une profondeur d'enfouissement croissante constituant un déclencheur de la germination (**Roberts et Totterdell, 1981**). Une explication alternative, voire complémentaire, est basée sur la diffusion gazeuse, inversement corrélée à la profondeur d'enfouissement. Des échanges gazeux réduits sont capables d'induire une dormance secondaire (**Benvenuti, 2007**).

3. Etude de l'effet de la profondeur et de l'irrigation sur la levée de quelques mauvaises herbes

Le processus de la levée débute dès que la graine a germé et dure jusqu'à ce qu'elle atteigne la surface du sol. Les facteurs responsables de la levée sont principalement reliés à la croissance du germe qui se traduit par l'allongement de la radicule et la croissance épigée ou hypogée de la plantule vers la surface du sol. La plantule a certaines exigences physiologiques de croissance et des barrières physiques à franchir pour atteindre la surface du sol (**Leblanc et al., 1998**).

Le taux de levée exprime le nombre des plantules levées par rapport au nombre total de graines semées. Les résultats de l'effet de la variation de la profondeur et du régime d'irrigation sur la levée des espèces étudiées sont présentés dans **le tableau 32**.

L'analyse de la variance a montré que les facteurs : espèce, profondeur et irrigation, étudiés ont influencé d'une façon significative la levée des plantules ($P < 0,0001$).

Les interactions qui ont été établies entre les facteurs étudiés montrent que, pour chaque espèce étudiée, les interactions Espèce/Profondeur, Espèce/Irrigation, Profondeur/Irrigation et Espèce*Profondeur*Irrigation sont très hautement significatives ($P < 0,0001$) (**tableau 32**).

Tableau 32: Effet des facteurs étudiés (Profondeur, irrigation) et leur interaction sur le pourcentage de levée.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Espèce	4	53988,0296	13497,0074	237,2521	< 0,0001
Profondeur	2	15151,1111	7575,5556	133,1641	< 0,0001
Irrigation	2	15082,8444	7541,42222	132,5641	< 0,0001
Espèce*Profondeur	8	37759,7037	4719,9630	82,9681	< 0,0001
Espèce*Irrigation	8	6863,5259	857,9407	15,0810	< 0,0001
Profondeur*Irrigation	4	1875,9111	468,9778	8,2437	< 0,0001
Espèce*Profondeur* Irrigation	16	18410,6074	1150,6630	20,2265	< 0,0001

3.1. *Amaranthus albus*

Les résultats obtenus montrent que la levée des plantules d'*Amaranthus albus* est affectée par la combinaison profondeur/irrigation dont l'effet est très hautement significatif ($P < 0,0001$). L'effet de la profondeur est très hautement significatif ($P < 0,0001$), tandis que, l'effet de l'irrigation est non significatif ($p = 0,88$). Les quantités de levées sont généralement les plus importantes dans les pots maintenus à humidité constante. Les alternances sec-humide ont

fortement réduit les levées totales en surface et ont peu affecté celles des horizons intermédiaires et profonds. Les levées sont d'autant plus faibles que les semences sont placées en profondeur.

L'analyse statistique montre un effet très hautement significatif de l'interaction profondeur/irrigation) ($P < 0,0001$). Les résultats mentionnés dans la **figure 54** montrent que le pourcentage de levée le plus élevé est obtenu pour le lot des graines semées en surface du sol (0 cm) et irriguées avec le régime 2 (H2). Pour les graines enfouies à 2 cm, la levée des plantules est possible sous les trois régimes d'irrigation, mais la diminution du pourcentage de levée est fonction de l'augmentation de la période sèche.

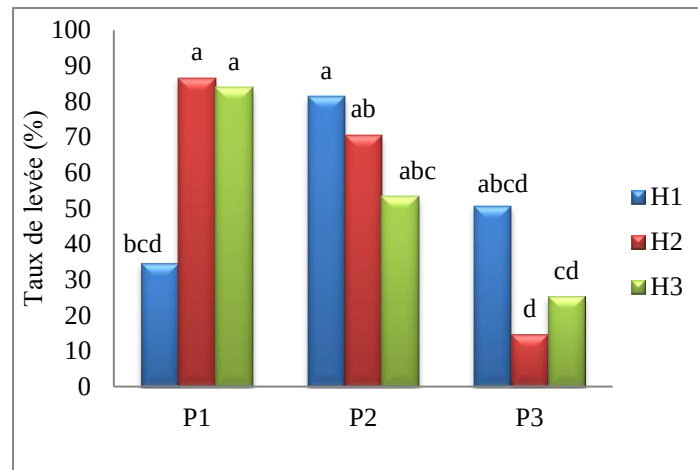


Figure 54: Effet de la profondeur et de l'irrigation sur le taux de levée des plantules d'*Amaranthus albus*

(H1 : Régime d'irrigation (1/2j), H2 : Régime d'irrigation (1/4j), H3 : Régime d'irrigation (1/6j), P1 : Profondeur (0 cm), P2 : Profondeur (2 cm), P3 : Profondeur (4 cm))

Les résultats obtenus montrent qu'*Amaranthus albus* possède une levée maximale supérieure à 80% pour la profondeur 0 cm et irrigué par les régimes H1 et H2 ; entre 70 et 50% à 2 cm de profondeur sous les trois régimes d'irrigation. Cependant, à 4 cm et sous les trois régimes d'irrigation, les taux sont de 20 et 50% de levée. Cette espèce a démontré une aptitude de levée très importante, face au changement des conditions expérimentales.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par **Thomas et al. (2006)** qui signalent que, la germination d'*Amaranthus viridis* s'est produite à toutes les profondeurs de plantation jusqu'à 6 cm, mais la profondeur optimale variait de 0,5 à 2 cm. Il en est de même avec *Amaranthus retroflexus* (**Ghorbani et al., 1999**) dont la profondeur d'enfouissement optimale était comprise entre 0,5 et 3 cm, sans aucune émergence des plantules à 5 cm. D'autres études ont démontré que plusieurs *Amaranthus* spp. ont un schéma d'émergence similaire en raison des réserves limitées en glucides de ces mauvaises herbes à petites semences (**Santelmanna et Evetts, 1971; Ghorbani et al., 1999; Thomas et al., 2006**).

3.2. *Dactyloctenium aegyptium*

La levée des plantules de *Dactyloctenium aegyptium* (**figure 55**) est influencée par la variation de la profondeur car l'analyse statistique montre un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$). Le taux de levée est de 72,66% pour la profondeur 0 cm, puis atteint 62% à 2 cm et 23,33% pour la profondeur 4 cm. L'effet de l'irrigation sur le pourcentage de levée est très hautement significatif ($P < 0,0001$), le taux de levée diminue sensiblement avec la prolongation de la période sèche. Les taux les plus élevés ont été obtenus sous le régime H1, 72,66 ; 62 et 23,33%, respectivement pour les profondeurs 0, 2 et 4 cm. L'analyse statistique montre que l'effet conjugué de la profondeur et de l'irrigation a un effet hautement significatif ($P = 0,0035$).

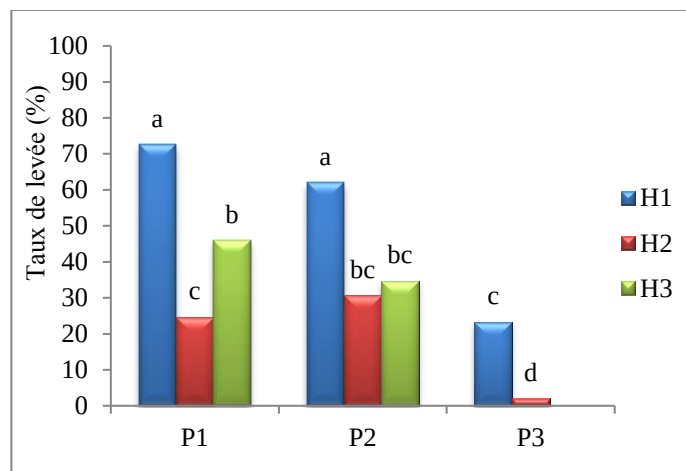


Figure 55: Effet de la profondeur et l'irrigation sur le taux de levée des plantules de

Dactyloctenium aegyptium

(H1 : Régime d'irrigation (1/2j), H2 : Régime d'irrigation (1/4j), H3 : Régime d'irrigation (1/6j), P1 : Profondeur (0 cm), P2 : Profondeur (2 cm), P3 : Profondeur (4 cm))

La levée des plantules de *Dactyloctenium aegyptium* diminue en fonction de l'augmentation de la profondeur et de la prolongation de la période sèche. Les meilleures levées ont été enregistrées chez les graines placées à la surface, variant entre 62 et 72% (irrigation 1/2 jour). La faible valeur a été de 2%, obtenue à 4 cm de profondeur et une irrigation de 1/4 jours ; aucune levée n'a été enregistrée pour la profondeur 4 cm et une irrigation de 1/6 jours.

Ce constat sur le comportement de cette espèce a été mentionné par **Burke et al. (2003)** qui rapportent que la levée des plantules de *Dactyloctenium aegyptium* a été enregistrée à l'horizon 1 cm avec un taux de 40% ; en surface, la levée était de 10%.

3.3. *Polypogon monspeliensis*

La levée des plantules chez *Polypogon monspeliensis* est fortement affectée par la profondeur et l'irrigation. Le pourcentage de levée diminue avec l'augmentation de la profondeur. Il enregistre 89,33% à 0 cm de profondeur puis diminue à 28,88% pour la profondeur 2 cm ; à 3 cm aucune plantule n'a levé. L'analyse statistique montre un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) de la profondeur sur la levée des plantules. Le régime d'irrigation appliqué montre une grande influence sur la levée, la prolongation de la période sèche diminue le pourcentage de levée pour cette espèce. Ainsi, l'analyse statistique montre un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) de l'irrigation sur le taux de levée. Une nette réduction du taux de levée pour les lots des graines semées en surface et irrigués avec les trois régimes. Pour la profondeur 0 cm, le taux de levée est de 89,33 ; 1,33 et 3,33%, respectivement pour les régimes H1, H2 et H3. En ce qui concerne la profondeur 2 cm, le taux de levée est de 28,66 ; 3,33 et 0% pour les régimes H1, H2 et H3. D'autant plus, l'analyse statistique montre un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) de l'interaction entre les deux facteurs (Profondeur/Irrigation).

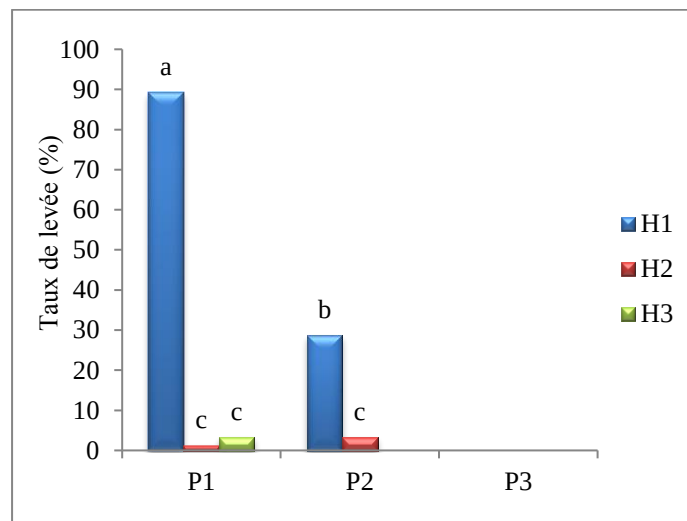


Figure 56: Effet de la profondeur et l'irrigation sur le taux de levée des plantules de *Polypogon monspeliensis*

(H1 : Régime d'irrigation (1/2j), H2 : Régime d'irrigation (1/4j), H3 : Régime d'irrigation (1/6j), P1 : Profondeur (0 cm), P2 : Profondeur (2 cm), P3 : Profondeur (4 cm))

Nos résultats montrent que le *Polypogon monspeliensis* est une espèce très sensible à l'effet de la profondeur, car la levée était limitée pour les profondeurs 0 et 2 cm, où le taux enregistré est d'environ 90% pour (P1, H1) et d'environ 30% pour (P2, H1). La levée est nulle pour les graines placées à 4 cm. **Wu et al. (2015)**, signalent qu'à la surface du sol, 57% des

graines de *Polypogon fugax* ont germé et ont émergé. Le pourcentage d'émergence atteint un maximum (93%) pour les graines placées à une profondeur de 0,5 cm et aucune plante n'a émergé à partir de graines enfouies à une profondeur de 4 cm. **Chauhan et Johnson (2008a)**, rapportent que, les levées les plus importantes pour *Digitaria ciliaris* (98%) et 34% pour *Digitaria longiflora* ont été observés pour les graines placées à la surface du sol.

Les plantules à la profondeur de 4 cm ne se développent pas, car les petites graines ne peuvent pas fournir assez de nutriments pour que les coléoptiles atteignent la surface du sol (**Baskin et Baskin, 1998**).

3.4. *Bromus rubens*

La levée des plantules de *Bromus rubens* peut avoir lieu pour les trois profondeurs testées. Le pourcentage de levée augmente avec l'augmentation de la profondeur. Sous le régime d'irrigation H1, les taux enregistrés sont de 52 ; 98,66 et 100%, respectivement pour les profondeurs 0, 2 et 4 cm. Sous le régime d'irrigation H2, les taux respectifs sont de 33,33 ; 89,33 et 100% pour les profondeurs 0, 2, et 4 cm. Tandis que sous les régimes H3, les taux enregistrés sont respectivement 28 ; 61,33 et 84% pour les profondeurs 0, 2 et 4 cm.

D'après l'analyse statistique, le régime d'irrigation affecte négativement la levée, l'effet est très hautement significatif ($P < 0,0001$).

Les résultats montrent que la prolongation de la période sèche diminue le taux de levée des plantules de *Bromus rubens* (**figure 57**). L'effet de l'interaction Profondeur/Irrigation sur la levée des plantules est hautement significatif ($P = 0,0064$).

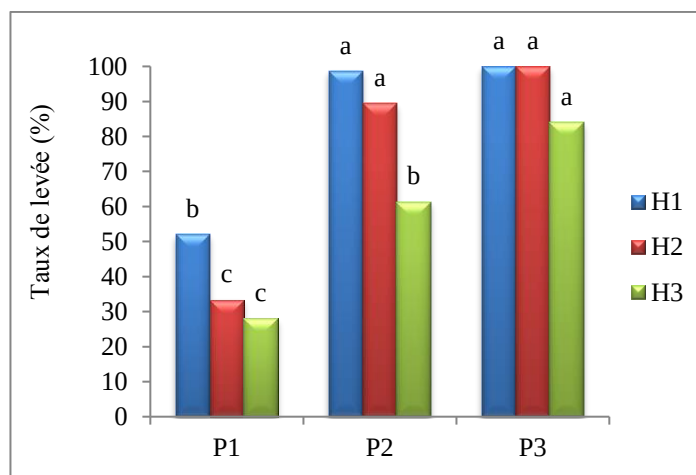


Figure 57: Effet de la profondeur et l'irrigation sur le taux de levée des plantules de *Bromus rubens*

(H1 : Régime d'irrigation (1/2j), H2 : Régime d'irrigation (1/4j), H3 : Régime d'irrigation (1/6j), P1 : Profondeur (0 cm), P2 : Profondeur (2 cm), P3 : Profondeur (4 cm)).

La levée de plantules de *Bromus rubens* est affectée par l'effet de la surface car les meilleurs taux de levée ont été enregistrés pour les graines enfouies à 2 et 4 cm, le taux de levée atteint d'environ 100% pour les trois régimes d'irrigation. Or, **Li et al. (2015)**, indiquent pour une autre espèce (*Bromus japonicus*) du genre *Bromus*, que l'émergence est inversement proportionnelle à la profondeur. La plus forte émergence des plantules (98%) a été observée lorsque les semences ont été semées à la surface du sol et que 7% seulement ont germé lorsque les graines ont été semées à une profondeur de 5 cm et aucune émergence ne s'est produite lorsque les graines ont été semées à 6 cm.

3.5. *Polygonum aviculare*

D'après les résultats obtenus, les levées pour *Polygonum aviculare* sont plus importantes pour les profondeurs 0 et 2 cm. L'augmentation de la profondeur provoque une diminution des pourcentages de levée. L'effet de la profondeur est très hautement significatif ($P < 0,0001$), pour le lot irrigué par le régime H1; le taux de levée passe de 86,66 à 62,66% puis à 4%, respectivement pour les profondeurs 0, 2 et 4 cm. Par ailleurs, le régime d'irrigation a induit une diminution du taux de levée. L'analyse statistique montre que le régime d'irrigation appliqué a un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) sur le nombre de plantules levées.

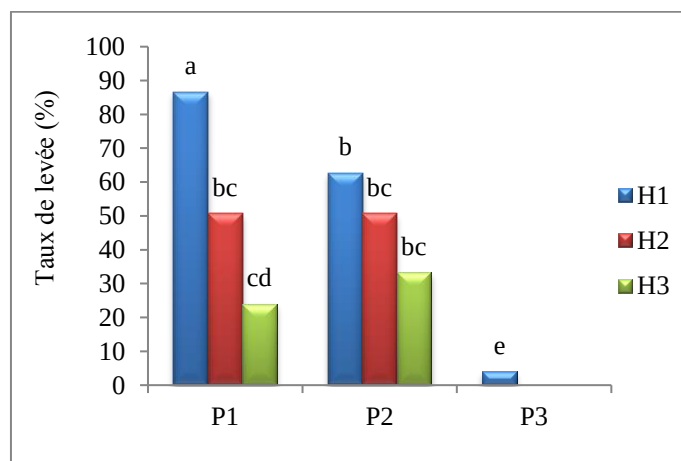


Figure 58: Effet de la profondeur et l'irrigation sur le taux de levée des plantules de *Polygonum aviculare*

(H1 : Régime d'irrigation (1/2j), H2 : Régime d'irrigation (1/4j), H3 : Régime d'irrigation (1/6j), P1 : Profondeur (0 cm), P2 : Profondeur (2 cm), P3 : Profondeur (4 cm)).

D'après les résultats obtenus (**figure 58**) il en ressort que la prolongation de la période sèche provoque la diminution du taux de levée qui passe de 86,66 à 50,66%, puis à 24%, respectivement pour le régime H1, H2 et H3 des graines semées en surface. De même, la diminution du pourcentage de levée a été observée pour le lot des graines enfouies à 2 cm dont les taux enregistrés sont de 62,55; 50,66 et 33,33%, respectivement pour les régimes H1, H2 et H3. L'interaction entre les deux facteurs présente un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) sur la levée des plantules de *Polygonum aviculare*.

La levée des plantules de *Polygonum aviculare* est inversement proportionnelle à l'augmentation de la profondeur. Par ailleurs, le stress hydrique a provoqué une diminution du taux de levée pour la même profondeur. Les meilleurs taux ont été enregistrés pour les graines placées à la surface du sol, compris entre 24% pour les graines irriguées une fois tous les six jours et 86% pour celles irriguées 1/2 jours. Le taux de levée pour les graines semées à 2 cm, ne dépasse pas 60% pour les graines irriguées 1/2 jours et de 33% pour celles sous le régime 1/6 jours d'irrigation. La profondeur 4 cm constitue la barrière de la levée de cette espèce car le taux ne dépasse pas 4% pour les graines irriguées 1/2 jours. Pour les autres régimes, aucune levée n'a été décelée.

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Singh et Punia (2008)**, qui précisent que l'émergence de *Rumex dentatus* (Polygonaceae) était similaire de 0 à 1 cm de profondeur (61 à 70%), mais a diminué de manière significative à une profondeur de 2 cm.

D'après nos résultats, il a été constaté que le pourcentage de levée diminue en fonction de l'augmentation de la profondeur. Les levées sont d'autant plus faibles que les semences sont placées en profondeur. A 4 cm, chez les espèces : *Amaranthus hybridus*, *Polygonum aviculare* et *Polypogon monspeliensis*, la levée est fortement diminuée, voire nulle car l'horizon 3 (4 cm) n'a permis à aucune espèce de lever. Tandis que, *Dactyloctenium aegyptium* présente une certaine tolérance à la profondeur car ils enregistrent environ 20% de levée en présence d'humidité constante (H1 et H2).

40% des plantules d'*Amaranthus albus* et de *Dactyloctenium aegyptium* avaient émergé à la profondeur 2 cm. Les plantules de *Polypogon monspeliensis* et de *Polygonum aviculare* sont incapables de lever à partir de la profondeur 4 cm ; alors qu'*Amaranthus albus* l'est, à partir de la profondeur 4 cm avec des taux qui varient entre 15 et 50% en fonction du régime hydrique appliqué. La plus grande aptitude de maintenir la levée en fonction de l'augmentation de la profondeur a été démontrée par *Bromus rubens* qui enregistre un taux de levée d'environ 100%, sous la profondeur 4 cm et sous tous les régimes d'irrigation.

Nos résultats portant sur la diminution de la levée avec l'augmentation de la profondeur sont également rapportés par **Lu et al. (2006)**, **Nandula et al. (2006)**, **Chauhan et Johnson (2008b)**, **Rao et al. (2008)**, **Önen et al. (2018)**.

La capacité des plantules de *Bromus rubens* à lever à partir de la profondeur 4 cm avec un taux de 100% s'explique selon **Baskin et Baskin (1998)** que, les plus grosses graines avec des réserves de glucides plus importantes ont une capacité accrue de sortir des profondeurs d'enfouissement plus grand. À l'inverse, les espèces de petites graines telles que *Amaranthus albus*, *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Polygonum aviculare*, pourraient avoir des réserves d'énergie insuffisantes pour supporter l'élongation de l'hypocotyle, à partir de plus grandes profondeurs, limitant ainsi la profondeur à partir de laquelle ces plantules peuvent émerger (**Baskin et Baskin, 1998**). De plus, **Froud-Williams et al. (1984)** ont montré que les espèces à petites graines risquaient moins d'émerger lorsqu'elles étaient profondément enfouies, car les petites graines consomment proportionnellement plus de matière sèche pendant la germination que les grosses graines.

Les pourcentages de levées sont généralement les plus élevées dans les pots maintenus à humidité constante. Les alternances sec/humide ont fortement réduit les levées totales en surface et ont peu affecté celles des horizons 2 cm et 4 cm. Les croûtes observées dans les pots avec des alternances sec/humide ont probablement gêné les levées puisque toutes les plantules sont apparues par les fissures.

L'humidité du sol affecte également le développement de jeunes plants de mauvaises herbes. L'impact de l'humidité du sol sur la germination et la levée est très variable selon les espèces de mauvaises herbes et les conditions d'humidité varient d'un champ à l'autre. Les taux de levée ont tendance à diminuer lorsque les graines ne sont pas enterrées (**Cordeau et al., 2015**). Ceci est probablement dû au fait que les graines ont moins de chance de contenir suffisamment d'humidité pour la germination en raison d'un mauvais contact graines-sol.

Dans cette expérience, le stress hydrique est induit par une humidification une fois tous les 4 ou 6 jours plutôt que par jour. Notre étude montre que certaines espèces sont plus résistantes au stress hydrique que d'autres. Il semble que *Amaranthus albus* et *Bromus rubens* sont des espèces résistantes au stress hydrique, *Dactyloctenium aegyptium* est peu sensible au déficit hydrique, alors que *Polypogon monspeliensis* et *Polygonum aviculare* sont des espèces très sensibles au déficit hydrique.

Nos résultats de l'effet du stress hydrique sur la levée sont en conformité avec ceux obtenus par **Cordeau et al. (2018)**, qui précisent que la réduction du niveau d'émergence des graines non enterrées était variable selon les espèces.

L'explication la plus simple des différences de réponse des graines à la disponibilité de l'eau pourrait être expliquée par leur morphologie (**Cordeau et al., 2018**). La taille de la graine est un facteur très important qui entre en jeu pour l'hydratation et la capacité de rétention de l'eau par la graine.

L'ensemble des espèces étudiées sont caractérisées par une petite taille de leurs graines, sauf, celles de *Bromus rubens* qui sont relativement plus grandes que les autres espèces. **McWilliam et al. (1970)** indiquent que, les petites graines ou les graines plates comme celles de *Capsella bursa-pastoris* et *Poa annua*, ou celles à poils ou ailes, comme *Alopecurus myosuroides* et *Vulpia myuros*, pourraient mieux absorber l'eau par temps sec. Les graines molles absorbent plus facilement l'eau comme le cas chez *Alopecurus myosuroides* et *Vulpia myuros*.

4. Etude de la conservation de la viabilité des graines après enfouissement

« Persistance du stock semencier du sol ».

La persistance des semences est un des facteurs particulièrement important pour le maintien des populations au cours du temps (Rees *et al.*, 2002).

Le stock grainier du sol varie considérablement en fonction de la proximité des semences à la surface, de leur persistance et de leur état physiologique. Des graines vivantes ont été trouvées dans le sol pendant différentes durées (Duvel, 1902; Priestley, 1986; Roberts, 1986; Poschlod *et al.*, 1998), à différentes saisons (Roberts, 1986; Poschlod et Jackel, 1993; Milberg et Andersson, 1997), à différentes profondeurs (Duvel, 1902; Grundy *et al.*, 2003; Benvenuti, 2007), en quantités différentes (Thompson et Grime, 1979; Thompson *et al.*, 1997) et dans différents états de dormance ou en germination (Baskin et Baskin, 1998; Walck *et al.*, 2005; Finch-Savage et Leubner-Metzger, 2006).

4.1. Effet de l'enfouissement sur la viabilité des graines des espèces étudiées

La dynamique de la persistance des graines dans le stock semencier des graines de 06 espèces de mauvaises herbes a été étudiée, à travers l'effet de leur enfouissement sur la préservation de leur viabilité, en fonction du temps.

L'analyse de la variance (tableau 33) a montré une différence très hautement significative entre les espèces étudiées, vis-à-vis de l'enfouissement ($P < 0,0001$). Néanmoins, il existe un effet très hautement significatif de la saison et de la durée de l'enfouissement ($P < 0,0001$).

Tableau 33: Effet des facteurs (saison, durée) et de leur interaction sur la viabilité des graines.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Espèce	5	849574,9683	169914,9937	5316,4014	<0,0001
Saison	3	33686,3774	11228,7825	351,3328	<0,0001
Durée (mois)	11	104918,3988	9538,0363	298,4318	<0,0001
Espèce*Saison	15	228792,5496	15252,8366	477,2398	<0,0001
Espèce*Durée (mois)	15	49375,3085	897,7329	28,0888	<0,0001
Saison*Durée (mois)	33	38929,7429	1179,6892	36,9108	<0,0001
Espèce*Saison*Durée	165	100646,9992	609,9818	19,0855	<0,0001

L'analyse statistique relative à l'effet de l'interaction des facteurs étudiés (**tableau 33**) a montré un effet très hautement significatif sur la viabilité des graines pour les interactions : Espèce*Saison, Espèce*Durée, Saison*Durée et Espèce*Saison*Durée.

4.1.1. *Amaranthus albus*

Les résultats de la variation de la viabilité des graines d'*Amaranthus albus* enfouies pendant 24 mois, en fonction de la saison sont illustrés sur la **figure 59**.

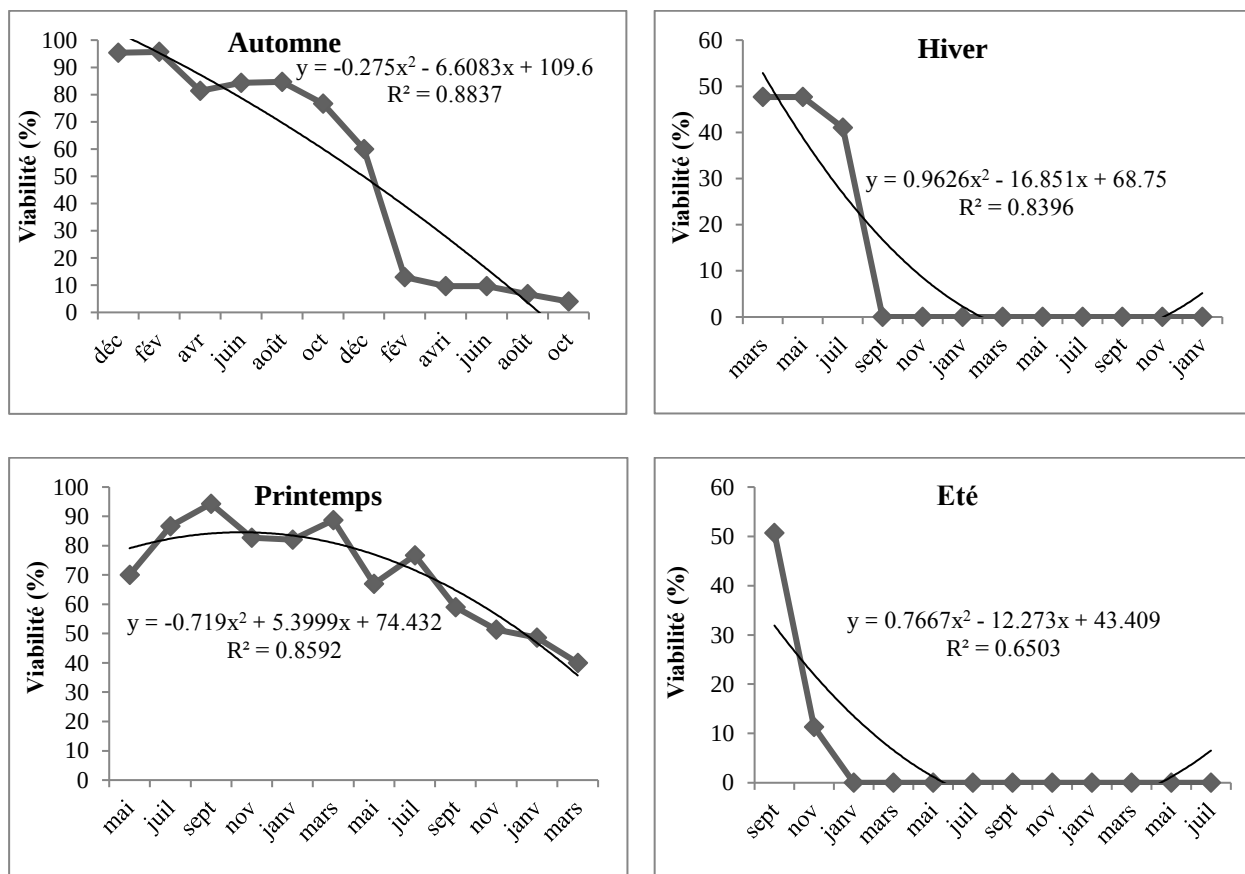


Figure 59: Variation de la viabilité de graines d'*Amaranthus albus* selon les saisons d'enfouissement.

L'évolution de la viabilité des graines enfouies n'est pas constante au cours du temps. Durant les douze premiers mois d'enfouissement, la proportion de graines viables, déterrées tous les deux mois est variable selon la saison d'enfouissement. Elle demeure proche de sa valeur initiale pour les graines enfouies en automne et au printemps ; tandis que les graines enfouies en hiver et en été, semblent perdre leur viabilité durant les six premiers mois d'enfouissement.

Une décroissance plus importante de la viabilité des semences est observée la seconde année pour les graines enfouies en automne, alors que le taux de décroissance de la viabilité

durant la deuxième année pour les graines enfouies au printemps est relativement faible par rapport à la première année d'enfouissement (**figure 59**).

Une baisse très rapide de la capacité de survie des graines d'*Amaranthus albus* a été constatée pour l'enfouissement en hiver et en été ; une perte totale de la viabilité a été enregistrée après 06 mois d'enfouissement. Tandis que, l'enfouissement en automne et au printemps, permet une conservation plus au moins importante, le pourcentage de la viabilité pour les graines enfouies en automne est de 80% après une année d'enfouissement et de 20% après deux ans d'enfouissement. Une meilleure préservation de la viabilité des graines a été constatée pour l'enfouissement au printemps, le taux de viabilité était de l'ordre de 90% après 12 mois et arrivait à 40% après 24 mois d'enfouissement.

Les résultats de l'analyse de la variance de la viabilité des graines d'*Amaranthus albus* montrent que, quelle que soit la saison et la durée d'enfouissement, l'effet est très hautement significatif ($P < 0,0001$). Par ailleurs, l'interaction saison*durée, présente un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) sur la viabilité des graines.

Nos résultats concordent avec ceux de **Davis et al. (2016)** sur d'autres espèces de mauvaises herbes de la famille des Amaranthaceae, précisant que 62% des graines d'*Amaranthus tuberculatus* et de *Chenopodium album* ont été viables après une année d'enfouissement ; tandis que, après deux ans d'enfouissement la viabilité a chuté à 50% chez *Chenopodium album* contre 37% chez *Amaranthus tuberculatus*. **Gardarin (2008)**, a trouvé que le taux de mortalité d'*Amaranthus hybridus* durant la première année est faible, voire proche de zéro. Une faible décroissance de la viabilité des semences est observée la seconde année d'environ 17%.

4.1.2. *Polypogon monspeliensis*

Les résultats de l'effet de l'enfouissement sur le pourcentage de viabilité des graines de *Polygonum monspeliensis* sont illustrés dans **la figure 60**.

Il apparaît d'après les résultats obtenus, que pour l'ensemble des saisons, la faculté germinative des graines enfouies, diminue avec la durée d'enfouissement dans le sol. L'essai effectué en automne, assure une conservation plus ou moins longue de la viabilité des graines.

Une réduction plus rapide du stock en graines viables a été signalée pour celles enterrées en été et en printemps; tandis que la perte de la viabilité est progressive pour les graines enfouies en automne et en hiver.

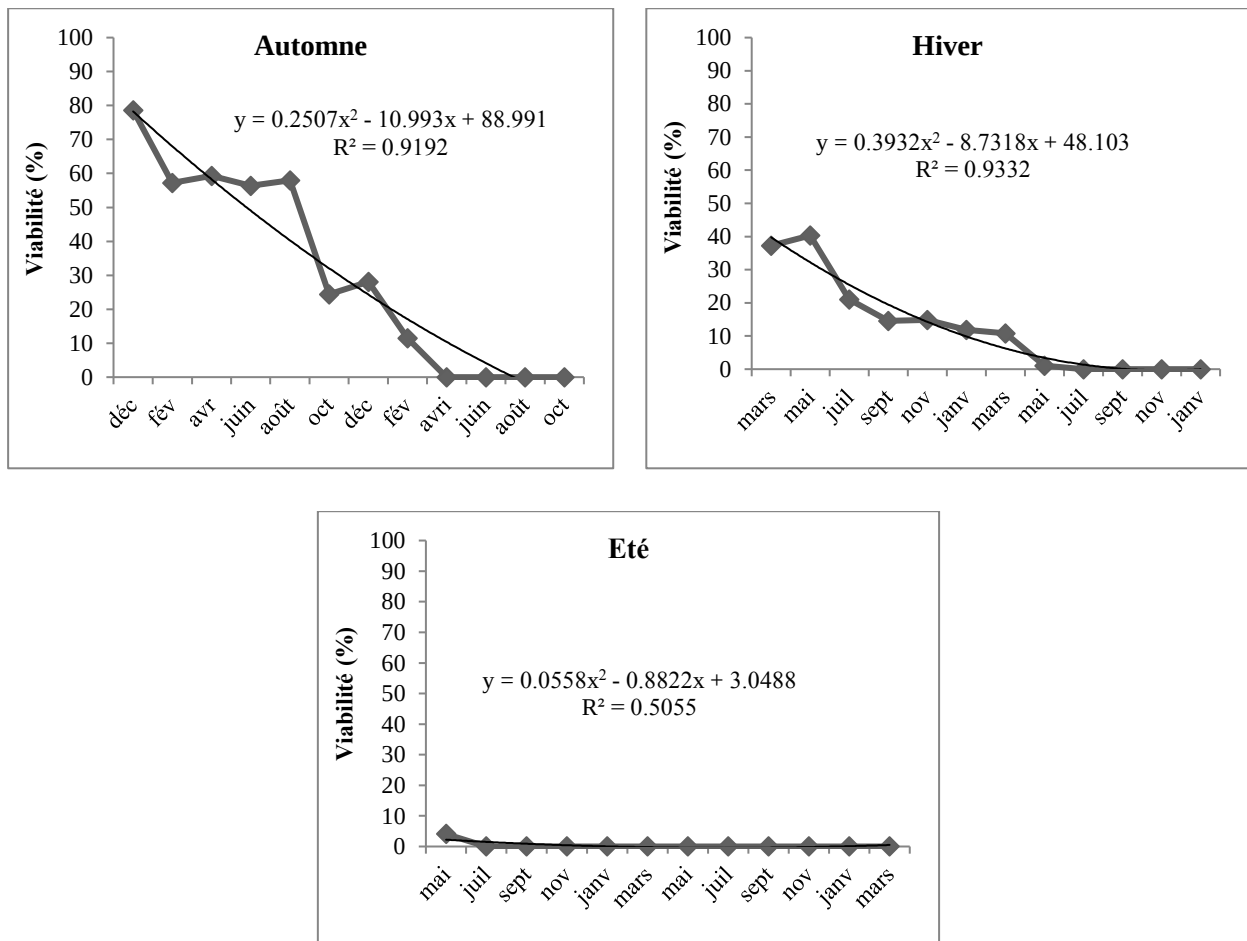


Figure 60: Variation de la viabilité de graines de *Polypogon monspeliensis* selon les saisons d'enfouissement.

Le pourcentage de viabilité durant les douze premiers mois d'enfouissement passe de 78,59% à 24,39% pour les graines enfouies en automne, alors que, pour les graines enfouies en hiver, le pourcentage de viabilité passe de 37,26% à 11,85%. Durant la deuxième année la viabilité des graines diminue rapidement jusqu'à sa perte totale après 18 mois d'enfouissement pour les graines enfouies en automne et après 16 mois pour l'enfouissement en hiver.

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'il existe un effet très hautement significatif de la saison et de la durée d'enfouissement ($P < 0,0001$), ainsi que l'interaction Saison*Durée, qui présente un effet très hautement significatif sur la viabilité des graines enfouies.

4.1.3. *Dactyloctenium aegyptium*

La variation des pourcentages de la viabilité des graines de *Dactyloctenium aegyptium* en fonction de la saison et de la durée d'enfouissement est présentée sur **la figure 61**.

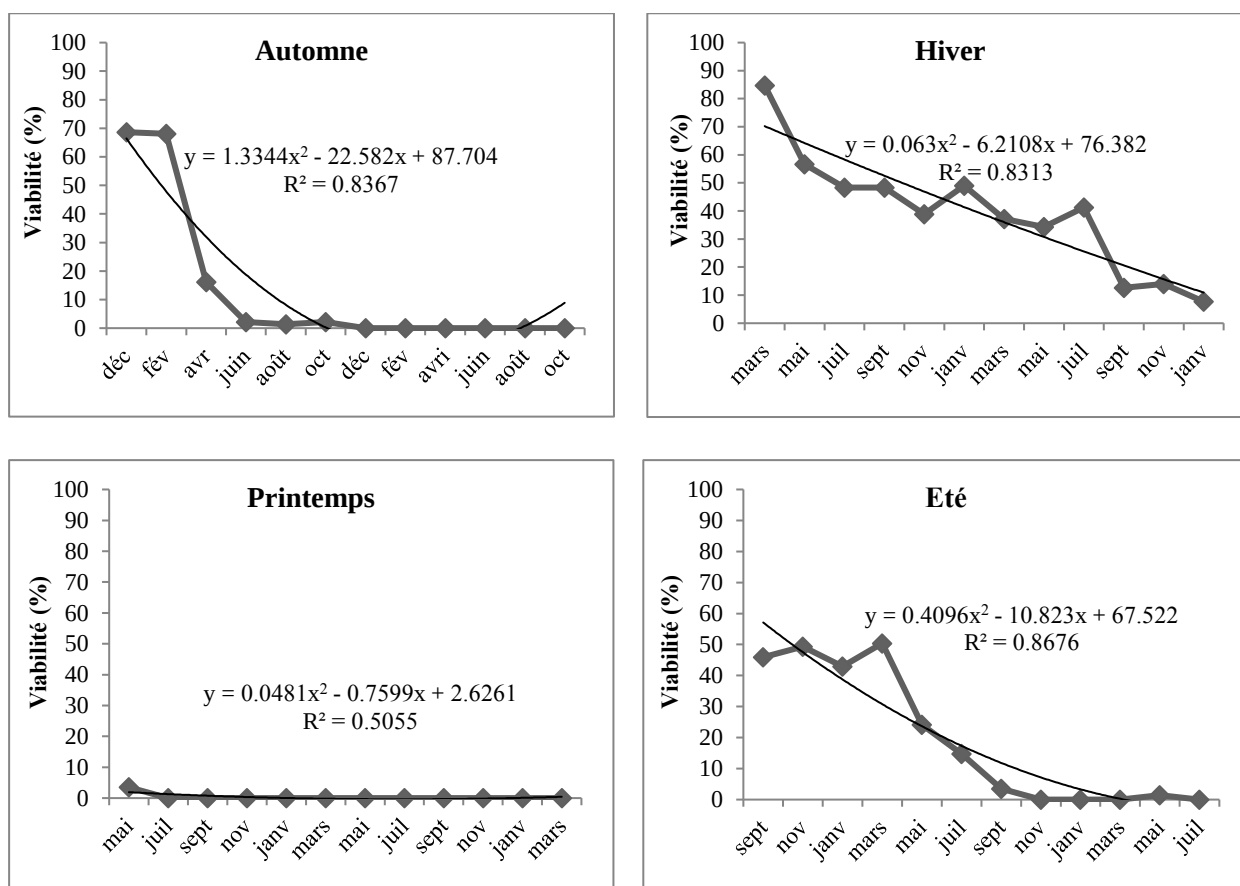


Figure 61: Variation de la viabilité de graines de *Dactyloctenium aegyptium* selon les saisons d'enfouissement.

Les résultats obtenus montrent que la viabilité des graines de *Dactyloctenium aegyptium* n'est pas stable. L'enfouissement des graines au printemps, permet une perte rapide de la capacité germinative des graines, immédiatement après l'enfouissement car le pourcentage de viabilité enregistré après deux mois d'enfouissement est de 3,50% (**figure 61**).

Durant les douze premiers mois d'enfouissement, la viabilité des graines diminue en fonction de l'augmentation de la durée d'enfouissement pour les trois saisons, à savoir l'automne, l'hiver et l'été.

La viabilité des graines enfouies en automne décroît rapidement où le pourcentage passe de 68,62% après deux mois d'enfouissement, à 2,1% après 12 mois. La diminution de la viabilité pour les graines enfouies en hiver est plus au moins lente car le pourcentage de la viabilité passe de 84,73% après deux mois d'enfouissement à 49,1% au 12^{ème} mois. La viabilité passe de 45,86% après deux d'enfouissement à 14,70% au 12^{ème} mois pour les graines enterrées en été. Durant la deuxième année, la viabilité diminue davantage, en ce qui concerne les graines enfouies en été, qui perdent leur viabilité au 18^{ème} mois d'enfouissement. En revanche, les graines

enfouies en hiver arrivent à maintenir leur viabilité jusqu'au 24^{ème} mois avec un pourcentage de viabilité de 7,70%.

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$), de la saison et de la durée d'enfouissement et de l'interaction Saison*Durée sur la viabilité des graines enfouies de *Dactyloctenium aegyptium*.

D'autre part la persistance des graines de *Polypogon monspeliensis* était très faible car l'enfouissement des graines en hiver, été et en printemps provoque une dégradation rapide des graines, après deux mois d'enfouissement, pour le lot de l'hiver la viabilité enregistrée était de l'ordre de 37,26%, cette dernière a connu une décroissance lente jusqu'à la perte totale de la viabilité après 15 mois d'enfouissement. En parallèle, l'enfouissement en automne préserve la viabilité des graines, enregistrant 78,59% après deux mois d'enfouissement, la diminution de la viabilité était plus au moins lente jusqu'à la dégradation totale des graines au cours de 20^{ème} mois d'enfouissement. Une forte diminution de la viabilité des graines de *Dactyloctenium aegyptium* a été enregistrée pour les graines enfouies au printemps (3,5% des graines viables après 02 mois d'enfouissement). Les graines enfouies en hiver, automne et en été enregistrent respectivement 87,73; 68,62 et 45,86% de viabilité, cette dernière a subi une dégradation complète après 12 mois pour l'enfouissement en automne et après 15 mois d'enfouissement en été, alors que, l'enfouissement en hiver conserve la viabilité des graines à 7,70%.

L'épuisement de la viabilité de ces deux espèces de la famille des Poaceae est soutenu par les résultats de **Davis et al. (2016)**, où ils ont enregistré une dégradation rapide des graines après une année d'enfouissement, soit 51% pour *Setaria faberi* et 75% chez *Setaria pumila*, alors qu'après deux ans d'enfouissement, la viabilité enregistrée était de 25% pour la première espèce contre 10% pour la seconde.

4.1.4. *Bromus rubens*

Les pourcentages de la viabilité des graines de *Bromus rubens* en rapport avec la saison et la durée d'enfouissement sont mentionnés sur **la figure 62**.

L'enfouissement a provoqué rapidement une perte de la viabilité des graines enfouies en hiver et au printemps dès les deux premiers mois d'enfouissement.

Pour les graines enterrées en automne, la viabilité enregistrée après deux mois d'enfouissement est de 17,33%, puis elle passe à 10,66% au 4^{ème} mois d'enfouissement. Alors que, l'enfouissement en été, permet la conservation de la viabilité qui est de 87,33% au 2^{ème} mois d'enfouissement ; puis elle passe à 68% après 4 mois d'enfouissement. La perte totale de la viabilité a été signalée au 6^{ème} mois d'enfouissement pour les deux saisons automne et été.

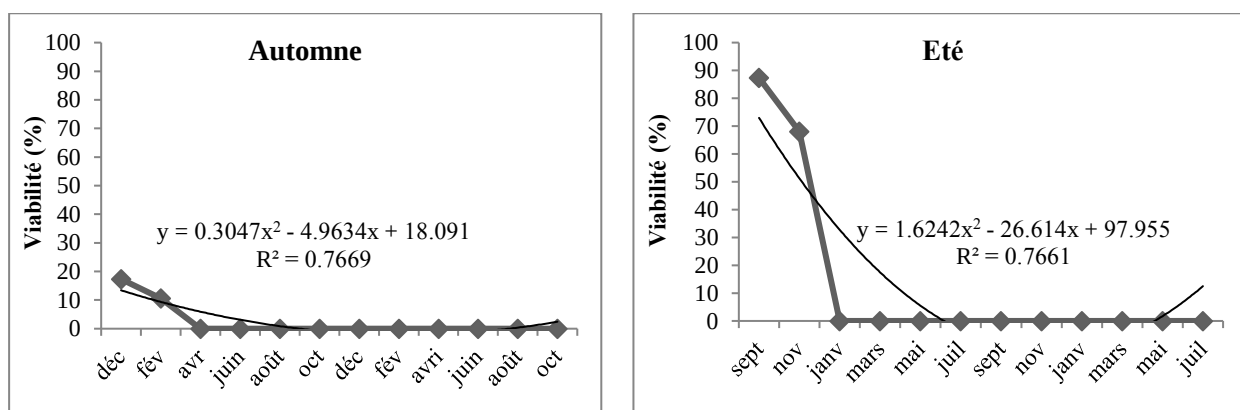


Figure 62: Variation de la viabilité de graines de *Bromus rubens* selon les saisons d'enfouissement.

L'analyse de la variance confirme l'action négative de l'enfouissement sur la viabilité par un effet très hautement ($P < 0,0001$) de l'effet de la saison, la durée et l'interaction entre ces deux facteurs.

Les graines de *Bromus rubens* présentent une sensibilité élevée vis-à-vis de l'enfouissement. Il a été constaté un épuisement rapide de graines enfouies après deux mois d'enfouissement pour les quatre saisons. Sachant que cette espèce est connue par une dormance physiologique, un enterrement pendant deux mois en été permet la levée de cette dormance enregistrant une germination de 87,33% contre une germination 17,33% pour les graines enfouies en automne. Cette dégradation rapide des graines de *Bromus rubens* a été signalée par **Jurand et al., (2013)** qui indiquent que la viabilité des semences de cette espèce enfouie au désert des Mojaves (USA) a été réduite avec l'augmentation de la profondeur et la durée d'enfouissement. Une proportion relativement faible de semences a conservé sa viabilité (6 mois d'enfouissement 13% et 24 mois 3% des graines viables) pendant deux ans, sa durée de vie est relativement courte.

Bien que *Bromus rubens* se caractérise par une dormance primaire, mais, n'a pas pu conserver sa viabilité longtemps dans le sol, c'est le cas de nombreuses espèces à dormance primaire. **Conn et Farris (1987)** précisent qu'aucune relation significative n'existe entre la dormance initiale et la longévité des graines enfouies.

4.1.5. *Melilotus indica*

Les résultats de la viabilité des graines de *Melilotus indica* en fonction de la saison et la durée d'enfouissement sont présentés sur la **figure 63**.

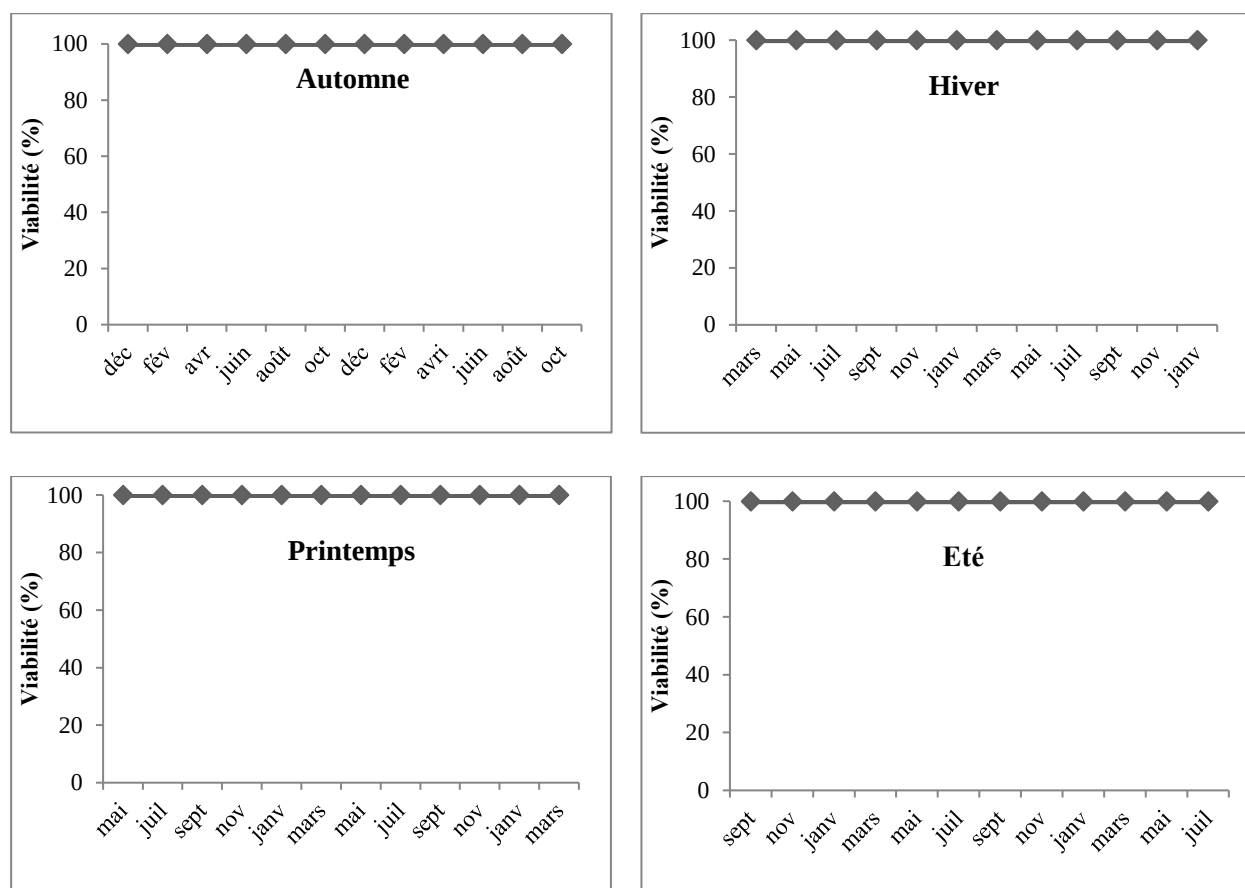


Figure 63: Variation de la viabilité de graines de *Melilotus indica* selon les saisons d'enfouissement.

L'enfouissement n'a pas affecté la viabilité des graines de *Melilotus indica* car les graines ont pu la conserver pendant les deux années d'enfouissement. Ainsi, la viabilité après enfouissement est équivalente à la viabilité initiale des graines de cette espèce. Il est à signaler que, les graines déterrées étaient dormantes et la levée de la dormance a été effectuée par l'acide sulfurique (protocole décrit au niveau de la partie « dormance des graines »). Donc, l'enfouissement n'a pas levé la dormance chez cette espèce.

L'analyse statistique montre un effet non significatif ($p=0,4885$) de l'enfouissement sur la viabilité des graines de *Melilotus indica*.

4.1.6. *Polygonum aviculare*

Les pourcentages de viabilité des graines de *Polygonum aviculare*, obtenus après enfouissement sont représentés dans la **figure 64**.

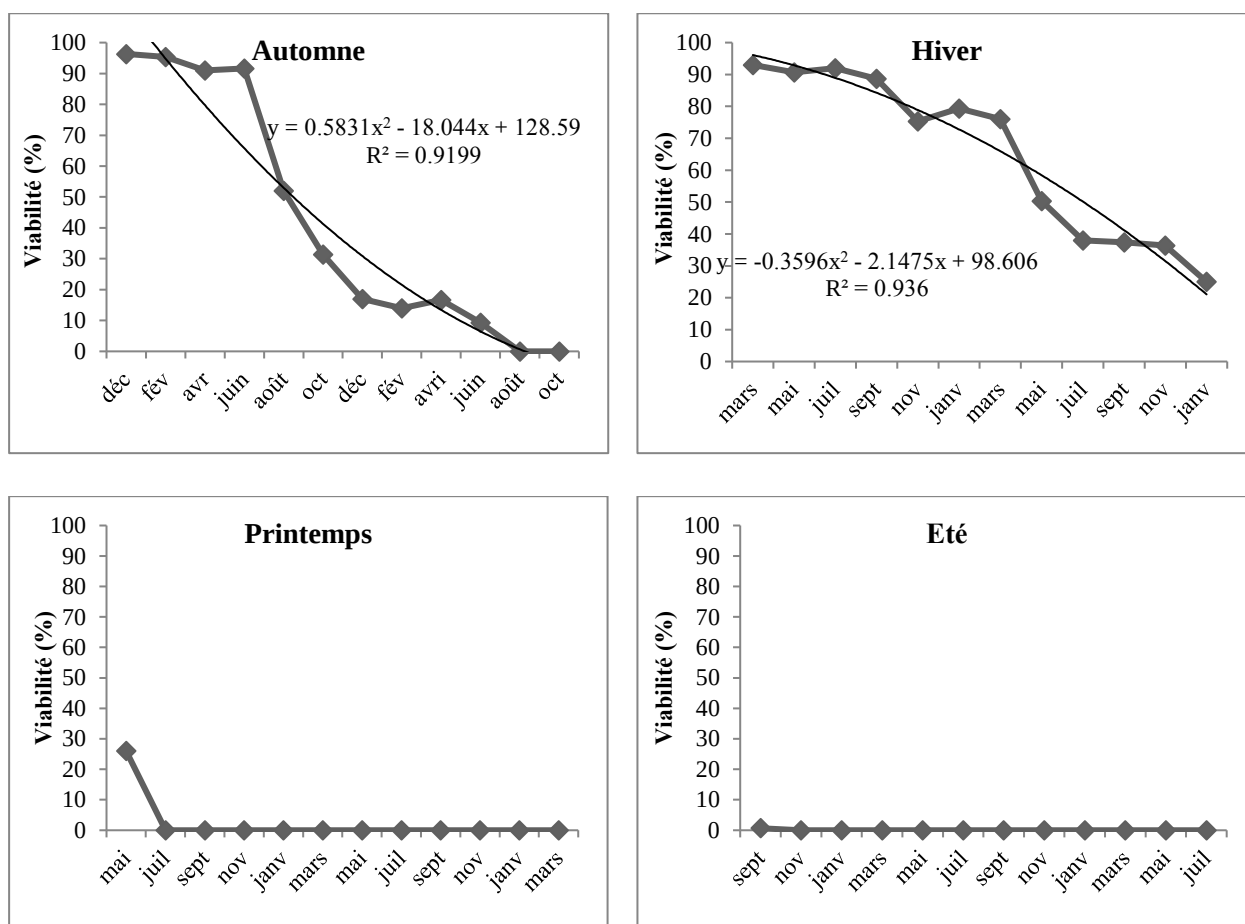


Figure 64: Variation de la viabilité de graines de *Polygonum aviculare* selon les saisons d'enfouissement.

La viabilité varie en fonction de la saison d'enfouissement. Pour les deux saisons, printemps et été, une perte totale de la viabilité des graines a été constatée ; tandis que, l'enfouissement en automne et en hiver la préserve.

Durant les douze premiers mois d'enfouissement, les graines enfouies en automne enregistrent une régression notable de la proportion des graines viables, qui atteint 31,33%. Cette diminution se poursuit jusqu'à la perte de la capacité de survie totale des graines, après 20 mois d'enfouissement.

L'enfouissement des graines en hiver permet de maintenir la viabilité à un niveau important, surtout durant la première année d'enfouissement. Le taux de viabilité passe de 93% après deux mois d'enfouissement à 79,33% après douze mois. Le taux de la perte de la viabilité augmente avec l'augmentation de la durée d'enfouissement.

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) de la saison et de la durée d'enfouissement. L'effet de l'interaction Saison*Durée sur la viabilité des graines est très hautement significatif ($P < 0,0001$).

Concernant *Polygonum aviculare*, la viabilité de ses graines a été diminuée rapidement pour l'enfouissement au printemps et en été. La viabilité a été bien conservée pour les graines enfouies en automne et en hiver, le taux enregistré après deux mois était d'environ 95%. Par la suite, une diminution plus au moins lente a été relevée, en fonction de l'augmentation de la période d'enfouissement jusqu'au l'épuisement total après 20 mois d'enfouissement pour le lot d'automne. L'enfouissement en hiver permet la conservation de la viabilité des graines avec un taux de 25% après 24 mois. Toutefois, **Gardarin (2008)**, signale qu'après 48 mois d'enfouissement, la viabilité des graines de *Polygonum aviculare* était de l'ordre de 76%. Cette différence pourrait s'expliquer par les conditions édaphiques de la région d'étude, car la température du sol pourrait influencer sur la longévité des semences (**Schafer et Chilcote, 1970; McGraw et al., 1991**). En effet, **Conn et al. (2006)**, trouvent qu'après 19 ans d'enfouissement en Alaska, 0,8% des graines de *Polygonum aviculare* demeurent viables.

La longévité de la banque de graines est très variable selon les espèces, mais beaucoup de graines de mauvaises herbes sont connues pour avoir une capacité de survie considérable et certaines peuvent rester viables durant 50 ans dans le sol (**Barralis et al., 1988**).

4.2. Estimation du taux annuel de décroissance des espèces étudiées

La variation du taux annuel de décroissance (T.A.D) en fonction de la saison d'enfouissement pour les 6 espèces de mauvaises herbes étudiées est représentée dans la figure 65.

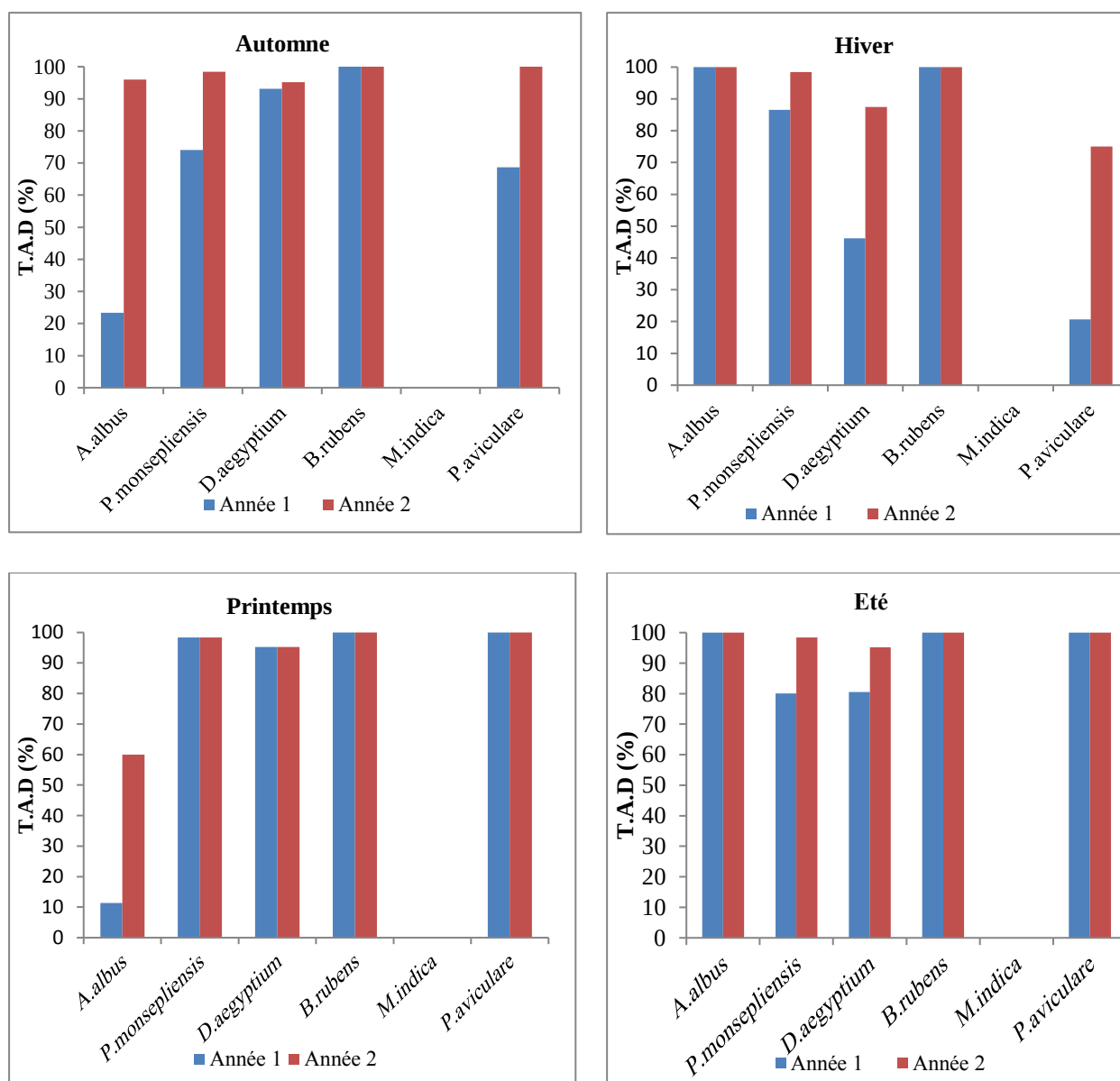


Figure 65: Variation du taux annuel de décroissance des graines des espèces étudiées en fonction de la saison d'enfouissement.

Le taux annuel de décroissance estimé pour les espèces étudiées varie en fonction de la saison d'enfouissement (figure 65). D'après les résultats obtenus, il ressort que les graines de *Melilotus indica* présentent un taux de décroissement le plus faible par rapport aux autres espèces, qui est de 0%.

En automne, les espèces les plus sensibles à l'enfouissement sont : *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Bromus rubens* ; ces espèces perdent leur viabilité dès la première année d'enfouissement. Tandis qu'*Amaranthus albus*, et *Polygonum aviculare*, peuvent la conserver, le taux de décroissement est de 23,33 et 68,66% respectivement.

Quant à l'enfouissement en hiver (**figure 65**) il ressort que, les espèces qui présentent un taux de décroissance élevé dès la première année d'enfouissement sont : *Amaranthus albus*, *Bromus rubens*, et *Polypogon monspeliensis*. Ces espèces présentent un taux de décroissance très élevé (supérieur à 85%) durant la première année d'enterrement. Alors que, chez *Polygonum aviculare* et *Dactyloctenium aegyptium*, le taux de décroissance est plus ou moins faible par rapport aux autres espèces, qui est respectivement de 20,66 et 46,18%, montrant une meilleure aptitude à la survie des graine durant la première année d'enfouissement. La deuxième année d'enfouissement se caractérise par la perte totale de la viabilité pour l'ensemble des espèces étudiées sauf chez *Melilotus indica*.

Le taux annuel de décroissance (**figure 65**) des graines enfouies en printemps est généralement plus important durant la première année pour *Polypogon monspeliensis*, *Bromus rubens*, *Polygonum aviculare* et *Dactyloctenium aegyptium*. Il est de 100%, ce qui exprime une dégradation rapide des graines de ces espèces après une année d'enfouissement. D'après les résultats (**figure 65**), il apparaît qu'*Amaranthus albus* est une espèce moyennement sensible à l'enfouissement au printemps, le taux de décroissance est de 11,33% après une année d'enterrement et de 60% au bout de deux ans.

Lutman et al., (2002) ont signalé une décroissance de 22,8% pour *Polygonum aviculare*, tandis que, nos résultats montrent que cette espèce enregistre une décroissance de 75% (2 ans d'enfouissement).

L'enfouissement des graines en été a provoqué une perte rapide de la viabilité des graines dont le taux de décroissance est plus important après une année d'enfouissement. Pour l'ensemble des espèces, le taux de décroissance a dépassé 80%. Il faut toutefois noter que seules les graines de *Melilotus indica* présentent un taux de décroissance d'environ 0%, ce qui indique une meilleure aptitude à la survie des graines en fonction de l'âge.

L'analyse de la variance de l'effet de la saison et de la durée d'enfouissement ainsi que la différence entre les espèces, et l'interaction Espèce*Saison, Espèce*Durée et Saison*Durée est présentée dans **le tableau 34**.

Tableau 34: Effet des facteurs étudiés (saison, durée) et de leur interaction sur le T.A.D des espèces étudiées.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Espèce	5	160286,4295	32057,2859	603,8426	< 0,0001
Saison	3	3201,4876	1067,1625	20,1015	< 0,0001
Durée	1	4888,1962	4888,1962	92,0758	< 0,0001
Espèce*Saison	15	40437,3843	2695,8256	50,7795	< 0,0001
Espèce*Durée	5	2726,8297	545,3659	10,2727	< 0,0001
Saison*Durée	3	2549,1860	849,7287	16,0058	< 0,0001
Espèce*Saison*Durée	15	8266,6722	551,1115	10,3809	< 0,0001

Les résultats des expérimentations indiquent la présence de variations très hautement significatives entre les espèces étudiées ($P < 0,0001$). De même, l'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif de la saison et de la durée d'enfouissement sur le T.A.D. Les interactions entre les facteurs étudiés présentent un effet très hautement significatif sur le taux annuel de décroissance.

Les taux de déclin observés de la banque de graines de mauvaises herbes sont similaires aux taux rapportés par **Buhler et Hartzler (2001)**, mais considérablement plus rapides que les taux signalés dans les études où les graines de mauvaises herbes étaient épanchées et incorporées au sol (**Lutman et al., 2002; Roberts et Feast, 1972**).

L'enfouissement artificiel de semences peut fournir des informations sur la nature des banques de semences dans des conditions naturelles. La baisse de viabilité des graines est généralement exprimée en pourcentage du stock initial : c'est le taux annuel de décroissance (T.A.D) propre à chaque espèce. La prise en compte de ce critère est essentielle pour comprendre la dynamique de levée des mauvaises herbes dans les cultures à court et moyen terme.

En fonction du taux annuel de décroissance, **Barralis et al. (1988)**, ont proposé une classification du stock semencier. En se basant sur cette classification, les espèces de notre étude, sont réparties comme suit:

- **Stock semencier persistant (T.A.D environ 10%)**: regroupe les espèces caractérisées par un faible taux de décroissance, comprenant *Melilotus indica*. Cette espèce se caractérise par une longue période de dormance dans les sols cultivés et constitue un véritable problème agricole (T.A.D égal à 0). *Amaranthus albus* (enfouissement en automne et au printemps) et *Polygonum aviculare* (enfouissement au hiver).

- **Stock semencier moyennement persistant (T.A.D environ 50%) :** En fonction de la saison d'enfouissement, comprend *Dactyloctenium aegyptium* (en hiver) et *Polygonum aviculare* (enfouie en automne).
- **Stock semencier transitoire (T.A.D compris entre 75 et 85%):**
Polypogon monspeliensis enfouie en automne ou en hiver peut constituer un stock semencier transitoire. Même si la décroissance annuelle du stock est assez importante, les niveaux de production grainière de ces plantes sont si élevés qu'ils peuvent provoquer un salissement important de la parcelle à moyen terme.
- **Stock semencier éphémère (T.A.D. environ 100%):**
 Constitué principalement par *Bromus rubens* (quelle que soit la saison d'enfouissement). Selon **Barralis et al. (1988)**, le brome est caractérisé par un taux annuel de décroissance de l'ordre de 100% ; ce qui confirme les résultats de notre étude. A cette espèce, d'autres peuvent s'y joindre selon la saison d'enfouissement, telles que *Dactyloctenium aegyptium* (automne, printemps, été), *Amaranthus albus* (hiver, été), *Polypogon monspeliensis* (printemps) et *Polygonum aviculare* (printemps, été).

Les espèces de ce groupe peuvent réapparaître l'année de remise en culture, mais disparaîtront définitivement l'année suivante. Les dommages liés à la grenaison de ces espèces se limitent donc à la première année de culture.

L'étude de la persistance du stock semencier à travers l'étude de la variation de la viabilité et le taux de décroissance annuel des graines de six espèces de mauvaises herbes enfouies pendant 24 mois, suggère une relation négative entre la persistance du stock semencier, la saison et la durée d'enfouissement. Les résultats rapportés fournissent de nouvelles informations sur la longévité, la dormance des mauvaises herbes dans les conditions d'un agrosystème d'une région saharienne.

La réponse des mauvaises herbes étudiées vis-à-vis de l'enfouissement, diffère d'une espèce à l'autre. Au cours de la première année d'enfouissement, la viabilité des semences a peu diminué pour la plupart des adventices étudiées, y compris pour les espèces non dormantes. D'après cette expérimentation il ressort que : *Amaranthus albus*, *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Polygonum aviculare* et *Bromus rubens* ont une longévité limitée par rapport à *Melilotus indica*. De nombreux auteurs se sont intéressés à la viabilité des semences enfouies dans le sol pendant de longues périodes. Selon **Barralis et al. (1988)**, **Saatkamp et al. (2009)**, **Saatkamp et al. (2011)**, **Davis et al. (2016)**, la faculté germinative des semences enfouies diminue avec la durée de l'enfouissement dans le sol. L'épuisement le plus rapide du nombre de graines dans le sol a lieu au cours de la première année d'enterrement.

D'après nos résultats, il est clair que la variation de la viabilité est en relation étroite avec la saison d'enfouissement. En effet, la saison durant laquelle l'enfouissement a été effectué, exerce un effet très hautement significatif sur la conservation de la viabilité des graines.

Par ailleurs, la durée de l'enfouissement présente un effet très hautement significatif sur la diminution de la viabilité des graines. Le prolongement du temps de l'enfouissement favorise la perte de la viabilité de la plupart des espèces étudiées.

La longévité de la banque de graines est très variable selon les espèces, mais beaucoup de graines de mauvaises herbes sont connues pour avoir une capacité de survie considérable et certaines peuvent demeurer viables durant 50 ans dans le sol (**Barralis et al., 1988**).

La décroissance mesurée de la viabilité des semences semble bien due à la mortalité ou à la germination (cas de *Bromus rubens*).

La mortalité *in situ* est donc la raison essentielle de la disparition des graines dans le sol, essentiellement due à certains processus biologiques tels que la prédation (**Blaney et Kotanen, 2001; Schafer et Kotanen, 2003**); l'allélopathie et les attaques microbiennes (**Liebman et al., 2001; Davis et al., 2005**); le vieillissement (**Priestley, 1986; Gardarin, 2008**); la mortalité post-germination dans des couches de sol trop profondes, ou l'avortement de la germination (**Bond et al., 1999; Benvenuti et al., 2001; Traba et al., 2004**).

Pour les graines enfouies dans le sol, où les conditions sont plus uniformes, l'action des facteurs externes est moins intense. Le maintien de la viabilité dépendra essentiellement des caractéristiques de la graine (**Martins et Silva, 1994**) qui déterminent leur persistance. Les graines conservent leur viabilité et leur intégrité structurelle grâce à des mécanismes de protection physiques et chimiques. Une grande variété de métabolites secondaires, tels que les phénols et les alcaloïdes, peuvent être concentrés dans les composants de la graine à des fins de défense (**Halloin, 1983; Hendry et al., 1994; Kremer, 1993; Veldman et al., 2007**).

.....

Conclusion

La présence d'une diversité floristique des mauvaises herbes au niveau des champs, rend très difficile la gestion d'une lutte efficace, étant donné leur comportement physiologique, particulièrement la germination, relativement complexe vis-à-vis des conditions abiotiques du milieu.

Cette étude a été entreprise dans l'objectif de déterminer quelques caractéristiques liées à la germination et la levée des principales mauvaises herbes de l'agro-système saharien de la région de Ouargla. Une meilleure compréhension de la germination des graines et la levée de ces espèces, aidera à prédire la portée écologique, le potentiel de propagation dans de nouvelles zones et les facteurs favorisant leur distribution dans les agro-écosystèmes sahariens. De ce fait, quatre aspects ont été traités, à savoir:

- **L'étude de la levée de la dormance des graines** par différents traitements physiques et chimiques. L'effet de ces traitements sur la germination, a permis de constater que pour :
 - ✦ ***Melilotus indica***, la dormance a pu être levée par deux traitements : l'acide sulfurique et l'eau chaude. Ces 2 traitements ont pour rôle de lever la dormance physique, causée par les téguments (épaisseur) de la graine.
 - ✦ ***Bromus rubens*** et ***Polygonum aviculare***, la germination a eu lieu par deux traitements, à savoir par la stratification à froid humide et par l'acide gibbéréllique, préconisés pour la dormance physiologique embryonnaire.

La détermination de la capacité germinative, de l'indice de germination et de la cinétique de germination des trois mauvaises herbes, semble indiquer que ces espèces présentent des types de dormances ainsi que des niveaux de dormance différents. La levée de la dormance de *Melilotus indica* a été obtenue après scarification chimique par l'acide sulfurique pur ; un trempage pendant 60 minutes a permis de donner un pourcentage de germination de 92,56%. Quant au *Bromus rubens*, la dormance des graines a pu être levée (94,8% de germination) après une stratification durant 5 jours ; ainsi qu'après trempage des graines dans une solution de GA₃ pendant 24 heures (99,6%). Par ailleurs, nous avons pu améliorer également la germination des graines de *Polygonum aviculare*, par stratification pendant 7 jours (98,4%). Cette méthode semble plus efficace par rapport au traitement par l'acide gibbéréllique (75,2%).

➤ **L'étude du comportement germinatif des mauvaises herbes face aux facteurs abiotiques caractérisant l'agrosystème saharien.**

→ L'effet de la température sur la germination montre une réponse variable des espèces étudiées avec un effet hautement significatif de la variation de la température sur le pourcentage de germination. Ainsi, *Amaranthus albus* et *Dactyloctenium aegyptium* peuvent germer sous une large gamme de températures. Les graines d'*Amaranthus albus* germent dans un intervalle de 15 à 45°C avec une température optimale de 35°C, alors que, les températures favorables pour la germination de *Dactyloctenium aegyptium* varient entre 20 à 40°C (20°C est considérée comme température optimale). *Melilotus indica* germe dans un vaste éventail de températures, allant de 15 à 40°C, avec une température optimale de germination de 25°C. Cette large gamme de températures stimulatrices de la germination de ces trois espèces, favorise l'échelonnement des levées des plantules dans le champ, et assure donc l'apparition de ces plantules pendant une longue période.

La température optimale de germination chez les annuelles d'hiver tels que : *Polygonum aviculare*, *Polypogon monspeliensis* et *Bromus rubens*, varie entre 10 et 15°C, ce qui permet des levées après celles des cultures. Ceci rendra difficile la lutte contre ces mauvaises herbes.

→ Les résultats de la germination sous le stress salin, indiquent que la majorité des espèces étudiées présentent une certaine tolérance à la salinité. Les espèces les plus tolérantes sont *Amaranthus albus*, *Melilotus indica*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Polypogon monspeliensis*. Ces espèces peuvent tolérer de fortes concentrations salines, et arrivent à germer à 200 mmol/l de NaCl. Tandis que, *Polygonum aviculare* et *Bromus rubens*, sont moyennement tolérantes à la salinité. La limite de la germination est 120 mmol/l de NaCl pour les graines de *Bromus rubens*, et 160 mmol/l de NaCl pour *Polygonum aviculare*. Ainsi, ces espèces arrivent à coloniser les sols cultivés sahariens, caractérisés par une salinité relativement importante.

→ Une bonne imbibition est indispensable à la germination. À ce niveau interviennent la texture du sol et quelques autres caractères édaphiques, responsables d'une plus ou moins forte rétention hydrique. Les résultats montrent que parmi les espèces étudiées, quelques-unes présentent une certaine résistance au stress hydrique, alors que d'autres sont sensibles à la diminution de potentiel hydrique. *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Amaranthus albus*, *Bromus rubens* et *Melilotus indica* sont moyennement résistantes au stress hydrique. Ces espèces peuvent germer avec des pourcentages supérieurs à 50% sous un potentiel hydrique de -0,6 MPa. L'espèce sensible à la teneur en eau du sol et ne germe qu'au voisinage de la capacité au champ, est *Polygonum aviculare*, qu'à des taux supérieur à 50% sous le potentiel hydrique de -0,2 MPa.

→ Les résultats relatifs à l'effet de la profondeur sur la germination indiquent que ce facteur n'a pas d'effet significatif sur quelques espèces telles que *Amaranthus albus*, *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Melilotus indica*. Pour ces espèces, la germination s'effectue au niveau de toutes les profondeurs testées allant de 0 à 25 cm. Nous pouvons les considérer comme espèces indifférentes à la profondeur. *Polygonum aviculare* et *Bromus rubens*, sont des espèces moyennement sensibles à l'effet de la profondeur, car la germination n'a été inhibée que pour les profondeurs importantes (20 et 25 cm).

➤ **L'étude de la levée dans un objectif qui s'inscrit dans le contexte scientifique de la compréhension de l'effet de quelques pratiques culturales, à savoir le travail du sol qui favorise la distribution des graines aux différents horizons et le rythme d'irrigation.**

L'emplacement des graines (enfouies ou à la surface du sol) est un facteur de levée des mauvaises herbes et a démontré que le stress hydrique diminuait le pourcentage de levée des mauvaises herbes pour les graines non enfouies. L'interaction Profondeur * Irrigation a montré un effet significatif sur la levée des espèces étudiées. Une fois combinés, le stress hydrique et l'emplacement des graines à la surface du sol pourraient avoir des effets négatifs sur les premiers stades de croissance des espèces annuelles de mauvaises herbes. Cela suggère que les cultures mises en place sans travail du sol, connaissent une sécheresse temporaire, l'émergence des mauvaises herbes annuelles et la croissance initiale pourraient être affectées.

Étant donné que *Polypogon monspeliensis* et *Polygonum aviculare* ne peuvent pas émerger à une profondeur de 4 cm, les terrains non ou mal labourés peuvent favoriser la germination et l'émergence de ces espèces. Par conséquent, une option de gestion possible peut donc consister en un travail du sol en surface, qui enfouit les graines en dessous de leur profondeur maximale d'émergence pour limiter la levée de ces mauvaises herbes. Les labours ultérieurs doivent toutefois être peu profonds pour éviter la remontée des graines enfouies à la surface du sol. Concernant les espèces qui possèdent la capacité à lever à la profondeur de 4 cm, comme le cas d'*Amaranthus albus*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Bromus rubens*, il serait possible de limiter leur levée en travaillant le sol en profondeur ; ce qui enterrera les graines en dessous de 8 cm (profondeur maximale d'émergence) car les graines ne peuvent pas lever à cette profondeur.

Afin de réduire l'accumulation de banques de semences de ces mauvaises herbes, les sols doivent subir une rotation. Un travail du sol à une profondeur inférieure à 8 cm pourrait « déranger » la levée de la mauvaise herbe. Des enterrements profonds réduiront également leur émergence, en particulier pour *Bromus rubens* et *Amaranthus albus*. L'émergence retardée des

plantules des graines situées en profondeur, réduira leur vigueur, exerçant moins de concurrence à la culture et donc plus propice à des mesures de contrôle.

➤ **L'étude de la dynamique du stock semencier à travers l'étude de l'effet de l'enfouissement des graines sur leur persistance au niveau du sol.**

La mortalité *in-situ* des semences dans le sol est un processus fondamental, affectant la quantité de semences viables pouvant potentiellement germer, puis lever dans les cultures. Sur le long terme, la mortalité des semences influence la durée de vie du stock semencier.

La période d'enfouissement constitue un élément primordial qui contrôle la persistance de stock semencier. Un enterrement des graines en été, permet une dégradation rapide des graines dès la première année ; l'enfouissement en automne favorise la perte de la viabilité des espèces étudiées sauf *Amaranthus albus* et *Polygonum aviculare*. En hiver, l'enfouissement a permis de conserver la viabilité des graines de *Dactyloctenium aegyptium* et *Polygonum aviculare*, tandis que, l'enfouissement du printemps a induit une perte de la viabilité des espèces, sauf *Amaranthus albus*. De ce fait, *Amaranthus albus*, *Polypogon monspeliensis*, *Dactyloctenium aegyptium* et *Polygonum aviculare* se caractérisent par une longévité limitée. Ces espèces constituent un stock semencier qui varie du moyennement persistant ou transitoire en fonction de la saison d'enfouissement. Quelle que soit la saison d'enfouissement, les graines de *Bromus rubens* constituent un stock semencier éphémère. *Melilotus indica* présente une forte conservation de la viabilité, permettant de constituer un stock semencier persistant.

Les espèces de mauvaises herbes dont les semences disparaissent rapidement sont plus faciles à éliminer dans la mesure où leur renouvellement est directement lié à la production annuelle de graines. En revanche, les espèces dont les semences se maintiennent en vie pendant plusieurs années peuvent réenvahir successivement les cultures.

❖ **Perspectives**

Les mauvaises herbes sont adaptées aux mêmes sols et aux mêmes conditions climatiques que les plantes cultivées. Les pratiques qui favorisent le développement des cultures favorisent également celui des mauvaises herbes. En raison de la prolifération illimitée et de la difficulté à contrôler ces mauvaises herbes, elles sont devenues des espèces dominantes ayant de graves répercussions sur la production agricole dans l'agrosystème saharien.

Etant donné que ce dernier présente une diversité importante de mauvaises herbes, adaptées au milieu aride; il est nécessaire d'étudier d'autres espèces présentes dans ce milieu.

Des études plus approfondies sur le phénomène de dormance s'avèrent indispensables dans l'objectif de découvrir des solutions de lutte contre *Melilotus indica* particulièrement.

La conservation de la viabilité de quelques graines de ces plantes chaque année, serait suffisante pour réinfester la région avec plusieurs milliers de graines fraîches. Un facteur important dans la persistance de ces espèces peut être le nombre extrêmement élevé de graines produites chaque année par chaque plante. De ce fait, il est nécessaire d'appuyer des recherches sur la possibilité de réduire le nombre de graines produites par la plante comme une solution pour minimiser les infestations et la taille du stock semencier.

Les résultats de cette étude représentent des données utiles pouvant être utilisées dans l'estimation des changements à long terme des populations de mauvaises herbes. Ces informations sont essentielles au développement d'approches intégrées de la gestion des mauvaises herbes utilisant moins d'intrants.

PART II

Références bibliographiques

- Adkins S.W., Bellairs S.M., et Loch D.S., 2002.** Seed dormancy mechanisms in warm season grass species. *Euphytica*, 126 (1):13-20
- Ali H.H., Tanveer A., et Nadeem M.A., 2011.** Evaluation of some seed dormancy breaking methods on germination of *Rhynchosia capitata* (roth dc). *Pak. J. Weed Sci. Res.*, 18(4): 423-432.
- Aliloo A.S., et Darabinejad S., 2013.** Evaluation of different techniques for breaking seed dormancy of *heliotropium europaeum* L. (Boraginaceae). *J. Biol. Environ. Sci.*, 7(20), 87-91.
- Alleviation in a Wetland Weed. *PLoS One* 8(9): e71457.
- Amini V., Zaefarian F., et Rezvani M., 2015.** Interspecific variations in seed germination and seedling emergence of three *Setaria* species. *Brazilian Journal of Botany* 38: 539-545.
- Amukali O., Obadoni B.O., et Mensah J.K., 2015.** Effects of different NaCl concentrations on germination and seedling growth of *Amaranthus hybridus* and *Celosia argntea*. *African Journal of Environmental Science and technology*. 9,4, 301-306.
- Andersson L., Miberg P., Schutz W., et Steinmetz O., 2002.** Germination characteristics and emergence time of annual *Bromus* species of differing weediness in Sweden. *Weed Res.* 42: 135-147.
- Asgharipour M.R., 2011.** Effects of Planting Depth on Germination and the Emergence of Field Bindweed (*Convolvulus arvensis* L.). *Asian Journal of Agricultural Sciences* 3(6): 459-461.
- Association of Official Seed Analysis (AOSA), 1990.** Rules for testing seeds. *J. Seed Technol.*, 12,1-112.
- Atia A., Smaoui A., Barhoumi Z, Abdelly C., et Debez A., 2011.** Differential response to salinity and water deficit stress in *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf. provenances during germination. *Plant Biology* ISSN 1435-8603.
- Avci MA, Ozkose A., et Tamkoc A., 2013.** Determination of yield and quality characteristics of alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties grown in different locations. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 12 (4),487-490.
- Ballard T.O., Foley M.E., et Bauman T.T., 1996.** Germination, viability, and protein changes during cold stratification of giant ragweed (*Ambrosia trifida* L.) seed. *J. Plant Physiol.* 149. 229-232.
- Barralis G., Chadoeuf R., et Lonchamp J.P., 1988.** Longévité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Research*, 28, 407- 418.
- Baskin C.C. et Baskin J.M., 1998.** Seeds - Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, New York, USA p 5-26.

- Baskin C.C., Baskin J.M., et Van Auken O.W., 1992.** Germination patterns to temperature during afterripening of achenes of four Texas winter annual Asteraceae. *Canadian Journal of Botany* 70, 2354-2358.
- Baskin C.C., et Baskin, J.M., 2014.** *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination* 2nd Ed. Elsevier Academic Press Inc, San Diego.
- Baskin J.M., et Baskin C.C., 1989.** Germination responses of buried seeds of *Capsella bursa pastoris* exposed to seasonal temperature changes. *Weed Research* 29:205-212.
- Baskin J. M., et Baskin C. C., 1999.** Anatomy of two mechanisms of breaking physical dormancy by experimental treatments in seed of two North America *Rhuss* ssp. *American journal of botany* 85, 1505-1515.
- Baskin J.M., Baskin C.C., et Li X., 2000.** Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biol.*, 15, 139-152.
- Baskin J.M., et Baskin C.C., 2004.** A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14, 1-16.
- Batlla D., et Benech-Arnold R.L., 2003.** A quantitative analysis of dormancy loss dynamics in *Polygonum aviculare* L. seeds: Development of a thermal time model based on changes in seed population thermal parameters. *Seed Science Research* 13, 55-68.
- Benech-Arnold R.L., Sánchez R.A., Forcella F., Kruk B.C., et Ghera C., 2000.** Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research* 67, 105–122.
- Bentsink L., et Koornneef M., 2008.** Seed dormancy and germination. In: *The Arabidopsis book*. American Society of plant biologists, Rockville, Md. Doi: 100.1199/tab.0119.
- Benvenuti S., 2007.** Natural weed seed burial: effect of soil texture, rain and seed characteristics. *Seed Science Research* 17, 211–219.
- Benvenuti S., et Macchia M., 1995.** Effect of hypoxia on buried weed seeds germination. *Weed Research* 35, 343-351.
- Benvenuti S., Macchia M., et Miele S., 2001.** Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing depth. *Weed Science*, 49:528-535.
- Bewley J.D., et Black M., 1994.** *Seeds: Physiology of Development and Germination*. 2nd Ed .New York: Plenum.Pp. 273-290.
- Bianco C.A., et Kraus T.A., 2005.** Desarrollo y estructura de la semilla y el fruto de *Adesmia bicolor* (Poir.) DC. (Fabaceae). *Revista Internacional de Botânica Experimental*, 54, 71-77.
- Blaney C.S., et Kotanen P.M., 2001.** Post-dispersal losses to seed predators: an experimental comparison of native and exotic old field plants. *Canadian Journal of Botany*, 79, 284-292.
- Boddy L.G., Bradford K.J., et Fischer A.J., 2013.** Stratification requirements for seed dormancy

- Bond W.J., Honig M., et Maze K.E., 1999.** Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and ecological implication. *Oecologia*, 120, 132-136.
- Boutahar K., 1994.** Effet des adventices et de la date de récolte sur les pertes à la récolte des céréales. *Al Awamia*. 85, 25-32.
- Bouwmeester H.J., et Karssen C.M., 1993.** Annual changes in dormancy and germination in seeds of *Sisymbrium officinale* (L.) Scop - *New Phytol.* 124, 179-191.
- Budy J., Evans R., et Young J., 1986.** Understanding seed handling for germination. Arlington, VA: Volunteers in Technical Assistance.
- Buhler R.S., 2005.** Influence of management practices on weed communities in organic cereal production systems in Saskatchewan. MScThesis. University of Saskatchewan, Saskatoon, SK. 195 p.
- Buhler D.D., et Hartzler R.G., 2001.** Emergence and persistence of seed of velvetleaf, common waterhemp, woolly cupgrass, and giant foxtail. *Weed Science* 49, 230-235.
- Burke C.I., Thomas W.E., et Spears J.F., 2003.** Influence of environmental factors on after-ripened crowfootgrass (*Dactyloctenium aegyptium*) seed germination. *Weed Science*, 51, 342-347.
- Carpita N., Sabulase D., Monfezinos D., et Delmer D.P., 1979.** Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. *Science*, 205, 1144-1147.
- Chadoeuf-Hannel R., 1985.** La dormance chez les semences de mauvaises herbes. *Agronomie, EDP Sciences*, 5 (8), 761-772.
- Chauhan B.S. et Johnson D.E., 2008a.** Germination Ecology of Southern Crabgrass (*Digitaria ciliaris*) and India Crabgrass (*Digitaria longiflora*): Two Important Weeds of Rice in Tropics. *Weed Science*, 56, 722-728.
- Chauhan B.S., et Johnson D.E., 2008b.** Influence of Environmental Factors on Seed Germination and Seedling Emergence of *Eclipta prostrata* in a Tropical Environment. *Weed Science*, 56, 383-388.
- Chauhan B.S. et Johnson D.E., 2009.** Germination ecology of spin (*Amaranthus spinosus*) and slender amaranth (*Amaranthus viridis*): Troublesome weeds of direct seeded rice. *Weed Science*, 57, 379-385.
- Chauhan B.S., Gill G., et Preston C., 2006:** factors affecting seed germination of threehorn bed-straw (*Galium tricornutum*) in Australia. *Weed Science*, 54, 471-477.
- Chaussat R., et Le Deunff Y., 1975.** La germination des semences .Ed. Gauthier-Villars, Paris, 232p.
- Chauvel B., Guillemin J.P., Colbach N., et Gasquez J., 2001.** Evaluation of cropping systems for management of herbicide-resistant populations of blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *Crop Protection* 19, 127-137.

- Chikowo R., Faloya V., Petit S., et Munier-Jolain N., 2009.** Integrated Weed Management systems allow reduced reliance on herbicides and long-term weed control. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 132, 237-242.
- Coble H.D., et Slife F.W., 1972.** Development and control of Honeyvine milkweed. *Weed Sci.*, 18: 352-356.
- Côme D., 1970.** Les obstacles à la germination (monographie et physiologie végétale). Ed. Masson et Cie (Paris), 162p.
- Conn J.S., Beattie K.L., et Blanchard A., 2006.** Seed viability and dormancy of 17 weed species after 19.7 years of burial in Alaska. *Weed Sci.* 54, 464-470.
- Conn J.S., et Farris M.L., 1987.** Seed viability and dormancy of 17 weed species after 21 months in Alaska. *Weed Sci.* 35, 524-529.
- Cordeau S., Guillemain J.P., Reibel C., et Chauvel B., 2015.** Weed species differ in their ability to emerge in no-till systems that include cover crops. *Annals of Applied Biology* 166, 444-455.
- Cordeau S., Wayman S., Reibel C., Strbik F., Chauvel B., et Guillemain J.P., 2018.** Effects of drought on weed emergence and growth vary with the seed burial depth and presence of a cover crop. *Weed Biology and Management* 18, 12–25.
- Cornelissen J.H.C., Lavorel S., Garnier E., Diaz S., Buchmann N., Gurvich D.E., Reich P.B., Steege H. ter, Morgan H.D., van der Heijden M.G.A., Pausas J.G. et Poorter H., 2003.** A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51:335-380.
- Dada Moussa M.L., 2017.** Impacts de la mise en valeur agricole sur le développement rural dans les régions Sahariennes Cas de Ouargla, el-oued et Ghardaïa. Thèse de doctorat, Univ Ouargla, 248p.
- Davis A.S., Fu X., Schutte B.J., Berhow M.A., et Dalling JW., 2016.** Interspecific variation in persistence of buried weed seeds follows trade-offs among physiological, chemical, and physical seed defenses. *Ecology and Evolution*, 6: 6836-6845.
- Davis A.S., Renner K.A., et Gross K.L., 2005.** Weed seedbank and community shifts in a long term cropping systems experiment. *Weed Sci.* 53: 296-306.
- De Tourdonnet S., Shili I., et Eric S., 2008.** Utilisation des mulchs vivants pour la maîtrise des flores adventices. *Innovations Agronomiques*, 3 : 43-48. Colloque Carrefour de l'innovation agronomique, Dijon, France, 2 Décembre 2008.
- Debeaujon I., Lepiniec L., Pourcel L., et Routaboul J.M., 2007.** Seed coat development and dormancy. In: Bradford K., Nonogaki H., editors. *Seed development, dormancy and germination*. 1. Vol. 6. Oxford, UK: Blackwell Publishing. pp. 25–43.

- Dessaint F., Chadoeuf R., et Barralis G., 1991.** Spatial pattern analysis of weed seeds in the cultivated soil seed bank. *Journal of applied ecology*. 1991, vol. 28, p. 721-730
- Dhawan R., 2009.** Factors affecting germination, emergence and establishment of *Melilotus indica* (L.) All. *Indian J. Weed Sci.* 41 (3 & 4): 127-133.
- Donald W.W., 1994.** A method of validating the tetrazolium assay for testing viability of dormant jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) seed. *Weed Science* 42:502-508.
- Duvel J.W.T., 1902.** Seeds buried in soil. *Science* 17, 872–873.
- Egley G.H., 1986.** Stimulation of weed seed germination in soil. *Rev. Weed Sci.* 2 :67-89.
- Esau K., 1965.** *Plant Anatomy* 2nd Ed. N. Wiley & Sons, Inc.,
- Evetts L.L., et Burnside O.C., 1972.** Germination and seedling development of common milkweed and other species. *Weed Sci.* 20:371-378.
- Fenner M., et Thompson K., 2005.** *The ecology of seeds*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 250 p.
- Fenni M., et Maillet J., 1998.** Evolution de la flore adventice des céréales d'hiver sous l'effet des pratiques culturales dans les Hautes Plaines sétifiennes (Nord-Est algérien). 189-196 in : 6^{ème} Symposium Méditerranéen EWRS. –Montpellier.
- Finch-Savage W.E., et Leubner-Metzger G., 2006.** Seed dormancy and the control of germination. *New Phytol.* 171:501–523.
- Finkelstein R., Reeves W., Ariizumi T., et Steber C., 2008.** Molecular aspects of seed dormancy. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59:387-415.
- Fleet B., et Gill G., 2012.** Seed dormancy and seedling recruitment in smooth barley (*Hordeum murinum* spp. *glaucum*) populations in southern Australia. *Weed Sci.* 60:394-400.
- Fried G., 2010.** Spatial and temporal variation of weed communities of annual crops in France. *Acta Botanica Gallica*, 157 (1): 183-192.
- Fried G., Chauvel B., et Reboud X., 2008.** Evolution de la flore adventice des champs cultivés au cours des dernières décennies : vers la sélection de groupes d'espèces répondant aux systèmes de culture. *Innovations Agronomiques*, 3, 15-26.
- Froud-Williams R.J., Drennan D.S.H., et Chancellor R.J., 1984.** The influence of burial and dry storage upon cyclic changes in dormancy, germination and response to light in seeds of various arable weeds. *New Phytol.* 96 : 473-481.
- Gardarin A., 2008.** Modélisation des effets des systèmes de culture sur la levée des adventices à partir de relations fonctionnelles utilisant les traits des espèces. 282 p. University of Burgundy, Institut National de la Recherche Agronomique, Ph. D. thesis, Dijon, France.
- Gardarin A., et Colbach N., 2015.** How much of seed dormancy in weeds can be related to seed traits? *Weed Research*, 55, 14-25.

- Geneve R.L., 2003.** Impact of temperature on seed dormancy. *Hort Science*, 38: 336-341.
- Ghaderi-Far F., Gherekhloo J., et Alimagham M., 2010.** Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of yellow sweet clover (*Melilotus officinalis*). *Planta Daninha*, 28(3): 463-469.
- Ghorbani R., Seel W., et Leifert C., 1999.** Effects of environmental factors on germination and emergence of *Amaranthus retroflexus*. *Weed Sci.* 47:505-510.
- Golmohammadzadeh S., Zaefarian1 f., et Rezvani M., 2015.** Effects of some chemical factors, prechilling treatments and interactions on the seed dormancy breaking of two *Papaver* species. *Weed Biology and Management* 15, 11-19.
- Greipsson S., 2001.** Effects of stratification and GA₃ on seed germination of a sand stabilising grass *Leymus arenarius* used in reclamation. *Seed Sci. & Technol.*, 29, 1-10.
- Grundy A.C., Mead A. et Burston S., 2003.** Modelling the emergence response of weed seeds to burial depth: interactions with seed density, weight and shape. *Journal of Applied Ecology*, 40, 757-770
- Gubler F., Hughes T., Waterhouse P., et Jacobsen J., 2008.** Regulation of dormancy in barley by blue light and after-ripening: effects on abscisic acid and gibberellin metabolism. *Plant Physiol.*; 147(2):886-96.
- Guerrier G., 1983.** Capacité germinative des semences en fonction des doses graduelles en NaCl. Importance des transferts sur milieux sodés ou témoin, *Rev. Gén. Bot.* 90 ,3-21.
- Gupta K.C, 1973.** Factors influencing dormancy in seeds of Crowfootgrass. *Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP)*, Bd., 164, 552-587.
- Haferkanp M. R., et MacNeil M. D., 2004.** Annual Brome Seed Germination in the Northern Great Plains: An Update.-USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-31.
- Haliniarz M., Kapeluszny J., et Michalek S., 2013.** Germination of rye brome (*Bromus secalinus* L.) seeds under simulated drought and different thermal conditions. *ACTA AGROBOTANICA*.
- Halloin J.M., 1983.** Deterioration resistance mechanisms in seeds. *Phytopathology* 73:335-339.
- Harker K., 2001.** Survey of yield losses due to weeds in central Alberta, *Canadian Journal of Plant Science*, 81, 339-342.
- Hay F.R., Smith R.D., Ellis R.H., et Butler L.H., 2010.** Developmental changes in the germinability, desiccation tolerance, hardseededness, and longevity of individual seeds of *Trifolium ambiguum*. *Annals of Botany*. 105:1035-1052.
- Hendry G.A.F., Thompson K., Moss C.J., Edwards E., et Thorpe P.C. 1994.** Seed persistence: A correlation between seed longevity in the soil and ortho-dihydroxyphenol concentration. *Functional Ecology* 8:658-664.

- Hilton J.R., 1985.** The influence of light and potassium nitrate on the dormancy and germination of *Avena fatua* L. (wild oat) seed and its ecological significance. *New Phytol.* 96: 31-34.
- Hohl M., et Peter S., 1991.** Water relations of growing maize coleoptiles. Comparison between mannitol and polyethylene glycol 6000 as external osmotica for adjusting turgor pressure. *Plant Physiology*, 95, 716-722.
- Holm R.H., 1972.** Volatile metabolites controlling germination in buried weed seeds. *Plant Physiology* 50, 293-297.
- Holm L., Doll J., Holm E., Pancho J., et Herberger J., 1997.** *World Weeds: Natural Histories and Distribution*. New York: John Wiley and Sons. 1129 p.
- Horn K.J., Nettles R., et Clair S.B.St., 2015.** Germination response to temperature and moisture to predict distributions of the invasive grass red brome and wildfire. *Biol Invasions*, DOI 10.1007/s10530-015-0841-3.
- Humphries T., Chauhan B.S., et Florentine S.K., 2018.** Environmental factors effecting the germination and seedling emergence of two populations of an aggressive agricultural weed; *Nassella trichotoma*. *PLoS ONE* 13(7): e0199491. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199491>
- Idder M.A., 2011.** Lutte biologique en palmeraies algériennes, cas de la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi*), de la pyrale des dattes (*Ectomyloisvceratoniae*) et du Boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*). Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique. El-Harrach. 140p.
- IpouIpou J., Marnotte P., Aman Kadio1 G., Aké1 S., et Touré Y., 2004.** Influence de quelques facteurs environnementaux sur la germination d'*Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae). *TROPICULTURA*, 22, 4, 176-179.
- Jauzein P., 2011.** Flore des champs cultivés. Ed., Quae, Paris.
- Jauzein P., et Mansour A., 1992.** Principaux facteurs de la germination de *Heracleum sphondylium* L.: importance de l'oxygène. *Agronomie*, EDP Sciences, 12 (1), 85-96.
- Jayasuriya K.M.G.G., Baskin J.M., et Baskin C.C., 2008.** Cycling of sensitivity to physical dormancy-break in seeds of *Ipomoea lacunose* (Convolvulaceae) and ecological significance. *Annals of Botany* 101: 341-352.
- Jurand B.S., Abella S.R., et Suazo A.A., 2013.** Soil seed bank longevity of the exotic annual grass *Bromus rubens* in the Mojave Desert, USA. *J. Arid Environ.* 94:68-75.
- Kadra N., 1976.** Les mauvaises herbes en grandes cultures. Mem. Ing., INA Alger, 59p.
- Karssen C.M., 1982.** Seasonal patterns of dormancy in weed seeds. Pages 243-270 in A.A. Khan (éd.), *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Elsevier Biomédical Press, Amsterdam, Netherlands.

- Kaya M.D., Okçu G., Atak M., Çikili Y., et Kolsarici O., 2006.** Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur. J. Agron.* 24: 291-295.
- Kępczyński J., et Sznigir P., 2013.** Response of *Amaranthus retroflexus* L. seeds to gibberellic acid, ethylene and abscisic acid depending on duration of stratification and burial. *Plant Growth Regul.* 70:15-26.
- 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 Sci. Technol.* 31: 715-725.
- 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 Sci and Technol.*, 26, 107-117.
- Kleeman S.G.L., et Gill G.S., 2013.** Seed Dormancy and Seedling Emergence in Ripgut Brome (*Bromus diandrus*) Populations in Southern Australia. *Weed Science*, 61:222-229.
- Kremer R.J., 1993.** Management of weed seed banks with microorganisms. *Ecol. Appl.* 3:42-52.
- Kruk B.C., et Benech-Arnold R.L., 1998.** Functional and quantitative analysis of seed thermal responses in prostrate knotweed (*Polygonum aviculare*) and common purslane (*Portulaca oleracea*). *Weed Science*, 46, 83-90.
- Kucera B., Cohn M.A., et Leubner-Metzger G., 2005.** Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Sci. Res.* 15:281-307.
- Kumar A., Joshi M. C., and Ramesh B.V., 1971.** Some factors influencing the germination of seeds in two desert grasses. *Trop. Ecol.* 12:202-208.
- Leblanc M.L., Cloutier D.C., et Leroux G.D., et Hamel C., 1998.** Facteurs impliqués dans la levée des mauvaises herbes au champ. *Phytoprotection* 79 : 111-127.
- Leblanc M.L., Cloutier D.C., Benoit D.L., Légère A., Lemieux C., Assémat L., et Hamel C., 2004.** Températures de base pour la germination de quatre espèces de mauvaises herbes. *Agrosol, production végétale*, 15,1 : 18-22.
- Leubner-Metzger G., 2001.** Brassinosteroids and gibberellins promote tobacco seed germination by distinct pathways. *Planta* 213, 758-763.
- Li Q., Tan J., Li W., Yuan G., Du L., Ma S., et Wang J., 2015.** Effects of environmental factors on seed germination and emergence of japanese brome (*Bromus japonicus*). *Weed Science*, 63:641-646.
- Liebman M., Mohler C.L., et Staver C.P., 2001.** Ecological management of agricultural weeds. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 532 p.
- Loddo D., Ghaderi-Far F, Rastegar Z., et Masin R., 2016.** Base temperatures for germination of selected weed species in Iran. *Plant Protect. Sci.* Doi: 10.17221/92/2016-PPS

- Lonchamp J.P., Chadoeuf R., et Barralis G., 1984.** Evolution de la capacité de germination des semences de mauvaises herbes enfouies dans le sol. *Agronomie*, 4(7), 671-682.
- Lu P., Sang W., et Ma K., 2006.** Effects of environmental factors on germination and emergence of Crofton weed (*Eupatorium adenophorum*). *Weed Science*, 54:452-457.
- Lu Z., et Neumann P.M., 1998.** Water-stressed maize, barley and rice seedlings show species diversity in mechanisms of leaf growth inhibition. *J. Exp. Bot.*, 49, 1945-1952.
- Lutman P.J.W., Cussans G.W., Wright K.J., Wilson B.J., Wright G.M., et Lawson HM, 2002.** The persistence of seeds of 16 weed species over six years in two arable fields. *Weed Research* 42, 231-241.
- Maguire J.D., 1973.** Physiological disorders in germinating seeds induced by the environment. In: Heydecker W. (ed.) *Seed Ecology*. London, Butterworths. p. 289-310.
- Mamarot J., 2002.** Les mauvaises herbes des cultures. 2^{ème} Ed. L'ACTA. Paris. 283 p.
- Mandal T., 1994.** Pree-treatment of hard coated seeds of leguminous shrubs. In: *Proceedings of the Fourth International Symposium, Windbreaks and Agroforestry*. Hedselskaber, Danemark, pp, 233-236.
- Manoto M., Ferreiraand M.I., et Agenbag G.A., 2006.** Breaking of seed dormancy in three Dicotyledoneae weed species by plant growth regulators. *ELSENBURG JOURNAL*, 4, 1-5.
- Marañón T., Garcia L.V., et Troncoso A., 1989.** Salinity and germination of annual *Melilotus* from the Guadalquivir delta (SW Spain). *Plant and Soil* 119 : 223-228.
- Martins C.C., et Silva W.R., 1994.** Estudos de bancos de sementes do solo. *Informativo Abrates*, 4, 1,49-56.
- Matus-Cádiz M., et Hucl P., 2003.** Comparison of pretreatments for inducing germination in highly dormant wheat genotypes. *Canadian Journal Plant Science*, 83: 729-735.
- Matus-Cádiz M., Hucl P., et Munasinghe G., 2001.** Seed dormancy and germination in three annual canarygrass (*Phalaris canariensis* L.) cultivars relative to spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Seed Science Technology*, 29: 523-531.
- Mazliak O., 1982.** *Physiologie végétale II, croissance et développement*. Collection Méthodes des Herman, Paris : 465 p.
- McGraw J. B., Vavrek M.C., et Bennington C.C., 1991.** Ecological genetic variation in seed banks: I. establishment of a time transect. *J. Ecol.* 79:617–625.
- McWilliam J., Clements R., et Dowling P. 1970.** Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. *Crop Pasture Sci.* 21, 19-32.
- Milberg P., et Andersson L., 1997.** Seasonal variation in dormancy and light sensitivity in buried seeds of eight annual weed species. *Canadian Journal of Botany* 75:1998-2004.

- Money N.P., 1989.** Osmotic pressure of aqueous polyethylene glycols: Relationship between molecular weight and vapor pressure deficit. *Plant physiol.* 91: 766-769.
- Munier-Jolain N.M., Chauvel B., et Gasquez J., 2005.** Stratégies de Protection Intégrée contre les adventices des cultures : le retour de l'agronomie. Enjeux phyto-sanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Editions C Regnault-Roger. Lavoisier, Paris, p. 411-430
- Nandula V.K., Eubank T.W., Poston D.H., Koger C.H., Reddy K.N., 2006.** Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Science*, 54:898–902.
- Oerke E.C., 2006.** Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144, 31-43.
- Oliver L.R., Harrison S.A., et McClelland M., 1983.** Germination of Texas gourd (*Cucurbita texana*) and its control in Soybean (*Glycine max*). *Weed Sci.*, 31: 700-706.
- Omami E.N., 2005.** Response of Amaranth to salinity stress. These Ph.D. Horticulture, University of Pretoria, 195 p.
- Önen H., Shahid Farooq S., Sonnur Tad S., Özaslan C., Gunal H., et Chauhan S.B., 2018.** The Influence of Environmental Factors on Germination of Burcucumber (*Sicyos angulatus*) Seeds: Implications for Range Expansion and Management. *Weed Sci.* doi: 10.1017/wsc.2018.20
- Patane C., et Gresta F., 2006.** Germination of *Astragalus hamosus* and *Medicago orbicularis* as affected by seed coat dormancy breaking techniques. *J. Arid Environ.* 67: 165-173.
- Poschlod P., Kiefer S., Trankle U., Fischer S.F., et Bonn S., 1998.** Plant species richness in calcareous grasslands as affected by dispersability in space and time. *Applied Vegetation Science* 1, 75-90.
- Priestley D.A., 1986.** Seed aging – implications for seed storage and persistence in the soil. Comstock Publishing, New York.
- Prisco J.T., Enéas Filho J.R., et Gomes Filho E., 1981.** Effect of NaCl on Cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* (L) Walp seeds. *Revista Brasileira de Botânica*, SãoPaulo, 4, 1, 63-71.
- Rao N., Dong L.Y., Li J., et Zhang H.J., 2008.** Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of American sloughgrass (*Beckmannia syzigachne*). *Weed Science*, 56:529-533.
- Redmann R.E., 1974.** Osmotic and specific ion effects on the germination of alfalfa. *Can. J. Bot.* 52: 803-808.
- Rees J.M., Mills L.S., et Dunning J.B., 2002.** Emerging issues in population viability analysis. *Conserv. Biol.* 16, 7-19.
- Rezvani M., Zaefarian F., et Amini V., 2014.** Effects of chemical treatments and environmental factors on seed dormancy and germination of shepherd's purse (*Capsella bursa-pastoris* L. Medic.). *Acta Botanica Brasilica* 28(4): 495-501.

- Roberts E.H., et Totterdell S., 1981.** Seed dormancy in *Rumex* species in response to environmental factors. *Plant Cell Environ.* 4: 97-106.
- Roberts H.A., 1986.** Seed persistence in soil and seasonal emergence in plant species from different habitats. *Journal of Applied Biology* 23, 639–656.
- Roberts H.A., et Feast P.M., 1972.** Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil. *Weed Res.* 12, 316-324.
- Rogis C., Gibson L.R., Knapp A.D., et Horton R., 2004.** Enhancing germination of eastern gamma grass seed with stratification and gibberellic acid. *Crop Science* 44:549-552.
- Rolston M. P., 1978.** Water impermeable seed dormancy. *Bot. Rev.*, 44, 365-396.
- Roussel J., 1984.** Germination des semences forestières : utilisation de l'acide sulfurique en métraitement des principales espèces sahéliennes, soudano-sahéliennes et exotiques Fiche technique no 3. CNRFIISRA, Dakar, 5 p.
- Saatkamp A., Affre L., Dutoit T., et Poschlod P., 2009.** The seed bank longevity index revisited: limited reliability evident from a burial experiment and database analyses. *Ann Bot.* 2009; 104, 715-724.
- Saatkamp A., Affre L., Baumberger T., Dumas P.J., Gasmi A., et Gachet S., 2011.** Soil depth detection by seeds and diurnally fluctuating temperatures: different dynamics in 10 annual plants. *Plant Soil.*; 349, 331-340.
- Santelmanna P.W., et Evetts L., 1971.** Germination and herbicide susceptibility of six pigweed species. *Weed Sci.* 19:51-54.
- Sawma J., et Mohler C.L., 2002 .** Evaluating Seed Viability by an Unimbibed Seed Crush Test in Comparison with the Tetrazolium Test. *Weed Technology*, 16(4), 781-786.
- Sayed I., Cheloufi H., Halilat M.T., et Eddoud O., 2014.** Contribution à l'étude quantitative des messicoles associées aux céréales conduits sous centre pivots dans la région de Ouargla (cas des périmètres céréaliers de Hassi Ben Abdallah). *Revue Agriculture.* 08, 04-09
- Schafer D.E., et Chilcote D.O., 1970.** Factors influencing persistence and depletion in buried seed populations. II. The effects of soil temperature and moisture. *Crop Science*, 10, 342–345.
- Schafer M., et Kotanen P. M., 2003.** The influence of soil moisture on losses of buried seeds to fungi. *Acta Oecologica* 24:255-263.
- Seo M, Nambara E., Choi G., et Yamaguchi S., 2009.** Interaction of light and hormone signals in germinating seeds. *Plant Mol. Biol.* 69: 463-472.
- Sester M., Dürr C., Darmency H., et Colbach N., 2006.** Evolution of weed beet (*Beta vulgaris* L.) seed bank: Quantification of seed survival, dormancy, germination and pre-emergence growth. *European Journal of Agronomy*, 24: 19-25.

- Sharma B.M., et Chivinge A.O., 1982.** Contribution to the ecology of *Dactyloctenium aegyptium* (L.) P. Beauv. Journal of range management 35 (3).
- Singh S., et Punia S.S., 2008.** Effect of Seeding Depth and Flooding on Emergence of *Malva parviflora*, *Rumex dentatus* and *R. spinosus*. Indian J. Weed Sci. 40 (3 & 4) : 178-186 (2008)
- Singh S., et Singh M., 2009.** Effect of temperature, light and pH on germination of twelve weed species. Indian J. Weed Sci. 41:113-126.
- Smith-Jochum C., et Albrecht M.L., 1988.** Transplanting or seeding in raised beds aids field establishment of some Echinacea species. Hort Science 23:1004–1005.
- Soters J.K. et Murray D.S., 1981.** Germination and development of Honeyvine milkweed (*Ampelamus albidus*) seed. Weed Sci., 29: 625-628
- Steckel L.E., Sprague C.L., Stoller E. W, et Wax L.M., 2004.** Temperature effects on germination of nine *Amaranthus species*. Weed Sci. 52:217-221.
- Stokes P., 1965.** Temperature and seed dormancy. In *Encyclopaedia of Plant Physiology* (ed. W. Ruhland) Vol. 5, Pt. 2, pp. 746-803. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg and New York.
- Stoller E.W., et Wax L.M., 1973.** Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. Weed Sci. 21: 574-8580.
- Tang D.S., Hamayun M., Ko Y.M., Zhang Y.P., Kang S.M., et Lee I. J., 2008.** Role of red light, temperature, stratification and nitrogen in breaking seed dormancy of *Chenopodium album* L. Journal of Crop Science and Biotechnology 11: 199-204.
- Tang D.S., Hamayun M., Khan A.L., Jan S., Yasmin N., Muhammad I., Na Y.E., et Lee I.J., 2011.** Exposure to red light, temperature and exogenous gibberellins influenced germination of some winter weeds. African Journal of Biotechnology, 11(2), 273-279.
- Tang W., Xu X., Shen G., et Chen J., 2015.** Effect of environmental factors on germination and emergence of aryloxyphenoxy propanoate herbicide-resistant and -susceptible asiaminor bluegrass (*Polypogon fugax*), *Weed Science*, 63:669-675
- Thomas W.E., Burke I.C., Spears J.E., et Wilcut J.W., 2006.** Influence of environmental factors on slender amaranth (*Amaranthus viridis*) germination. *Weed Science*, 54:316-320.
- Thompson K., et Grime J.P., 1979.** Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67, 893–897.
- Thompson K., Bakker J.P., et Bekker R.M., 1997.** The soil seed banks of North West Europe: Methodology, density and longevity. Cambridge, Cambridge University Press.
- Tilaki G.A.D., Gholami F., Bezdi K.G., et Behtari B., 2014.** Germination percentage and recovery of *Lolium perenne* L. and *Bromus tomentellus* Boiss. (poaceae, liliopsida) seeds at several osmotic potential levels of iso-osmotic solutions. ПОВОЛЖСКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ 2. С. 284-292.

- Totterdell S., et Roberts E. H., 1979.** Effects of low temperatures on the loss of innate dormancy and the development of induced dormancy in seeds of *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* L. *Plant Cell Environ.*, 2, 131-137.
- Traba J., Azcarate F.M., et Peco B., 2004.** From what depth do seeds emerge? A soil seed bank experiment with Mediterranean grassland species. *Seed Sci. Res.* 14, 297-303.
- Traore K., et Mangara A., 2009.** Etude Phyto-écologique des Adventices dans les Agro Écosystèmes Élaeicoles de la Mé et de Dabou. *European Journal of Scientific Research*, 31, 4: 519-533.
- Tribouillois H., Dürr C., Demilly D., Wagner M-H., et Justes E., 2016.** Determination of Germination Response to Temperature and Water Potential for a Wide Range of Cover Crop Species and Related Functional Groups. *PLoS ONE* 11(8): e0161185. doi:10.1371/journal.pone.0161185.
- Trichard A., Ricci B., Ducourtieux C., et Petit S., 2014.** The spatio-temporal distribution of weed seed predation differs between conservation agriculture and conventional tillage. *Agric. Ecosyst. Environ.* 180, 40-47.
- Ungar I.A., 1978.** Halophyte seed germination. *The botanical review*, 44, 2, 223-264.
- Ungar I.A., 1984.** Alleviation of seed dormancy in *Spergularia marina*. *Botanical Gazette*, 145:33-36.
- Veldman J.W., Murray K.G., Hull A.L., Garcia M., Mungall W.S., Rotman G.B., Plosz M.P., et McNamara L.K., 2007.** Chemical defense and the persistence of pioneer plant seeds in the soil of a tropical cloud forest. *Biotropica*, 39, 87-3.
- Vleeshouwers L.M., Boumeester H.J., et Karssen C.M., 1995.** Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *J. Ecol.* 83 :1031-1037.
- Wahbi J., Lamia H., Naoufel S., et Mohamed L.K., 2010.** Etude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques, 652p.
- Walck J.L., Baskin J.M., Baskin C.C., et Hidayati S.N., 2005.** Defining transient and persistent seed banks in species with pronounced seasonal dormancy and germination patterns. *Seed Science Research* 15, 189–196.
- Wartidiningsih N., Geneve R.L., et Kester S.T., 1994.** Osmotic priming and chilling stratification improves seed germination of purple coneflower. *HortScience.*, 29:1445–1448.
- Weih M., Didon U.M.E., Rönnberg-Wästljung A.C., et Björkman C., 2008.** Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops: a review. *Agricultural Systems* 97(3):99-107.
- Williams E.D., 1983.** Effects of temperature fluctuation, red and far-red light and nitrate on seed germination of five grasses. *J. Appl. Ecol.* 20 : 923-035.

- Wu X., Li J., Xu H., et Dong L., 2015.** Factors Affecting Seed Germination and Seedling Emergence of Asia Minor Bluegrass (*Polypogon fugax*), Weed Science, 63:440-447.
- Yamaguchi S., et Kamiya Y., 2001.** Gibberellins and light-stimulated seed germination. Plant Growth Regul. 20, 369-376.
- Yang H., Huang Z., Baskin C.C., Baskin J.M., Cao Z., Zhu X., et Dong M., 2009.** Responses of caryopsis germination, early seedling growth and ramet clonal growth of *Bromus inermis* to soil salinity. Plant Soil, 316:265-275.
- Yang Q.H., Ye W.H., et Yin X.J., 2007.** Dormancy and germination of *Areca triandra* seeds. Sci. Hort. 113, 107-111.
- Yawalikar N., Bhowal M., et Rudra J., 2012.** Effect of chemical and physical factors on seed germination of *Pentapetes Phoenicea* L. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences. Vol. 2 (1), 200 -206.
- Yazdi S.A.F., Rezvani M., Mohassel M.H.R., et Ghanizadeh H., 2013.** Factors affecting seed germination and seedling emergence of sheep sorrel (*Rumex acetosella*). Romanian Agricultural Research 30: 373-380.
- Zhang W.D., Bi J.J., Ning, T.Y., Liu, G.S., et He, M.R., 2006.** Effect of temperature, light and other treatments on seed germination of *Leymus chinensis*. Plant Science 86:67-73.
- Zimdahl R.L., 2007.** Fundamentals of Weed Science. 3^{ed} Edition. Academic Press. 688p.
- Zimdahl R., Moody L.K., Lubigan R.T. et Castin E.M., 1988.** Patterns of weed emergence in tropical soil. Weed Sci. 36 :p 603-608.