

## Germination et viabilité du *Bromus rigidus* sous l'action de différents traitements chimiques

Nadia EL ALLAOUI<sup>1,2</sup>, Abdelhamid HAMAL<sup>1</sup>, El Hassan ACHBANI<sup>1</sup>, Abdellatif BENBOUAZZA<sup>1</sup>, Ailal DOUIRA<sup>2</sup>, Khaoula HABBADI<sup>1 \*</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Phytobactériologie et de Lutte Biologique, URPP-INRA-Meknès, Maroc.

<sup>2</sup> Laboratoire de productions végétales, animales et agro-industries, Science de la vie et de la terre, Faculté des sciences, Kenitra, Maroc.

khaoula.habbadi@inra.ma

### Résumé :

Les brome sont des plantes herbacées annuelles appartenant à la famille des Poaceae ; il s'agit des mauvaises herbes qui infestent les céréales et dont le plus nuisible est le brome rigide (*Bromus rigidus* Roth.). Cette étude a pour but de savoir l'effet de différents traitements sur la germination et la viabilité du brome. Le test de germination *in vitro* a été réalisé sur des graines de brome issues d'une collection de 1993 à 2015 et sous des conditions contrôlées en température (25°C), en photopériodes (huit heures d'obscurité et seize heures de lumières) et en humidité relative (70%). Plusieurs traitements sont testés, à savoir : l'acide gibbérellique (1g/l), l'eau chaude (60°C à 90°C), l'azoture de sodium (1g/0,75l), le nitrate de potassium (10g/l) et l'acide sulfurique 5%. Les résultats obtenus ont montré que les semences du brome de l'année 2013 ont germé à un taux de 60% sans aucun traitement et de 100% avec les différents traitements et plus précisément l'acide gibbérellique comme élément favorisant la germination. En effet, Le taux de germination du brome dépend étroitement de l'année de récolte des semences et aussi du traitement effectué. Le test de la viabilité *in vitro* des graines par traitement avec le chlorure de tétrazolium (C<sub>19</sub>H<sub>15</sub>ClN<sub>4</sub>) a montré une prolongation de la durée de la viabilité des graines qui peut aller jusqu'à sept ans, ainsi que la germination ne peut s'activer qu'en présence des conditions favorables.

**Mots clés :** *Bromus rigidus*, Germination, viabilité.

## Germination and viability of *Bromus rigidus* Roth. under the action of different chemical treatments

### Abstract:

*Bromus* are annual herbaceous plants belonging to the Poaceae family. It's about the weeds that infest cereals. The most harmful one is *Bromus rigidus* Roth. The purpose of this study is to find out the effect of different treatments on the germination and viability of ripgut brome. The first test *in vitro* germination was carried out on a collection, from 1993 to 2015, under controlled conditions in temperature (25°C), photoperiods (eight hours of darkness and sixteen hours of light) and relative humidity (70%). Several treatments were used: gibberellic acid (1g/l), hot water (ranging from 60°C to 90°C), sodium azide (1g/0,75l), potassium nitrate (10g/l) and sulfuric acid 5%. The results obtained showed that the bromus seeds collected on 2013 germinated at a rate of 60% without any treatment and of 100% with the different treatments. Gibberellic acid is the most element promoting germination. The germination rate of *bromus rigidus* depends closely on the year of seed harvest and also on the treatment carried out. The viability test *in vitro* under the effect of tetrazolium chloride (C<sub>19</sub>H<sub>15</sub>ClN<sub>4</sub>) which is used only on non-germinated seeds, showed that the seeds remain viable for seven years and they germinate only if favorable conditions are met.

**Key words:** *Bromus rigidus*, Germination, Viability.

## إنبات وحيوية البهمة تحت تأثير علاجات كيميائية مختلفة

نادية العلاوي<sup>1,2</sup> ، عبد الحميد هامل<sup>1</sup> ، الحسن اشباني<sup>1</sup> ، عبد اللطيف بن بوعزة<sup>1</sup> ، علال الدويرة<sup>2</sup> ، خولة حبادي<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> مختبر علوم البكتيريا النباتية والمكافحة البيولوجية ، وحدة أبحاث وحماية النبات - المعهد الوطني للبحث الزراعي ، مكناس، المغرب.

<sup>2</sup> مختبر الإنتاج النباتي والحيواني والصناعات الزراعية ، علوم الحياة والأرض ، كلية العلوم ، القنيطرة ، المغرب.

### \* المؤلف المقابل:

مختبر علوم البكتيريا النباتية والمكافحة البيولوجية ، وحدة أبحاث وحماية النبات - المعهد الوطني للبحث الزراعي ، مكناس، المغرب ، الهاتف: 635083373 (+212) ؛ البريد الإلكتروني: [khaoula.habbadi@inra.ma](mailto:khaoula.habbadi@inra.ma)

### ملخص:

البرومات هي نباتات عشبية سنوية ضارة تنتمي إلى عائلة الأعشاب النجيلية. ونخص بالذكر هنا الأعشاب الضارة التي تستهدف الحبوب وأكثرها ضرراً هو البهمة القاسية. الغرض من هذه الدراسة هو معرفة تأثير العلاجات المختلفة على إنبات وحيوية البهمة. وبالتالي، فإن أول اختبار يتم إجراؤه في المختبر هو الإنبات على بذور أخذت من مجموعة محاصيل من سنة 1993 إلى سنة 2015 وتحت ظروف خاضعة للرقابة في درجة حرارة (25 درجة مئوية)، وفترات ضوئية ورطوبة نسبية (70٪) مع استخدام العديد من العلاجات كتأثير حمض الجبريليك (1 جم/لتر)، ماء ساخن (60 إلى 90 درجة مئوية)، أزيد الصوديوم (1 جم/0,75 لتر)، نترات البوتاسيوم (10 جم/لتر) و 5٪ حمض الكبريتيك. وقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن بذور البهمة القاسية لعام 2013 نبتت بمعدل 60٪ بدون أي معالجة وبمعدل 100٪ تحت تأثير العلاجات المختلفة وبشكل أدق حمض الجبريليك كعنصر معزز للإنبات، وبالتالي فإن معدل إنبات البهمة القاسية يعتمد بشكل وثيق على سنة حصاد البذور المستعملة وكذلك على الاختبار الذي تم إجراؤه. من ناحية أخرى، الاختبار الثاني الذي تم إجراؤه في المختبر أيضاً، هو اختبار الحيوية تحت تأثير كلوريد تترازوليوم (C19H15ClN4) والذي يستخدم فقط على البذور غير النابتة. وقد أظهرت النتائج أن هذه البذور تبقى قابلة للحياة لمدة سبع سنوات ولا تنبت إلا إذا تم استيفاء الظروف الملائمة.

**كلمات مفتاحية:** البهمة، الإنبات، الحيوية.

## Introduction

Les céréales occupent une place très importante dans l'agriculture à l'échelle mondiale avec une production annuelle variant entre 2.8 et 3 milliard de tonnes entre 2015 et 2020. Le blé est la deuxième céréale la plus produite derrière le maïs, et le commerce mondial du blé est supérieur à toutes les autres cultures combinées. En 2020, la production mondiale totale de blé était de 760 millions de tonnes (FAO, 2021 ; FAOSTAT, 2022).

Au Maroc, la céréaliculture constitue l'ossature de l'agriculture du pays. Cette place de choix est justifiée par l'importance des superficies qu'elle couvre. Les superficies moyennes emblavées annuellement entre 2000 et 2020 ont varié entre 3.7 et 5.5 millions d'hectares (MAPMDREF, 2015, 2020), soit environ 75 à 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays. Les conditions climatiques par leur caractère très aléatoire conditionnent énormément la production annuelle en céréales. En effet, presque 95% des céréales sont cultivées dans les régions à agriculture pluviale, et la moitié des cultures sont localisées dans les zones arides et semi-arides.

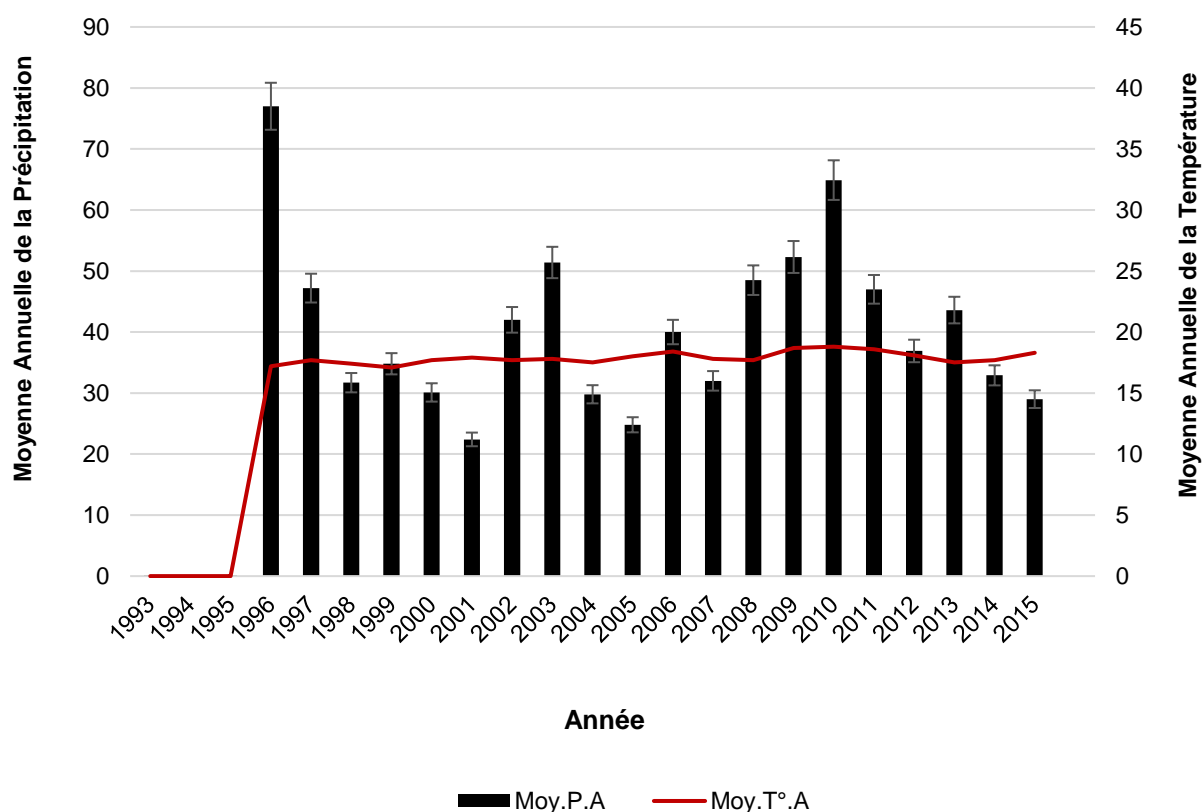
Dans la région de Fès-Meknès, les mauvaises herbes constituent une contrainte majeure pour la stabilité des productions des céréales, Parmi ces mauvaises herbes, figure le brome qui est une adventice qui pose de sérieux problèmes à la production du blé dans cette région (Hamal et al. 2001 ; Hamal, 2005). Sur les 15 espèces recensées au Maroc, 11 espèces sont considérées comme de mauvaises herbes, ces différentes espèces sont présentes dans toutes les régions céréalières du Maroc avec des fréquences variables d'une région à une autre et d'une espèce à l'autre (Taleb et Rzozi, 1997), Seulement quatre espèces sont très fréquentes dans ces régions céréalières à savoir : *Bromus rubens*, *Bromus madritensis*, *Bromus sterilis* et *Bromus rigidus* Roth. Cette dernière espèce est reconnue par plusieurs auteurs comme étant la plus nuisible aux céréales car sa germination est échelonnée, ce qui entraîne son faible contrôle par les herbicides sélectifs et par les façons culturales de pré-semis et de la post-levée (Hamal et al., 2007). Les pertes enregistrées dans le cas de fortes infestations par le brome sont spectaculaires et varient entre 26 et 98% en absence de tout contrôle (Hamal, 2015).

L'objectif de ce présent travail est d'étudier la germination et la viabilité du brome rigide (*Bromus rigidus* Roth.) et du blé tendre. La germination est mise en évidence par différents traitements chimiques à savoir : l'acide gibbérellique ( $C_{19}H_{22}O_6$ ), l'eau chaude, l'azoture de sodium ( $NaN_3$ ), le nitrate de potassium ( $KNO_3$ ) et l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ). Par contre, la viabilité est mise en évidence par le chlorure de triphényltétrazolium (TTC), souvent appelé chlorure de tétrazolium ( $C_{19}H_{15}ClN_4$ ).

## Matériel et méthodes

### 1. Matériel végétal

Les semences utilisées sont issues d'une collection des semences conservées au laboratoire et collectées entre les années 1993 et 2015, de la parcelle 116 de la ferme d'application de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès (600m d'altitude et 33°52 de latitude). Ces semences ont été stockées au fur et à mesure de leur prélèvement dans des bouteilles maintenues à l'ombre et à une température ambiante du laboratoire ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ). En revanche une collecte des données de température et de pluviométrie ont été prise de la station météorologique de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès (Figure 1).



**Figure 1:** Graphe Ombrothermique à la station de l'ENA de Meknès de 1993 au 2015.

## 2. Tests de germination

Pour la levée de la dormance des semences, un test *in vitro* a été réalisé par l'utilisation de plusieurs traitements chimiques avec des doses et des concentrations précises (Tableau 1).

Pour ce faire et avant l'utilisation des différents traitements, un lavage des semences avec de l'eau distillée stérile (EDS) est nécessaire. Ensuite, tout en utilisant trois répétitions, cinq semences ont été déposées dans chaque boîte de Pétri sur du papier filtre stérile imbibé avec de l'EDS. Par la suite, les semences ont été humidifiées chaque jour avec de l'EDS pendant 10 jours et maintenues à une température de 25°C avec des photopériodes huit heures d'obscurité et seize heures de lumières et en humidité relative équivalente de 70%. Après incubation, les traitements chimiques ont été effectués successivement sur les mêmes semences qui correspondent aux différentes années de prélèvement en imbibant 3 à 4 gouttes le papier filtre de chaque boîte de Pétri avec un intervalle de 10 jours d'incubation entre chaque traitement chimique et selon l'ordre suivant : l'acide gibbéréllique ( $GA_3$ ) avec une dose de 1g/l, l'eau chaude à 60°C-90°C, l'azoture de sodium ( $NaN_3$ ) avec une dose de 1g/0,75l, nitrate de potassium ( $KNO_3$ ) avec une dose de 10g/l et à la fin l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) avec une dose de 5%.

Le test a duré trois mois et la notation des résultats a été effectuée chaque jour (chaque matin à 9h) par observation et calcul du nombre des semences germées (sortie de la radicule).

**Tableau 1:** Traitements et leurs concentrations utilisés pour la germination et la viabilité du brome rigide.

Traitements	Concentrations	Références
Acide Gibbérellique (AG <sub>3</sub> )	1g/l	Lonchamp et Boulet (1989)
Azoture de Sodium (NaN <sub>3</sub> )	1g/0,75l	
Nitrate de Potassium (KNO <sub>3</sub> )	10g/l	
Chlorure de tétrazolum (C <sub>19</sub> H <sub>15</sub> ClN <sub>4</sub> )	1g/l	FAO (1979)
Acide Sulfurique (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	5%	
Traitement	Température	Référence
Eau chaude (E.Ch)	60°C à 90°C	FAO (1979)

### 3. Test de viabilité

Le traitement utilisé, dans le test de viabilité, est le chlorure de triphényltétrazolum (TTC), souvent appelé chlorure de tétrazolum (C<sub>19</sub>H<sub>15</sub>ClN<sub>4</sub>), il est habituellement utilisé en biologie moléculaire afin de mettre en évidence la respiration cellulaire.

Afin de visualiser la viabilité en coloration rouge, une dose de 1g/l a été appliquée sur les semences non germées. L'incubation des semences traitées a été effectuée à une température de 25°C avec des photopériodes huit heures d'obscurité et seize heures de lumières et en humidité relative de 70%. Ainsi la lecture des résultats a été effectuée chaque matin à 9h par observation et calcul du nombre des semences colorées (semences vivantes).

### Analyses statistiques

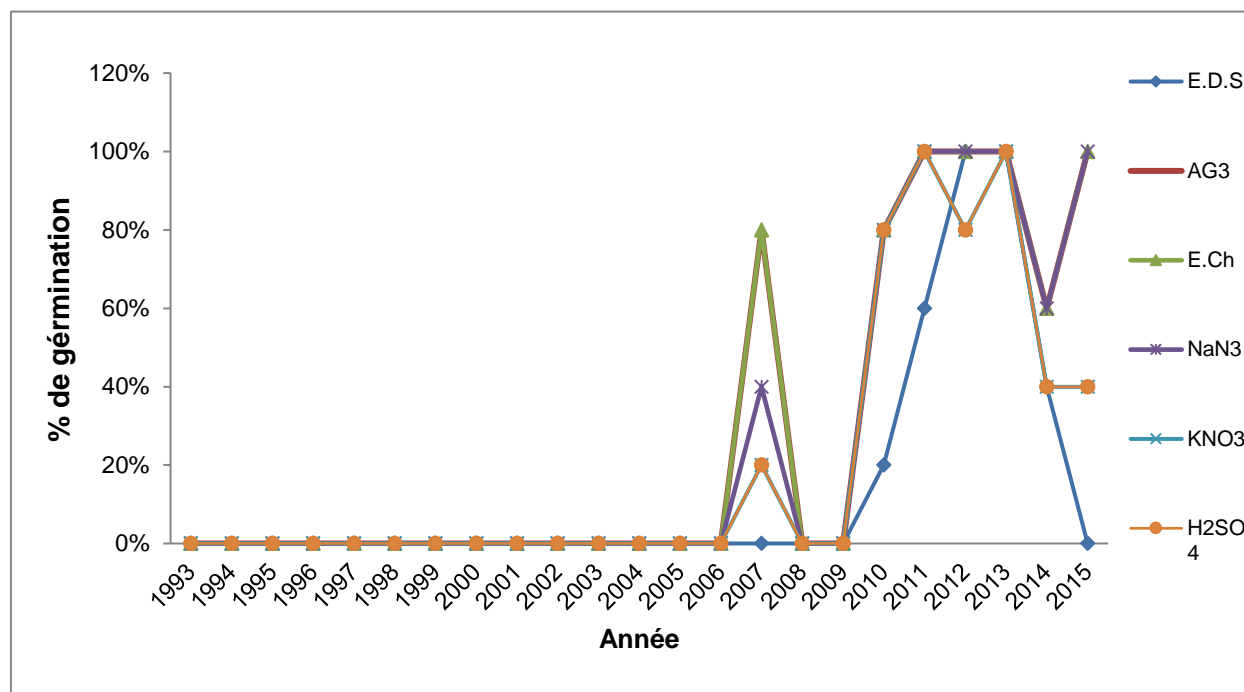
Les données obtenues ont été analysées à l'aide du Microsoft Excel et en utilisant le logiciel statistique SPSS21 (Statistical Package for the Social Sciences. Statistics 21).

### Résultats

#### 1. Test de germination

Le teste de germination des semences du brome rigide (*Bromus rigidus* Roth.) collectées depuis 1993 jusqu'au 2015, tout en utilisant les différents traitements, a montré une grande variation du taux de germination qui dépend de l'année de collecte et du traitement utilisé. Ainsi, les semences qui ont été collectées depuis 1993 jusqu'au 2006 et celles de 2008 et 2009 n'ont pas germées alors que les semences de 2007 et 2010 jusqu'au 2015 ont germées avec un maximum taux de germination en 2011, 2012, 2013 et 2015 (Figure 2).

Pour les traitements utilisés, la germination des semences de brome rigide, traitées en premier lieu avec de l'EDS, a été observée sur les échantillons collectés à partir de l'année 2010 avec un pourcentage de germination de 20% et respectivement en 2011 (60%), 2012 (100%), 2013 (100%), 2014 (40%) et 2015 (0%). En revanche, les différents traitements effectués, après l'utilisation de l'EDS, ont activé la germination en 2007 et entre 2010- 2015 avec une différence de nombre des semences germées selon les traitements. Ces différents traitements réalisés sont l'EDS, l'AG<sub>3</sub>, l'eau chaude, l'azoture de sodium (NaN<sub>3</sub>), nitrate de



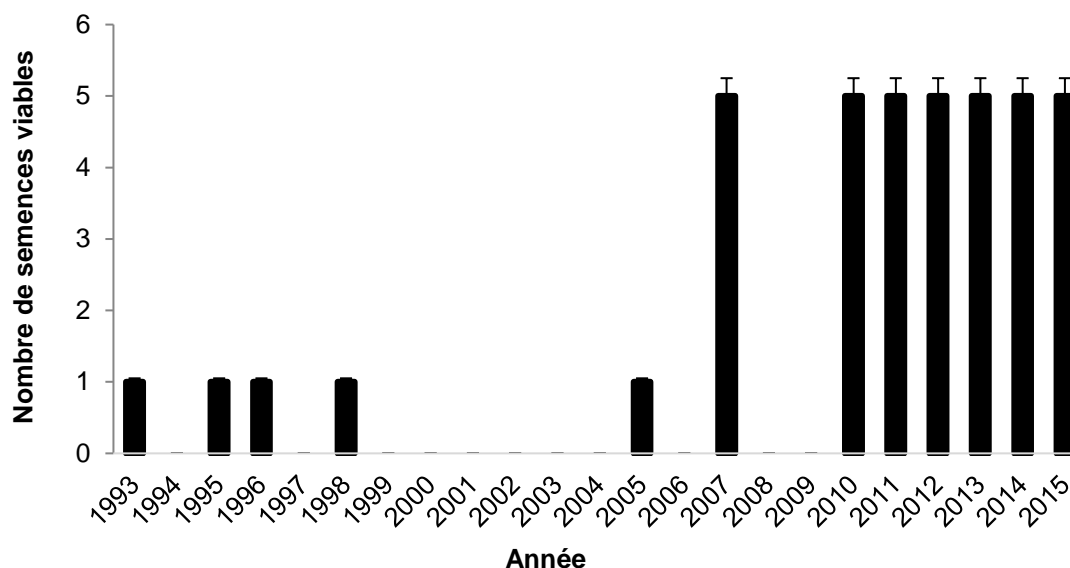
potassium (KNO<sub>3</sub>) et l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) avec un pourcentage de germination en 2007, comme la toute première année de germination, qui est de 0%, 80%, 80%, 40%, 20% et 20%, en plus d'un maximum de germination qui est de 100% sur tous les traitements en 2013 (Figure 2).

**Figure 2:** Pourcentage de germination des semences mises à germer sous l'effet de l'eau distillée (EDS) et de différents traitements chimiques, à 25°C en photopériode 16/8 h

## 2. Test de viabilité

La viabilité des semences non germées issues du test précédent a été testée *in vitro* après l'ajout du chlorure de tétrazolium C<sub>19</sub>H<sub>15</sub>CIN<sub>4</sub> (1g/l). Les résultats obtenus montrent que les semences collectées en 1993, 1995, 1996, 1998 et 2005 sont viables de 20% et que les semences collectées en 2007 et entre 2010-2015 sont aussi viables mais à 100% (embryon coloré en rouge), Alors que le reste des semences collectées en 1994, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 et 2006 ne sont pas viables (embryon non coloré) (Figure 3).





**Figure 3:** Effet du chlorure de tétrazolium sur la viabilité des semences du brome rigide.

## Discussion

Les résultats de la germination et de la viabilité des graines de *B. rigidus* ont montré une variabilité en fonction des années de collecte et des traitements effectués. Ces résultats concordent avec les obtentions de travail de recherche de Lonchamp et Boulet. (1989) sur l'étude de la germination des semences de *Solanum elaeagnifolium* Cav., adventice de Tadla-Maroc tout en utilisant les mêmes traitements que ceux de notre étude. Ils ont démontré que le traitement avec le nitrate de potassium (1g/l) est moins efficace avec un pourcentage de germination qui est équivalent à 64% en présence de la lumière. Cependant le traitement avec l'azoture de sodium ( $\text{NaN}_3$ ) n'a aucune action sur la germination de la mauvaise herbe. Aussi la scarification chimique (traitement avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) est sans effet ce qui est expliqué par le fait que l'ensemble des populations étudiées subissent un abaissement de la capacité germinative. Dans tous les cas, le traitement d'une heure aboutit à la mort des semences, elles noircissent et moisissent très rapidement. Par contre, les semences dont l'embryon n'a pas été lésé lors des traitements d'une durée de 20 et 30 min germent très rapidement. Les semences les plus dormantes supportent mieux l'action de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Pour le traitement avec  $\text{AG}_3$  (1g/l), l'étude a montré que le taux de semences germées a atteint 80% et même à faible dose (0.01 g/l). Dans l'étude de Vincent et Roberts (1977), les auteurs ont montré que l'utilisation de l' $\text{AG}_3$  en mélange avec du  $\text{KNO}_3$  présente un effet synergique dans la levée de dormance pour *S. elaeagnifolium* Cav., Il est d'ailleurs possible d'apporter la solution bactérienne directement sur le sol de la culture.

Harradine (1986) a mentionné que plusieurs espèces de brome présentent une dormance innée qui peut durer des jours, des mois et mêmes des années. Ainsi, si les conditions favorables sont réunies en Automne, leur germination se produit rapidement. D'autre part, il a été rapporté dans plusieurs études que la germination du *B. rigidus* Roth. ne s'effectue que lorsque certaines conditions deviennent favorables dont l'humidité du sol (Villasenor et Arnold, 1989), la lumière (Jausein, 1989), la photosensibilité des bromes annuels et la profondeur d'enfouissement (Gleichsner et Appleby, 1989). En contrepartie, la germination des bromes est retardée en conditions sèches ensoleillées et elle s'active rapide après les premières pluies (Gill et Blacklow, 1984 ; Harradine, 1986). La germination dépend aussi du



degré de maturité et de la période de récolte des semences (Harradine, 1986). D'autres facteurs peuvent influencer la germination du brome à noter la compétition avec le blé *vis-à-vis* de l'eau, des éléments minéraux et de la lumière (Hamal, et al. 1997).

En revanche, les semences doivent être conservées au frais et au sec car de nombreux facteurs peuvent influencer leurs viabilités. Ce qui fait, il faut savoir que la germination des semences nécessite que ces dernières contiennent un embryon vivant parfois fragile qui donne naissance à la plantule. Donc afin de mettre en évidence la viabilité (l'embryon) des semences, il y a le chlorure de tétrazolium qui se présente sous la forme d'une poudre cristallisée de couleur blanche, soluble dans l'eau (Schilling et al.2012) et qui est réduit en 1,3,5-triphénylformazan, un colorant de couleur rouge, dans les tissus vivants, tandis qu'il demeure blanc dans les tissus nécrosés.

Donc la viabilité de la semence peut être perdue en conservant cette dernière dans de mauvaises conditions. Le travail effectué par Gninahi (1999) sur la compétition entre le brome rigide (*B. rigidus* Roth.) et le blé dur (*Triticum durum* Desf.) et la lutte intégrée dans le Sais, a montré que les semences du brome rigide restent viables au moins sept ans après leur maturation. Elles ne germent que si les conditions favorables sont réunies (viabilité des semences, lumière, température, humidité du sol, etc.). Ce qui est compatible avec les résultats obtenus dans notre étude, car dans le Sais, Hamal (1993) a rapporté que le rendement en semences du brome rigide varie de 63 à 786 Kg/ha en dépit des conditions hydriques défavorables. La densité et la biomasse du brome rigide varient d'une région à l'autre, d'une année à l'autre et même au cours d'une même année.

## Conclusion

Le brome rigide (*Bromus rigidus* Roth.) est une mauvaise herbe très difficile à contrôler à cause de sa grande adaptabilité aux conditions difficiles du climat. Ainsi, notre étude sur la germination et la viabilité des semences de cette espèce a permis de conclure deux points essentiels :

- La germination de cette espèce dépend étroitement de l'année de récolte et aussi du traitement chimique effectué.
- La viabilité des semences est de 7 ans au maximum.

## Conflits d'intérêts

"Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts".

## Références bibliographiques

- FAO (2021). World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2021. Rome.  
<https://doi.org/10.4060/cb4477en>
- FAOSTAT (2022). <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Gill G. and Blacklow S. (1984). Effect of great brome (*Bromus diandrus* L.) on the growth of wheat and great brome and their uptake of nitrogen and phosphorous. Australian Journal of Agricultural Research, 35:1-8.
- Gleichsner J. A. and Appleby A. P. (1989). Effect of depth and duration of seed burial on ripgut brome (*Bromus rigidus* Roth.). Weed Sci., 37: 68-72.  
<https://www.jstor.org/stable/4044758>.
- Gninahi Doue T. H. (1999). Compétition entre le brome raide (*Bromus rigidus* Roth.) et le blé dur (*Triticum durum* Desf.) et lutte intégrée dans le Sais. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, Ecole National d'Agriculture, Meknès, Maroc.
- Hamal, A. (1993). Concurrence entre Blé dur (*Triticum durum* Desf.) et une communauté d'adventices dominée par le brome dans le Sais. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle Institut Agronomique et Vétérinaire HASSAN II, Rabat.
- Hamal A. (2005). Élaboration des bases de gestion intégrée du brome raide (*Bromus rigidus* Roth.) dans la culture du blé dans le Sais, Maroc. Thèse de docteur ès-sciences agronomiques, IAV Hassan II.
- Hamal, A. (2015). Le brome rigide (*Bromus rigidus*), adventices des céréales dans les régions de Sais, Moyen Atlas et Zaer. Dans Guide Pratique pour la protection phytosanitaire des céréales et légumineuse. (F. Abbad Andaloussi Ed). Publication INRA-ICARDA. Pp: 18-27.
- Hamal A., Benbelle M., Rzozi SB., Bouhache M. and Msatef Y. (2001). Cartography and geographical spread of the weedy bromes (*Bromus* spp.) of cereals in the Sais area of Morocco. Mededelingen-Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent, 66(2b):761-768.
- Hamal A., Rzozi S. B. et Bouhache M. (1997). Biologie du brome raide (*Bromus rigidus* Roth.) dans le blé. Rapport d'activité Institut National de la Recherche Agronomique, Meknès.
- Hamal, A., Alaoui, S.B., Benbella, M., Bouhache, M. et Ameziane, T. (2007). Effet de la profondeur d'enfouissement sur la levée et la viabilité des semences de brome raide (*Bromus rigidus* Roth.). Al Awamia 121-122 : 52-68.
- Harradine A. R. (1986). Seed longevity and seeding establishment of *Bromus diandrus* L. Weed Res. 26:173-180.
- Jausein P. (1989). Photosensibilité des bromes annuels (*Bromus. Spp* L.) Weed Res. 29:53-63.
- Lonchamp J.P. et Boulet C. (1989). Etude de la germination des graines de *Solanum elaeagnifolium* Cav., adventice de Tadla (Maroc). Actes Inst. Agro. Vét., Vol.9 (3&4), 1989, 51-56.
- MAPM, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime. (2020). Circulaire relative à la commercialisation des céréales de la récolte 2020.
- MAPM, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime. (2015). Circulaire relative à la commercialisation des céréales de la récolte 2015.
- Schilling J., Freier K.P., Hertig E. and Scheffran J. (2012). Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco. Agric. Ecosyst. Environ., 156 : 12-26.  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Chlorure\\_de\\_triph%C3%A9nyl%C3%A9trazolum](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chlorure_de_triph%C3%A9nyl%C3%A9trazolum).

- Taleb M. et Rzozi B. (1997). Etude de la flore adventice de la canne à sucre dans la région du Loukkos (Maroc). *Biologie, Revue marocaine des sciences agronomique et vétérinaires*.
- Villasenor, J., and Arnold, B. C. (1989). Elliptical Lorenz Curves. *Journal of Econometrics*, 40, 327-338. [http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076\(89\)90089-4](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076(89)90089-4)
- Vincent E.M. and Roberts E.H. (1977). The interaction of light, nitrate and alternating temperature in promoting the germination of dormant seeds of common weed species. *Seed Sci. Technol.*, 5, 659-670.