

Université Ibn Khaldoun, Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master académique

En

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie.
Filière : Sciences Biologiques.
Spécialité : Biologie moléculaire et cellulaire.

Présenté par :

ALI Mohamed cherif.
BENELHADJ DJELLOUL Wafaa.
MAZARI Khadidja.

Intitulé

Etude de l'effet de l'acide salicylique sur la germination de la fève (*Vicia faba* L.).

Soutenu publiquement le : 05/07/2018

Devant les membres de jury :

Président	ACHIR H	MCB
Examinatrice	SOUALMI N.	MAA
Encadreur	SOUANA K.	MAA
Co-encadreur	TAÏBI K.	MCA

Remerciements

Nous remercions en premier lieu Dieu le tout puissant de nous avoir accordé la puissance et la volonté pour terminer ce travail.

Nous exprimons nos sincères et chaleureux remerciements et notre profonde gratitude à M. TAIBI K et M. SOUANA. K pour l'encadrement et fructueux conseils nous ont permis de mener à bien ce travail.

Merci pour ses lectures attentives, les conseils et les encouragements prodigués lors de la rédaction.

Nous remercions vivement les membres du jury Mm. SOUALMI.N d'avoir accepté de présider les jurys de ce travail et Monsieur ACHIR.M, qui nous a fait l'honneur de s'intéresser à notre étude et de juger ce travail, qu'il soit vivement remercié.

Également, nous tenons à remercier les enseignants, les responsables, nos amis, les bibliothécaires de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, mon père, qui peut être fière et trouver ici le résultat de longues années de privation. Ma mère, qui m'a toujours accompagné ainsi que ses précieux conseils, aucun mot ne saurait exprimer mon respect, mon amour et ma considération pour les scarifications que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. A mes frères Abdelnour et Anes, à ma sœur Fatima et son mari Abdelkader, à ma petite sœur Nesrine qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité, à mon très cher neveu Akram, à mes amies : Samira, Samra, Fatiha, Zohra, Rachida, Imene. G, Imen. K. Ikram, Rima, Aicha.

Wafaa



Dédicace

*«Je dédie ce modeste travail à **mes parents**, les plus belles créatures que Dieu a créées sur terre, À cette source de tendresse, de patience et de générosité,, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous.,*

*À mes frères **mhamed, khaled**, et mes chères sœurs*

*À tous mes amis (**fethi, kamel, rabah, mustapha, mostaki, kahlouch, mokhtar, hakim**) et mes collègues*

*À tous les étudiants de la spécialité "**Biologie moléculaire et cellulaire**"
promo2017/2018*

En reconnaissance de leurs aides, gentillesse et leur agréable compagnie »

Dédicace :

Je dédie ce travail :

à mais très chères parents ; qui m'ont encouragé et soutenu durant tout la période de mes études ils resteront toujours la bougie qui éclaire ma vie.

À mon très chère frère Mohamed Amir, à mes très chères sœurs Soumia, Bouchra, Iham, Manar, Manel.

mes amies

Amina, Atika, Aicha, Bakhta, Bouthayna, Fatiha, Fatima, Hayat, Houria, Khaira , Meriem, Nacira, Nawel, Rabia, Salima.

À tous mes enseignants qui ont contribués à la réalisation de ce travail.

Khadidja



Table des matières

Résumé

I-Liste des figures

II-Liste des tableaux

III-Liste des abréviations

Introduction 01

Synthèse bibliographique

1. L'acide salicylique.....	03
1.2. Historique.....	03
1.2. Propriétés physico-chimique.....	03
1.3. Biosynthèse.....	04
1.4. Le rôle de l'acide salicylique.....	04
1.5. Rôle de l'acide salicylique dans la tolérance des plantes au stress salin.....	05
1.7. Mode d'action.....	05
2. La fève (<i>Vicia faba L.</i>).....	06
2.1. Historique et origine.....	06
2.2. Classification botanique de la fève.....	06
2.3. Importance de la fève (<i>Vicia faba L.</i>).....	06
2.4. Description de la plante <i>Vicia faba L.</i>	07
2.5. Les variétés de la fève.....	08
2.5.1. Variétés très précoces.....	08
2.5.2. Variétés précoces.....	08
2.5.3. Les variétés demi-précoces.....	08
2.5.4. Variétés tardives.....	09

2.6. Intérêts cultureux de la fève (<i>Vicia faba</i> L.)	09
2.6.1. Intérêt agronomique	09
2.6.2. Intérêt alimentaire	09
3. La germination.....	10
3.1. Définition de la germination.....	10
3.2. La graine	10
3.3. Dormance des graines	10
3.4. Phases de germination.....	10
3.4.1. Phase d'imbibition	11
3.4.2. Phase de la germination	11
3.4.3. Phase de croissance	11
3.5. Importance adaptative de la graine	11

Matériel et Méthode

1. Objectifs de l'étude.....	12
2. Site et conditions de l'expérimentation	12
3. Matériel végétal	12
3.1. Préparation des semences	13
4. Préparation des solutions d'acide salicylique.....	13
5. Protocole expérimental	14
6. Paramètres étudiés	15
6.1. Paramètres de la germination	15
6.1.1. Cinétique de germination	15
6.1.2. Taux de germination (G)	15
6.1.3. Temps moyen de germination (TMG)	15

6.1.4. vitesse de germination	15
6.2. Paramètres moléculaires	16
6.2.1. Dosage des protéines solubles	16
6.2.2. Dosage des sucres solubles	16
6.2.3. Dosage de la proline	17

Résultats

1. Indices liés à la germination.....	18
1.1. Cinétique de germination	18
1.2. Taux de germination	20
1.3. Temps moyen de germination	20
1.4. Coefficient de variation de taux de germination.....	21
1.5. Synchronisation de processus de germination.....	22
1.6. Vitesse de germination.....	22
2. Paramètres moléculaires.....	23
2.1. Teneur en protéines solubles	23
2.2. Teneur en proline	24
2.3. Teneur en sucres solubles.....	25
Discussion	26
Conclusion	29

Références bibliographiques

Liste des figures

Figure n°1 : Molécule de l'acide salicylique.....	3
Figure n°2 : Biosynthèse de l'acide salicylique dans la plante.....	4
Figure n°3 : Fève.....	6
Figure n°4 : Graines de variété 'Aguadulce'.....	13
Figure n°5 : Graines de variété 'Histal'.....	13
Figure n°6 : Effet de l'apport exogène de l'acide salicylique à différentes concentrations sur la cinétique de germination du génotype 'Aguadulce'.....	18
Figure n°7 : Effet de l'apport exogène de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur la cinétique de germination du génotype 'Histal'.....	19
Figure n°8 : Effet de l'apport exogène de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur le taux de germination des deux génotypes de fève (Aguadulce et Histal).....	20
Figure n°9 : Effet de l'application de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur le temps moyen de germination de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Histal).....	21
Figure n°10 : Effet de l'application de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur le coefficient de variation du taux de germination de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Histal).....	21
Figure n°11 : Effet de l'application de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur la synchronisation de processus de germination de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Histal).....	22
Figure n°12 : Effet de l'apport exogène de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur le taux moyen de germination de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Histal).....	23
Figure n°13 : Effet de l'apport exogène de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur la teneur en protéines de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Histal).....	23
Figure n°14 : Effet de l'apport exogène de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur la teneur en proline de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Histal).....	24
Figure n°15 : Effet de l'apport exogène de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur la teneur en sucres solubles de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Histal).....	25

Liste des tableaux

Tableau n°1 : Production mondiale de fève.....7

Tableau n°2 : Composition chimique moyenne pour 100 g de fève.....9

Liste des abréviations

AS : Acide salicylique

C° : Degré de Celsius

mM : milli Mol

Résumé

La germination des graines est la première étape la plus importante dans la vie des plantes. Elle permet à la graine de passer de l'état de vie ralentie à l'état de vie active. Ce travail consiste à étudier l'effet de l'apport exogène de l'acide salicylique à des concentrations croissantes sur la physiologie et métabolisme liés à la germination des graines de deux génotypes de la fève *Vicia faba* L. à savoir Aguadulce et Hystal.

Dans l'ensemble, l'apport de l'acide salicylique améliore significativement la réponse physiologique liée à la germination. Concernant les paramètres moléculaires, l'acide salicylique induit une augmentation significative de la protéosynthèse, du métabolisme des sucres solubles et provoque l'accumulation de la proline.

Il est à noter que la réponse varie en fonction de la concentration utilisée de l'acide salicylique ainsi en fonction du génotype en étude.

D'autres études plus approfondies sont indispensables afin d'élucider le mécanisme d'action de cette hormone pour pouvoir l'utiliser dans les programmes d'amélioration des plantes surtout celles soumises aux stress.

Mots clés

Vicia faba L., acide salicylique, germination, réponse physiologique et moléculaire.

Abstract

The germination of seeds is one of the most important and the first stage of plant growth, it considers a physiological phase allows the seed to pass from the state of slowed life to the state of active life. This work consists in studying the effect of exogenous salicylic acid intake on the physiology and germination metabolite of seeds of two *vicia faba* L bean genotypes. (Aguadulce and Hista).

The contribution of salicylic acid at different concentration to the seeds of the bean improves the physiological response by studying certain parameter related to germination, concern the molecular parameters salicylic acid causes an accumulation of soluble proteins, proline and soluble sugar.

The response varies according to the concentration of salicylic acid; in molecular parameters a better response is obtained at high concentrations, in contrast to physiological parameters that support low concentrations of salicylic acid. Allows this study found that the effect of salicylic acid on seeds differs from genotype to genotype

Keywords

vicia faba L., salicylic acid, germination, physiological and molecular

ملخص

الإنبات هو احد أهم المراحل الأساسية لنمو النبات, حيث يعتبر المرحلة الفيزيولوجية التي تسمح للبذرة بتغيير حالتها الكامنة إلى الحالة النشطة. يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير حمض الصفصاف على فيزيولوجيا و استقلاب نوعين من التراكيب الوراثية للفول Histal وAguadulce

إضافة حمض الصفصاف بتركيز مختلفة على البذور يحسن الاستجابة الفيزيولوجية و هذا من خلال دراسة بعض المؤشرات المتعلقة بالانبات, اما بالنسبة للاستجابة الجزيئية فهو يسبب تراكم في نسبة البروتينات و السكريات القابلة للذوبان و البرولين.

تختلف الاستجابة اعتمادا على تركيز حمض الصفصاف, حيث تم الحصول على استجابة جيدة في تراكيز عالية بالنسبة للاستجابة الجزيئية, على عكس الاستجابة الفيزيولوجية التي تدعم تراكيز منخفضة من حمض الصفصاف. سمحت هذه الدراسة بمعرفة ان تأثير حمض الصفصاف على البذور يختلف من نمط جيني إلى آخر.

الكلمات المفتاحية

الانبات, حمض الصفصاف, الاستجابة الفيزيولوجية و الجزيئية.

Introduction

L'agriculture constitue un pilier fondamental dans l'économie mondiale et occupe une dimension sociale importante surtout dans les pays de l'Afrique du nord. Son rôle est très important dans le développement et la lutte contre la pauvreté et la famine (FAO 2016).

Selon le programme de nutrition mondial, 38 million de victimes sont mortes lors d'une crise sans précédent à cause de la famine en l'Afrique. De plus, plusieurs personnes sont menacées dans 25 pays par les problèmes de nutrition. Ces derniers sont la résultante de la sécheresse, les mauvaises récoltes et les différents problèmes biotiques et abiotiques associés (Chafi et Bensoltane 2009).

Les céréales et les légumineuses occupent la part importante dans le système alimentaire. Elles fournissent 60 % de l'apport calorique de la population humaine et 75 % de la contribution protéique mais malgré ceci la production reste toujours incapable de couvrir les besoins nécessaires (Chafi et Bensoltane 2009).

En Algérie, la culture des légumineuses alimentaires joue des intérêts économiques et nutritionnels importants (Boudjenouia et al 2003). Les légumineuses sont naturellement riches en fibres, protéines, vitamines, sels minéraux et contiennent deux fois plus de protéines que les céréales (FAO 2016). Les légumineuses les plus utilisées dans l'alimentation humaine sont l'haricot, les lentilles, les pois, les pois chiche et la fève.

La fève est classée parmi les plus vieilles espèces légumières introduites en l'agriculture (Péron 2006). C'est une plante riche en nutriments et constitue un aliment principal chez les populations qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animal. C'est une plante à intérêts multiples; en agronomie la fève améliore la teneur du sol en azote, du côté économique la production des légumineuses et surtout la fève occupe la première classe à l'échelle agricole surtout dans les pays méditerranéens (Mezani 2016).

Cette plante donne des graines que l'on peut manger mures, séchées ou cuites et aussi peut se conserver à l'état sec. La culture se fait à partir des graines, le contrôle de la production garantit une bonne qualité génétique et physiologique des semences pendant le processus de récolte et la conservation jusqu'aux semailles suivantes pour obtenir une bonne germination dans la nouvelle culture due à la qualité des semences utilisées car la majorité des pays ne produisent actuellement qu'une faible quantité à cause de la mauvaise qualité des semences, et l'utilisation des sols pauvres.

La germination est définie comme la somme des événements qui conduisent la graine sèche à germer, elle commence par la reprise du développement et du métabolisme et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire et l'émergence de la racine à travers les structures qui entourent l'embryon (Ben Dkhil et Denden 2010). On peut suivre cette phase par la mesure de la prise d'eau des graines. Divers mécanismes moléculaires et biochimiques interviennent dans ce processus (Fogliani and Burtet-Sarramegna 2013). Les phytohormones sont des molécules qui émettent des signaux chimiques à la plante. Ce sont des régulateurs utilisés pour contrôler des réponses physiologiques à l'intérieur de la plante. La première hormone qui a été découverte est l'auxine par la suite la gibbérelline, l'acide abscissique, cytokinine, et l'éthylène. Actuellement des nouvelles molécules ont été identifiées telles que l'acide salicylique (Grondin 2004). C'est un régulateur de croissance endogène de nature phénolique (Sakhabutdinova et al 2003) impliqué dans les différents stress biotiques et abiotiques, il joue un rôle dans la régulation du processus physiologique des plantes comme une signalé secondaire de défense, par l'activation des gènes de défense lors de l'agression par des pathogènes (Dolatabadian et al 2009).

Des études récentes indiquent que l'acide salicylique joue un rôle important dans la réponse adaptative des plantes aux stress osmotique, thermique et hydrique (Lee et al 2010). Cependant, l'effet de l'apport exogène de l'acide salicylique sur la germination des graines de la fève est à démontrer.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'acide salicylique à des concentrations croissantes sur la germination des graines de la fève *Vicia faba* afin de surmonter les problèmes rencontrés lors de la germination et pour améliorer la capacité germinative des semences.

Synthèse bibliographique

1. L'acide salicylique

L'acide salicylique, une phytohormone de nature phénolique, est impliqué dans la résistance aux différents stress abiotiques et participe dans la régulation des processus physiologiques (Hamsas 2013). En outre, c'est une molécule de signalisation impliquée dans la résistance des plantes aux maladies causées par les agressions pathogènes (Belguendouz et al. 2016) et comme une hormone végétale puissante participant dans les fonctions de régulation dans divers métabolismes de la plante (Raskin 1992). Il a été trouvé dans 36 espèces d'une grande importance agronomique (Hamsas 2013).

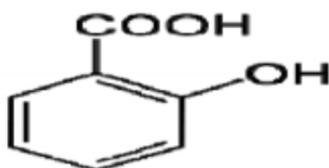


Figure 1. Molécule de l'acide salicylique (Belguendouz et al.2016).

1.2. Historique

Le nom d'acide salicylique vient du nom latin Salix, il est découvert en 1828 quand Johann Buchner a isolé une petite quantité de salicylique, le glucoside d'alcool salicylique, à partir de l'écorce de saule. La première production commerciale d'A.S synthétique a débutée en 1874 en Allemagne. Son dérivé acétylé (acide acétylsalicylique) a été introduit sous le nom commercial d'aspirine par l'entreprise Bayer en 1898, et est devenu le médicament le plus vendu dans le monde (Raskin 1992).

L'acide salicylique était utilisé par les indiens d'Amérique, pour traite les migraines, depuis longtemps (Hopkins 2003).

1.3. Propriétés physico-chimiques

L'acide salicylique ($C_7H_6O_3$), (acide O-hydroxybenzoïque), point de fusion $195^{\circ}C$, point d'ébullition $211^{\circ}C$ à 2666 Pa, il est modérément soluble dans l'eau mais hautement soluble dans des solvants polaires organiques.

1.4. Biosynthèse

L'acide salicylique est synthétisé à partir de deux voies chez les plantes. La première est la voie des phénylpropanoïdes, ou de l'acide benzoïque (Lepevoire 2003), Elle débute avec la phénylalanine. Cette dernière est transformée en acide cinnamique par la phénylalanine ammoniac lyase. L'acide cinnamique est ensuite transformé en acide benzoïque, qui est finalement hydroxylé par l'acide benzoïque -2- hydroxylase en acide salicylique (Dempsey et al. 1994)

Une deuxième voie de synthèse qui implique les enzymes isochorismate synthase (EC 5.4.99.6) et isochorismate pyruvate lyase qui catalysent les deux étapes de synthèse à partir de l'acide chorismique. Cette voie existe chez les bactéries et dans les chloroplastes de plantes (Dempsey et al. 1994)

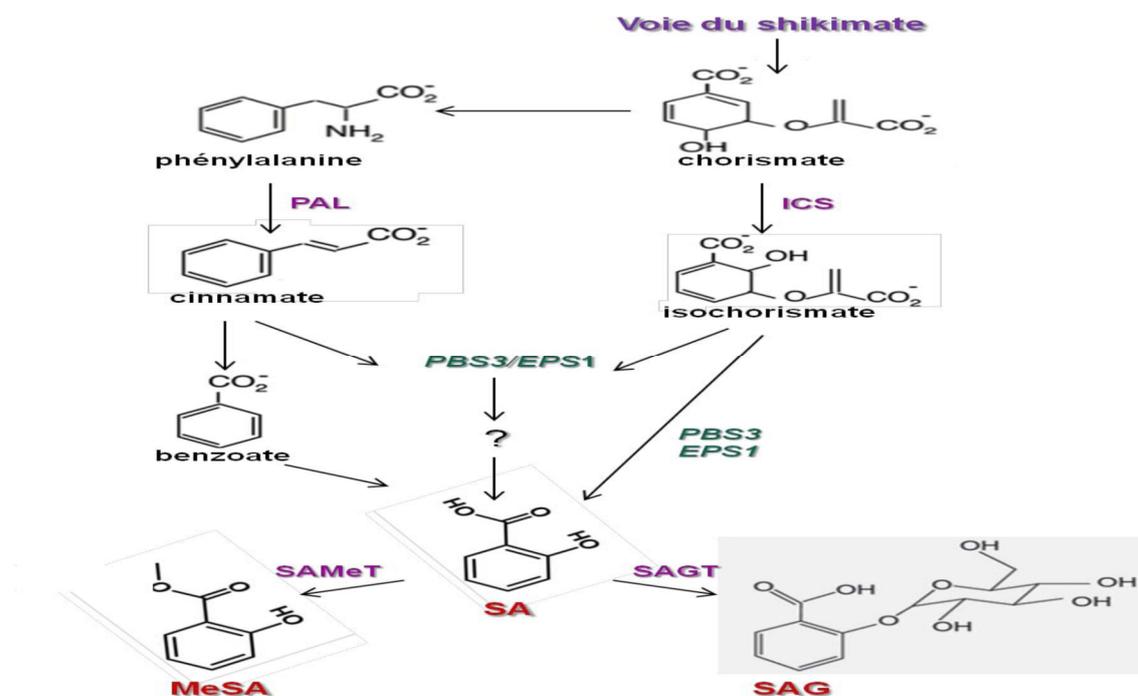


Figure 2 : Biosynthèse de l'acide salicylique dans la plante.

1.5. Le rôle de l'acide salicylique

L'acide salicylique est une molécule omniprésente impliqué dans plusieurs phénomènes physiologiques des plantes comme l'activation de réponses de défense de la plante contre les parasites (Raskin 1992). Il module aussi la mort cellulaire associée à la réponse hypersensible et la génération de radicaux libres (Dempsey et al. 1999; Shah et Klessig 1999).

Selon Raskin (1992), l'acide salicylique induit la floraison chez plusieurs plantes et contrôle l'absorption des ions par les racines et la conductivité stomatique. Des données expérimentales indiquent que l'acide salicylique participe dans le signal de la régulation des expressions des gènes de la sénescence des feuilles chez *Arabidopsis* (Morris et al. 2000). Il peut, en plus, servir comme un régulateur de gravitropisme et inhibe le mûrissement des fruits (Medvedev et Markova 1991)

Une activation de photosynthèse et une augmentation du rendement en grains sont enregistrées après injection directe de l'acide salicylique dans la tige du maïs (Zhou et al. 1999). Chez le soya, il semble que la vaporisation d'une solution aqueuse d'acide salicylique sur le feuillage stimule la croissance des tiges et racines sans affecter la photosynthèse (Gutierrez et al. 1998). Par contre, chez l'orge traitée à l'acide salicylique, (Janda et al. 1999) et (Uzunova et Popova 2000) ont remarqué la diminution de l'accumulation de biomasse, le ralentissement de l'expansion foliaire, l'abaissement du taux de photosynthèse, la réduction de la transpiration et la diminution de l'épaisseur du limbe et la taille des cellules épidermiques.

1.6.Rôle de l'acide salicylique dans la tolérance des plantes au stress salin

Plusieurs recherches indiquent que l'acide salicylique est une molécule qui induit la tolérance du blé au le stress salin (Shakirova et Bezrucova 1997), la résistance de la tomate et la fève à la baisse et l'augmentation des températures (Senaratana et al. 2000) ainsi qu'à l'action des métaux lourds sur le riz (Michra et Choudhuri, 1999).

1.7.Mode d'action

L'acide salicylique joue un rôle très important dans le développement et la régulation de la croissance des plantes, ainsi que leur réponse aux divers stress environnementaux (Senaratana et al. 2000). Lors d'une agression par des agents pathogènes, il s'est observé que la plante augmente sa concentration en acide salicylique, cela signifie qu'il s'agit d'une molécule nécessaire à l'activation de plusieurs réactions de défense de la plante (Smith et al. 1998), donc il existe une très bonne corrélation entre la teneur en acide salicylique et la capacité de résistance de la plante (Gozzo 2003).

2. La fève (*Vicia faba* L.)

2.1. Historique et origine

La fève (*Vicia faba* L.) figure parmi les légumineuses les plus anciennement cultivées. Selon Mathon (1985), cette est plante cultivée par l'homme depuis le Néolithique (7000 ans avant J.C), elle est originaire des régions méditerranéennes du Moyen-Orient. Peron (2006) signale que la fève, le pois et la lentille sont les plus vieilles espèces légumières introduites en agriculture, 10000 ans. A partir de son centre d'origine, elle s'est propagée vers l'Europe, le long du Nil, jusqu'en Ethiopie et de la Mésopotamie vers l'Inde. L'Afghanistan et l'Ethiopie deviennent par la suite, les centres secondaires de dispersion (Zaidi et Mahiout, 2012). En Egypte des graines de fève ont été trouvées dans les tombes de la XXIIe dynastie des Pharaons, 2002-2004 avant J.C.

2.2. Classification botanique de la fève

Wajciechowski et al.,(2004), cité la classification de la fève comme suit:

- **Règne:** Plantae
- **Sous-Règne:** Tracheobionta
- **Division:** Magnoliophyta
- **Classe:** Magnoliopsida
- **Sous-Classe:** Rosidae
- **Ordre:** Fabales
- **Famille:** Fabaceae
- **Genre:** *Vicia*
- **Espèce:** *Vicia faba* L.



Figure 3. Fève

2.3. Importance de la fève (*Vicia faba* L.)

Les légumineuses sont d'une importance incontestable, elles jouent deux rôles: dans l'amélioration de la fertilité du sol et dans l'alimentation humaine et du cheptel. Les légumineuses à graines permettent d'apporter au moins 33% des besoins humains en protéines alimentaires. Cette part est fournie essentiellement par les cultures du petit pois, le haricot, pois chiche, et fève (Vance et al. 2000). Ces cultures sont d'une importance considérable dans les pays d'Asie, du Nord et du Nord-est de l'Afrique

(Adne 2005). Selon la FAO (2011), la fève représente une production mondiale de 3515748 tonnes ; la chine est le plus grand pays producteur avec 1650000 tonnes pour la campagne 2009/2010, puis vient l’Ethiopie en deuxième position avec une production de 610845 tonnes et la France en troisième position.

Tableau 1. Production mondiale de fève, campagne 2009/2010 (FAOSTAT).

Position	Pays	Production (T)
1	Chine	1650000
2	Ethiopie	610845
3	France	438338
4	Egypte	297620
5	Maroc	153040
6	Australie	192000
7	Royaume-Uni	100000
8	Italie	97408
9	Tunisie	97408
10	Pérou	70210
11	République arabe syrienne	69634
12	Algérie	36495

2.4. Description de la plante *Vicia faba* L.

La fève (*Vicia faba* L.) est une plante herbacée annuelle, à tige simple, dressée, non ramifiée, creuse et de section quadrangulaire, se dressant à plus d’un mètre de haut du sol (Peron 2006). Les feuilles alternes de couleur vert glauque ou grisâtre composées de deux ou trois paires de folioles opposées de forme ovale, son système racinaire est développé et descend profondément dans le sol (Chaux et Foury 1994). La fève possède des fleurs qui sont généralement blanches avec des ailes noires, par deux à cinq petites grappes pédonculées (Guinoolhet et De Vilmorin 1984).

Les fruits sont de longues gousses vertes, épaisses, contenant de grosses graines ovales (Couplen et Marm 2009).

2.5. Les variétés de la fève

Il en existe deux sous-espèces, paucijuga et eu-faba. Dans la sous espèce eu-faba qui nous intéresse, on dénombre 3 groupes définis par la taille des graines : le premier groupe comporte des graines petites (*Vicia faba minor*) correspond au terme féverole utilisée pour l'alimentation du bétail, le deuxième groupe est défini par des graines moyennes (*Vicia faba equina*), et il est également destiné à l'alimentation du bétail et le troisième groupe est caractérisé par de grosses graines que l'on appelle communément fève (*Vicia faba majora*) destinées à la consommation humaine (Gallais et Bannerot 1992).

Il existe quatre variétés de fève :

2.5.1. Variétés très précoces

On rencontre dans ce groupe le type Muchaniel. Elle a des gousses de couleur vert clair, de 20cm de longueur en moyenne, renfermant 5 à 6 graines blanches, elle est très productive (Zaghouane 1991).

2.5.2. Variétés précoces

On rencontre dans ce groupe la Séville à gousses longues, renferment 5 à 6 graines volumineuses. Sa tige est d'une hauteur de 70cm, se distinguant des autres variétés par la couleur de son feuillage, d'un vert assez franc (Chaux et Foury 1994). Ses gousses présentent une largeur d'environ 3cm et une longueur de 25 cm (Laumonier 1979). Variétés demi-précoces.

2.5.3. Les variétés demi-précoces

appartiennent au type fève d'Aguadulce, elles sont caractérisées par une plante de végétation haute de 1,10 à 1,20m, et possèdent des gousses volumineuses et très longues, renferment 7 à 9 graines.

C'est une variété très productive (Chaux et Foury 1994). Elle est introduite en Algérie, avec la Séville, d'Espagne (Zaghouane 1991).

2.5.4. Variétés tardives

Elles ont une hauteur moyenne de 85cm, elles produisent de nombreuses gousses contenant 4 graines.

2.6. Intérêts cultureux de la fève (*Vicia faba* L.)

Elle est d'une importance incontestable, elle a deux intérêts

2.6.1. Intérêt agronomique

Elle contribue à l'enrichissement des sols en éléments fertilisants (Khaldi et al 2002). Elle est introduite en rotation avec les céréales, ou elles jouent un rôle non négligeable dans l'enrichissement des sols en azote (Rachef et al 2005), et grâce à son système racinaire puissant et dense elle améliore la structure du sol (HAMADACHE 2003).

2.6.2. Intérêt alimentaire

La fève est l'une des légumineuses à graines utilisée pour la consommation humaine et animale (Goyoaga et al. 2011). Elle constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faible revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (Daoui 2007).

Selon Gordon (2004), cette légumineuse est une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines (B9 et C) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc) et elle a une teneur en protéine très élevée.

Tableau 2. Composition chimique moyenne pour 100 g de fève (Fachmann et Kraut, 2006)

Compositions (g)	Vitamines (mg)
Glucides..... 10,0	Acide ascorbique.....82, 00
Protides 5, 40	Provitamine A(carotène)..... 0,100
Lipides 0,30	B1 (thiamine)..... 0,300
Eau 82,0	B2 (riboflavine)..... 0,200
Fibres alimentaire6,50	B3 (nicotamide).....1,800
Minéraux (mg)	Apports énergétiques
Potassium 210,0	K calories..... 64,00
Phosphore 105,0	K joules.....268,0
Calcium 24,0	
Magnésium18,00	
Soufre 27,00	
Sodium 4,00	
Chlore 14,00	

3. La germination

3.1. Définition de la germination

La germination est un processus très important dans le cycle de vie naturelle des plantes (Tobe et al. 2001), elle représente un stade physiologique qui correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine sèche à la phase de développement de la plantule. Elle commence dès que la graine sèche est hydratée (Anzala 2006).

Ce processus est affecté par plusieurs facteurs tels que les variations de température, les niveaux d'oxygène, la disponibilité de l'eau et l'absence de conditions environnementales inhibitrices (Yildiztugay et Kucukoduk 2012).

3.2. La graine

La graine est une structure qui contient l'embryon végétal elle se développe à partir de l'ovule fécondée chez les plantes à fleur. Elle est considérée comme un réservoir des substances nutritives (Indge 2007).

3.3. Dormance des graines

La vie ralentie est une forme de résistance aux conditions climatiques défavorables comme la température extrême et la sécheresse (Raven et al. 2007). Elle est caractérisée essentiellement par la diminution ou l'arrêt presque total du métabolisme (Prat 2007).

Elle permet aussi la germination au moment où les chances de survie des plantules sont les meilleurs (Raven et al. 2007), comme une période de forte précipitation pour les plantes des milieux désertiques, ou des températures hivernales froides pour les espèces, le niveau d'acide abscissique diminue et la germination peut débuter (Indge 2007).

3.4. Phases de germination

La germination représente plusieurs événements qui commencent avec l'imbibition et se terminent par l'émergence d'une partie de l'embryon (la radicule), à travers les tissus qui l'entourent (Bewley 1997).

Selon (Bove et al. 2001): la germination se compose de trois phases distinctes :

3.4.1. Phase d'imbibition

Correspond à une forte hydratation des tissus, accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire (Heller et al 2004). Elle implique un mouvement d'eau dans le sens du potentiel hydrique décroissant (Hopkins 2003).

3.4.2. Phase de la germination

Est caractérisée par une stabilisation de l'hydratation et de l'activité respiratoire à un niveau élevé, l'imbibition par l'eau est suivie d'une activation générale du métabolisme de la graine (Hopkins 2003).

3.4.3. Phase de croissance

Caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une élévation de la consommation d'oxygène, puis très rapidement, on assiste à une reprise des divisions et grandissement cellulaire (Hopkins 2003).

3.5. Importance adaptative de la graine

La graine présente des adaptations très importantes :

- Elle maintient un état de dormance lorsque les conditions sont défavorables et postpose la reprise du développement jusqu'à l'apparition de conditions meilleures.
- Elle assure une protection maximale à la plantule au stade le plus vulnérable de son développement.
- Elle contient des réserves alimentaires qui permettent à la plantule de se développer avant le début de son activité photosynthétique.
- Elle est adaptée à la dispersion, ce qui facilite la migration de la variété dans habitats nouveaux, il s'agit peut-être de l'adaptation la plus importante (Raven et al. 2007).

Méthodologie

1. Objectifs de l'étude

La présente étude a pour but d'éclaircir l'effet d'un apport exogène d'acide salicylique sur le comportement physiologique et moléculaire des graines de la fève (*Vicia faba* L.) au cours de la germination.

2. Site et conditions de l'expérimentation

Les différentes étapes d'expérimentation ont été faites au sein du laboratoire de Biologie Moléculaire et Cellulaire, Département de biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'Université « Ibn-Khaldoun » de Tiaret.

Tous les essais de germination ont été effectués in vitro, dans des boîtes de Pétri mises à l'étuve réglée à 25°C. La température ambiante du laboratoire, sous laquelle on a procédé aux mesures correspondant aux paramètres physiologiques et biochimiques, variait de 25°C à 27°C.

3. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de graines de deux variétés de fève (*Vicia faba* L.) nommées respectivement « Aguadulce » et « Hystal », toutes les deux introduites et très répandues sur le marché national des semences agricoles. Dès leur arrivée au laboratoire, les graines ont été conservées dans leurs emballages d'origine et dans des conditions d'entreposage optimales.

L'Aguadulce, aux de longues et larges gousses contenant 7 à 9 grains charnus et pouvant atteindre jusqu'à 35 cm, est une variété précoce, vigoureuse et très productive. Sa faculté germinative est estimée à 90 % avec un taux de pureté de 98 %. Les gousses contiennent de 6 à 7 grains et atteignent 23 à 24 cm de long.

A propos de la variété « Hystal », elle est semi- précoce de bonne résistance au froid. La plante est haute avec 4-5 tiges fortes et épaisses, ses feuilles sont grandes avec folioles ovales. Ses gousses longues de 30-33 cm de longueur et 3cm de large, contenant 7-8 grains de grande dimension.

3.1. Préparation des semences

Les graines sont désinfectées à l'eau de javel, rincées 3 fois à l'eau distillée, puis mises en culture dans des boîtes de Pétri. Les graines servant pour essai de germination sont réparties en lots de 10 graines disposées dans des boîtes de Pétri sur 3 couches de papier filtre stérile. Dans chaque boîte de Pétri sont versées 20 ml de la solution d'acide salicylique correspondante. Les cultures sont incubées à l'obscurité dans une étuve, à 25°C pendant 10 jours et mises sous contrôle quotidien et minutieux afin d'observer l'évolution de la germination.



Figure 04 : Graines de variété 'Aguadulce'

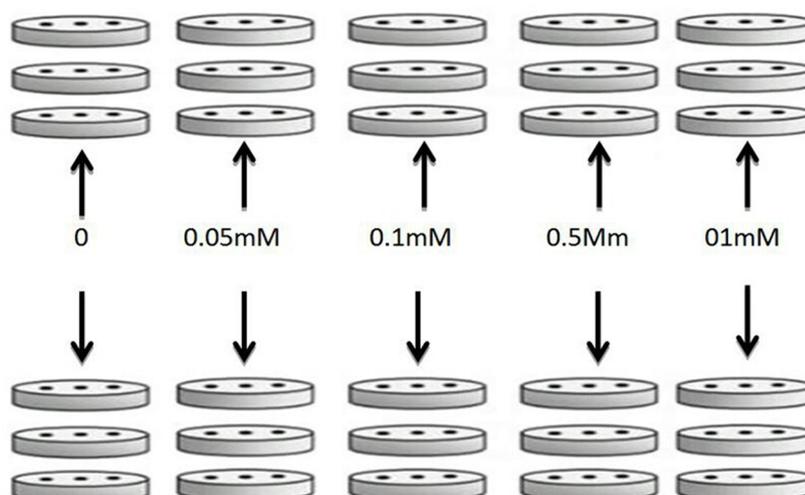


Figure 05 : Graines de variété 'Hista'

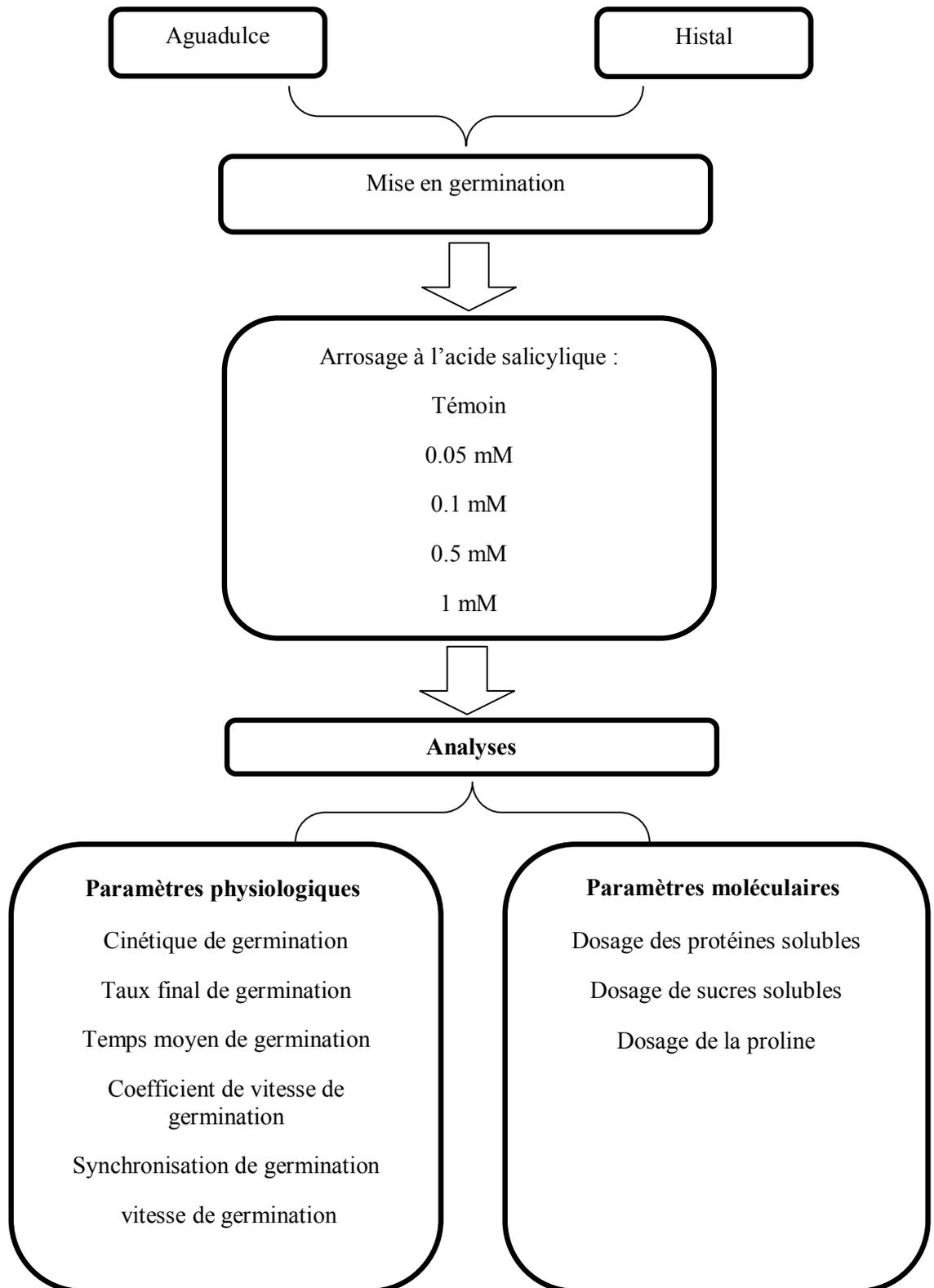
4. Préparation des solutions d'acide salicylique

mM	0	0.05	0.1	0.5	1
Gramme	0	0.0069	0.0138	0.069	0.138

Dispositif expérimental :



5. Protocole expérimental



6. Paramètres étudiés

6.1. Paramètres de la germination

6.1.1. Cinétique de germination

Elle correspond à la courbe de l'évolution du taux cumulé de germination pendant une période donnée, calculé sur la base du nombre de graines nouvellement germées à chaque observation (Hajlaoui et al. 2007)

6.1.2. Taux de germination (G)

Il est exprimé en pourcentage du nombre total des graines réellement germées par rapport au nombre total des graines mises à germer et équivaut le pouvoir germinatif de la variété (Come, 1975), soit le nombre total des graines germées à la fin d'expérimentation / le nombre des graines initiales utilisée *100.

$$\text{taux de germination}(\%) = \frac{\text{nombre de graines germées}}{\text{nombre total de graines}} * 100$$

6.1.3. Temps moyen de germination (TMG)

Selon Come (1970), elle peut s'exprimer en temps moyen de germination (TMG) équivalent à l'inverse du coefficient de vélocité multiplié par 100 du coefficient de Kotowski (1926) et conduisant à la formule suivante :

$$\text{TMG} = \frac{N_1 \times T_1 + N_2 \times T_2 + \dots + N_n \times T_n}{N_1 + N_2 + \dots + N_n}$$

N_1 = nombre de graines germées au temps T_1 .

N_2 = nombre de graines germées entre le temps T_1 et T_2

N_3, \dots, N_n = graines germées au temps T_3, \dots, \dots jusqu'au temps T_n

Dans nos calculs nous avons retenu les deux formules de Kotowski consistant à calculer le coefficient de vélocité (CV), et le temps moyen de germination TMG

6.1.4. vitesse de germination

Elle caractérise la variation dans le temps des taux de germination dès l'apparition de la première pointe de la radicule d'une des graines jusqu'à la stabilité de la germination. Elle peut s'exprimer par :

- Le taux de germination obtenu à un moment donné.
- Le temps nécessaire à l'obtention de 50% de germination.
- Le coefficient de vélocité (*CV*) proposé par KOTOWSKI (1926) avec un temps moyen de germination (TMG).

$$CV = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}{N_1T_1 + N_2T_2 + N_3T_3 + \dots + N_nT_n} \times 100$$

6.2. Paramètres moléculaires

6.2.1. Dosage des protéines solubles

Pour doser les protéines soluble, les embryons ont été coupés en petits morceaux, puis broyés indépendamment à froid dans de l'azote liquide en utilisant un mortier en porcelaine.

De chaque broyat du matériel végétal, on prend 100 mg auxquels on ajoute 1 ml du tampon d'extraction des protéines (20mM tris-HCL+150mM Na Cl+1%SDS). Le mélange est incubé à 42C° pendant 15 min, puis centrifugé pendant 15 min à 14000 t/mn.

On mélange 200µl du réactif de Bradford, avec 10µl du surnageant et 990µl d'H₂O et on lit les densités optiques à 595nm (Bradford 1976).

6.2.2. Dosage des sucres solubles

Pour extraire les glucides, 2 ml d'éthanol 80 % sont ajoutés à 100 mg du matériel végétal et laissés pendant 48h à une température ambiante.

Les tubes sont placés, par la suite, au bain marie à 70 C° afin d'évaporer l'alcool. On prend 1ml qu'on met dans un autre tube propre auquel sont ajoutés 1ml de phénol 5 % et 5ml d'acide sulfurique qu'on laisse reposer pendant 10 min avant de le placer dans le bain marie à 30 C° pendant 15 min. La densité optique des solutions obtenues est lue au spectrophotomètre UV à 490nm (Dubois et al. 1956).

6.2.3. Dosage de la proline

Après ajout de 2 ml d'éthanol dilué à 40 % à 100 mg de la matière végétale, les tubes sont placés au bain marie 85°C pendant 1h. 1ml de l'extrait est prélevé et mis dans un autre tube auquel est ajouté 1 ml de la solution (120 ml d'eau distillé + 300ml d'acide acétique + 80ml d'acide orthophosphorique + 25mg de ninhydrine), qu'on chauffe pendant 30 min au bain marie à 100°C, puis on laisse refroidir en ajoutant, ensuite, 5ml de toluène et un peu de NaSO₄. La densité optique est lue à 528 (Bates et al. 1973).

Résultats

Résultats

La germination des graines est souvent considérée comme étant le premier stade sensible de la vie des plantes. La compréhension et la maîtrise des facteurs qui influencent la germination des graines peuvent améliorer significativement le taux de réussite des plantules.

1. Indices liés à la germination

1.1. Cinétique de germination

Dès le premier jour de germination, le nombre des graines germées du génotype ‘Aguadulce’ augmente graduellement sous l’effet des différentes concentrations de l’acide salicylique dans le milieu. La cinétique de germination est passée par deux phases bien distinctes ; du premier au quatrième jour, la germination s’est déroulée à une vitesse intense, mais au-delà du quatrième jour, elle commence à se stabiliser légèrement.

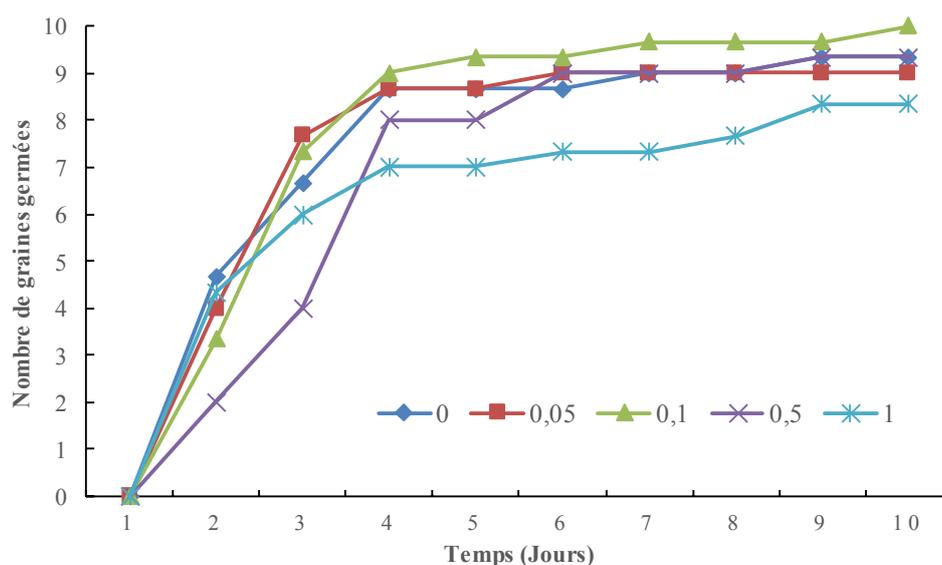


Figure 6. Effet de l’apport exogène de l’acide salicylique à différentes concentrations sur la cinétique de germination du génotype ‘Aguadulce’.

Durant la première phase citée, la vitesse de germination des graines traitées à 0.5 mM d’acide salicylique (AS) est la moins rapide en comparaison au témoin et aux autres concentrations. A partir du deuxième jour, la vitesse de germination des graines traitées à 1 mM d’AS commencé à se réduire par rapport aux vitesses correspondantes au témoin et aux autres traitements qui entraînent des vitesses de germination presque similaire.

Toutefois, le taux de germination est à son maximum sous la concentration 0.1 mM AS quoique le taux de germination le plus faible est enregistré sous la concentration à 1 mM.

De même pour le génotype ‘Histal’ ; la vitesse de germination s’accélère du premier au cinquième jour puis se stabilise après. Néanmoins, le nombre de graines germées reste inférieur à 80 % pour l’ensemble des traitements.

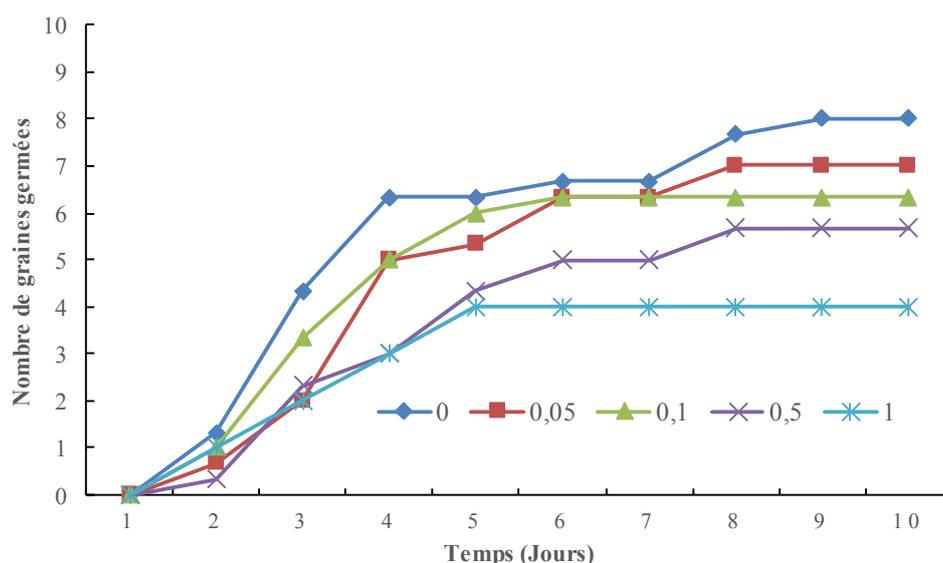


Figure 7. Effet de l’apport exogène de l’acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur la cinétique de germination du génotype ‘Histal’.

La cinétique de germination sous l’effet des différents traitements à l’acide salicylique reste inférieure en comparaison par rapport au témoin. Dès le démarrage, les graines traitées aux concentrations d’AS respectives 0.5 et 1 mM ont germé à une vitesse inférieure à celle des graines ayant germé dans les autres milieux. De plus, le nombre le plus faible de graines germées est enregistré sous la concentration 1 mM.

1.2. Taux de germination

Le taux de germination chez le génotype ‘Aguadulce’ s’avère nettement supérieur à celui du génotype ‘Histal’ dans le traitement témoin et les conditions soumises à l’effet de l’apport exogène de l’acide salicylique.

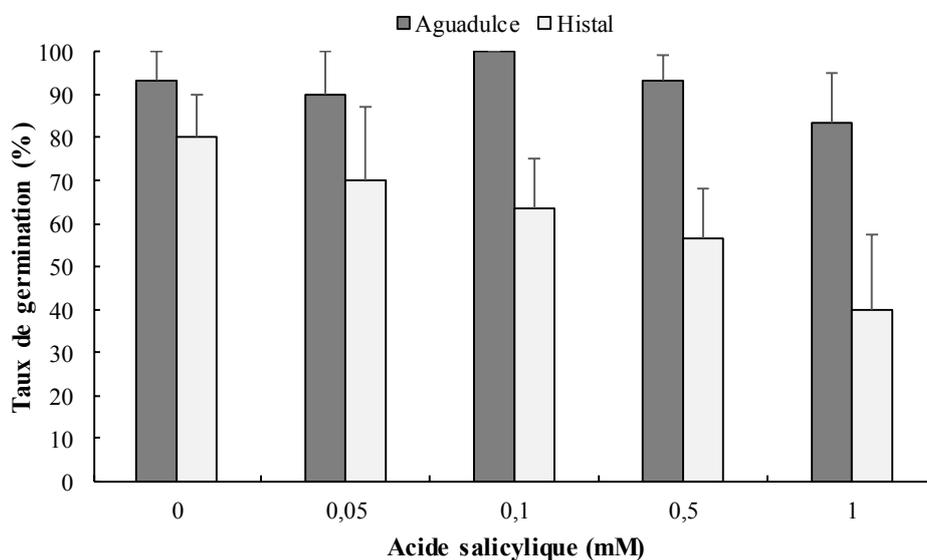


Figure 8. Effet de l’apport exogène de l’acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur le taux de germination des deux génotypes de fève (Aguadulce et Histal).

Les valeurs de cet indice diminuent significativement chez le génotype ‘Histal’ au fur et à mesure que la concentration de l’acide salicylique augmente dans le milieu. Cependant, chez le génotype ‘Aguadulce’, cet indice augmente sous l’effet de la concentration de 0.1 d’acide salicylique, il reste sans aucune variation lorsque la concentration s’élève à 0.5 mM et diminue sous traitement à 0.05 et 1 mM.

1.3. Temps moyen de germination

Le temps moyen de germination du génotype ‘Aguadulce’ s’avère significativement inférieur à celui du génotype ‘Histal’. Ce temps a modérément diminué sous l’effet du traitement à 0.05 mM d’AS par rapport au traitement témoin. En augmentant la concentration de l’hormone respectivement à 0.1 et 0.5 mM, la valeur de cet indice augmente alors qu’elle demeure inchangée sous le traitement à 1 mM.

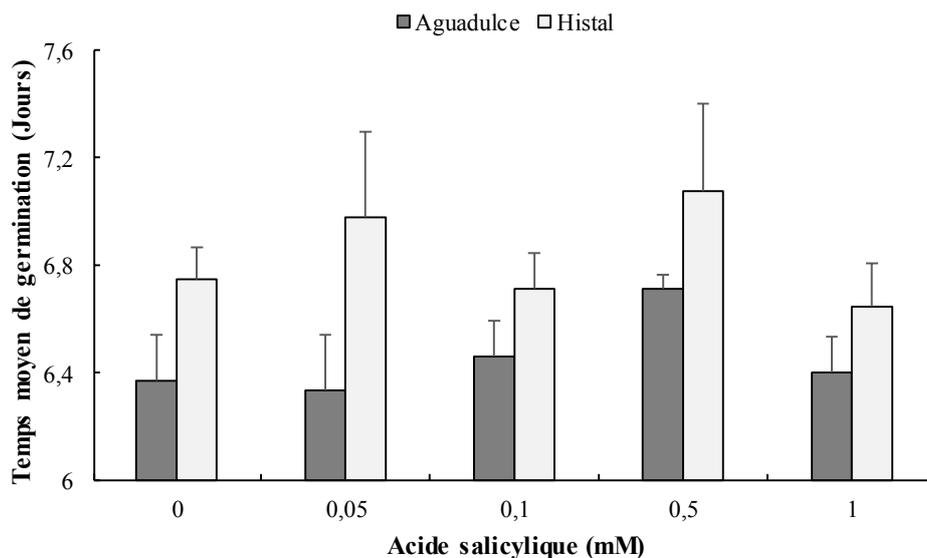


Figure 9. Effet de l’application de l’acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur le temps moyen de germination de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Hystal).

Quant au génotype ‘Hystal’, le temps moyen de germination augmente sous l’effet du traitement à 0.05 et 0.5 mM d’AS alors qu’il demeure inchangé sous traitement à 0.1 et 1 mM par rapport au traitement témoin.

1.4. Coefficient de variation de taux de germination

Le coefficient de variation du taux de germination renseigne l’hétérogénéité observée entre les graines du même lot lors de la germination. Les valeurs de cet indice diminuent respectivement chez le génotype ‘Aguadulce’ lorsque la concentration de l’acide salicylique augmente quoiqu’il augmente lorsque la concentration de l’hormone passe à 1 mM.

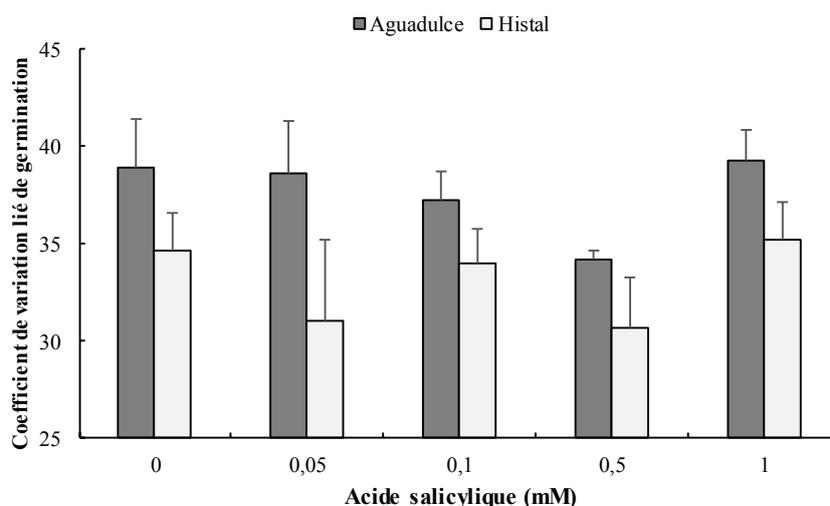


Figure 10. Effet de l’application de l’acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur le coefficient de variation du taux de germination de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Hystal).

Ce coefficient diminue graduellement en réponse à l'élévation de la concentration de l'acide salicylique chez le géotype 'Histal'. Néanmoins, les valeurs obtenues sous l'effet de la concentration à 1 mM sont presque identiques à celles obtenues chez le traitement témoin.

1.5. Synchronisation de processus de germination

La synchronisation constitue un indice complémentaire au coefficient de variation et renseigne l'homogénéité de la germination des graines du même lot. Les valeurs de cet indice demeurent inférieures chez le géotype Aguadulce sous des concentrations en acide salicylique inférieures à 0.05 mM puis la situation devient inverse au-delà de cette concentration.

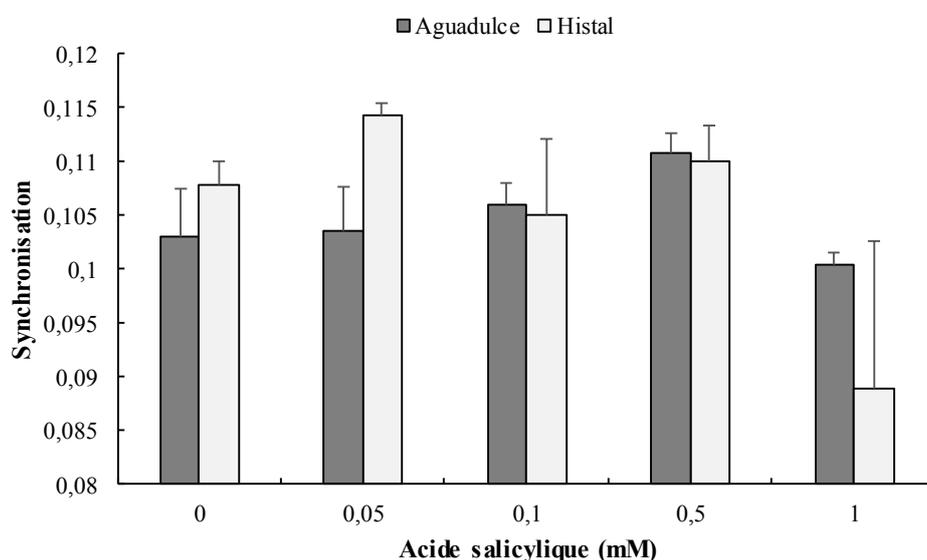


Figure 11. Effet de l'application de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur la synchronisation de processus de germination de deux géotypes de la fève (Aguadulce et Histal).

Les valeurs de cet indice atteignent leur maximum sous les concentrations en acide salicylique de 0.05 mM et 0.5 mM respectivement chez les géotypes Histal et Aguadulce en ordre.

1.6. Vitesse de germination

La vitesse de germination du géotype 'Aguadulce' est supérieure à celle du géotype 'Histal'. Les valeurs de cet indice augmentent sous l'effet de l'application de l'acide salicylique à 0.05 mM puis diminuent suite à l'augmentation de la concentration de l'acide salicylique dans le milieu chez le géotype 'Aguadulce'.

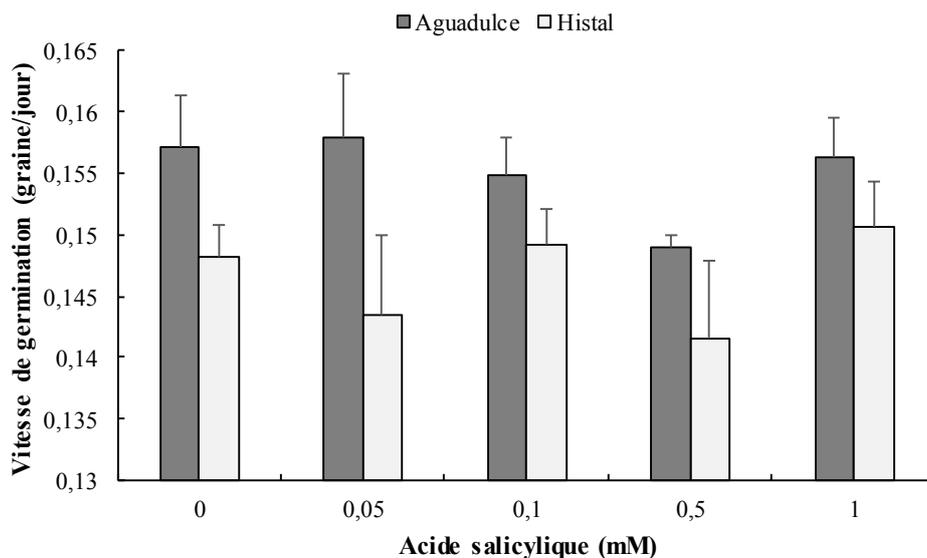


Figure 12. Effet de l’apport exogène de l’acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur le taux moyen de germination de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Hystal).

En ce qui concerne le génotype ‘Hystal’, les valeurs de cet indice augmentent sous l’effet des concentrations 0.1 et 1 mM quoiqu’elles diminuent sous l’effet des autres concentrations.

2. Paramètres moléculaires

2.1. Teneur en protéines solubles

La teneur en protéine augmente dans les embryons en germination systématiquement avec l’augmentation de la concentration de l’acide salicylique dans le milieu d’une manière comparables chez les deux génotypes ‘Aguadulce’ et ‘Hystal’.

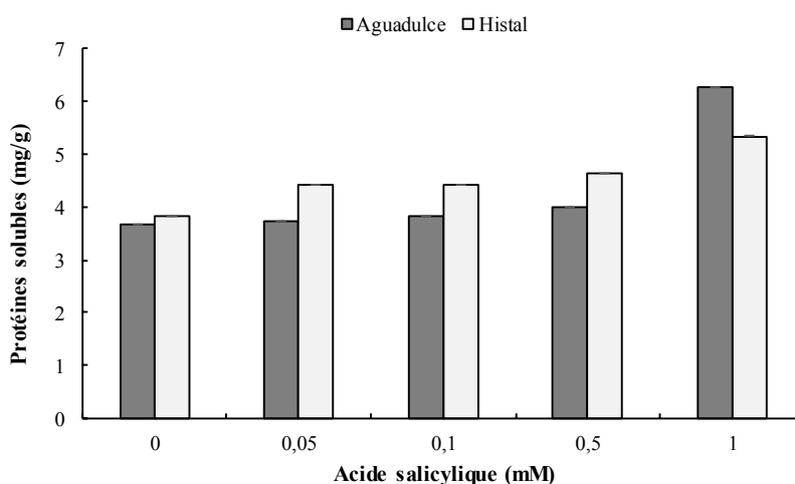


Figure 13. Effet de l’apport exogène de l’acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur la teneur en protéines de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Hystal).

Toutefois, les teneurs en protéines demeurent élevées chez le génotype Hстал sous les conditions de contrôle et celles soumises à l'apport exogène de l'acide salicylique à des concentrations inférieures à 0.5 mM cependant, la situation devient inverse sous l'effet de l'acide salicylique à 1 mM.

2.2. Teneur en proline

La proline constitue un marqueur moléculaire important de l'état de stress des tissus végétaux notamment les embryons en germination. La teneur en proline s'avère nettement supérieure dans les embryons du génotype Hстал sous les conditions contrôles et celles soumises à l'apport de différentes concentrations de l'acide salicylique.

Ces teneurs augmentent significativement d'une manière systématique chez les deux génotypes sous l'effet de l'augmentation de la concentration de l'acide salicylique dans le milieu.

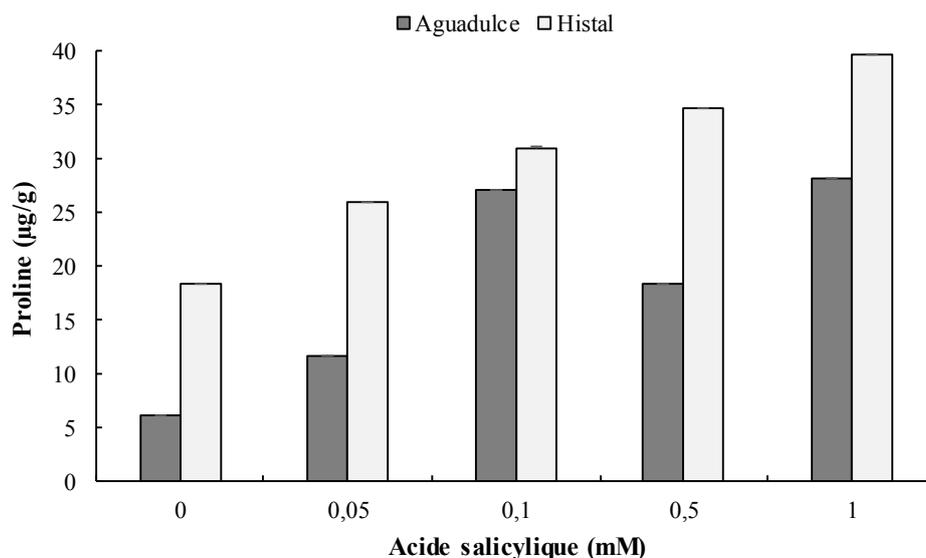


Figure 14. Effet de l'apport exogène de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur la teneur en proline de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Hстал).

Toutefois, l'augmentation est plus prononcée chez le génotype Hстал par rapport au génotype Aguadulce. Les teneurs en proline passent de 17 µg/g sous les conditions témoins à 40 µg/g sous la concentration 1 mM AS dans les embryons du génotype Hстал alors qu'elles passent de 6 µg/g à 28 µg/g dans les embryons du génotype Aguadulce.

2.3. Teneur en sucres solubles

Les sucres solubles sont souvent considérés comme des marqueurs potentiels de stress chez les plantes. La teneur en sucres solubles s'élève suite à l'augmentation de la concentration de l'acide salicylique dans le milieu chez les deux génotypes

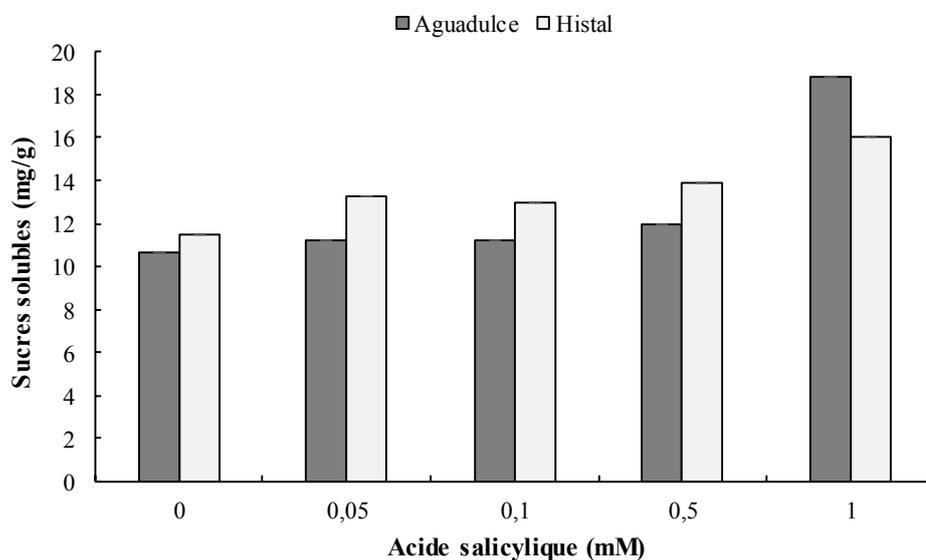


Figure 15. Effet de l'apport exogène de l'acide salicylique (AS) à différentes concentrations sur la teneur en sucres solubles de deux génotypes de la fève (Aguadulce et Histal).

Il est à noter que les teneurs en sucres solubles demeurent supérieures dans les embryons du génotype 'Histal' sous les conditions de contrôles et celles soumises à une concentration en acide salicylique inférieure à 0.5 mM alors que la situation s'inverse quand la concentration en AS passe à 1 mM.

Discussion

Discussion

La germination constitue un évènement important déterminant du succès ou de l'échec de l'établissement des plantes qui sont sujettes à de multiples difficultés lors de leur développement. Ces obstacles réduisent la capacité germinative et entraînent des changements dans la physiologie, morphologie et le métabolisme de la plante et par conséquent sur sa production (Farajollahi et al. 2014).

L'acide salicylique est l'un des hormones végétales découverts récemment qui jouent un rôle important dans la croissance et le développement de la plante ainsi dans la défense aux différentes contraintes abiotiques (Misra et Saxena 2009).

A travers cette étude, l'apport exogène de l'acide salicylique a été évalué sur les graines de deux génotypes de la fève *Vicia faba* L. à savoir 'Aguadulce' et 'Histal' à travers l'analyse des indices liés à la germination et les paramètres moléculaires.

L'apport exogène de l'acide salicylique sur les graines en germination induit l'augmentation de la cinétique de la germination chez le génotype 'Aguadulce' à des concentrations supérieures à 0.1 mM. Par contre, l'effet inverse a été observé chez le génotype 'Histal'. Des résultats similaires ont été observés par Jini et Joseph (2017) lors de l'étude de l'effet de l'acide salicylique sur deux génotypes de riz *Oryza sativa* (ASD16 et BR26) ayant montré que l'effet de l'acide salicylique sur la réponse physiologique et moléculaire de la plante diffère en fonction de la variété en question et non seulement des conditions externes dans lesquelles croit cette plante.

L'application de l'acide salicylique provoque une diminution significative du taux de germination chez le génotype 'Histal'. Da Silva et al. (2018) trouve que le taux de la germination diminue également suite à l'augmentation de la concentration de l'acide salicylique aux plantes de Basilic *Ocimum basilicum* L.. Cela ne peut être expliqué que par un éventuel effet allélopathique induit par cette hormone et qui peut même induire la mort cellulaire dans certaines conditions. La concentration de l'acide salicylique à 0.1 mM provoque une augmentation remarquable du taux de germination chez le génotype 'Aguadulce'. Les mêmes résultats ont été obtenus par Jiriaie et al. (2013) montrant que l'acide salicylique provoque l'augmentation du taux de germination des graines de blé dur *Triticum durum* sous la concentration 0.1 mM.

L'acide salicylique induit de même la diminution du temps moyen de la germination des graines du génotype 'Aguadulce' sous l'effet de la concentration 0.05 mM. Jamshidi et al. (2012) ont rapporté que la concentration 0.05 mM de l'acide salicylique provoque la diminution du temps moyen de germination chez le carthame *Carthamus*. Cependant, cet effet n'a été remarqué que sous la concentration élevée à 1 mM chez le génotype 'Histal'. Sharafizad et al. (2013) ont signalé que les concentrations élevées de l'acide salicylique sont capables de diminuer le temps moyen de germination chez le blé *Triticum durum*.

L'apport exogène de l'acide salicylique à une concentration élevée à 0.5 mM induit la diminution du coefficient de variation du taux de germination des deux génotypes. Les travaux de Sharafizad et al. (2013) montrent le même effet chez le blé dur *Triticum durum*. Néanmoins, la synchronisation de germination augmente sous l'apport exogène de l'acide salicylique à une concentration de 0.05 mM, chez le génotype 'Histal' et sous une concentration supérieure chez le génotype 'Aguadulce'.

Quand la concentration de l'acide salicylique dépasse 0.05 mM, la vitesse de germination diminue significativement chez le génotype 'Aguadulce'. Cependant, la concentration élevée à 1 mM induit l'accélération de la vitesse de germination. Des résultats similaires ont été rapportés par Sharafizad et al. (2013).

Selon Rajasekaran et al. (2002) et Shakirova et al. (2003), la germination des graines est encouragée par l'application de l'acide salicylique. Gutierrez-Coronado et al. (1998) ont signalé une augmentation de la croissance des pousses de plantes de soja sous les conditions normales en réponse au traitement par l'AS.

La teneur en protéine augmente significativement sous l'influence de l'apport exogène de l'acide salicylique chez les deux génotypes 'Aguadulce' et 'Histal'. Gu et al. (2016) ont rapporté le même résultat chez *Lactuca sativa* var. *crispa* L. De même, Rajou et al. (2006) ont signalé que la teneur en protéines augmente sous l'effet de l'acide salicylique chez les graines d'*Arabidopsis thaliana*. Les analyses protéomiques ont révélé l'accumulation des protéines néosynthétisées, les résultats combinés ont révélé plusieurs processus susceptibles d'être touchés par l'acide salicylique. Cette molécule a amélioré la réinduction du programme de maturation tardive au cours des premières étapes de la germination permettant ainsi aux graines en germination de renforcer leur capacité à induire des réponses adaptatives au stress hydrique environnemental. D'autres processus affectés par l'acide salicylique concernent la qualité de la traduction des protéines, l'amorçage du métabolisme des semences.

L'ajout de l'acide salicylique dans le milieu de germination augmente la teneur en sucre soluble chez les deux génotypes par rapport aux témoins. Abdul Qados (2015) a constaté les mêmes observations chez la fève *Vicia faba* L.

La teneur en proline augmente systématiquement au cours de l'augmentation de la concentration de l'acide salicylique dans le milieu chez les deux génotypes. Des résultats similaires sont obtenus chez la lentille par Misra et Saxena (2009). (2009) montrant que la présence de l'acide salicylique dans la solution l'arrosage augment respectivement la teneur de la graine en proline.

Conclusion

Conclusion

La germination des graines constitue une étape très importante dans le cycle de vie des plantes. Elle représente un stade physiologique transitoire entre la phase de vie en dormance de la vie active. Lors de ce stade, la graine s'expose à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques pouvant inhiber sa capacité germinative ce qui lui permet de manifester un comportement de défense naturelle ou adaptatif vis-à-vis ces conditions défavorables. Cela se traduit par la sécrétion de molécules de signalisation qui induisent toute une cascade de réactions biochimiques au niveau cellulaire et qui migrent, par la suite, à travers la plante entière pour induire, enfin, un système physiologique adaptatif ; l'acide salicylique en est une.

A cet égard, le présent travail porte sur la mise en germination des graines de deux génotypes de la fève *Vicia faba* L. à savoir Aguadulce et Hystal dans des milieux de germination enrichis par des concentrations croissantes en acide salicylique (0.05, 0.1, 0.5 et 1 mM).

Les résultats obtenus montrent que l'apport exogène de l'acide salicylique améliore significativement la réponse physiologique et moléculaire des graines des deux génotypes de la fève en germination. Cependant, cet effet demeure proportionnel en fonction de la concentration appliquée et le génotype en étude.

L'acide salicylique induit la diminution du temps moyen de la germination des graines tout en accélérant la vitesse de germination et ce passe à travers l'induction de la protéosynthèse, le métabolisme des carbohydrates et l'accumulation de la proline.

Références bibliographiques

Abdul Qados A. 2015. Effects of Salicylic Acid on Growth, Yield et Chemical Contents of Pepper (*Capsicum Annuum* L.) Plants Grown Under Salt Stress Conditions. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. Vol 8 (2) 107-113.

Adne A. 2005. Charactization and genome organization of new lute viruses and Nano viruses infecting cool season legume food edit cuvillier verlag Gottingen,pp157.

Anzala F J. 2006. Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*Zea mays*) : étude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. Thèse de doctorat ; Université d'Angers ; 148 p.

Bates L S, Waldren R P and Teare J D. 1973. Rapid determination of proline for water stress studies. Plant Soil 39:205–207.

Bendkhal and Denden. 2010. Effet du stress thermique sur la germination, la dégradation des réserves protéiques et minérales des graines du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.).

Bewley J D. 1997. Seed germination and plant dormancy. Plant Cell 9: 1055.

Boudjenouia A, Fleury A and acherifte A. 2003. Les légumineuses alimentaires dans les zones périurbaines de Setif (Algérie): analyse d'une marginalisation. NEW MEDII.04:23-27.

Bove J, Jullien M and Grappin P. 2001. Functional genomics in the study.

Bradford M. 1976. A Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of proteins utilizing the principal of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72 :248-254.

Fogliani B and Burtet-Sarramegna V.2013. Caractérisation Biochimique et Moléculaire de Mécanismes de la Germination d'Espèces Endémiques de Nouvelle-Calédonie.thèse. Université de la Nouvelle-Calédonie.

Chafi and Bensoltane. 2009. *Vicia faba* (L), A Source of Organic and Biological Manure for the Algerian Arid Regions. World Journal of Agricultural Sciences. 5 (6): 698-706.

Chaux C and Foury C L. 1994. Production légumière : légumineuses potagères, légumes fruits. Ed. TEC et DOC. Lavoisier, p 563.

Côme D. 1970. Les obstacles à la germination. Ed. Masson et Cie, p 162.

Côme D. 1975. Quelques problèmes de terminologie concernant les semences et leur germination. Ed. Gauthier-Villars, Paris; p.11-26.

Couplen A and Marm C. 2009. Jardinez au naturel. Le jardin plus bio facile, p 249.

Da Silva T, Nóbrega J, Figueiredo F, De Sousa L, Da Silva Ribeiro J, Bruno R, Dias T and Albuquerque M. 2018. *Ocimum basilicum* L. Seeds Quality as Submitted to Saline Stress and Salicylic Acid. Journal of Agricultural Science. Vol 10(5) :159-166.

Daoui K. 2007. Recherché de stratégies d'amélioration de l'efficience d'utilisation des phosphores chez la fève (*vicia faba* L) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse de doctorat, science agronomiques et ingénierie biologique. Louvain, p 227.

Dempsey E, Norlyn J D, Rush D W, Kingsbury R W, Kelley D B. 1994. Effect of salt stress on germination and seedling growth in serially harvested aubergine (*solanum melongena* l.) seeds during development. Is. Jour n. Pl. Sc. 51: 125-131.

Dempsey D M A, Shah J and Klessig D F. 1999. Salicylic acid and disease resistance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences, 18: 547-575.Paris. France. P.161.

Dolatabadian A, Ali Mohammed S, Sanavy M and Sharifi M. 2009. Effect of salicylique acid and salt on wheat seed germination. Soil and Plant Science.59:456-464.

Dubois M, Gilles K A, Hamilton J K, Rebers P A and Smith F. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances.

FAO().2011.la situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. ISSN 0251-1460.

Fachmann K and Kraut L. 2006. l'intéret de la fève. Ed Broude.paris.pp 74.

Farajollahi A, Gholinejad B and Jonaidi Jafari H. 2014. Effects of Different Treatments on Seed Germination Improvement of *Calotropis persica*. Hindawi Publishing Corporation Advances in Agriculture.

Gallais A and Bannerot H. 1992.Amélioration des espèces végétales cultivées: objectifs et critères de sélection. Paris: INRA, 768 pp.

Goyoaga C, Burbano C, Cuadrado C, Romero R, Guillamone D, Varela A, Pedrosam M and Muzquiz M. 2011. Content and distribution of protein, sugar and inositol

phosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of *Vicia faba*. *J Food Compost Anal*, 24:391-397.

Goozo F.2003. Systemic acquired resistance in crop protection : from nature to chemical approach *J.Agric food chem* 51 :4487-4503.

Gordan M M. 2004. Haricots secs: situation, prospective et agroalimentaires. Botanique, édition Masson, Canada. 1-7.

Grondin J.2004. Effet de phytohormones sur les réactions de défense de l'érable à sucre (*acer saccharum marsh.*) suite à l'entaillage et à d'autres types de blessure mécanique.thèse. Faculté de Foresterie et de Géomatique .Université LAVAL.

Gu J T, Kang J, Lian J, Zhang X C, T T, Zhang T T et Zhang J F. 2016. Effects of salicylic acid on seed germination and biochemical properties in seedlings of *Lactuca sativa* L. Under high temperature stress. *Acta Horti*. 1123 :117-122.

Guinochet M and De Vilmorin R. 1984. Flore de France, Editions du CNRS. Paris. p1879.

Gutierrez-Coronado M, Trejo-Lopez C and Larque-Saavedra A. 1998. Effects of salicylic acid on growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*. 36: 653-665.

Hajlaoui H, M. Denden M and Bouslama M.2007. Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*. 25 (3): 168-173.

Hamadach A. 2003. La féverole, *Inst. Techn. Gr. Cult. (T.T.G.C)*, p 13.

Hamdy A and Lasram M. 1995. Les problèmes de salinité dans la zone méditerranéenne. *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France*. Vol.81n°2, p. 47-60

Hamsas Soumaya. 2013. Effet combiné de la salinité et de l'acide salicylique sur le comportement des graines et des plantes juvéniles du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.).Université D'Oran.

Heller R, Esnault R and Lance C. 2004. *Physiologie végétale II*

Hopkins W G. 2003. Physiologie végétale. De Boeck Bruscelles p 461-476.

Indge B. 2007. La Biologie de A à Z. Ed Dunod, Paris. France. p.123, 130.

Jamshidi jam B, Shekari F, Azimi M R AND Zangani E. 2012. EFFECT OF PRIMING BY SALICYLIC ACID ON GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF SAFFLOWER SEEDS UNDER CACL2 STRESS. International Journal of Agriculture. Vol 2 (S) :1097-1105.

Jini D, Joseph B. 2017. Physiological Mechanism of Salicylic Acid for Alleviation of Salt Stress in Rice. Rice Science. Vol 24(2): 97–108.

Jiriaie M, Fateh E, Shahbazi S and Jashni R. 2013. Effect of Salicylic Acid and Seed Weight on Germination of Wheat (Cv. Bc Roshan) under Different Levels of Osmotic Stress. World Applied Sciences Journal vol 28 (11): 1825-1830.

Khalidi R, Zekri S, Maatougui M E H and Ben Yassine A. 2002. L'Economie des Légumineuses Alimentaires au Maghreb dans le Monde. Proceedings du 2èmeséminaire du réseau REMAFEVE/REMALA, « Le devenir des Légumineuses Alimentaires dans le Maghreb », Hammamet, Tunisie, 100pp.

Kotowski F. temperature relation to germination of vegetable seeds. Proc.Amer.Soc.Hart.23 :176-184.

Laumonier R. 1979 culture légumière et mari chaires, tome iii.ed.j.b. baillier, 276 pp.

Lee S, Kim S and Park CH.2010. Salicylic acid promotes seed germination under high salinity by modulating antioxidant activity in Arabidopsis. New Phytologist. 188: 626–637.

Mathon C. 1985. Liste de plantes utiles avec indication de leur aire probable de primo domestication. Faculté des sciences de l'université de Poitiers, 17pp.

Medvedev S S and Markova I V. 1991. Participation of salicylic acid in gravitropism in plants. Doklady Akademii Nauk 316 :1014-1016.

Mezani S. 2016. Suivi des populations de *Bruchusrufimanus* (Coleoptera : Chrysomelidae) dans les lieux de diapause et dans des parcelles de variétés de fève différentes (Aguadulce, Séville et Féverole) dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou.

- Mishra A, Choudhuri M A. 1999.** Effect of salicylic acid on heavy metal- induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biol. Plant*, 42, 409–415.
- Misra N and Saxena P. 2009.** Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. *Plant Science* 177: 181–189.
- Morris K S A, Mackerness H T. 2000.** Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. *Plant J.*, 23, 677– 685.
- Peron J Y. 2006.** Références. Production légumières. 2eme Ed, 613pp.
- Péron J Y. 2006.** Productions légumières. 2^e édition. Lavoisier, p.366.
- Prat R. 2007.** Expérimentation en biologie et physiologie végétale. Ed Hermann.
- Rachef S A, Ouame R and Ouffroukha F A ,2005.** Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (identification et caractérisation). *I.N.R.A.*, 16: 36-41.
- Rajasekaran R, Stiles A and Caldwell C. 2002.** Stand establishment in processing carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates -in promoting germination at low temperatures. *Canadian Journal of Plant Science* vol 82:443-450.
- Rajjou L, Belghazi M, R Huguet R, Robin C, Moreau A, Job C and D Job D. 2006.** Proteomic Investigation of the Effect of Salicylic Acid on Arabidopsis Seed Germination and Establishment of Early Defense Mechanisms. *Plant Physiology*, July Vol.141:910–923.
- Raskin I. 1992.** Role of salicylic acid in plants. *Plant Physiol. Plant Mol. Biol*, (43): 439-463.
- Raven, Johnson, Losos, and Signer. 2007.** *Biologie*. 7e ed Boeck et Larcier. 763p
- Sakhabutdinova A R, Fatkhutdinova D R, Bezrukova M V and Shakirova F M. 2003.** salicylique acide prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *BULG. J. PLANT PHYSIOL. Special issue: 314-319.*
- Senaratna T, Touchell D, Bunn T and Dixon K. 2000.** Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul* 30:157-161.

Shah J, Kachroo P and Klessig D. 1999. The Arabidopsis *ssil* mutation restores PR gene expression in SA-Insensitive (*npr1*) plants and renders PDF1.2 (Defensin) gene expression SA dependent. *Plant Cell*, 11:191-206.

Shakirova F M, Bezrukova M V. 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*, 24, 109–112.

Shakirova F, Sakhabutdinova A, Bezrukova M, Fatkhutdinova R, D Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* vol 164: 317-322.

Sharafizad M, Naderi A, Ata siadat S, Sakinejad T and Lak S. 2013. Effect of Salicylic Acid Pretreatment on Germination of Wheat under Drought Stress. *Journal of Agricultural Science*; Vol 5 (3):179-199.

Smith-Becker J, Marois E, Huguet E J, Midland S L, Sims J J and Keen N T. 1998. Accumulation of salicylic acid and 4-hydroxybenzoic acid in phloem fluids of cucumber during systemic acquired resistance is preceded by a transient increase in phenylalanine ammonia-lyase activity in petioles and stems, *Plant Physiol.* 116, pp. 231- 238.

Tobe K, Zhang L, Qiu Gy, Shimizu H and Omasa K. 2001. Characteristics of seed germination in five non-halophytic chinese desert shrub species.

Uzunova A N and Popova L P. 2000. Effect of salicylic acid on leaf anatomy and chloroplast ultrastructure of barley plants. *Photosynthetica* Prague 38: 243-250.

Vance C P, Graham P H and Allan D L. 2000. Biological Nitrogen Fixation: Phosphorus -A Critical Future Need? In: *Nitrogen Fixation: From Molecules to Crop Productivity.* *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture*, 38:509-514p.

Wajciechowski M F, Lavin M, and Sanderson MI. 2004. Aphytogeny of legumes Leguminosa based on analysis of the plastid *mat k* gene resolves many wellsupported subclades with the family .*Am I* . pp.1846 1862.

Yildiztugay E and Kucukoduk M. 2012. Dormancy breaking and germination requirements for seeds of *Sphaerophysa kotschyana* boiss. *Journal of*

Zaghouane O. 1991. The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) In Algeria. *Options Méditerranéennes. Série Séminaires.* 10: 123-125.

Zaidi A and Mahiout B. 2012. Voyage au cœur des aliments, p 200

Zhou X M, Mackenzie A F, Madramootoo C A and Smith D L. 1999. Effects of stem injected plant growth regulators, with or without sucrose, on grain production, biomass and photosynthetic activity of field-grown corn plants. *Journal of Agronomy and Crop Science* 183: 103-110.

Zhu J K. 2001. Plant salt tolerance. *Trends in plant sci.* 6: 66-71.

Zhu J K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annul. Rev plant biol* 53: 247-273.