الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ahmed zabana de RELIZANE
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Ecologie et environnement

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :

Ecologie

Intitulé

Application d'extrait de quelques algues en vue d'atténuer l'effet de la salinité sur la germination de quatre variétés de *Vicia faba* L.

Présenté par :

Mr : AHMED AMARKETT sidi yahya

Mr : TALEBEBEIDI SAADNA ahmedou

Devant les membres de jury :

Présidente : Mme GHELLAI Malika Maître de conférence (A) (U. Relizane)

Encadreur : Mr BACHIR BOUIADJRA Mohammed El Amine Maître de conférence (B) (U. Relizane)

Examinatrice : Mme HAMAD Hanane Maître de conférence (A) (U. Relizane)

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

Avant toute chose, nous tenons à remercier Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à Madame GHELLAI Malika , Président(e) du jury, pour l'honneur qu'il/elle nous a fait en acceptant de présider cette soutenance.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à Dr Hamad Hanane Pour nous avoir fait l'honneur d'examiner et évaluer ce mémoire. Nous tenons également à remercier chaleureusement notre encadrant Mr.BACHIR BOUIADJRA Mohammed El Amine pour son accompagnement tout au long de ce mémoire.

Ses conseils avisés, sa disponibilité et sa bienveillance ont été d'un grand soutien, tant sur le plan scientifique que personnel.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des enseignants et enseignantes du département Écologie et Environnement, qui ont contribué à notre formation durant toutes ces années.

Nous remercions également nos collègues et ami(e)s pour leur soutien, leurs échanges enrichissants et leur bonne humeur tout au long de cette aventure.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Enfin, nous dédions ce travail à nos familles, en particulier à nos parents, pour leur amour inconditionnel, leurs encouragements et leurs sacrifices. Sans eux, rien de tout cela n'aurait été possible.

Dédicace

Nous dédions ce mémoire à nos chers parents, pour leur soutien constant, leurs encouragements et leurs sacrifices tout au long de notre parcours.

À nos familles et à nos proches, pour leur présence rassurante.

À tous ceux qui ont cru en nous.

À nos frères et sœurs, pour leur compréhension et leurs encouragements.

À nos amis fidèles, pour leur bonne humeur et leur présence réconfortante durant les moments difficiles.

Résumé

Dans les zones arides et semi-arides, la salinité est l'un des facteurs majeurs responsables de la détérioration des sols en les rendant impropres à l'agriculture. Dans ce contexte, l'utilisation des biostimulants naturels, tels que les extraits d'algues marines, suscite un intérêt croissant. L'objectif principal de ce travail était d'évaluer la capacité de certains extraits d'algues à atténuer les effets néfastes de la salinité sur la germination des graines de *Vicia faba* L. à cet effet Quatre variétés de fève cultivées et commercialisées en Algérie ont été sélectionnées.

Après la préparation de la poudre et de l'extrait d'algues, deux concentrations (5% et 10%) ont été retenu pour chaque espèce d'algue. Dans le premier protocole, les graines ont été arrosées avec extraits. Dans le second protocole, elles ont subi un prétraitement avec les mêmes concentrations, en présence d'une solution saline à 150 ppm appliquée à chaque variété.

Nos résultats indiquent que en absence de condition de salinité, l'algue rouge *Corallina officinalis* a présenté les meilleurs effets sur les deux variétés F1 fontono et Golden quel que soit la concentration appliquée.

Avec la combinaison salinité*extrait algue, les résultats obtenus permet de visualisé un effet positive toujours de l'algue marine *Corallina officinalis* a 5% sur la variété F1 fontono. Les mêmes observations sont mentionnées pour *Ulva lactuca* mais a 10% de concentration.

Cette étude dévoile au niveau des résultats un intérêt scientifique pour l'exploitation des richesses de nos écosystèmes marins, dans le but d'atténuer les effets néfastes de la salinité, ce travail fournis un aperçu sur les espèces à exploité dans ce cadre et la dose de l'extrait approprié.

Mots clés : salinité, algue, *Vicia faba* L, germination, biostimulant, *Corallina officinalis*, *Ulva lactuca*

Abstract:

In arid and semi-arid regions, salinity is a major factor responsible for soil degradation, rendering it unsuitable for agriculture. In this context, the use of natural biostimulants, such as marine algae extracts, has sparked growing interest. The main objective of this study was to evaluate the ability of certain algae extracts to mitigate the detrimental effects of salinity on the germination of *Vicia faba* L. seeds. To this end, four faba bean varieties cultivated and marketed in Algeria were selected.

After preparing both algae powder and extracts, two concentrations (5% and 10%) were chosen for each algae species. In the first protocol, seeds were irrigated with the extracts. In the second protocol, they underwent a pretreatment with the same concentrations, in the presence of a saline solution at 150 ppm applied to each variety.

Our results indicate that, in the absence of salinity stress, the red algae *Corallina officinalis* exhibited the best effects on the two varieties F1 fontono and Golden, regardless of the applied concentration. With the salinity + algae extract combination, the results show a consistently positive effect of *Corallina officinalis* at 5% on the F1 fontono variety. Similar observations were noted for *Ulva lactuca* but at a concentration of 10%.

This study provides scientific insight into harnessing the richness of our marine ecosystems in order to alleviate the harmful effects of salinity. The work offers a clear overview of which species to exploit and the appropriate extract dosage in this context.

Keywords: salinity, algae, *Vicia faba L.*, germination, biostimulant, *Corallina officinalis*, *Ulva lactuca*

ملخص:

في المناطق الجافة وشبه الجافة، تُعد الملوحة أحد العوامل الرئيسية المسؤولة عن تدهور التربة وجعلها غير صالحة للزراعة. في هذا السياق، أثار استخدام المحفزات الحيوية الطبيعية، مثل مستخلصات الطحالب البحرية، اهتمامًا متزايدًا. كان الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تقييم قدرة مستخلصات بعض الطحالب على التخفيف من الآثار الضارة للملوحة على إنبات *Vicia faba L.* لهذا الغرض، تم اختيار أربع أصناف من الفول تزرع وتُسوّق في الجزائر.

بعد تحضير مسحوق الطحالب والمستخلص، تم اختيار تركيزين (5% و10%) لكل نوع من الطحالب. في الإجراء التجريبي الأول، تم ري البذور بهذه المستخلصات. في الإجراء التجريبي الثاني، خضعت النباتات لمعاملة مسبقة بالتركيزين نفسه، في حضور محلول ملحي تركيزه 150 جزء في المليون مطبق على كل صنف.

تشير نتائجنا إلى أنه في غياب ضغط الملوحة، أظهر الطحلب *Corallina officinalis* أفضل تأثير على صنفين من البذور يعرفان بF1 fontono et Golden ، بغض النظر عن التركيز المستخدم. ومع الجمع بين الملوحة والمستخلص الطحلبي، أظهرت النتائج تأثيرًا إيجابيًا دائمًا للطحلب الأحمر بتركيز 5% على صنف .F1 fontono وتمت ملاحظة نفس النتائج بالنسبة ل *Ulva Lactuca* ولكن عند تركيز 10.%

تكتشف هذه الدراسة أهمية الاستغلال العلمي للثروات في النظم الإيكولوجية البحرية للتخفيف من الآثار الضارة للملوحة. ويقدم هذا العمل رؤية واضحة حول الأنواع المناسبة للاستغلال والتركيز المناسب للمستخلص في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية :الملوحة، الطحالب، L. *Vicia faba*، الإنبات، محفز حيوي، *Corallina officinalis*، *Ulva Lactuca*

Table des matières

Introduction 1
Chapitre I : Synthèse bibliographique 3
1 Partie I : Généralité sur la salinité 4
1.1 Définition du stresse salin 4
1.2 Origine de la salinité 5
1.2.1 Salinisation primaire : 5
1.2.2 Salinisation secondaire : 5
1.3 Impact de la salinité sur la germination : 5
1.4 Impact de la salinité sur la croissance et le développement : 5
2 Partie II : généralité sur les algues marines 7
2.1 Définition 7
2.2 Les macro-algues : 7
2.3 Les bases de classification des algues 7
2.4 Les grands groupes des algues 8
2.4.1 Les algues vertes (Chlorophycées) 8
2.4.2 Les algues rouges (Rhodophycées) 9
2.4.3 Les algues brunes (Phéophycées) 9
2.5 Reproduction des algues 10
2.6 Utilisations des algues 11
2.6.1 Alimentation humaine 11
2.6.2 Utilisations médicales 11
2.6.3 L'industrie agricole et Fertilisants 11
3 Partie III : Généralité sur l'espèce *Vicia faba* L. 13
3.1 Généralité 13
3.2 Production mondiale 13
3.3 Valeurs nutritives 13
3.4 Origine et répartition géographique 13
3.5 Position systématique de la fève 14
3.5.1 Classification classique 14
3.5.2 Classification phylogénétique 15

3.6 Caractéristiques morphologiques de la fève 15
3.6.1 Racines 15
3.6.2 Tige 15
3.6.3 Feuilles 16
3.6.4 Fleurs 16
3.6.5 Fruits 16
3.6.6 Graines 16
3.7 Cycle de vie 17
3.8 Différentes variétés de la fève (*V. faba*) présentes en Algérie 17
3.8.1 Séville 17
3.8.2 Aguadulce 17
3.8.3 Muchaniel 17
3.8.4 Sidi Moussa 17
3.8.5 Féverole 18
3.9 Intérêts de la fève 18
3.9.1 Intérêt alimentaire 18
3.9.2 Intérêt agro économique 18
3.10 Exigences de la culture 19
3.10.1 Exigences pédologiques 19
3.10.2 Exigences climatiques 19
Chapitre II : Matériels et méthodes 20
1 Matériel végétale 21
1.1 Echantillonnage et collecte d'algues 21
1.2 Identification des espèces 21
1.3 Choix de l'espèce végétale 22
2 Méthodes 22
2.1 préparation de la poudre d'algues 22
2.1.1 Séchage 22
2.1.2 Broyage 22
2.1.3 Tamisage 23
2.2 Préparation d'extrait d'algues 23

2.3 Protocoles expérimentaux 24
2.3.1 L'effet des extraits d'algues sur la germination des graines de quatre variétés de *Vicia faba* L. 24
2.3.2 Effet combinée des extrait d'algues et la salinité sur la germination de quatre variétés de *Vicia faba* L. 25
2.4 Paramètres étudies 26
2.4.1 Taux de germination finale 26
2.4.2 Cinétique de germination 26
2.4.3 Précocité de germination 26
2.5 Mesures biométriques 26
2.5.1 Longueur de la tigelle et radicule : 26
2.5.2 Poids frais de la tigelle et radicule 27
2.6 Etude statistiques 27
Chapitre III : Résultats et Interprétation 28
1 L'effet des extraits d'algues sur la germination des graines de quatre variétés de *Vicia faba* L. 29
1.1 Paramètres étudies 29
1.1.1 Taux final de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5% 29
1.1.2 Taux final de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10% 30
1.1.3 Cinétique de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5%..... 32
1.1.4 Cinétique de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10%..... 33
1.1.5 Précocité de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5%..... 35
1.1.6 Précocité de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10%..... 35
1.2 Mesures biométriques 36
1.2.1 Longueur des radicules des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5% 36
1.2.2 Longueur des radicules des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10% 38
1.2.3 Longueur des tigelles des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5%..... 40
1.2.4 Longueur des tigelles des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10%..... 42
1.2.5 Poids des radicules des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5% 43
1.2.6 Poids des radicules des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10% 45
1.2.7 Poids des tigelles des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5% 47
1.2.8 Poids des tigelles des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10% 48

2 Effet combinée des extraits d'algues et la salinité sur la germination de quatre variétés de *Vicia faba* L. 50
2.1 Taux final de germination des graines à 5% de l'extrait d'algue 50
2.2 Taux final de germination des graines à 10% de l'extrait d'algue 51
2.3 Cinétique de germination des graines à 5% de l'extrait d'algue 52
2.4 Cinétique de germination des graines à 10% de l'extrait d'algue 54
2.5 Précocité de germination des graines à 5% de l'extrait d'algue 55
2.6 Précocité de germination des graines à 10% de l'extrait d'algue 56
Chapitre IV : Discussion et Conclusion 57
1 L'effet des extraits d'algues sur la germination des graines de quatre variétés de *Vicia faba* L. 58
2 Effet combinée des extraits d'algues et la salinité sur la germination de quatre variétés de *Vicia faba* L. 59
3 Conclusion 61

Liste des figures

Fig. 1- Algues vertes (Ghellai, 2021). 8
Fig. 2- Algues rouges (Ghellai, 2021). 9
Fig. 3- Algues brunes (Ghellai, 2021). 10
Fig. 4- Cycle de reproduction sexuée et asexuée d'une algue verte (site1) 10
Fig. 5- Différentes parties morphologiques de la fève *Vicia* faba (Foltete, 2010). 16
Fig. 6- Séchage des algues a l'air libre 21
Fig. 7- Les différentes variétés sélectionnées pour le test de germination. 22
Fig. 8-Broyage à l'aide d'un mortier et broyeur. 23
Fig. 9- Tamisage des quelques algues **Fig. 10-** Poudre finale 23
Fig. 11- Les différentes étapes de la préparation d'extrait d'algues 24
Fig. 12- Dispositif expérimentale 25
Fig. 13- Trempage de graines **Fig. 14-** Application de la solution saline 25
Fig. 15- Mesure de tigelles 26
Fig. 16- Mesure du poids frais 27
Fig. 17- Taux final de germination (%) de quatre variétés de *vicia faba* L. traitées avec l'extraits de cinq espèces d'algues à une concentration de 5 % 29
Fig. 18- Taux final de germination (%) de quatre variétés de *Vicia faba* L. traitées avec l'extraits de cinq espèces d'algues à une concentration de 10 % 31
Fig. 19 - Effets de l'extrait des différentes algues de concentrations 5% sur la cinétique de germination de quatre variétés de *Vicia foba* L. 32
Fig. 20- Effets de l'extrait des différentes algues de concentrations 10% sur la cinétique de germination de quatre variétés de *Vicia foba L.* 34
Fig. 21- précocité de germination des graines des quatre variétés de *Vicia faba* L. arrosée par l'extraits d'algues a 5% des cinq espèces. 35
Fig. 22- précocité de germination des graines des quatre variétés de *Vicia faba* L. arrosée par l'extraits d'algues a 10% des cinq espèces. 36
Fig. 23- Longueur des radicules pour quatre variétés de Vicia faba L. sous différents traitements à base d'extrait d'algues de concentration 5%. 37
Fig. 24- Longueur des radicules pour quatre variétés de *Vicia faba L.* sous différents traitements à base d'extrait d'algues de concentration 10%. 39
Fig. 25 - Longueur des tigelles de quatre variétés de *Vicia faba* L. sous différents traitements à base d'extrait d'algues d'une concentration de 5%. 41
Fig. 26- Longueur des tigelles de quatre variétés de *Vicia faba* L. sous différents traitements à base d'extrait d'algues d'une concentration de 10%. 42
Fig. 27- Poids frais des radicules en mg des quatre variétés de graines de *Vicia faba* .L traitées avec cinq types d'extraits d'algues a 5%. 44
Fig. 28- Poids frais des radicules en mg des quatre variétés de graines de *Vicia faba* .L traitées avec cinq types d'extraits d'algues a 10%. 46

Fig. 29- Poids des tigelles des quatre variétés de *Vicia faba* .L arrosée par cinq espèces d'algues marines à une concentration de 5%. 47
Fig. 30- Poids des tigelles des quatre variétés de *Vicia faba* .L arrosée par cinq espèces d'algues marines à une concentration de 10%. 49
Fig. 31- Taux final de germination (%) de quatre variétés de *Vicia faba* L. soumis à un stress salin de 150 ppm et prétraités avec un extrait d'algues à 5 %. 50
Fig. 32- Taux final de germination (%) de quatre variétés de *Vicia faba* L. soumis à un stress salin de 150 ppm et prétraités avec un extrait d'algues à 10 %. 52
Fig. 33- Cinétique de germination des quatre variétés de *Vicia foba L*. soumis à un stress salin de 150 ppm et prétraités avec un extrait d'algues à 5 %. 53
Fig. 34- Cinétique de germination des quatre variétés de *Vicia foba L*. soumis à un stress salin de 150 ppm et prétraités avec un extrait d'algues à 10%. 54
Fig. 35- Précocité de germination des graines des quatre variétés de *Vicia faba* L. arrosée par une solution saline de 150ppm et prétraités par l'extraits d'algues a 5% 55
Fig. 36- Précocité de germination des graines des quatre variétés de *Vicia faba* L. arrosée par une solution saline de 150ppm et prétraités par l'extraits d'algues a 10% 56

Liste des tableaux :

Tableau 1 :Composition nutritionnelle de la fève (*Vicia faba* L.) par 100 g de graines déshydratées. (FAO, 2016)..... 13

Introduction

Les stress abiotiques, tels que la salinité, la sécheresse ou les températures extrêmes, sont responsables de plus de 50 % des pertes de rendement agricole à l'échelle mondiale (Acquaah, 2009).

La salinité des sols constitue l'un des principaux facteurs abiotiques limitant la croissance et le développement des plantes, en particulier dans les régions arides et semi-arides (Baatour et *al*., 2004). Elle affecte divers processus physiologiques et biochimiques, tels que l'absorption des nutriments, la photosynthèse et l'équilibre hydrique, entraînant ainsi une diminution significative des rendements agricoles (Parida et DAS.,2005).

Parmi les cultures sensibles à la salinité, la fève *Vicia faba* L. qui occupe une place importante en raison de son rôle crucial dans le régime alimentaire des humaines et des animaux et ainsi dans l'agriculture par l'amélioration de la fertilité des sols via la fixation biologique de l'azote (Wang et *al*.,2012).

Dans ce contexte, l'utilisation des biostimulants naturels, tels que les extraits d'algues marines, suscite un intérêt croissant. Les algues marines sont riches en composés bioactifs, notamment les phytohormones, les polysaccharides, les acides aminés, les minéraux et les antioxydants, qui peuvent améliorer la tolérance des plantes aux stress environnementaux. Ces extraits agissent en modulant les mécanismes de défense des plantes, en stimulant leur croissance et en réduisant les effets néfastes des conditions salines sur leur métabolisme (Fan et *al*., 2011).

En Algérie, environ 10 à 15 % des sols sont touchés par la salinité, un phénomène qui limite fortement la productivité agricole. Selon la FAO et l'ITPS (2015), la salinisation des sols constitue l'un des principaux facteurs de dégradation des terres dans les zones arides et semi-arides, affectant la fertilité, la structure du sol et la disponibilité en eau pour les cultures. Cette problématique représente un défi majeur pour la sécurité alimentaire et la durabilité des systèmes agricoles dans le pays.

Ainsi, ce travail de mémoire vise à explorer l'application des extraits de quelques algues marines comme approche innovante pour atténuer les effets de la salinité sur la germination de *Vicia faba L.* L'objectif est non seulement d'évaluer les effets bénéfiques de ces extraits sur la culture, mais également de contribuer à la recherche de solutions durables et écologiques pour l'agriculture dans des environnements soumis à des contraintes salines.

Cette étude a pour but de savoir comment l'extrait de quelques algues peuvent atténuer l'effet de la salinité sur la germination de quatre variétés de *Vicia faba L.*

Le mémoire proposé s'articule autour des trois chapitres. Dans le premier chapitre, nous présentons une synthèse bibliographique que nous avons réalisée. La première partie regroupe des généralités sur la salinité, la deuxième traite des généralités sur les algues, et enfin, la troisième partie aborde les généralités sur la fève. Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des matériels et des méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude.

Enfin, le troisième et le dernier chapitre présente les résultats obtenus, leur discussion, ainsi qu'une conclusion générale.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1 Partie I : Généralité sur la salinité

Dans les régions arides et semi-arides, la salinité constitue l'un des éléments principaux qui contribuent à la dégradation des sols en les rendant inadaptés à l'agriculture. (Benidire et *al*., 2014).

En règle générale, une hausse de la concentration en sels dans l'eau d'irrigation entraînera une montée de la salinité de la solution du sol. La rapidité et l'étendue de cette hausse seront conditionnées par : Le lessivage, c'est-à-dire la quantité d'eau fournie par l'irrigation ou les précipitations aux besoins de la culture et l'efficacité du lessivage ; La composition ionique de l'eau d'irrigation et le comportement de certains ions comme Ca^{++}, HCO_3^-, SO_4^{--} à se déposer suite au retrait de l'eau du sol. Les attributs physiques du sol tels que le taux d'infiltration, les caractéristiques hydriques et le drainage (Antipolis, 2003).

Les sels minéraux ont un rôle important dans le développement des organismes vivants. Selon Carretero (2003), les sels minéraux jouent un rôle essentiel dans la perméabilité des membranes, qui est indispensable pour l'échange de nutriments. Ils constituent également une composante des fluides à l'intérieur et à l'extérieur des cellules.

1.1 Définition du stresse salin

Le stress salin est une surabondance d'ions, notamment mais pas uniquement d'ions (Na+ et Cl-). La présence de grandes quantités de sel potentiel hydrique est à l'origine du stress salin. Cela diminue énormément la quantité d'eau accessible aux plantes, c'est pourquoi on le qualifie de « physiologiquement sec » (Bassou, 2019).

D'après CAlvet (2003), on qualifie de salé un sol lorsque la conductivité électrique dépasse 4 ds/m. Une salinité trop élevée a un impact sur la rhizosphère et restreint la dispersion des plantes dans leur environnement naturel. L'intensification de la salinisation dans les zones arides et semi-arides est due à l'éclairement intense et aux précipitations rares, ce qui rend les périmètres irrigués inadaptés à l'agriculture (Denden, 2005).

1.2 Origine de la salinité

1.2.1 Salinisation primaire :

La salinisation primaire désigne les processus de salinisation impliquant des sels naturels. La salinisation géologique, marine ou lagunaire se réfère à la salinisation associée aux caractéristiques naturelles du sol, influencées par des facteurs tels que le climat, la roche et l'hydrodynamique (Payen et *al*., 2016)

1.2.2 Salinisation secondaire :

La salinité des sols n'est pas seulement associée aux conditions météorologiques, mais également à l'usage inapproprié de l'eau d'irrigation et à sa qualité insatisfaisante (Benidire et *al*., 2014). La salinisation secondaire décrit le phénomène de salinisation accentué ou provoqué par les actions de l'homme (aussi appelée salinisation d'origine humaine) (Payen et *al*., 2016).

1.3 Impact de la salinité sur la germination :

La germination des graines est un ensemble de processus métaboliques qui mènent à la sortie de la radicule. Cette phase de développement est jugée cruciale pour l'établissement des jeunes plants et donc pour assurer une production agricole fructueuse. (Ibn Maaouia-Houimli et *al*., 2011).

La salinité influence la germination des plantes, qu'il s'agisse de halophytes ou de glycophytes. En fonction de l'espèce, l'effet dépressif peut avoir une origine osmotique ou toxique. Les effets osmotiques se manifestent par l'incapacité des graines à absorber suffisamment d'eau pour atteindre leur niveau d'hydratation critique, essentiel pour initier le processus de germination. Les impacts toxiques sont associés à une accumulation de sels au niveau cellulaire qui entraîne des dysfonctionnements des enzymes participant à la physiologie des graines en germination, entrave le déverrouillage de la dormance embryonnaire et mène à une réduction du potentiel de germination (Benidire et *al*., 2014).

1.4 Impact de la salinité sur la croissance et le développement :

La réduction de la croissance est une réaction à la déshydratation ; elle aide à préserver les ressources hydriques, ce qui favorise la pérennité de la plante (Thellier et *al*., 2013).

Étant donné que l'élongation cellulaire est plus réactive que l'ouverture stomatique face aux impacts de la sécheresse, on peut conclure que la première répercussion d'un manque ou surplus d'irrigation, ou d'éléments minéraux, est une réduction des dimensions des organes générés.

On pourrait également supposer que la diminution de l'activité des puits dans les zones en développement pourrait être responsable d'une baisse de la photosynthèse au niveau des feuilles, causée par l'accumulation de produits issus de la photosynthèse (Goyoaga et Burbano, 2011).

2 Partie II : généralité sur les algues marines

2.1 Définition

Les algues sont des organismes eucaryotes appartenant au groupe des cryptogames. Elles font partie des thallophytes, c'est-à-dire des plantes dépourvues d'organes différenciés au sens strictement biologique. Les algues réalisent la photosynthèse et se développent dans des habitats variés. Cependant, la présence d'eau est indispensable à leur cycle de reproduction. Leur morphologie est extrêmement diversifiée : elles peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires (Konig, 2015).

2.2 Les macro-algues :

Les macroalgues sont au nombre de 25 000 espèces dont seulement 50 sont exploitées à ce jour. Elles possèdent généralement un appareil végétatif clairement distinguable à l'œil nu et sont fixées sur un substrat rocheux à travers des crampons qui sont souvent recouverts de sécrétions riches en polysaccharides. Ces macroalgues peuvent, elles-mêmes, constituer un substrat pour de nombreuses communautés animales. La partie foliacée du thalle des macroalgues appelée fronde peut être sous forme de filaments, cordons ou lanières (Zehlila, 2017).

2.3 Les bases de classification des algues

La catégorisation des algues se base sur des critères précis tels que les éléments de la membrane cellulaire, les pigments existants (la couleur), le cycle biologique et le type de composés utilisés pour l'entreposage de la nourriture (Memory, 2006) .

La classification des algues se repose sur divers éléments, parmi lesquels figurent les critères biochimiques tels que : le type de pigments photosynthétiques et le type de polysaccharides de réserve. D'autres paramètres cytologiques incluent : la structure du noyau, le type de reproduction, la complexité de la structure, ainsi que l'existence et la formation des flagelles (Sylvaine et *al*., 2014). La phylogénie des algues est influencée par divers facteurs écologiques, physiologiques ou biochimiques, tels que les structures cellulaires, le type de nutrition, l'environnement de vie et même la composition et l'emplacement des pigments et glucanes de réserve (Reviers, 2002).

2.4 Les grands groupes des algues

La comparaison des algues s'est jusqu'à présent appuyée sur l'analyse des pigments en utilisant 44 types de pigments couvrant 27 classes d'algues photosynthétiques (Mc-Gee et Gillespie, 2019). les algues se subdivisent principalement en trois types différents: les algues brunes (Phaeophyta), les algues rouges (Rhodophyta) et les algues vertes (Chlorophyta), sur la base de leurs pigments qui s'y trouvent (Dave et *al*., 2019; Muth et Congdon, 2019).

2.4.1 Les algues vertes (Chlorophycées)

Elles présentent une grande diversité de formes, unicellulaires ou pluricellulaires. Leurs plastes prennent une coloration verte grâce aux chlorophylles a et b , qui s'associent aux carotènes et aux xanthophylles (Konig, 2015).

La photosynthèse favorise la production d'amidon, comme c'est le cas pour les plantes supérieures. Bien que la majorité des algues vertes résidentes en eau douce ou dans des environnements marins, certaines espèces sont également capables de croître sur la terre. Ces dernières participent activement à l'oxygénation des eaux, contribuant ainsi au soutien de la vie animale (Garon-Lardière,2004).

Ces organismes font partie de la catégorie des organismes verts, plus précisément l'embranchement des Chlorophycophytes du groupe Chlorobionta (Davis et *al.* 2003).

Fig. 1- Algues vertes (Ghellai, 2021).

2.4.2 Les algues rouges (Rhodophycées)

Les algues rouges, également connues sous le nom de rhodophytes, constituent un groupe très varié. La couleur de ces algues est due à la présence de plastes roses qui contiennent un pigment rouge, La phycoérythrine est liée à divers autres pigments, y compris les chlorophylles. La majorité de ces algues rouges sont marines et multicellulaires, bien que certaines soient unicellulaires et que quelques-unes puissent aussi vivre en eau douce. Les algues rouges se répartissent en deux catégories : les Bangiophycées, considérées comme primitives, et les Floridéophycées, qui sont plus complexes. Elles sont généralement caractérisées par un cycle de reproduction particulièrement complexe (Garon-Lardière, 2004).

Fig. 2- Algues rouges (Ghellai, 2021).

2.4.3 Les algues brunes (Phéophycées)

Ces algues sont généralement pluricellulaires et leur taille peut varier considérablement. La plupart d'entre elles vivent en milieu marin et présentent une couleur brunâtre résultant de l'association de pigments dominants, à savoir la xanthophylle et la fucoxanthine (Guilherme et *al*, 2006).

Fig. 3- Algues brunes (Ghellai, 2021).

2.5 Reproduction des algues

Selon Garon-Lardière (2004) Dans une multitude de situations, les algues se reproduisent par multiplication végétative. C'est un mode de reproduction asexuée qui implique la division d'une cellule isolée (comme dans le cas des algues bleues), soit par fragmentation du thalle, conduisant à la création de plusieurs organismes identiques. Elle est souvent réalisée par la formation de cellules spécialisées: les spores.

Les algues eucaryotes réalisent en plus une reproduction sexuée au cours de laquelle l'union de deux cellules reproductrices, ou gamètes, produit un œuf, ou zygote, La reproduction des algues s'effectue par alternance de phases asexuées, réalisées par les thalles (sporophytes), et de phases sexuées, effectuées par des thalles générant des gamètes (gamétophytes) (Reviers 2002).

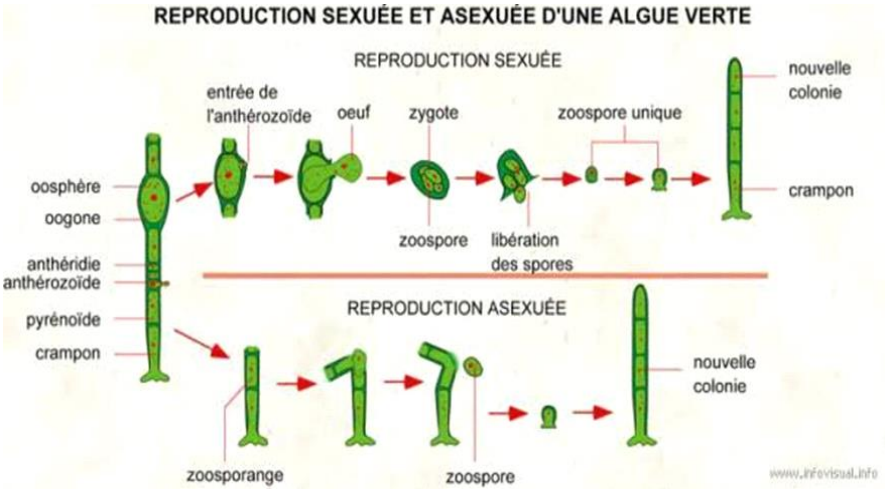


Fig. 4- Cycle de reproduction sexuée et asexuée d'une algue verte (site1)

2.6 Utilisations des algues

Les algues marines offrent un vaste champ d'opportunités pour la recherche et divers domaines économiques, notamment cinq secteurs clés : la santé, l'alimentation, les biocarburants de seconde et surtout de troisième génération, l'écologie et l'industrie. Il faut également inclure d'autres activités telles que la cosmétique (El Mtili et *al*, 2013)

2.6.1 Alimentation humaine

Les algues macroscopiques renferment des protéines, des lipides, des vitamines et des minéraux, ce qui en fait une ressource alimentaire de grande valeur (Sanchez-Machado et *al.*, 2004). Près de 75 % de la production globale d'algues, qui a augmenté de 2 à 20 millions de tonnes entre 1970 et 2010, est destinée à la consommation humaine (Hortense, 2011).

Aujourd'hui, 14 macroalgues et microalgues alimentaires sont autorisées à la vente dans certains pays (Zitouni, 2015).

2.6.2 Utilisations médicales

Durant les trente dernières années, les organismes marins ont suscité une grande attention en tant que sources potentielles de nouvelles molécules. Dans ce cadre, les recherches effectuées ont révélé que les algues contiennent une abondance de molécules à valeur médicale, dont bon nombre sont reconnues pour leur utilisation dans le développement de médicaments et de biomatériaux. L'agar, les carraghénanes et les alginates figurent parmi les molécules largement employées dans divers secteurs médicaux, tels que la fabrication d'anticoagulants, la production de pansements absorbants, et bien d'autres. Ces composés proviennent principalement d'algues brunes, d'algues rouges et de microalgues (El Mtili et *al*, 2013).

2.6.3 L'industrie agricole et Fertilisants

Les biofertilisants sont des produits contenant généralement des cellules vivantes ou latentes de bactéries, d'actinomycètes, de champignons ou d'algues qui sont appliqués individuellement ou en tant que consortium de divers micro-organismes (Dineshkumar et *al*., 2018). En plus de la sécrétion de substances favorisant la croissance, ces produits aident à la fixation de l'azote et / ou à la solubilisation des nutriments, améliorant ainsi la croissance et le rendement des cultures (Dineshkumar et *al*., 2018).

Aussi utilisées comme une source riche de substance hormonale favorisant la croissance des plantes (Singh et Syiem, 2019). Contrairement à l'utilisation massive d'agents chimiques biocides contre les ravageurs ciblés et les micro-organismes pathogènes dans les pratiques agricoles considérée dangereuse pour la durabilité et la biodiversité des agroécosystèmes (Renuka et *al*., 2018).

3 Partie III : Généralité sur l'espèce *Vicia faba* L.

3.1 Généralité

La fève *Vicia faba* L. est l'une des légumineuses alimentaires qui fait partie de nos systèmes agraires depuis longtemps. C'est une culture importante considérée comme une source cruciale de protéines pour les humains et les animaux, notamment pour les pays méditerranéens et la Chine. Également, La fève joue un rôle dans la rotation des cultures (Bentama et Boursas, 2016).

3.2 Production mondiale

En 2019, la production mondiale de fèves a culminé à 5,43 millions de tonnes métriques.

La Chine, l'Éthiopie et le Royaume-Uni occupent respectivement les premières positions en matière de production, avec des chiffres atteignant 1 740 945 t, 1 006 752 t et 547,800 t, selon la FAO (2020).

3.3 Valeurs nutritives

La fève *Vicia faba* L. est une plante alimentaire de première importance et figure parmi les végétaux les plus nutritifs (TAB. 03).

Tableau 1 :Composition nutritionnelle de la fève (*Vicia faba* L.) par 100 g de graines déshydratées. (FAO, 2016).

Energie (Kcal)	Proteine (g)	Matiere grasse (g)	Fibres (g)	glucide (g)	Fe (mg)	Mg (mg)	P (mg)	K (mg)	Zn (mg)	Cu (mg)	Vit B9 (ug)
300	26.1	1.8	1.8	31.7	6.1	191	506	1080	3.1	0.82	423

3.4 Origine et répartition géographique

Selon Mathon (1985), la fève *V. faba* L. est une plante cultivée par l'Homme depuis le Néolithique (7000 ans), elle est originaire des régions méditerranéennes du Moyen-Orient.

D'après Péron (2006), la fève, le pois et la lentille sont les espèces légumières les plus anciennes cultivées en agriculture, remontant à 10 000 ans. Cette plante est l'un des légumes les plus anciennement cultivés, et elle est mentionnée comme étant couramment utilisée pour les offrandes funéraires (Laumonnier, 1979).

Depuis son lieu d'origine, la fève s'est diffusée en Europe, le long du Nil jusqu'en Éthiopie, et de la Mésopotamie vers l'Inde. Par la suite, l'Afghanistan et l'Éthiopie deviennent les centres secondaires de dissémination (Cubero, 1974).

3.5 Position systématique de la fève

3.5.1 Classification classique

Les légumineuses alimentaires forment une vaste catégorie, comprenant près de 690 genres et approximativement 18 000 espèces. La fève, qui est une plante herbacée annuelle, en fait partie et appartient à la famille des Fabacées (Peron, 2006). D'après Dajoz R (2000), la fève est classee comme suit:

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Dialypétales

Série : Caliciflores

Ordre : Rosales

Famille : Fabacées (Légumineuses)

Sous-famille : Papilionacées

Genre : Vicia

Espèce : *Vicia faba L.*

3.5.2 Classification phylogénétique

Selon Chase et Reveral (2009), la fève est classée comme suit :

Règne Plante

Clade Angiospermes

Clade Dicotylédones

Clade Fabidées

Ordre Fabales

Famille Fabaceae

Sous famille Papilionioideae

Tribu Fabeae

Genre Vicia

Espèce *Vicia faba* L.

3.6 Caractéristiques morphologiques de la fève

La fève est une plante diploïde (2n=12) et semi-allogame, constituée d'un système végétatif et d'un système reproducteur. L'appareil végétatif englobe: les racines, la tige et les feuilles. En ce qui concerne l'appareil reproducteur, il est constitué des fleurs à partir desquelles se forment les fruits et les graines. Elle est une plante herbacée annuelle, robuste, grimpante, qui peut atteindre une hauteur de 1,7 mètre (Wang et *al.* 2012).

3.6.1 Racines

Le système racinaire de la fève est formé par une racine principale pivotante et des racines secondaires portant des nodosités contenant des bactéries fixatrices d'azote (rhizobium leguminosarum) (Abdessamed S, 2019).

3.6.2 Tige

La tige est simple, dressé, creuse, de section quadrangulaire, sa hauteur est généralement comprise entre 0,38 à 1,20 m (Chaux et foury, 1994). La tige est pourvue d'un ou plusieurs rameaux la base et présente un type de croissance indéterminé (Brink et Belay, 2006).

3.6.3 Feuilles

Les feuilles sont alternes, composées-pennées, constituées par deux à quatre paires de folioles ovales, mucronées, sans vrille, de couleur vert glauque au grisâtre. Les stipules bien visibles en forme dentées (Dominique, 2010).

3.6.4 Fleurs

Les fleurs classiques de Légumineuses sont portées aux aisselles des nœuds reproducteurs en grappes de 2 à 12 selon le type. Les fleurs sont grandes, 2 à 3 cm, blanches tachées de noir (Djeribiai, 2022).

3.6.5 Fruits

Le fruit est une gousse charnue, qui peut atteindre de 10 à 20 cm, selon la variété, et le nombre de graines peut varier (4 à 9) (Debbakh, 2021).

3.6.6 Graines

Les graines sont charnues, de couleur vert tendre à l'état immature, elles développent, à complète maturé, un tégument épais et coriace de couleur brun rouge à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire ou réniforme (wang et ., *al* 2012).

Fig. 5- Différentes parties morphologiques de la fève *Vicia faba* (Foltete, 2010).

3.7 Cycle de vie

La fève est une plante annuelle, son cycle complet, de la graine à la graine est d'environ 5 mois, le développement de la fève est caractérisé par cinq stades principaux : germination et levée, développement végétatif, développement reproductif, sénescence de la gousse et sénescence de la tige (Brink et Belay, 2006).

3.8 Différentes variétés de la fève *Vicia faba L.* présentes en Algérie

En Algérie, on distingue quatre types de fèves, et la féverole**:**

3.8.1 Séville

Il s'agit d'une variété précoce possédant des gousses longues qui contiennent de cinq (05) à six (06) grains de grande taille. Avec une tige de 70 cm, cette variété se démarque des autres par la teinte de ses feuilles d'un vert assez prononcé (Chaux et Foury, 1994). Selon Laumonier (1979), ses gousses mesurent approximativement 3 cm de large et 25 cm de long.

3.8.2 Aguadulce

Il s'agit d'une variété semi-précoce largement cultivée. On la définit par une plante dont la végétation atteint 1,10 à 1,20 m. Elle a des gousses de couleur vert intense, volumineuses et particulièrement longues, qui peuvent aller jusqu'à 20 à 25 cm et contiennent entre sept (07) et neuf (09) graines. Il s'agit d'une variété hautement productive (Chaux et Foury, 1994). Elle est présentée, en compagnie de la Séville d'Espagne (Zaghouane, 1991).

3.8.3 Muchaniel

C'est une variété extrêmement hâtive, qui présente des gousses vert clair de longueur moyenne de 20 cm, contenant en moyenne cinq (05) à six (06) grains blancs, et qui se révèle particulièrement productive (Chaux et Foury, 1994).

3.8.4 Sidi Moussa

Choisie à El-Harrach en 1965, cette variété s'adapte à tous les types de sol. Elle résiste aux maladies cryptogamiques (Botrytis), aux insectes (Aphis fabae), aux plantes parasitaires (Orobanche sp) et même aux nématodes, selon Zaghouane (1991).

3.8.5 Féverole

L'Homme a choisi de cultiver cette plante, soit au Proche Orient, soit en Afrique (Anonyme, 2007). Elle dispose d'un système racinaire qui s'étend et se structure remarquablement, tout en étant l'une des plus efficaces pour la fixation de l'azote (Thomas, 2008).

3.9 Intérêts de la fève

3.9.1 Intérêt alimentaire

La fève est l'une des légumineuses a 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.

Les graines de fève « *V. faba* : variété majore » sont intégrées dans la formulation des aliments pour animaux lorsqu'elles sont disponibles en abondance, tandis que les graines « V. faba : variété minore » servent à l'engraissement du bétail (Maatougui, 1996). Selon Fatemi (1998), la progression de la consommation animale est étroitement corrélée à celle de la consommation humaine, ce qui fait que l'apport des fèves dans l'alimentation animale ne cesse de croître.

3.9.2 Intérêt agro économique

Selon Khaldi et *al.* (2002), la fève participe à l'amélioration des sols en minéraux nutritifs. Les racines du *Vicia faba* L. établissent une relation symbiotique avec des bactéries de la famille Rhizobium, ce qui leur permet de capter l'azote contenu dans l'atmosphère et d'enrichir le sol en azote, diminuant ainsi la nécessité pour les agriculteurs d'utiliser des engrais chimiques (Sillero et *al.*, 2010).

La *V. faba* L. a un impact significatif dans la rotation des cultures, contribuant de ce fait à l'amélioration de la fertilité du sol tout en diminuant la présence de mauvaises herbes, de maladies et d'insectes nuisibles (Lopez et *al.*, 2005).

3.10 Exigences de la culture

3.10.1 Exigences pédologiques

la fève a besoin d'eau durant les premières phases de son développement (floraison et formation des gousses). Par ailleurs, elle n'a pas de préférence particulière concernant le type de sol .Toutefois, elle se développe mieux dans un sol sablo-argileux bien exposé au soleil, humifié et avec un pH neutre à légèrement alcalin (7-8,3) (Peron 2006) ; Chaux et Foury 1994).

3.10.2 Exigences climatiques

La fève une plante de jour long, ce qui signifie qu'elle nécessite beaucoup de lumière Selon Foltete (2010), la température idéale pour sa croissance est d'environ 20 °C. Elle tolère les légers gels la fève ne dépassent pas -3°C, tandis que Chaux et Foury (1994) signalent que des températures excédant 25°C sont nuisibles pour la fève.

Chapitre II : Matériels et méthodes

1 Matériel végétale

Pour la réalisation de ce travail, on a sélectionné cinq algues marines et quatre variétés de fève commercialisées en Algérie.

1.1 Echantillonnage et collecte d'algues

L'échantillonnage a été effectué le 20 février 2025 (plage Bousfer Wilaya Oran). Les algues ont été fraichement prélevées à la main, portées dans des sacs en plastique et transportées au laboratoire pour le traitement et l'identification.

1.2 Identification des espèces

Les algues collectées sont cinq espèces de macro-algues divisées selon leur couleur en :

- Algues vertes : *Ulva lactuca et Ulva intestinalis*
- Algues brunes : *Cystoseira compressa et Dictyopteris membranacea*
- Algue rouge : *Corallina officinalis*

Ulva lactuca

Ulva intestinalis

Cystoseira compressa

Corallina officinalis

Dictypteris membranacea

Fig. 6- Séchage des algues a l'air libre

1.3 Choix de l'espèce végétale

La fève *Vicia faba* L. est choisie pour évaluer l'effet des extraits d'algues sur la germination, et la tolérance à la salinité car elle possède des grosses graines faciles à manipuler, germe rapidement, et réagit bien aux biostimulants. C'est une plante sensible au stress salin, ce qui permet de mesurer clairement l'effet protecteur des extraits d'algues. Sa culture est facile et son importance agronomique, économique et nutritionnelle rend les résultats applicables à grande échelle. Pour ce travail la sélection des variétés commercialisées en Algérie, qui sont couramment cultivées et représentent un matériel végétal a été examiné, surtout lorsque on sait que ce sont des graines importées.

F1 fontono Semi précoce otono Golden Sofia

Fig. 7- Les différentes variétés sélectionnées pour le test de germination.

2 Méthodes

2.1 préparation de la poudre d'algues

2.1.1 Séchage

Après avoir identifié l'espèce et éliminé les débris, le processus de séchage a été réalisé dans un endroit lumineux sans exposition directe au soleil pendant deux semaines.

2.1.2 Broyage

Le broyage est une étape très importante dans la préparation de poudre d'algues, dans laquelle les échantillons sont transférés de leur structure d'origine à une poudre prête à l'emploi, après être passées par le broyage dans le mortier puis le broyeur.

Fig. 8-Broyage à l'aide d'un mortier et broyeur.

2.1.3 Tamisage

Consiste à séparer des particules en fonction de leur taille, cela se fait généralement à l'aide d'un tamis.

Fig. 9- Tamisage des quelques algues

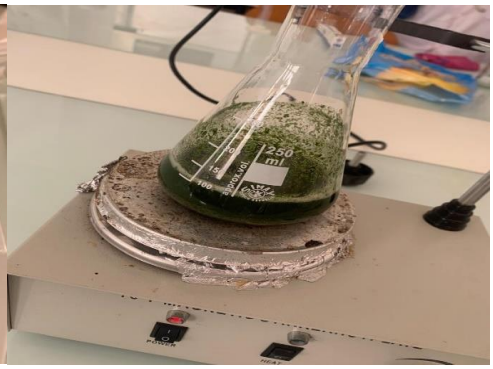
Fig. 10- Poudre finale

2.2 Préparation d'extrait d'algues

On a procédé à un ensemble d'étapes pour la préparation d'extrait d'algue

- pesé 10g de la poudre et en le mélangeant avec 100ml d'eau distillé dans un erlenmeyer
- agitation de la solution pendant 15 minutes
- autoclavage pendant 60min sous 121°c
- filtration de la solution à l'aide d'un papier filtre absorbant
- stockage et dilution de l'extrait d'algues

Balance



Agitateur

Autoclave

Filtration

Fig. 11- Les différentes étapes de la préparation d'extrait d'algues

2.3 Protocoles expérimentaux

2.3.1 L'effet des extraits d'algues sur la germination des graines de quatre variétés de *Vicia faba* L.

Dans ce protocole, nous commençons par le nettoyage des graines avec de l'eau de Javel pour la désinfection de toutes contamination fongiques, et les sécher légèrement. Ensuite, nous les plaçons dans un réfrigérateur pendant 24 heures à quatre degrés Celsius afin de lever leur dormance.

Dans chaque boite de pétrie nous avons placés 5 graines sur du papier absorbant pour commencer l'arrosage jusqu'à ce que le processus de germination soit terminé.

Parallèlement, deux solutions de chaque espèce d'algue sont préparées à deux concentrations différentes 5% et 10% de la solution mère pour l'arrosage des chaque variété de *Vicia faba* L. en plus des graines de chaque variété sont arroser uniquement par l'eau distillée.

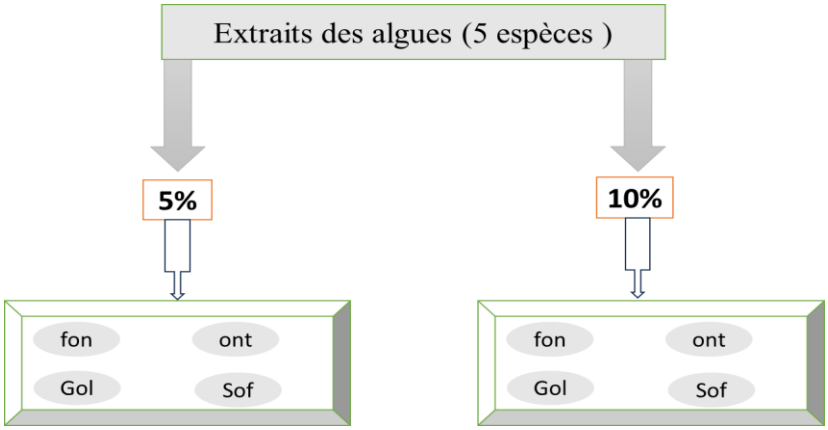


Fig. 12- Dispositif expérimentale

2.3.2 Effet combinée des extrait d'algues et la salinité sur la germination de quatre variétés de *Vicia faba* L.

Pour le deuxième protocole, les graines sont également nettoyées à l'eau de Javel, et elles subissent un traitement préalable en immergeant chaque variété des graines de *Vicia faba* L. dans deux concentrations 5% et 10% de la solution mère, puis en les plaçant dans un réfrigérateur pendant 24 heures.

Ensuite les graines traitées par les extraits d'algues de chaque variété ont subis un arrosage par une solution saline de 150ppm de NaCl.

Fig. 13- Trempage de graines

Fig. 14- Application de la solution saline

2.4 Paramètres étudies

2.4.1 Taux de germination finale

D'après CÔME(1970) le taux de germination c'est le nombre de graines germées par rapport au nombre total de graines semées est exprimé en pourcentage.

$$TG = \frac{\text{Nombre des graines germées}}{\text{Nombre des graines semées}} \times 100$$

2.4.2 Cinétique de germination

Elle est réalisée suite à des observations quotidiens des graines nouvellement germé pendant une durée de quelques jours jusqu'au la stabilisation de la germination, et présenté par une courbe qui représente l'évolution des pourcentages cumulés de germination en fonction du temps.

2.4.3 Précocité de germination

La précocité de la germination est exprimée par le taux des premières graines germées correspondant à l'intervalle de temps entre le semis des graines et les premières graines germées (Belkhodja, 1996). Il est calculé sur la base des graines germées après 24h de semis.

2.5 Mesures biométriques

2.5.1 Longueur de la tigelle et radicule :

La longueur a été déterminée après la fin de germination, exprimée en centimètre (cm) ces mesures sont effectuées par règle graduée.

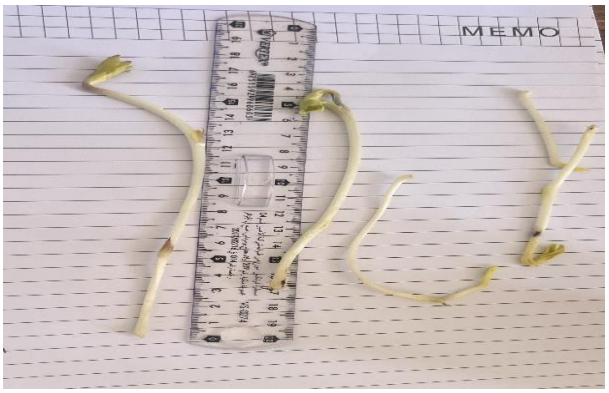


Fig. 15- Mesure de tigelles

2.5.2 Poids frais de la tigelle et radicule

Sont effectuées à l'aide d'une balance de précision et exprimée en milligramme (mg).

Fig. 16- Mesure du poids frais

2.6 Etude statistiques

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'analyse de la variance des moyennes avec les tests ANOVA a deux facteurs , pour évaluer la signification de l'effet des extraits d'algues et les différents variétés au seuil $P<0,05$. logiciel utilise pour les traitement de donnés est : IBM SPSS

Chapitre III : Résultats et Interprétation

1 L'effet des extraits d'algues sur la germination des graines de quatre variétés de *Vicia faba* L.

1.1 Paramètres étudies

1.1.1 Taux final de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5%

La figure 6 montre que dans la condition normale (Témoin) ,Tous les variétés montrent un taux de germination très élevé, atteignent 100% pour les variétés F1 fontono, Sofia et 90% pour Otono et Golden, ce qui indique une bonne viabilité des semences. Ce résultat sert de référence pour évaluer l'effet des autres traitements.

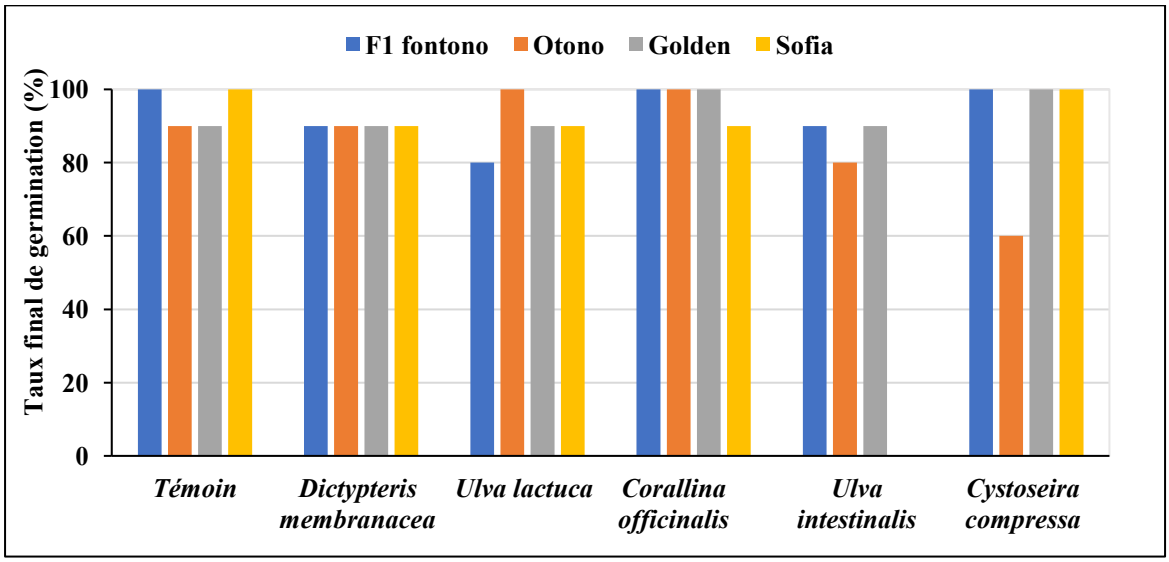


Fig. 17- Taux final de germination (%) de quatre variétés de *Vicia faba* L. traitées avec l'extraits de cinq espèces d'algues à une concentration de 5 %.

L'effet des différentes algues sur la germination varie selon les espèces et les variétés étudiées. L'extrait de *Dictypteris membranacea* a de taux de germination égal pour le quatre variétés (90%) ce qui indique un effet modérément inhibiteur. En revanche, *Ulva lactuca* semble avoir un effet variable : la variété Otono maintient une germination très élevée (100 %), tandis que les variétés F1 fontono et Sofia enregistrent une légère baisse (80 et 90 %) par rapport au témoin. Avec *Corallina officinalis*, toutes les variétés conservent un taux de germination élevé (100 %) et une légère diminution pour Sofia (90%).

L'application de l'extrait d'algue *Ulva intestinalis* montre une forte variabilité dans son effet selon les variétés. Les variétés F1 fontono, Otono présentent un taux de germination moins de 10% par rapport au témoin, la variété Golden conserve toujours leur taux final 90%. tandis que Sofia aucune graine n'a lancé le processus de germination.

Enfin, *Cystoseira compressa* présente un effet fortement inhibiteur chez la variété Otono, dont le taux de germination chute à 60 %, En revanche, les autres variétés maintiennent une germination très élevée (100 %).

Etude statistique :

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: Taux de germination

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
graine	1215,000	3	405,000	,815	,510
algue	2480,000	4	620,000	1,248	,343
Erreur	5960,000	12	496,667		

a. R-deux = ,383 (R-deux ajusté = ,023)

Effet de l'algue :F(4,12) = 1,248 ; p = 0,343 , Non significatif : le type d'algue n'a pas d'effet statistiquement significatif sur le taux de germination.

Effet de la graine :F(3,12) = 0,815 ; p = 0,510 ,Non significatif également : la variété de graine n'a pas non plus d'effet significatif.

Modèle global :Le modèle complet (algue + graine) n'explique qu'environ 2,3 % de la variance du taux de germination (R^2 ajusté = 0,023) : très faible .Le modèle n'est pas prédictif.

1.1.2 Taux final de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10%

Le graphique montre qu'à une concentration de 10 %, les extraits d'algues exercent un effet inhibiteur plus prononcé sur le taux final de germination de certaines variétés.

Cela se manifeste dans la baisse marquée de F1 fontono à 60% sous l'influence de *Dictyopteris membranacea*, ainsi que la chute deux fois d'Otono jusqu'au 40% sous l'effet d'*Ulva lactuca* et *Ulva intestinalis*. Cependant, Golden a maintenu sa capacité de germination, malgré une

chute à 80% à deux reprises. Quant à Sofia, l'effet sur elle semble très négatif, le taux de germination chute avec tous les extraits d'algues, avec des moyennes de 20% pour *Ulva intestinalis*.

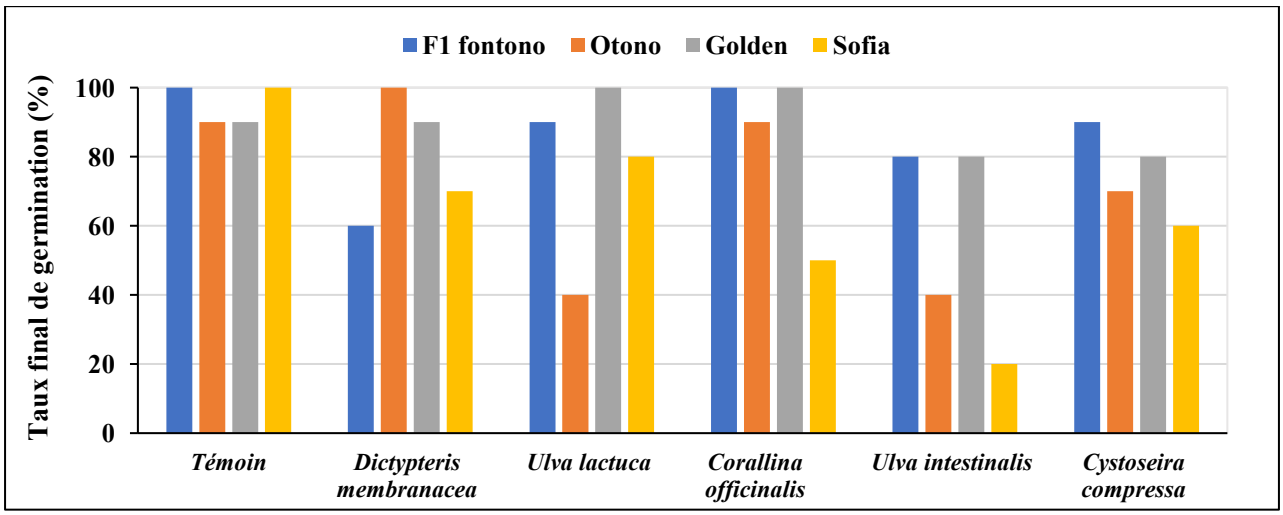


Fig. 18- Taux final de germination (%) de quatre variétés de *Vicia faba* L. traitées avec l'extraits de cinq espèces d'algues à une concentration de 10 %.

Analyse statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: Taux de germination

Source	Somme des carrés de type II	ddl	Carré moyen	F	Signification
graine	3575,000	3	1191,667	3,250	,060
algue	2120,000	4	530,000	1,445	,279
Erreur	4400,000	12	366,667		

a. R-deux = ,564 (R-deux ajusté = ,310

Ce tableau présente les résultats d'une analyse de variance (ANOVA) à effets fixes, visant à tester l'effet de deux facteurs ("graine" et "algue") sur la variable dépendante taux de germination : Il y a une tendance vers un effet du type de graine, mais il ne passe pas le seuil de signification à 5 %. L'algue n'a pas d'effet significatif sur le taux de germination.

1.1.3 Cinétique de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5%

En condition de témoin, la germination des graines débute au 4eme jour pour la variété Otono (20%), au 5eme jour pour F1 fontono (20%), et au 6eme jour pour Golden (10%) et Sofia (20%). L'évolution est toutefois très lente pour les variétés Otono et Golden qui ne stabilisent qu'au bout de 13 jours.

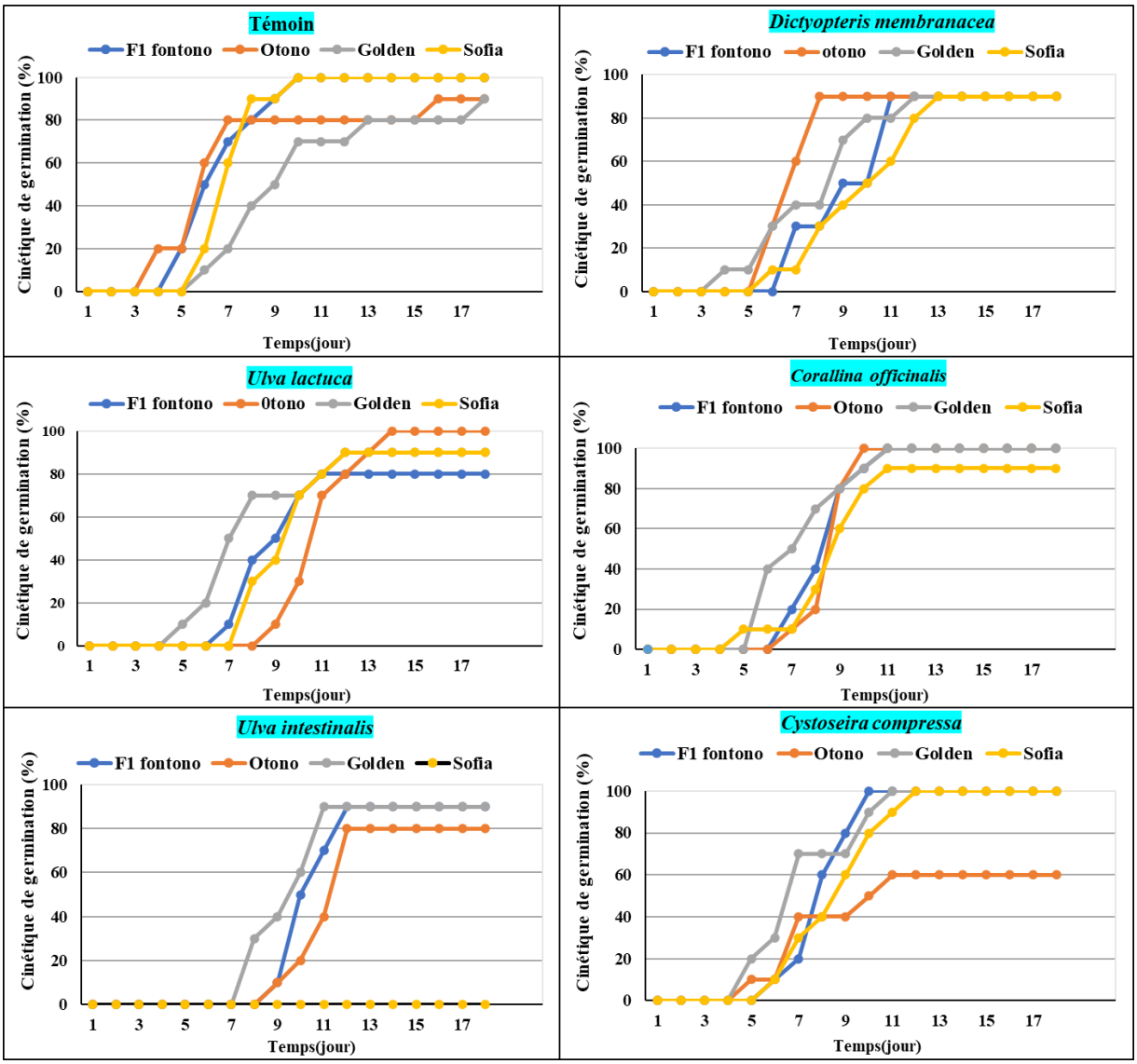


Fig. 19 - Effets de l'extrait des différentes algues de concentrations 5% sur la cinétique de germination de quatre variétés de *Vicia foba* L.

L'arrosage avec l'extrait de *Dictyopteris membranacea*, on observe une germination très rapide chez la variété Otono, qui atteint 90 % du 5 jours au 7 jours de l'expérience. La variété Golden montre également une germination précoce, dès le 4eme jour mais avec taux très faible de 10%.

Sous l'effet de *Corallina officinalis*, toutes les variétés atteignent un taux de germination très élevé entre (90 et 100 %) marquant une durée de germination de 7 jours notant la sous l'effet de cette algue la variété otono enregistre un taux de 100% qui se stabilise à partir de 9eme jours à une durée de 4 jours. Ce même constat est observé avec *Cystoseira compressa*, à l'exception de la variété Otono, qui plafonne à 60 %.

Avec *Ulva intestinalis*, la germination est fortement retardée pour les quatre variétés. Elle ne débute qu'après 8 jours, avec une absence totale de germination observée chez Sofia.

1.1.4 Cinétique de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10%

Dans cette figure, à une concentration de 10 % de l'extrais des différentes algues utilisées, la germination de la variété Sofia est fortement retardée avec toutes les espèces de macrophytes benthiques. Elle ne débute qu'entre le 8eme et le 11eme jour .

De manière similaire, la variété Otono présente un retard de germination lorsqu'elle est traitée avec les espèces du genre Ulva. En revanche l'extrait de *Dictyoperis membranacea* a permis au Otono d'atteindre 100% à partir de 9eme jours.

La variété Golden se distingue par une germination plus rapide que les autres variétés dans la majorité des cas, il est important de note que avec l'arrosage par *Corallina officinalis* la germination se stabilise a 100% à partir de 8eme jour . De son côté, F1 fontono montre une bonne réactivité sous le traitement à *Corallina officinalis* et *Cystoseira compressa* (100%) .

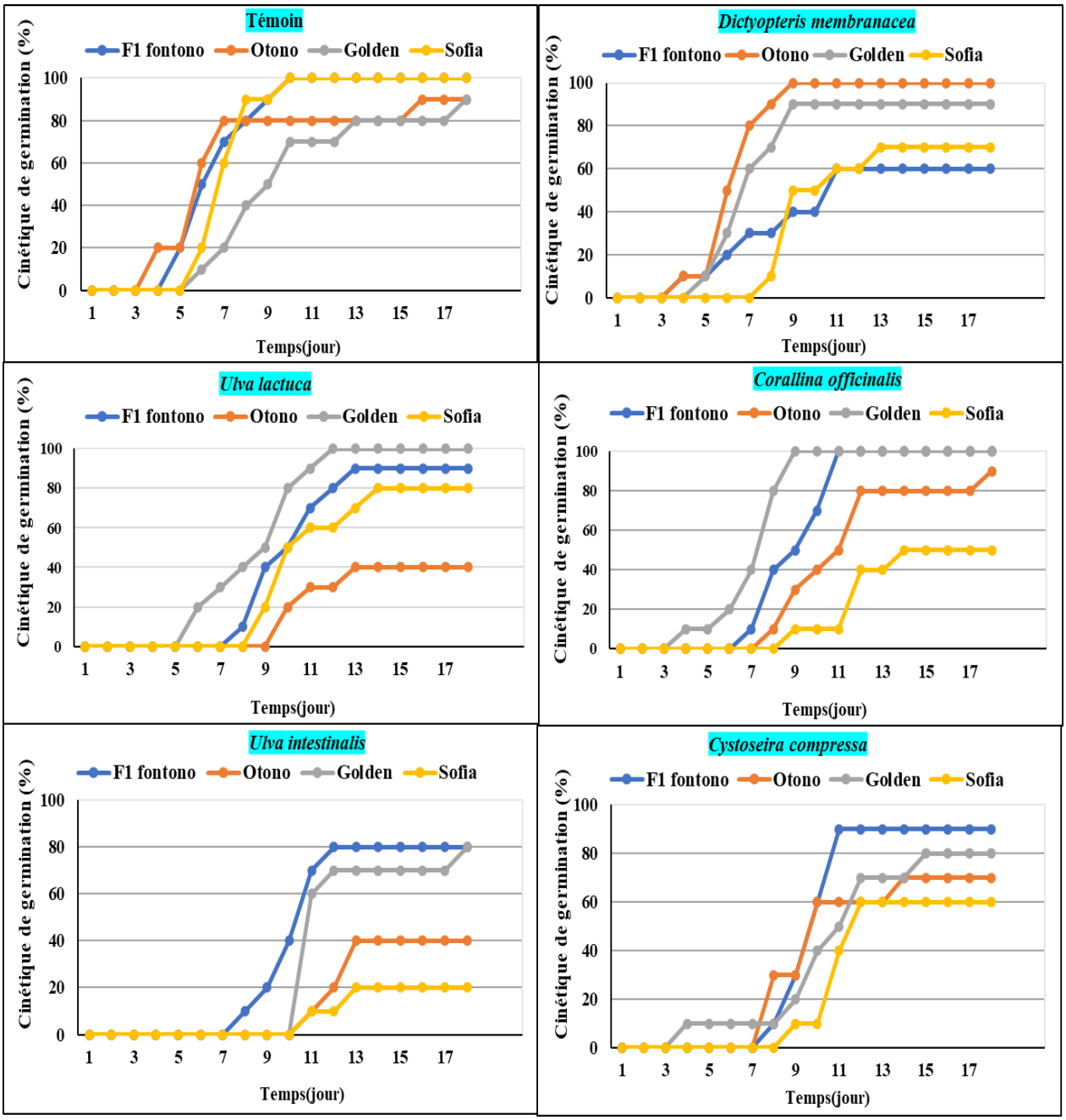


Fig. 20- Effets de l'extrait des différentes algues de concentrations 10% sur la cinétique de germination de quatre variétés de *Vicia foba L.*

1.1.5 Précocité de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5%

La précocité de germination est un paramètre très important qui permettre de focaliser le début de germination, pour bien comprendre les résultats affiché au niveau de la figure 21 il est recommandé de lire les courbes de la cinétique de germination.

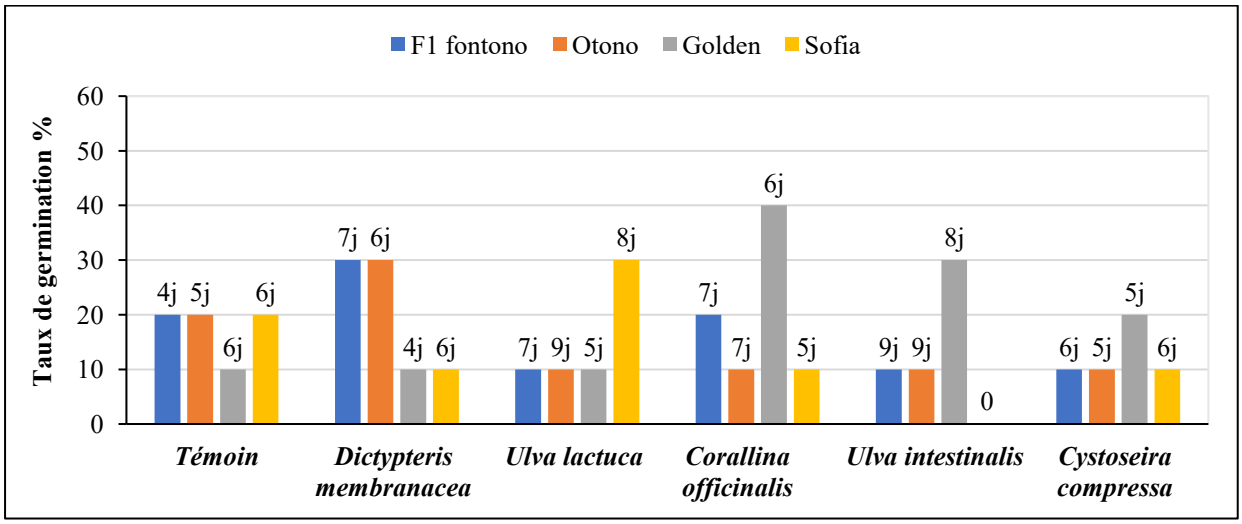


Fig. 21- précocité de germination des graines des quatre variétés de *Vicia faba* L. arrosée par l'extraits d'algues a 5% des cinq espèces.

Globalement les résultats montrent une amélioration de la précocité de germination avec l'application de l'extrait *Coralina officinalis* sur la variété Golden ou le taux de germination passe de 10% le 6eme jours chez le témoin au 40% pour le même jour. La même variété a signalé un taux de 20% le 5eme jour en présence de l'extrait de *Cystoseira compressa*.

1.1.6 Précocité de germination des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10%

La lecture des résultats au niveau de la figure 22, nous permet de faire sortir un ralentissement de déclanchement des processus de germination chez les quatre variétés sélectionnés avec l'application des extraits d'algues par rapport aux témoins, sauf quelques résultats remarquables qui font l'exception, telle que la variété Golden qui affiche un taux de 20% pour l'extrait de *Ulva lactuca* et 10% au 4eme jour pour *Corallina officinalis* et *Cystoseira compressa*. La variété Otono marque un taux de 30% au 4eme jour lorsque elle est arrosé par l'extrait a 10% de *Cystoseira compressa* contre 20% au 5eme jour chez les graines témoins.

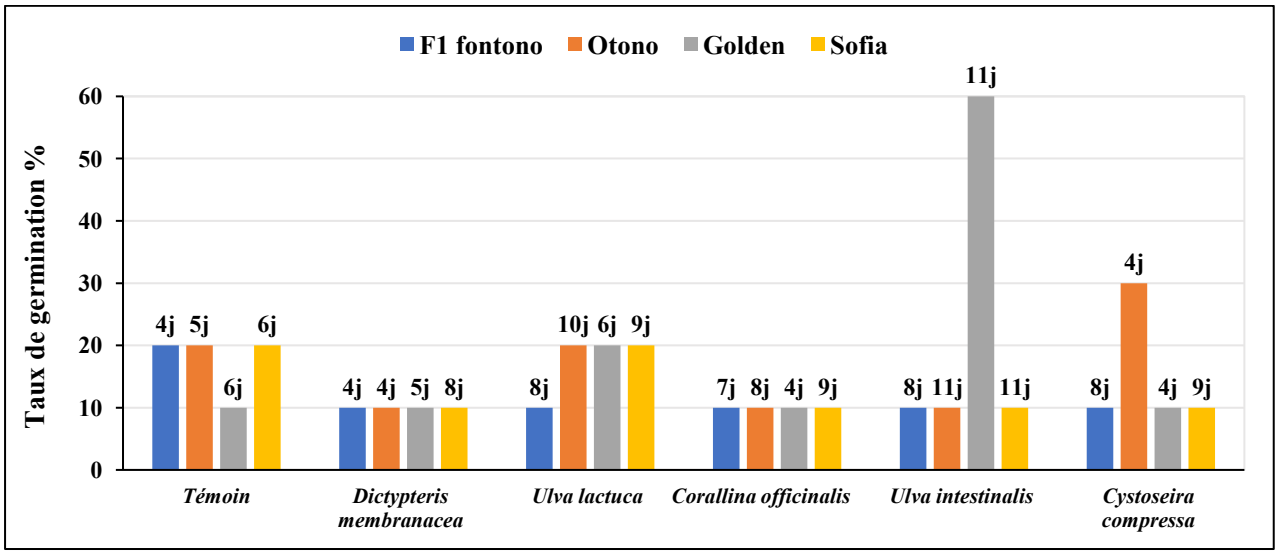


Fig. 22- précocité de germination des graines des quatre variétés de *Vicia faba* L. arrosée par l'extraits d'algues a 10% des cinq espèces.

1.2 Mesures biométriques

1.2.1 Longueur des radicules des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5%

Les variétés placés comme témoin présente globalement des longueurs de radicules relativement faibles, comprises entre 3 et 5 cm.

Avec *Dictyopteris membranacea*, une légère amélioration est observée par rapport au témoin, particulièrement chez la variété F1 Fontono et Sofia , qui atteindre des longueur de 7 cm et 4,5 cm respectivement.

Le traitement à base d'*Ulva lactuca* induit un effet stimulant marqué, surtout chez Golden (8,7 cm) et F1 Fontono (6,5 cm), tandis que Sofia reste peu affectée, avec une longueur de radicules avoisinant le 5 cm.

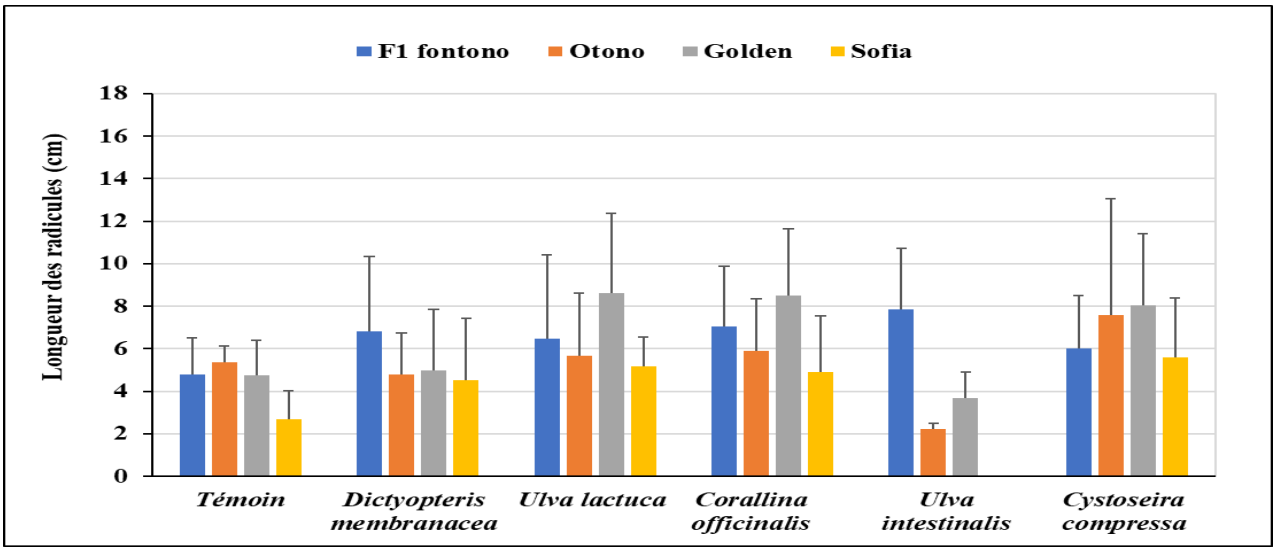


Fig. 23- Longueur des radicules pour quatre variétés de *Vicia faba* L. sous différents traitements à base d'extrait d'algues de concentration 5%.

L'application de *Corallina officinalis* entraîne une amélioration de la croissance des radicules chez Golden et F1 Fontono, avec des longueurs variant entre 7 et 9 cm.

En présence d'*Ulva intestinalis*, F1 Fontono affiche la meilleure performance, atteignant environ 8 cm. Les autres variétés, montrent une réduction de croissance des jeunes racines qui restent parfois même inferieure aux témoins.

Enfin, le traitement par *Cystoseira compressa* se révèle bénéfique pour Golden et Otono, qui atteignent chacun près de 8 cm au niveau de la longueur de leurs radicules. Sofia réagit de la même façon, soit une amélioration qui avoisine les 50% par rapport au témoin.

Analyse statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: longueur des radicules

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
algue	110,201	4	27,550	3,444	,011
graine	77,787	3	25,929	3,242	,025
algue * graine	160,804	10	16,080	2,010	,038
Erreur	911,881	114	7,999		

Effet principal de l'algue :F(4,114) = 3,444, p = 0,011 , le type d'algue a un impact significatif sur la longueur de la radicule.

Effet principal des variété (graine) : F(3,114) = 3,242, p = 0,025 ,l'effet significatif également la variété de graine influence la longueur de la radicule.

Interaction (algue & variété) :F(10,114) = 2,010, p = 0,038 , l'effet de l'algue dépend de la variété de graine, et inversement.

1.2.2 Longueur des radicules des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10%

Le traitement à base de *Dictyopteris membranacea* induit une amélioration marquée de la croissance racinaire chez l'ensemble des variétés étudiées. la longueur des radicules varie entre 6 et 8 cm, ce qui représente une nette progression par rapport au témoin. En ce qui concerne *Ulva lactuca*, un effet stimulant est particulièrement observé chez la variété Golden, qui atteint environ 7 cm. Les autres variétés, en revanche, présentent une croissance similaire à celle du témoin, avec des longueurs comprises entre 3 et 4,5 cm.

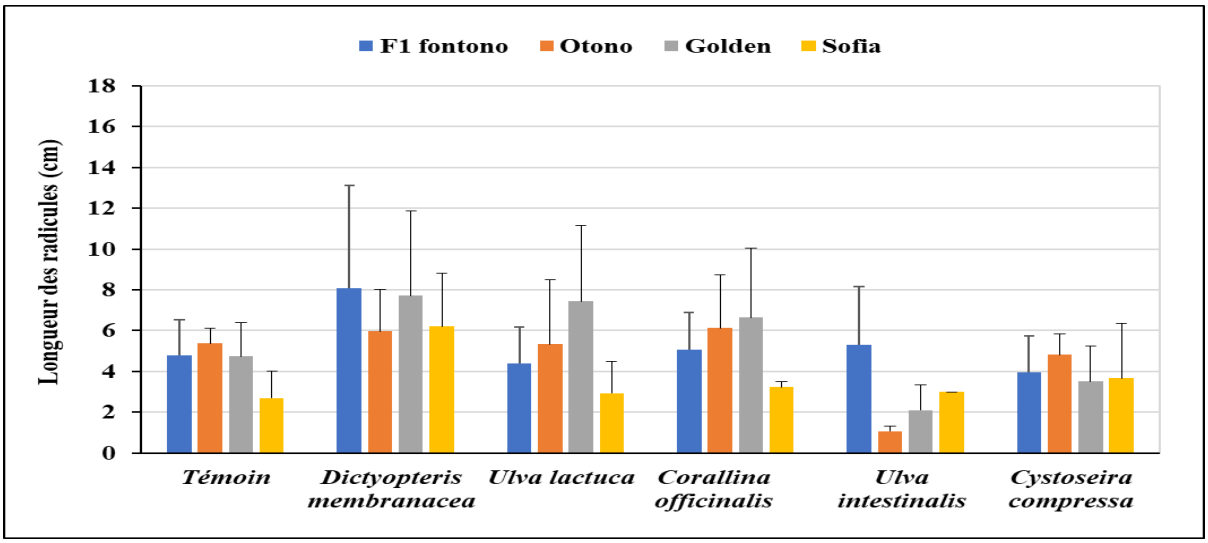


Fig. 24- Longueur des radicules pour quatre variétés de *Vicia faba L.* sous différents traitements à base d'extrait d'algues de concentration 10%.

Le traitement avec *Corallina officinalis* se révèle également efficace, notamment chez les variétés Golden et Otono, qui atteignent respectivement 7 cm et 6 cm. Sofia, quant à elle, réagit peu, avec une croissance limitée à environ 3 cm.

Pour *Ulva intestinalis*, seule la variété F1 Fontono montre une réponse notable avec une longueur d'environ 5 cm. Les variétés Otono et Golden affichent des croissances très faibles, de l'ordre de 1 cm et 2 cm. Il est remarquable que l'extrait de cette algue affiche les moyennes les plus faibles comparativement aux autres algues.

Enfin, le traitement par *Cystoseira compressa* semble maintenir une croissance racinaire relativement stable et homogène chez toutes les variétés (3,8 à 4,8), sans une grande différence par rapport au témoin.

Analyse statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: Long des radicules

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
algue	19770,297	4	4942,574	24,799	,000
graine	55,504	3	18,501	,093	,964
algue * graine	557,507	12	46,459	,233	,996
Erreur	20727,851	104	199,306		

a. R-deux = ,502 (R-deux ajusté = ,411)

L'analyse de la variance (ANOVA) réalisée sur la longueur des radicules montre que seul le facteur "algue" influence significativement la longueur des radicules ($p<0,05$), tandis que la variété et son interaction avec l'algue ne présentent aucun effet significatif. Le modèle global explique environ 50,2 % de la variance totale observée ($R^2 = 0,502$), ce qui représente un pouvoir explicatif modéré.

1.2.3 Longueur des tigelles des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5%

Sous condition témoin, les tigelles présentent une croissance réduite pour toutes les variétés, avec une longueur comprise entre 1,8 et 3 cm.

La variété F1 Fontono présente les meilleurs résultats avec l'ensemble des traitements, en particulier avec *Dictyopteris membranacea*, atteignant une longueur de tigelle d'environ 7 cm. La variété Golden affiche une bonne croissance des tigelles, notamment avec *Dictyopteris membranacea* et *Cystoseira compressa*, avec une longueur avoisinant les 6 cm.

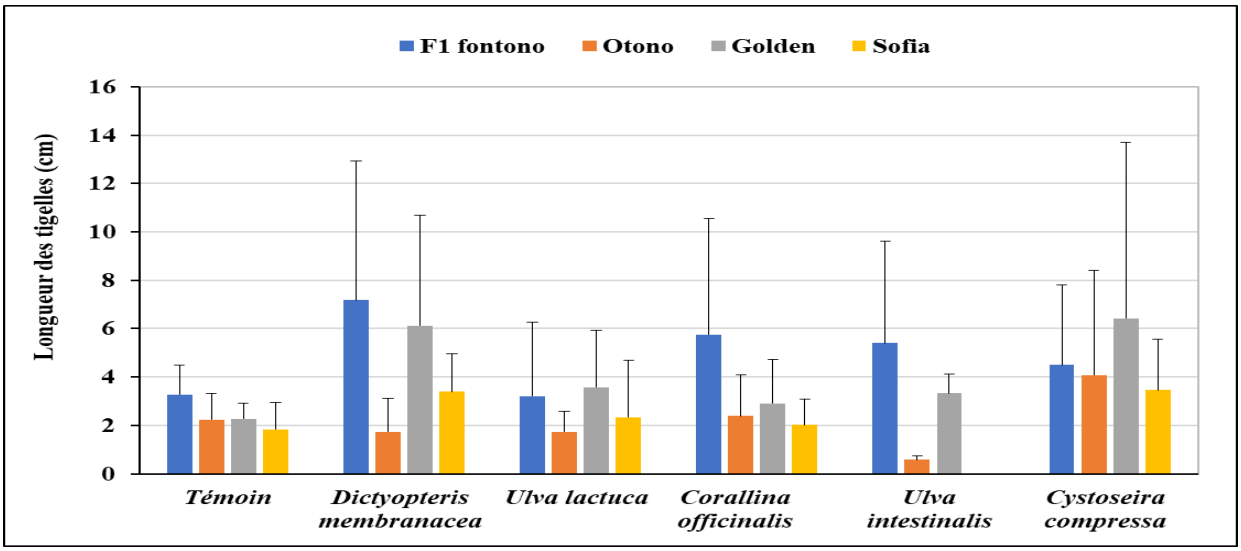


Fig. 25 - Longueur des tigelles de quatre variétés de *Vicia faba* L. sous différents traitements à base d'extrait d'algues d'une concentration de 5%.

En revanche, Otono présente les résultats les plus faibles, notamment avec *Ulva intestinalis*, où la longueur atteint à peine 0,5 cm. Mais lorsqu'elle est traitée avec *Cystoseira compressa* elle enregistre une croissance de l'ordre de 4cm. La variété Sofia montre des résultats variables généralement stable avec une augmentation de longueur des tigelles sous l'effet de *Dictyopteris membranacea* et *Cystoseira compressa*, 3,5 cm par rapport au témoin 1,8cm.

Etude statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: Long des tigelles

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
algue	7766,763	4	1553,353	14,253	,000
graine	1140,235	3	380,078	3,487	,018
algue * graine	4174,667	12	347,889	3,192	,001
Erreur	11770,415	108	108,985		

a. R-deux = ,516 (R-deux ajusté = ,427)

Algue, graine, et leur interaction (algue * graine) ont tous un effet significatif sur la longueur des tigelles ,car les valeurs de Signification (p) sont toutes < 0,05.

1.2.4 Longueur des tigelles des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10%

Ce graphe révèle une croissance des tigelles assez importante chez la variété F1 fontono lorsque elle reçoit un traitement de 10% à base de *Dictypteris membranacea* et *Ulva lactuca* avec respectivement des longueurs de 5 cm et 6 cm.

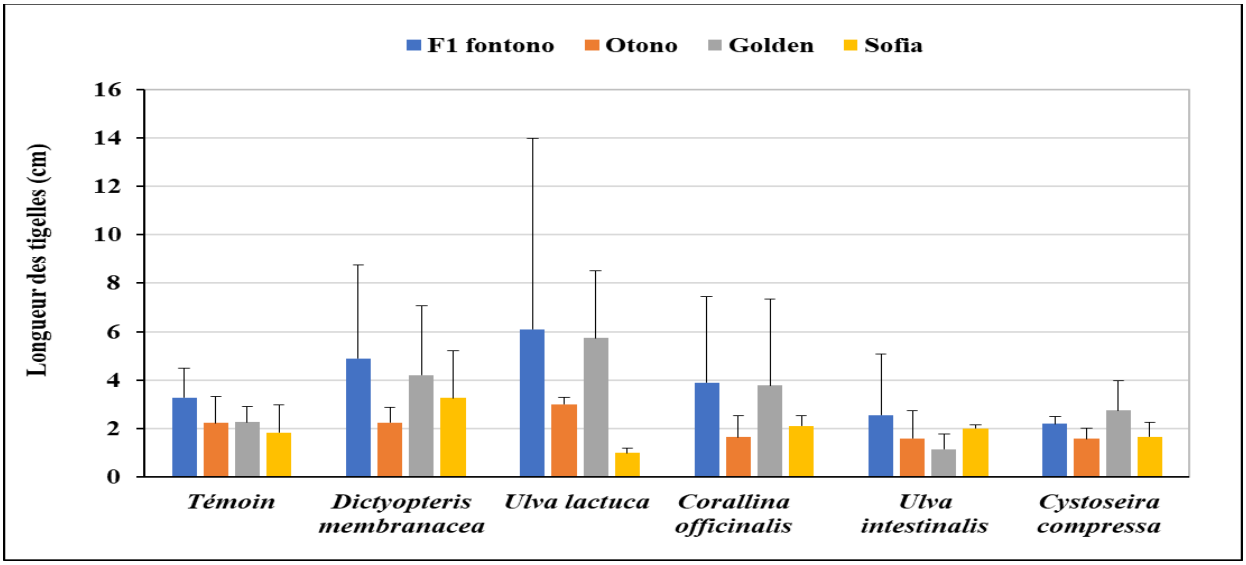


Fig. 26- Longueur des tigelles de quatre variétés de *Vicia faba* L. sous différents traitements à base d'extrait d'algues d'une concentration de 10%.

Ce qui concerne la variété Golden la croissance des tigelles s'améliore nettement avec l'application d'extrait de *Dictyopteris membranacea* et *Ulva lactuca* ou elle affiche une augmentation plus de 50%. Tandis que la variété Sofia marque une légère augmentation au niveau de la croissance des tigelles pour *Dictypteris membranacea* avec un différence de 1 cm au niveau de la moyenne par rapport au témoin.

Etude statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: Long des tigelles

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
algue	8202,721	4	2050,680	12,434	,000
graine	322,069	3	107,356	,651	,585
algue * graine	679,336	12	56,611	,343	,978
Erreur	10885,311	66	164,929		

a. R-deux = ,473 (R-deux ajusté = ,321)

Algue a un effet significatif (p = ,000) , le type d'algue influence sur la longueur des tigelles. Graine n'a pas d'effet significatif (p = ,585) , le type de graine n'a pas d'impact notable. Interaction algue * graine non significative (p = ,978) ,le mélange des deux ne change pas le résultat.

1.2.5 Poids des radicules des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5%

Le poids des radicules dans la condition témoin montre des valeurs inférieure ou égale à 50 mg pour toutes les variétés, à l'exception de la variété Otono qui atteint 100 mg.

Les variétés F1 fontono, Otono et Golden présentent une augmentation notable du poids des radicules sous l'effet des traitements par *Dictyopteris membranacea*, atteignant jusqu'à 150 mg, tandis que Sofia montre une amélioration plus modeste, passant de 25 mg (témoin) à environ 35 mg.

Sous l'effet de l'extrait d'*Ulva lactuca*, la variété Golden se distingue par une forte biomasse fraiche, avec un poids des radicules atteignant près de 200 mg, alors que , F1 fontono et Sofia atteignant respectivement 110 mg et 75mg.

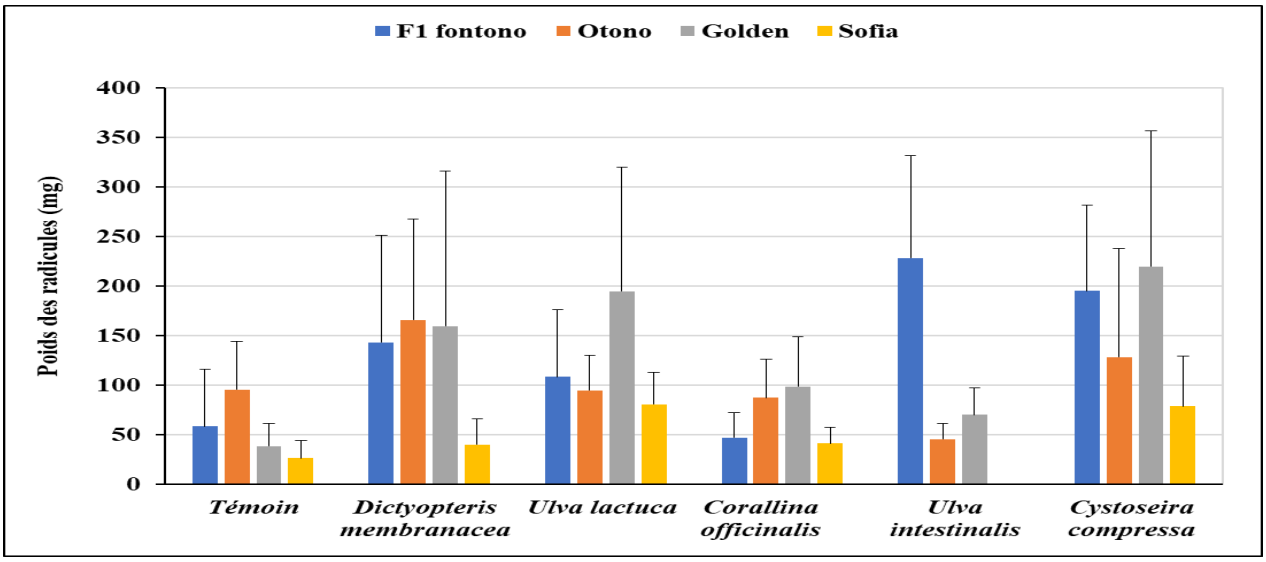


Fig. 27- Poids frais des radicules en mg des quatre variétés de graines de *Vicia faba* .L traitées avec cinq types d'extraits d'algues a 5%.

Le traitement par *Corallina officinalis* induit également une amélioration chez Golden, dont le poids des radicules passe de 35 mg (témoin) à 100 mg.

Avec *Ulva intestinalis*, la variété F1 fontono affiche la meilleure réponse, atteignant un poids frais de 225 mg. Pour la variété Golden une légère différence est enregistrée sous l'effet de même extrait.

Enfin, sous l'effet de *Cystoseira compressa*, les quatre variétés présentent une variation marquée du poids des radicules, avec des réponses particulièrement élevées chez F1 fontono et Golden atteignant 180 mg et 220 mg. Avec la même tendance les deux autres variétés Otono et Sofia marquent des modification au niveau du poids frais de l'ordre de 125mg et 75mg.

Analyse statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: poids des radicules

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
algue	145535,937	4	36383,984	5,461	,000
graine	244915,066	3	81638,355	12,254	,000
algue * graine	220451,325	12	18370,944	2,757	,002
Erreur	899416,756	135	6662,346		

a. R-deux = ,399 (R-deux ajusté = ,314

Algue : effet significatif (p = ,000) → le type d'algue influence fortement le poids de la radicule.

Graine : effet significatif (p = ,000) → le type de graine a aussi un impact clair.

Interaction algue * graine : également significative (p = ,002) → l'effet combiné des deux joue aussi un rôle important.

1.2.6 Poids des radicules des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10%

Le traitement à base de *Dictyopteris membranacea* entraîne une importante amélioration du poids frais des radicules, atteignant environ 140 mg pour les graines de Otono et Golden.

L'extrait *Ulva lactuca* montre également une variation très marquée du poids des radicules, notamment chez la variété Golden qui atteint 225 mg, et chez Otono avec un poids de 175 mg.

En ce qui concerne *Corallina officinalis*, l'amélioration du poids des radicules est notable chez Golden, qui atteint 110 mg, ainsi que chez F1 fontono, avec un poids de 108 mg.

L'algue *Ulva intestinalis* donne de bons résultats pour les variétés F1 fontono et Sofia, atteignant respectivement 120 mg et 100 mg. En revanche, une réduction très marquée est observée chez la variété Otono.

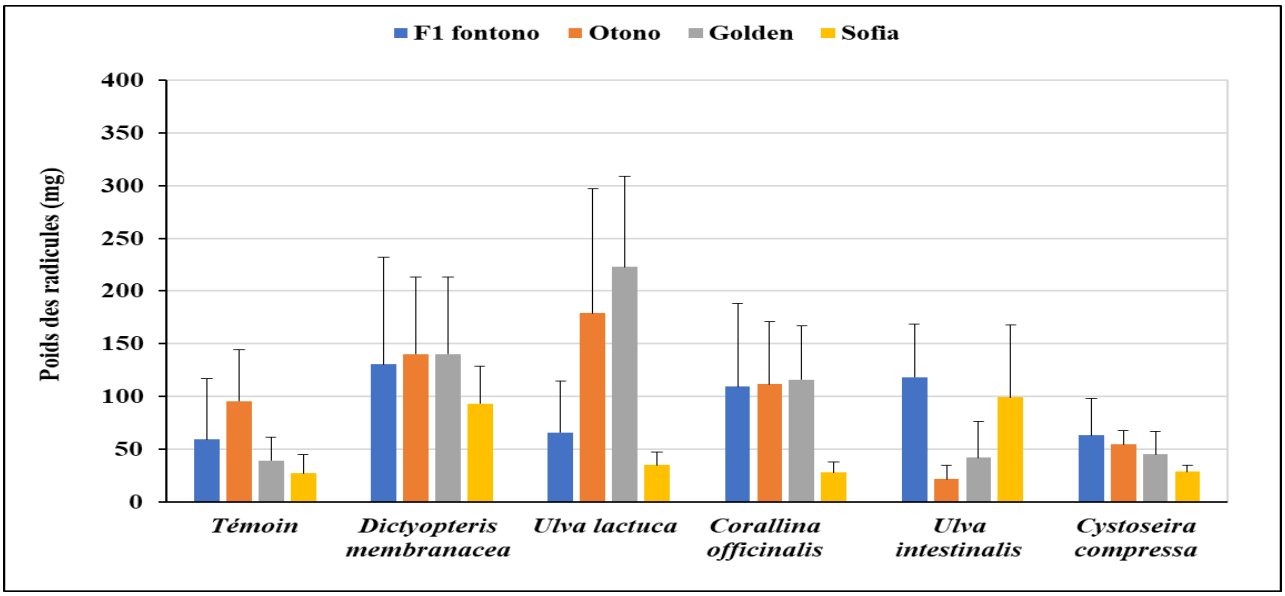


Fig. 28- Poids frais des radicules en mg des quatre variétés de graines de *Vicia faba* .L traitées avec cinq types d'extraits d'algues a 10%.

Cystoseira compressa présente également des résultats similaires à ceux du témoin, avec une légère diminution observée chez la variété Otono.

Analyse statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: poids des radicules

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
algue	101046,423	4	25261,606	6,813	,000
graine	39469,510	3	13156,503	3,549	,017
algue * graine	162652,688	12	13554,391	3,656	,000
Erreur	378177,180	102	3707,619		

a. R-deux = ,474 (R-deux ajusté = ,377)

Le type d'algue et le type de graine influencent tous les deux le poids du radicule. L'effet de l'algue dépend du type de graine (interaction significative).

1.2.7 Poids des tigelles des graines sous traitement aux extraits d'algues à 5%

Les résultats des graines placées comme témoin affichent des moyennes très rapproché passant de la variété F1 fontono avec 200 mg, suivie de Golden avec 150 mg, tandis que Otono et Sofia affichent un poids de 100 mg.

L'utilisation de l'algue *Dictyopteris membranacea*, provoque une variation de poids très marquée chez les F1 Fontono et Golden, atteignant respectivement 600 mg et 530 mg. Le poids chez Otono et Sofia est passé au double de celui des témoins.

Le traitement à base d'*Ulva lactuca* entraîne une variation d'environ 40 % par rapport au témoin pour les quatre variétés.

L'extrait de l'algue *Corallina officinalis* induit une légère augmentation du poids pour les quatre variétés. De son côté, *Ulva intestinalis* entraîne une amélioration très marquée chez la variété F1 Fontono, atteignant 620 mg, tandis que le poids frais des petites tiges pour la variété Golden avoisine les 300 mg.

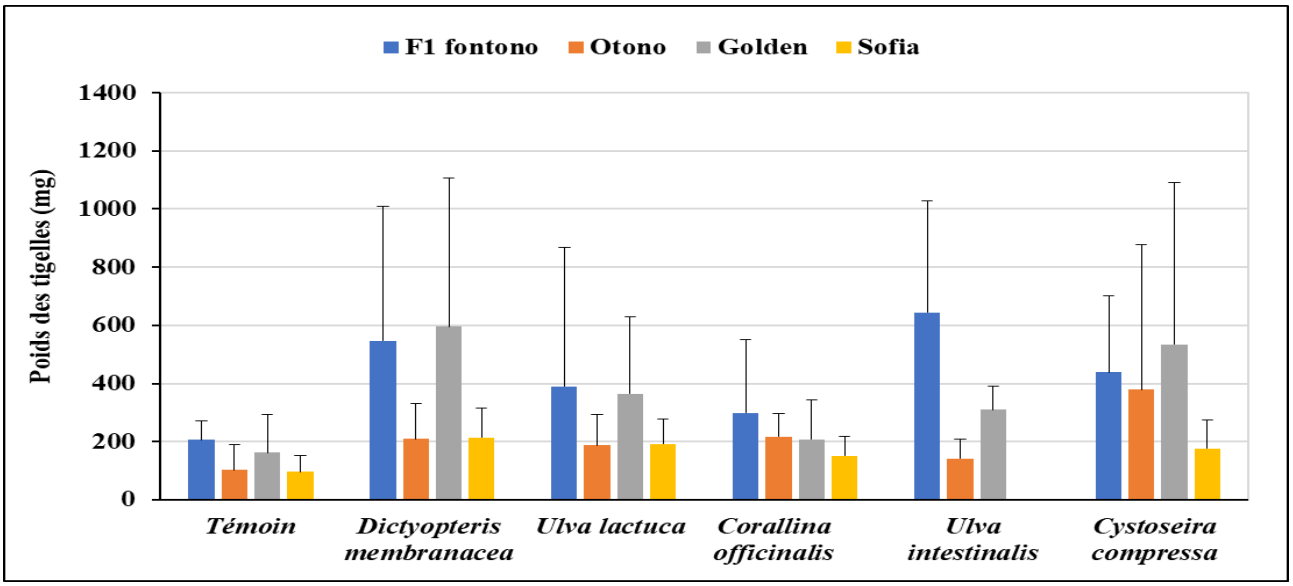


Fig. 29- Poids des tigelles des quatre variétés de *Vicia faba* L. arrosée par cinq espèces d'algues marines à une concentration de 5%.

L'algue *Cystoseira compressa* a présenté des modification positive au niveau du poids frais des tigelles, ou on a signalé 410mg et 500mg respectivement pour les deux variétés F1 fontono et

Golden. Il est important de signaler que la variété Otono présente des nettes augmentation du poids frais des tigelles lorsque elle est traité avec *Cystoseira compressa*.

Analyse statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: poids des tigelles

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
algue	579121,739	4	144780,435	1,772	,140
graine	2100667,754	3	700222,585	8,572	,000
algue * graine	910753,541	12	75896,128	,929	,521
Erreur	8903951,379	109	81687,627		

a. R-deux = ,277 (R-deux ajusté = ,151)

Seul le type de graine a un effet significatif sur le poids de la tigelle. Ni le type d'algue, ni l'interaction entre algue et graine n'ont d'effet significatif**.**

1.2.8 Poids des tigelles des graines sous traitement aux extraits d'algues à 10%

La lecture des résultats obtenus au niveau de la figure 18, montre un grand changement au niveau de poids frais des tigelles des variétés Otono et Golden lorsque elle sont traitées par 10% de *Dictyopteris membranacea*. Dans ce côté *Ulva lactuca* a favorisé une augmentation des valeurs de poids frais des tigelles pour les variétés F1 fontono (580mg) et Golden (660mg) suivi par la variété Otono (340mg).

Arrivant chez *Corallina officinalis*, avec des changements moins prononcés par rapport au deux premières algues mais elle a comme même affiche des moyennes plus grandes que le témoin avec 390mg pou F1 fontono. Les deux dernières algues présentent des légères modifications par rapport au témoin.

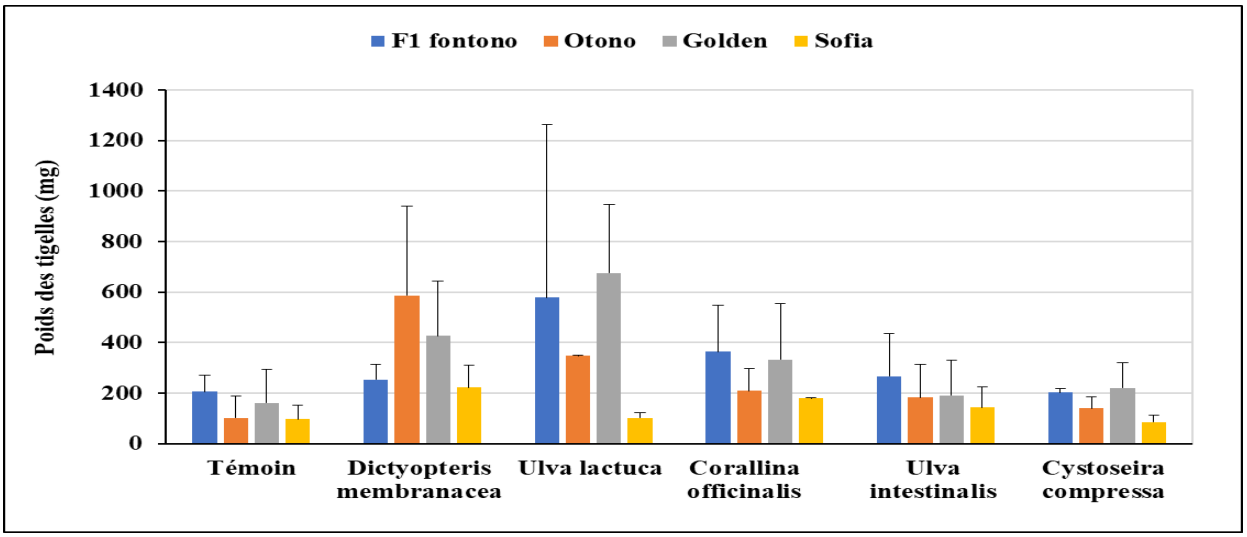


Fig. 30- Poids des tigelles des quatre variétés de *Vicia faba* .L arrosée par cinq espèces d'algues marines à une concentration de 10%.

Analyse statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: poids des tigelles

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
algue	684999,618	4	171249,904	4,110	,005
graine	555898,432	3	185299,477	4,447	,007
algue * graine	821805,179	12	68483,765	1,644	,101
Erreur	2708338,799	65	41666,751		

a. R-deux = ,494 (R-deux ajusté = ,346)

Le type d'algue et de graine influence significativement le poids des tigelles. L'interaction entre algue et graine n'est pas significative : l'effet d'une algue ne dépend pas du type de graine.

2 Effet combinée des extraits d'algues et la salinité sur la germination de quatre variétés de *Vicia faba* L.

2.1 Taux final de germination des graines à 5% de l'extrait d'algue

Ce schéma révèle que, dans de condition témoin, les graines exposées à une salinité de 150ppm sans traitement préalable présentent des taux de germination variables. Les variétés Golden et Sofia ont respectivement atteint 54 % et 48 %, indiquant une meilleure tolérance à la salinité comparativement à F1 fotono (37 %) et Otono (26 %).

L'utilisation de *Dictyopteris membranacea* en tant que prétraitement a permis d'obtenir des résultats remarquables, notamment avec F1 fontono, dont le taux est passé de 37 % dans la condition témoin à 60 %. Des améliorations ont été observées avec la variété Otono, qui atteint 70 % contre 26 % en condition témoin. Des résultats semblables ont également été obtenus avec *Ulva lactuca*, avec un taux de 65 % pour F1 fontono,70% pour Otono et 55 % pour Golden.

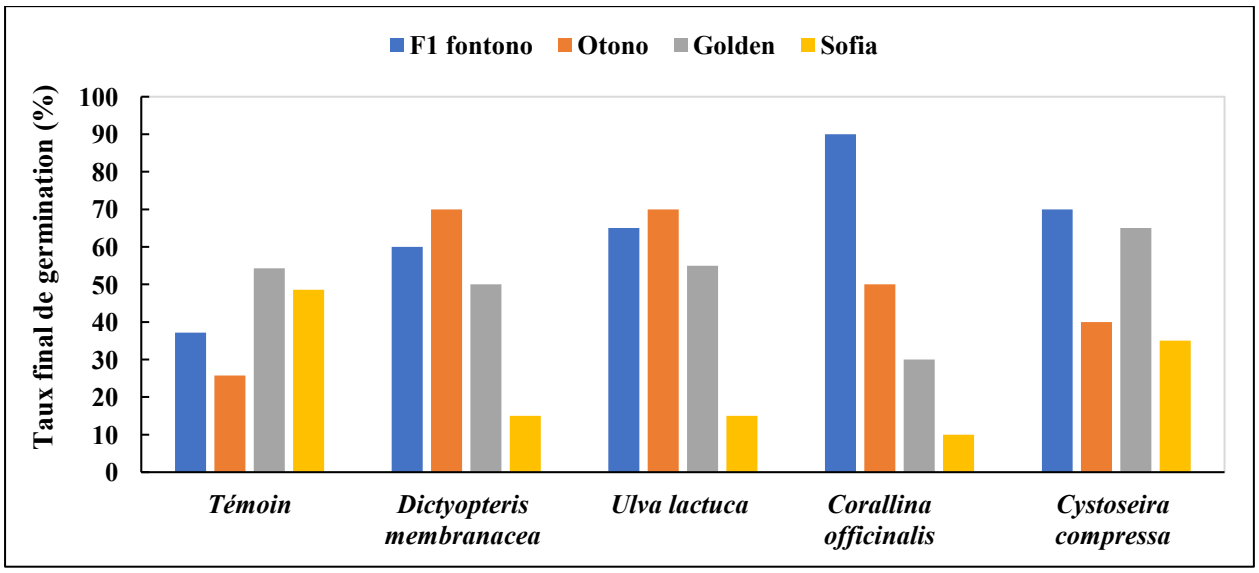


Fig. 31- Taux final de germination (%) de quatre variétés de *Vicia faba* L. soumis à un stress salin de 150 ppm et prétraités avec un extrait d'algues à 5 %.

En ce qui concerne *Corallina officinalis*, la variété F1 fontono présente les meilleurs résultats avec un taux de germination final de 90 %, tandis que la variété Otono atteint 50 %.Une amélioration notable du taux de germination a été observée chez trois variétés suite à l'application de l'extrait de *Cystoseira compressa* : 70 % pour F1 fontono, 65 % pour Golden et 40 % pour Otono.

Notant que la variété Sofia ne présente aucune amélioration avec l'ensemble des extraits d'algues à 5 %, comparée au témoin.

Analyse statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: Taux de germination

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
algue	131,250	3	43,750	,189	,901
graine	5931,250	3	1977,083	8,550	,005
Erreur	2081,250	9	231,250		

Seul le type de graine influence significativement la germination. ($p<0,005$) L'ajout d'algue n'a aucun effet détectable.

2.2 Taux final de germination des graines à 10% de l'extrait d'algue

Une augmentation de 20 % du taux de germination a également été observée chez les variétés Otono et Golden prétraitées avec *Dictyopteris membranacea*, tandis qu'une légère amélioration est notée chez F1 fontono, atteignant 40 %.

L'extrait d'*Ulva lactuca* a induit un taux de germination très élevé de 90 % chez la variété F1 fontono, tandis que la variété Otono a atteint un taux final de 55 %.

En ce qui concerne l'extrait de *Corallina officinalis*, les variétés Golden et Sofia présentent une réduction du taux final de germination sous l'influence de la concentration saline. La variété Otono ne déclenche pas le processus de germination, tandis qu'une légère amélioration est observée chez F1 fontono.

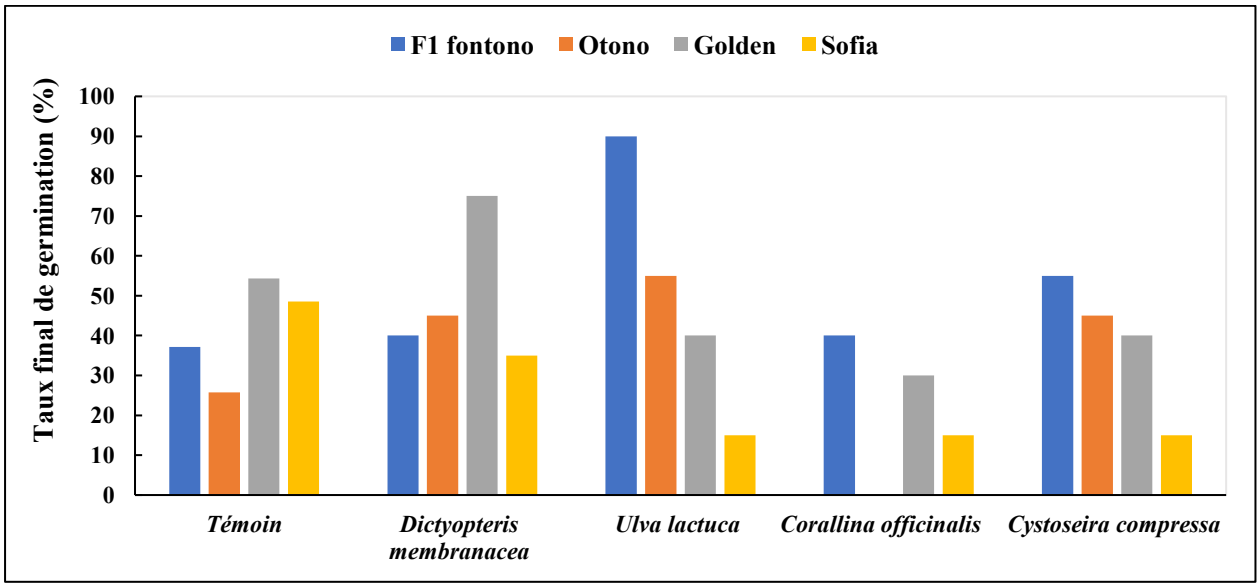


Fig. 32- Taux final de germination (%) de quatre variétés de *Vicia faba* L. soumis à un stress salin de 150 ppm et prétraités avec un extrait d'algues à 10 %.

Une amélioration du taux de germination est observée chez F1 fontono (55 %) et Otono (45 %) sous l'effet de l'extrait de 10% de *Cystoseira compressa*.

Analyse statistique

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: Taux de germination

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
algue	2117,188	3	705,729	2,237	,153
graine	2867,187	3	955,729	3,030	,086
Erreur	2839,063	9	315,451		

Algue, graine, ont tous sans effet significatif sur la taux de germination ,car les valeurs de Signification (p) sont toutes >0,05.

2.3 Cinétique de germination des graines à 5% de l'extrait d'algue

Dans la condition témoin, les quatre variétés ont montré une germination dès le 2eme jour, variant de 6 % à 14 %. L'évolution de la germination est restée faible par la suite, en particulier pour Otono (25 %) et F1 Fontono (37 %) en fin d'essai.

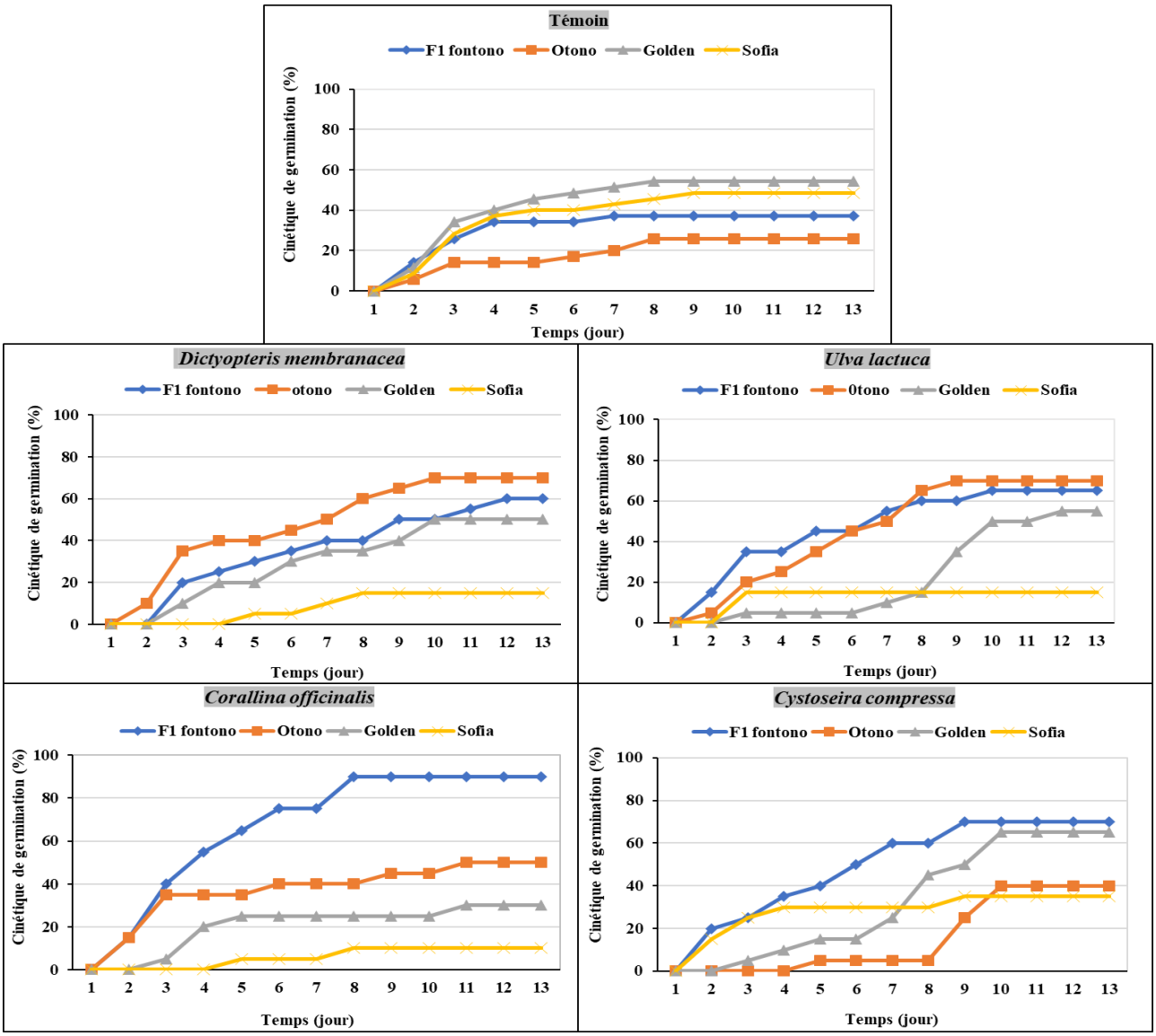


Fig. 33- Cinétique de germination des quatre variétés de *Vicia foba L.* soumis à un stress salin de 150 ppm et prétraités avec un extrait d'algues à 5 %.

L'application de *Dictyopteris membranacea* et *Ulva lactuca* a entraîné une amélioration très marquée de la cinétique de germination pour les variétés Otono et F1 fontono. La germination a débuté dès le 2eme et 3eme jour, atteignant des taux finaux d'environ 70 % pour Otono et de 60 à 65 % pour F1 fontono.

La variété F1 fontono montre une augmentation très marquée du taux de germination sous l'effet du traitement préalable par *Corallina officinalis*, atteignant 90 % en 7 jours.

Un effet positif est observé sous l'influence de *Cystoseira compressa,* les variétés F1 fontono et Golden, atteignant respectivement 70 % et 65 %.

2.4 Cinétique de germination des graines à 10% de l'extrait d'algue

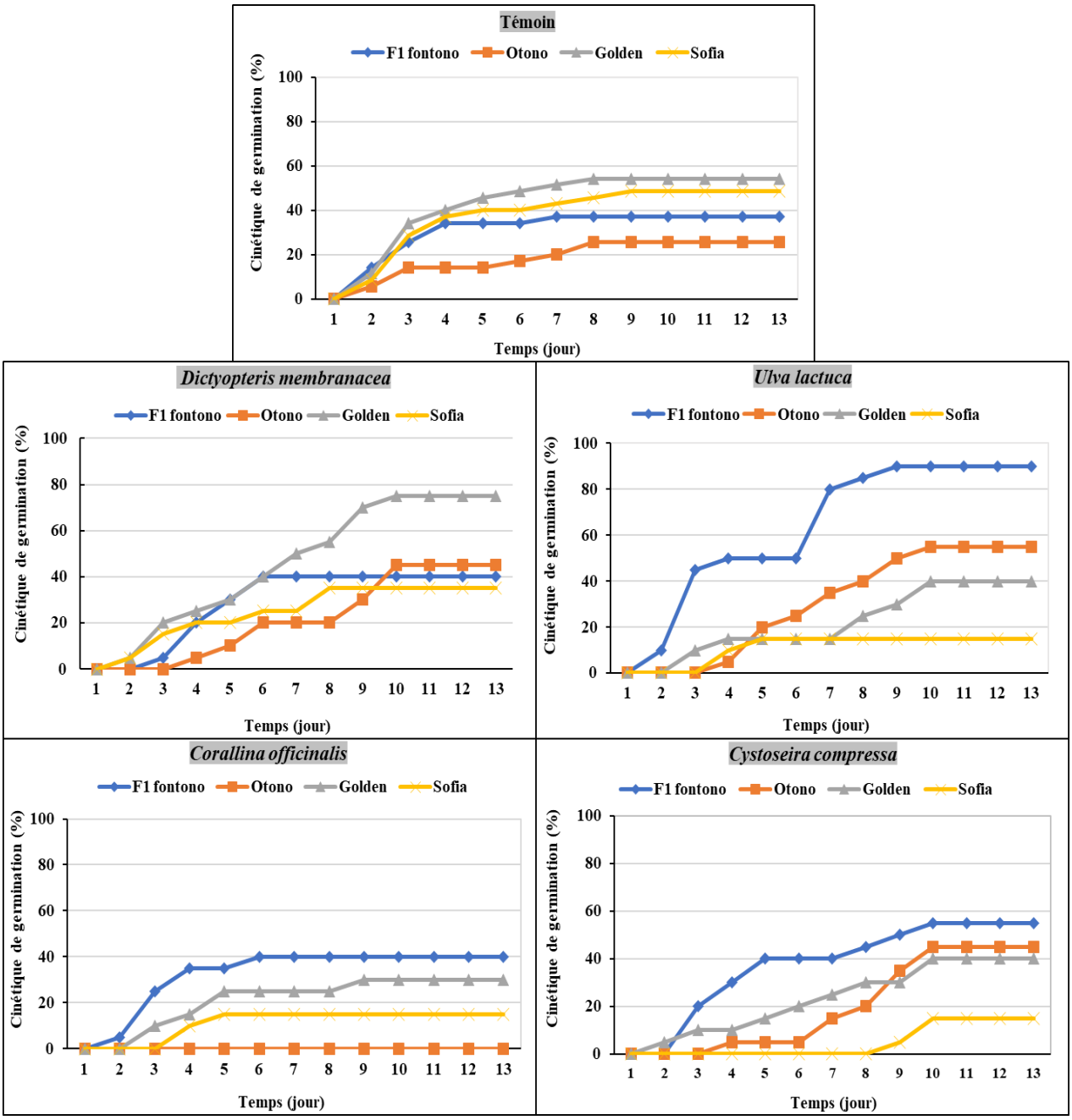


Fig. 34- Cinétique de germination des quatre variétés de *Vicia foba L.* soumis à un stress salin de 150 ppm et prétraités avec un extrait d'algues à 10%.

La variété Golden affiche un taux de germination de 75 % en 9 jours sous l'effet de l'extrait de *Dictyopteris membranacea*, ce qui constitue sa meilleure performance parmi tous les extraits testés, y compris par rapport au témoin. De même, avec *Ulva lactuca*, F1 Fontono atteint un taux remarquable de 90 % en 8 jours, tandis que la variété Otono reste stable autour de 55 %. En revanche, les extraits de *Corallina officinalis* et *Cystoseira compressa* entraînent une évolution plus modérée des courbes de germination, ne dépassant pas 40 % et 60 % respectivement.

2.5 Précocité de germination des graines à 5% de l'extrait d'algue

La variété Otono montre une bonne précocité, amorçant la germination dès le 2eme jour de l'expérience sous l'effet des extraits de *Dictyopteris membranacea* et *Corallina officinalis*, avec des taux respectifs de 10 % et 15 %, contre seulement 6 % pour le témoin à la même date. Par ailleurs, les variétés F1 fontono et Sofia présentent également une variation notable sous l'influence de *Cystoseira compressa*, atteignant respectivement 20 % et 15 % au 2eme jour, contre 14 % et 8 % pour le témoin dans la même jour.

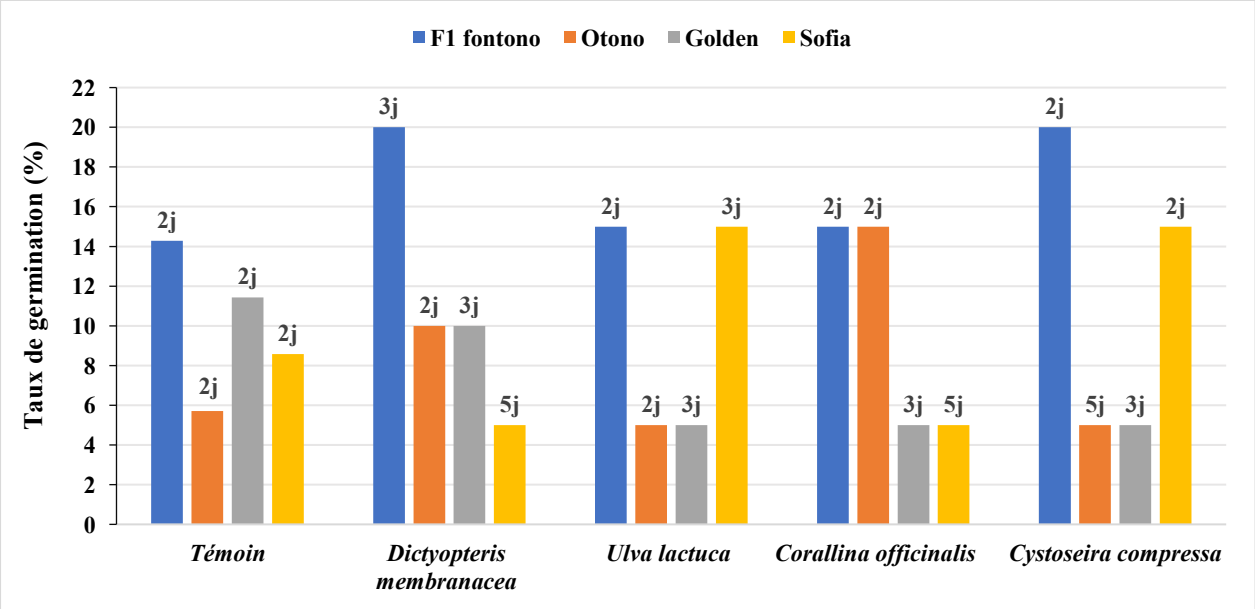


Fig. 35- Précocité de germination des graines des quatre variétés de *Vicia faba* L. arrosée par une solution saline de 150ppm et prétraités par l'extraits d'algues a 5%.

2.6 Précocité de germination des graines à 10% de l'extrait d'algue

Le traitement préalable avec une concentration de 10 % d'extrait d'algues n'a pas induit d'amélioration remarquable par rapport au témoin

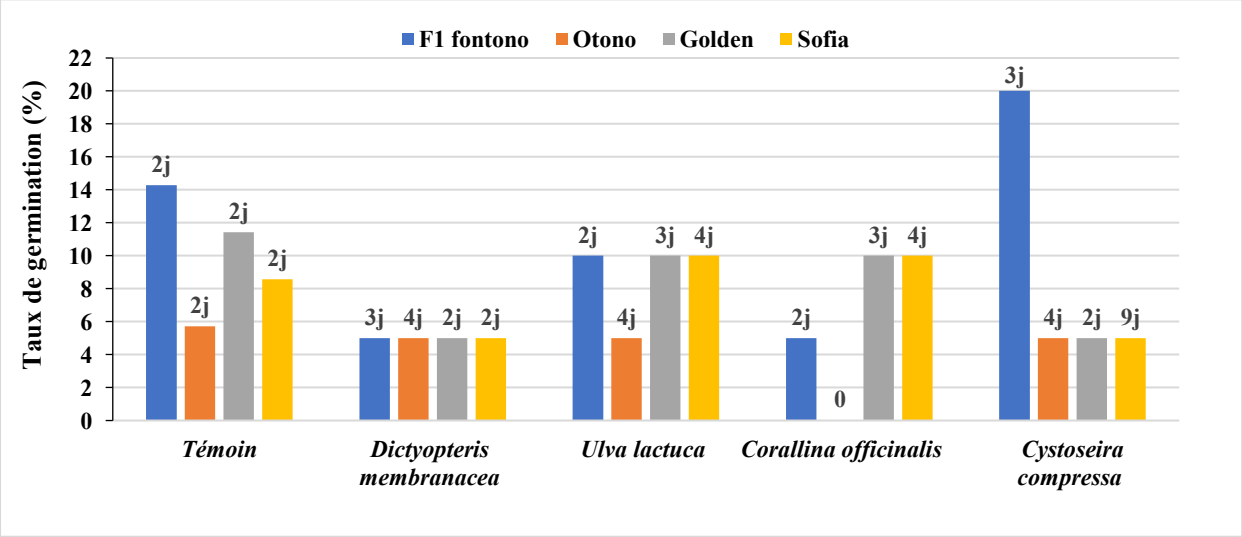


Fig. 36- Précocité de germination des graines des quatre variétés de *Vicia faba* L. arrosée par une solution saline de 150ppm et prétraités par l'extraits d'algues a 10% .

Chapitre IV : Discussion et Conclusion

1 L'effet des extraits d'algues sur la germination des graines de quatre variétés de *Vicia faba* L.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que les extraits d'algues marines exercent des effets variables sur la germination des graines de *Vicia faba* L. selon la concentration, l'espèce d'algue et la variété. Ces observations suggèrent une interaction complexe entre les composés bioactifs des algues et la physiologie des différentes variétés étudiés.

La germination des graines reste une étape cruciale et très importante dans la vie de végétal, elle est fortement liée aux conditions du milieux et aux caractéristiques physiologiques de l'espèce. Au niveau de premier protocole, l'expérience vise a testé l'effet des extraits d'algues sur le pouvoir germinatif des graines de fèves. Les résultats suggèrent un taux final de germination compris entre 90 % et 100 % pour les graines non traitées par les extraits d'algues ce qui reflètent un bon état physiologique des graines. Avec l'application des extraits d'algues nos résultats révèlent une amélioration de taux final de germination chez la variété Otono sous traitement de 5% de *Ulva lactuca* , même observation est noté chez *Corallina officinalis* pour les variétés Otono et Golden. Un effet hautement positif est signalé chez F1 Fontono, Otono et Sofia sous l'effet de *Cystoseira comprerssa* a 5%. l'amorçage des graines par différents extraits d'algues a 5% a considérablement amélioré les résultats final de germination, ce qui concordent avec les travaux de (Rossini et *al*., 2024) ou il a testé l'effet de *Codium fragile* sur la germination des graines de blé dur. Le doublement de la concentration de l'extrait d'algue a 10% entraine une amélioration chez les variétés Otono et Golden avec respectivement l'application de 10% de *Dictyopteris membranacea* et *Ulva lactuca* ce même effet est observé chez F1 fontono et Golden lorsqu'elles sont traitées par *Corallina officinalis*. De manière générale, une concentration d'algues de 5 % s'est révélée plus efficace pour stimuler la germination que celle de 10 % ce qui indique que la dose joue un rôle crucial.

Un biostimulant est une substance organique lorsqu'elle est appliquée en petites quantités, améliore la croissance et le développement de la plante (FEMC, 2012). Parmi les biostimulant largement utilisés pour la germination des graines nous avons les algues marines (Altindal., 2019).

l'algue *Ulva intestinalis* a eu un effet défavorable sur la variété Sofia, faisant chuter son taux de germination. Ces résultats suggèrent que l'algue *Ulva intestinalis* pourrait contenir des substances phytotoxiques affectant négativement la variété Sofia.

La longueur et le poids de la radicule ainsi que de la tigelle ont été remarquablement influencés par l'arrosage à l'extrait d'algues, aux deux concentrations testées (5 % et 10 %). Les résultats montrent des variations notables en termes de croissance et de poids, par rapport aux graines soumises à la condition témoin. Ces même résultats sont déjà mentionnés dans les travaux de (El-Din, 2015; Nessim, 2018), cette amélioration au niveau de la croissance est expliquée par le fait que les macroalgues sont potentiellement riche en phytohormones telles que la cytokinine, les gibbérellines et les auxines (Sadak et *al*.,2022). L'utilisation de Biostimulant de macroalgues sur les plantes cultivées peut générer de nombreux avantages avec des effets signalés, notamment une amélioration de l'enracinement, une augmentation de l'activité photosynthétique et de la résistance aux champignons, aux bactéries et aux virus (Sharma et *al*., 2014).

2 Effet combinée des extraits d'algues et la salinité sur la germination de quatre variétés de *Vicia faba* L.

L'effet de la salinité varie selon l'espèce et la variété. Les variétés de fève étudiées dans le cadre de ce travail ont présenté des réponses différenciées face au stress salin. Certaines se sont révélées plus tolérantes que d'autres, ce qui corrobore les résultats rapportés par Yang et *al*. (2020). Tous les cultivars de fève ne réagissent pas de la même manière. Certaines variétés présentent une meilleure tolérance à la salinité, maintenant une capacité de germination acceptable à des concentrations plus élevées de sel ce qui place cette espèce comme modérément tolérante a la salinité (Filipovic et *al*., 2020). Cela souligne l'importance de la sélection variétale pour la culture en milieux salins (Silva et *al*., 2022).

La variété Otono, la plus sensible dans notre étude, a présenté un taux de germination de 26 % sous un stress salin de 150 ppm. Tandis que Benidire et *al*. (2015), dans une étude comparative portant sur six variétés marocaines de fève, ont observé que certaines variétés pouvaient voir leur taux de germination chuter jusqu'à 20% à une concentration de 200 mM de NaCl. Le stress salin limite l'absorption d'eau et inhibe la croissance de l'axe embryonnaire (Farooq et *al*., 2017).

Une précocité de germination notable a été observée chez les variétés exposées au stress salin, comparativement aux mêmes variétés cultivées dans des conditions non salines. Ce

phénomène est en accord avec les résultats de l'étude de Yang et *al*. (2020), qui a montré que les variétés tolérantes à la salinité activent précocement la germination, entre 16 et 24 heures après l'exposition au sel, des gènes impliqués dans la germination rapide, notamment ceux codant pour des enzymes de relâchement pariétal et des protéines de signalisation hormonale.

Le prétraitement par les extraits d'algues a amélioré la germination, bien que les effets varient selon les variétés. La variété F1 fontono, en particulier, a montré une amélioration supérieure à 50 % par rapport au témoin, sous l'effet de 5 % de *Corallina officinalis* et de 10 % d'*Ulva lactuca*. Le traitement combiné a révélé un effet synergique plutôt qu'additif. En présence de sel, l'application d'extrait d'algue à une concentration optimale (par exemple, 0,3 mg/mL selon Ashour, 2022) a permis d'augmenter la germination de plus de 40 % par rapport au témoin soumis uniquement au stress salin. Ces résultats suggèrent que l'extrait d'algue ne se limite pas à stimuler la germination, mais renforce également la tolérance des graines aux conditions salines. Ces extraits contiennent des hormones végétales naturelles (auxines, cytokinines), des osmorégulateurs (proline, sucres solubles), et des antioxydants, qui améliorent la réponse des plantes au stress (El boukhari et *al*., 2023).

Les variétés F1 fontono et Otono, les plus sensibles au stress salin, ont montré une nette amélioration de la taux germination suite au traitement par les extraits d'algues, quelle que soit la concentration appliquée. À l'inverse, les variétés les plus tolérantes, comme Sofia, ont présenté une diminution du taux final de germination avec l'ensemble des traitements. Une tendance similaire a été observée chez la variété Golden, qui a affiché des résultats globalement faibles, souvent constants, avec parfois une légère amélioration. Cela confirme l'existence de réponses génotypiques spécifiques aux biostimulants, en lien avec l'expression différentielle de gènes liés à la germination et à la gestion du stress (Yang et *al*., 2020).

3 Conclusion

Au terme de cette étude il est possible de maintenir quelques éléments essentiels pour la description et l'explication des processus de germination des différentes variétés de *Vicia faba* L. traités par l'extrait de cinq algues marines, il ressort que les variétés testé au niveau de l'expérimentation réagissent d'une manière différente au stade de germination, le traitement avec solution à base d'algue marine a permet de conclure que l'algue rouge *Corallina officinalis* a présenté les meilleurs effets sur les deux variétés F1 fontono et Golden quel que soit la concentration appliquée.

La salinité des sols ou bin des eaux d'irrigation représente l'un des obstacles majeurs pour le développement agricole au niveau des régions arides et semi arides, les effets néfastes de la salinité se déclenche dès l'étape de la germination. Dans notre deuxième protocole la combinaison salinité extrait algue a permet de visualisé un effet positive toujours de l'algue marine *Corallina officinalis* a 5% sur la variété F1 fontono. Les mêmes observations sont mentionnées pour *Ulva lactuca* mais a 10% de concentration.

Nous retenons au final que l'exploitation de richesse naturelle de nos écosystèmes aquatiques représentent un véritable réservoir des biostimulants naturelles qui peuvent par la suite donné des solutions durables et écologiques pour atténué les dégâts de la salinité sur la germination, la croissance et le développement des plantes. Il est nécessaire par la suite de bien déterminé l'espèce et la concentration adéquate a appliqué, notre étude représente un support scientifique pour envisagé d'autres expérience visant d'autres espèces sensibles aux stress abiotiques en utilisant différentes ressources naturelles comme biostimulants.

Références bibliographiques

1. Anonyme. (2007). La féverole : de la plante à ses utilisations. Intérêt cultural de la fève (p. 15).
2. Abdessamed, S. (2019). Étude agro-physiologique de la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions semi-arides (Mémoire de Master, Université de Tlemcen, p. 27).
3. Ashour, M. (2022). Commercial seaweed liquid extract as strawberry biostimulants and bioethanol production. Life, 13, 85.
4. Antipolis, S. (2003). Les cahiers du plan bleu 2 : Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens – Étude bibliographique (p. 71).
5. Altındal, D. (2019). Effect of seaweed extract (SE) on seed germination characteristics of wheat in salty conditions. International Journal of Agriculture, Forestry and Life Sciences, 3(1), 115–120.
6. Acquaah, G. (2009). Principles of plant genetics and breeding (2e éd.). Wiley Blackwell.
7. Bassou, S. (2019). Effet du stress salin sur la germination de trois variétés d'haricot (Phaseolus vulgaris L.) (Mémoire de Master, Université Mohamed Khider de Biskra, p. 53).
8. Bentama, N. & Boursas, S. (2016). Étude de la variation chromosomique chez l'espèce Vicia faba L. (Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine, p. 48).
9. Baatour, O., M'rah, S., Ben Brahim, N., Boulesnem, F., & Lachaâl, M. (2004). Réponse physiologique de la gesse (Lathyrus sativus) à la salinité du milieu. Revue des Régions Arides, 1(spécial), 346–358.
10. Benidire, L., Daoui, K., Fatemi, Z. A., Achouak, W., Bouarab, L., & Oufdou, K. (2014). Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de Vicia faba L. Journal of Materials and Environmental Science, 5(3), 840–851.
11. Brink, M., & Belay, G. (2006). Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1 : Céréales et légumes secs (pp. 221–223). PROTA, Pays-Bas.
12. Carretero, I., Doussinageu, C., & Fernandez, E. D. (2003). Technicien en agriculture (Tome 1, p. 313). Éditions Cultural, Madrid.

13. Chase, M. W., & Reveal, J. L. (2009). A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. Botanical Journal of the Linnean Society, 161, 122–127.

14. Chaux, C. L., & Foury, C. L. (1994). Cultures légumières et maraîchères. Tome III : Légumineuses potagères, légumes fruits. Tec & Doc Lavoisier.

15. Come, D. (1970). Les obstacles à la germination (Monographie de physiologie végétale n°6) (pp. 14, 24, 27). Masson et Cie.

16. Cubero, I. (2011). The faba bean: A historic perspective. Grain Legume, 56, 5–7.

17. Dajoz, R. (2000). Éléments d'écologie (8e éd., 631 p.). Dunod, Paris.

18. Dominique, P. (2010). Morphologie et identification des plantes herbacées (p. 45). Éditions Botanica, Paris.

19. Daoui, K. (2007). Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficience d'utilisation du phosphore chez la fève (Vicia faba L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc (Thèse de doctorat, Université catholique de Louvain, 227 p.).

20. Dineshkumar, R., Kumaravel, R., Gopalsamy, J., Sikder, M. N. A., & Sampathkumar, P. (2018). Microalgae as bio-fertilizers for rice growth and seed yield productivity. Waste and Biomass Valorization, 9, 793–800.

21. Davis, A. J., Dale, N. M., & Ferreira, F. J. (2003). Pearl millet as an alternative feed ingredient in broiler diets. Journal of Applied Poultry Research, 12(2), 137–144.

22. Dave, T. H., Vaghela, D. T., & Chudasama, B. G. (2019). Status, distribution, and diversity of some macroalgae along the intertidal coast of Okha, Gulf of Kachchh, Gujarat in India. Journal of Entomology and Zoology Studies, 7(3), 327–331.

23. Djeribiai, L. (2022). Flore et morphologie des plantes du Maghreb (p. 112). Éditions Universitaires d'Algérie.

24. Debbakh, W. (2021). Étude morphologique et écologique des Fabaceae en région méditerranéenne (p. 78). Presses Universitaires, Université Mohammed V, Rabat.

25. El-Din, S. M. M. (2015). Utilization of seaweed extracts as bio-fertilizers to stimulate the growth of wheat seedlings. Egyptian Society of Experimental Biology, 11, 31–39.

26. El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Drissi, B., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2023). Seaweed extract biostimulants differentially act in mitigating drought stress on faba bean (Vicia faba L.). Journal of Plant Growth Regulation, 42, 5642–5652.

27. El Mtili, N., Fakihi Kachkach, F. Z., & El Harchi, M. (2013). Les algues marines : nouvelle potentialité économique pour le Maroc. Quelle stratégie biotechnologique ? Cahiers UAE, 8–9, 1–7.

28. FAO (Food and Agriculture Organization). (2020). Crop production and trade data. https://www.fao.org/faostat/en/#data

29. FAO. (2016). Légumineuses : Des graines nutritives pour un avenir durable.

30. Fatemi, Z. (1998). Les cultures des légumineuses alimentaires au Maroc. INRA, Domaine Expérimental de Douyet, Fès (N° 148, 38 p.).

31. Fan, D. (2011). Ascophyllum nodosum extracts improve shelf life and nutritional quality of spinach (Spinacia oleracea L.) (Dissertation, Dalhousie University).

32. Feldmann, J. (1963). Les algues. In P. P. Grassé (Éd.), Botanique (pp. 83–249). Masson et Cie.

33. FEMC (Formerly the Vermont Monitoring Cooperative). (2012). FEMC – Forest Ecosystem Monitoring Cooperative. https://www.uvm.edu/feme.

34. Foltete, A. S. (2010). Effets génotoxiques et systèmes de détoxication chez Vicia faba (Fabaceae) dans le cadre de l'évaluation des sols pollués (Thèse de doctorat, Université Paul Verlaine - Metz, 245 p).

35. Faller, H. (2011). Les applications et la toxicité des algues marines (Thèse de doctorat, Université de Limoges, 12 p.).

36. Farooq, M., Gogoi, N., Hussain, M., Barthakur, S., Paul, S., Bharadwaj, N., & Siddique, K. H. (2017). Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in grain legumes. Plant Physiology and Biochemistry, 118, 199–217. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.06.020.

37. Filipović, L., Romić, D., Ondrašek, G., Mustać, I., & Filipović, V. (2020). The effects of irrigation water salinity level on faba bean (Vicia faba L.) productivity. Journal of Central European Agriculture, 21(3), 537–542.

38. Ghellai, M. (2021). L'expansion, le contrôle et le suivi de l'algue marine invasive : Caulerpa racemosa var. cylindracea (Forsskål) J. Agardh devant la côte ouest algérienne (Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 8 p.).

39. Garon-Lardière, S. (2004). Étude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge Asparagopsis armata (Bonnemaisoniales) (Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale).

40. Gordon, M. M. (2004). Haricots secs : situation, prospective et agroalimentaire (Canada, pp. 1–7). In Maatougui, M. E. H. (1996), Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. In Réhabilitation of faba bean (Actes, Rabat, Maroc, 202 p.).

41. Goyoaga, C., Burbano, C., Cuadrado, C., Romero, R., Guillamón, E., Varela, A., Pedrosa, M. M., & Muzquiz, M. (2011). Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seedling growth of two cultivars of Vicia faba. Journal of Food Composition and Analysis, 24, 391–397.

42. Guilherme, R. C., José, R. D., & Carmo, F. (2006). Reviers de biologie et phylogénie des algues (Tome 1, 351 p.). Paris : Belin.

43. Infovisual. (2025). Reproduction sexuée et asexuée des algues vertes. Infovisual. https://www.infovisual.info

44. Ibn Maaouia-Houimli, M., Denden, M., Dridi Mouhandes, B., & Ben Mansour-Gueddes, S. (2011). Caractéristiques de la croissance et de la production en fruits chez trois variétés de piment (Capsicum annuum L.) sous stress salin. Tropicultura, 29(2), 75–81.

45. Khaldi, R., Zekri, S., Maatougui, M. E. H., & Yassine, B. A. (2002). L'économie des légumineuses alimentaires au Maghreb et dans le monde. In Proceedings du 2e séminaire REMAFEVE/REMALA, Hammamet, Tunisie (100 p).

46. Konig, C. (2015). Classification des algues : algues rouges, algues bleues… Futura Sciences. http://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/botanique-algues-vegetaux-aquatiques-523/page/7.

47. Laumonnier. (1979). Cultures légumières et maraîchères (Tome III, 276 p.). Éd. J.B. Baillière.

48. Lopez-Bellido, R. J. (2005). Competition, growth and yield of faba bean (Vicia faba L.). European Journal of Agronomy, 23, 359–378.

49. Mathon. (1985). Liste de plantes utiles avec indication de leur aire probable de primo domestication. Faculté des sciences, Université de Poitiers, 17 p.

50. Nessim, A. (2018). Mitigation of lead stress in Triticum aestivum by seed priming in aqueous extracts of the macroalgae Halimeda opuntia and Codium fragile. Egyptian Journal of Botany, 58, 263–274.

51. Payen, S., Basset-Mens, C., Nuñez, M., Follain, S., Grünberger, O., Marlet, S., Perret, S., & Roux, P. H. (2016). Salinisation impacts in life cycle assessment: A review of challenges and options towards their consistent integration. https://doi.org/10.1007/s11367-016-1040.

52. Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60, 324–349.

53. Peron, J.-Y. (2006). Références : Productions légumières (2e éd., 613 p.). DUC, Paris.

54. Reviers, B. (2002). Biologie et phylogénie des algues (Tome 1, 351 p.). Paris : Belin.

55. Rossini, A., Ruggeri, R., Mzid, N., Rossini, F., & Di Miceli, G. (2024). Codium fragile (Suringar) Hariot as biostimulant agent to alleviate salt stress in durum wheat: Preliminary results from germination trials. Plants, 13, 283. https://doi.org/10.3390/plants13020283.

56. Rodriguez, S., Vergon, J.-P., et al. (2014). Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes (p. 11).

57. Silva, A. A. D., Rubio, Z. C. C., Linhares, P. C. A., Silva, K. R., Pimentel, G. V., & Marchiori, P. E. R. (2022). Genotypic variation of sugarcane for salinity tolerance: Morphological and physiological responses. Ciência e Agrotecnologia, 46.

58. Sadak, M., El-Bassiouny, H., Mahfouz, S., El-Enany, M., & Elewa, T. (2022). Use of thiamine, pyridoxine and biostimulant for better yield of wheat plants under water stress: Growth, osmoregulations, antioxidative defense and protein pattern. Egyptian Journal of Chemistry, 66, 407–424.

59. Sanchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., López-Hernandez, J., & Paseiro-Losada, P. (2004). Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. Food Chemistry, 85, 439–444.

60. Sillero, J. C., Villegas-Fernandez, A. M., Thomas, J., Rojas-Molina, M. M., Emeran, A. A., Fernandez-Aparicio, M., & Rubiales, D. (2010). Faba bean breeding for disease resistance. Field Crops Research, 115, 297–307.

61. Sharma, H. S. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., & Martin, T. (2014). Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. Journal of Applied Phycology, 26, 465–490.

62. Thellier, M., Ripoll, C., & Norris, V. (2013). Memory processes in the control of plant growth and metabolism. Nova Acta Leopoldina, 114(391), 21–41.

63. Tekere, M. (2006). Biologie module 1 : Diversité des algues et des plantes. Université Virtuelle Africaine, 28 p.

64. Thomas. (2008). La féverole confirme son intérêt. Techniques culturales simplifiées, N°48, 4e éd., 102 p.

65. Wang, H.-F., Zong, X.-X., Guan, J.-P., Yang, T., Sun, X.-L., Ma, Y., & Redden, R. (2012). Genetic diversity and relationship of global faba bean (Vicia faba L.) germplasm revealed by ISSR markers. Theoretical and Applied Genetics, 124, 789–797.

66. Yang, F., Chen, H., Liu, C., Li, L., Liu, L., Han, X., Wan, Z., & Sha, A. (2020). Transcriptome profile analysis of two Vicia faba cultivars with contrasting salinity tolerance during seed germination. Scientific Reports, 10, 7250.

67. Zehlila, A. (2017). Caractérisation structurale et fonctionnelle des métabolites de l'algue verte Ulva rigida au moyen d'une approche protéomique (Thèse de doctorat, Université Tunis El Manar, p. 6).

68. Zitouni, H. (2015). Valorisation nutritionnelle d'algues marines du littoral algérien chez le ruminant via des méthodes chimiques, biologiques et moléculaires (Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri Constantine, pp. 9–18).