

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA 1

Faculté de la science de la nature et de la vie

Département de biotechnologie.

Laboratoire de Biotechnologie des productions végétales



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de mastère II

En Science de la Nature et de la Vie

Option : Biotechnologie végétale

**Etude de l'effet de la microencapsulation
sur l'activité stimulatrice des extraits
d'algues de l'Ulvaecae *Ulva rigida* sur la
germination des graines**

Présenté par :

KAIBICHE Youssra

OTSMANE Aicha

Soutenu devant les jurys :

- | | | | |
|--------------------|-----|------|---------------|
| • Mme BELGENDOZ. R | MCA | USDB | Présidente |
| • Mme BRAHIMI .L | MCB | USDB | Examinatrice |
| • Mr DJAZOULI .Z.E | Pr | USDB | Promoteur |
| • Mme MOHAMMEDI .A | Dr | USDB | Co- promoteur |

2018-2019

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

A DIEU tout puissant d'avoir été toujours là pour moi, surtout dans les moments difficiles et de m'avoir donné la conviction que je puisse arriver au terme de ce travail. Je remercie dieu pour ce que j'ai et ce que je suis.

A mes chers parents Votre confiance et votre patience sont mes biens les plus précieux, ni mon amour, ni rien au monde ne pourrait compenser tous les sacrifices que vous aviez consentis en ma faveur et que vous consentiez encore.

A ma sœur Hind et mon frère Ismail Pour leur affection. Que dieu leur accorde le Succès, le bonheur et la santé et renforce notre union familiale.

A mes chers grands parents Abdelkader et Farida à qui je
Souhaite une longue vie.

A toute ma famille Arkab.surtout tonton Mohamed que dieu le protège
Je tiens à dire un immense merci pour votre confiance et votre
Encouragement au cours des cinq dernières années de mes études
Je n'aurais jamais atteint cette place sans vos conseils

A ma deuxième famille Rais particulièrement mon amour **Rais Nazim**

A toutes mes amies que j'ai connus pendant ma vie
Amina, Hadjer, kahina, Wassila, ritadj, chahinaz, meriem

A ma chère tata Rachida Merci pour votre soutien et vous aider dans les moments
Difficiles Je prie Dieu de vous ravir

A ma chère binôme avec sa famille

Merci pour tous les efforts que vous avez montrés pour améliorer ce travail,
Merci pour votre amitié et votre confiance Je te souhaite
.du succès dans ta future vie.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices,
leurs amour, leurs tendresse, leurs
prières tout au long de mes études et leurs soutien pour que je
puisse attendre mes objectif.

Mes frères Ahmed et Amine qui n'ont cessé d'être pour moi
des exemples de persévérance, de courage et de
Générosité

A ma sœur Sara et son marie pour leur appui et
leur encouragement

A ma chère nièce Allaa et mon cher neveu M. Badiss
Je ne peux pas oublier de remercier
chaleureusement mes très chers amis Nacira Romaissa .D ,
Romaissa .M, Kahina, , Ritedj, , Wassila, ,Riad et
particulièrement je remercie mon cher ami Abd El Malek
de m'avoir soutenir dans les moments les plus difficile, ainsi
que ses conseils et ses motivation qui m'ont toujours aidé, je
lui souhaite tout le bonheur, la santé et le sucée dans sa vie.

A Ma famille ainsi que toutes personnes qui
portent un grain d'amour à mon égard.

A ma chère binôme Youssra pour sa entente et sa sympathie
et à sa famille.

Aicha

Remerciement

Merci au dieu de nous avoir donné le courage, la volanté ainsi que la conscience pour que nous puisse terminer nos études et réaliser cette thèse.

Le présent travail est réalisé au laboratoire de recherche de Biotechnologie des Productions végétales (Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université de Blida 1).

Nous adressons notre plus vif remerciement aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail.

Sincère remerciement a nos promoteur **Mr. DJAZOULI .Z.E** professeur à l'université de Blida 1 pour ses précieux conseils, sa grande disponibilité et ses judicieuses orientations .Qu' il trouve ici nos profonde reconnaissance et nos immense respect.

Nous tiendrons à remercie notre co-promoteur **Mme MOHAMMEDI.A** doctorante à l'université de Blida 1, pour ses efforts, sa patience, ses orientations, sa sympathie ; leur soutient et tout leur encouragements qui nous a aidé d'avancer et amélioré ce travail.

Nous remercions également **Mr. CHOUIH.S** doctorant à l'université de Blida 1, pour le soutient, l'encouragement affin d'avancer dans ce travail.

Un grand merci à toute l'équipe de laboratoire de recherche de Biotechnologie des Productions végétales qui ont pu nos aider de prés ou de loin affin d'accomplir ce travail.

Table des matières

| | |
|---|----|
| Remerciement | 01 |
| Table de matière | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des abréviations | |
| Résumé | |
| Absract | |
| المخلص | |
| | |
| Introduction | 01 |
| Chapitre I : Recherche bibliographique | |
| I- Les algues | 02 |
| I-1- Définition des algues..... | 02 |
| I -2- Position systématique..... | 03 |
| II- Notions générales sur les biostimulants en agronomie | 04 |
| II-1- Définition..... | 04 |
| II-2- Modes et mécanismes d’actions des biostimulants | 04 |
| II-3- Effet de biostimulant à base d’extrait d’algue..... | 04 |
| III-Formulation | 05 |
| III.1. Définition formulation..... | 05 |
| III-2- Composition d’un produit formulé | 05 |
| III-3- Les domaines de l'utilisation de formulation..... | 06 |
| III-4- Importance de la formulation | 06 |
| IV- Micro-Encapsulation | 06 |
| IV-1- Définition | 06 |
| IV-2-Les applications de la micro-encapsulation | 08 |
| IV-3-Intérêts de la micro-encapsulation..... | 09 |
| IV-3-1-Protéger la substance encapsulée | 09 |
| IV-3-2-Contrôler la libération de la substance Encapsulée..... | 09 |
| IV-3-3-Faciliter l’utilisation des produits de nature liquide | 09 |
| Chapitre II : Matériel et méthode | |
| I-Objectif..... | 10 |
| I-1-Présentation du site d’étude et conditions expérimentales..... | 10 |
| II -Matériel d’étude..... | 10 |
| II-1- Matériel végétal | 10 |
| II-1-1- Le blé..... | 10 |
| II-1-2.-l’algue verte..... | 10 |
| III. Méthodes d’étude | 11 |
| III-1- Récolte et séchage de l’algue marine <i>Ulva rigida</i> | 11 |
| III-2- Préparation des bioproduits | 12 |

| | |
|--|-----------|
| III-2-1-Préparation d'extrait aqueux | 12 |
| III-2-2-Préparation de l'extrait méthanolique de L'algue verte..... | 12 |
| III-2-3-Préparation des formulations..... | 12 |
| III-2-4- Préparation des dilutions et application des bioproduits | 12 |
| IV- Conduite de l'essai | 12 |
| V-Evaluation de germination des graines | 13 |
| V-1- Taux de germination | 13 |
| V-2-Taux d'inhibition..... | 13 |
| V-3-Vitesse de germination | 14 |
| V-4-Index de germination | 14 |
| VI- Evaluation de la vigueur et de l'expression végétative | 14 |
| VI-1- Estimation du poids frais des graines..... | 14 |
| VI-2- Estimation du poids sec des graines..... | 14 |
| VI-3- Estimation de la longueur racinaire et de parti aérienne | 14 |
| VII- Dosage de polyphénol totaux..... | 15 |
| VIII- Analyses statistique des données | 15 |
| Chapitre III : Résultat | |
| I-Effet des bioproduits sur la croissance | 16 |
| I-1- Effet sur le taux de germination..... | 16 |
| I-2- Effet sur le taux d'inhibition..... | 20 |
| I-3- Vitesse de germination | 24 |
| I-4- Index de germination | 27 |
| II – Expression végétative | 31 |
| II-1- Le poids frais | 31 |
| II-2 : Poids sec | 35 |
| II-3-Longueur de partie racinaire | 38 |
| II-4- Longueur de partie aérienne..... | 42 |
| III- Effet des bioproduits sur l'accumulation de polyphénol..... | 46 |
| Chapitre IV : Discussion | |
| I- Effet des bioproduits algales sur les paramètres de croissance des graines..... | 51 |
| II-Effet des bioproduits sur l'expression végétative | 51 |
| III- Effet des bioproduits sur l'activité physiologique..... | 52 |
| Chapitre V : Conclusion..... | 53 |

Résumé

Etude de l'effet de la microencapsulation sur l'activité stimulatrice de l'extrait algale de l'*Ulvaceae Ulva rigida* sur la germination des graines

Les biostimulants sont des composés actifs qui améliorent la productivité des plantes. Notre travail s'intéresse à la micro encapsulation des graines de blé dur (*Triticum turgidum* L.) vitrom G4 par des bioproduits à base d'extrait d'algue verte (*Ulva rigida*). Le protocole de notre travail se base sur la préparation des bioproduits formulés avec une dose de (0.5 et 1ml), l'extrait brut (0.2, 0.3, 0.5 et 1ml) et l'incorporation de ces dernier avec une encapsulation des graines qui sont par la suite mises dans 9 rangés de boite de pétrie avec une répétition de 5, un suivi de culture est réalisé pendant 10 jours avec une imbibition quotidienne par ces bioproduits .Les résultats obtenus de cette étude montrent un effet significatif des bioproduits (F1, F2, FZ 0.5ml et 0.3, 0.2ml de l'extrait brut) sur les paramètres de croissance,(F1, F2, FZ et FM 0.5 ml, et 0.2, 0.5 d'extrait brut) sur l'expression végétative et (F1 et FZ 1ml) sur l'activité physiologique.

Mot clés : Micro-encapsulation, algue verte *Ulva rigida*, croissance et expression végétative, bioproduits et formulation.

Abstract

Study of the effect of microencapsulation on the stimulating activity of the algal extract of Ulvaceae *Ulva rigida* on seed germination.

Biostimulants are active compounds that improve plant productivity. Our work focuses on the micro-encapsulation of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) vitrom G4 seeds by bioproducts based on green algae extract (*Ulva rigida*). The protocol of our work is based on the preparation of bioproducts formulated with a dose of (0.5 and 1ml), the crude extract (0.2, 0.3, 0.5 and 1ml) and the incorporation of the latter with an encapsulation of the seeds which are subsequently put in 9 rows of petri dish with a repetition of 5, a culture follow-up is carried out for 10 days with a daily imbibition by these bioproducts. The results obtained from this study show a significant effect of the bioproducts (F1, F2, FZ 0.5ml and 0.3, 0.2ml of the crude extract) on the growth parameters, (F1, F2, FZ and FM 0.5 ml, and 0.2, 0.5 of crude extract) on the vegetative expression and (F1 and FZ 1ml) on the physiological activity.

Key words: Micro-encapsulation, *Ulva rigida* green algae, growth and vegetative expression, bioproducts and formulation.

ملخص

دراسة تأثير الكبسلة الدقيقة على تحفيز نشاط مستخلص الطحالب *Ulvaceae Ulva rigida* في إنبات البذور.

المنشطات الحيوية هي مركبات نشطة تعمل على تحسين إنتاجية النبات. يركز عملنا على التغليف الدقيق للقمح القاسي (Triticum turgidum L.) vitro G4 بواسطة المنتجات الحيوية المستندة إلى مستخلص الطحالب الخضراء (*Ulva rigida*). يعتمد بروتوكول عملنا على إعداد المنتجات الحيوية المصممة بجرعة (0.5 و 1 مل) ، المستخلص الخام (0.2 ، 0.3 ، 0.5 و 1 مل) وإدماج الأخير مع غلاف للبذور التي وضعت بعد ذلك في 9 صفوف من طبق بتري مع تكرار 5، يتم إجراء متابعة التجربة لمدة 10 أيام مع سقي يومي من هذه المنتجات الحيوية. النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة تظهر تأثير كبير من المنتجات الحيوية (F1، F2، FZ، 0.5 مل و 0.3 ، 0.2 مل من استخراج الخام) على معايير النمو ، (F1 ، F2 ، FZ و FM 0.5 مل ، و 0.2 ، 0.5 مل من استخراج الخام) على التعبير الخضري و (F1 و FZ 1مل) على النشاط الفسيولوجي.

الكلمات المفتاحية: التغليف الدقيق ، الطحالب الخضراء (*ulva rigida*) ، النمو والتعبير الخضري ، المنتجات الحيوية والتركي.

Résumé

Etude de l'effet de la microencapsulation sur l'activité stimulatrice des extraits algaux de l'*Ulvaceae Ulva rigida* sur la germination des graines

Les biostimulants sont des composés actifs qui améliorent la productivité des plantes. Notre travail s'intéresse à la micro encapsulation des graines de blé dur (*Triticum turgidum L.*) vitrom G4 par des bioproduits à base des extraits d'algue verte (*Ulva rigida*). Le protocole de notre travail se base sur la préparation des bioproduits formulés et l'extrait brut à des doses différentes et l'incorporation de ces dernier avec une encapsulation des graines qui sont par la suite mises dans des boites de pétrie, un suivi de culture est réalisé pendant 10 jours avec une imbibition quotidienne par ces bioproduits .Les résultats obtenus de cette étude montrent un effet significatif des bioproduits sur les paramètres de croissance, l'expression végétative et l'activité physiologique.

Mot clés : Bioproduits, croissance végétative, formulation, micro-encapsulation, *Ulva rigida*.

Abstract

Study of the effect of microencapsulation on the stimulating activity of algal extracts of Ulvaceae *Ulva rigida* on seed germination

Biostimulants are active compounds that improve plant productivity. Our work focuses on micro-encapsulation of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) vitrom G4 seeds by bioproducts based on green algae extracts (*Ulva rigida*). The protocol of our work is based on the preparation of bioproducts formulated and the crude extract at different doses and the incorporation of the latter with an encapsulation of the seeds which are subsequently put in boxes of mildew, culture monitoring is carried out for 10 days with a daily imbibition by these bioproducts. The results obtained from this study show a significant effect of bioproducts on growth parameters, vegetative expression and physiological activity.

Key words: Bioproducts, vegetative growth, formulation, microencapsulation, *Ulva rigida*.

ملخص

دراسة تأثير الكبسلة الدقيقة على نشاط التحفيز لمستخلصات الطحالب من *Ulvaceae Ulva rigida* على إنبات البذور

المنشطات الحيوية هي مركبات نشطة تعمل على تحسين إنتاجية النبات. يركز عملنا على التغليف الدقيق لقمح القاسي (*Triticum turgidum* L.) vitrom G4 بواسطة المنتجات الحيوية المستندة إلى مستخلصات الطحالب الخضراء (*Ulva rigida*). يعتمد بروتوكول عملنا على تحضير المنتجات الحيوية وضعت والمستخلص الخام في جرعات مختلفة وإدماج الأخير مع التغليف من البذور التي وضعت بعد ذلك في صناديق العفن الفطري ، ويتم رصد الثقافة لمدة 10 أيام مع تشرب يوميا من هذه المنتجات الحيوية أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة تأثيرًا كبيرًا على المنتجات الحيوية على معايير النمو والتعبير النباتي والنشاط الفسيولوجي.

الكلمات المفتاحية: المنتجات الحيوية ، النمو الخضري ، التركيب ، الكبسلة الدقيقة ، أولفا جاميدا.

Introduction

En Algérie, la culture des céréales occupe une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (**Djrmoon, 2009**).

Actuellement, la tendance des peuples va vers une manière plus saine de vivre, qui implique une conscience croissante de consommateur à propos de la nature de l'alimentation ainsi que les ingrédients servant à maintenir une bonne santé (**Poshadri et Aparna, 2010**.)

Afin d'améliorer le produit agricole, parvenir à l'autosuffisance et fournir une alimentation saine aux consommateurs les biofertilisants répond à ces aspirations. Les algues se sont des biostimulants, utilisées comme biofertilisant de sol (Hurtado et al., 2008). L'application des extraits d'algue permis d'améliorer la croissance, la performance, le rendement des cultures (**Norrie et Keathley, 2006**) et d'augmenté la concentration des bioactive notamment les antioxydants (**Rayirath et al 2009 ; Fan et al., 2011**).

Dans le cadre de la protection de patrimoine génétique la formulation permis d'obtenir à partir des faibles doses des produits auront des propriétés fonctionnelles précises (**Brénon 2018**).

Dans ce contexte, la micro-encapsulation est une technologie de pointe qui permis l'incorporation des ingrédients bioactifs dans les aliments sans réduire leurs biodisponibilités, ni leurs fonctionnalités, assurant ainsi une protection de ces composés sensibles de l'effet de milieu environnant (**Vandamme et al., 2007**). La micro-encapsulation offre de nouveaux challenges aux progrès des produits alimentaires.

Dans notre travail en vise à étudier l'effet de la micro-encapsulation sur l'activité stimulatrice de l'extrait algale de l'Ulvaceae *Ulva rigida* sur la germination des graines de blé dur (*Triticum turgidum* L.) vitrom G4.

Liste des tableaux :

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tableau 1 | La composition chimique d' <i>Ulva rigida</i> | 03 |
| Tableau 2 | Domaines d'application de la micro-encapsulation..... | 08 |
| Tableau 3 | Comparaison par paire de Tukey (Taux de germination)..... | 19 |
| Tableau 4 | Comparaison par paire de Tukey (Taux d'inhibition)..... | 23 |
| Tableau 5 | Comparaison par paire de Tukey (Index de germination)..... | 30 |
| Tableau 6 | Comparaison par paire de Tukey (Poids frais)..... | 34 |
| Tableau 7 | Comparaison par paire de Tukey (Longueur racinaire)..... | 41 |
| Tableau 8 | Comparaison par paire de Tukey (Longueur aérienne)..... | 45 |
| Tableau 9 | Comparaison par paire de Tukey (L'accumulation de polyphénol)..... | 49 |
| Tableau 10 | Récapitulation de l'effet des bioproduits sur les paramètres de croissance, expression végétative et l'activité physiologique..... | 50 |

Liste des figures :

| | | |
|------------------|--|----|
| Figure 1 | Aspect général d' <i>Ulva rigida</i> (Original, 2019)..... | 02 |
| Figure 2 | Site de l'expérimentation (Laboratoire de recherche de production végétale) (Original 2019)..... | 10 |
| Figure 3 | Site de travail (Laboratoire de recherche de production végétale)(Google earth, 2019)..... | 10 |
| Figure 4 | Présentation des aspects d' <i>Ulva rigida</i> | 11 |
| Figure 5 | Aspect des graines enrobées (Original 2019)..... | 13 |
| Figure 6 | Evolution temporelle de taux de germination..... | 18 |
| Figure 7 | Effet de différents traitements sur le taux de germination..... | 19 |
| Figure 8 | Evolution temporelle de taux d'inhnibition..... | 22 |
| Figure 9 | Effet de différents traitements sur le taux d'inhibition..... | 23 |
| Figure 10 | Evolution temporelle de la vitesse de gemination..... | 26 |
| Figure 11 | : Effet des différents traitements sur vitesse de germination.... | 27 |
| Figure 12 | Evolution temporelle de l'index de germination..... | 29 |
| Figure 13 | Effet des differents traitements sur l'index de germination..... | 30 |
| Figure 14 | Evolution temporelle de poids frais..... | 33 |
| Figure 15 | Effet des differents traitements surle poids frais..... | 34 |
| Figure 16 | Évolution temporelle de poids sec..... | 37 |
| Figure 17 | Effet des différents traitements sur le poids sec..... | 38 |
| Figure 18 | Evolution temporelle de la longueur racinaire..... | 40 |
| Figure 19 | Effet des différents traitements sur la longueur racinaire..... | 41 |
| Figure 20 | Evolution temporelle de la longueur aérienne..... | 44 |
| Figure 21 | Effet des différents traitements sur la longueur aérienne..... | 45 |
| Figure 22 | Evolution temporelle de Polyphénol totaux..... | 48 |
| Figure 23 | Effet des différents traitements sur l'accumulation de polyphénol..... | 49 |

Liste des abréviations :

| | |
|---------------------------------------|--|
| ANOVA : | Analyse of variance (Analyse de variance) |
| CNRDPA | centre de recherche et de développement de la pêche et l'aquaculture |
| Cv : | Vitesse de germination |
| EXB 0.2 ml : | Extrait brut 0.2 millilitre |
| EXB 0.3 ml : | Extrait brut 0.3 millilitre |
| EXB 1 : | Extrait brut 1 millilitre |
| EXB0.5 : | Extrait brut 0.2 millilitre |
| F1 : | Formulation 1 |
| F2 : | Formulation 2 |
| FM : | Formulation méthanolique |
| FZ : | Formulation Z |
| Ig : | Index de germination |
| P : | Probabilité |
| Ti : | Taux d'inhibition |
| Na₂CO₃ : | Carbonate de sodium |
| Ns : | Nombre graines semées |
| Ng: | Nombre de graines germées |
| N1 | Nombre de graines germées au temps T1 |
| N2 | Nombre de graines germées au temps T2 |
| Nn | Nombre de graines germées au temps Tn |

I. Les algues :

I.1-Définition des algues :

Selon **Komprobst (2005)**, les algues sont des thallophytes dont l'appareil végétatif relativement simple. Elles forment un groupe photosynthétique typiquement autotrophes (**Cabioc'H, 1992**). Elles sont des cryptogames (**Moriss, Lewin 1967-1974**). Ces dernières sont abondantes dans les eaux de mers, les lacs, les mares, des eaux courantes et des eaux thermales, on les trouve également sur les rochers humides et sur la terre (**Babaousmail, 2014**).

Dans la classification des algues en basant sur la couleur de thalle on distingue : les rhodophyta (algues rouges), chlorophyta (algues vertes) et les pheophyta (algues brunes) (**Kalasariya et al., 2016**). Dans notre travail on s'intéresse aux algues vertes notamment *Ulva Rigida*, appelée aussi laitue de mer, trouvées dans les océans du monde entier se présentent sous forme de rubans ou tubulaires, et peuvent atteindre une taille de 20 à 30 cm. (**Wichard, 2015**). Elle se distingue par un thalle très mince en forme de feuille présentant un stipe très court et rigide par lequel l'algue se fixe à son support, (**Botany 2001; mediterraneo 2015; Smithsonian Tropical research institute 2009**).



Figure 1 : Aspect général d'*Ulva rigida* (Original, 2019).

| | | |
|-----------------------|---|--|
| Les éléments minéraux | Na,K,ca,Mg,Fe,Zn , Cr,Co,Ni,Cu,Mn,Sr,Mo,Pb | (SIRBU et al, 2006) |
| Les acides aminés | Isoleucine,Leucine,lysine,Méthionine,cystéine,phenylalanine,tyrosine,theronine,valine,histidine,acide aspartique,acide Glutamique,Proline,Serine,Glycine,Alanine,Arginine. | (Taboad a C. 2009). |
| Les acides gras | oméga 3 ,oméga 6, l'acide palmitique,l'acide béhénique, ,l'acide stéarique, Des traces d'acides myristique. ,D'acide pentadécanoïque, l'acide oléique ,l'acide palmitoléique, L'acide linoléique. l'acide eicosapentaénoïque ,l'acide α -linoléique,Les acides gras polyinsaturés (PUFAs) | (Ivanova V. 2013). (Ilknur Z. 2015) |
| Les polysaccharides | le sulfate, le rhamnose, la xylose, l'acide glucuronique et l'acide iduronique, | (Lahaye M. 1995). |
| vitamines | (B1, B2 et B12) | (Hamed I. 2014) |
| Les pigments | Chlorophyle A et B, carotène, Xanthophylle. | (Satpati G. 2011; Sirbu R. 2006) |
| Les Polyphénol | Flavonoïdes ,Acide phénolique et isoflavones. | Chojnacka et al, 2012 |

. Tableau 1: la composition chimique d'*Ulva rigida*

I.2-Position systématique :(Botany 2001).

- Division: Chlorophyta
- Classe : Ulvophyceae.
- Ordre: Ulvales.
- Famille: Ulvaceae.
- Genre: Ulva.
- Espèce: *Ulva rigida*.

II- Notions générales sur les biostimulants en agronomie :

II-1- Définition :

Dans la littérature scientifique, le mot biostimulant a été utilisé pour la première fois par **(Kauffman et al., 2007)**. Selon **EBIC (2014)** : « Les biostimulants contiennent des substances ou des microorganismes qui ont pour fonction de stimuler les processus naturels pour accroître l'absorption et l'efficacité des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques et la qualité des récoltes lorsqu'ils sont appliqués aux plantes ou à la rhizosphère (racines), indépendamment du contenu en nutriments du biostimulant ». Une nouvelle définition a été proposée par **(Yakhin et al., 2017)** : « Un Biostimulant est un produit d'origine biologique qui améliore la productivité des plantes, cette propriété de Biostimulant est provoquée par l'ensemble des différents constituants de Biostimulant ; comme effet majeur de ce dernier est un régulateur de croissance des plantes et de composés protecteurs des plantes et aussi les biostimulants agissent à des doses très faibles par hectare. »

II-2- Modes et mécanismes d'actions des biostimulants :

Les différents composants de biostimulant sont des composés actifs; Cependant, les connaissances sur les modes et le mécanisme d'action évoluent rapidement en raison de l'augmentation des travaux scientifiques dans ce domaine au cours de ces dernières années, d'après les études bibliographiques recensées par **(Yakhin et al., 2017 et Faessel et al., 2014)**, deux principaux modes d'actions des biostimulants se déclinent de la manière suivante :

1. la stimulation de la germination, de la croissance racinaire, de la mise en place et de la croissance des plantes, de l'absorption des nutriments du sol et de la résistance au stress
2. la réduction ou l'amélioration des effets négatifs des facteurs de stress abiotiques (sécheresse, chaleur, froid, salinité).

Au cours des dernières années, l'utilisation de produits à base d'algues naturelles en remplacement du produit de synthèse classique **(Eman et al., 2008; Erulan et al., 2009; Sangeetha et Thevanathan, 2010)**

II-3- Effet de biostimulant à base d'extrait d'algue:

-Effet sur la nutrition et le système racinaire :

- Les extraits d'algues permettent d'améliorer l'assimilation des éléments nutritifs. En particulier, ils permettent à la plante de mieux tolérer des carences nutritives **(Klarzynski et al., 2006)**.
- Certains composés présents dans les extraits d'algues (polysaccharides ; colloïdes ; acides aminés ; mannitol) peuvent aussi agir comme chélatants des nutriments minéraux présents dans les sols **(Khan et al., 2009 ; Calvo et al., 2014)**.

- Les extraits d'algues agissent sur les caractéristiques physiques et biologiques des sols grâce à leur richesse en polyuronides, tels que les alginates et les fucoïdanes, qui maintiennent dans les sols une humidité et une aération

nécessaires à la mise en place du système racinaire et favorisant la croissance de bactéries bénéfiques à la croissance des plantes (**Khan et al., 2009**).

-Effet sur la stimulation de la croissance et de la photosynthèse :

- Les extraits bruts d'algues ont un effet positif direct sur la croissance et le développement des plantes (racines, tiges, feuilles et/ou fleurs). Cet effet est principalement dû aux hormones exogènes (cytokinines, auxines, gibbérellines) présentes dans les extraits (**Faessel et Morot-Gaudry, 2009 ; Khan et al., 2009**).

- Certains composés présents dans les extraits d'algues (polysaccharides, polyamines) agissent sur la synthèse et l'activité des hormones endogènes (**Faessel et Morot-Gaudry, 2009**).

- La dégradation des chlorophylles est inhibée par certains composés, comme la glycine bêtaïne, pour favoriser une meilleure photosynthèse (**Khan et al. 2009**).

III-Formulation :

III.1. Définition formulation:

La formulation appuie sur la connaissance des propriétés des matières premières utilisées et la maîtrise des opérations technologiques, la formulation révèle un savoir-faire qui emprunte à la science des associations (**Schorch, 2000**) Un produit formulé est obtenu par association et le mélange de diverses matières premières, avec les auxiliaires, ce produit destiné à remplir une fonction principale, appelée fonction d'usage (**Hargreaves., 2003**) la combinaison de dérivée composé visant à rendre le produit utilisable efficacement pour le but de recherché (**anonyme, 2003**). Selon **Aubry. et Schorsh (1999)**, Ensemble des opérations mises en œuvre lors du mélange ou de la mise en forme d'ingrédients (d'origine synthétique ou naturelle) souvent incompatibles entre eux, de façon à obtenir un produit caractérisé par sa fonction d'usage

III-2- Composition d'un produit formulé :

- Par définition la matière active permettant de remplir la fonction d'usage
- Les auxiliaires de formulation: permettant de rendre les matières actives compatibles entre elles et d'améliorer les performances et augmenté l'efficacité et la sécurité de produit

L'une des règles d'or d'un bon mélange d'une formulation est la synergie entre les matières premières. Il peut parfois résulter des effets surprenants du mélange (**Schorsh, 2000**).

III-3- Les domaines de l'utilisation de formulation:

- Cosmétiques.
- Filmogènes : peintures, vernis, encres et adhésifs.
- Détergents.
- Produits pharmaceutiques.
- Produits agroalimentaires.
- Matériaux.
- Agroalimentaire.

III-4- Importance de la formulation :

La formulation permet l'obtention d'un produit qui aura des propriétés fonctionnelles précises (**Antzoulatos et Brénon, 2018**), son rôle principal est basé sur l'utilisation des faibles doses permettant la protection de la faune et la flore (**Holloway, 1993**) qui permet la stabilité de mélange (**Antzoulatos et Brénon, 2018**). Contrairement à la synthèse chimique, on évite en formulation que les produits réagissent entre eux lors de mélange, puis lors de stockage et de la préparation (**Hargreaves, 2003**). Sa assure la pérennité de produit, c'est-à-dire que les ingrédients ne se séparent pas et reste homogènes (**Schorsch, 1999**) et permet également d'assurer une rétention plus élevée de la bouillie du produit, d'où le nom d'effet mouillante, qui permet d'améliorer la sécurité et la commodité d'emploi de ces produits, leur stabilité et éventuellement leur capacité à pénétrer dans le végétal (**Vernner et Bauer, 2007**). Ce qui peut créer un produit efficace. (**Aubrey et Schorsch, 1999**).

IV- Micro-Encapsulation :

Au cours des dernières années, la micro-encapsulation s'est considérablement développée à l'échelle industrielle. Les microparticules ont des applications très variées, elles sont utilisées pour la production de textiles parfumés (**Rodrigues et al., 2008**) et de produits cosmétiques (**El-Zawahry et al., 2007, Ge et al., 2009**), pour la protection des récoltes agricoles (**Bingham et al., 2007, Stelinski et al., 2007**), dans l'agroalimentaire pour donner de nouvelles propriétés aux aliments (encapsulation d'arômes, colorants, épices) (**Augustin et al., 2009**), mais aussi dans les produits phytosanitaires (**Nordstierna et al., 2010, Scher et al., 1998**) et dans le domaine de la médecine et de la pharmacie (**Benita et al., 1985, Sugamori et Sefton., 1989**).

IV-1- Définition :

La micro-encapsulation est une technique qui consiste à protéger la matières sensibles (à l'état solide, liquide ou gazeux) appelées aussi matières actives à l'aide d'une matière enrobante par formation de particules de taille micrométrique (**Augustin et al., 2009**) Ce procédé permet de créer une barrière de protection pour les molécules encapsulées et de contrôler leur relargage dans un milieu donné. Le contenu d'une capsule individualisée est protégé de l'environnement par la matière

enrobante et peut être libéré sous l'action de la température, d'enzymes, du changement de pH du milieu, de l'action mécanique ou simplement par la diffusion à travers la matière enrobante poreuse (Lazko et al., 2004). Les microparticules obtenues par cette technique peuvent se présenter sous des microsphères qui sont des particules constituées d'un réseau macro-moléculaire ou lipidique continu formant une matrice dans laquelle se trouve finement dispersée la matière active. Cette dernière peut se présenter sous forme de fines particules solides ou encore de gouttelettes de solutions.

Les techniques basées sur la formation de gouttelettes permettent l'obtention de microparticules proches de la monodispersité. Comme la taille moyenne et la distribution granulométrique sont en relation directe avec la surface spécifique des microparticules, ces paramètres vont influencer certaines propriétés comme la libération de la matière active dans le milieu environnant. (Dubey et al., 2009). La teneur en matière active (taux d'encapsulation) dans les microsphères est plus faible, de l'ordre de 20 % à 50 %. Par contre les propriétés de relargage de matière active sont souvent plus avantageuses. La diffusion progressive du principe actif du fait de sa dispersion dans la matrice est particulièrement adaptée à certaines applications, notamment dans les domaines agroalimentaire et pharmaceutique. (Richard et Benoit., 2000).

Parmi tous les matériaux, les plus largement utilisés en micro encapsulation dans le domaine agro-alimentaire sont :

- Les polysaccharides, l'amidon et ses dérivés-amylase, amylopectine, dextrine, maltodextrines, polydextrose, la cellulose et ses dérivés sont communément utilisés. L'enrobage des ingrédients alimentaires hydrosolubles dans les aliments acides.
- Les extraits de plantes-gomme arabe, gum karaya, galactomananes et pectines sont également utilisés occasionnellement, les extraits marins comme la carragénane et l'alginate sont aussi utilisés dans les aliments.
- Les protéines sont appropriées pour l'encapsulation, tel que la caséine et les protéines de lactosérum, la gélatine et le gluten.
- Les lipides sont convenables aux applications alimentaires, il y a les acides gras, les cires (cire d'abeilles), les glycérides et les phospholipides (Abdelilah et al., 2016)

IV-2-Les applications de la micro-encapsulation : On trouve désormais des applications de la micro-encapsulation dans de nombreux domaines industriels, listés

dans le Tableau2, dans lequel sont également précisés des exemples de composés encapsulés **Vandamme et al. (2007)**.

| Domaine industriel | Exemples de composés encapsulés |
|--------------------------|--|
| Pharmacie et médical | Antibiotiques, contraceptifs, enzymes, vaccins, bactéries, vitamines, minéraux, antigènes, anticorps... |
| Cosmétique | Parfums, huiles essentielles, anti transpirants, agents bronzants, crèmes solaires, colorants capillaires, baumes démêlants, mousses à raser... |
| Alimentaire | Huiles essentielles, graisses, épices, arômes, vitamines, minéraux, colorants, enzymes, levures, micro organismes... |
| Agriculture | Herbicides, insecticides, engrais, répulsifs, hormones végétales... |
| Biotechnologie | Enzymes immobilisées, microorganismes, cellules vivantes, cellules artificielles, cultures tissulaires, composés nutritionnels... |
| Chimie | Catalyseurs, enzymes, additifs pour plastiques, eau (plâtre et béton), inhibiteurs de corrosion, retardateurs d'incendie, colorants et pigments, agents UV protecteurs, parfums, huiles essentielles, agents lubrifiants... |
| Détergents | Adoucissants, antistatiques, agents décolorants, agents moussants, silicones, cires, détachants... |
| Textile | Colorants, parfums, pigments, bactéricides, fongicides, répulsifs d'insectes, agents antistatiques, retardateurs d'incendie, agents imperméabilisants, adhésifs, composés bioactifs médicaux, composés bioactifs cosmétiques |
| Graphismes et Impression | Colorants, pigments, parfums, révélateurs, cristaux liquides, toners, composés photosensibles... |
| Photographie | Halogénures d'argent, pigments, colorants, composés photopolymérisables, révélateurs pour photographies couleurs, plastifiants... |
| Electronique | Cristaux liquides, matériaux semi-conducteurs, adhésifs, agents de séchage, retardateurs de flammes, antistatiques... |
| Traitement des déchets | Microorganismes, substrats, détoxifiants, déchets liquides (solidification), déchets industriels à risques, déchets radioactifs |

Tableau 2 : Domaines d'application de la micro-encapsulation

IV-3-Intérêts de la micro-encapsulation

IV.3.1-Protéger la substance encapsulée :

La micro-encapsulation est un procédé de fabrication de particules fermées dans les quelles le contenu a été enveloppé à l'intérieur d'un film. L'encapsulation permet non seulement d'éviter la pollution secondaire du contenu encapsulé, mais permet aussi une fonction d'isolation de matériaux fonctionnels sensibles à la lumière ou à l'oxygène d'un environnement extérieur, ce qui maintient le contenu encapsulé stable sur une durée plus longue (**Barthès-biesel et al. 2009**).

IV.3.2-Contrôler la libération de la substance encapsulée :

La micro-encapsulation permet le transfert de masse entre l'intérieur et l'extérieur d'une capsule via le contrôle des propriétés physiques et chimiques de la membrane. Normalement, il y a deux types de processus pour atteindre ce but : soit la diffusion à travers la membrane, soit l'éclatement de la membrane. Au niveau de la diffusion, le contrôle de la taille des pores de la membrane, l'épaisseur de la membrane, et le gradient de concentration des molécules spécifiques, permettent de contrôler la délivrance continue des principes encapsulés (**Barthès-biesel et al., 2009**).

IV.3.3-Faciliter l'utilisation des produits de nature liquide :

La technique permet de conditionner des produits liquides sous une forme solide. Ce processus facilite le transport des produits liquides, qui peuvent fuir ou s'évaporer du récipient. Pour chaque capsule, le dosage est contrôlé par le volume de la capsule. Les capsules pourront donc être apportées séparément selon le dosage dont on a besoin. (**Barthèsbiesel et al. 2009**).

Le présent travail porte sur les potentialités de différents bioproduits à base d'extrait d'algue verte *Ulva rigida* sur la stimulation de la germination des graines de blé par le recours à technique de micro-encapsulation. L'application de ces deniers s'est basée sur plusieurs dilutions (1 ml et 0,5 ml pour les bioproduits formulés et 1 ml, 0,5ml, 0,3ml et 0,2 ml pour les extraits bruts). Les facultés stimulatrices de la germination sont estimées sur les paramètres de croissances, d'expression végétatives et également l'activité physiologique. Les retombées de l'étude permettent de mettre en valeur la méthode de micro-encapsulation (enrobage) et la pertinence d'utilisation des bioproduits pour assurer une bonne stimulation de la germination des graines.

I-Effet des bioproduits sur la croissance :

I-1- Effet sur le taux de germination :

La fluctuation temporelle des traits de taux de germination des graines de blé a été étudiée sous l'effet réel de 2 doses(1 ml et 0,5 ml pour chaque formulation) et 4 doses (1ml, 0,5ml, 0.3ml et 0.2 ml pour l'extrait brut).

La figure (6) présente l'évolution temporelle de taux de germination des graines de blé. Cette dernière est estimée selon la nature du traitement appliqué, la fluctuation par décade de taux de germination sous l'effet de différents produits formulés est consignée dans la figure (6).

Figure (6) a : on constate que le taux de germination est similaire pour le F1 (0,5ml) et TF1 (0,5ml) cependant qu'il y'a une augmentation de taux de germination au bout de 8 eme jours pour le F1 par apport à son témoin.

Figure (6) b : On remarque que le taux de germination est semblable dans F2 (0,5ml) et TF2 (0,5ml), en revanche à partir de 4 eme jour le F2 (0.5ml) marque le taux de germination le plus élevé par apport le TF2 (0,5ml).

Figure (6) c : Le TFZ (0,5ml) présent un taux de germination important et remarquable par apport au FZ (0,5ml).

Figure (6) d : Au début, le taux de germination obtenu par le TF1 (1ml) est élevé par apport au celle de F1 (1ml). A partir de 3 éme jour, ce dernier va donner un taux équivalent au TF1.

Figure (6) e : Une similarité de taux de germination a été marquée entre F2 et TF2 (1ml) jusqu'à le 7 éme jour. Au-de là ce jour, on marque une augmentation de taux dans F2 par apport au TF2.

Figure (6) f : Le taux de germination le plus élevées est marquée au début de suivi pour le FZ (1ml) cependant qu'il est marqué pour le TFZ (1ml) au-delà 3^{ème} jour.

Figure (6) g : Tout le long de suivi, le FM (1ml) présent un taux de germination plus important que le TFM (1ml).

Figure (6) h : Une augmentation de taux de germination a été enregistrée pour l'eau alors que à partir de 6^{ème} jour le brut (0.3ml) présent un taux similaire à celle de l'eau.

Figure (6) i : On remarque que le taux de germination est plus important dans l'eau que le brut (0.2ml).

Figure (6) j : Dans les trois premiers jours l'eau présent le taux de germination le plus élevée alors que dans le reste de suivi il est identique à celle de brut (1ml).

Figure (6) k : Une différence remarquable entre le brut (0.5ml) et l'eau dont le taux de germination le plus important est marqué pour l'eau pendant tout le suivi.

Les histogrammes de la figure (7) représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur le taux de germination. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre les produits formulés F1/ F2/FZ/FM (1ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ/TFM (Fig.7c), ainsi que le brut avec ses deux doses par apport à l'eau (Fig.7d) ($p > 5\%$). La même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre les produits formulés F1/F2/FZ (0.5ml) et leur témoin TF1/TF2/TFZ (Fig.7a), ainsi que le brut avec ses deux doses par apport à l'eau (Fig.7b) ($p < 5\%$)

La comparaison par le biais de test de Tukey concernant le facteur dose montre que les bioproduits formulés à la dose 0.5ml provoquent le même taux de germination par apport au FZ (tableau 3a) et que le l'extrait brut 0.3ml, brut 0.2ml et témoin n'approuvent pas le même effet sur le taux de germination (tableau 3b).

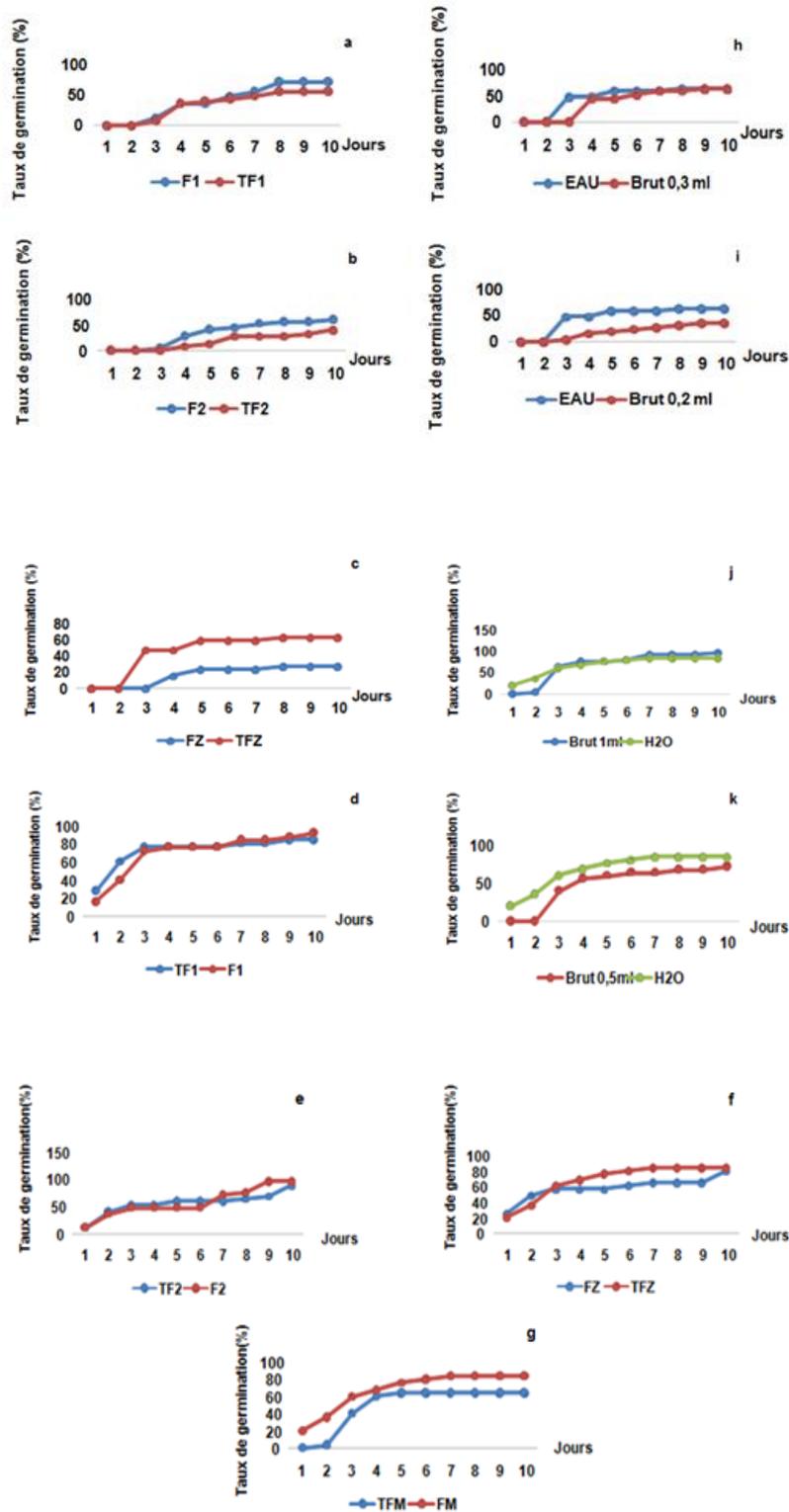


Figure 6 : Evolution temporelle de taux de germination.

a : Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 0.5ml . b :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 0.5ml c :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z (TFZ) ,dose= 0.5ml d :Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 1ml e :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 1ml f :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z (TFZ) ,dose= 1ml . g :Formulation M(FM) / Témoin de formulation M(TFM) ,dose= 1ml. h :Brute (EXB) 0.3 ml /Eau. i : Brute (EXB)0.2 ml / Eau . j :Brut (EXB) 1ml / Eau . k : Brut (EXB) 0.5/Eau.

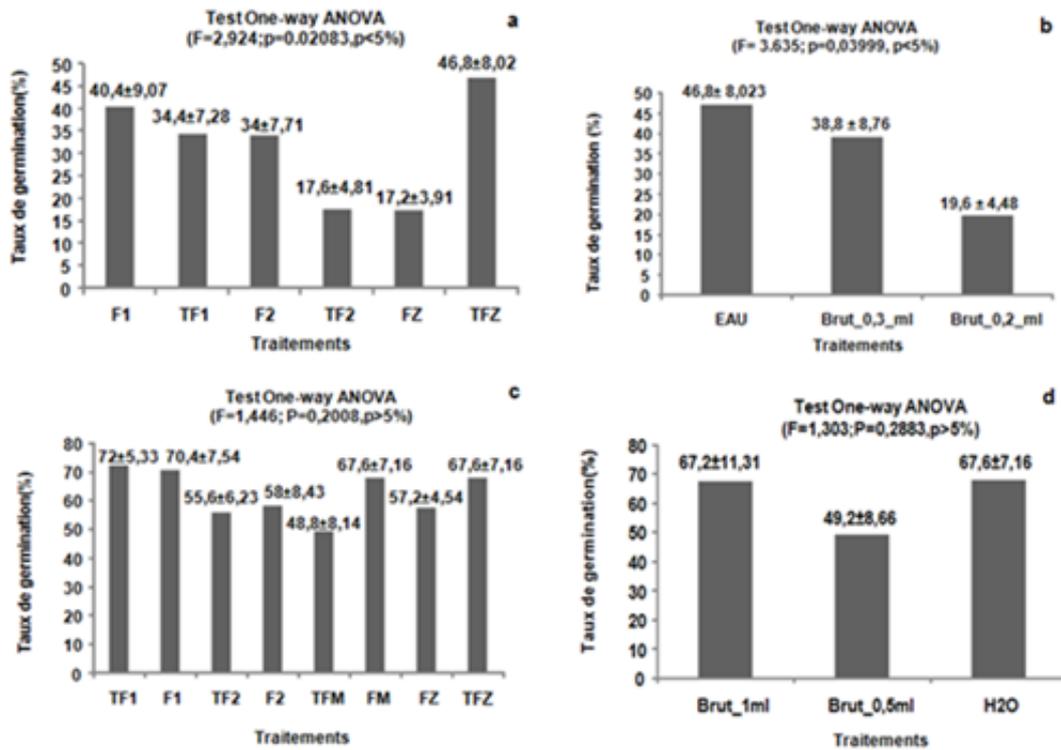


Figure 7 : Effet de différents traitements sur le taux de germination.

a : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ et TFZ) dose = 0.5ml. b : EXB 0.3ml , EXB 0.2ml et eau. c : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ, TFZ ,FM et TFM) dose = 1ml. d : EXB 1 ml , EXB 0.5ml et eau.

| | F1 | TF1 | F2 | TF2 | FZ | TFZ |
|-----|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| F1 | | 0,9905 | 0,9872 | 0,2165 | 0,2007 | 0,9872 |
| TF1 | 0,8518 | | 1 | 0,5465 | 0,5208 | 0,8128 |
| F2 | 0,9086 | 0,05679 | | 0,5723 | 0,5465 | 0,7919 |
| TF2 | 3,237 | 2,385 | 2,328 | | 1 | 0,05303 |
| FZ | 3,294 | 2,442 | 2,385 | 0,05679 | | 0,04799 |
| TFZ | 0,9086 | 1,76 | 1,817 | 4,146 | 4,202 | |

| | EAU | Brut_0,3_ml | Brut_0,2_ml |
|-------------|-------|-------------|-------------|
| EAU | | 0,7234 | 0,03661 |
| Brut_0,3_ml | 1,091 | | 0,1724 |
| Brut_0,2_ml | 3,71 | 2,619 | |

Tableu3:Comparaison par paire de Tukey.

a : Tableau des produits formulé(F1,TF1,F2,TF2,FZ et TFZ).b : Tableau de brut(0,3ml et 0,2ml) et l'eau.

I-2- Effet sur le taux d'inhibition:

La variation temporelle des traits de taux d'inhibition des graines de blé a été étudiée sous l'effet de 2 doses (1 ml et 0.5 ml pour chaque formulation) et 4 doses (1ml ,0.5ml, 0.3ml et 0.2 ml pour l'extrait brut).

La figure (8) présente l'évolution temporelle de taux d'inhibition des graines de blé. Selon la nature des traitements appliquées on estime la fluctuation par décade de taux de d'inhibition sous l'effet de différents produits formulés est présentée dans la figure (8).

Figure(8)a : on remarque une diminution successive de taux d'inhibition de façon similaire entre le F1 et TF1 (0.5 ml).

Figure (8) b : On constate une diminution identique de taux d'inhibition pour le F2 et TF2 (0.5ml).

Figure (8) c : On observe que le taux d'ihnibition marque un abaissement important dans le TFZ par apport au FZ (0.5ML).

Figure (8) d : Au début un affaiblissement important de taux d'inhibition a été enregistré pour le TF1 par apport au F1(1ml) alors qu'ils seront identiques à partir de 3^{eme} jour .

Figure (8) e : On marque que le taux d'inhibition est équivalent entre F2 et TF2 (1ml) en revanche le F2 présente une diminution remarquable par apport son témoin.

Figure (8) f : Dans les trois premiers jours,le FZ décroît d'une manière plus imoportante que le TFZ et le contraire dans le reste de suivi.

Figure(8) g : Tout le long de suivi , le FM (1ml) présente le taux d'inhibition le plus élevé par apport à son témoin .

Figure (8) h : Décroissement remarquable de taux d'inhibition pour l'eau et important par apport au brut (0.3ml).

Figure(8) i : L'eau présente le taux d'inhibition le plus imoportant dont il abaisse plus que brut(0.2 ml).

Figure (8) j : Dans les trois premiers jours, le taux d'inhibition le plus important est marqué pour l'eau par contre il est similaire à celle de brut (0.5 ml) dans le reste de suivi.

Figure (8) k : Au cours de suivi, l'eau présente un amoindrissement de taux d'inhibition plus important que le brut (0.5ml).

Les histogrammes de la figure (9) représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur le taux d'inhibition. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre les produits formulés F1/ F2/FZ/FM (1ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ/TFM (Fig.9 c), ainsi que le brut avec ses deux doses par rapport à l'eau (Fig.9d) ($p > 5\%$). La même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre les produits formulés F1/F2/FZ (0.5ml) et leur témoin TF1/TF2/TFZ (Fig.9 a), ainsi que le brut avec ses deux doses par rapport à l'eau (Fig.9b) ($p < 5\%$).

La comparaison par le biais de test de Tukey concernant le facteur dose montre que les produits formulés de dose 0.5ml provoquent le même taux d'inhibition par rapport à FZ qui présente l'effet le plus important (tableau 4a) et que le brut 0.3ml, brut 0.2ml et l'eau ne provoquent pas le même effet sur le taux d'inhibition (tableau 4b).

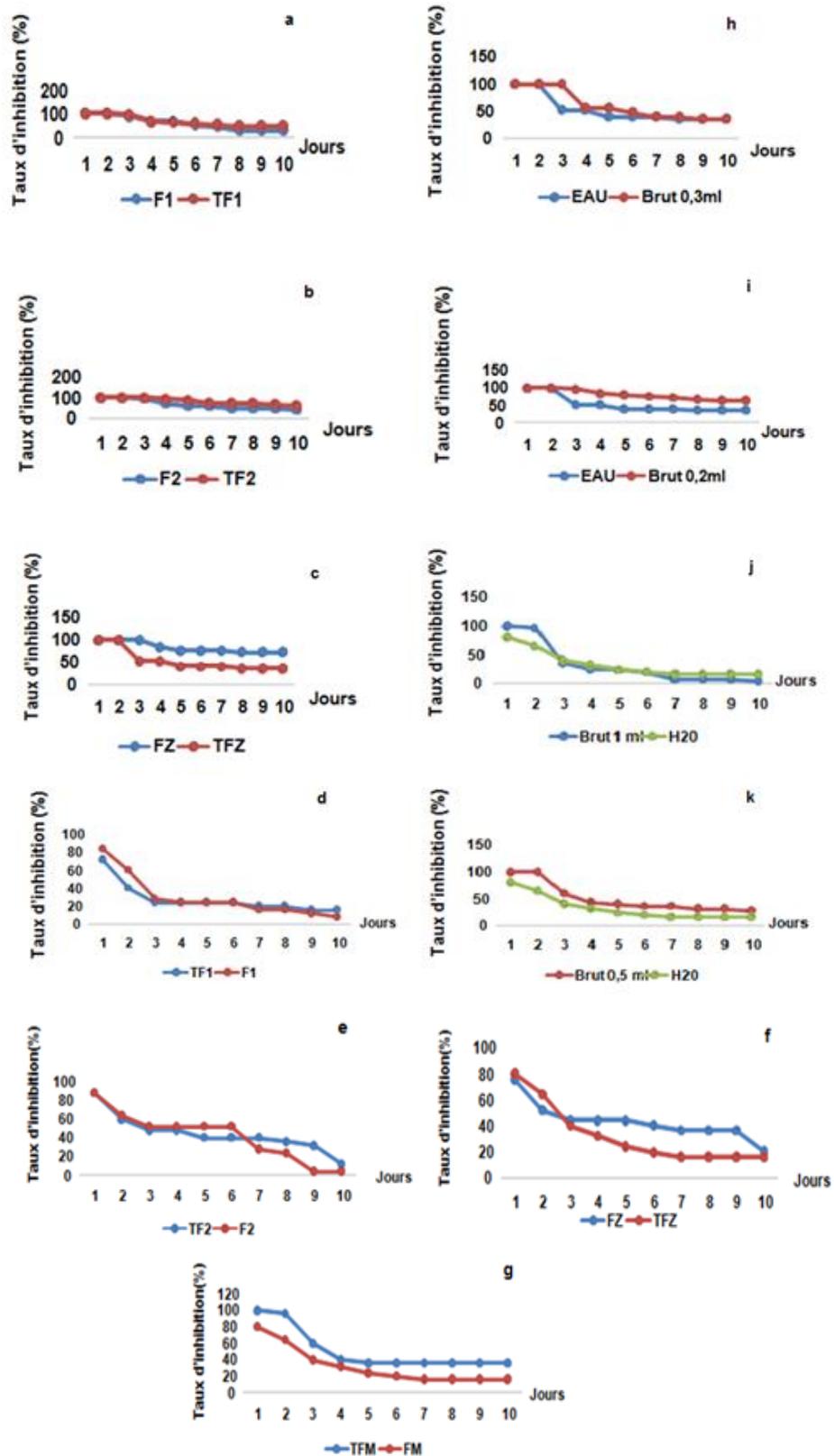


Figure8 :Evolution temporelle de taux d'inhnibition.

a : Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 0.5ml . b :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 0.5ml c :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulationZ (TFZ) ,dose= 0.5ml
 d :Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 1ml e :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 1ml f :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z(TFZ) ,dose= 1ml . g :Formulation M(FM)Témoin de formulation M(TFM) ,dose= 1ml. h :Brut (EXB) 0.3 ml /Eau. i : Brute (EXB)0.2 ml / Eau j :Brut (EXB) 1 ml / Eau. k : Brut (EXB) 0.5/Eau

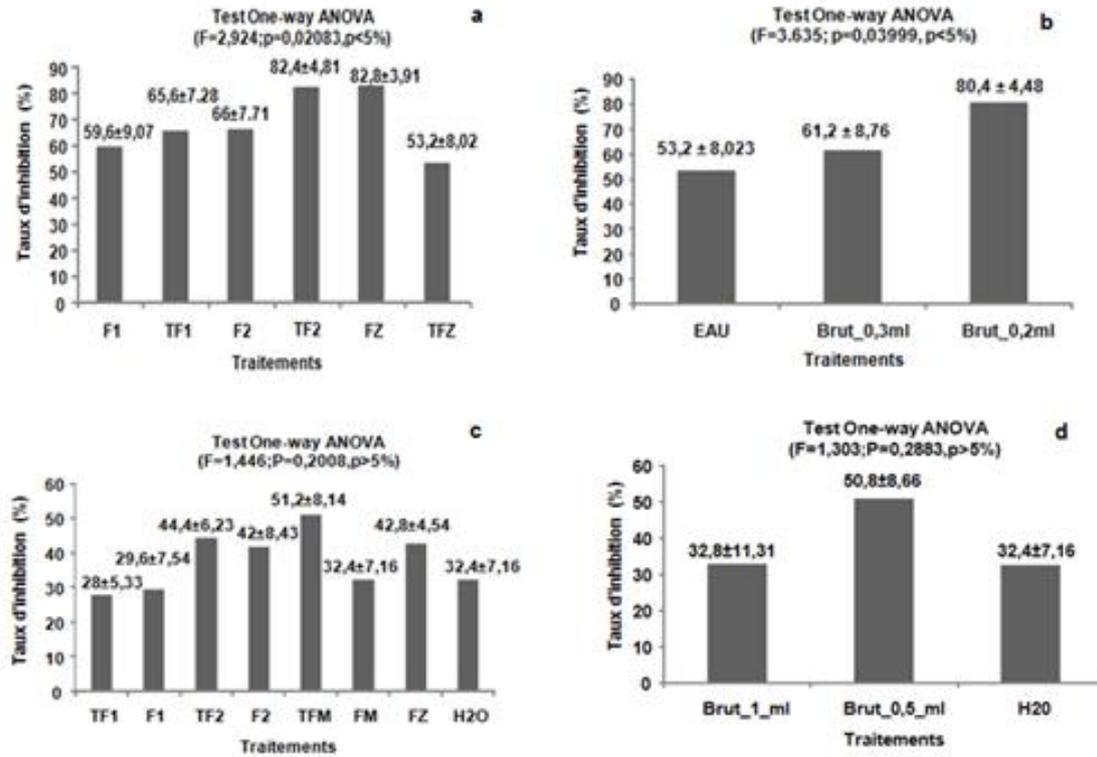


Figure 9 : Effet de différents traitements sur le taux d'inhibition

a : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ et TFZ) dose = 0.5ml. b : EXB 0.3ml , EXB 0.2ml et eau. c : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ, TFZ ,FM et TFM) dose = 1ml. d : EXB 1 ml , EXB 0.5ml et eau.

| | F1 | TF1 | F2 | TF2 | FZ | TFZ |
|-----|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| F1 | | 0,9905 | 0,9672 | 0,2165 | 0,2007 | 0,9672 |
| TF1 | 0,8518 | | 1 | 0,5465 | 0,5208 | 0,8128 |
| F2 | 0,9086 | 0,05679 | | 0,5723 | 0,5465 | 0,7919 |
| TF2 | 3,237 | 2,385 | 2,328 | | 1 | 0,05303 |
| FZ | 3,294 | 2,442 | 2,385 | 0,05679 | | 0,04799 |
| TFZ | 0,9086 | 1,76 | 1,817 | 4,146 | 4,202 | |

| | EAU | Brut_0,3ml | Brut_0,2ml |
|------------|-------|------------|------------|
| EAU | | 0,7234 | 0,03661 |
| Brut_0,3ml | 1,091 | | 0,1724 |
| Brut_0,2ml | 3,71 | 2,619 | |

Tableau 4: Comparaison par paire de Tukey.

a : Tableau des produits formulé(F1,TF1,F2,TF2,FZ et TFZ). b : Tableau de brut (0,3ml et 0,2ml) et l'eau.

I-3- Vitesse de germination :

La variation temporelle des traits de vitesse de germination des graines de blé a été étudiée sous l'effet de 2 doses (1 ml et 0.5 ml pour chaque formulation) et 4 doses (1ml ,0.5ml, 0.3ml et 0.2 ml pour l'extrait brut).

La figure (10) présente l'évolution temporelle de vitesse de germination des graines de blé. Selon la nature des traitements appliquées on estime la fluctuation par décade de vitesse de germination sous l'effet de différents produits formulés est présentée dans la figure (10).

Figure (10) a : D'après le graphe , on remarque que la vitesse de germination de F1 et TF1 (0.5 ml) est identique dont elle est élevée au début puis elle se décroît avec le temps.

Figure (10) b : Le F2 (0.5ml) présente une vitesse de germination élevée par rapport à son témoin en revanche à partir de 4^{ème} jour , leurs vitesses diminuent d'une manière identique au cours du temps .

Figure(10) c :On remarque que la vitesse de germination diminue successivement pour le FZ et le TFZ(0.5ml).

Figure(10) d : Un abaissement similaire de vitesse de germination pour le F1(1ml) et son témoin pendant le suivi.

Figure(10) e : Le graphe montre une diminution de vitesse de germination pour les deux traitements (F2 et TF2 1ml).

Figure(10) f :Un affaiblissement de vitesse de germination a été marqué pour le FZ (1ml) et son témoin.

Figure(10) g : Le FM possède une vitesse de germination plus élevée que son témoin .Au delà de 2^{ème} jour les deux traitements présentent une dégradation similaire de vitesse.

Figure(10) h : Décroissement de la vitesse de germination à partir de 4^{ème} jour a été signalée pour les deux traitements (eau et EXB 0.3ML).

Figure(10) i : Un abaissement de la vitesse de germination a partir de 3^{eme} jour a été signalée pour les deux traitements (eau et EXB 0.2ML).

Figure(10) J : Une diminution identique et similaire de vitesse de germination pour l'eau et le brut (1ml).

Figure(10) k : la vitesse de germination décroît d'une façon continue dans le l'eau et le brut (0.5 ml).

Les histogrammes de la figure (11) représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur la vitesse de germination. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre les produits formulés F1/ F2/FZ (0.5ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ (Fig.11 a), F1/F2/FZ/FM (1ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ/TFM (Fig 11c), le brut avec ses deux doses par rapport à l'eau (Fig.11 b) et finalement l'extrait brut 1ml, l'extrait brute 0.5ml et l'eau (Fig.11 d) ($p > 5\%$).

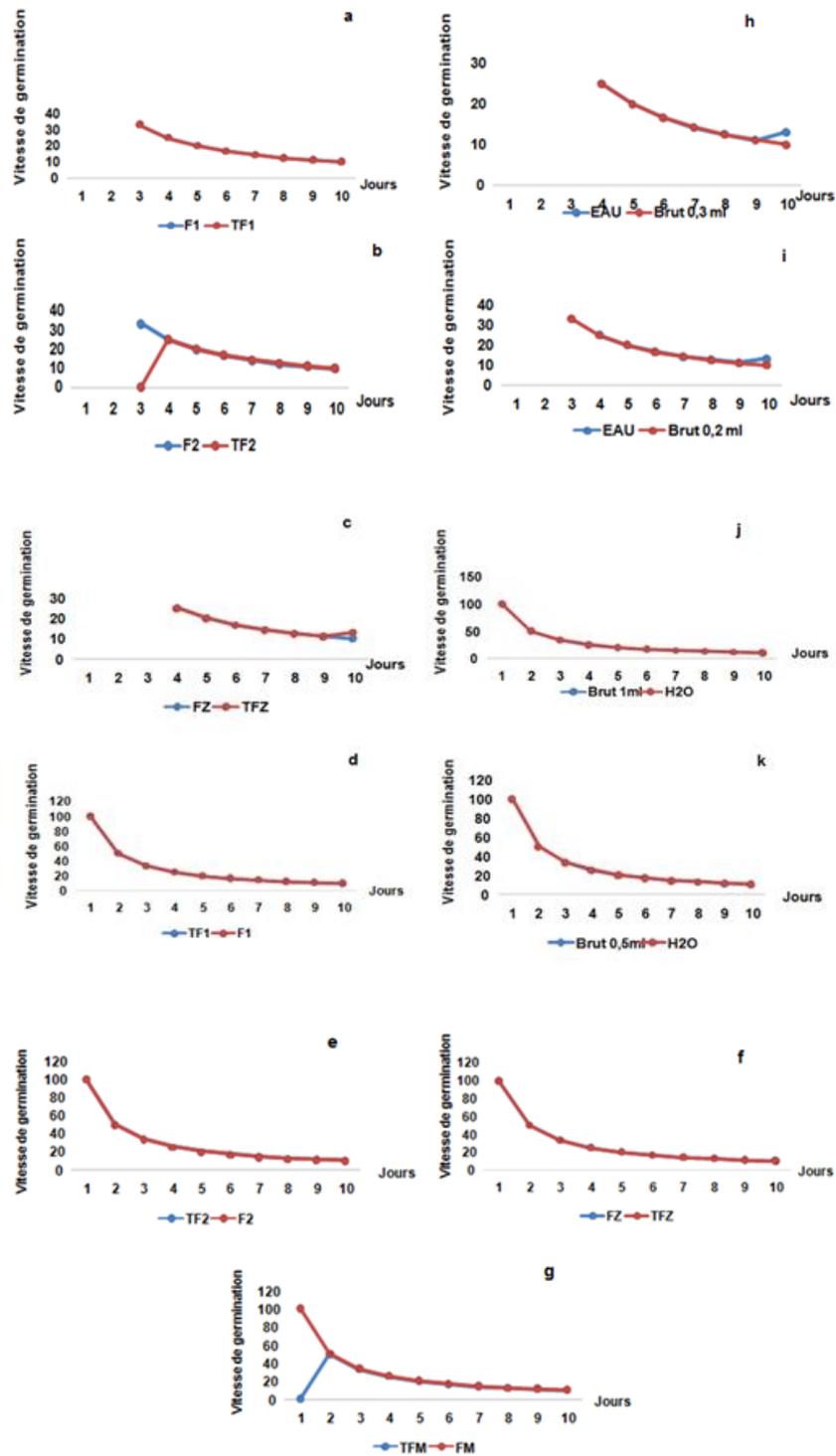


Figure10 : Evolution temporelle de la vitesse de germination.

a : Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 0.5ml . b :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 0.5ml c :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z (TFZ) ,dose= 0.5ml d :Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 1ml e :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 1ml f :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z (TFZ) ,dose= 1ml . g :Formulation M(FM) / Témoin de formulation M(TFM) ,dose= 1ml. h :Brut (EXB) 0.3 ml /Eau. i : Brute (EXB)0.2 ml / Eau . j :Brut (EXB) 1 ml / Eau. k : Brut (EXB) 0.5/Eau.

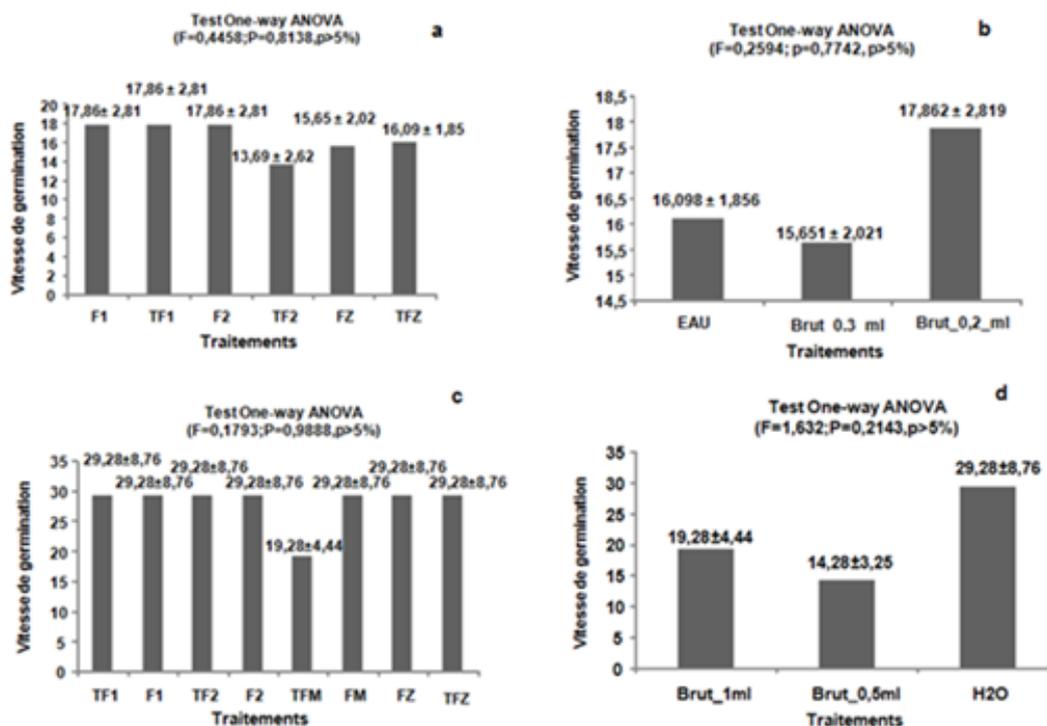


Figure11 : Effet des différents traitements sur vitesse de germination.

a : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ et TFZ) dose = 0.5ml. b : EXB 0.3ml , EXB 0.2ml et eau. c : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ, TFZ ,FM et TFM) dose = 1ml. d : EXB 1 ml , EXB 0.5ml et eau

I-4- Index de germination :

La variation temporelle des traits de l'index de germination des graines de blé a été étudiée sous l'effet de 2 doses (1 ml et 0.5 ml pour chaque formulation) et 4 doses (1ml ,0.5ml, 0.3ml et 0.2 ml pour l'extrait brut).

La figure (12) présente l'évolution temporelle de l'index de germination des graines de blé. Selon la nature des traitements appliquées on estime la fluctuation par décade de l'index de germination sous l'effet de différents produits formulés est présentée dans la figure (12).

Figure (12) a : L'index de germination est similaire entre le F1 et le TF1 (0.5ml) pendant la période de 3ème jour jusqu'à 7 eme jour au-delà 7 eme jour on remarque que l'Index de F1 devient plus important que son témoin.

Figure (12) b : A partir de 3 eme jour, on remarque que l'Index de germination de F2 (0.5ml) est plus important que celle de son témoin.

Figure (12) c : l'Index de germination le plus importante a été marquée a partir de 4 eme jour pour le TFZ par apport au FZ (0.5ml).

Figure (12) d : Le F1 (1 ml) présent un Index de germination important que son témoin tout le long de suivi.

Figure (12) e : Au début, l'index de germination a été identique pour le F2 et le TF2 (1ml) en revanche au-delà de 7eme jour l'index de F2 est le plus élevé par rapport son témoin.

Figure (12) f : on remarque que l'index de germination de FZ est supérieur au celle de TFZ (1 ml) pendant les dix jours de suivi.

Figure (12) g : Le FM représente l'index le plus élevée dans le suivi par rapport a son témoin

Figure (12) h : Une similarité de l'index de germination à partir de 3 éme jour entre le brut (0.3ml) et l'eau.

Figure (12) i : Une augmentation d'index de germination d'eau plus importante que le brut (0.2ml).

Figure (12) j : l'index de germination le plus important pendant les trois premiers jours a été enregistrée pour l'eau et pendant le reste de suivi il a été marqué pour le brut (1ml).

Figure (12) k : Dès le début jusqu'à la fin de suivi, on remarque que l'index de germination le plus important est signalée pour l'eau Par apport au brut (0.5ml).

Les histogrammes de la figure (13) représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur l'index de germination. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre l'extrait brut 1ml, 0,5ml et eau (Fig.13 d), ($p > 5\%$). La même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre les produits formulés F1/F2/FZ (0.5ml) et leur témoin TF1/TF2/TFZ (Fig.13 a), ainsi que les produits formulés F1/F2/FZ/FM (1ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ/TFM (Fig.13c) et l'extrait brut avec ses deux doses par apport à l'eau (Fig.13b) ($p < 5\%$).

La comparaison par le biais de test de Tukey concernant le facteur dose montre que les produits formulés de dose 0.5ml provoque le même index de germination par apport au TF2 et TFZ (tableau 5a) ainsi quels produits formulés de dose 1ml provoque le même index de germination par apport au TFM (tableau 5c) et l'extrait brut 0.3ml et l'eau provoque un effet plus élevé sur l'index de germination par apport à l'extrait brut 0.2ml (tableau 5b).

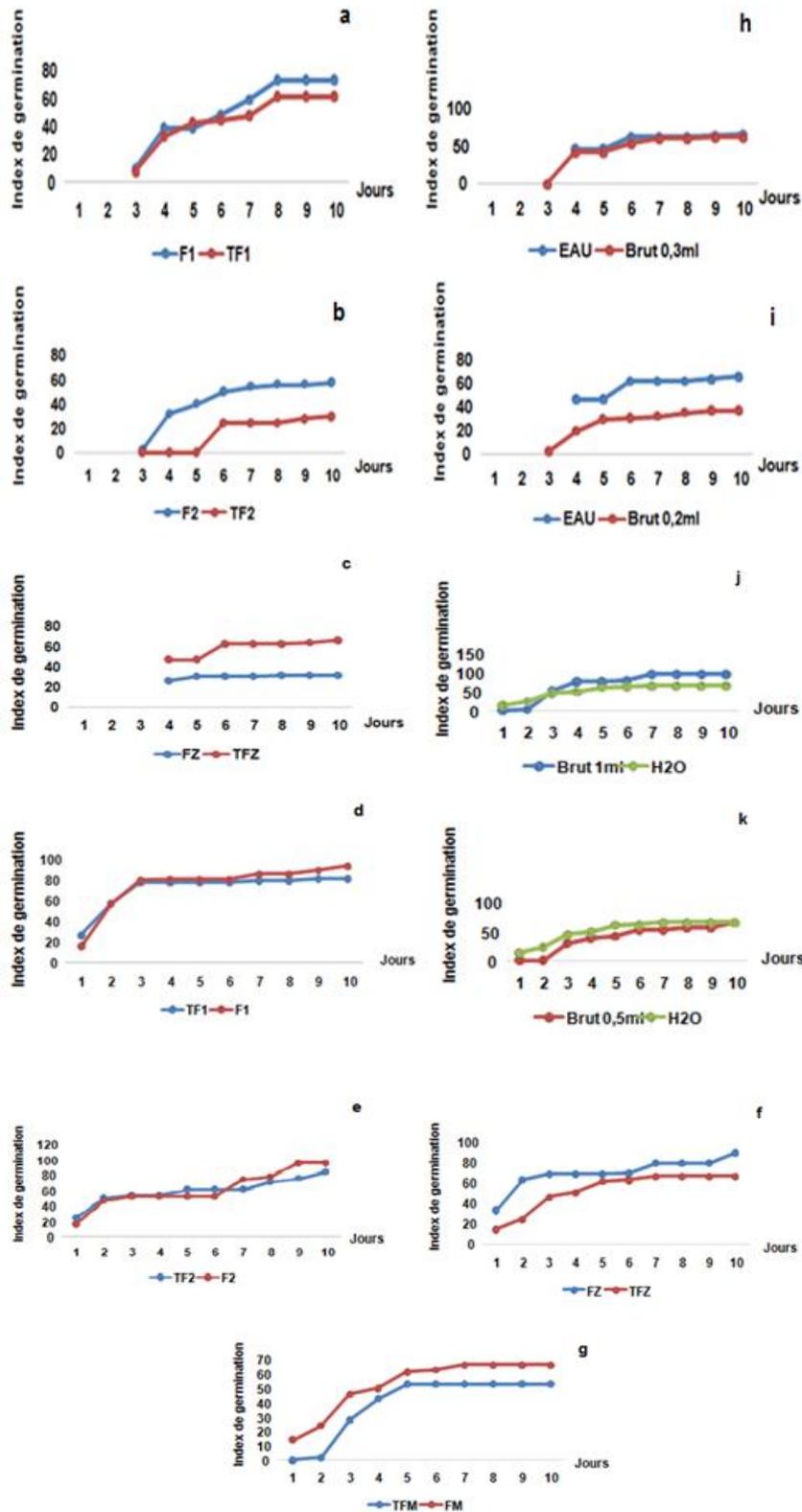


Figure12: Evolution temporelle de l'index de germination.

a : Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 0.5ml . b :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 0.5ml c :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulationZ (TFZ) ,dose= 0.5ml d :Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 1ml e :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation2(TF2) ,dose= 1ml f :Formulation Z(FZ)/Témoin de formulation Z(TFZ) ,dose= 1ml . g :Formulation M(FM) / Témoin de formulation M(TFM) ,dose= 1ml. h :Brut (EXB) 0.3 ml /Eau. i : Brute (EXB)0.2 ml / Eau . j :Brut (EXB) 1 ml / Eau. k : Brut (EXB) 0.5/Eau

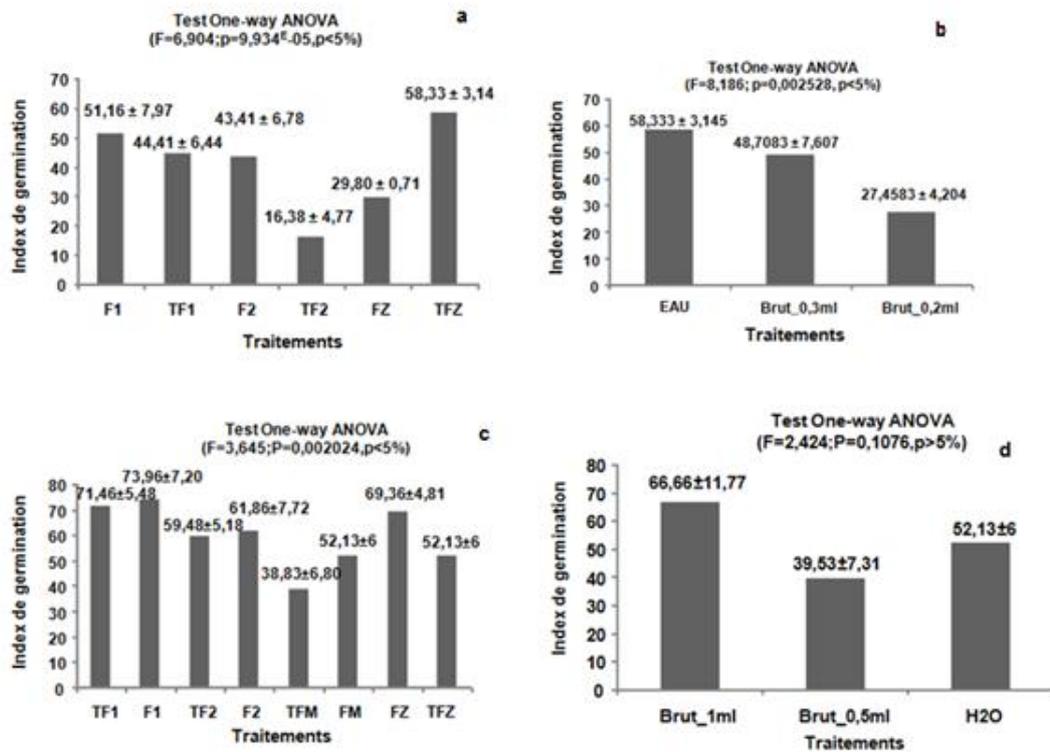


Figure13: Effet des différents traitements sur l'index de germination.

a : les produits formulés (F1,TF1, F2, TF2, FZ et TFZ) dose = 0.5ml. b : EXB 0.3ml , EXB 0.2ml et eau. c : les produits formulés (F1,TF1, F2, TF2, FZ, TFZ ,FM et TFM) dose = 1ml. d : EXB 1 ml , EXB 0.5ml et eau.

a

| | F1 | TF1 | F2 | TF2 | FZ | TFZ |
|-----|-------|--------|--------|----------|--------|-----------|
| F1 | | 0,9621 | 0,9331 | 0,004217 | 0,123 | 0,9513 |
| TF1 | 1,16 | | 1 | 0,03702 | 0,4934 | 0,5461 |
| F2 | 1,331 | 0,1718 | | 0,04966 | 0,5699 | 0,4702 |
| TF2 | 5,573 | 4,414 | 4,242 | | 0,7575 | 0,0004309 |
| FZ | 3,669 | 2,509 | 2,338 | 1,904 | | 0,01543 |
| TFZ | 1,231 | 2,391 | 2,563 | 6,805 | 4,9 | |

b

| | EAU | Brut_0,3ml | Brut_0,2ml |
|------------|-------|------------|------------|
| EAU | | 0,4478 | 0,002252 |
| Brut_0,3ml | 1,745 | | 0,03359 |
| Brut_0,2ml | 5,598 | 3,853 | |

c

| | TF1 | F1 | TF2 | F2 | TFM | FM | FZ | H2O |
|-----|--------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|
| TF1 | | 1 | 0,872 | 0,957 | 0,009391 | 0,3673 | 1 | 0,3673 |
| F1 | 0,4014 | | 0,7223 | 0,8661 | 0,003838 | 0,2214 | 0,9995 | 0,2214 |
| TF2 | 1,923 | 2,325 | | 1 | 0,2847 | 0,9905 | 0,95 | 0,9905 |
| F2 | 1,541 | 1,943 | 0,3821 | | 0,1677 | 0,9538 | 0,9893 | 0,9538 |
| TFM | 5,239 | 5,641 | 3,316 | 3,698 | | 0,7997 | 0,01924 | 0,7997 |
| FM | 3,104 | 3,505 | 1,181 | 1,563 | 2,135 | | 0,5179 | 1 |
| FZ | 0,3372 | 0,7385 | 1,586 | 1,204 | 4,902 | 2,767 | | 0,5179 |
| H2O | 3,104 | 3,505 | 1,181 | 1,563 | 2,135 | 0 | 2,767 | |

Tableau 5: Comparaison par paire de Tukey

a : Tableau des produits formulés (F1, TF1, F2, TF2, FZ et TFZ). b : Tableau de brut (0,3ml et 0,2ml) et l'eau. c : Tableau des produits formulés (F1, TF1, F2, TF2, FZ, TFZ, FM et TFM)

II – Expression végétative :

La variation temporelle des traits de poids frais des graines de blé a été étudiée sous l'effet de 2 doses (1 ml et 0.5 ml pour chaque formulation) et 4 doses (1ml ,0.5ml, 0.3ml et 0.2 ml pour l'extrait brut).

La figure (14) présente l'évolution temporelle de poids frais des graines de blé. Selon la nature des traitements appliqués on estime la fluctuation par décade de poids frais sous l'effet de différents produits formulés est présentée dans la figure (14).

II-1- Le poids frais :

Figure (14) a : Le poids frais marquée pour le F1 et le TF1 (0.5ml) est identique jusqu'à le 3 eme jour ou le TF1 présent un poids élevé par apport au F1.

Figure (14) b : Le F2 (0.5ml) possède un poids frais légèrement élevé par apport son témoin.

Figure (14) c : on remarque que le poids frais présenté par le FZ (0.5ml) et le TFZ (0.5ml) est pratiquement le même.

Figure (14) d : Dans les 3 premiers jours on remarque une augmentation similaire de poids frai entre les traitements (F1 et TF1 1ml) par contre dans le reste de suivi le F1 marqueune augmentation élevée par apport a son témoin.

Figure (14) e : On marque que le poids frais augmente à partir de 2 eme jour dont le TF2 (1ml) présent une augmentation légère par apport au F2.

Figure (14) f : Tout le long de suivi, le TFZ (1ml) représente le poids frais le plus important par rapport au FZ.

Figure (14) g : Augmentation de poids frais avec une déférence légère entre les deux traitements en revanche on remarque qu'à partir de 3 eme jour le FM(1ml) donne une augmentation plus importante que son témoin.

Figure (14) h : L'eau représente un poids frais un peu élevé par rapport au brut (0.3ml).

Figure (14) i : On remarque que le brut (0.2ml) signale un poids frais important par rapport à l'eau.

Figure (14) j : Le graphe montre une augmentation de poids frais légère et identique pour les deux traitements (brut 1ml et l'eau).

Figure (14) k : Une augmentation de poids frais très légère et équivalente entre les traitements (brut 0.5 ml et l'eau).

Les histogrammes de la figure (15) représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur le poids frais. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre les produits formulés F1/ F2/FZ (0,5ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ (Fig.15a), ainsi que les produits formulés F1/ F2/FZ/FM (1ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ/TF (Fig.15c) et l'extrait brut avec ses deux doses par rapport à l'eau (Fig.15d) ($p > 5\%$). La même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre l'extrait brut 0.3ml et 0.2ml et l'eau (Fig.15b) ($p < 5\%$)

La comparaison par le biais de test de Tukey concernant le facteur dose montre que l'extrait brut 0.2ml et l'eau provoquent un effet plus important sur le poids frais par rapport au brut 0.3ml. (tableau 6b).

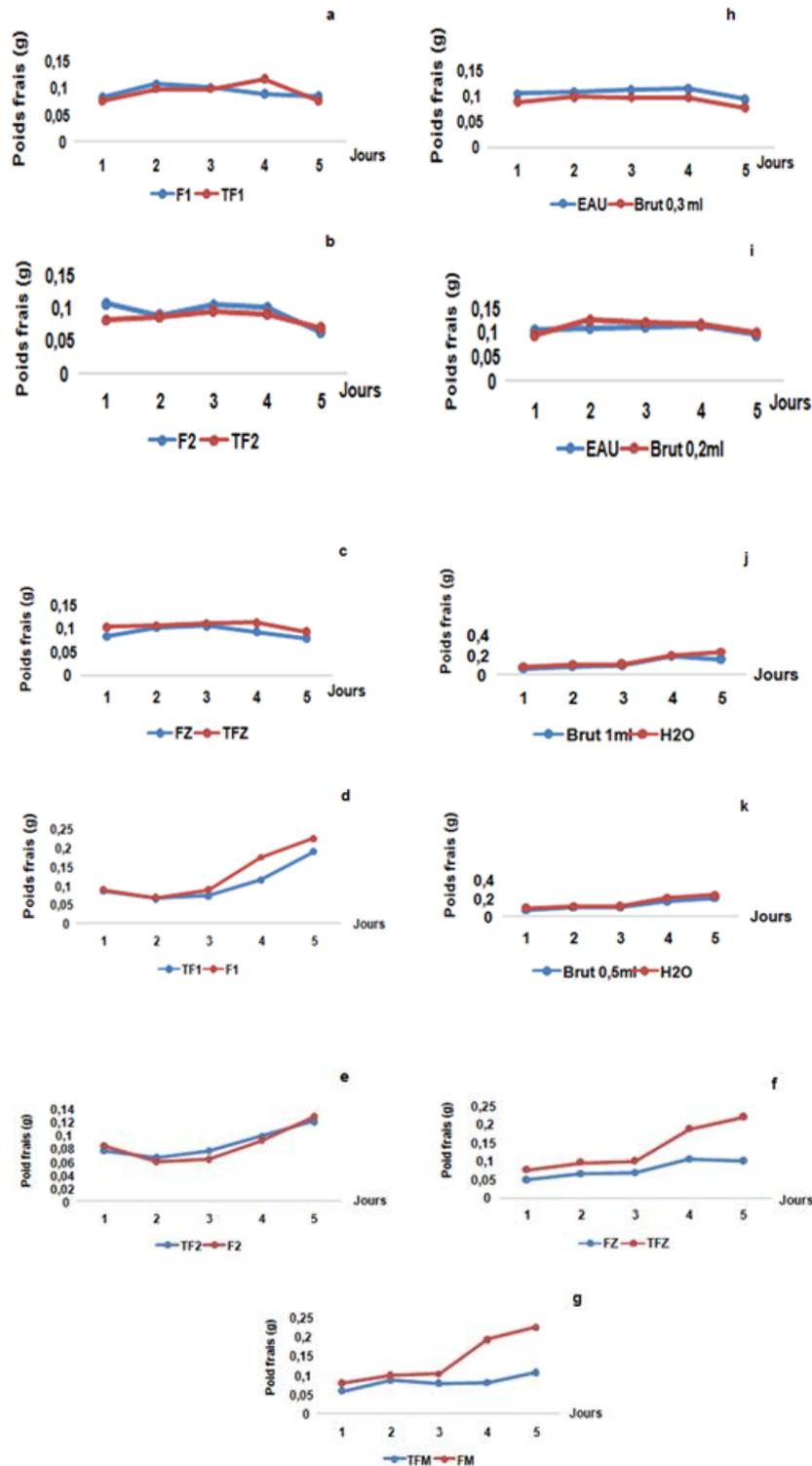


Figure14: Evolution temporelle de poids frais. (1cm =2 jours)

a : Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 0.5ml . b :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 0.5ml c :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulationZ (TFZ) ,dose= 0.5ml d :Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 1ml e :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 1ml f :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z(TFZ) ,dose= 1ml . g :Formulation M(FM) / Témoin de formulation M(TFM) ,dose= 1ml. h :Brut (EXB) 0.3 ml /Eau. i : Brute (EXB)0.2 ml / Eau . j :Brut (EXB) 1 ml / Eau. k : Brut (EXB) 0.5/Eau.

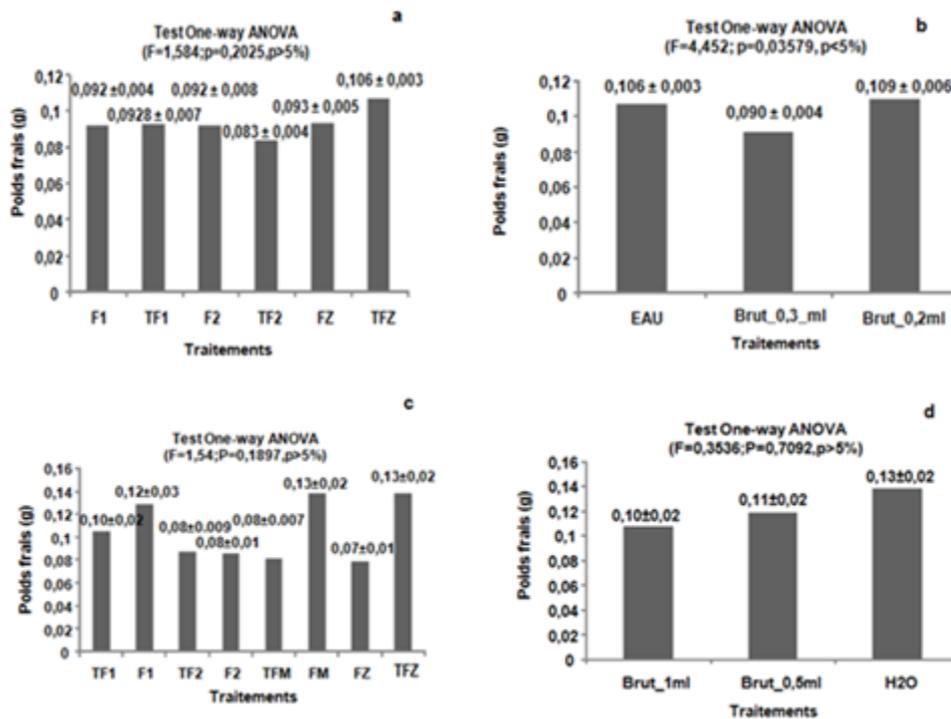


Figure15 : Effet des différents traitements surle poids frais.

a : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ et TFZ) dose = 0.5ml. b : EXB 0.3ml , EXB 0.2ml et eau. c : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ, TFZ ,FM et TFM) dose = 1ml. d : EXB 1 ml , EXB 0.5ml et eau.

b

| | EAU | Brut_0,3_ml | Brut_0,2ml |
|-------------|--------|-------------|------------|
| EAU | | 0,08718 | 0,9076 |
| Brut_0,3_ml | 3,32 | | 0,04196 |
| Brut_0,2ml | 0,5959 | 3,916 | |

Tableau 6: Comparaison par paire de Tukey.

b : Tableau de brut(0,3ml et 0,2ml) et l'eau

II-2 : Poids sec

La variation temporelle des traits de poids sec des graines de blé a été étudiée sous l'effet de 2 doses (1 ml et 0.5 ml pour chaque formulation) et 4 doses (1ml ,0.5ml, 0.3ml et 0.2 ml pour l'extrait brut).

La figure (16) présente l'évolution temporelle de poids sec des graines de blé. Selon la nature des traitements appliquées on estime la fluctuation par décade de poids frais sous l'effet de différents produits formulés est présentée dans la figure (16).

Figure (16) a : Au début de suivi, le poids sec obtenu pour le F1 et son témoin est identique, par contre dans le 4^{eme} jour en remarque que le TF1 devient plus élevé par rapport au F1 (0.5ml).

Figure (16) b : le poids sec enregistrée pour le F2 (0.5ml) dans les deux premiers jours a été élevé par rapport à son témoin, en revanche qu'ils seront identiquesau-delà de 2^{eme} jour.

Figure (16) c : Pendant tout le suivi, le TFZ (0.5ml) possède le pois sec le plus élevé par apport le FZ.

Figure (16) d : Tout le long de suivi, on remarque que le F1 (1ml) présent le poids sec plus important que son témoin.

Figure (16) e : En amont de 2^{eme} jour et en aval de 4^{eme} jour, le poids sec obtenu par le F2 (1ml) et son témoin est le même. Alors que durant la période de 2^{eme} jour jusqu'à le 4^{eme} jour le TF2 présent le poids sec le plus élevé par apport au F2.

Figure (16) f : On remarque une diminution équivalente et légère de poids sec pour le FZ (1 ml) et son témoin.

Figure (16) g : Au-delà de 3^{eme} jour, une augmentation légère de poids sec signalé par le FM (1ml) par apport a son témoin.

Figure (16) h : A partir de 2^{eme} jour de suivi, on remarque que le brut (0.2ml) présent un poids sec élevé par apport a son témoin.

Figure (16) i : On constate que pendant tout le suivi le pois sec le plus élevé a été enregistrée pour l'eau par apport au brut (0.3ml)

Figure (16) j : Le brut (0.5ml) et l'eau possèdent pratiquement le même poids sec.

Figure (16) k : Le brut (1ml) présente un poids sec plus élevé par rapport à l'eau.

Les histogrammes de la figure (17) représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur le poids sec. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre les produits formulés F1/ F2/FZ (0.5ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ (Fig.17a), F1/F2/FZ/FM (1ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ/TFM(Fig.17c), le brut avec ses deux doses par rapport à l'eau (Fig.17b) et finalement l'extrait brut 1ml, l'extrait brute 0.5ml et l'eau (Fig.17d) ($p > 5\%$).

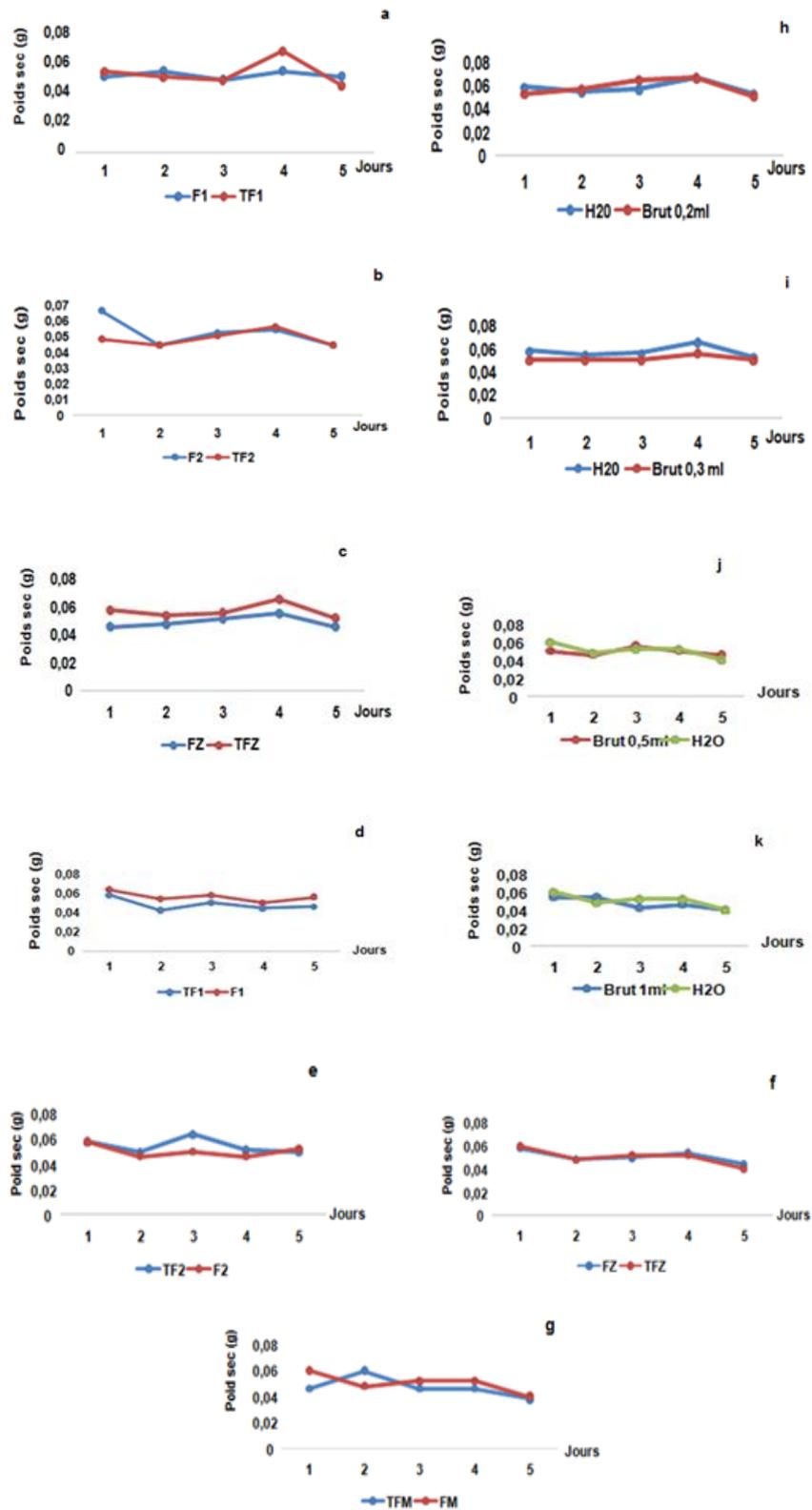


Figure16 : Évolution temporelle de poids sec. (1 cm =2 jours)

a : Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 0.5ml . b :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 0.5ml c :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulationZ (TFZ) ,dose= 0.5ml
d :Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 1ml e :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 1ml f :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z(TFZ) ,dose= 1ml . g :Formulation M(FM) /Témoin de formulation M(TFM) ,dose= 1ml. h :Brut (EXB) 0.3 ml /Eau. i : Brute (EXB)0.2 ml / Eau . j :Brut (EXB)0.5 ml / Eau. k : Brut (EXB) 1ml/Eau.

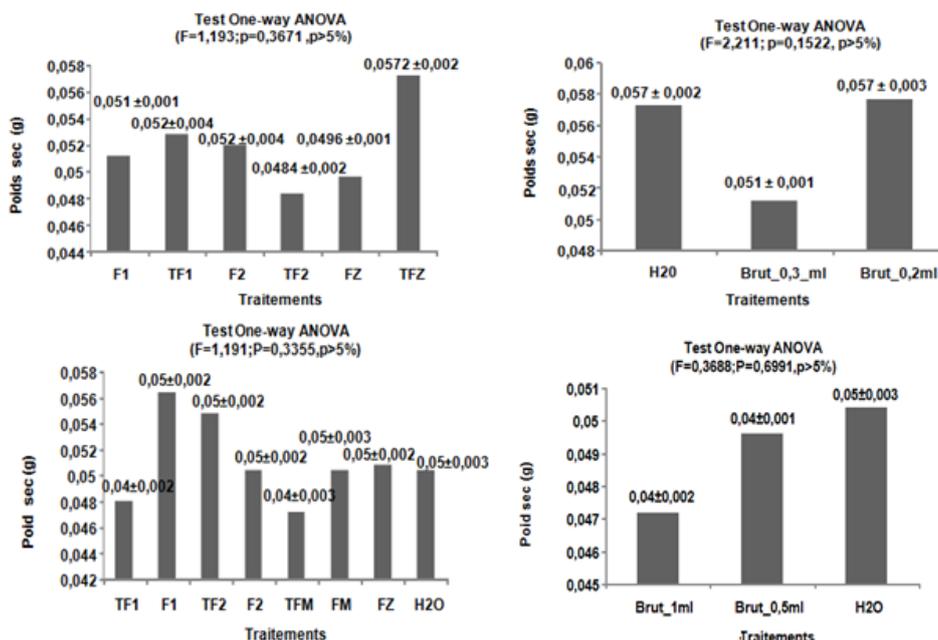


Figure17 : Effet des différents traitements sur le poids sec

a : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ et TFZ) dose = 0.5ml. b : EXB 0.3ml , EXB 0.2ml et eau. c : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ, TFZ ,FM et TFM) dose = 1ml. d : EXB 1 ml , EXB 0.5ml et eau.

II-3-Longueur de partie racinaire :

La variation temporelle des traits longueur racinaire des graines de blé a été étudiée sous l'effet de 2 doses (1 ml et 0.5 ml pour chaque formulation) et 4 doses (1ml ,0.5ml, 0.3ml et 0.2 ml pour l'extrait brut).

La figure (18) présente l'évolution temporelle de longueur racinaire des graines de blé. Selon la nature des traitements appliquées on estime la fluctuation par décade de longueur racinaire sous l'effet de différents produits formulés est présentée dans la figure (18).

Figure (18) a : On remarque qu'à partir de 3 eme jour une augmentation de la longueur racinaire pour les deux traitements (F1 et TF1 0.5ml) en revanche, au-delà de 8 eme jour le F1 présente une longueur importante par rapport à son témoin.

Figure (18) b : La longueur racinaire de F2 débute avant de celle de TF2 et augmente de façon importante par rapport à celle-ci.

Figure (18) c : Une augmentation de la partie racinaire a partir de 4 eme jour dont le TFZ marque l'augmentation la plus importante par rapport au FZ (0.5 ml).

Figure (18) d : La longueur racinaire enregistrée pour le F1 (1ml) débute dès le premier jour et montre une augmentation assai légère par apport a son témoin.

Figure (18) e : Le F2 (1ml) possède une longueur racinaire supérieure de celle de TF2. Au-delà de 7 eme jour ils seront identique.

Figure (18) f : Le FZ (1ml) ne marque pas une augmentation de la longueur racinaire et reste stable tout le long de suivi par contre le TFZ augmente de façon importante dès le 3 eme jour.

Figure (18) g : La longueur racinaire de TFM (1ml) débute avant de celle de FM et augmente de façon importante par apport de celle-ci.

Figure (18) h : La similarité de la longueur racinaire entre le brut (0.3ml) et l'eau à partir de 4 eme jour. Puis on remarque qu'à partir de 8 eme jour le brut présent une augmentation de la longueur importante par apport de son témoin.

Figure (18) i : Le brut (0.2ml) présent une augmentation de la longueur racinaire dès le 3 eme jour mais elle moins importante par apport de son témoin.

Figure (18) j : Tout le long de suivi, l'eau présent une longueur racinaire plus importante par rapport au brut (1ml).

Figure (18) k : Tout le long de suivi, l'eau présent une longueur racinaire plus importante par rapport au brut (0.5ml).

Les histogrammes de la figure (19) représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur la longueur racinaire. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre l'extrait brut avec ses deux doses par apport à l'eau (Fig.19b) ainsi que le brut avec ses deux doses par apport au témoin (Fig.19d) ($p > 5\%$). La même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre les produits formulés F1/F2/FZ (0.5ml) et leur témoin TF1/TF2/TFZ (Fig.19a) et entre les produits formulés F1/F2/FZ/FM (1ml) et leur témoin TF1/TF2/TFZ/TFM (Fig.19c) ($p < 5\%$).

La comparaison par le biais de test de Tukey concernant le facteur dose montre que les produits formulés de dose 0.5ml provoque la même croissance racinaire par apport au FZ et TF2 (tableau 7a) et que les produits formulés de dose 1ml provoque la même longueur racinaire par apport au TFM et TFZ (tableau 7c).

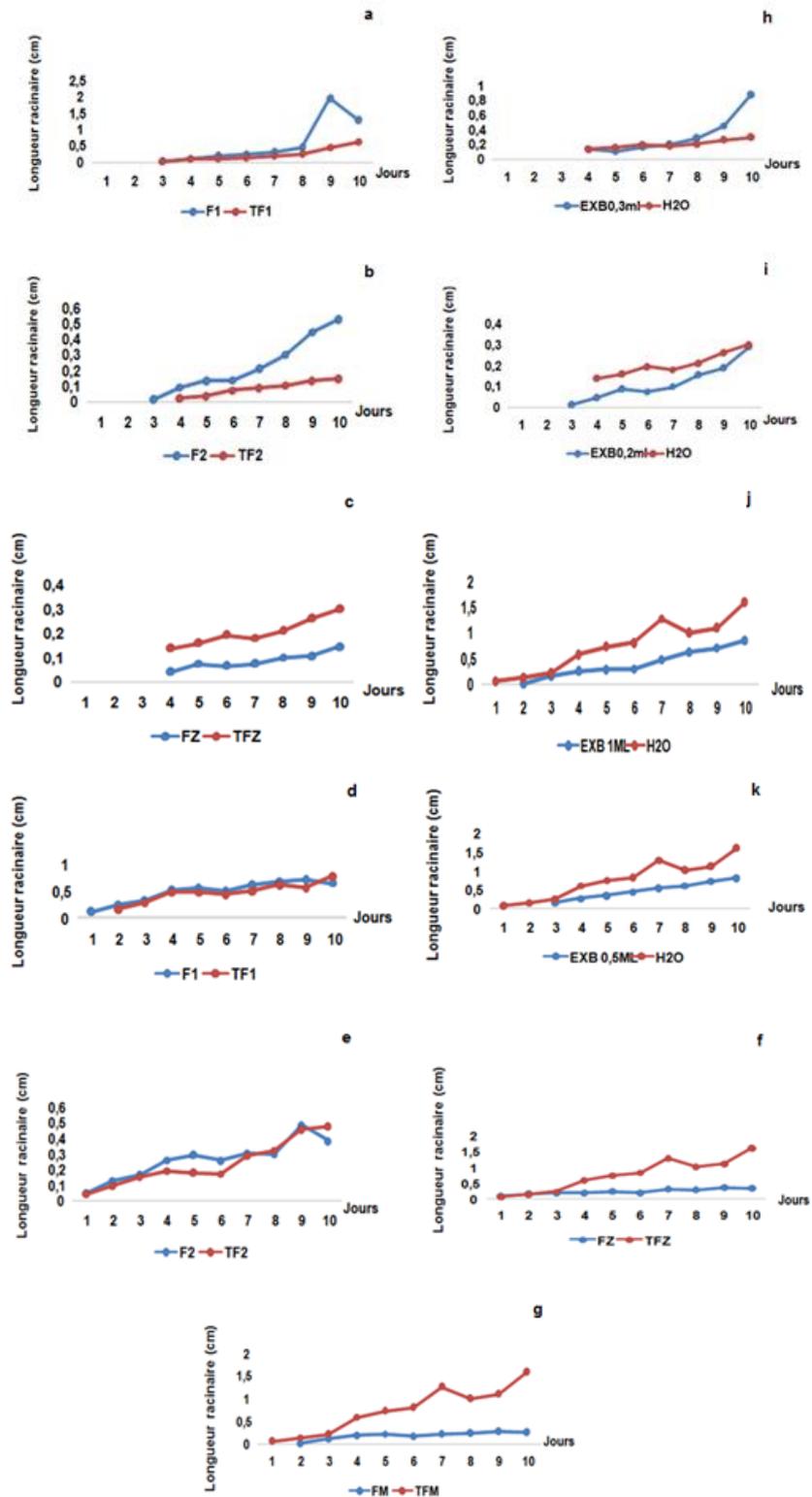


Figure 18 : Evolution temporelle de la longueur racinaire.

a : Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 0.5ml . b :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 0.5ml c :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z (TFZ) ,dose= 0.5ml d :Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 1ml e :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 1ml f :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z (TFZ) ,dose= 1ml . g :Formulation M(FM) / Témoin de formulation M(TFM) ,dose= 1ml. h :Brut (EXB) 0.3 ml /Eau. i : Brute (EXB)0.2 ml / Eau . j :Brut (EXB) 1ml / Eau. k : Brut (EXB) 0.5ml/Eau.

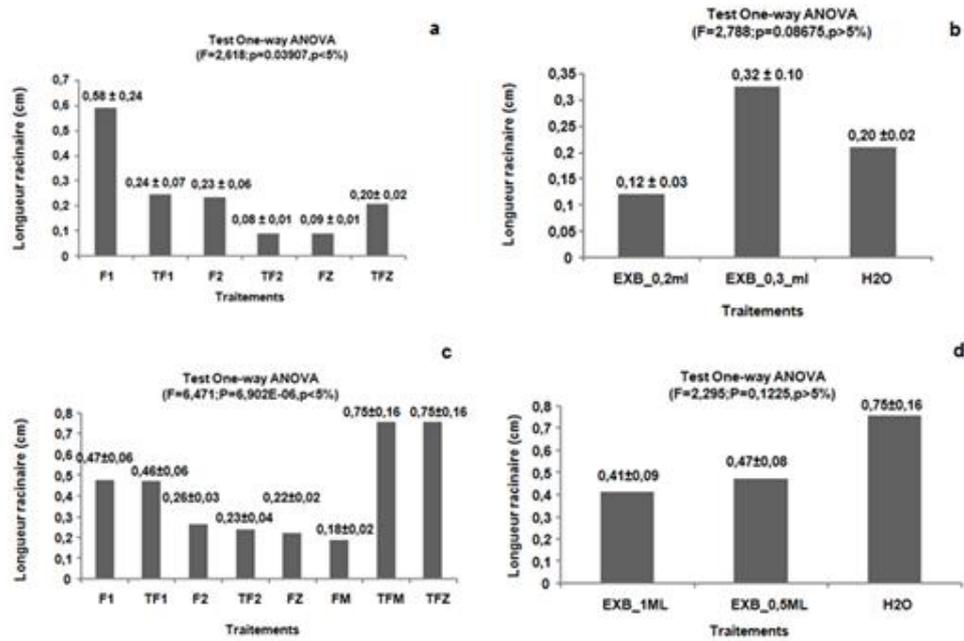


Figure19 : Effet des différents traitements sur la longueur racinaire

a : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ et TFZ) dose = 0.5ml. b : EXB 0.3ml , EXB 0.2ml et eau. c : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ, TFZ ,FM et TFM) dose = 1ml. d : EXB 1 ml , EXB 0.5ml et eau.

| a | | | | | | | c | | | | | | | |
|-----|-------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|
| | F1 | TF1 | F2 | TF2 | FZ | TFZ | F1 | TF1 | F2 | TF2 | FZ | FM | TFM | TFZ |
| F1 | | 0,2983 | 0,2743 | 0,0413 | 0,04256 | 0,2051 | | 1 | 0,7195 | 0,6060 | 0,5215 | 0,3544 | 0,4063 | 0,4063 |
| TF1 | 2,999 | | 1 | 0,929 | 0,9326 | 0,9999 | 0,07957 | | 0,7529 | 0,6435 | 0,5505 | 0,3073 | 0,3728 | 0,3728 |
| F2 | 3,07 | 0,07111 | | 0,9429 | 0,946 | 1 | 2,331 | 2,263 | | 1 | 1 | 0,9992 | 0,007581 | 0,007581 |
| TF2 | 4,351 | 1,351 | 1,28 | | 1 | 0,9754 | 2,578 | 2,5 | 0,2471 | | 1 | 0,9999 | 0,00437 | 0,00437 |
| FZ | 4,333 | 1,334 | 1,263 | 0,01752 | | 0,9772 | 2,76 | 2,681 | 0,4382 | 0,1811 | | 1 | 0,002894 | 0,002894 |
| TFZ | 3,302 | 0,3028 | 0,2317 | 1,049 | 1,031 | | 3,136 | 3,057 | 0,8045 | 0,5574 | 0,3763 | | 0,001239 | 0,001239 |
| | | | | | | | 3,013 | 3,091 | 5,344 | 5,591 | 5,772 | 8,149 | 1 | |
| | | | | | | | 3,013 | 3,091 | 5,344 | 5,591 | 5,772 | 8,149 | 0 | |

Tableau 7: Comparaison par paire de Tukey

a : Tableau des produits formulé(F1,TF1,F2,TF2,FZ et TFZ).c : Tableau des produits formulé(F1,TF1,F2,TF2,FZ ,TFZ,FM et TFM) .

II-4- Longueur de partie aérienne :

La variation temporelle des traits de longueur de partie aérienne des graines de blé a été étudiée sous l'effet de 2 doses (1 ml et 0.5 ml pour chaque formulation) et 4 doses (1ml ,0.5ml, 0.3ml et 0.2 ml pour l'extrait brut).

La figure (20) présente l'évolution temporelle de longueur de partie aérienne des graines de blé. Selon la nature des traitements appliquées on estime la fluctuation par décade longueur aérienne sous l'effet de différents produits formulés est présentée dans la figure (20).

Figure (20) a : On remarque une augmentation de la partie aérienne dès le 4eme jour pour le F1et de 6eme jour pour le TF1, en revanche que le F1 (0,5ml) marque une évolution la plus importante.

Figure (20) b : On observe une augmentation de la partie aérienne dès le 6eme jour pour le F2et de 7eme jour pour le TF2, le TF2 marque l'augmentation la moins importante.

Figure (20) c : Le début de développement de la partie aérienne est le même pour les deux traitements, c'est à partir de 7eme jour dont le TFZ est plus important que le FZ (0,5ml).

Figure (20) d : Une similarité de début (3eme jour) de développement de la partie aérienne mais le F1 (1ml) présent la croissance la plus importante par apport son témoin.

Figure (20) e : Un bon développement de la partie aérienne a été marquée pour le F2 (1ml) par apport son témoin.

Figure (20) f : On remarque que le développement de la partie aérienne est pratiquement nul pour le TFZ contrairement au FZ(1ml) qui présent une croissance importante et remarquable.

Figure (20) g : On constate que le développement de la partie aérienne est pratiquement nul pour le FM (1ml) contrairement à son témoin qui présent une croissance très élevée.

Figure (20) h : l'émergence et le développement de la partie aérienne de brut (0,3ml) est supérieur à celle de l'eau.

Figure (20) i : L'apparition de la partie aérienne est identique pour les deux traitements mais le brut (0,2ml) présent une croissance importante par rapport à son témoin.

Figure (20) j : Tout le long de suivi l'eau possède la croissance la plus importante par apport le brut (1ml).

Figure (20) k : Au cours de suivi l'eau présente le développement le plus important de la partie aérienne par apport au brut (0,5ml).

Les histogrammes de la figure (21) représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur la longueur aérienne. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre les produits formulés F1/ F2/FZ (0,5ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ (Fig.21a), le brut avec ses deux doses par apport à l'eau (Fig.21b) ($p > 5\%$). La même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre les produits formulés F1/F2/FZ /FM (1ml) et leur témoin TF1/TF2/TFZ/TFM (Fig.21c), le brut avec ses deux doses par apport à l'eau (Fig.21d) ($p < 5\%$).

La comparaison par le biais de test de Tukey concernant le facteur dose montre que les produits formulés de dose 1ml provoquent le même effet sur la croissance de la partie aérienne par apport au FM (tableau 8c) et que l'extrait brut 1ml, brut 0,5ml et l'eau ne provoquent pas le même effet sur la longueur aérienne (tableau 8d).

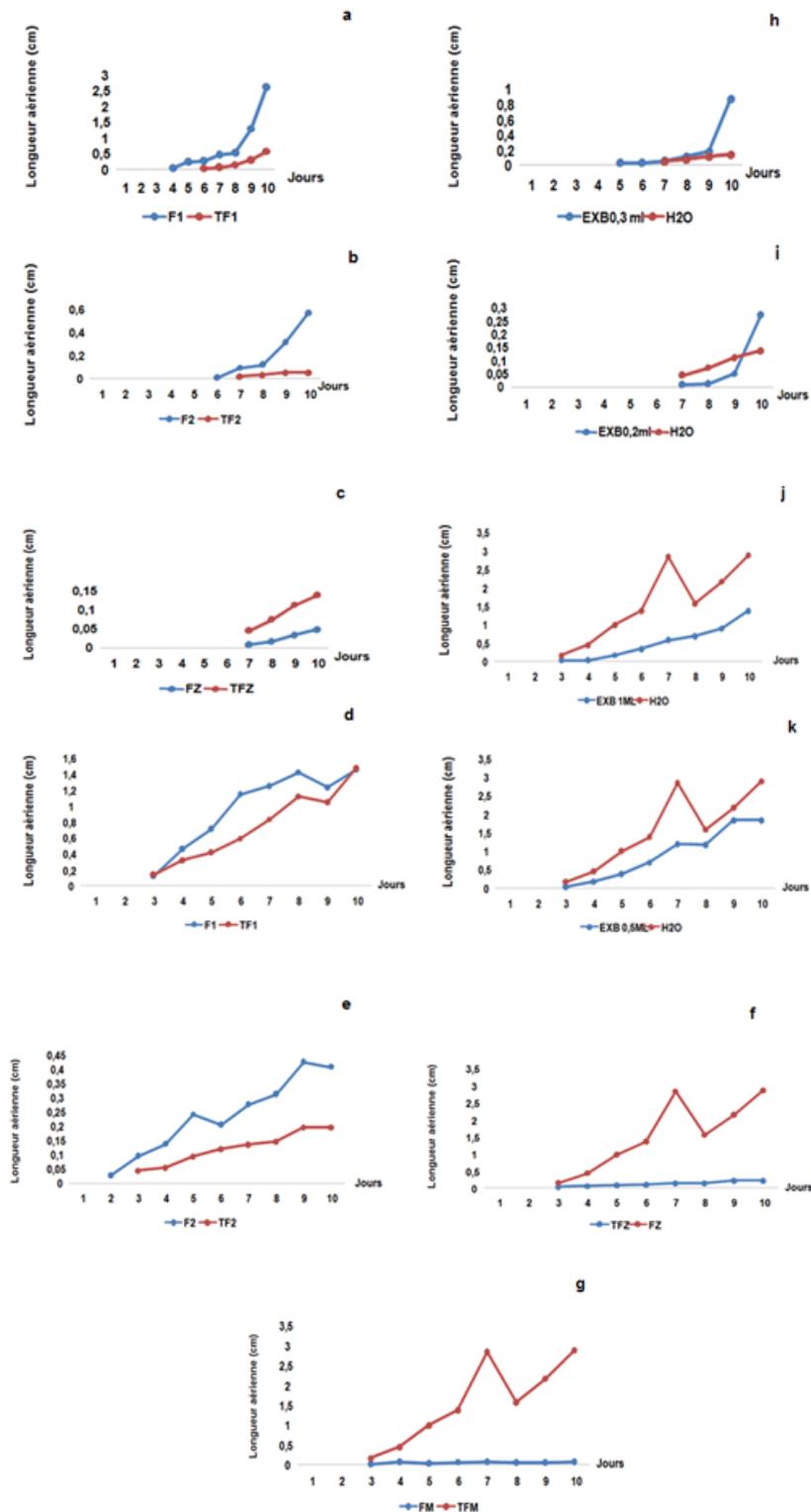


Figure 20 : Evolution temporelle de la longueur aérienne.

a : Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 0.5ml . b :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 0.5ml c :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z (TFZ) ,dose= 0.5ml d :Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 1ml e :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 1ml f :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z(TFZ) ,dose= 1ml . g :Formulation M(FM) / Témoin de formulation M(TFM) ,dose= 1ml. h :Brut (EXB) 0.3 ml /Eau. i : Brute (EXB)0.2 ml / Eau . j :Brut (EXB) 1ml / Eau. k : Brut (EXB) 0.5ml/Eau

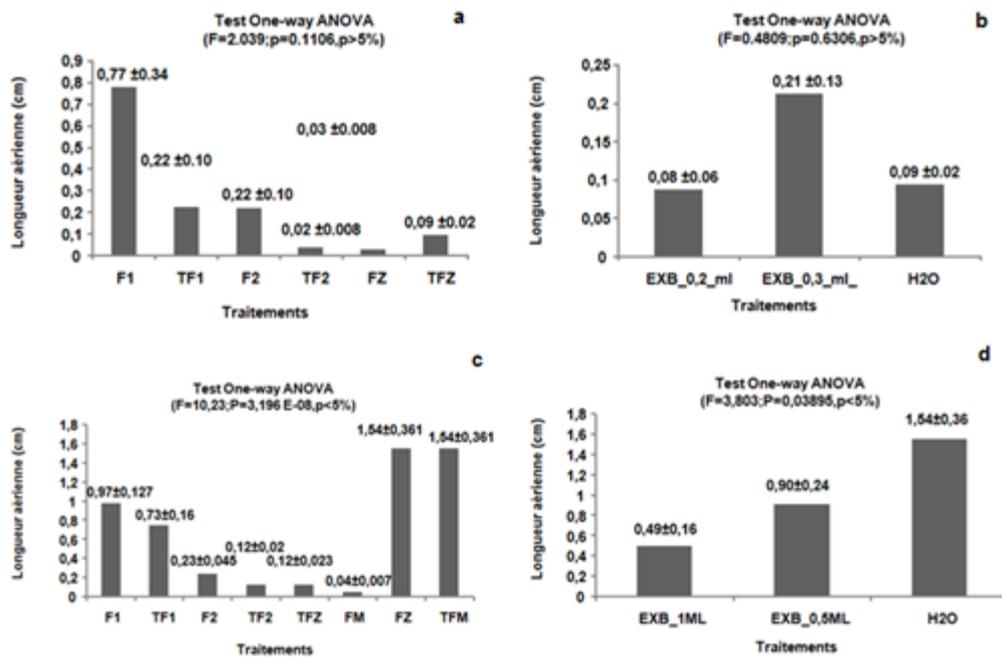


Figure 21 : Effet des différents traitements sur la longueur aérienne.

a : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ et TFZ) dose = 0.5ml. b : EXB 0.3ml , EXB 0.2ml et eau.
 c : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ, TFZ ,FM et TFM) dose = 1ml. d : EXB 1 ml , EXB 0.5ml et eau

| c | | | | | | | | | d | | | |
|-----|-------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|
| | F1 | TF1 | F2 | TF2 | TFZ | FM | FZ | TFM | | EXB_1ML | EXB_0,5ML | H2O |
| F1 | | 0,9095 | 0,163 | 0,06306 | 0,06577 | 0,02208 | 0,4560 | 0,4560 | | | | |
| TF1 | 1,197 | | 0,6262 | 0,3654 | 0,3724 | 0,2297 | 0,09179 | 0,09179 | | | | |
| F2 | 3,725 | 2,536 | | 0,9099 | 0,9099 | 0,9974 | 0,0095474 | 0,0095474 | EXB_1ML | | 0,5508 | 0,03208 |
| TF2 | 4,313 | 3,116 | 0,5776 | | 1 | 1 | 0,0002213 | 0,0002213 | | | | |
| TFZ | 4,296 | 3,096 | 0,561 | 0,01683 | | 1 | 0,0002295 | 0,0002295 | EXB_0,5ML | 1,494 | | 0,2369 |
| FM | 4,686 | 3,482 | 0,9539 | 0,3761 | 0,3629 | | 0,0001634 | 0,0001634 | | | | |
| FZ | 2,904 | 4,101 | 6,639 | 7,217 | 7,2 | 7,593 | | 1 | H2O | 3,867 | 2,373 | |
| TFM | 2,904 | 4,101 | 6,639 | 7,217 | 7,2 | 7,593 | 0 | | | | | |

Tableau 8: Comparaison par paire de Tukey

c : Tableau des produits formulé(F1,TF1,F2,TF2,FZ ,TFZ, FM et TFM). : Tableau de brut 1ml ,brute 0.5 ml et l'eau.

III- Effet des bioproduits sur l'accumulation de polyphénol:

La variation temporelle des traits de concentration de polyphénol des graines de blé a été étudiée sous l'effet de 2 doses (1 ml et 0.5 ml pour chaque formulation) et 4 doses (1ml ,0.5ml, 0.3ml et 0.2 ml pour l'extrait brut).

La figure (22) présente l'évolution temporelle de la concentration de polyphénol des graines de blé. Selon la nature des traitements appliquées on estime la fluctuation par décade de concentration de polyphénol sous l'effet de différents produits formulés est présentée dans la figure (22).

Figure (22) a : La concentration de polyphénol totaux présent dans le F1 est supérieure de TF1 (0.5ml).

Figure (22) b : Dans la majorité de suivi la concentration de polyphénol de F2 (0.5ml) est élevée par rapport à son témoin.

Figure (22) c : Au cour de suivi, la concentration de polyphénol totaux est identique entre les deux traitements (FZ et TFZ 0.5ml).

Figure (22) d : Le TF1 présent une concentration un peu élevé par apport au F1 (1ml).

Figure (22) e : La concentration de polyphénol diminue dans les deux traitements (F2 et TF2 1ml)

Figure (22) f : On remarque que la concentration de polyphénol est pratiquement stable pour les deux traitements (FZ et TFZ 1ml).

Figure (22) g : Au début, la concentration de polyphénol est similaire entre le FM et TFM (1ml),au-delà de 3eme jour le FM diminue par apport son témoin.

Figure (22) h : Pendant la durée de 2 eme jour jusqu'à le 4 eme jour le brut (0.3ml) marque une augmentation de concentration de polyphénol par apport l'eau.

Figure (22) i : La concentration de polyphénol marquée pour le brut (0,2ml) augmente au cour de temps et atteindre sa valeur maximale dans le 4 eme jour où elle est supérieur a son témoin.

Figure (22) j : La concentration de polyphénol de deux traitements (EXB1ml, eau) est identique et pratiquement stable.

Figure (22) k : les deux traitements ne présentent pas une grande concentration de polyphénol dont elle est stable durant le suivi.

Les histogrammes de la figure (23) représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur l'accumulation de polyphénol. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre les produits formulés F1/ F2/FZ (0,5ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ (Fig.23a) ainsi l'extrait brut avec ses deux doses par apport à l'eau (Fig.23b) et le brut avec ses deux doses par apport au témoin (Fig.23d) ($p > 5\%$). La même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre les produits formulés F1/F2/FZ/FM (1ml) et leurs témoins TF1/TF2/TFZ/TFM (Fig.23c) ($p < 5\%$).

La comparaison par le biais de test de Tukey concernant le facteur dose montre que les produits formulés de dose 1ml provoquent le même effet sur l'accumulation de polyphénol par apport au FM et F2 (tableau 9c).

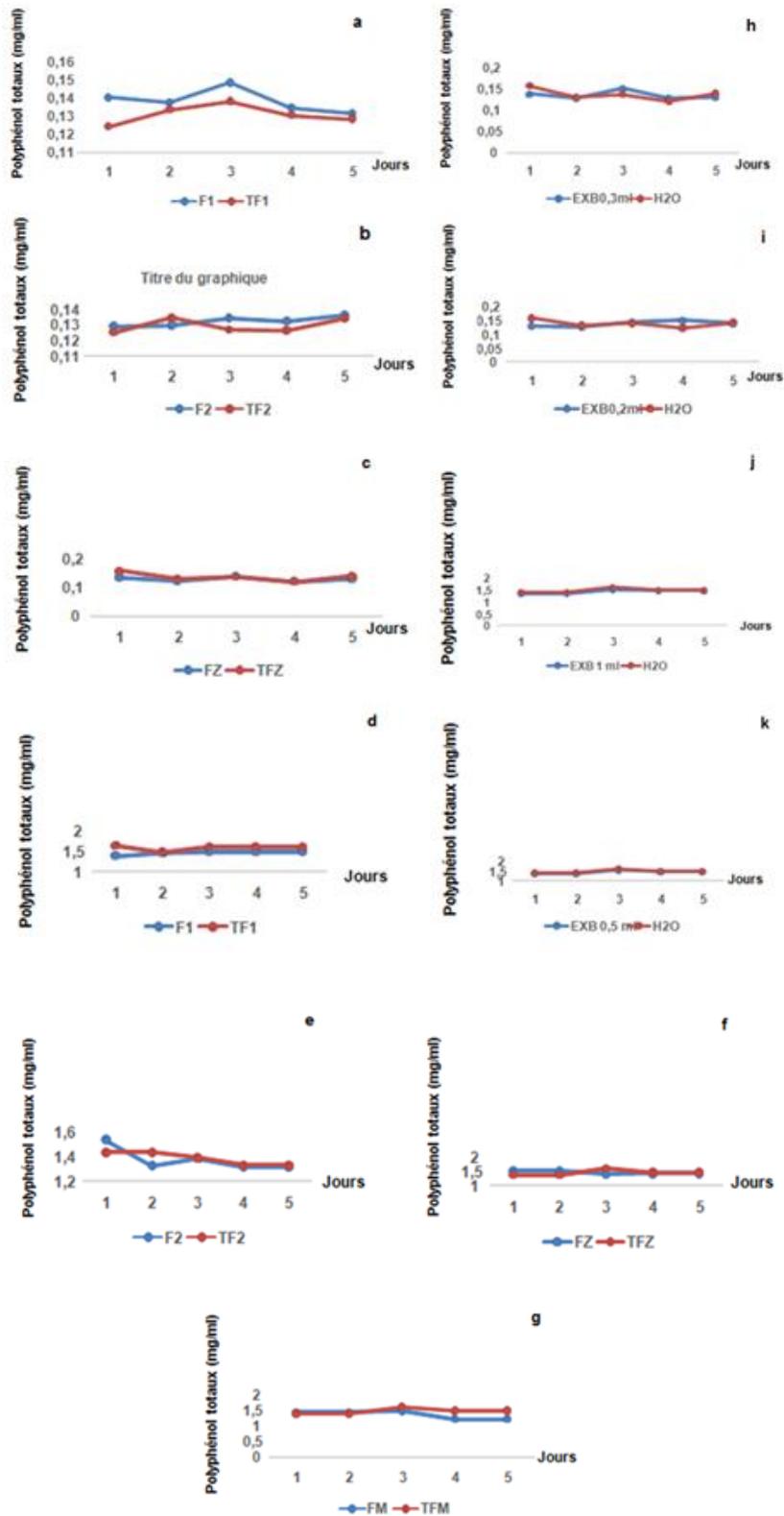


Figure 22 : Evolution temporelle de Polyphénol totaux

.a : Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 0.5ml . b :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation 2(TF2) ,dose= 0.5ml c :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulationZ (TFZ) ,dose= 0.5ml d :Formulation 1(F1) / Témoin de formulation 1(TF1) ,dose= 1ml e :Formulation 2(F2) / Témoin de formulation2(TF2) ,dose= 1ml f :Formulation Z(FZ) / Témoin de formulation Z(TFZ) ,dose= 1ml . g :Formulation M(FM) / Témoin de formulation M(TFM) ,dose= 1ml. h :Brut (EXB) 0.3 ml /Eau. i : Brute (EXB)0.2 ml / Eau . j :Brut (EXB) 1ml / Eau. k : Brut (EXB) 0.5ml/Eau.

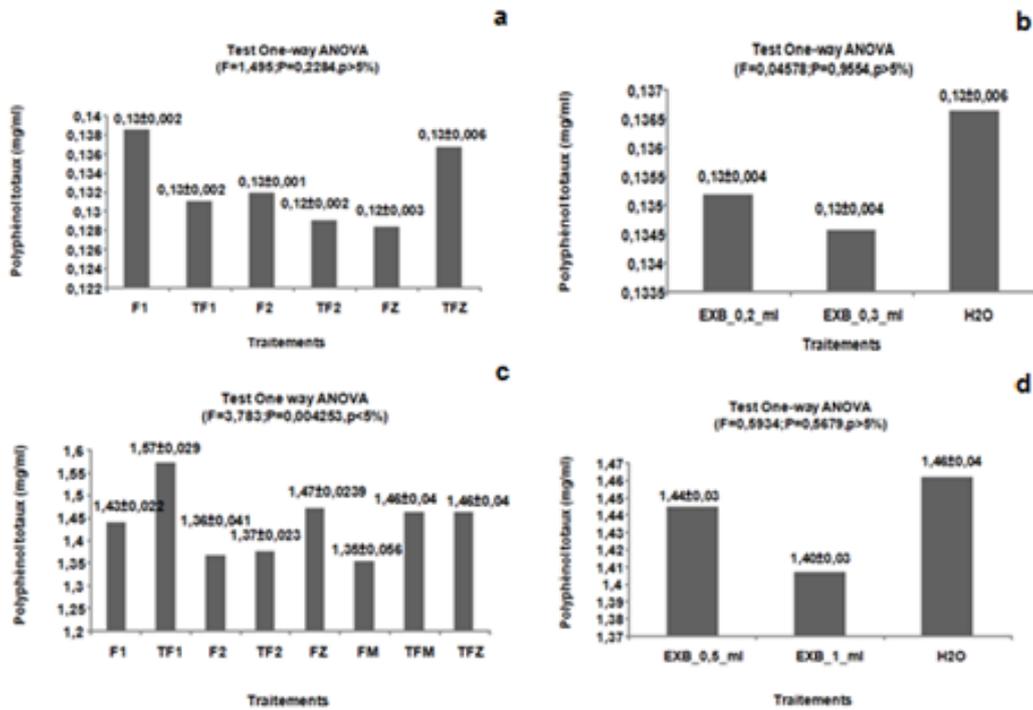


Figure 23 : Effet des différents traitements sur l'accumulation de polyphénol.

a : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ et TFZ) dose = 0.5ml. b : EXB 0.3ml , EXB 0.2ml et eau.

c : les produits formulées (F1,TF1, F2, TF2, FZ, TFZ ,FM et TFM) dose = 1ml. d : EXB 1 ml , EXB 0.5ml et eau

c

| | F1 | TF1 | F2 | TF2 | FZ | FM | TFM | TFZ |
|-----|--------|--------|----------|---------|--------|----------|--------|--------|
| F1 | | 0,2171 | 0,8577 | 0,92 | 0,9985 | 0,7259 | 0,9999 | 0,9999 |
| TF1 | 3,587 | | 0,009286 | 0,01419 | 0,5441 | 0,004802 | 0,4303 | 0,4303 |
| F2 | 1,958 | 5,544 | | 1 | 0,5013 | 1 | 0,6182 | 0,6182 |
| TF2 | 1,725 | 5,312 | 0,2327 | | 0,6058 | 0,9999 | 0,7201 | 0,7201 |
| FZ | 0,8624 | 2,724 | 2,82 | 2,587 | | 0,3532 | 1 | 1 |
| FM | 2,314 | 5,9 | 0,3559 | 0,5886 | 3,176 | | 0,4594 | 0,4594 |
| TFM | 0,6023 | 2,984 | 2,56 | 2,327 | 0,2601 | 2,916 | | 1 |
| TFZ | 0,6023 | 2,984 | 2,56 | 2,327 | 0,2601 | 2,916 | 0 | |

Tableau 9: Comparaison par paire de Tukey

c : Tableau des produits formulé(F1,TF1,F2,TF2,FZ ,TFZ,FM et TFM)

| | | F1 | | F2 | | FZ | | EXB | | | | FM |
|-----------------------------------|-------------------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|--------|--------|------|------|
| | | 0.5 ml | 1 ml | 0.5 ml | 1 ml | 0.5 ml | 1 ml | 0.2 ml | 0.3 ml | 0.5 ml | 1 ml | 1 ML |
| Paramètres de croissance | Taux de germination (%) | ↗↗ | → | ↗↗ | → | ↗ | → | ↗ | ↗↗ | → | → | → |
| | Taux d'inhibition (%) | ↗ | → | ↗ | → | ↗↗ | → | ↗↗ | ↗ | → | → | → |
| | Vitesse de germination | → | → | → | → | → | → | → | → | → | → | → |
| | Index de germination | ↗↗ | ↗↗ | ↗↗ | ↗↗ | ↗↗ | ↗↗ | ↗ | ↗↗ | → | → | ↗↗ |
| Expression végétative | Poids frais (g) | → | → | → | → | → | → | ↗↗ | ↗ | → | → | → |
| | Poids sec (g) | → | → | → | → | → | → | → | → | → | → | → |
| | Longueur racinaire (cm) | ↗↗ | ↗↗ | ↗↗ | ↗↗ | ↗ | ↗↗ | → | → | → | → | ↗↗ |
| | Longueur aérienne (cm) | ↗ | ↗↗ | → | ↗↗ | → | ↗↗ | → | → | ↗↗ | ↗ | ↗ |
| Accumulation de polyphénol | → | ↗↗ | → | ↗ | → | ↗↗ | → | → | → | → | ↗ | |

Tableau 10 : Récapitulation de l'effet des bioproduits sur les paramètres de croissance, expression végétative et l'activité physiologique.

Effet plus important : ↗↗

Effet important : ↗

Effet similaire : →

Un Biostimulant est un produit d'origine biologique (Yakhin et al., 2017), moins nocif pour la faune et la flore (Elorisan-VertriebsGmbH, 1996). Les biostimulants peuvent agir sur plusieurs aspects bénéfiques pour la culture (la stimulation de la germination, de la croissance racinaire, de la mise en place et de la régulation de croissance des plantes, de l'absorption des nutriments du sol et la résistance au stress, régule les composées protecteurs des plantes) (Faessel et al., 2014). Dans cette optique la présente étude vise à mettre en évidence les potentialités des produits algales formulées et l'extrait brut d'*Ulva rigida*. Les résultats de l'évaluation des facultés stimulatrices de la germination sont estimés sur les paramètres de croissance, d'expression végétative et l'activité physiologique des graines de blé, ces résultats nous permettent de dégager les hypothèses suivantes :

I- Effet des bioproduits algales sur les paramètres de croissance des graines:

Les bioproduits formulés F1 et F2 de dose (0.5ml) provoquent l'effet le plus important sur le taux de germination ainsi que F1, F2 et FZ (0.5ml), F1, F2, FZ et FM (1ml) approuvent un effet important sur l'index de germination. L'extrait brut de dose (0,3ml) présent un effet important sur le taux et l'index de germination. Concernant la vitesse de germination tout les bioproduits marquent un effet similaire .Les résultats obtenus nous permettent d'avancer l'hypothèse suivante : que les bioproduits sont probablement riches en phytohormones et composées stimulants la germination. Cette hypothèse est confirmée par (Azmaster, 2012) qui déclare que la gibbérelline est un phytohormone contenant dans les algues favorisant la germination des graines ainsi que (El-Mostafa et al., 2014) ajoute que les extraits d'algues ont la capacité à restaurer la germination des graines et peut être expliqué par la richesse des extraits d'algues en composées osmoprotécteurs (bétaines, proline et acide aminés)

Le bioproduit formulé FZ à la dose (0.5ml) et l'extrait brut (0.2ml) approuvent l'effet le plus important sur le taux d'inhibition. Les résultats obtenus nous permettent d'avancer l'hypothèse suivante : que les traitements contiennent des composées inhibant la germination. Cette hypothèse rejoint de nombreuses études touchant l'effet inhibiteur de la germination provoqué par des phytohormones existant chez les algues tell que l'acide abscissique et l'auxine à forte concentration approuvent l'empêchement de la germination (Azmaster, 2012 ; Craigie, 2011).

II-Effet des bioproduits sur l'expression végétative :

Le bioproduit formulé F1 et F2 à la dose (0.5ml) et les bioproduits formulés F1, F2, FZ et FM à la dose (1ml) provoquent une croissance importante de la partie racinaire. Ainsi que les produits formulés F1, F2 et FZ à la dose (1ml) ont un effet sur le développement de partie aérienne. L'extrait brut à la dose de (0.2ml) présent un effet important sur le poids frais et à la dose (0.5ml) approuve un effet sur la

croissance aérienne, et pour le poids sec tous les produits présentent le même effet. Les résultats obtenus nous permettent d'avancer l'hypothèse suivante : que les traitements contiennent des composées à effet bénéfique sur le poids frais et stimulant pour la croissance racinaire et aérienne.

Cette hypothèse est confirmée par **(Thillaigovindhan, 2017)** qui déclare que les algues contiennent les éléments minéraux suivants : Azote (N), Potassium (K), phosphore (P), Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Fer (Fe), Zinc (Zn), Cuivre (Cu) et le Manganèse (Mn). Il ajoute que l'application des extraits d'algues favorise le développement de la partie racinaire, aérienne et le poids frais.

III- Effet des bioproduits sur l'activité physiologique :

La présence d'une concentration élevée des polyphénol totaux chez les graines enrobées et traitées par la formulation 1 (1ml) et la formulation Z (1ml) nous conduit à suggère que les phytoformulées sont riche en polyphénol. Cette hypothèse rejoint plusieurs études, notamment celle de **(Bougandoura et Bendimerad, 2012)** qui avancent que les algues possèdent une activité anti-oxydante grâce à la présence des polyphénol (l'acide ascorbique, tocophérol, flavonoïde et les tanins).

D'après les retombées de notre travail, on a remarqué que la plus part des bioproduits à faible dose montrent l'effet le plus important sur l'ensemble des paramètres étudiées ce qui nous permettent d'avancer les hypothèses suivantes :

La microencapsulation favorise le relargage de la matière active à travers la matière enrobante même si elle se présente à faible dose. Cette hypothèse est confirmée par **(Lazko et al., 2004)** qui déclare que le contenu d'une capsule individualisée peut être libéré par la diffusion à travers la matière enrobante .

La libération de la matière active dans le milieu extérieur est influencée par la taille des microparticules. Cette hypothèse est confirmée par **(Dubey et al., 2009)** qui affirme que la taille moyenne et la distribution granulométrique sont en relation direct avec la surface spécifique des microparticule, ces paramètres vont influencé certains propriétés comme la libération de la matière active dans le milieu environnant.

Au terme d'étudier l'effet de la microencapsulation sur l'activité stimulatrice de l'extrait algale de l'Ulva *Ulva rigida* sur la germination des graines de blé dur (*Triticum turgidum* L.) vitrom G4. D'après les potentialités des produits algales formulées et l'extrait brut d'*Ulva rigida* et les facultés stimulatrices de la germination estimés sur les paramètres de croissance, d'expression végétative et l'activité physiologique des graines, nous sommes arrivés non seulement d'estimer les performances des produits formulés sur la stimulation de la germination des graines mais aussi de préciser l'optimum des produits à une dose donnée sur les paramètres cités précédemment.

Concernant les résultats de paramètre de croissance, on a trouvé que la formulation 1 et 2 (0.5ml) possède la faculté stimulatrice de la germination la plus élevée ainsi que tous les bioproduits formulés (0.5ml) et (1ml) approuvent un effet important sur l'index de germination. L'extrait brut (0,3ml) a un effet important sur le taux et l'index de germination, ainsi que tous les bioproduits ont le même effet sur la vitesse de germination. La formulation Z (0.5ml) et le brut (0.2ml) présentent un effet inhibiteur de la germination on peut les considérer comme des bio-herbicides.

Touchant l'expression végétative, on a constaté que le F1 et F2 à la dose (0,5ml) et F1, F2, FZ et FM à la dose (1ml) sont utiles pour la stimulation de la croissance racinaire. La formulation 1, 2 et Z à la dose de (1ml) sont utiles pour la stimulation de la croissance de la partie aérienne. Ainsi que le brut (0.5ml) et (0.2ml) sont utiles dans la stimulation de la croissance aérienne et le poids frais respectivement et en fin tous les bioproduits présentent un effet similaire sur le poids sec. Concernant l'accumulation de polyphénol, on a trouvé que la formulation 1 et Z (1ml) donne une accumulation importante de polyphénol.

Les résultats de cette étude encouragent le passage vers une culture « bio-agriculture » saine et bénéfique à la santé humaine et à l'économie nationale. L'exploitation de l'extrait d'algue d'*Ulva rigida* comme biostimulants par le biais de la formulation et par le recours à la technique de la microencapsulation s'impose alternative prometteuse aux produits chimiques tant nuisibles pour l'environnement que pour la santé publique.

I-Objectif :

Ce travail a pour but de tester la micro-encapsulation des extraits d'algues *Ulva Rigida* qui consiste à enrober les graines de blé (*Triticum turgidum L.*), en vue de promouvoir une croissance vigoureuse, on leurs assurant une alimentation par libération des principes naturelle.

I-1-Présentation du site d'étude et conditions expérimentales:



Figure 2 : Lieu de travail de l'expérimentation (Laboratoire de recherche et de production végétale) (Original 2019).



Figure 3 : Lieu de travail (Laboratoire de recherche de production végétale) (Google earth, 2019).

II-1- Matériel végétal :

II-1-1- Le blé:

Notre travail s'est porté sur les semences de blé dur (*Triticum turgidum L.*) vitrom G4, vu qu'il est un élément essentiel dans la structure de la consommation des céréales il contribue énormément aux apports caloriques et protéiques de la population (**Boujnahetal., 2004**).

II-1-2.-l'algue verte:

L'identification a été réalisée au centre de recherche et de développement de la pêche et l'aquaculture **CNRDPA**

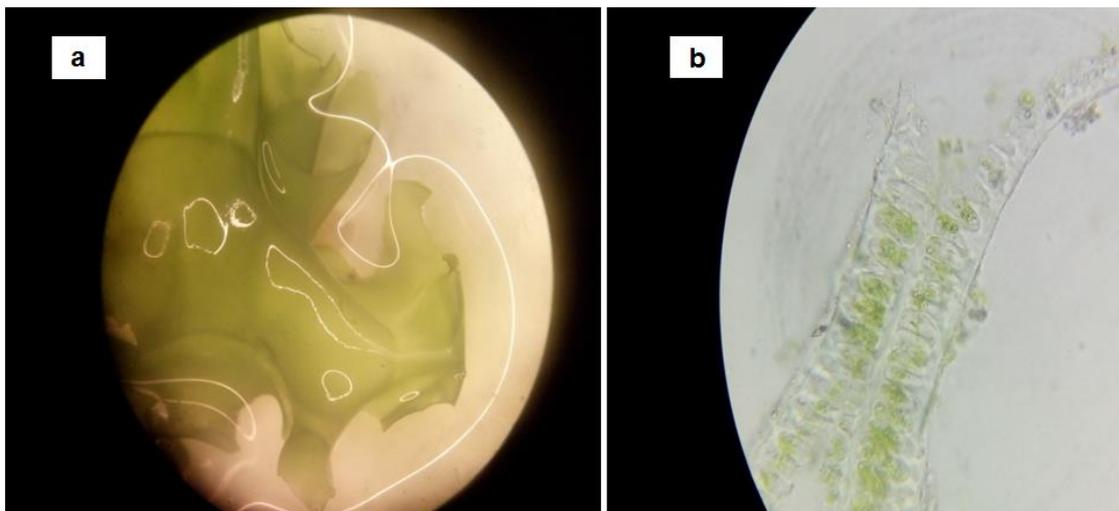


Figure 4: Présentation des aspects d'*Ulva rigida*

- a: Vue macroscopique aspect général d'algue verte *Ulva rigida*.
b. Coupe transversale montrant une lame constituée de deux couches de cellules superposées

Au niveau des marges dentelées, chaque dent est constituée de 3 à 7 cellules, de forme arrondie et de diamètre approximatif $25\mu\text{m}$. En vue de surface, les cellules sont plutôt sous forme carrée à rectangulaire, étroitement plaquées d'une manière ordonnée ou aléatoire et dont le diamètre varie entre 20 et $36\mu\text{m}$. (SmithsonianTropicalresearchinstitute, 2009).

III. Méthodes d'étude :

III-1- Récolte et séchage de l'algue marine *Ulva rigida*:

Ulva rigida aussi fait l'objet de cette étude les plus répandues sur les côtes algérienne notre recherche a été basée sur la région de Bou ismail situé au nord de L'Algérie, la température de l'eau de mer varie entre 14 et 16°C .

La récolte a été effectuée au printemps (Mars: 2018-2019). D'après **EL Hassouni et al. (2013)** les algues sont prélevées à la main puisqu'elle se détache facilement. Ces derniers ont été transportés dans des glacières au laboratoire; un tri est nécessaire pour éliminer les débris, les petits coquillages. Les échantillons sont par la suite rincés à l'eau du robinet puis à l'eau distillée pour éliminer le sable et l'excès de sel, séchés dans une étuve ventilée réglée à 45°C pendant 24h, après sont broyés et conservés à l'abri de l'humidité jusqu'à utilisation.

III-2- Préparation des bioproduits :

- III-2-1-Préparation d'extrait aqueux :

Selon la méthode décrite par **ROY et al. (2011)**, dans une fiole, 60g de poudre sont homogénéisées dans 400ml d'eau distillée. Le macérât est centrifugé à 4000tr/min pendant 15 minutes. Le surnageant est récupéré puis conservé à l'obscurité et à basse température dans des flacons de couleur sombre.

- III-2-2-Préparation de l'extrait méthanolique de L'algue verte :

30 g de poudre d'algue *Ulva rigida* est homogénéisée dans 300 ml de méthanol. Le mélange est réduit à sec dans un rota-vapeur. Le résidu sec est récupéré dans 100ml d'eau distillée.

-

- III-2-3-Préparation des formulations:

Les formulations sont préparées dans le but de sécuriser le patrimoine algal.

- Formulation 1, (F1) a été préparée selon la méthode décrite par Lesueur (2006). Elle est préparée par un mélange contenant 70% d'extrait aqueux d'algue et de 30% de solvant et d'émulsifiant.

- Formulation 2, (F2) a été préparée selon la méthode décrite par **Chaichi et Djazouli (2017)**. Elle est obtenue par l'utilisation d'extrait aqueux brut (60%) comme matière active à laquelle un mélange de mouillant, de pénétrant et de tension actif sont ajoutés, après une agitation active à l'UltraTurrax IKA.

- Formulation méthanolique, (FM) a été préparée selon la méthode décrite par Lesueur (2006) avec une modification. Elle consiste à mélanger 70% d'extrait aqueux méthanolique d'*Ulva* et de 30% de solvant et d'émulsifiant.

- Formulation Z (Fz), a été préparée selon la méthode décrite par **Chaichi et Djazouli (2017)** avec une modification. Elle consiste à mélanger 40% d'extrait aqueux d'*Ulva Rigida*, 30% de micro ingrédients et 10% de solvant et d'émulsifiant.

-III-2-4- Préparation des dilutions et application des bioproduits :

Les formulations préparées à base d'extrait aqueux *Ulva rigida* ont été diluées selon deux doses 1ml, 0,5ml dans 250 ml d'eau à usage normal, alors que l'extrait aqueux brut d'*Ulva rigida* a été dilués selon quatre doses afin de sélectionner la dose la plus affinée pour le teste de germination 1ml, 0,5ml, 0,3ml, 0,2ml dans le même volume d'eau des différentes formulations.

IV- Conduite de l'essai :

La technique de micro-encapsulation a été réalisée au niveau de de laboratoire de recherche de Biotechnologie des Productions végétales (Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université de Blida 1). La stérilisation des graines de blé dur était nécessaire avec 2% l'eau javel pendant 20 minute suivie par un rinçage avec l'eau distillée, les graines sont mises dans l'étuve ventilée réglée à 70°C pour assurer

un séchage rapide, la micro encapsulation de des graines a été faite selon la méthodes décrite par (**Jean-Marc HardyM ,2013**)

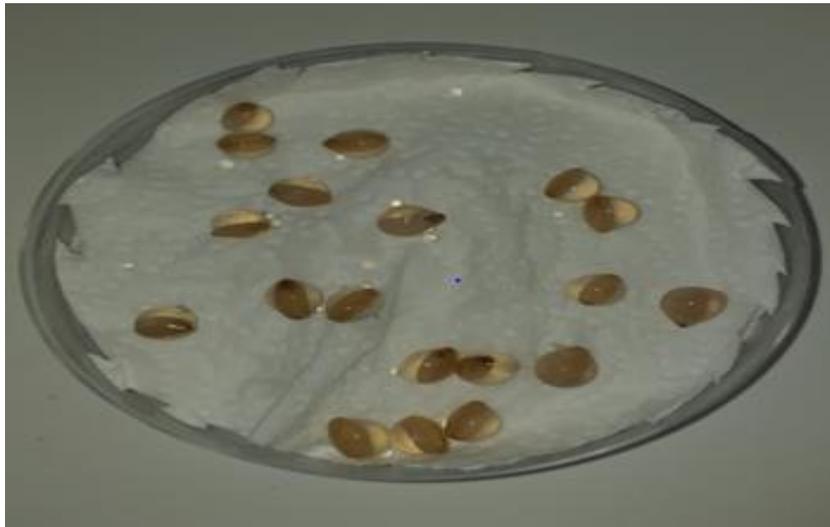


Figure 5 : Aspect des graines enrobées (Original 2019).

Les graines sont séchées par un papier absorbant avant de les mettre dans une étuve ventilée réglé à 14 C° pendant 2 jours décompté en, 9 lots de 175 graines selon le nombre de traitements dans des boites de pétri pour l'installation de l'expérience dont le nombre de répétions est 5, chaque une est imbibée par un bioproduit. Un suivie de culture est préconisée pendant 10 jours, l'imbibition des graines était faite selon les dilutions citées et selon la dessiccation de l'unité expérimentale

V-Evaluation de germination des graines :

V-1- Taux de germination :

Selon Côme (1970), le taux de germination correspond au pourcentage des graines germées par rapport au total des graines semées, il est estimé par la formule suivante:

$$T_g = \frac{N_g}{N_s} \cdot 100$$

Ng: Nombre de graines germées.

Ns: Nombre de graines semées.

V-2-Taux d'inhibition :

La capacité d'une substance ou préparation à inhiber la germination des graines est exprimée par la relation suivante (Ben Khetou, 2010):

$$T_i = \frac{(N_s - N_g)}{N_s} \cdot 100$$

Ns: Nombre de graines semées.
Ng: Nombre de graines germées.

V-3-Vitesse de germination :

D'après Côme (1970), la vitesse de germination peut être exprimée de plusieurs façons :

$$C_v = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n}{(N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots + N_n T_n)} \cdot 100$$

V-4-Index de germination :

Pourcentage de semences germées ou taux de germination au bout d'un certain temps après l'ensemencement; -Le temps moyen nécessaire à la germination représente l'inverse du « Coefficient de vitesse » (Kotowisk, 1926; Ben Khattou, 2010).

$$I_g = N_1 + \frac{(N_2 - N_1)}{2} + \frac{(N_3 - N_2)}{3} + \dots + \frac{(N_n - N_{n-1})}{n}$$

N1 : nombre de graines germées au temps T1.
N2 : nombre de graines germées au temps T2.
Nn : nombre de graines germées au temps Tn.

VI- Evaluation de la vigueur et de l'expression végétative :

VI-1- Estimation du poids frais des graines :

La biomasse fraîche des graines été effectuée par pesée avec une balance de précision (exprimées en gramme).

VI-2- Estimation du poids sec des graines:

La biomasse sèche a été effectuée par pesée de la matière sèche après étuvage à 80 °C de la matière fraîche pendant 2h. (Exprimées en gramme).

VI-3- Estimation de la longueur racinaire et de partie aérienne :

:
Le principe consiste à étalées les racines et les tiges des graines sur un papier millimétré en faisant apparaitre clairement ces organes qui sont prises en photos par un appareil photos numérique en gardant le même taux de pixel. Les photos numérisées sont traitées par le logiciel ImageTool ver. 3.0.

VII- Dosage de polyphénol totaux:

0.5-1 g d'échantillon a été extrait avec 10 ml d'éthanol 80% et centrifugées à 10,000 tour/ min pendant 20 minute, le surnagent est récupérer et le laissée évaporé pendant 20min à une température ambiante, les résidus sont récupérées par l'eau distillé 2.5ml de Follain Ci-ocalteau dilué 10 fois est agités avec 0.5 ml de l'échantillon plus 2 ml de 7.5% Na₂co₃ la mixture est gardé à une température ambiante pendant 30 min à l'ombre l'absorbance est 760 nm.

L'acide gallique à été utilisé comme standard pour la courbe d'éthalonge.la teneur en composées phénoliques a été exprimées en équivalents d »acide gallique en utilisant l'équation linéaire suivante basée sur la courbe d'étalonnage : $Y=0.0019X + 0.0306$, $R^2= 0.09986$, ou Y est l'absorbance et X est la concentration en acide gallique équivalent (g/ml). **(Mohammamdi ,2016)**

VIII- Analyses statistique des données :

L'analyse statistique a concerné l'impact des différentes préparations algales sur la croissance, l'expression végétative et l'activité physiologie. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V.<15%). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel Past vers. 1.3.

1. Aubry, J.-M. et G. Schorsch (1999). "Formulation ; présentation générale". In:Techniques de l'Ingénieur J2110 (cf. page 10).
2. Augustin, M.A. and Hemar , Y. 2009. Nano- et micro-structure pour l'encapsulation des ingrédients des aliments. *Chem Soc Rev*, 38, 902-912.
3. BABAOUSMAIL M., 2014 - *Identification des algues du Sahara septentrional: L'effet des algues sur le stress salin (cas de la région de Ouargla)*, Phytoprotection et environnement, UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA, Algérie, pp62
4. Barthès-Biesel, D. et Leclerc, E. 2009. Conception et réalisation d'un système microfluidique pour la production de gouttes calibrées et leur encapsulation. Thèse de doctorat in hal Id: tel-00424911 <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00424911>, 11,12
5. Benita, S., Hoffman, A. and Donbrow, M. 1985. Microencapsulation de paracétamol utilisant la résine de polyacrylate, cinétique de libération du médicament et évaluation d'un modèle cinétique. *J Pharm Pharmacol*, 37, 391.
6. Ben Khetou, H. 2010. *Contribution à l'étude de l'aptitude à la germination des graines d'Agrania spinosa L. (SAPOTACEAE) dans la région d'Ouargla*. Mémoire ing. éco., univ. Ouargla
- 7.
8. Bingham, G., Gunning, R.V., Gorman, K., Field, L.M. and Moores, G.D. 2007. Synergie temporelle par microencapsulation de piperonyl butoxide et α -cyperméthrin pour la résistance des insecticides contre les ravageurs de culture. *Pest Manag Sci*, 63, 276-281.
9. Botany. 2001. *Algae: Native Ulva Rigida C Agardh 1823* : University of Hawaii at Manoa.
10. Bougandoura N. et Bendimerad N. (2012). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp. Nepeta (L.)* Briq. *Revue Nature & Technologie. B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, n° 09/Juin 2013 : 14-19.
11. Boujnah M., Abecassis J., Bakhella M., Amri A., Ouassou A., Nachit M., Chaurand M., et Jaouhari A., 2004, Mise au point de tests directs de laboratoire pour l'évaluation de la valeur boulangère des farines de blé dur., Haut Commissariat au

Plan ,111. Vol. 1 N. 3,Rapport de Synthèse. Enquête Nationale de la consommation

12. Cabioch J. F.JY, Le Toquin A., Boudouresque C.F., Meinesz A., Verlaque M. . 1992. Guide des algues des mers d'Europe : Manche/Atlantique. 1:272
13. Calvo P., Nelson L. et Kloepper J. W., 2014, « Agricultural uses of plant biostimulants », *Plant and soil*, October, volume 383, Issue 1, pp 3-41.
14. Chaichi w., Djazouli z-e.,(2017), impact du thé de vermicompost sur la qualité phytochimique de la fève et sur la réduction des populations du puceron noir de la fève aphid fabae, revue agrobiologia, 7(1): 247-262
15. Come, D. 1970. *Les obstacles à la germination (Monographie et physiologie végétale n° 6)*. Éd. Masson et Cie (Paris), pages 14, 24 et 27.
16. Craigie, J.S., 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J. Appl. Phycol.* 23, 371– 393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>
17. Djermoun, A., 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature et Technologie*, (1), 45-53.
18. Dubey, R., Shami, T.C. et Bhasker Rao, K.U. 2009. Technologie et application de la microencapsulation. *Defence Sci Journal*, 59, 82-95.
19. EBIC., 2014. European Biostimulants Industry Council: <http://www.biostimulants.eu>
20. El hassouni H., Driss A., Gnaouat H., Dahmani F., Bengueddour R., 2013., Évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits de deux algues rouges, *Osmundea pinnatifida* et *Gigartina acicularis*. ScienceLib Editions Mersenne, (5). 2111-4706.
21. Elorisan-Vertrlbs.GMBH, 1996- Use of biostimulators in horticulture. Publi-information, Deggendorf.12p.
22. El-Mostafa K., EL Kharrassi Y., Badreddine A., Andreoletti P., Vamecq J., El Kebbaj M. S., Latruffe N., Lizard G., Nasser B. et Malki M. C. (2014).
23. El-Zawahry, M.M., El-Shami, S. et El-Mallah, M.H. 2007. Optimisation de process de séchage de la laine ayant un colorant réactif par microencapsulation dans des liposomes. *Les pigments colorés*, 74, 684-691.

24. Eman, A., A. El-Moniem and A. S. E. AbdAllah. 2008. Effect of green algae cells extract as foliar spray on vegetative growth, yield and berries quality of superior grapevines. *Am. Euras. J. Agric. and Environ. Sci.* 4 (4): 427-433.
25. Erulan, V., P. Soundrapandian., G. Thirumaran and G. Ananthan. 2009. Studies on the effect of *Sargassum polycystum* (C.agardh, 1824) extract on the growth and biochemical composition of *Cajanus Cajan* (L.) Mill sp. *Amer. Eur. J. Agri. & Environ. Sci.* 6: 392- 399.
26. Faessel L. et Morot-Gaudry J.-F., 2009, « Les stimulateurs de nutrition et autres produits émergents à la lumière de la physiologie », Rencontres de Blois, les 25 et 26 novembre 2009. Lien:http://www.comifer.asso.fr/images/publications/livres/2%20-%20faessel%20-%20morot_gaudry.pdf
27. Faessel L., Gomy C., Nassr N., Tostivint C., Hipper C., Dechanteloup A., 2014. Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes. Étude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques, rapport d'étude au ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Bio by Deloitte et RITTMO Agroenvironnement, 148 p.
28. Fan D. (2011). *Ascophyllum nodosum* extracts improve shelf life and nutritional quality of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Dissertation, Dalhousie University.
29. Ge, X., Wan, Z., Song, N., Fan, A. and Wua, R. 2009. Méthodes efficaces de l'extraction et la micro-encapsulation du pigment rouge d'une rose hybride. *J Food Eng*, 94, 122-128.
30. Hamed I. OF, Ozogul Y., M. Regenstein J. 2014. Marine Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14:446-465.
31. Hargreaves, Tony (2003). *Chemical Formulation*. Royal Society of Chemistry. Holloway. P.J. 1993. Adjuvant for agrochemicals. *Melingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent*. 58(2a), 125-140.
32. <https://www.cannaweed.com/guide/culture-avancee/experiences-articles%20scientifique-et-publication/role-des-hormones-sur-la-germination-et-le-developpement-r306>.
33. <https://www.decite.fe/livers/memento-de-l-agronome-9782876145221.html>
34. <https://www.mediachimie.org/ressource/zoom-sur-la-formulation-et-les-mati%C3%A8res-premi%C3%A8res-g%C3%A9n%C3%A9ralit%C3%A9s>

35. <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/principes-de-formulation-42489210/formulation-j2110/>
36. Ilknur Ak • Cenk O' Z. YO, Zu'Dog' Ru • Tolgo 'K.,. 2015. Effect of sodium acetate and sodium nitrate on biochemical composition of green algae *Ulva rigida*. *Aquaculture International* 23:1–11.
37. Ivanova V. SM, Petrova D. . 2013. FATTY ACID COMPOSITION OF BLACK SEA ULVA RIGIDA AND CYSTOSEIRA CRINITA. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 19:42–47.
38. Jean-Marc Hardy, i. f. M. L. P. (2013).M. Jean-Marc Hardy, i. f. M. L. P. (2013)."
Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERF):
39. Kalasariya HS. Patel RV. Pandya KY. Jasrai RT. Brahmbhat NH. (2016). A review on nutritional facets of seaweed. *International journal of chemical Sciences and Technology* . pp 2455-3269
40. Kauffman G.L., Kneivel D.P., Watschke T.L., 2007. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. *CropSci.* 47,261–267
Doi:10.2135/cropsci2006.03.0171.
41. Khan W. *et al.*, 2009, « Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development », *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4).
42. Klarzynski O., Fablet E., Euzen M. et Joubert J.-M., 2006, « État des connaissances sur les effets des extraits d'algues sur la physiologie des plantes », *Phytoma*, Issue 597.
43. Kornprobst J. M. (2005). Substances naturelles d'origine marine. Chimiodiversité ,pharmacodiversité, biotechnologie. Editions Tec et Doc, Lavoisier, Paris, pp : 1830.
44. Kotowski, F. 1926. Temperatures relations to germination of vegetable seed. *Proc. Amer. Soc. Horticult. Sei.*, 23: 176-184 pages.
45. Lahaye M. RB, Baumberg S., Qumener B., Axelos M. 1995. Natural Decoloration, ComDosition and Increase in Dietary Fibre & tent of an Edible Marine Algae, *UZva rigida* (Chlorophyta), Grown under Different Nitrogen Conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 68:99-104. oacervation method. *Colloid Surface*, 37, 1-8.

46. Lazko, J., Popineau, Y., and Legrand, J. 2004. Soy glycinin microcapsules by simple c
47. Lewin R. A. (1974). " Algal Physiology and biochemistry " ,Botanical Monograph., Edit. W. D. P. Stewart, University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
48. Mediterraneo AM. 2015. *Ulva rigida*
49. Mohammadi.A, Jafar S.M., Assadpour.E. Faridi Esfanjani.A, Int.j.Biol.Macromol. 1.82(2016) 816-822
50. Morris I.(1967). "An Introduction to the Algae", Ed. Hutchinson and Co, London, 99 :
51. Nordstierna, L., Abdalla, A.A., Masuda, M., Skarnemark, G. and Nydén, M. 2010. Libération moléculaire des surfaces peintes : biocides libres et encapsulés. *Prog Org Coat*, 69, 45-48.
52. Norrie J., Keathley J.P.(2006). Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to "Thompson seedless" grape production. *Acta Hort* 727: pp. 243-247. of seaweed cultivation to the bioremediation of nutrient-rich effluent. *Algae*, 17 : 187-194
53. Poshadri, A. et Kuna, A. 2010 « Technologie de microencapsulation : article de synthèse ». Centre de Recherche et de Poste Graduation, ANGER Université d'Agriculture, Hyderabad
54. Rayirath P, Benkel B, Hodges DM, Allan-Wojitas P, MacKinnon S, Critchley AT, Prithiviraj B. (2009). Lipophilic component of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Planta* .230: 135-147.
55. Richard, J., Benoit, J.P. 2000. Microencapsulation. *Techniques de l'Ingénieur*, J 2210, 1-20
56. Rodrigues, S.N., Fernandes, I., Martins, I.M., Mata, V.G., Barreiro, F. 2008. Microencapsulation de limonène pour des applications aux textiles. *Ind Eng Chem Res*, 47, 4142-4147.
57. Roy S, et al., 2011, A multiple network learning approach to capture system-wide condition-specific responses. *Bioinformatics Research Support*, N.I.H., 27(13):1832-8.

58. Satpati G. PR. 2011. Biochemical composition and lipid characterization of marine green alga *Ulva rigida*-a nutritional approach. *Journal of Algal Biomass* 2:10-13.
59. Scher, H.B., Rodson, M. et Lee, K.S. 1998. Microencapsulation des pesticides par polymerization interfaciales ». utilizing isocyanate or aminoplast chemistry. *Pestic Sci*, 54, 394-400.
60. Schorsch, G. (2000). "La formulation : de l'art à la science du compromis". In : Actualité chimique 20-24.237 (cf. page 22).
61. Sirbu R. SC, Ghergic D. L., Passy Mouima N. 2006. CARACTERISATION DE CERTAINS PRINCIPES ACTIFS DE *ULVA LACTUCA* ET *ULVA RIGIDA* – ALGUES VERTES DU LITTORAL ROUMAIN DE LA MERE NOIRE. Scientific study and research 2.
62. Smithsonian Tropical Research Institute. 2009. *Ulva rigida* (C. Agardh).
63. Sugamori, M.E. and Sefton, M.V. 1989. Microencapsulation of pancreatic islets in a water insoluble polyacrylate. *ASAIO Trans*, 35, 791.
64. **Taboada C.** MaR, M'iguez I. 2009. Composition, nutritional aspects and effect on serum parameters of marine algae *Ulva rigida*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90:445–449.
65. 12-Thillaigovindhan, N., 2017. Seaweed : A Fertilizer for Sustainable Agriculture, in: Sustainable Agriculture towards Food Security. Arulbalachandran Dhanarajan, India, pp. 159–174.
66. Vandamme, T., Denis Poncelet, Pascale Subra-Paternault. 2007. La microencapsulation : des sciences aux technologies. Edition Lavoisier. 348p
67. Vernner, R., & Bauer, P& Bauer 2007 Q-TEO, a formulation concept that overcomes the incompatibility between water and oil. *Pfalzenschutz-Nachrichten Bayer*, 60(1), 7-26.
68. Wichard T. 2015. Algal of the year 2015: The Sea Lettuce *Ulva* only gets into shape with the right bacteria. Website of the Phycology Section of the German Botanical Society
69. Yakhin O.I., Lubyantsov A.A., Yakhin I.A., Brown P.H., 2017. Biostimulants in Plant Science: A global Perspective. *Frontiers in Plant Science* 7, p.1-32.