

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



Université SAADDAHLABde

Blida 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Biotechnologie et Agro-Environnementaux

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité: Phytopharmacie et Protection des Végétaux.

Thème

**Évaluation Des Effets Morpho-physiologique D'un BioEngrais Organique Sur Les Grains Microencapsulés**

Présenté par :

NAASSELARABANESSRINE

Devant le jury composé de:

- |                   |     |      |              |
|-------------------|-----|------|--------------|
| • Mme KHADDAR     | MCB | USDB | Président    |
| • Mme BRAHIMI.L   | MCA | USDB | Examinatrice |
| • Mr DJAZOULIZ.E  | Pr  | USDB | Promoteur    |
| • Mme MOHAMMEDI.A | Dr  | USDB | Co-promoteur |

Année Universitaire: 2021/2022

# Remerciement

*Merciaudieudenousavoirdonnélecourage,lavolanteainsique  
laconsciencepourquenouspuisseterminernosétudesetréalisercettemémoire.*

*Sincère remerciement a mon promoteur **Mr DJAZOULI.Z.E** professeur  
à l'université de Blida 1 pour ses précieux conseils, sa grande disponibilité etses  
judicieuses orientations, Qu'il trouve ici nos profondes reconnaissances  
etnosimmensesrespects.*

*Nous tiendrons à remercie ma Co promoteur **Mme MOHAMMEDI.A** docteur à  
l'université de Blida 1, pour ses efforts, sa patience, ses orientations, sasymphathie,  
son soutien et ses encouragements qui m'ontaidé d'avancer etaméliorercetravail.*

*Je remercie également **Mme KHADDAR** d'avoir accepté de présider mon jury soutenance et pour ses  
conseils judicieux et surtout son soutien et ses apports tant enrichissants.*

*MERCI à Madame **BRAHIMIL.L** pour avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce mémoire.*

*Ungrandmerciàtoutel'équipedelaboratoirederecherche de Biotechnologies des Productions  
Végétales qui ont pu nos aider de près ou  
deloin afin d'accomplircetravailnotamment **Dr. Dégaïchia.H***

# **DIDECACE**

*Jedé dieu modeste travail*

*Amachère grand-mère que dieu lui fasse miséricorde*

*A la personne la plus chère à mes yeux, à ma mère qui à tout sacrifie pour  
moi surtout, sans elle je ne serais ce que je suis*

*À mes cher frère : Mohamed Amin, Belkacem, Karim, Mohamed,*

*Noor Eddine, Amal, tante Naam, à la femme de mon frère Mohamed Amal.*

*À deux sœur Fatima Teboulet, Mersellem Saida*

*À toutes mes amis, particulièrement : Khadija, Amina, Achwk, Fadou,  
Wafaa, Ahlem, Taouss, Nessrine, Manal, Meriem Sara, Salma, Wissem, Salam*

*À toute ma famille: Ghenim*

*À toute la promotion de 2  
année master pharmacie et protection des végétaux  
et tous mes enseignants*

*À toutes les personnes que je connais et que j'en ai pas citées.*

*À ceux que j'aime et qui m'aiment. À*

*toute personne que je connais.*

# Évaluation Des Effets Morpho-physiologique D'un Bio Engrais Organique Sur Les Grains Micro encapsulés

## Résumé

Les biostimulants sont des composés actifs qui augmentent la productivité des plantes et de semences. Notre travail est basé sur l'évaluation de la technique micro encapsulation des graines de haricot dur (*Phaseolus vulgaris*) dans une matière enrobant biologique appelée extrait de fumée.

Notre protocole de travail est basé sur la préparation de l'extrait de fumée (de paille de blé) à différentes doses (0,5, 1 et 1,5 ml) comme matière active dans nos graines encapsulées, placées dans des rangées de 8 répétitions. Réalisée pendant 10 jours, avec un apport quotidien de ces produits biologiques. Les résultats obtenus à partir de cette étude ont montré que les préparations biologiques d'extraits de fumée apportent des effets significatifs sur les paramètres de germination et de croissance pour la dose sur les paramètres physiologiques par rapport aux produits, le produit formulé FG a des effets hautement significatifs comparés le témoin.

**Mots clés :** bio stimulation, germination, micro encapsulation, extrait smoke, engrais organique

# **Evaluation of the Morpho-physiological Effects of an Organic Biofertilizer on Microencapsulated Grains**

## **Abstract**

The present work has for objectives to evaluate the microencapsulation technology and its efficiency on different parameters on the grains.

Biostimulants are active compounds that increase plant productivity. Our work focuses on the microencapsulation of durum bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds for a smoke extract-based bioproduct. Our work protocol is based on the preparation of dose (1 ml), smoke extract (0.5, 1 and 1.5 ml) of bioproducts and the encapsulation of the latter with seeds then placed in rows of 8 Petri dishes. Carried out for 10 days, with daily intake of these biological products. The results obtained from this study showed that the biological preparations of smoke extracts (D1) (1 ml), (D2) (0.5 ml), (D3) (1.5 ml) and formulation products (FG), (FR) (1 ml) had significant effects on germination and growth parameters as well as on physiological parameters. Thanks to these effects, we came to the following conclusion: the FG formulated product is much better than the Algin registered product and all treatments

**Keywords:** biostimulation, germination, microencapsulated, smoke extract. Organic fertilizer

## تقييم التأثيرات المورفولوجية والفسولوجية للسماد العضوي الحيوي على الحبوب الدقيقة

### ملخص

يهدف هذا العمل الحالي إلى تقييم تقنية الكبسلة الدقيقة وفعاليتها على معايير مختلفة على الحبوب.

المحفزات الحيوية هي مركبات نشطة تزيد من إنتاجية النبات. يركز عملنا على الكبسلة الدقيقة لبذور الفاصوليا الصلبة (*Phaseolus vulgaris*) لمنتج حيوي يعتمد على مستخلص الدخان. يعتمد بروتوكولنا على تحضير الجرعات ( 1 مل) ومستخلصات الدخان (0.5 و 1 و 1.5 مل) من المنتجات الحيوية ، وتلقيحها ثم وضعها في صفوف من 8 أطباق بتري. حضرة لمدة 10 أيام مع السقي اليومي لهذه المنتجات العضوية. أظهرت النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة أنه المستحضرات الحيوية لمستخلصات الدخان (1 ml) (D1) ، (D2) (0.5 ml) ، (1.5 ml) (D3) والمستحضرات (FR) (FG) له تأثير معنوي على معايير الإنبات والنمو بالإضافة إلى العوامل الفسيولوجية. بفضل هذه التأثيرات، توصلنا إلى الاستنتاج التالي: المنتج المركب FG أفضل بكثير من المنتج المسجل Algine وجميع العلاجات

**الكلمات المفتاحية :** التحفيز الحيوي ، الإنبات ، الكبسلة الدقيقة ، مستخلص الدخان،سماد عضوي.

## Listedesabréviations

- PDB:ProteinData Bank
- PDS:PLANT-derivedsmoke
- L:liter
- ml:millimeter
- C°: Degré Celsius
- Um:micrometer
- Min:minute
- G:grammar
- LRBPV:laboratoiresderecherchébiotechnologiesetproductionvégétale
- D:dosage

# TABLE DES MATIERES

Titres	Pages
Remerciement	
idecaceRésumé	
Liste des	
abréviationTable des	
matièresListe des	
figuresListe	
de tableaux	
Introduction.....	1
<b>Chapitre I: Synthèse Bibliographie</b>	
I.1. Généralité.....	2
Mode d'action des engrais organiques.....	2
Engrais organiques d'origine animale.....	3
Engrais organiques à base de plantes.....	3
Les extraits végétaux dérivés de fumée: smoke.....	5
Effets de la fumée sur la germination des graines et la croissance des semis.....	
.....	5
I.3. Micro-encapsulation.....	7
I.3.1. Définition.....	7
I.3.2. Les types de micro-encapsulation.....	8
Intérêts de la micro-encapsulation.....	8
Substances d'encapsulation protectrice.....	9
Contrôle de la libération de la substance encapsulée.....	9
Faciliter l'utilisation des produits de nature liquide.....	9
<b>Chapitre II. Matériel et Méthode</b>	
Présentation du matériel végétal.....	10
Préparation des bios produits.....	10
II.2.1. Préparation de l'extrait aqueux en fumé (extrait smoke).....	11

II.2.2 Préparation des produits formulés.....	11
II.3. Conduite à l'essai.....	12

### **Chapitre III : Résultats**

Effets de traitements utilisés en micro-encapsulations sur les paramètres de germination et de croissance.....	15
.....	
Effets du traitement utilisé en micro-encapsulations sur le taux de germination.....	15
.....	16
.....	17
Effets de traitements sur la vitesse de germination (TMG).....	18
Effets de traitements sur l'indice de germination (IG).....	
Effets de traitements sur la longueur de la partie aérienne et racinaire.	18
Effets de traitements utilisés en micro-encapsulations sur les paramètres physiologiques de germination.....	18
.....	20
Effets de traitements utilisés en micro-encapsulations sur la concentration d' $\alpha$ -amylase.....	
Effets de traitements sur Polyphénols.....	24
	24

### **Chapitre IV : Discussion**

Effets de traitements utilisés en micro-encapsulations sur les paramètres de germination et de croissance.....	26
.....	27
Effet des bioproduits sur l'expression végétative.....	
Effet des bioproduits sur l'activité physiologique.....	
Conclusion.....	
Les Références Bibliographiques.....	

## LISTE DES FIGURES

Titres	Pages
<b>Chapitre I: Synthèse Bibliographie</b>	
Figure 1: Vue intérieure d'un lombricomposteur avec ses différentes parties (Anonyme, 2019).....	4
Figure 2 : Illustration schématique de la production de fumée d'origine végétale.....	7
Figure 3 : différence entre microcapsule (A) et microsphère (B) innée morphologie (Herrero-vanrelle <i>et al.</i> , 2014).....	8
Figure 4 : présentations schématiques de libération du principe actif en capsule (PRONEEM, 2001).....	9
.....	10
<b>Chapitre II. Matériel et Méthode</b>	
Figure 1: LRBPV (Google Earth, 2022).....	11
Figure 2: Dispositif de production de l'extrait aqueux en fumé (Original).....	16
Figure 3: Protocole d'enrobage des graines par l'alginate.....	17
Figure 1: Effets des traitements sur les taux de germination.....	17
Figure 2: Effets des traitements utilisés en micro-encapsulations sur l'index de germination.....	19
.....	21
Figure 3: Effets des traitements utilisés en micro-encapsulations sur les taux d' $\alpha$ -amylase.....	21
Figure 4: Effets des traitements utilisés en micro-encapsulations sur les taux de Polyphénols.....	21

## LISTE DES TABLEAUX

	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
	<b>Chapitre II. Matériel et Méthode</b>	
Tableau.1 :	Description des dilutions préconisées dans l'expérimentation.....	13
	<b>Chapitre III : Résultats</b>	
Tableau.1:	Effets des traitements utilisés en micro-encapsulation sur la vitesse de germination.....	16
Tableau.2:	Analyse de la variance appliquée à la vitesse de germination TMG .....	18
Tableau.3 :	Analyse de la variance appliquée sur le taux d' $\alpha$ -amylase .....	19
Tableau.4 :	Test de Tukey sur le taux de Polyphénols.....	21
Tableau 5 :	Analyse de la variance sur le taux de Polyphénols.....	22

# **Introduction**

## Introduction

---

### Introduction

Lagermination est le passage de la vie latente de la graine à la vie active, sous l'effet de facteurs favorables. C'est une étape cruciale qui initie le développement de l'appareil végétatif lorsque les conditions climatiques le permettent, notant que la réunion de toutes les conditions : extérieures concernant le milieu entouré de la graine (eau, oxygène, température) et intérieures (l'état de la graine, dormance, maturation etc.) sont indispensables pour déclencher ce phénomène.

L'exposition universelle au changement climatique peut engendrer des perturbations dans ces conditions et peut retarder la germination des graines, dans ce cas il faut préserver notre planète et assurer la sécurité alimentaire en pensant au développement durable, donc les biotechnologues doivent augmenter sensiblement ses productions, tout en réduisant son empreinte sur l'environnement.

Cette thèse est consacrée à la valorisation de la biomasse végétale. Une application a été investiguée : pour évaluer les potentialités d'un débris végétale (de la paille de blé) par la méthode d'extraction de fumé dans l'optimisation de la performance de l'expression végétative chez les graines d'haricots (graines modèles) à travers des questions hypothèses : (i) La technique d'encapsulation par l'agent d'incorporation (extrait de fumé) peut-elle performer l'expression végétative des semences sous différentes concentrations?

Le présent document est subdivisé en trois chapitres, et se termine par une conclusion générale suivie de la liste des références avec :

***Chapitre I Réserver pour la partie recherche***

***bibliographique. Chapitre***

***II Consacré pour la partie expérimentale.***

***Chapitre III Comporter les résultats finaux et discussion.***

**Chapitre**

**ISynthèseBibliographie**

## Chapitre I: Synthèse Bibliographique

### Généralité

Ils s'agit de tous les composés minéraux et organiques ajoutés au sol destinés à être transportés directement ou indirectement vers les plantes alimentaires (Bliefert et Perraud, 1997). Tout produit, qu'il soit manufacturé ou d'origine naturelle, contient au moins 0,5 % ou plus d'un ou plusieurs des trois principaux phyto-nutriments (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O). Les engrais industriels sont appelés engrais minéraux (Anonyme, 2003). Apportés au sol peuvent augmenter ou maintenir la fertilité du sol, notamment pour apporter aux plantes des éléments directement utiles (Mazoyer, 2002). Permettent d'augmenter la production et améliorer la qualité des cultures également peut améliorer la fertilité des sols d'où ils apportent aux plantes cultivées les éléments nutritifs dont elles ont besoin (Anonyme, 2003). Il existe trois types d'engrais organiques, organo-minéraux; minéraux.

Les engrais organiques c'est un produit d'origine végétale, animale ou agro-industriel qui appliqué au sol fournit une élévation de votre fertilité, augmenter la productivité et la qualité des cultures (TRANI et al. 2013). Le fumier, les résidus de culture et les engrais verts constituent les principales sources d'engrais organiques disponibles (SBCS, 2004). Ont été définis comme étant des matières ayant une composition chimique définie avec une valeur analytique élevée qui fournissent des nutriments pour les plantes sous forme disponible (Gupta PK (2004)).

### Mode d'action des engrais organiques

Les différents composants des biostimulants sont des composés actifs, cependant, selon les études bibliographiques (Yakhin et al 2017) et (Faesse et al, 2014), les deux principaux modes d'action des biostimulants sont les suivants

- i) Stimulation de la germination, la croissance des racines, l'établissement et la croissance des plantes, l'absorption des nutriments et l'équilibre et d'autres résistances.
- ii) Réduire ou améliorer les effets négatifs des facteurs de stress biotiques

(Sécheresse, chaleur, froid, salinité). Ces dernières années, l'utilisation de produits naturels à base d'algues a remplacé les produits synthétiques classiques (Eman et al 2008, Erulan et al, 2009, Sangeetha et al 2010)

**Engrais organique d'origine animale**

Fumier (mélange de litière et de déjections animales ayant subi des fermentations plus ou moins poussées en étable ou en tas (AddenAk, 2004). Les effets bénéfiques de fumier de volaille sont comparés à celles de l'urée, en raison de la réaction rapide et a habituellement un taux élevé de nutriments (SOUZA, 2007). Les concentrations de N, P et K ajoutés dans le fumier de poulet sont plus grandes que les autres espèces d'animaux domestiques, car la matière sèche contient de 5 à 15 % d'eau, tandis que les autres fumiers arrivent aux 65-85 % (TEDESCO *et al.* 2008).

**Engrais organiques à base de plantes**

Les engrais végétaux, également appelés engrais verts, sont des plantes cultivées spécifiquement pour enrichir le sol. Lorsqu'elles atteignent un certain stade de développement, elles retournent au sol pour pourrir et augmenter leur fertilité (Dupriez et Deleener, 1987). Par conséquent, toutes les plantes qui apportent de la matière organique au sol peuvent être considérées comme des engrais verts (Kroll, 1994). De nombreuses matières végétales ou divers sous-produits peuvent être utilisés comme engrais dans le jardin. C'est le cas des déchets agricoles et agro-alimentaires tels que les déchets de brasserie, la parache de café, la sciure, les balles de riz, la pulpe de fruits et autres déchets d'origine biologique (Dupriez et Deleener, 1987)

**i) Compost végétal**

Le compost est un matériau de débris brun foncé (Salemi, 2012). Il provient de restes de plantes, de déjections animales (Inckel *et al.*, 2005) ou de résidus en décomposition qui sont décomposés par des micro-organismes, des insectes et des vers de terre en présence d'oxygène, qui a atteint l'équilibre (Morency, 2006).

**ii) Vermicompost**

Le vermicompost est un procédé de bio oxydation et stabilisation de la matière organique grâce à l'action combinée d'un micro-organisme et des vers de terre, il donne un compost qui ne requiert pas de phase thermophile caractéristique du compostage. Ce compost appelé vermicompost est de haute qualité notamment en raison de son excellente structure granulaire (Nagavallema *et al.*, 2004).



**Figure 1: Vue intérieure d'un lombricomposteur avec ses différentes parties(Anonyme,2019)**

Le compost issu du vermicompost (Fig1) à un intérêt en tant que substance bio fertilisante, biocide et stimulateur des systèmes de défense des plantes, l'utilisation des différentes doses de bio fertilisant entre autre de vermicompost, permet de mieux comprendre le rôle de cette substance naturelle sur la performance de la production de la phytomasse et dans l'induction de la résistance contre les ennemis naturels en particulier, des études ont également montré que le traitement foliaire des plants avec du vermicompost était associé au développement de certaines réponses défensives dans les tissus des plantes hôtes (Pajot, 2010)

### iii) les algues marines

L'extrait d'algues est sans aucun doute le biostimulant le plus ancien. Ils sont reconnus pour leur impact positif sur la croissance des cultures, la floraison, la production de fruits et le rendement. Ils augmentent la résistance au stress et la longévité du produit après récolte (Faucher, 2021).

### iv) Extraits de plantes

L'utilisation de biostimulants d'origine végétale (PDB) peut aider l'agriculture à cibler une croissance et un développement spécifiques, peuvent accélérer la croissance des plantes, (Posmyk et al, 2016) Les extraits aqueux d'ail peuvent améliorer la croissance, les

caractéristiques physiologiques de plusieurs cultures horticoles, y compris les olives, et la composition phytochimique et composition (Shakir *et al.*, 2017) Haricot (Elzaawely *et al.*, 2018) Tomate. De même, l'extrait de racine de carotte a augmenté les processus physiologiques et les concentrations phytochimiques dans les semis de niébé (*Vigna sinensis*) dans des conditions de stress salin (Abbas *et al.*, 2013). L'application d'extrait d'eau de *Moringa oleifera* peut augmenter la croissance végétative et l'absorption des nutriments dans différentes cultures horticoles, améliorant ainsi la productivité des cultures et le rendement économique des producteurs. Il augmente également la hauteur des plantes, le nombre de branches et la surface foliaire (Zulifiqar *et al.*, 2020).

### **Les extraits végétaux dérivés de fumée: smoke**

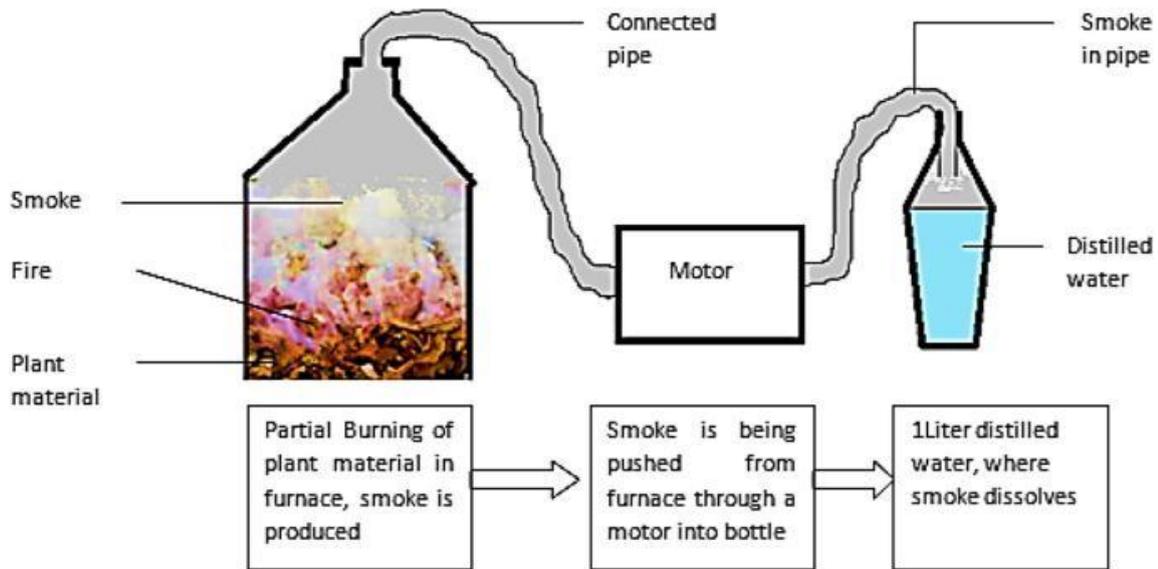
Le feu est un élément naturel important de nombreux écosystèmes, des forêts aux prairies, et est reconnu comme un outil important de gestion des écosystèmes. Plusieurs aspects du feu, comme la chaleur, la libération rapide des nutriments des tissus végétaux brûlés et les composés présents dans les cendres, ont été étudiés. Les nutriments des tissus végétaux brûlés et les composés des cendres ont été étudiés pour leur influence sur la germination des graines et/ou la croissance des plantes. Depuis 1990, l'accent a été mis sur l'importance des composés de la fumée dans la rupture de la dormance des graines et l'amélioration de la germination pour certaines espèces (Govindarai, M. *et al.*, 2016).

### **Effets de la fumée sur la germination des graines et la croissance des semis**

Light et van Staden. (2009) ont étudié la fumée et les extraits aqueux de fumée qui peuvent potentiellement être utilisés pour une variété d'applications liées à la technologie des semences. Ils ont notamment étudié l'utilisation en horticulture, l'agriculture, la gestion écologique et la réhabilitation de zones perturbées. La solution de PDS (Plant-derived smoke) a été préparée en brûlant un mélange semi-séché comprenant diverses parties de plantes, y compris de la paille et des feuilles et un mélange semi-séché de bermuda, de blé tendre, d'eucalyptus, de gomme rouge, d'argousier, de mûrier et de figuier. Une légère modification de la méthode proposée par (Van Staden *et al.* 2004). Le matériel végétal a été brûlé dans un four métallique et les fumées résultantes ont été aspirées dans 1L d'eau distillée à travers un tuyau jusqu'à ce que le matériel végétal soit complètement incinéré. Les détails de la conception de l'appareil sont illustrés à la (figure 1).

Les composés bioactifs sont facilement dissous dans l'eau distillée, le liquide de fumée préparé peut être stocké à 4°C pour une utilisation ultérieure (Van Staden J, et al, 2004). Baldwin et al. (1994) ont proposé que la fumée interagit chimiquement avec les inhibiteurs présents dans l'enveloppe de la graine, l'endosperme ou l'embryon pour favoriser la germination des graines, cette fumée peut également stimuler la floraison, l'initiation des racines (Taylor et van Staden, 1996) et la vigueur des semis (Baxter et van Staden, 1994 ; Spargel et al. 2005). Elle améliore la germination et la vigueur des semis de l'agriculture, horticoles, fourragères et forestières. La stimulation de la germination est due à un signal spécifique à la fumée (Molécule(s) de signal spécifique(s) à la fumée) : Les karrikins (KAR1).

Les karrikins contenant une fraction de buténolide fusionnée à un cycle puranique avec diverses substitutions méthyliques. Bien que KAR1 soit le stimulant le plus la plupart des espèces, la germination des graines peut aussi être grandement affectée par d'autres analogues également (Nelson et al. 2008). Il est soluble dans l'eau, thermostable, de longue durée en solution et très actif à de faibles concentrations, jusqu'à  $10^{-9}$  M (Light et al. 2009) ; il n'a pas non plus d'effets mutagènes et génotoxique (Trinidad et al. 2009). En fait, l'effet stimulant de KAR1 sur la germination des graines a été rapporté pour diverses espèces végétales (Daws et al. 2007 ; Flematti et al. 2007 ; Stevens et al. 2007). En raison de son rôle actif et puissant dans la stimulation de la germination des graines à de très faibles concentrations, dont il possède le pouvoir d'élargir les conditions environnementales des graines (Jain et al. 2006).



**Figure 2: Illustration schématique de la production de fumée d'origine végétale à partir de matériel végétal. La fumée sort par une seule sortie d'où elle est aspirée par un moteur et transférée vers le tuyau qui l'achemine vers un vase de verre contenant 1 L d'eau distillée ; contenant une vesse en verre (Shabir, S., et al., 2021)**

### Micro-encapsulation

Ces dernières années, la micro encapsulation s'est considérablement développée à l'échelle industrielle. Les microparticules ont un large éventail d'applications, elles sont utilisées dans la production de textiles parfumés (Rodrigues et al., 2008) et cosmétiques (ElZawahry et al., 2007 ; Ge et al., 2009), pour la protection des cultures (Bingham et al., 2007 ; Stelinski et al., 2007), dans l'industrie agroalimentaire pour conférer de nouvelles propriétés aux aliments (encapsulation des arômes, des couleurs, des saveurs) (Augustin et al., 2009), et des produits phytosanitaires (Nordstierna et al., 2010 ; Scher et al., 1998 ans) et les domaines de la médecine et de la pharmacie (Benita et al., 1985 ; Sugamori et al., 1989)

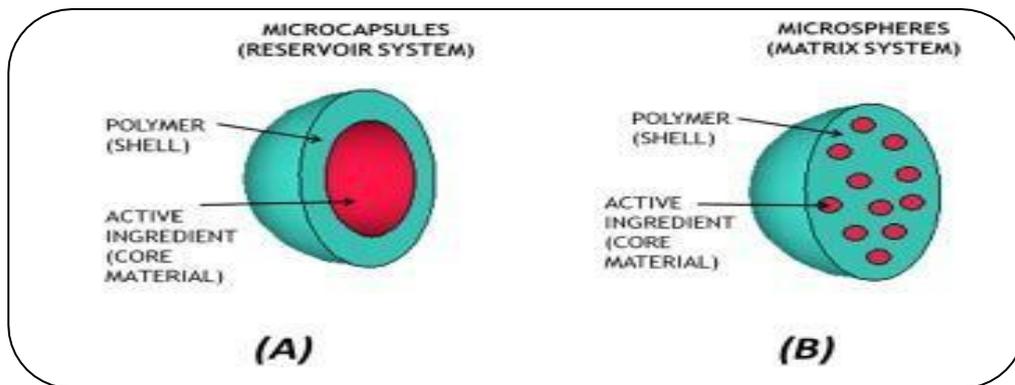
### Définition

La micro-encapsulation regroupe l'ensemble des technologies permettant de préparer des microparticules individualisées dont la taille varie de 1  $\mu\text{m}$  à 1 mm, généralement sphériques ou ovoïdales, et constituées d'un matériau polymère qui enrobe jusqu'à 90 % d'une matière active : parfum, arôme, pigment ou colorant etc. Elle est présente dans tous les domaines de la formulation : cosmétique, détergence, pharmacie, agroalimentaire, textile, peinture, électronique, imprimerie... (Richard J., Benoît J.-P 2000)

### Les types de micro-encapsulation

Il existe deux types de microparticules qui diffèrent par leur microstructure (Figure 3) (Giraud S., 2002)

- La microcapsule : particule sphérique de type cœur-membrane – le cœur est constitué de la substance active et la membrane de l'agent encapsulant qui forme l'enveloppe solide
- La microsphère : constituée d'un réseau polymère dans lequel la substance active est dispersée à l'état moléculaire ou particulaire (structure dite de type matriciel)

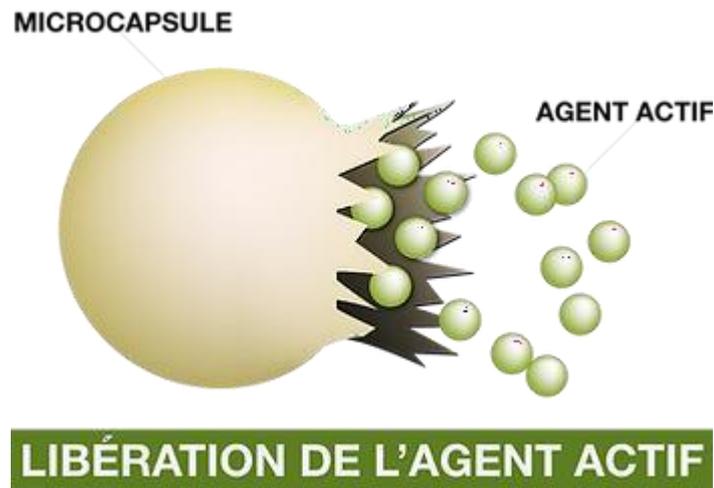


**Figure 3: différence entre microcapsule (A) et microsphère (B) en morphologie (Herre ro-vanrelle *et al.*, 2014)**

### Intérêts de la micro-encapsulation :

La micro-encapsulation confère à l'actif encapsulé des propriétés qu'il ne possède pas lorsqu'il est libre et facilite son utilisation. Le premier avantage réside dans la protection et/ou l'augmentation de la stabilité de l'actif sensible à des agressions du milieu extérieur (oxydation, pH, humidité). Un deuxième apport consiste en la libération contrôlée de l'actif. On trouve ainsi (Giraud S., 2002) :

- Les systèmes à libération provoquée : le contenu de la capsule est libéré après rupture de la paroi sous l'effet d'une contrainte physique, chimique ou biologique (Figure 4), par exemple, dans certains chewing-gums, des microcapsules libèrent un arôme en se brisant lors de la mastication.



**Figure 4: présentation schématique de libération du principe actif en capsule (PRONEEM, 2001)**

### **Substances d'encapsulation protectrice**

La microencapsulation est une méthode de fabrication de particules fermées, dans laquelle le contenu est encapsulé dans une encapsulation à couche mince, qui non seulement évite la pollution secondaire du contenu encapsulé, mais également pour fonction d'isoler les matériaux fonctionnels sensibles à la lumière ou à l'oxygène de l'environnement extérieur qui permet de maintenir le contenu encapsulé stable sur une plus longue période de temps (Barthés-bieselet *al.*, 2009)

### **Contrôler libération de la substance encapsulée**

La micro encapsulation permet un transfert de masse entre l'intérieur et l'extérieur de la capsule en contrôlant les propriétés physiques et chimiques de la membrane. Il existe généralement deux types de processus utilisés pour y parvenir : la diffusion à travers la membrane, la membrane et au niveau de la diffusion, le contrôle de la taille des pores de la membrane, de l'épaisseur de la membrane et des gradients de concentration moléculaires spécifiques, permettant une livraison contrôlée pour continuer le principe d'encapsulation. (Barthés-bieselet *al.* 2009)

### **Faciliter l'utilisation des produits de nature liquide**

Cette technologie permet de conditionner des produits liquides sous forme solide. Ce procédé facilite le transport des produits liquides susceptibles de fuir ou de s'évaporer du contenant de chaque capsule, le dosage étant contrôlé par le volume de la capsule. Les gélules peuvent ainsi être fournies individuellement selon la dose requise. (Barthés-biesel *etal.* 2009)

# **Chapitre II**

## **Matériel et Méthode**

## II. Matériel et Méthode

L'étude a été réalisée dans des conditions contrôlées au niveau de Laboratoire de Recherche de Biotechnologies des Production Végétales, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, l'Université de Blida 1 (LRBPV) Figure 1.

Ce travail a pour objectif de tester la micro encapsulation par un agent d'enrobage (l'extrait aqueux en fumé) et évaluer les différentes dilutions de cet extrait sur les paramètres morphologiques et physiologiques des graines d'haricot *Phaseolus vulgaris*.



Figure.1:LRBPV(Googleearth,2022).

### Présentation du matériel végétal

La semence utilisée dans cette étude est celle du haricot Var. Rico dont la faculté germinative a été estimée à 85%. Les graines sont stérilisées par chlorure de sodium pendant 20 min à 20 % (v/v), puis rincées et trempées dans de l'eau distillée et séchées dans une étuve ventilée. Cette procédure est nécessaire pour éviter la contamination par les microorganismes pendant la germination.

## Préparation des biosproduits

### II.2.1. Préparation de l'extrait aqueux en fumé (extraitsmoke)

Dans ce modèle d'extraction, la baille de blé a été utilisée dans le but d'obtenir un extrait aqueux végétale, le concept consiste à brûler 200 g de paille de blé sèche dans un récipient métallique qui a été alimenté en feu et d'air placée et enfermée pour assurer un chauffage circulaire, la fumée générée par le matériel végétal est passée en continu dans le tuyau métallique attaché et a bouillonné dans 4 L d'eau distillée dans le premier flacon en revanche le deuxième flacon a été utilisé comme un piège pour le gaz de la baille de blé transformé

(Fig 2)

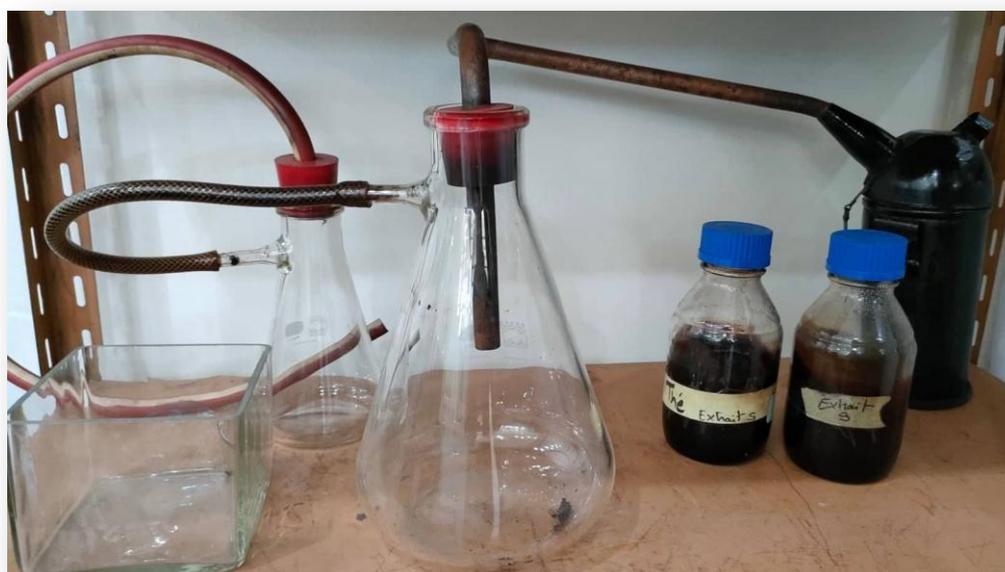


Figure 2: Dispositif de production de l'extrait aqueux en fumé (Original)

### II. 2.2 Préparation des produits formulés

A partir de l'extrait aqueux en fumé (smoke) on a réalisé différentes formulations pour but de tester l'efficacité de chaque traitement comme agent d'enrobage.

FG

: extrait à 50% + 50% éléments minéraux FR: ext

raita 40% + 60% émulsifiants

### II.3. Conduite à l'essai

La micro-encapsulation est une technique utilisée pour conserver les aliments, les molécules ou encore des échantillons liés à la médecine ou à l'agronomie, (enrobages des graines)

(Boulbair et al, 2012) La technique a été réalisée dans les conditions les plus stériles possibles.

Une solution d'alginate de concentration (1-5%) à définir en g/L (grammes de cristaux d'alginate/litre d'eau distillée stérile) ou le pH de l'eau distillée utilisée pour dissoudre les cristaux d'alginate est pH 7,5) la solution a été homogénéisée par un agitateur magnétique,

les graines ont été mises dans l'alginate avec les dilutions de l'extrait mokecités dans le tableau

II.1 pendant 5 min. Le mélange graines-alginate est prélevé avec une micropipette de 5 mL sur laquelle on a installé un cône dont on a coupé l'extrémité en fonction de la taille de la graine (Fig 2) et plongée par la suite dans une solution cationique à 0,1M (soit 1,11g/100mL), laissée pendant 15 min puis filtrée par une passoire et séchées dans une étuve ventilée à 23°C pendant 72h, résultat de la technique se présente dans la figure 3

**Figure 3 : graines d'haricot encapsulées (Original)**



**Figure 3: Protocole d'enrobage des graines par l'alginate**

Tableau 1: Description des dilutions préconisées dans l'expérimentation

Produit	Dilutions
Extrait de fumé	D1=1ml    D2=0,5ml    D3=1,5 ml
Extrait de fumé formulé FGFR	1ml
Produit Algin	1ml

Huit rangés de boîtes de pétri sont recommandés pour l'installation de l'expérience dont le nombre de répétitions est 5. Les suivis des essais sont préconisés pendant 10 jours, l'ensemble est mis dans une chambre d'Hortibox (16h/8h de photopériode, 23°C et 80% d'humidité), l'imbibition des graines est faite selon leurs besoins en eau.

Différents paramètres de germination ont été déterminés comme déjà cité par (Cherif et al.)

- Le pourcentage de germination totale (TG) a été calculé selon la formule:

$$TG(\%) = \frac{\text{Nombre de graines germées}}{\text{Nombre de graines semées}} \times 100$$

- L'index de germination a été calculé selon la formule:

$$GI = \sum (N_i / T_i)$$

Avec:  $T_i$  = nombre de jours après le semis,  $N_i$  = le nombre de graines germées le premier jour.

- La vitesse de germination a été calculée selon la formule:

$$CV = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n}{(N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots + N_n T_n)} \times 100.$$

Avec:  $N_1$ : nombre de graines germées au temps  $T_1$ ,  $N_2$ : nombre de graines germées au temps  $T_2$ ,  $N_n$ : nombre de graines germées au temps  $T_n$ .

- La longueur des parties aérienne et racinaire exprimée en (cm<sup>2</sup>), ont été estimées par analyse d'image (image analysis software Digimizer ver. 3.0. (MedCalc Software bv, Ostend, Belgium))

- **Les polyphénols totaux** ont été déterminés par la méthode décrite par (Shao et al, 2016). 0,5-1g de graines a été extrait avec 10mL d'éthanol 80% puis a été centrifugé à 10,000 tours/min pendant 20min. Le surnageant a été récupéré et laissé évaporer pendant 20 min à température ambiante. Les résidus ont été récupérés dans de l'eau distillée. 0,5mL de ce dernier a été additionné à 2,5 ml de Folin Ciocalteu 1N et à 2 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 7,5%. Après agitation, le mélange a été gardé à l'ombre pendant 30 min à température ambiante. L'absorbance a

été effectuée à 760 nm. L'acide gallique a été utilisé comme standard pour la courbe d'étalonnage. La teneur en composés phénoliques est exprimée en équivalent d'acide gallique en utilisant l'équation linéaire de la courbe d'étalonnage :  $Y = 0,0042X + 0,0699$ ,  $R^2 = 0,0774$ , où Y est l'absorbance et X est la concentration en acide gallique équivalents (g/mL).

### - Dosage de l' $\alpha$ -amylase

L' $\alpha$ -amylase a été mesurée selon la méthode de **Xiao** en utilisant le Lugol. Les graines mises en germination (10 mg) ont été broyées dans 3 ml de solution tampon phosphate (pH 7)

Un millilitre (1 ml) de l'extrait a été additionné à 1 ml d'une solution d'amidon soluble (0,2% p/v). Après incubation à 50°C durant 30 min, 500  $\mu$ l d'acide chlorhydrique (HCl) ont été ajoutés pour arrêter l'activité enzymatique. Ensuite, 2,5 ml de Lugol ( $I_2$ , KI) ont été additionnés.

L'absorbance a été mesurée à 580 nm ( $A_{580.E}$ ). Les résultats ont été exprimés en unité enzymatique par millilitre (U/ml), calculés selon la formule suivante:

$$U/ml = \frac{(A_{580.T} - A_{580.E})}{A_{580.Et} \cdot T \cdot V_{\text{extrait}}}$$

$A_{580.T}$ : l'absorbance de l'amidon sans addition de l'extrait enzymatique;

$A_{580.E}$ : l'absorbance de l'amidon après addition de l'extrait enzymatique;

$A_{580.Et}$ : l'absorbance pour 1 mg d'amidon, dérivée de la courbe étalon (Appendice B)

T: temps d'incubation en minutes;

$V_{\text{extrait}}$ : volume de l'extrait enzymatique en millilitre

**Chapitre**

**III Résultats**

**ts**

### Chapitre III: Résultats

Ce travail porte sur le potentiel de différents bioproduits à base d'extraits de fumée dure (smoke) pour stimuler la germination du haricot (*Phaseolus vulgaris*) en utilisant la technologie de microencapsulation. L'application de ces deniers a permis d'estimer la fonction stimulatrice de la germination sur les paramètres de croissance, d'expression des nutriments et d'activité physiologique sur la base de plusieurs dilutions (1ml pour les produits biologiques formulés et 0,5ml, 1,5ml d'extrait de fumée). L'effet étudié a permis de mettre en évidence la méthode de microencapsulation (enrobage) et la pertinence de l'utilisation des produits biologiques pour assurer une bonne stimulation de la germination des graines.

#### **Effets des traitements utilisés en micro-encapsulation sur les paramètres de germination et de croissance**

##### **Effets du traitement utilisé en micro-encapsulation sur le taux de**

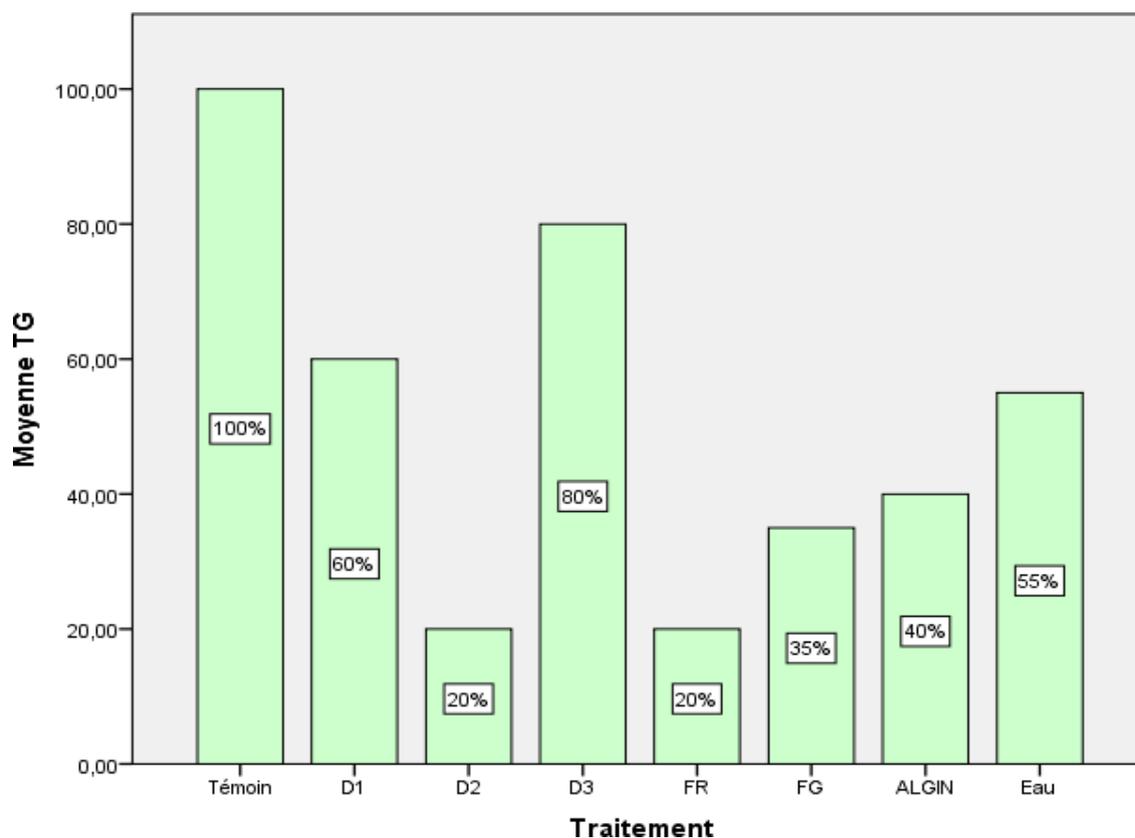
**germination** Effets des traits de taux de germination des graines de haricot

(*Phaseolus vulgaris*). Des

études ont été menées à la dose réelle (1ml) dans chacun des traitements suivants (FR, FG, EAUX, ALGIN) et 3 doses (0,5 ml, 1ml, 1,5 ml d'extrait de fumée).

La Figure 1 montre l'effet des traitements sur la germination des haricots. Cette dernière est estimée en fonction de la nature des traitements appliqués, ainsi les effets des différentes formulations.

L'histogramme de la Figure 1, représente l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur le taux de germination. L'analyse de la variance montre l'absence de différence significative entre les produits formulés (ALGIN, EAUX) et leur témoin, ainsi que l'extrait smoke (D3) (1,5ml) par rapport au témoin. La même analyse révèle la présence d'une différence significative entre les produits formulés (FR, FG, ALGIN) (1ml) et leur témoin, ainsi que l'extrait smoke (D2) (0,5ml) par rapport au témoin.



**Figure 1: Effets des traitements sur le taux de germination**  
Témoin/ D1(1ml),D2(0,5ml),D3(1,5ml),FR(1ml)FG(1ml),ALGIN

**Effets des traitements sur la vitesse de germination (TMG)**

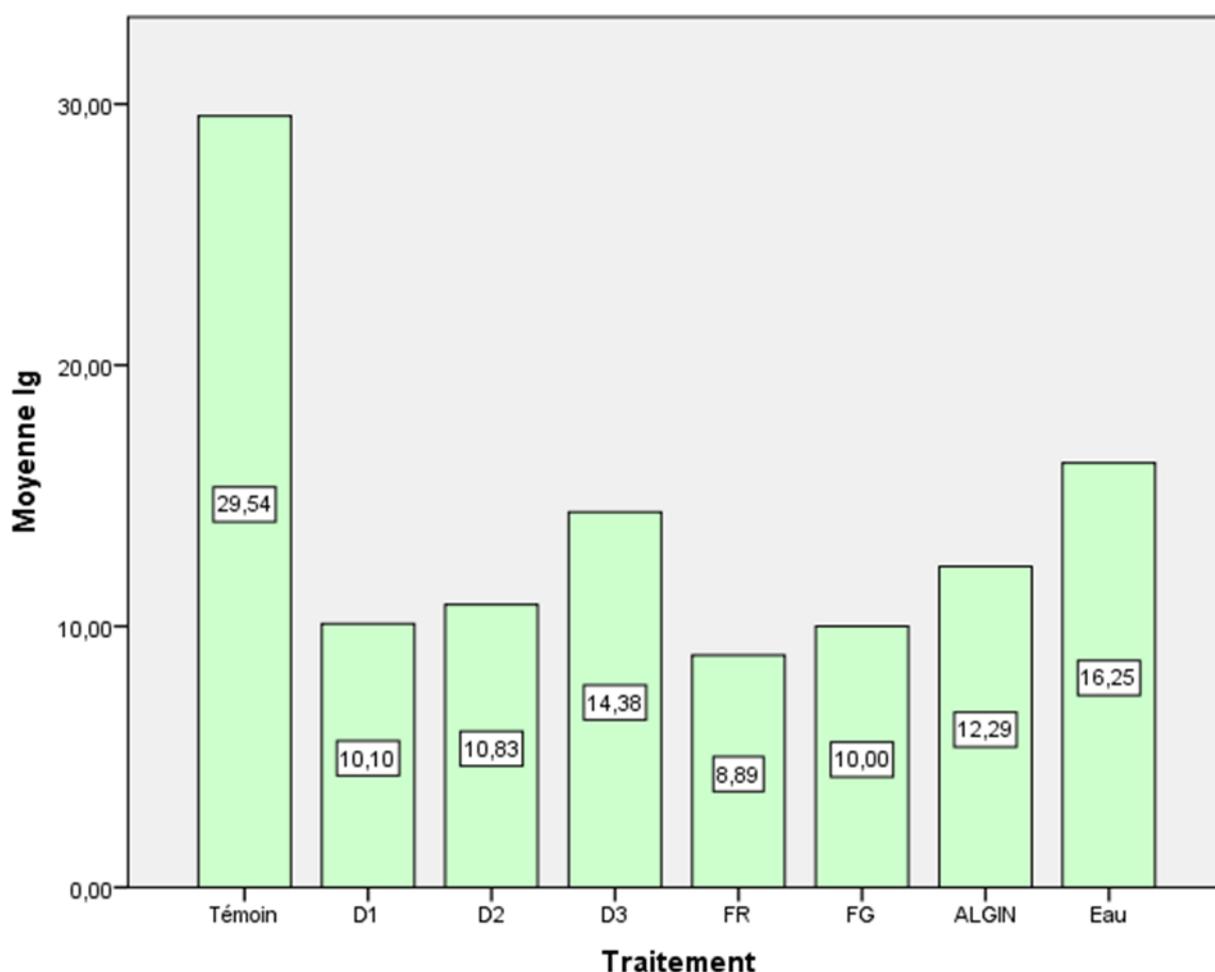
Le Tableau.1, représente l’analyse de la variance appliquée à la vitesse de germination (TMG). Les résultats montrent l’effet comparé des produits formulés et les témoins sur la vitesse de germination. La comparaison par ANOVA concernant le facteur dose montre qu’il n’y a pas de différences significatives entre les produits formulés (FR, FG, EAUX, ALGIN) (1ml) et leur témoin, ainsi que les extraits smoke (D1, D2, D3) (1ml, 0,5ml, 1,5ml) par rapport au témoin.

**Tableau 1: Effets des traitements utilisés en micro-encapsulation sur la vitesse de germination**

		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
<b>TMG</b>	Inter-groupes	2,33	7,00	0,33	1,32	<b>0,31</b>
	Intra-groupes	3,54	14,00	0,25	-	-
	Total	5,88	21,00	-	-	-

**Effets des traitements sur l'indice de germination (IG)**

L'histogramme de la Figure (2) représente l'effet comparatif de la formule et du témoin sur l'indice de germination. L'ANOVA n'a montré aucune différence significative entre l'extrait de smoke (D3) (1,5 ml) et les EAUX (1 ml) (Figure 2), la même analyse a montré des différences significatives entre les produits (FR, FG, ALGIN) et leur témoin, ainsi que les extraits de smoke (D1, D2) (1 ml, 0,5 ml) Contribution Témoignage.



**Figure 2: Effets des traitements utilisés en micro-encapsulation sur l'index de germination**

Témoin, D1 (1ml), D2 (0,5ml), D3 (1,5ml), FR (1ml), FG (1ml), ALGIN (1ml)

### Effets des traitements sur la longueur de la partie aérienne et racinaire

AnalysedelavarianceappliquéeàlavitessedegerminationTMGreprésententl'effetcomparé des produits formulés et les témoins sur la longueur de la partie aérienne et racinaire. La comparaison par ANOVA concernant le facteur dose montre que l'absence de différencesignificative entre les produits formulés (FR, FG, EAUX, ALGIN)(1ml) et leur témoin, ainsi que l'extraitssmoke(D1,D2,D3)(1ml, 0,5ml,1,5ml) par apportautémoin.

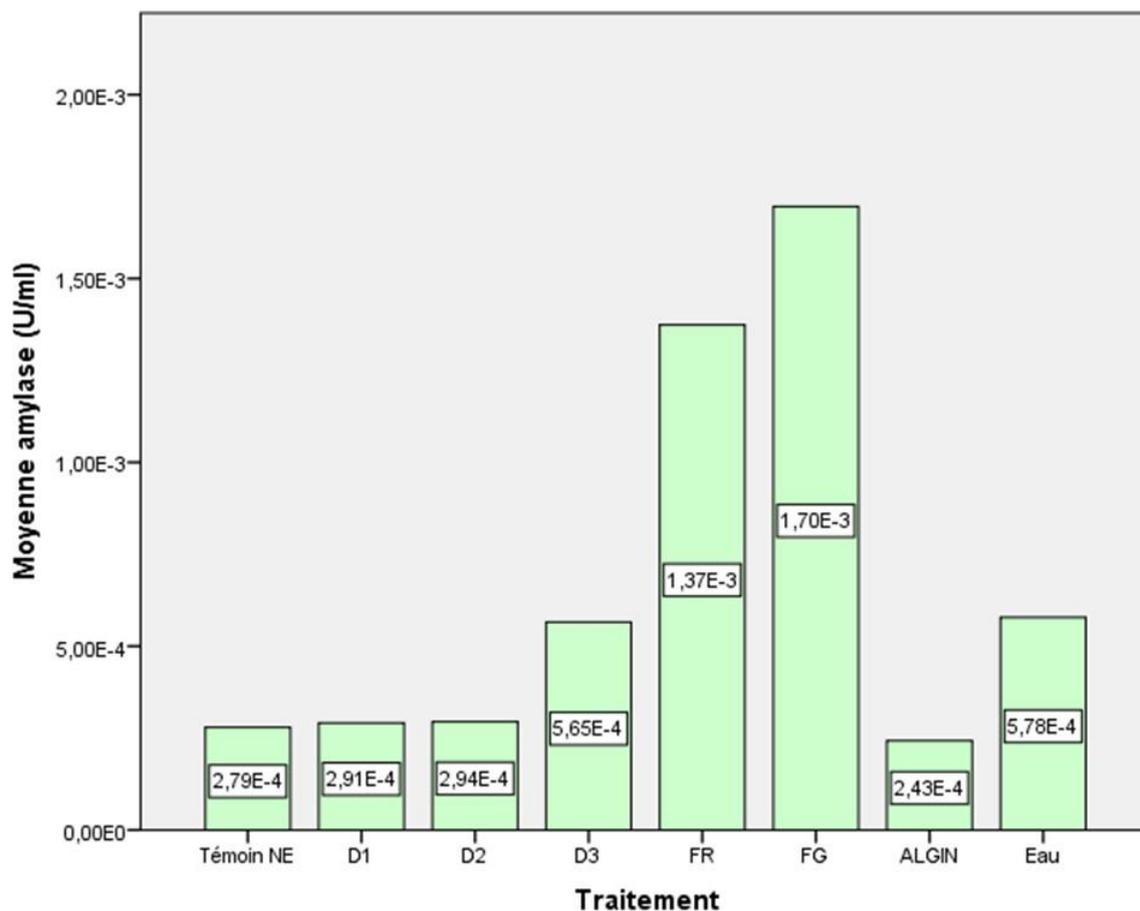
**Tableau 2:AnalysedelavarianceappliquéeàlavitessedegerminationTMG**

ANOVA à 1 facteur						
	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification	
LAJ10	Inter-groupes	10,017	6	1,670	0,278	0,942
	Intra-groupes	144,036	24	6,002	-	-
	Total	154,054	30	-	-	-
LRJ10	Inter-groupes	202,331	6	33,722	1,227	0,328
	Intra-groupes	659,834	24	27,493	-	-
	Total	862,165	30	-	-	-

### Effets des traitements utilisés en micro-encapsulation sur les paramètres physiologiques de germination

#### Effets des traitements utilisés en micro-encapsulation sur la concentration d' $\alpha$ -amylase

L'histogramme de la Figure (3), représente l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur la concentration d' $\alpha$ -amylase. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre les produits formulés (FR, EAUX, ALGIN) (1ml) et leur témoin, ainsi que l'extrait smoke (D1, D2) (1 ml, 0,5ml) par rapport le témoin (Figure 3), la même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre le produits formulée (FG) et leur témoin.



**Figure 3: Effets de traitements utilisés en micro-encapsulations sur les taux d'α-amylase**  
Témoin, D1 (1ml), D2 (0,5ml), D3 (1,5ml), FR (1ml), FG (1ml), ALGIN (1ml).

**Tableau 3: Analyse de la variance appliquée sur les taux d'α-amylase**

Traitement	N	Sous-ensemble pour alpha=0.05	
		1	2
ALGIN	4,00000	0,00024	
Témoin NE	3,00000	0,00028	
D1	3,00000	0,00029	
D2	3,00000	0,00029	
D3	3,00000	0,00057	0,00057
Eau	4,00000	0,00058	0,00058
FR	4,00000	0,00137	0,00137
FG	4,00000		0,00170
Signification		0,07975	0,08014

amylase(U/ml)

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Inter-groupes	0,000	7,000	0,000	5,292	<b>0,002</b>
Intra-groupes	0,000	20,000	0,000	-	-
Total	0,000	27,000	-	-	-

Analyse de la variance appliquée sur le taux d' $\alpha$ -amylase représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur le taux d' $\alpha$ -amylase. La comparaison par ANOVA concernant le facteur dose montre que l'absence de différence significative entre les produits formulés (FR, EAUX)(1ml) et leur témoin, ainsi que l'extrait smoke (D3) (1,5ml) par rapport au témoin. La même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre le produit formulé (FG) et leur témoin.

#### Effets de traitement sur Polyphénols

Les histogrammes de la Figure (4) représentent l'effet comparé des produits formulés et les témoins sur le taux de Polyphénols. L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre les produits formulés (FR, EAUX) (1ml) et leur témoin, ainsi que l'extrait smoke (D1, D2) (1 ml, 0,5ml) par rapport au témoin (Figure 4), la même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre les produits formulés (FG, ALGIN) et leur témoin, ainsi que l'extrait smoke (D3) (1,5ml) et leur témoin.

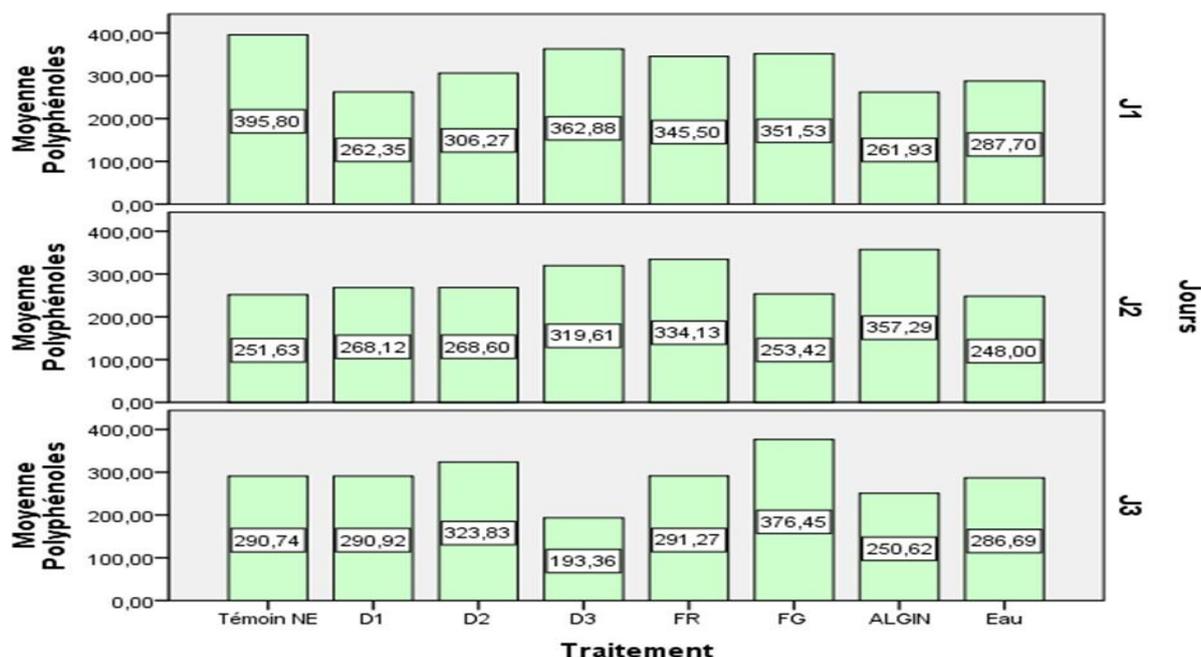


Figure 4: Effets de traitements utilisés en micro-encapsulations sur le taux de Polyphénols  
Témoine, D1 (1ml), D2 (0,5ml), D3 (1,5ml), FR (1ml), FG (1ml), ALGIN (1ml)

Tableau 4: Test de Tukey sur le taux de Polyphénols

Jours=J2				Jours=J3					
Test de Tukey y <sup>a</sup>	Traitement	N	Sous-ensemble pour alpha=0.05		Test de Tukey y <sup>a,b</sup>	Traitement	N	Sous-ensemble pour alpha=0.05	
			1	2				1	2
	Eau	4	248,0000			D3	3	193,3571	
	Témoine NE	4	251,6310	251,6310		ALGIN	4	250,6190	250,6190
	FG	4	253,4167	253,4167		Eau	4	286,6905	286,6905
	D1	4	268,1190	268,1190		Témoine NE	4	290,7381	290,7381
	D2	4	268,5952	268,5952		D1	4	290,9167	290,9167
	D3	4	319,6071	319,6071		FR	4	291,2738	291,2738
	FR	4	334,1310	334,1310		D2	4	323,8333	323,8333
	ALGIN	4		357,2857		FG	4		376,4524
	Signification		,189	,058		Signification		076	005

La comparaison par le biais de test de Tukey concernant le facteur dose montre que les produits formulés qui ont un effet plus important sont (EAUX, ALGIN) (1ml), l'extrait smoke (D3) (1,5ml) et (FG) (1ml) par rapport aux produits formulés nous trouvons les résultats de traitements similaires provoquant le même taux de Polyphénols (Tableau 4) ainsi que les produits formulés.

## ANOVA à 1 facteur

## Polyphénols

Jours		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
J1	Inter-groupes	67612,54	7,00	9658,93	1,68	<b>0,16</b>
	Intra-groupes	132391,59	23,00	5756,16		
	Total	200004,13	30,00			
J2	Inter-groupes	51267,23	7,00	7323,89	3,45	0,01
	Intra-groupes	50943,93	24,00	2122,66		
	Total	102211,16	31,00			
J3	Inter-groupes	68720,26	7,00	9817,18	2,93	0,02
	Intra-groupes	77066,47	23,00	3350,72		
	Total	145786,73	30,00			

La comparaison par ANOVA concernant le facteur dose montre que l'absence de différences significatives de premier jour par rapport à la présence significative de deuxième et troisième jour.

La comparaison par ANOVA concernant le facteur dose montre que l'absence de différences significatives entre les produits formulés (FR, EAUX) (1ml) et leur témoin, ainsi que l'extrait smoke (D1, D2) (1 ml, 0,5ml) par rapport au témoin, la même analyse a révélé la présence d'une différence significative entre les produits formulés (FG, ALGIN) et leur témoin, ainsi que l'extrait smoke (D3) (1,5ml) et leur témoin.

Tableau 5: Analyse de la variance sur le taux de Polyphénols

Polyphénols		Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Témoin NE	Inter-groupes	44467,87	2,00	22233,93	2,95	0,10
	Intra-groupes	67889,77	9,00	7543,31	-	-
	Total	112357,63	11,00	-	-	-
D1	Inter-groupes	1825,86	2,00	912,93	0,50	0,62
	Intra-groupes	16459,27	9,00	1828,81	-	-
	Total	18285,13	11,00	-	-	-
D2	Inter-groupes	6372,35	2,00	3186,17	1,80	0,22
	Intra-groupes	15960,93	9,00	1773,44	-	-
	Total	22333,27	11,00	-	-	-
D3	Inter-groupes	51462,78	2,00	25731,39	22,48	<b>0,00</b>
	Intra-groupes	9157,30	8,00	1144,66	-	-
	Total	60620,08	10,00	-	-	-
FR	Inter-groupes	6541,96	2,00	3270,98	0,49	0,63
	Intra-groupes	60682,17	9,00	6742,46	-	-
	Total	67224,13	11,00	-	-	-
FG	Inter-groupes	33197,81	2,00	16598,90	6,12	<b>0,02</b>
	Intra-groupes	21708,92	8,00	2713,62	-	-
	Total	54906,73	10,00	-	-	-
ALGIN	Inter-groupes	27464,89	2,00	13732,45	8,22	<b>0,01</b>
	Intra-groupes	15039,46	9,00	1671,05	-	-
	Total	42504,35	11,00	-	-	-
Eau	Inter-groupes	4099,01	2,00	2049,50	0,34	0,72
	Intra-groupes	53504,18	9,00	5944,91	-	-
	Total	57603,19	11,00	-	-	-

**Chapitre**  
**IV Discussion**  
**n**

Les biostimulants sont des produits d'origine biologique (Yakhin et *al.* 2017) pouvant agir sur plusieurs aspects bénéfiques de la culture (propriétés de stimulation de la germination, de la croissance racinaire, de l'établissement et de la régulation de la croissance des plantes, de l'absorption des nutriments du sol et de la résistance au stress), modulant des composés phytosanitaires (Faesse et *al.*, 2014). Dans cette optique, cette étude visait à mettre en évidence le potentiel des extraits de fumée, en se basant sur les paramètres de croissance, pour estimer les résultats de l'évaluation à stimuler la germination. Ces résultats nous permettent d'identifier les hypothèses suivantes:

- les bioproduits sont probablement riches en phytohormones et composés stimulants la germination.
- De fortes concentrations de fumée peuvent être inhibitrices de la germination
- les produits formulés sont riches en polyphénol.

#### **Effets des traitements utilisés en micro-encapsulation sur les paramètres de germination et de croissance**

Les bioproduits formulés sous dose (1 ml) FG, FR pareil pour le produit homologué ALGIN provoquent l'effet le plus important sur le taux de germination en revanche l'extrait smoke (D1) (1ml), (D2) (0,5ml) présentent un effet important sur l'index de germination. Concernant la vitesse de germination tous 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 composés stimulants la germination.

Cette hypothèse est confirmée par Brown et Van, dans ses recherches, l'extrait de fumée était responsable de la stimulation de la germination contenant un composé actif appelé karrékin qui a stimulé la longueur des racines chez la carotte, parallèlement une augmentation des racines latérales est également observée par Menget *al.* (2016).

Finalement par tous les produits connus testés le produit FG il l'a même efficacité sur les paramètres (taux de germination et moyenne de taux de germination) que le produit homologué, donc le produit FG c'est la produit une considération parce que il y a un Boon produit.

#### **Effet des bioproduits sur l'expression végétative**

Les traitements et les témoins (FR, FG, EAUX, ALGIN) (1ml), ainsi que l'extrait smoke sous différentes doses (D1, D2, D3) (1ml, 0,5ml, 1,5ml) marquent un effet similaire sur les résultats obtenus nous permettent d'avancer l'hypothèse suivante: De fortes concentrations de

fumée sont inhibitrices de la germination (Drewes et *al.* 1995) (De Lange et Boucher 1993b).Cependant, Rocheetal. (1996b) ont suggéré que des niveaux élevés de fumée peuvent conférer une protection contre la prédation et les attaques microbiennes aux graines et peut-être aussi aux jeunes semis.

### **Effet des bioproduits sur l'activité physiologique**

La présence d'une concentration élevée des  $\alpha$ -amylase totaux chez les grains enrobés traités par la formulation FG (1 ml) est conduite à suggère la présence de Karrikinolide dans notre traitement similaire avec une recherche trouvée : L'eau de fumée montre une activité stimulante sur les enzymes hydrolytiques telles que les lipases et l' $\alpha$ -amylase dans toutes les conditions. (Gupta *et al.*, 2019). Les gènes donnent plusieurs produits qui induisent les réponses de croissance de la plante dans des conditions de stress. Alors que les  $\alpha/\beta$  hydrolases provoquent le fonctionnement de plusieurs enzymes comme les amylases, les lipases, et les peroxydases qui jouent plusieurs rôles, notamment l'agrandissement des cellules, la germination des graines et le métabolisme des plantes (Shabir *et al.*, 2021).

D'après les retombées de notre travail, on a remarqué la plus part des bioproduits à la faible dose montrent l'effet le plus important sur l'ensemble des paramètres étudiées ce qui nous permettent d'avancer l'hypothèse suivante : La micro encapsulation favorise le largage de la matière active à travers la matière enrobant 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 enrobant.

Quand on utilise la technique d'encapsulation le produit formulé est bien meilleur que le produit homologué Alginsur certains paramètres. Qui peut être due à la composition de la formulation qui sécurise notre principe actif (extrait de fumée).

# **CONCLUSION**

## Conclusion

---

### Conclusion

Au terme d'étudier l'effet de la micro encapsulation sur l'activité stimulatrice de l'extrait smoke sur la germination des grains d'haricot (*Phaseolus vulgaris*). D'après les potentialités des produits formulés et l'extrait smoke et les facultés stimulatrices de la germination estimées sur les paramètres de croissance, d'expression végétative et l'activité physiologique des grains, nous sommes arrivés non seulement à 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 (FG) et le produit homologué possèdent la faculté stimulatrice de la germination la plus élevée. Approuvent un effet important sur l'indice de germination. L'extrait smoke (D1) (1 ml), (D2) (0,5 ml) a un effet important sur le taux et l'indice de germination, ainsi que tous les bioproduits ont le même effet sur la vitesse de germination.

Concernant l'accumulation de  $\alpha$ -amylase, on a trouvé que la formulation (FG) (1 ml) donne une accumulation importante de  $\alpha$ -amylase.

Concernant l'accumulation de polyphénol, on a trouvé que la formulation (FG) et le produit homologué (ALGIN) à la dose (1 ml), donne une accumulation importante de polyphénol.

Notre résultat final est que le produit formulé FG est bien meilleur que le produit homologué Algine et tous les traitements sur certains paramètres (germination et de croissance, l'activité physiologique).

Les résultats de cette étude encouragent une transition vers une culture saine et bénéfique (bio-agriculture) pour la santé humaine et l'économie nationale. L'utilisation d'extraits

de fumée comme biostimulants par la formulation et l'utilisation de la technologie de micro encapsulation est une alternative prometteuse aux produits chimiques nocifs à la fois pour l'environnement et la santé publique.

**LES  
REFERENCESBIBLIO  
GRAPHIQUES**

### LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

- Abbas, S. M. and S. A. Akladios, Application of carrot root extract induced salinity tolerance in cowpea (*Vigna sinensis* L.) seedlings. *Pak. J. Bot.*, 2013.
- Adden A. K., 2004; Evaluation quantitative de composts de biomasses diverses et leur Anonyme (2019) [Mon Petit Coin Vert, une jardinerie urbaine en ligne](#)
- Anonyme, 2003 Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. 04<sup>ème</sup> éd. FAO, IFA et IMPHOS. Rabat. 77 p.
- Anonyme, 2003 Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. 04<sup>ème</sup> éd. FAO, IFA et IMPHOS. Rabat. 77 p.
- antitumor immune responses induced by nanoemulsion-encapsulated MAGE1-HSP70/SEA complex protein vaccine following peroral administration route. *Cancer immunology, immunotherapy*, 58(2), 201-208.
- Augustine, T., Brown, P. W., Davies, S. D., Summers, A. M., & Wilkie, M. E. (2009). Encapsulating peritoneal sclerosis: clinical significance and implications. *Nephron Clinical Practice*, 111(2), c149-c154.
- Baldwin, I. T., Staszak-Kozinski, L. and Davidson, R. (1994). Up in smoke: I. Smoke-derived germination cues for postfire annual, *Nicotiana attenuata* Torr. Ex. Watson. *J. Chem. Ecology*. 20:2345-2371.
- Barthès-Biesel, D. (2009). Capsule motion in flow: Deformation and membrane buckling.
- Baxter, B. J. M. and Van Staden, J. (1994). Plant-derived smoke: an effective seed pre-treatment. *Plant Growth Regul.* 14:279-282
- Benita, S., Hoffman, A., & Donbrow, M. (1985). Polyacrylate resin (Eudragit Retard) microcapsules as a controlled release drug delivery system improved non-solvent addition phase separation process. *Journal of Microencapsulation*, 2(3), 207-222.
- Bingham, P. (2007). *Stratigraphic and Paleoenvironmental Context of the Ingersoll Shale, An Upper Cretaceous Conservation Lagerstätte, Eutaw Formation, Eastern Alabama* (Doctoral dissertation).
- Bliefert C., et Perraud R., 1997 Chimie de l'environnement: Air, Eau, Sols, Déchets. 1<sup>ère</sup> éd. Espagne. 477 p.
- Boulbair, H., Moubarek, F., & Idoui, T. E. (2012). Effets de la microencapsulation des ferments thermophiles locales et industriels sur les aptitudes probiotiques et technologiques (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
- Brown, N. A. C., & Van Staden, J. (1997). Smoke as a germination cue: a review. *Plant growth regulation*, 22(2), 115-124.
- Catherine Faucher, 2021), agr., conseillère au Réseau Agrocentre, 2021

## Les Références Bibliographiques

---

- *Comptes Rendus Physique*, 10(8), 764-774.
- Daws MI, Davies J, Pritchard HW, Brown NA, van Staden J (2007) Butenolide from plant-derived smoke enhances germination and seedling growth of a rare weed species. *Plant Growth Regul* 51:73–82
- De Lange JH and Boucher C (1993) Autecological studies on *Audouinia capitata* (Bruniaceae). VIII. Role of fire in regeneration. *SAfr J Bot* 59:188–203
- Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Vidal N., Lesgards J. F. and Stocker P. Screening of some Algerian medicinal plants for the phenolic compounds and their antioxidant activity. *Eur. Food Res. Technol.* 2007; 224:801-809
- Drewes FE, Smith MT, van Staden J (1995) The effect of a plant-derived smoke extract on the germination of light-sensitive lettuce seed. *Plant Growth Regul*
- D'Souza, G., Kreimer, A.R., Viscidi, R., Pawlita, M., Fakhry, C., Koch, W.M., ... & Gillison, M.
- Dubey, R., Shami, T.C. et Bhasker Rao, K.U. 2009. Technologie et application de la microencapsulation. *Defence Sci Journal*, 59, 82-95
- Dupriez & Deleener, P. (1987). *Jardins et vergers d'Afrique*. Paris: L'Harmattan
- Elzaawely, A.A., et al., Growth traits, physiological parameters and hormonal status of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) sprayed with garlic cloves extract. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2018.
- El-Zawahry, M. M., El-Shami, S., & El-Mallah, M. H. (2007). Optimizing a wool dyeing process with reactive dye by liposome microencapsulation. *Dyes and Pigments*, 74(3), 684-691.
- Eman, A., El-Monem, A., Saleh, M., & Mostafa, E. (2008). Minimizing the quantity of mineral nitrogen fertilizers on grapevine by using humic acid, organic and biofertilizers. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(1), 46-50.
- Erulan, V., Soundarapandian, P., Thirumaran, G., & Ananthan, G. (2009). Studies on the effect of *Sargassum polycystum* (C. Agardh, 1824) extract on the growth and biochemical composition of *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 6(4), 392-399.
- Faessel, M., & Bilodeau, M. (2014). SMIL: Simple morphological image library. *Séminaire Performance et Généricité, LRDE*.
- Faessel, M., Gomy C, Nassr N., Tostivint C., Hipper C., Dechanteloup A. ,2014. Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer la fonctionnalité biologique des sols et des plantes. Etude des connaissances disponibles et recommandation stratégique, rapport d'étude au ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Bio by Deloitte et RITMO Agroenvironnement, 148p.
- Flematti GR, Goddard-Borger ED, Merritt DJ, Ghisalberti EL, Dixon KW, Trengove

## Les Références Bibliographiques

---

- RD(2007)Preparationof2H-furo[2,3-c]pyran2-onederivativesandevaluationoftheirgermination-promotingactivity. *J Agric Food Chem*55:2189–2194
- Flematti, G.R.; Merritt, D.J.; Piggott, M.J.; Trengove, R.D.; Smith, S.M.; Dixon, K.W.; Ghisalberti, E.L. Burning vegetation produces cyanohydrins that liberate cyanide and promote seed germination. *Nat. Commun.* 2011, 2, 360. [CrossRef]
  - Gmez-Caravaca A. M., Gmez-Romero M., Arr\_Éez-Rom\_Én D., Segura-Carretero A. and Fern\_Éndez-Guti\_Ñrrez A. Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2006; 41:1220-1234.
  - Ge, W., Li, Y., Li, Z.S., Zhang, S.H., Sun, Y.J., Hu, P.Z., ... & Sui, Y.F. (2009). The
  - Giraud S., Microencapsulation d'un diisocyanate et d'un phosphaté d'ammonium - Application : élaboration d'un système polyuréthane monocomposant à propriété retardatrice de flamme pour l'enduction textile, Thèse, Université Lille 1, 2002, p.233.
  - Govindaraj, M., Masilamani, P., Alex Albert, V., & Bhaskaran, M. (2016). Plant derived smoke stimulation for seed germination and enhancement of crop growth: A review. *Agricultural Reviews*, 37(2)
  - Gupta PK (2004) A handbook of soil, fertilizer and manure 2nd edn
  - Gupta S, Plačková L, Kulkarni MG, Dolezal K, Staden JV (2019) Role of smoke stimulatory and inhibitory biomolecules in phytochrome-regulated seed germination of *Lactuca sativa*. *Plant Physiol* 181:458–470
  - Herrero-vanrell, R., Bravo-osuna, I., & Andrés-guerrero, V. (2014). Progress in Retinal and Eye Research The potential of using biodegradable microspheres in retinal diseases and other intraocular pathologies. *Progress in Retinal and Eye Research*, 42, 1–17
  - Inckel M, Peter DS, Tersmette T, Veldkamp T, 2005. La fabrication et l'utilisation du compost. *Agrodok*, 8. p 73.
  - *J. Nat. Prod.* 2010, 73, 267–269. [CrossRef] [PubMed].
  - Kroll, R. (1994). *Les cultures maraîchères*. Paris : Masson
  - L. S. ; CANELLAS, P. L. ; CAMARGO, O.A.A. **principes fondamentaux de la matière organique du sol : les écosystèmes tropicaux et subtropicaux**. 2 éd., révisé et mis à jour. Porto Alegre: métropole, p. 113-135, 2008.
  - L'innovation PRONEEM, technologie brevetée dans le monde entier, 2001
  - Lazko, J.P., Popineau, Y., and Legrand, J. 2004. Soyglycine in microcapsules by simplec.
  - Light ME, Daws MI, van Staden J (2009) Smoke-derived butenolide: Towards understanding its biological effects. *SAfr J Bot.*
  - Light ME, Daws MI, van Staden J (2009) Smoke-derived butenolide: Towards understanding its biological effects. *SAfr J Bot.*

## Les Références Bibliographiques

---

- Light, M.E.; Burger, B.V.; Staerk, D.; Kohout, L.; van Staden, J. Butenolides from plant-derived smoke: Natural plant growth regulators with antagonistic actions on seed germination.
- M.L.(2007). Case-control study of human papillomavirus and oropharyngeal cancer. *New England Journal of Medicine*, 356(19), 1944-1956.
- Mazoyer M., 2002 Larousse agricole. Montréal (Québec). Larousse. 767p.
- Meng YF, Chen H, Shuai X, Luo J, Ding S, Tang S, Xu J, Liu WL, Du J (2016) Karrikins delay soybean seed germination by mediating abscisic acid and gibberellin biogenesis under shaded conditions. *SciRep* 6:22073
- Morency P., 2006. Le compostage facilité. Bibliothèque nationale du Québec: NOVA Environcom
- Nagavallema K.P, Wani S.P., Lacroix S, Padmaja V.V, Babu., Rao M and Sahrawat K.L, 2004. Vermicomposting : Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Theme on Agrosystems Report no.8. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. P.20. Famille. 800pp. Verm Ecology. Canberra
- Nelson DC, Riseborough JA, Flematti GR et al (2008) Karrikins discovered in smoke trigger Arabidopsis seed germination by a mechanism requiring gibberellic acid synthesis and light. *Plant Physiol* 149:863–873
- Nelson GC, Rosegrant MW, Koo J, Robertson R, Sulser T, Zhu T, Ringler C, Msangi S, Palazzo A, Batka M, Magalhaes M, Valmonte-Santos R, Ewing M, Lee D (2009) Climate change: impact on agriculture and costs of adaptation. IFPRI Food Policy Report, Washington DC.
- Nordstierna, L., Abdalla, A.A., Masuda, M., Skarnemark, G., & Nydén, M. (2010). Molecular release from painted surfaces: Free and encapsulated biocides. *Progress in Organic Coatings*, 69(1), 45-48.
- organiques dans les olet les impact sur l'environnement. Dans: SANTOS, G.A.; SILVA.
- Pajot. E., 2010 : Les stimulations des Défenses Naturelle en Production Végétale : Mythe ou Réalité? XVI Rencontres Professionnelles. EPV alinov-VEGEPOL. Rittmo. Colmar.
- Posmyk, M.M. and K. Szafrńska, Biostimulators: a new trend toward solving an old problem. *Frontiers in plant science*, 2016
- Price, L. et Price, S., 2004 : Understanding hydrosols (the specific hydrosols for aromatherapy), Churchill Livingstone, New York, 294p
- Richard J., Benoît J.-P., Microencapsulation, Techniques de l'Ingénieur, Traité génie des procédés, J2 210, 2000.
- Roche S, Koch J and Dixon KW (1996) Smoke-enhanced seed germination for mine rehabilitation in the south-west of Western Australia. *Rest Ecol* (in press)
- Rodriguez, V. B., Henry, S. M., Hoffman, A. S., Stayton, P. S., Li, X., & Pun, S. H. (2008). Encapsulation and stabilization of indocyanine green within poly(styrene-alt-maleic anhydride)

## Les Références Bibliographiques

---

- block-poly (styrene) micelles for near-infrared imaging. *Journal of biomedical optics*, 13(1), 014025.
- S.(2009). Intermittent and light daily smoking across racial/ethnic groups in the United States. *Nicotine & Tobacco Research*, 11(2), 203-210.
  - Salemi J. c. 2012. Compost, France: SPW.
  - Sangeetha, S. P., Balakrishnan, A., & Bhuvaneshwari, J. (2010). Organic nutrient sources on growth and yield of rice. *Madras Agricultural Journal*, 97(7/9), 251-253.
  - SBCS. Société brésilienne de science du sol et des engrais. réglage manuel pour des États de Rio Grande do Sul et Santa Catarina. Porto Alegre : Comité de chimie et fertilité du sol, 2004. 10 ed, 400 p
  - Scher, H. B., Rodson, M., & Lee, K. S. (1998). Microencapsulation of pesticides by interfacial polymerization utilizing isocyanate or aminoplast chemistry. *Pesticide Science*, 54(4), 394-400.
  - Shabir, S., Ilyas, N., Asif, S., Iqbal, M., Kanwal, S., & Ali, Z. (2021). Deciphering the Role of Plant-Derived Smoke Solution in Ameliorating Saline Stress and Improving Physiological, Biochemical, and Growth Responses of Wheat. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-18.
  - Shabir, S., Ilyas, N., Asif, S., Iqbal, M., Kanwal, S., & Ali, Z. (2021). Deciphering the Role of Plant-Derived Smoke Solution in Ameliorating Saline Stress and Improving Physiological, Biochemical, and Growth Responses of Wheat. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-18.
  - Shakir, M. and W. Al-Rawi, Effect of garlic and licorice root extract on leaves mineral and hormonal content of pear transplants. *The Iraqi Journal of Agricultural Science*, 2017.
  - Shao, P., Zhang, H., Niu, B., and Jiang, L. (2018). Antibacterial activities of R-(+)-Limonene emulsion stabilized by *Ulva fasciata* polysaccharide for fruit preservation. *Int J Biol Macromol* 111: 1273-1280.
  - Sparg, S. G., Kulkarni, M. G. and Van Staden, J. (2006). Aerosol smoke and smoke-water stimulation of seedling vigor of a commercial maize cultivar. *Crop Sci.* 46: 1336-1340
  - Stelinski, L. L., McGhee, P., Haas, M., Il'ichev, A. L., & Gut, L. J. (2007). Sprayable microencapsulated sex pheromone formulations for mating disruption of four tortricid species: effects of application height, rate, frequency, and sticker adjuvant. *Journal of Economic Entomology*, 100(4), 1360-1369.
  - Sugamori, M. E., & Sefton, M. V. (1989). Microencapsulation of pancreatic islets in a water-insoluble polyacrylate. *ASAIO Transactions*, 35(4), 791-799.
  - Tain, L., Perrot-Minnot, M. J., & Cézilly, F. (2006). Altered host behaviour and brain serotonergic activity caused by acanthocephalans: evidence for specificity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1605), 3039-3045.
  - Tawaha K., Alali F. Q., Gharaibeh M., Mohammad M. and El-Elmat T. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. *Food Chem.* 2007; 104: 1372-1378.

## Les Références Bibliographiques

---

- Taylor, J. L. S. and Van Staden, J. (1996). Root initiation in *Vignaradiata* (L.) Wilczek hypocotyl cuttings stimulated by smoke-derived extracts. *Plant Growth Regul.* 18:165-168.
- TEDESCO, M.J.; SELBACH, P.A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, f.a.o. des résidus
- TRANI, p. e. et al. **Fertilisant organique des légumes et des fruits.** Campinas : Instituto Agrônômico, 2013, 16p.
- Trinidad, D.R., Pérez-Stable, E.J., Emery, S.L., White, M.M., Grana, R.A., & Messer, K.
- **Van Staden J, Jäger AK, Light ME, Burger BV (2004)** Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke. *SAfr J Bot*
- Van Staden, J., Jager, A. K., Light, M. E., & Burger, B. V. (2004). Isolation of the major germination cue from plant-derived smoke.
- Xiao, Zhizhuang, Reginald Storms, and Adrian Tsang. "A quantitative starch? Iodine method for measuring alpha-amylase and glucoamylase activities." *Analytical biochemistry* 351.1 (2006): 146-148.
- Yakhin O.I, Lubyantov A.A, Yakhin I.A., Brown P.H., 2017. Biostimulants in Plant Science: A global Perspective. *Frontiers in Plant Science* 7, p 1-32.
- Yakhin, O. I., Lubyantov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science*, 7, 2049.
- Zulfiqar, F., et al., An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. *Plant Sci*, 2020. 295: p. 110194.