

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Blida1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des biotechnologies et agro-environnemental

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention Du diplôme de Master

Option : PHYTOPHARMACIE ET PROTECTION DES VEGETAUX

Filière : AGRONOMIE

Mémoire de fin d'études

**POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN PHYTOPHARMACIE ET
PROTECTION DES VEGETAUX**

Sous le thème :

**Evaluation de différentes formulations des extraits de
moringa oliefera sur la germination des semences.**

Présenté par :

OTMANI marwa
OUARGUI manelle
TAHAR ERRAHMANI naziha

Devant le jury :

Mme CHAICHI	M.C.A	Présidente	USDB
Mme BRAHIMI	M.C.B	Examinatrice	USDB
Mr DJAZOULI Z/E.	Professeur	Promoteur	USDB
Mme STASAIID F/Z	Doctorante	Co-promoteur	USDB

Année universitaire 2020-2021

Remerciements

Avant tout nous adressons nos vifs remerciements ALLAH le tout puissant, qui nous a dotés d'une grande volonté et d'un savoir adéquat pour mener à bien ce modeste travail.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour son l'aide le promoteur Mr DJAZOULI Zahr-Eddine Professeur et Directeur de l'école supérieur des sciences de L'Aliment et des industries Agroalimentaire on le remercie pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charge académiques et professionnelles.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre Co promotrice la Doctorante Stasaïd F/Z pour son aide, ses conseils précieux, ses qualités humaines, ses explications et suggestions pertinentes qui nous ont permis d'enrichir nos connaissances et de réaliser un travail convenable.

Un grand et respectueux remerciement aux membres des jurys pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Il Nous est spécialement agréable, d'exprimer toute notre reconnaissance envers Monsieur Youcef, Abd elfatah et Ayoub pour leurs aides conseils avis éclairés et leur Disponibilité pendant l'expérimentation et envers tous les personnes qui de près ou de loin qui nous a apporté leurs soutiens dans la réalisation de ce projet

Enfin nous remercions également tous nos parents nos sœurs et frères, nos enseignants et camarades de cette promotion, nos amis et nos proches, chacun à sa manière qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage durant ces longues années d'études.

Marwa Manelle et Naziha

Dédicaces

*Tout d'abord je tiens à remercier Dieu, le tout puissant qui m'a ouvert les portes
du savoir et m'a permis de réaliser ce travail.*

A mes deux précieux êtres dans cette vie, mon père et ma mère.

*Vraiment aucune dédicace n'exprime mon attachement, mon amour et mon
affection, je vous ce modeste travail offre comme une très petite reconnaissance
en témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont vous m'avez
toujours comblé avec :*

Je le dédie aussi :

*A mes sœurs et frères : khouloud amina sabrina fati mohemed et abelmalek à qui
je souhaite beaucoup de réussite et de bonheur*

*A tout la famille Otmani en particulier ma grande mère fatiha en témoignage de
mon profond respects*

*A mes chères trinômes manelle et Naziha et mes adorables cousines Amira et
meriem pour leurs soutiens, leurs encouragements durant mon parcours scolaire.*

*A tous mes amis (e) et mes camarades de classe meriem ikram et en particulier
mohamed qui n'a cessé de m'aider avec son indéfectible soutien.*

*Tous ceux que j'aime bien j'adresse mes sentiments le plus chaleureux A tous ceux
qui m'ont aidé*

Marwa

Dédicaces

Avant tout c'est grâce à ALLAH Je suis arrivé à ce stade

Ce mémoire est dédié à mes parents. À ma petite sœur Aicha

À mon frère Mohamed ainsi qu'à sa femme Kawthar et leur fille IHCEN

À mon frère Ahmed ainsi qu'à sa femme Abir et leur deux filles Nour Elyakïn et

Silène

À mon frère Abdelkader

À tous ma famille

À mes très chères Amis MARWA MANELLE

Et à tous ceux que ma réussite leur tient à cœur

NAZIHA TAHAR ERRAHMANI

Dédicaces

A ma Mère,

« Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.

En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée. »

A mon Père,

L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que Dieu te Préservé et te procure santé et longue vie. »

A Ma adorable petite Sœur WISSAL et Mes frères SABER et ZINO qui sont toujours soutenue

A ma grand-mère et mes tantes Aïcha kfiadidja et sadjia que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A mon cousin Oussama merci pour leur encouragement.

Sans oublier mon trinôme Marwa et naziha pour son soutien moral et sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Manelle

Table de matière

✚ Remerciements

✚ Dédicaces

✚ Résumé

✚ Liste des abréviations

✚ Liste des figures

✚ Listes des tableaux

Introduction..... 1

CHAPITRE I

Biostimulants Biofertilisants

I. Biostimulants-Biofertilisants.....	5
I.1. Terminologie	5
I.2. Définition	5
I.3. Classification	6
I.4. Composition	7
I.5. Modes et mécanismes d'actions des biostimulants.....	7
I.6. Cadre réglementaire	9
I.7. Production de biostimulants et biofertilisants à la ferme	10
I.8. Modes d'utilisation.....	15
I.9. Effets observés et efficacité	15
I.10. Intérêts des biostimulants pour l'agroécologie	17
I.2. Généralités sur <i>Moringa oleifera</i>	19
I.2.1. Définition de la plante d'intérêts:	19
I.2.2. Description botanique de la plante.....	19
I.2.2.1. Systématique et nomenclature de <i>Moringa oleifera</i>	19
I.2.2.2. - Description botanique des feuilles de <i>Moringa</i>	20
I.2.2.3. Composition chimique et valeur nutritionnelle de <i>Moringa oleifera</i> ..	20
I.2.2.4. Les vertus de l'arbre <i>Moringa oleifera</i>	22

CHAPITRE II

Généralités sur le maïs

II.1. Généralité sur Le maïs.....	24
II.1.1. Origine du maïs	24
II.1.1. Situation du maïs	24
II.1.1.1. Situation du maïs dans le monde	25
II.1.1.2. En Algérie.....	25
II.1.2. Classification Botanique.....	26
II.1.3. La graine.....	27
II.2. La germination	28

CHAPITRE III

Matériel et méthodes

III.1. Objectif.....	32
III.2. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales	32
III.3. Matériels d'étude.....	32
III.3.1. Matériel végétal	32
III.3.2. Présentation des biofertilisants	33
III.3.2.1. Biofertilisant à base de jus de lombricompost brut	33
III.3.2.2. Biofertilisants à base de l'extrait aqueux de <i>Moringa oleifera</i>	34
III.3.2.3. Biofertilisant à base de l'extrait méthanolique de <i>Moringa oleifera</i>	34
III.3.3. Application des biofertilisants.....	35
III.3.4. Préparation des graines.....	35
III.3.4.1. Matériel utilisé.....	35
III.3.4.2. Préparation du dispositif expérimental.....	35
III.4. Paramètres étudiés	36
III.4.1. Taux de germination	36
III.4.2. longueur des tiges et racines	37
III.5. Analyses des données	37

CHAPITRE IV

Résultats

I. Étude de l'évaluation des paramètres de germination sous l'effet des bioproduits.....	39
I.1. Etude de l'évolution de taux de germination sous l'effet des bioproduits	39
I.2. Etude de la germination par temps sous l'effet des bioproduits	42

I.3. Etude de l'évolution temporelle de la germination sous l'effet des concentrations des bioproduits	45
II. Etude de l'expression végétative du Mais sous l'effet des bio produits.....	47
II.1. Etude de l'évolution temporelle de la longueur des tiges sous l'effet des bioproduits	48
II.2. Etude de l'évolution temporelle de la longueur des racines sous l'effet des bioproduits	50
Discussion Général	52
Conclusion et perspectives	56
Références Bibliographiques	

Résumé

Description du sujet : La production intégrée en agriculture durable vise l'amélioration de l'efficacité des intrants biologiques à travers les bio fertilisants à base animale et à base de plantes *moringa oliefera* ce qui constitue une excellente source d'engrais naturels.

Objectifs : L'étude vise à évaluer et de comparer l'effet de différentes concentrations d'un produit à base d'un bio fertilisant d'origine végétale : les extraits des(*moringa oliefera*) et produit a base animale : jus de lombricompost (L'élevage de ver de terre anécique *Eisinia fætida*) sur les paramètres de germination .

Méthodes : huit traitements résultant de la combinaison de Cinq doses retenues du biofertilisant des extraits aqueux de *moringa oliefera* brutes et methanolyque avec ses deux formulations et biofertilisants de lombricompost brute et formulé (1%, 1,5%, 2%, 2,5% et 3%) avec une seules mode d'application: application en priming), comparés à un témoin négatif. l'eau courant

Résultats : Nos résultats montrent que:

le jus de lombricompost brut est significative par apportles autres biofertilisants , et les traitements MEMF2 , L'eau courante et MEAF2 sont affichées les meilleurs croissance du taux de germination

les traitements MEMF1 et MEMF2 presentent un meilleur effet par apport les autres traitements au niveau de la partie racinaires dans les cinq concentration.

Concernants le développement de la partie aérienneLes biofertilisants MEM et MEMF1 ont un effet par apport les autres biofertilisants dans les quatre dose sauf la dose 2,5 ml et le biofertilisant MEMF2 donne un effet positif dans la concentration de 2,5 ml ..

Conclusion : les resultats obtenus dans le cadre de nos experimentation nous permettent de conclure que les traitements des biofertilisants formulés riches en composés nutritifs pourraient aussi promouvoir la croissance des plants et pourraient ainsi stimuler la germination des graines

Mots clés : biofertilisant, mioringa oliefera, Germination des graines, application en priming, .

Abstract

Topic Description: Integrated production in sustainable agriculture aims to improve the efficiency of organic inputs through animal-based bio-fertilizers and moringa oliefera plants, which is an excellent source of natural fertilizers.

Objectives: The study aims to evaluate and compare the effect of different concentrations of a product based on a bio-fertilizer of plant origin: extracts of (moringa oliefera) and animal-based product: vermicompost juice (The breeding of anecic earthworm *Eisina fætida*) on germination parameters.

Methods: eight treatments resulting from the combination of Five retained doses of the biofertilizer of aqueous extracts of crude and methanolyque moringa oliefera with its two formulations and biofertilizers of crude and formulated vermicompost (1%, 1.5%, 2%, 2.5% and 3%) with only one mode of application: priming application), compared with a negative control. (running water)

Results: Our results show that:

the juice of raw vermicompost is significant by the addition of other biofertilizers, and the MEMF2, running water and MEAF2 treatments show the best growth in germination rate

the MEMF1 and MEMF2 treatments have a better effect by providing the other treatments at the level of the root part in the five concentrations.

Concerning the development of the aerial part The biofertilizers MEM and MEMF1 have an effect by supplying the other biofertilizers in the four doses except the 2.5 ml dose and the biofertilizer MEMF2 gives a positive effect in the concentration of 2.5 ml.

Conclusion: the results obtained within the framework of our experiments allow us to conclude that the treatments of formulated biofertilizers rich in nutritive compounds could also promote the growth of the plants and could thus stimulate the germination of the seeds.

Key words: biofertilizer, mioringa oliefera, Seed germination, priming application,.

الملخص

وصف الموضوع: يهدف الإنتاج المتكامل في الزراعة المستدامة إلى تحسين كفاءة المدخلات العضوية من خلال الأسمدة الحيوية القائمة على الحيوانات ونباتات المورينغا أوليفي ار، والتي تعد مصدرا ممتازا للأسمدة الطبيعية.

الأهداف: تهدف الدراسة إلى تقييم ومقارنة تأثير التركيبة المختلفة لمنتج ما بناءً على سماد حيوي من أصل نباتي، مستخلصات (المورينغا أوليفي ار) والمنتج الحيواني، عصير السماد الدودي (تكاثر دودة الأرض السلالة *Eisinia fætida*) على معلمات الإنبات.

الطرق: ثمانية معالجات ناتجة عن الجمع بين خمس جرعات محتجزة من السماد الحيوي للمستخلصات المائية من الخام والميثانوليك مورينغا أوليفي ار بتركيبتهما والأسمدة الحيوية من السماد الدودي الخام والمركب (1% ، 5.1% ، 2% ، 5.2% و 3%) مع وضع واحد فقط للتطبيق: تطبيق فتيل (، **النتائج:** أظهرت نتائجنا وجود الفرق بالنسبة لبذور الذرة المعالجة بمختلف الأسمدة الحيوية من حيث معدل الإنبات، وارتفاع السيقان، وطول جزء الجذر.

الخلاصة: يبدو أن طريقة الاستخدام (التحضير) بواسطة الأسمدة الحيوية المعتمدة على مستخلص الميثانول المورينغا أقل أهمية بشكل ملاحظ بالنسبة لغالبية معلمات إنبات محصول الذرة **الكلمات المفتاحية:** الأسمدة الحيوية، *mioringa oliefera* ، إنبات البذور ، التطبيق الأولي،

Liste des abréviations

- **MEA** Moringa extraits aqueux
- **MEAF1** Moringa extraits aqueux formulation 1
- **MEAF2** Moringa extraits aqueux formulation 2
- **MEM** Moringa extraits Méthanolique
- **MEMF1** Moringa extraits Méthanolique formulation 1
- **MEMF2** Moringa extraits Méthanolique formulation 2
- **VLC** Lombricomposte brut
- **VLCF** Lombricomposte formulé
- **FAO** Food and Agriculture Organization
- **Fig** Figure
- **P** probabilité

Liste des figures

Figure 1 : Cartographie terminologique des biostimulants (Faessel et al., 2014)	5
Figure 2 : Schématisation de la mise en place des réponses de défense de la plante suite à la reconnaissance d'un éliciteur (Faessel et al., 2014).....	8
Figure 3 : Différentes matières premières entrant dans la fabrication de lombricomposts	11
Figure 4 : Lombricompost : partie solide et lixiviats	11
Figure 5 : Différentes applications des micro-organismes autochtones (Kamar et al., 2015)	13
Figure 6 : Les effets constatés des biostimulants dans des exploitations de Guadeloupe	16
Figure 7 : Comparaison du contenu nutritionnel des feuilles de <i>Moringa oliefera</i> avec d'autres aliments(Fuglie , 2002).	21
Figure 8 : Diffusion du maïs dans le monde et son transfert Il est originaire de régions.....	24
Figure 9 : Les différentes parties d'un grain de maïs (vue en coupe longitudinale)	27
Figure 10 : Principaux événements liés à la germination.....	28
Figure 11 : Différentes phases de la germination des semences d'après Evenari (1957)	29
Figure 12 : Graines de Maïs (Original).....	32
Figure 13 : Dispositif de production du jus de lombricompost (original).....	34
Figure 14 : Schéma explicatif du dispositif expérimental	36
Figure 15 : Méthode de mesure des racines et des tiges (Originale).....	37
Figure 16 : Effet des différents traitements sur le taux de germination du Maïs	40
Figure 17 : Effet des différents traitements sur le taux de germination du Maïs	42
Figure 18 : Effet des traitements sur la germination des graines de maïs par temps	44
Figure 19 : Evolution de germination pour chaque concentration en fonction de temps.....	47
Figure 20 : Evolution temporelle de la longueur des tiges sous l'effet des bioproduits	49
Figure 21 : Évolution temporelle de la longueur des racines sous l'effet des bioproduits	51

Listes des tableaux

Tableau 1: Illustration des ingrédients utilisés pour la fabrication de micro-organismes efficaces	14
Tableau 2: Exemples d'utilisation de biostimulants chez des agriculteurs en Guadeloupe ...	16
Tableau 3: Lien entre les 3 principes de l'agroécologie et les principales caractéristiques des biostimulantsbiofertilisants (Faessel et al., 2014)	18
Tableau 4: Composition moyenne des feuilles de Moringa oleifera.....	21
Tableau 5: Importance de la production de maïs dans le monde. Données issues du site internet de la FAO (Food and agricultural organization of the United Nations) http://www.fao.org en 2006	25
Tableau 6 : importance du maïs en Algérie	26
Tableau 7: Classification du maïs.....	26

Introduction

L'agriculture conventionnelle est la plus pratiquée à travers le monde, elle est apparue après les grandes guerres mondiales qui ont grandement amélioré la connaissance de la chimie. C'est une agriculture où les traitements sont réalisés grâce à des produits chimiques plus ou moins nocifs. Ceux-ci sont appliqués pour prévenir des maladies et des insectes nuisibles des cultures ; tous ces produits au même titre que ceux employés en biologie se retrouvent dans les aliments ; par contre leurs toxicités sont estimées supérieures aux produits certifiés pour l'agriculture biologique. Il est prouvé que ces produits s'accumulent dans les graisses et lorsque leur teneur devient élevée la probabilité de développer une maladie comme le cancer est plus importante. Un des plus gros problèmes d'agriculture conventionnelle reste la mort des sols et des sous-sols; en effet pour fonctionner le sol a besoin de bactéries et des champignons et de la microfaune. L'utilisation de produits chimiques puissants contre les champignons nuisibles des cultures (fongicides), contre les insectes nuisibles (insecticide) et pour maîtriser l'herbe (herbicide) a contribué à diminuer la vie dans les sols à un stade où pour produire des sols pauvres ne fabriquant plus leur propre matière organique.

Un tiers des sols déjà dégradés dans le monde. Rappelons ; à l'occasion de la journée mondiale de sols, que l'agriculture conventionnelle est un véritable fléau à la fois pour les milieux de notre santé. Les conséquences pour nos terroirs dont les sols littéralement morts. Si l'agriculture productiviste conventionnelle contribue fortement à la pollution généralisée de nos milieux (sols, eau, air) et à la disparition de la biodiversité de nos campagnes elle peut également tuer nos sols. **CHRISTOPHE, MAGDELAINE(2018)**

SMALING et al., (1997) affirment que les teneurs fortement négatives en N, P et K démontrent que «la fertilité des sols est en danger en Afrique».

Un rapport récent de la FAO note que le taux annuel de déforestation pendant la période 1990-1995 étant de 0.7% en Afrique, ce qui représente plus du double de la moyenne mondiale (**FAO2000**).

Dans ce contexte, il paraît que l'agriculture moderne ou conventionnelle a un effet de dégradation considérable; ce qui est en train de se mettre en question, au même temps que surgissent graduellement des systèmes alternatifs de production appelés génériquement agriculture durable qui essayent de résoudre ces problèmes.

La production végétale et l'établissement de bonnes cultures agricoles dépendent étroitement de la germination des semences qui est une étape cruciale dans le cycle de vie des végétaux supérieures (**CHENG et BRADFORD, 1999**). Or, la germination peut être hétérogène vu que les semences ne germent pas toutes de la même manière ni en même temps. Afin de résoudre ces problèmes et d'améliorer le développement et le rendement des espèces végétales; plusieurs approches ont été utilisées depuis plusieurs années (**BASRA et al., 2003**)

Dans cette optique on essaye de développer des bio fertilisants qui ne sont pas nocifs ni pour la santé humaine et qui n'ont pas d'effet néfaste sur l'environnement et qui peuvent être utilisés comme des stimulateurs de croissances.

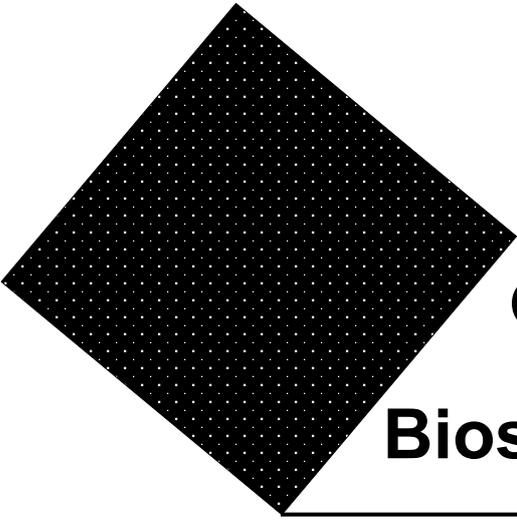
Pour une communauté agricole, nous avons développé une méthode très simple pour préparer l'extrait de feuille de *Moringa* est un agent d'amorçage des graines et un activateur de croissance du blé, il augmente le rendement, la teneur en matière sèche, la surface foliaire et l'indice foliaire. **MUDJAHID et al., (2015)**.

Selon **FOIDL et al. (2001)**, les bio-fertilisants et engrais issus des plantes ont des avantages multiples surtout pour les paysans agriculteurs, de part leur accessibilité et leur moindre coût sans oublier leur faible toxicité et résistance.

l'extrait à l'éthanol à 80 % obtenu à partir des feuilles de *Moringa* contient des facteurs de croissance (hormones du type cytokinine) Son aspersion après dilution dans l'eau produit des effets significatifs: croissance plus vigoureuse sur un cycle de vie plus long; racines, tiges et feuilles plus robustes, fruits plus gros, teneur plus élevée en sucres. L'utilisation de cet extrait permet d'augmenter globalement les rendements de 20 à 35% **FOIDL et al., 2001**).

Nous avons entrepris ce travail expérimental afin d'évaluer et comparer l'effet de différentes concentrations des bioproduits d'origine végétale (*Moringa oliefera*) et

animale (jus de lombricompost) en brut et via des formulations, afin d'augmenter l'efficience de fertilisation, sur les parametres de germination des graines de maïs.



CHAPITRE I

Biostimulants Biofertilisants

I. Biostimulants-Biofertilisants

I.1. Terminologie

La terminologie relative aux produits de stimulation est évolutive et diversifiée. On retrouve sous le terme « biostimulant » de nombreux produits qui ont été qualifiés comme : stimulant biogénique, stimulateur métabolique, régulateur positif de la croissance des plantes, éliciteur, préparation allélopathique, conditionneur de plantes, phytostimulant, biofertilisant. On les confond aussi parfois avec les produits de croissance hormonaux des plantes PGRs (Plant Growth Regulators), ou les biorégulateurs. Il existe également un recouplement avec les stimulateurs de défenses des plantes (SDP), utilisés dans le cadre de la phytoprotection et les matières fertilisantes et support de cultures (MFSC). Une cartographie des terminologies a été dressée pour tenter une première mise en perspective par Faessel et al. (2014) (Figure 1).

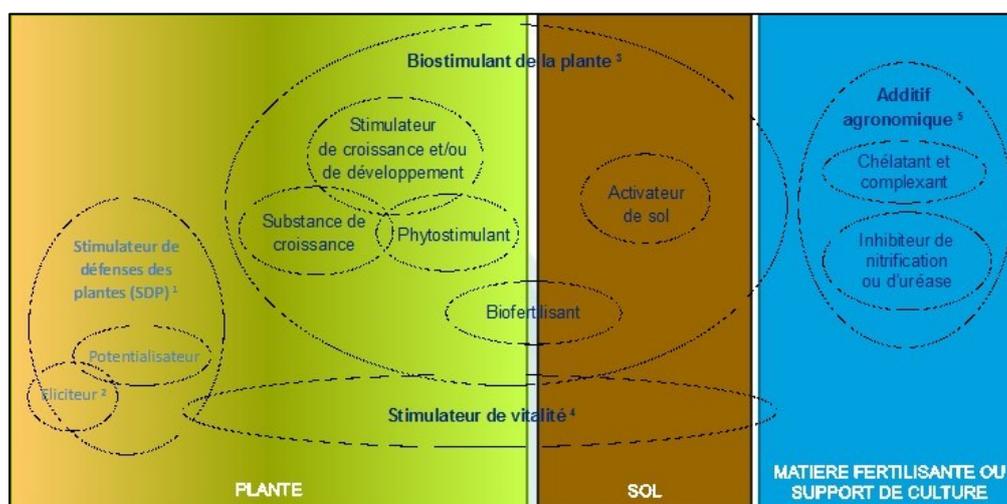


Figure 1 : Cartographie terminologique des biostimulants (Faessel et al., 2014)

La multiplicité de termes, recouvre une multiplicité de modes d'action que les scientifiques tentent de décrire et d'expliquer.

I.2. Définition

Dans la littérature scientifique, le mot biostimulant a été utilisé pour la première fois par **Kauffman et al. (2007)**. Depuis, des réflexions ont été menées pour mieux définir ce nouveau concept polysémique, qui cible la plante, le sol et/ou les matières

fertilisantes et les supports de culture pour favoriser la croissance et le développement des plantes. 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 ».

Afin d'intégrer divers aspects tels que l'origine naturelle des produits sources, la complexité du mélange des constituants dans le produit fini, la non connaissance des principes actifs, et la possibilité d'effets synergiques non connus entre les constituants, **Yakhin et al. (2017)** proposent la nouvelle définition suivante : « Un Biostimulant est un produit d'origine biologique qui améliore la productivité des plantes consécutive à des propriétés émergentes provoquées par les complexes de constituants, et non comme seule conséquence de la présence de nutriments essentiels, de régulateurs de croissance des plantes ou de composés protecteurs des plantes, connus ». En ce qui concerne un biofertilisant, il se définit comme étant une solution contenant des microorganismes, bactéries et /ou champignons, que l'on applique aux plantes pour augmenter la disponibilité des nutriments et leur utilisation par les plantes, indépendamment de leur contenu en nutriments. Un biofertilisant peut aussi être défini comme un biostimulant microbien améliorant l'efficacité de la nutrition de plantes (Du Jardin et al., 2015).

I.3. Classification

Les auteurs classent les biostimulants en fonction de divers critères tels que l'origine et la nature des ressources utilisées pour leur fabrication, leur fonction, leur utilisation ou type d'effets observés. On retrouve une classification allant de 9 groupes de matières premières décrits par **Ikrina et al. (2004)** à 5 groupes décrits **par Torre et al. (2016)** qui sont pour ce dernier : les substances humiques, les extraits d'algues, les hydrolysats de protéines et acides aminés, les sels inorganiques et les microorganismes (bactéries et champignons bénéfiques). Selon les travaux de différents auteurs (**Yakhin et al., 2017**), on retrouve par exemple les substances humiques décrites comme des amendements de sols pour la santé des plantes, tandis que les PGPRs (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) sont classés comme des biofertilisants, phytostimulants et biopesticides. **Du Jardin et al. (2015)** considèrent

les biofertilisants comme une sous-catégorie de biostimulants. Les extraits d'algues et les micro-organismes sont considérés par d'autres auteurs comme des biofertilisants.

En considérant ces définitions, décrites précédemment, la classification des produits « biostimulants », mise en regard de celle des biofertilisants ou biopesticides se fait dans la catégorie des produits de protection des plantes et fertilisants de composition chimique inconnue, mais dont les effets sur la croissance ou la protection des plantes ont été clairement identifiés. Ils sont donc tous les trois, issus de ressources naturelles, à l'opposé des produits issus de la chimie de synthèse, dont les principes actifs et les mécanismes d'action sont connus, tels que les régulateurs de croissance, les pesticides et les fertilisants minéraux. La classification par origine, telle que proposée par les auteurs, ne donne a priori pas d'information sur le mode d'action des produits, mais permet de comparer plus aisément les produits entre eux.

I.4. Composition

La composition des biostimulants et biofertilisants dépend largement des ressources naturelles utilisées (espèces, tissus, conditions de développement) (Yahkin et al., 2017 ; Du Jardin et al., 2015). On y retrouve les métabolites primaires : acides aminés, sucres, nucléotides et lipides; et les métabolites secondaires formés à partir des différents processus du métabolite primaire. La complexité de la composition se traduit par le fait que l'on a un mélange des différents groupes chimiques tels que, i) des hormones de plantes ou des substances agissant comme des hormones; ii) des acides aminés, bêtaïnes, peptides, protéines; iii) des sucres (carbohydrates oligo-poly-saccharides), amino polysaccharides; iv) des lipides, vitamines, nucléotides ou nucléosides; v) des substances humiques (acides humiques et fulviques), éléments bénéfiques, composés phénoliques, stérols, etc.

I.5. Modes et mécanismes d'actions des biostimulants

Ainsi, la composition chimique des biostimulants et biofertilisants est complexe et les principes actifs méconnus. Cependant, les connaissances sur les modes d'actions et mécanismes 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 Yahkin et al. (2017) et Faessel et al. (2014), les 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 la photosynthèse, de l'absorption des nutriments du sol (Azote, Phosphore...), de la résistance au stress biotique, du métabolisme de N et P du sol, de l'activité microbienne des sols ; 2 - la réduction ou l'amélioration des effets négatifs des facteurs de stress abiotiques (sécheresse, chaleur, froid, salinité, oxydation, stress mécaniques ou chimiques). Les mécanismes impliqués dans la mise en place d'une résistance induite porterait sur 5 étapes clés que sont : 1- la reconnaissance des principes actifs sur des récepteurs spécifiques permettant la pénétration des molécules actives dans les cellules et tissus ; 2- la translocation et la transformation dans les plantes ; 3- l'expression de gènes de défense, de signaux et de régulation du statut hormonal permettant une résistance locale induite; 4- l'activation du processus métabolique et enfin, 5- la transmission de signaux et l'intégration de la résistance induite à la plante entière (Figure 7).

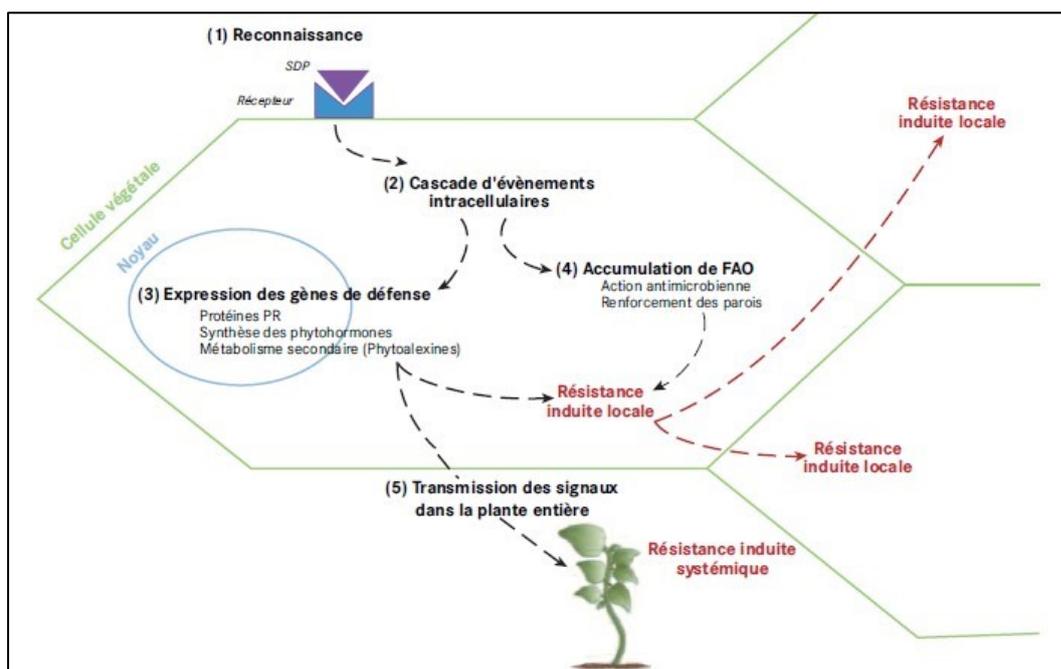


Figure 2 : Schématisation de la mise en place des réponses de défense de la plante suite à la reconnaissance d'un éliciteur (Faessel et al., 2014)

I.6.Cadre réglementaire

Si l'on accepte le concept qu'un biostimulant est un produit naturel dont le bénéfice pour la production agricole est clair mais dont les principes actifs et les mécanismes d'action sont inconnus, alors, il peut être régulé simplement par son innocuité et la preuve de son efficacité (Yakhin et al., 2017). Le biostimulant ne peut suivre la réglementation appliquée pour les produits de protection des plantes ou les produits de biocontrôle relevant du règlement CE n° 1107/2009, même si la frontière entre biostimulant et produit de biocontrôle n'est pas très claire.

En France, il n'existe pas actuellement de norme générique pour mettre sur le marché les biostimulants, cependant, ils peuvent l'être s'ils sont associés avec des supports de culture (Norme NF U44-551/A4) ou avec des matières fertilisantes (norme F U44-204).

Au niveau européen, afin de changer les mentalités sur le recyclage des déchets, de favoriser une meilleure gestion des ressources, de clarifier et d'homogénéiser la réglementation pour améliorer la protection de la santé humaine et de l'environnement, une nouvelle proposition pour la réglementation des produits fertilisants, incluant les biostimulants, en les intégrant au paquet sur l'économie circulaire, a été adoptée le 17 mars 2016, et devrait être opérationnelle en 2019. Cette nouvelle réglementation concerne une large gamme de produits organisée en une « tool kit ». 7 catégories de produits (PFC - product function category), constitués de composants de différentes natures réparties en 11 catégories (CMC « component material categories ») ont été retenues afin de couvrir tous les champs de la nutrition des plantes : fertilisants, amendements minéraux, améliorateurs de sols, support/milieu/substrat de culture, additifs agronomiques, biostimulants et substances fertilisantes en mélange. Ainsi, cette liste de PFC comprend les produits issus des déchets animaux ou végétaux (composts, vermicomposts, fumiers, etc...), et les produits biostimulants d'origine microbienne ou non. Dans la « tool kit », les biostimulants sont composés de 3 types de substances (CMC) :

- CMC 1 : substances et mélanges à base de matières vierges
- CMC 2 : partie de végétaux ou extraits de végétaux non traités ou traités mécaniquement (extraction à l'eau uniquement)

- CMC 7 : micro-organismes y compris micro-organismes morts ou des parois cellulaires vides de micro-organismes, ainsi que des résidus non nocifs du milieu dans lequel ils se sont développés, obtenus par déshydratation ou lyophilisation.

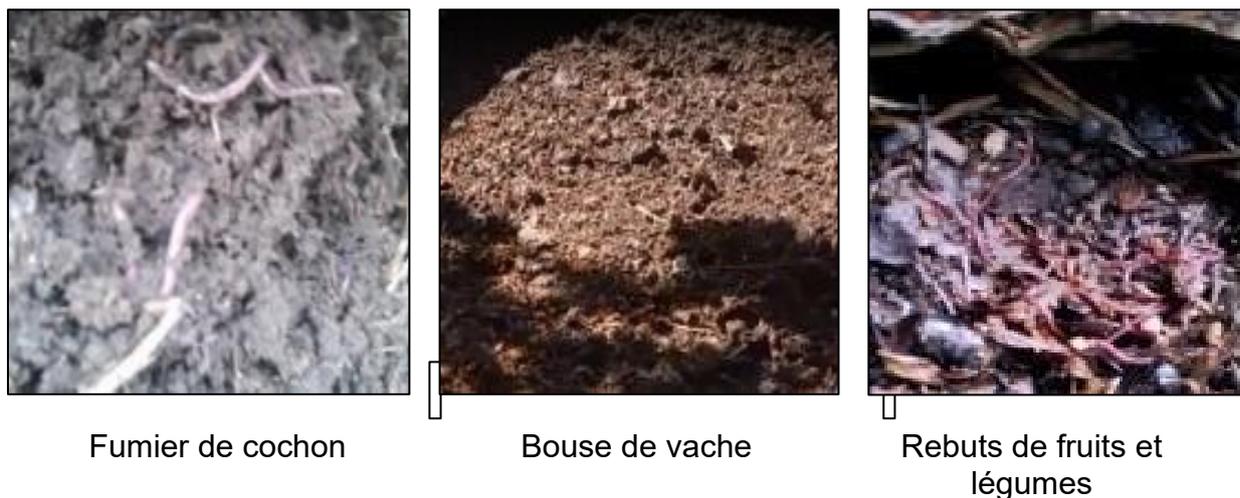
Ce nouveau cadre législatif devrait permettre de définir des standards, des procédures d'évaluation de la conformité, d'homogénéiser les exigences de qualité et de sécurité des produits sur le marché et également de réduire les coûts de mise en marché.

Par ailleurs, lorsque les performances environnementales des produits seront à valoriser, ils devront suivre la réglementation REACH si cela est nécessaire, et il sera établi des seuils limites de contaminants pour les éléments tels que le cadmium, les métaux lourds, les résidus plastiques ou autres contaminants organiques.

1.7. Production de biostimulants et biofertilisants à la ferme

Un premier exemple de la méthode de fabrication de biostimulant et/ou biofertilisant, relativement simple et mise en œuvre par des agriculteurs de l'association A.P.E.Caraïbe (Association pour une Agriculture Paysanne et Ecologique dans la Caraïbe) est illustré ci-après. Il s'agit de la production de lombricomposts et de jus de lombricomposts à partir des ressources naturelles de l'exploitation agricole.

Les matières premières sont constituées de produits naturels, présents sur l'exploitation d'origine animale (bouse de vache, fumier de cochon, de cheval...) ou végétale (rebut de fruits et légumes, hampes de bananes), ou provenant du milieu marin (algues sargasses) (Figure 3).



Fumier de cochon

Bouse de vache

Rebuts de fruits et légumes

Figure 3 : Différentes matières premières entrant dans la fabrication de lombricomposts

Des baignoires recyclées servent de lombricomposteurs. Un vers spécifique et autochtone fourni par le réseau APEC Araïbe, est sélectionné selon le type de matières organiques utilisé. La conduite du compostage dure deux mois, et se fait à température ambiante, sous un espace ombragé, à l'abri du soleil, avec un arrosage régulier. Le lombricompost (partie solide), et le jus de lombricompost (partie liquide collectée sous la baignoire) sont récoltés régulièrement et utilisés sur les exploitations agricoles (Figure 4).



Lombricompost : partie solide

Jus de Lombricompost

Figure 4 : Lombricompost : partie solide et lixiviats

Un autre exemple de fabrication de biofertilisants mise en œuvre par les agriculteurs du réseau APEC Araïbe, repose sur la technologie IMO (Indigenous Micro-Organisms), introduite et développée par le Dr ChouHankyu dans les années 1960. Cette technique et méthode s'appuie sur l'utilisation d'un consortium de micro-organismes efficaces autochtones, et s'avère simple, pratique, fiable et économique pour développer une agriculture naturelle et soutenir une production agricole durable (Cho and Koyama, 1997, Umi et al., 2006, Phua et al., 2011, Kumar et al, 2015).

Les **micro-organismes efficaces** désignent principalement les micro-organismes aérobies et anaérobies mélangés, incluant différents micro-organismes comme des bactéries lactiques (*Lactobacillus casei*), des bactéries photosynthétiques (*Rhodopseudomonas palustris*), des levures (*Saccharomyces cerevisiae*) et autres. Ce sont des micro-organismes bénéfiques qui existent naturellement dans l'environnement, conjointement aux micro-organismes nocifs, mais qui peuvent se développer dans un environnement adéquat et peuvent contribuer aux pratiques d'agriculture. Cette technologie IMO proche de la technologie des EM pour Effective micro-organismes, est largement utilisée pour la fabrication de produits commerciaux. Les méthodes décrites dans cet article pour la fabrication de biofertilisants et biostimulants à partir des micro-organismes autochtones sont issues des ateliers pratiques, lors de séances de formations paysans à paysans cubains et guadeloupéens (Tableau 1).

La première phase de fabrication consiste à prélever des micro-organismes de la litière ou du sol dans l'environnement pédoclimatique le plus proche du lieu où ils seront utilisés sur les systèmes de cultures, puis à assurer leur multiplication par fermentation anaérobie afin de favoriser le développement des micro-organismes bénéfiques. On mélange par exemple les ingrédients suivants : 15L-20L de litière de forêt, 7.5 – 10 L de farine (riz, maïs...), 0.5 L de lait de vache entier et 0.5 L de mélasse de canne à sucre. L'ensemble du mélange est humidifié avec de l'eau non chlorée pour former une pâte collante mais sans excès d'eau représentant environ 20 à 30% d'humidité, puis le mélange est compacté dans un fût de 20 L pour chasser le maximum d'air. Le fût est fermé de manière hermétique pour permettre la fermentation anaérobie sur une période de 1 mois. On obtient à l'issue de cette phase

de fermentation un mélange concentré en micro-organismes efficaces en phase solide. La qualité du produit obtenu s'évalue d'une part par sa couleur (blanc : *Bacillus* ; vert : *Trichoderma* indiquant la présence de micro-organismes bénéfiques, contrairement à une couleur noire ou rose (*Fusarium*)), et d'autre part par l'absence d'odeur de putréfaction, caractéristique des micro-organismes nocifs qui produisent de l'ammoniaque, des sulfures, etc.

La deuxième phase, appelée phase d'activation, consiste à préparer du biostimulant/biofertilisant en phase liquide à partir des micro-organismes concentrés en phase solide obtenus précédemment. La méthodologie consiste à mélanger dans un fût de 30 L, 1L de micro-organismes en phase solide qui sert d'inoculum, 1 L de mélasse de canne à sucre, et à compléter avec de l'eau non chlorée ou eau de pluie jusqu'à 30 L. Après fermeture du fût, la fermentation se déroule en anaérobie sur 21 jours et on obtient après filtration un biofertilisant. Cette solution sera diluée 2 ou 10 fois avant utilisation en fonction du mode d'application. Quatre à cinq cycles d'activation peuvent être conduits à partir du même inoculum ce qui augmente la capacité de production du biofertilisant.

Diverses variantes peuvent être mise en œuvre pour la fabrication de solutions de biostimulant, biofertilisant et de biopesticide en ajoutant des produits naturels tels que fumiers, composts, feuilles de plantes supérieures : neem (*Azadirichta indica*), moringa (*Moringa oleifera*), dartier (*Cassia alata*), abricot pays (*Mammea americana* L.), gliricidia (*Gliricidia sepium*), etc, en fonction de l'utilisation prévue et des effets bénéfiques recherchés tels que des effets fertilisants, fongicides, bactéricides, insecticides, acaricides, nématocides, etc. (Figure 5).

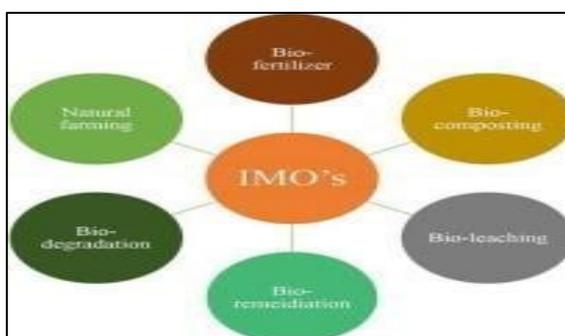


Figure 5 : Différentes applications des micro-organismes autochtones (Kamar et al., 2015)

Ces solutions seront enrichies en micro-organismes bénéfiques, en nutriments et en constituants actifs tels que les métabolites secondaires (**Boulogne et al, 2012**), dont les synergies d’actions vont augmenter leur efficacité. Un exemple de variante est l’ajout de feuilles de moringa (riches en nutriments et en constituants stimulants) et de neem (pour ses propriétés insecticides et acaricides). Dans ce cas, on mélange pour 80 L de solution 2.5 L de micro-organismes solide, 3 L de mélasse de canne à sucre, 1 kg de feuilles fraîches de moringa (ou 50 g de poudre), 1 kg de feuilles fraîche de neem, que l’on complète avec de l’eau non chlorée. La fermentation se déroule également en anaérobiose sur 21 jours et la solution finale est filtrée avant d’être utilisée après une dilution de 2 à 10.

La durée de conservation des solutions de micro-organismes efficaces ainsi produites est de 3 mois, selon la pratique des paysans du réseau APECARAïbes

Tableau 1: Illustration des ingrédients utilisés pour la fabrication de micro-organismes efficaces

Source d'hydrate de Carbone	Source de micro-organismes	Autres
Farine (riz, maïs)	Litière de forêt	Eau de pluie
Mélasse de canne à sucre	Lait de vache entier	Plantes, sous produits et ustensiles nécessaires
Apport de carbone pour la croissance des micro-organismes	Litière de forêt présentant des microorganismes (champignons, bactéries) et du lait de vache pour ses	

	apports enzymes et en bactéries lactiques	
--	---	--

Les produits obtenus à partir des micro-organismes autochtones (IMOs) peuvent être utilisés en serres, en plein champ et à grandes échelles, sur des cultures maraîchères, vivrières et fruitières. Ils peuvent également être utilisés pour améliorer la qualité physico-chimiques des composts (Hanim et al., 2012). Combinés à de bonnes pratiques de gestion du sol, ces produits influencent positivement le contrôle des maladies, le développement des plantes, les rendements et la qualité des produits récoltés (Lwini et al., 2006, Ravensberg, 2015).

I.8. Modes d'utilisation

Les modes d'utilisation des lombricomposts sont divers et vont de l'application directe au sol, en pots, en serres, et au champ, avant la phase de plantation.

Le jus de lombricompost et les solutions de micro-organismes efficaces peuvent être utilisés en pulvérisation au sol après une dilution de moitié, et en pulvérisation foliaire sur les cultures (poivrons, piments, giraumons, pastèques, ignames...) après une dilution d'un facteur de 10 à 20. Le recours à une cuve de 400 L motorisée peut être envisagé pour la pulvérisation au champ

I.9.Effets observés et efficacité

De nombreux effets bénéfiques de l'utilisation des biostimulants et biofertilisants ont été observés et décrits, portant aussi bien sur l'amélioration de la qualité des sols, des plantes, des produits récoltés, que sur l'amélioration des rendements ou de la protection des cultures (Yakhin et al., 2017 ; Faessel et al., 2014). Dans le cadre des essais conduits par APEC Araïbes, des effets bénéfiques ont été constatés lorsque ces produits ont été utilisés après pulvérisation au sol ou sur les cultures (Figure 6).

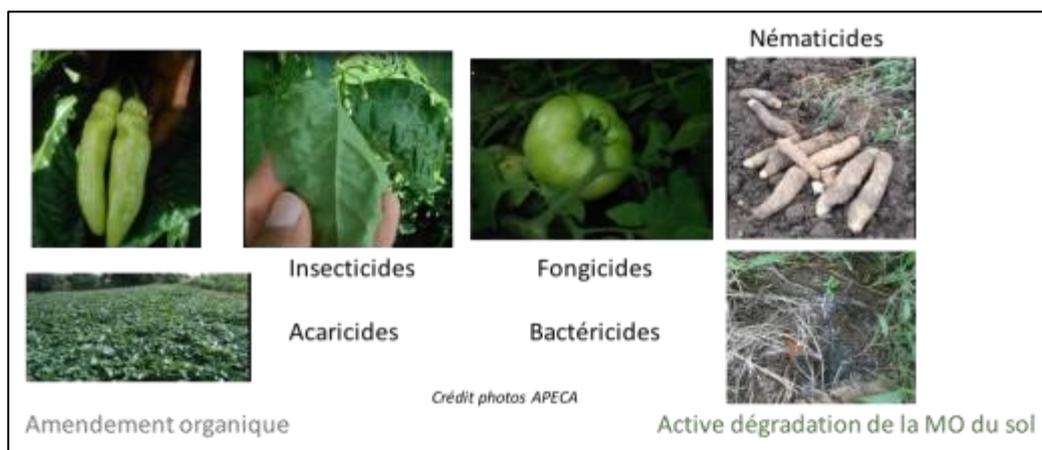


Figure 6: Les effets constatés des biostimulants dans des exploitations de Guadeloupe

On peut citer des effets positifs en tant qu’amendements organiques, des effets sur la réduction des bioagresseurs des cultures (effets insecticide, acaricide, fongicide, bactéricide, nématicide), et des effets directs sur l’activation de la dégradation de la MO du sol lors d’application de biofertilisants ou biostimulants (Tableau 2).

Tableau 2: Exemples d’utilisation de biostimulants chez des agriculteurs en Guadeloupe

Produits	Mode d’utilisation	Quantité	Production agricole (plante/sols)	Effets attendus	Effets observés
Lombricomposts	Apport au sol à la plantation	1 à 5 tonnes de matière solide/ha	Tous types	Amendements	Amélioration de la qualité des sols. Rendements et qualité des produits améliorés
Jus de lombricomposts	Aspersion foliaire	Dilution de 10, Pulvérisation 1 fois par semaine le matin ou le soir Dosage environ (400l/ha)	Tomate	Traitement aleurodes et acariens	Insecticides sur aleurodes (mouche blanches), Réduction des attaques par les acariens

Biostimulants à base de microorganismes efficaces et de neem	Aspersion au sol	Dilution de 2 Pulvérisation au sol le matin ou le soir, Traitement avant la plantation Dosage environ(400l/ha)	Sols dégradés Tous types de sols Tous types de cultures	Réactivation des sols dégradés Maintenir et développer activités biologiques du sol Apports de nutriments	Amélioration de la qualité des sols. Rendements et qualité des produits améliorés
--	------------------	--	---	---	---

Sur le plan scientifique, afin de valider l'efficacité des produits utilisés sur les différentes cultures et garantir leur utilisation en tant qu'agents de biocontrôle, il est nécessaire de procéder généralement à de nombreuses répétitions, car il a été démontré que les résultats peuvent varier au sein même d'un essai ou entre essais (**Faessel et al., 2014**). Des effets négatifs sur la croissance des plantes et la nutrition en Fer ont pu être observés également sur certaines cultures en fonction de l'origine animale ou végétale des produits utilisés (**Cerdan et al., 2013**). En effet, plusieurs phénomènes permettent d'expliquer les différences d'efficacité observés sur les biostimulants ou biofertilisants obtenus tels que le type de culture et les variétés, les conditions environnementales, le stade de développement de la plante, le niveau de pression des bioagresseurs pour les SDP (diminution de l'efficacité en cas de forte pression), les modalités d'application des produits (dose, date, contact foliaire), la formulation et l'étiquetage (date limite d'utilisation, conditions de stockage). Ces résultats controversés amènent à être vigilant sur les conditions à remplir par un biostimulant ou biofertilisant pour qu'il soit efficace pour améliorer la productivité et la qualité des produits, lorsqu'il est utilisé comme alternative à l'agrochimie dans les systèmes agro-écologiques. Le partage d'expérience et de savoir-faire de paysans à paysans prend alors tout son sens, pour éviter l'achat de produits non bénéfiques.

I.10. Intérêts des biostimulants pour l'agroécologie

L'agroécologie est une approche qui vise à (re) concevoir des systèmes de production agricole en tirant le meilleur parti des fonctionnalités offertes par les agroécosystèmes, afin de concilier durablement performances socioéconomiques, environnementales et sanitaires (Schaller, 2013). Elle repose usuellement sur trois principes : accroissement de la biodiversité, renforcement des régulations biologiques

et bouclage des cycles biogéochimiques. Il est aisé, compte tenu des effets observés et des modes d’actions décrits précédemment, de dresser les bénéfices qu’apportent les biostimulants et biofertilisants aux principes de l’agroécologie (Tableau 3).

Tableau 3: Lien entre les 3 principes de l’agroécologie et les principales caractéristiques des biostimulants/biofertilisants (**Faessel et al., 2014**)

Principes de l’agroécologie	Biostimulants-Biofertilisants
Accroissement de la biodiversité	Modification qualitative des communautés microbiennes, Augmentation de l’activité microbiologique des sols
Renforcement des interactions et régulations biologiques	Renforcement des interactions plantes-micro-organismes Régulation de très nombreux mécanismes de la physiologie végétale (croissance, développement, métabolisme...)
Bouclage des cycles biogéochimiques	Amélioration de l’absorption des éléments nutritifs par la plante Amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol Stimulation de la dégradation de la matière organique

Au niveau écologique, les travaux ont montré par exemple que les biostimulants améliorent le taux d’ATP, d’activité phosphatase et uréase du sol, augmentent la dégradation des xénobiotiques du sol, stimulent les microbes bénéfiques du sol et aident à réduire les risques agrochimiques incluant la réduction de l’utilisation des fertilisants et pesticides (**Yakhin et al., 2017**). Par ailleurs, au niveau des risques toxicologiques, les biostimulants sont des produits biodégradables, non-toxiques, non-polluants, et non dangereux vis-à-vis de divers organismes. Ils sont considérés comme sains sur la base de l’origine biologique de leurs constituants et particulièrement aux faibles taux auxquels ils sont généralement appliqués. Ainsi, les biostimulants sont considérés comme des produits respectueux de l’environnement pour une agriculture durable (**Yakhin et al., 2017**).

I.2. Généralités sur *Moringa oleifera*

I.2.1. Définition de la plante d'intérêts:

La *moringa oleifera* est une espèce d'arbre miraculeuse qui possède des nutriments abondants, une valeur biologique protéique élevée et un bon effet alimentaire. En tant que nouvel aliment protéique, *M. oleifera* a un grand potentiel pour atténuer la crise alimentaire (su et Chen, 2020).

Elle est l'espèce la plus largement cultivée d'une famille mono génique (Hradesh et al., 2019).

Moringa oleifera appartient à la famille des *moringaceae*. Il existe environ 13 espèces réparties en Inde, Au Kenya, en Afrique du nord-est et du sud-ouest, en Arabie et à Madagascar (Makkar et Becker, 1996 ; Saini et al., 2016). Parmi ces 13 espèces, *Moringa oleifera* a été jusqu'à présent la plus étudiée (Leone, 2016 ; Price, 2007).

La *Moringa oleifera*, également connu sous le nom de l'arbre des baguettes, et reconnu comme une source dynamique et abordable de produit phytochimique, ayant des applications potentielles dans les médicaments, Les préparations alimentaires fonctionnelles, la purification de l'eau et la production de biodiesel (Saini et al., 2016).

I.2.2. Description botanique de la plante

I.2.2.1. Systématique et nomenclature de *Moringa*

oleifera

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Viridaeplantae</i>
Classe	<i>Equisetopsida</i>
Sous-classe	<i>Magnolidae</i>
Ordre	<i>Brassicales</i>
Famille	<i>Moringaceae</i>
Genre	<i>Moringa</i>
Espèce	<i>Moringa oleifera</i> Lam., 1785

Source: Anonyme1

I.2.2.2. - Description botanique des feuilles de *Moringa*

La description botanique des Feuilles de *Moringa* est illustrée par la figure 1

Feuilles (Fig. 1), caduques, tripennées de 30 à 70 cm de long. Les folioles sont ovées ou obovées (**Besse, 1996**). Elles comptent 2 à 6 paires de pinnules comprenant chacune 2 à 5 paires de pinnules secondaires, divisées elles mêmes en 1 à 2 paires de folioles plus une foliole terminale plus grande que les autres (**Mémento de l'Agronome, 2002**).



La Feuille de Moringa Originale (2018)

I.2.2.3. Composition chimique et valeur nutritionnelle de *Moringa oleifera*

Chaque partie de la plante de *Moringa oleifera*, y compris la feuille, la racine, l'écorce, la graine, la fleur, et la gousse est comestible et contient des composés importants pour le bien-être de l'homme (**Kadhim et Al-Shamma, 2014**). Essentiellement la partie la plus utilisée de cette plante sont les feuilles (**Adedapo et al.,2015**).

Les feuilles de *Moringa oleifera* contiennent plus de vitamines C et A, de calcium, de potassium, de fer et de protéines que d'autres produits alimentaires tels que l'orange, les carottes, le lait, les bananes, le yaourt et épinards, respectivement (**Falowo et al.,2018**).

La comparaison du contenu nutritionnel des feuilles de *Moringa oleifera* en comparant avec quelques aliments est présenté dans la figure 01



Figure 7: Comparaison du contenu nutritionnel des feuilles de *Moringa oleifera* avec d'autres aliments (Fuglie, 2002).

M.oleifera est une source de plusieurs nutriments comme tous les autres végétaux, ses feuilles sont un aliment de bonne qualité nutritionnelle et font partie d'un des meilleurs légumes tropicaux. Elles ont une très grande teneur en vitamines (A, B, C, D, E, etc.), en minéraux (fer, calcium, zinc, magnésium, etc.) et sont riches en B-carotène, c'est une bonne source d'acides aminés (Arginine, Histidine, lysine, Tryptophane, phenylalanine, threonine) (Fuglie, 2002; Mborra et al., 2004).

Selon Harimalala et al., (2016), les jeunes feuilles de *Moringa* contiennent des composés phénoliques dont 85% identifiés ont une activité antioxydante ainsi que des flavonoïdes.

Tableau 4: Composition moyenne des feuilles de *Moringa oleifera*.

Données pour 100 grammes de matière sèche			
Composition globale		Acides aminés (mg)	
Calories (Kcal)	300	Arginine	1600
Protéines (g)	25	Histidine	530
Glucides (g)	40	Isoleucine	1140
Lipides (g)	8	Leucine	2050

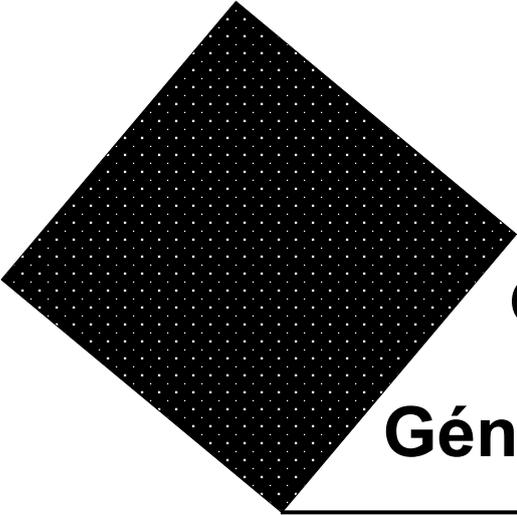
Biostimulants Biofertilisants

Minéraux (g)	12	Lysine	1200
Fibres (g)	15	Méthionines	370
Teneur en eau (%)	75	Phénylalanine	1400
Minéraux (mg)		Thréonine	1080
Calcium	2100	Tryptophane	580
Cuivre	1	Valine	1400
Fer	27	Acide aspartique	1670
Potassium	1300	Acide glutamique	2470
Magnésium	405	Serine	840
Phosphore	310	Glycine	960
Manganèse	8	Alanine	1260
Souffre	740	Proline	1230
Sélénium	2,6	Tyrosine	910
Zinc	2,6	Cystéine	360
Molybdène	0,5	Acides gras	
Sodium	100	C16 : 0	530
Vitamines		C18 : 0	70
Vitamine A (UI)	14300	C18 : 1	60
Vitamine C(mg)	850	C18 : 2	170
		C18 : 3	1140

Source: Broin (2005) citée par Malo (2014)

I.2.2.4. Les vertus de l'arbre *Moringa oleifera*

De nombreuses publications font état des propriétés du *Moringa*: une recherche en juin 2018 avec le mot clé «vertus de *Moringa oleifera* » dans Google Scholar extrait 338 articles. La plupart de ces articles attribuent à cette espèce de multiples propriétés: médicinales, nutritionnelles, cosmétiques, de purification de l'eau, comme hormones de croissance. Toutes les parties du *Moringa* ont une utilisation tant pour les humains que les animaux, ceci dans différents domaines.



CHAPITRE II

Généralités sur le maïs

II.1. Généralité sur Le maïs

Le maïs est la première céréale produite au monde. La production mondiale de maïs a augmenté. Les rendements élevés et l'importante production en Amérique du Nord et en Amérique centrale sont principalement dus aux Etats-Unis, qui produisent davantage que des pays comme le Mexique où le maïs est la principale céréale de base (Lobell et al., 2011). Le maïs est l'une des cultures importantes, qui sert de nourriture et d'huile de maïs à la consommation humaine (Hu et al., 2005).

II.1.1. Origine du maïs

La culture du maïs a probablement commencé en Amérique centrale (figure 1), notamment au Mexique (Hubert, 1978). Le maïs a été introduit en Europe après la découverte de l'Amérique durant le XVI^e siècle et de là en Afrique et en Asie, à partir de l'Espagne il s'est répandu dans l'Europe du sud, le Proche-Orient et l'Afrique du nord pour coloniser, au XVII^e siècle, toutes les zones de cultures traditionnelles (Iram et Meriem, 2013).

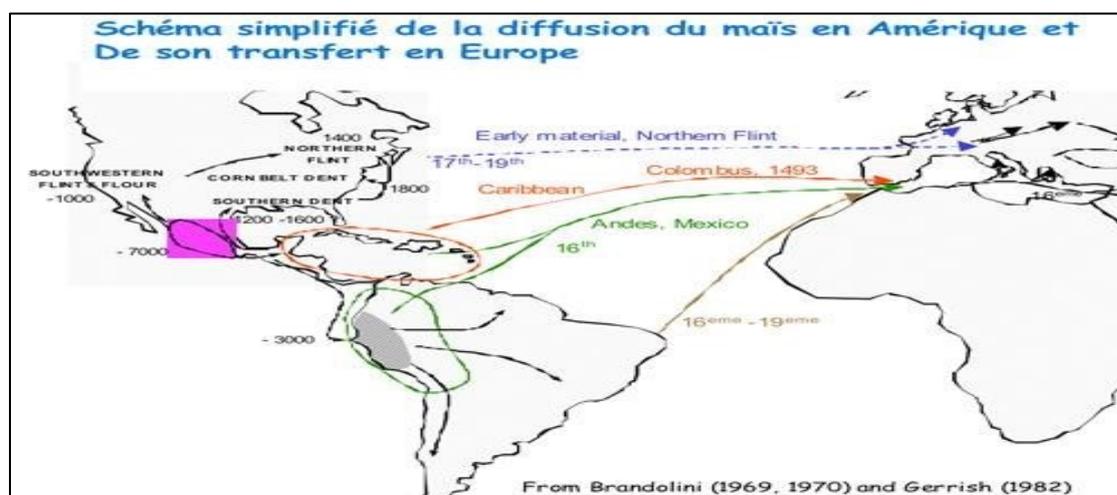


Figure 8: Diffusion du maïs dans le monde et son transfert Il est originaire de régions

Clairement reconnues et séparées par l'équateur (Carraretto M, 2005)

- au nord: Mexique, Amérique centrale, Venezuela, Colombie.
- au sud: Pérou, Équateur, Bolivie, Chili, Brésil.

II.1.1. Situation du maïs

II.1.1.1. Situation du maïs dans le monde

Le maïs est la céréale la plus cultivée au monde, d'importantes surfaces sont aussi consacrées à la production de maïs fourrage pour l'alimentation du bétail soit en vert, soit sous forme d'ensilage occupant une superficie totale d'environ 140 millions d'hectares (Tableau 01). La production n'a cessé de croître de 325 millions de tonnes dans les années 1980 à 650 millions de tonnes dans la décennie actuelle, ce qui correspond à 4,2 tonnes par hectare (**Iram et Meriem, 2013**).

Tableau 5: Importance de la production de maïs dans le monde. Données issues du site internet de la FAO (Food and agricultural organization of the United Nations) <http://www.fao.org> en 2006

	Production millions de tonnes	Rang du maïs dans la production nationale	Exportation millions de tonnes
États unis	280	1	48
Chine	131	4	23
Brésil	35	6	5
Mexique	21	4	-----
Argentine	20	4	10
Inde	15	3	1
France	13	6	6
Indonésie	12	5	-----
Afrique du sud	12	1	0,4
Italie	11	7	-----

II.1.1.2. En Algérie

La période coloniale allant de 1854 à 1878 était marquée, par l'introduction de variétés de maïs françaises et espagnoles et par un élargissement considérable et rapide des plantations de maïs partant de 5076 ha à 33075 ha respectivement Par la suite, une nette régression était enregistrée et la culture fut progressivement abandonnée (**Iram et Meriem, 2013**).

Après l'indépendance, de 1961 à 1989, la surface occupée par la culture du maïs à diminuée de 6000 ha à 1000 ha et à partir des années 90, cette culture a fait l'objet d'un désintéressement total et les surfaces emblavées en maïs alors chuté à 450 ha

(tableau 02). En 2009, une surface de 168 ha lui fut consacrée pour un rendement total de 34,226 q/ha (**FAO STAT ,2011**).

Tableau 6 : importance du maïs en Algérie

Années	Superficies (ha)	Rendement (q /ha)	
1991	260	19,230	500
1994	410	45,12	185
1997	120	21,416	257
2000	430	36,186	1556
2003	340	28,852	981
2009	168	34,226	575
2010	139	25,827	359
2011	246	23,374	575
2012	686	25,583	1755

Source : (FAO, 2012)

II.1.2. Classification Botanique

Tableau 7: Classification du maïs.

Règne	<i>Planta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Ordre	<i>Cyperales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Genre	<i>Zea</i>
Espèce	<i>Zea Mays</i>

II.1.3. La graine

La graine est un organe complexe de réserves, qui permet la multiplication de l'espèce et le passage des saisons défavorables. La graine est constituée d'un embryon et de tissus de réserves qui varient beaucoup d'une espèce à l'autre. En ce qui concerne la graine de maïs (figure n4) autrement appelé caryopse, elle est composée d'ébauche de racines et de feuilles embryonnaires dont le cotylédon.

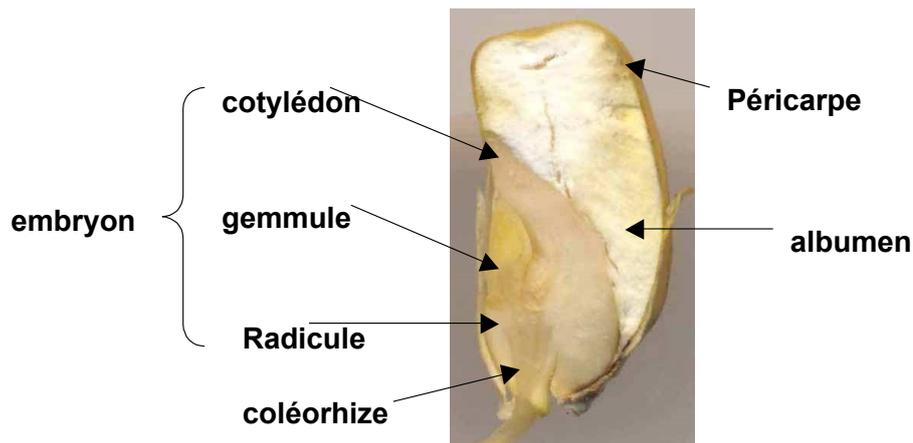


Figure 9: Les différentes parties d'un grain de maïs (vue en coupe longitudinale)

Les réserves sont principalement composées d'amidon contenu au niveau de l'albumen et de réserves protéiques et lipidiques présentes dans les cellules de la couche à aleurones. Lors de la formation d'une graine, le développement de la plante est stoppé car la matière sèche produite est essentiellement destinée à l'élaboration des réserves. Durant la phase de maturation qui suit, la teneur en amidon de la graine augmente progressivement et la teneur en eau diminue considérablement. L'acquisition de la tolérance à la dessiccation, nécessaire après une telle déshydratation, est associée à la synthèse de protéines spécifiques et l'accumulation de saccharose et d'oligosaccharides assurant la protection des structures cellulaires (Côme et Corbineau, 1998). Lorsque la teneur en eau devient très faible, l'activité respiratoire est extrêmement réduite, le métabolisme est ralenti. Cette vie ralentie ou quiescente confère à la graine la faculté de résister pendant de longues périodes à des conditions extrêmes de température, de sécheresse, de radiation.

La transition entre la quiescence et la reprise du métabolisme est assurée par la balance hormonale au niveau de l'acide abscissique (ABA) et des gibbérellines (GA) ainsi que par le potentiel hydrique cellulaire.

II.2. La germination

La germination est une phase physiologique qui correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine sèche à la phase de développement de la plantule. Le processus de germination commence dès que la graine sèche est hydratée. La cinétique de prise d'eau permet de caractériser la germination en trois phases (Bewley, 1997) (fig. n°5).

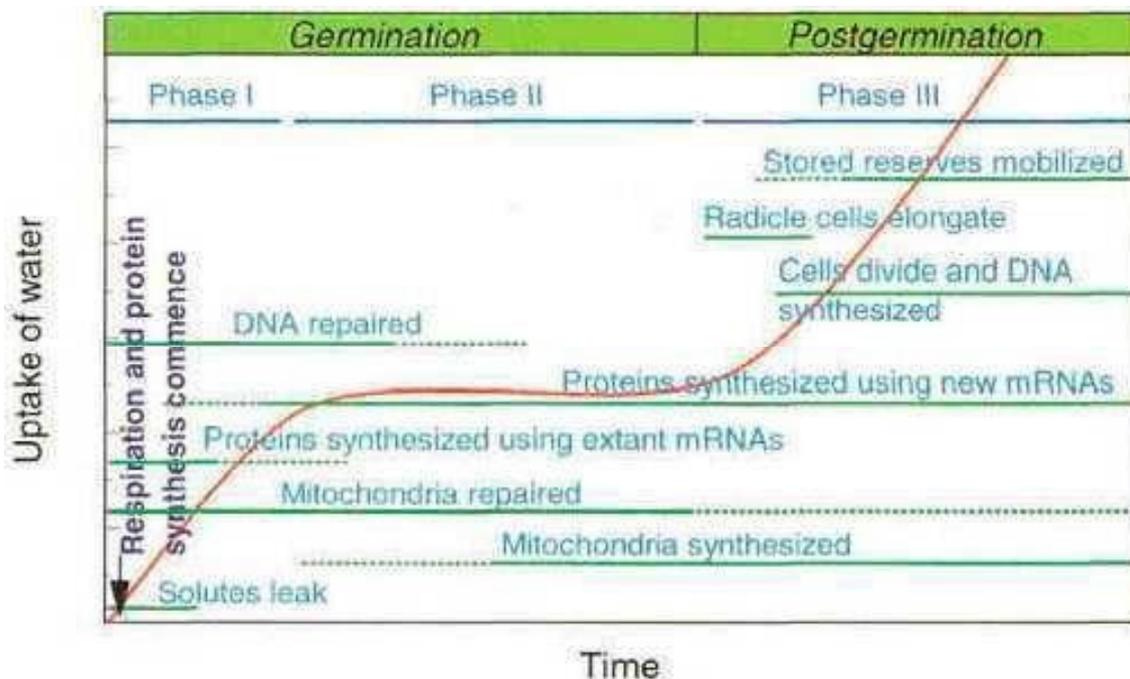


Figure 10: Principaux événements liés à la germination.

L'imbibition des graines suit une courbe triphasique. La phase I correspond à une prise d'eau rapide. La phase II est une phase de plateau qui se termine par la sortie de la radicule. La phase III est caractérisée par la reprise de l'imbibition. Seules les phases I et II correspondent à la germination au sens strict, alors que la phase III est une phase de croissance, postgerminative. Les traits indiquent la plage de temps pendant laquelle se déroule l'événement cité. **D'après Bewley 1997.**

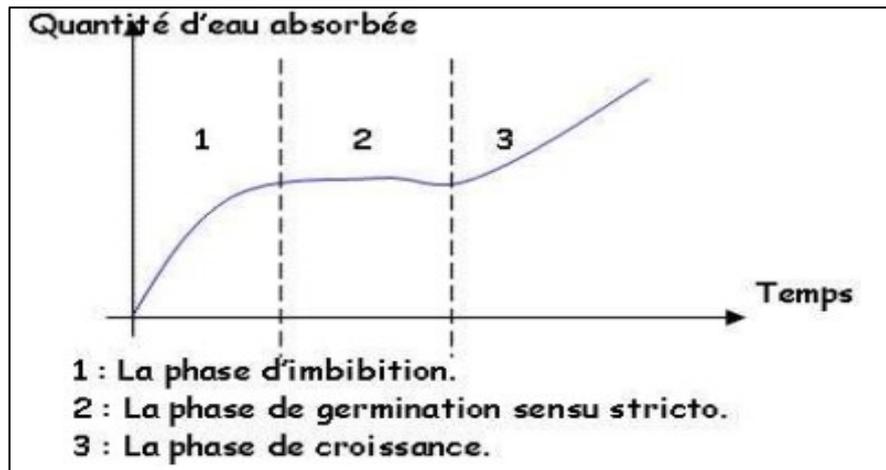


Figure 11: Différentes phases de la germination des semences d'après Evenari (1957)

La première phase :

- **phase d'imbibition** est un phénomène d'entrée rapide et passive d'eau. Elle se déroule même si la graine n'est pas viable. Cette entrée d'eau est accompagnée d'une augmentation de la consommation d'oxygène attribuée à l'activation des enzymes mitochondriales. **(Heller et al., 2004)**.

La deuxième phase :

- **phase de germination au sens strict**. Elle est caractérisée par une diminution de l'entrée d'eau; l'hydratation des tissus et des enzymes est totale. La consommation en oxygène est stable. Durant cette phase, il y a reprise de la respiration et des activités métaboliques. La présence d'eau et d'oxygène permet l'activation des processus respiratoires et mitotiques. L'eau rend mobiles et actives les phytohormones hydrosolubles en stock dans la graine. C'est le cas des gibbérellines qui sont véhiculées vers la couche à aleurones où elles vont activer la synthèse d'hydrolases (telles que les α -amylases, les nucléases ou les protéinases) nécessaires à la dégradation des réserves, à la division et l'élongation cellulaire.

Les α -amylases hydrolysent l'amidon stocké dans l'albumen et libèrent des molécules de glucose, substrat du métabolisme respiratoire. Les nucléases permettent la libération d'acides nucléiques impliqués dans la formation des cytokinines, hormones qui stimulent la division cellulaire. **(Hopkins, 2003)**.

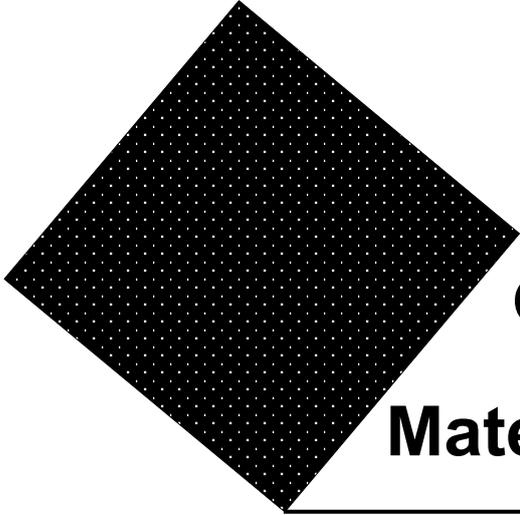
Les protéases lysent les réserves protéiques qui favorisent la formation de phytohormones telles que l'auxine responsable de l'élongation des cellules.

La phase de germination au sens strict se termine avec la percée du tégument par la radicule, rendue possible grâce à l'allongement des cellules.

La troisième phase :

- **phase de croissance post-germinative** est caractérisée à nouveau par une entrée d'eau et une augmentation importante de la respiration. La consommation de l'oxygène serait due aux enzymes néosynthétisées.

La germination subit l'effet de certains facteurs extérieurs, comme la disponibilité en eau, la température, qui a un impact direct sur le métabolisme et sur le taux d'oxygène dissout, ainsi que la lumière qui agit de manière différente sur les espèces. Elle inhibe la germination des espèces photosensibles négatives et stimule les photosensibles positives. Certaines caractéristiques internes de la graine influencent aussi la germination. En effet, la graine va germer plus ou moins vite en fonction de sa taille, de sa quantité de réserves ou de son génome.



CHAPITRE III

Matériel et méthodes

III.1. Objectif

L'objectif de notre étude est de mettre en valeur l'utilisation des différentes formulations en addition de biofertilisants brutes dont l'origine est différente à savoir ; Biofertilisant d'origine animale : le jus de lombric, biofertilisant d'origine végétale : l'extrait aqueux et méthanoïque de feuilles de *Moringa oleifera*. Afin de réduire le cout d'utilisation de produits pour une agriculture durable

III.2. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales

Les essais de la présente étude ont été réalisés au niveau du département des biotechnologies, faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Blida 1, dans la période entre la fin de juin et début de juillet 2021. Le dispositif a été conduit dans un Hortibox ou chambre de culture au niveau du laboratoire de recherche du département de biotechnologies

III.3. Matériels d'étude

III.3.1. Matériel végétal

Les graines de Mais *Zea maïs* ont été utilisées comme plante test, c'est une plante herbacée annuelle, une graminée monoïque qui présente de larges diversités morphologiques. L'espèce a été choisie en raison de sa faible faculté germinative, la détermination est au minimum de 5 jours et plus souvent de 7 à 14 jours, augment jusqu'à un et deux mois. On a donc cherché une méthode qui permettrait d'avoir un résultat valable en le premier jour.



Figure 12 : Graines de Mais (Original)

III.3.2. Présentation des biofertilisants

La réalisation de l'essai a mis en œuvre huit biofertilisants, soit à l'état brut ou formulés, l'eau de ville a été utilisée comme témoin

III.3.2.1. Biofertilisant à base de jus de lombricompost brut

L'élevage de ver de terre anécique « *Eisina fætida* » sur des déchets ménagers produit deux types d'engrais ; le lombricompost et le jus. Pour obtenir un lombricompost, il faut utiliser un système de casier qu'on superpose l'un sur l'autre et en mettant dedans les lombrics et les déchets ménagers et de la terre afin qu'il puisse dégrader ses déchets en un engrais biologique et en récoltant aussi un liquide qu'on appelle le thé du lombric (jus de lombricompost). Le jus de lombricompost récupéré dans le fond du lombricomposteur, provient essentiellement de l'eau contenue dans les déchets de cuisine (environ 80 % de leur masse) chargée de nutriments minéraux et oligo éléments assimilés lors de l'écoulement dans le lombricompost (**Figure 13a**). 1L de bioproduit est préparé sur la base du jus de lombricompost est issu d'un élevage de ver de terre anécique sur des déchets ménagers. Le jus de lombricompost brute est utilisé comme matière active à laquelle un mélange de mouillant, de pénétrant et de tension actif (Glycérol, poly glucoside et Plastifiant) sont ajoutés, après une agitation active à l'ultraturax. La formulation testée est enregistrée sous le numéro du brevet (DZ/P/2015/000256) (**Figure13b**). Ce produit a été utilisé à l'état brute, c'est à dire, utilisé seul, "VLC", et en addition d'une formulation en rajoutant un adjuvant et donc formulé, "VLCF",

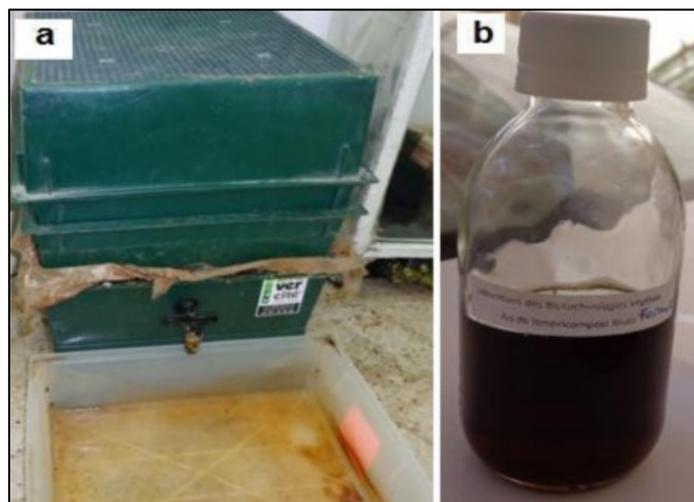


Figure 13: Dispositif de production du jus de lombricompost (original)
 a. Lombricomposteur. b. jus du lombricompost brute

III.3.2.2. Biofertilisants à base de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera*

Afin d'obtenir l'extrait aqueux de feuilles de *Moringa* nous avons procédé aux étapes suivantes : (i) Broyage de feuilles séchées de *Moringa oleifera*, (ii) Mélange de poudre de plante avec l'eau, (iii) Agitation pendant 48h à l'aide d'un agitateur à hélice, (iv) Filtration du substrat. Le filtrat obtenu a été ensuite utilisé comme solution mère et/ou produit brut et on l'a nommé «MEA», *Moringa* Extrait Aqueux.

Dans le but d'obtenir des produits formulés nous avons rajouté deux formulations différentes à notre produit brute et donc on a obtenu deux nouveaux produits dont la base est la même mais la formulation est différente, les étapes de formulation des bioproduits se présente comme suit : (i) **MEAF₁**: MEA + adjuvant=>agitation 24h, (ii) **MEAF₂**: MEA + solution d'oligoéléments => agitation 24h

III.3.2.3. Biofertilisant à base de l'extrait méthanolique de *Moringa oleifera*

Afin d'obtenir l'extrait méthanolique de feuilles de *Moringa* nous avons procédé aux étapes suivantes : (i) Broyage de feuilles séchées de *Moringa oleifera*, (ii) Mélange de poudre de plante avec le méthanol et l'eau, (iii) Condensation à 60°C,

(iv) Filtration du substrat, (v) Séparation du solvant (méthanol) à l'aide du rotavapor. Le filtrat obtenu a été ensuite utilisé comme solution mère et/ou produit brute et on l'a nommé «MEM», Extrait Méthanolique des feuilles de *Moringa*.

Afin d'obtenir nos produits formulés nous avons procédé de la même manière que la précédente sauf que le produit brut a changé, la préparation des produits a été faite de la manière suivante : (i) **MEMF₁**: MEM + adjuvant=>agitation 24h, (ii) **MEMF₂**: MEM + solution d'oligoéléments => agitation 24h

III.3.3. Application des biofertilisants

L'ensemble des bioproduits a été utilisé dilué dans l'eau courante (eau de Blida) avec des concentrations différentes à savoir : 1ml/L ; 1,5 ml/L ; 2 ml/L ; 2,5 ml/L et 3ml/L. Après avoir préparé les bioproduits nous avons trempé nos graines dans chaque préparation séparément et cela pendant 24h afin de les préparer pour la germination. Ces produits ont été utilisés en priming ou traitement pré germinatif. C'est un traitement qui représente des méthodes physiologique qui améliorent la production végétale en modulant les activités métaboliques de la germination avant l'émergence de la racine (**Bradford, 1986 ; Taylor et Harman, 1990**) ; c'est-à-dire au cours de la phase réversible de la germination ; au cours de laquelle la semence peut revenir à son état initial sans dommages (**Bayard, 1991**). Au cours du priming ; les semences sont hydratées partiellement à niveau d'humidité suffisant pour assurer la percée de la racine (**McDonald, 2000 ; Ghassemi-Golezani et al., 2010; Boucelha et Djabber, 2015; Boucelha et al., 2019**)

III.3.4. Préparation des graines

III.3.4.1. Matériel utilisé

Afin de réaliser nos essais de germination, nous nous avons servi de : Boîtes de pétri, papier absorbant, graines de Maïs (déjà imbibées dans les différentes préparations) et en fin de l'eau.

III.3.4.2. Préparation du dispositif expérimental

Les graines ont été ensuite mises dans des boîtes de Pétri en raison de 10 graines par boîte, et 10 boîtes par dilution et/ou traitement. Notre dispositif

expérimental a été utilisé de la même manière pour les différentes concentrations comme présenté ci-dessous (voir figure 14).

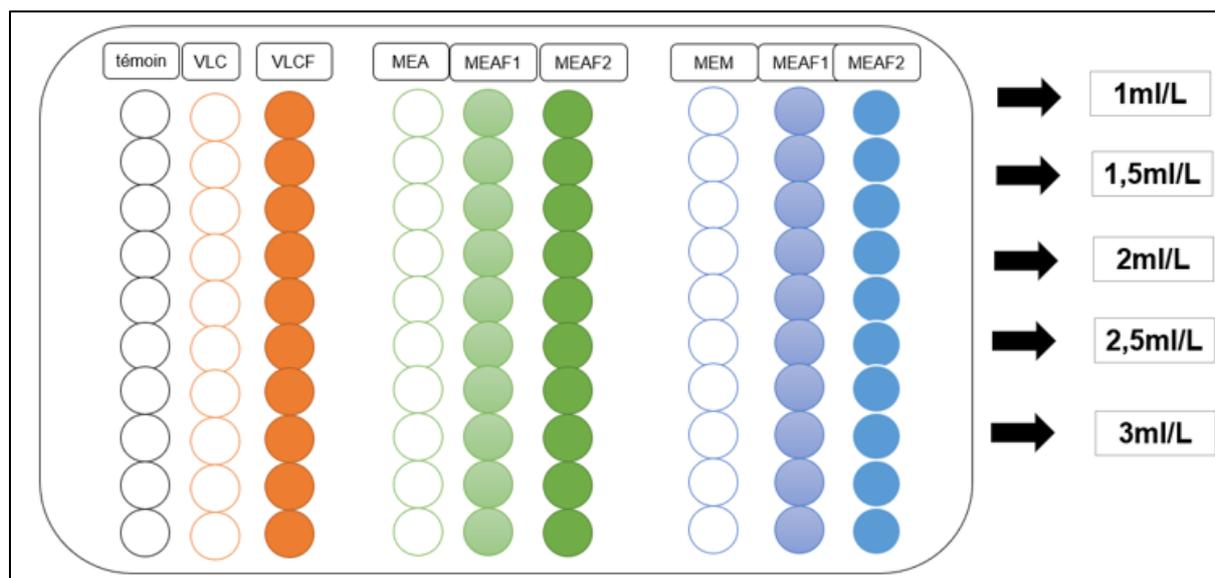


Figure 14: Schéma explicatif du dispositif expérimental

(avec; Témoin: eau, VLC: jus de lombricompost brute, VLFC: jus de lombricompost formulé, MEA: extrait aqueux brute de Moringa, MEAF1: extrait aqueux de Moringa formulé 1, MEAF2: extrait aqueux de Moringa formulé 2, MEM: extrait méthanolique de Moringa brute, MEMF1: extrait méthanolique de Moringa formulé 1, MEMF2: extrait méthanolique de Moringa formulé 2)

III.4. Paramètres étudiés

III.4.1. 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 :

$$Tg = \frac{Ng}{Ns} * 100$$

Ng: Nombre de graines germées

Ns: Nombre de graines semées.

III.4.2. longueur des tiges et racines

Les graines ayant développées des radicules ont été étalées sur un papier millimétré en faisant apparaître clairement les extrémités et les tiges (**Figure 15**). Les graines germées étalées sur un papier millimétré sont prises en photos par un appareil photos numérique, les photos numérisées sont traitées par le logiciel Digimizer Afin d'évaluer la longueur des radicules et des tiges

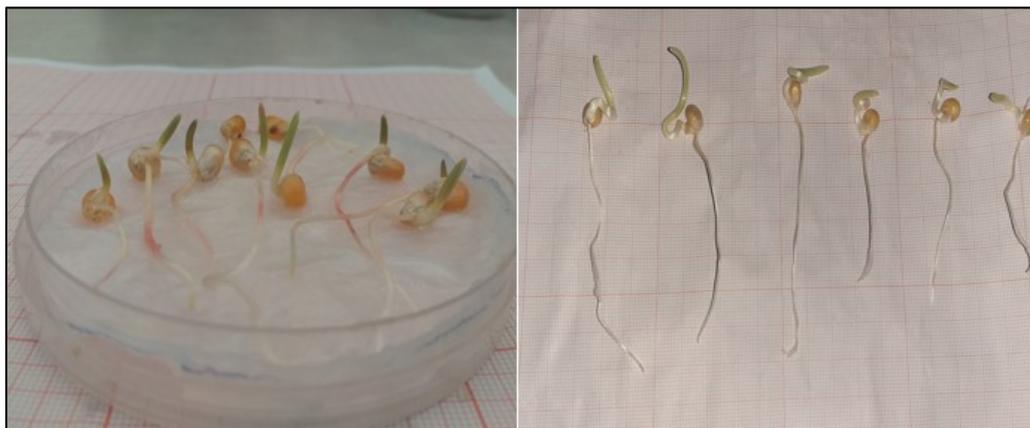
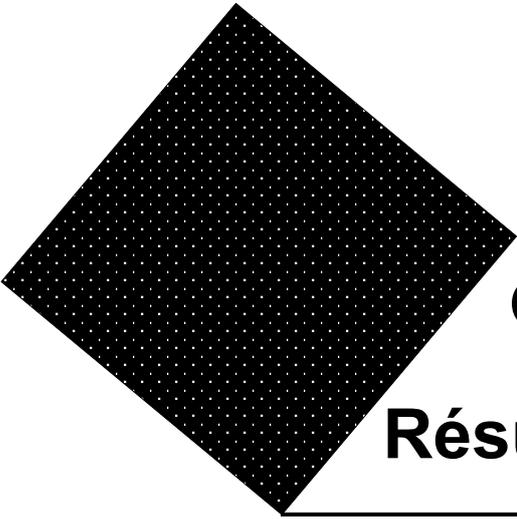


Figure 15: Méthode de mesure des radicules et des tiges (Originale)

III.5. Analyses des données

L'analyse statistique a concerné l'impact des différents traitements (bruts et formulés) sur les paramètres de germination du Maïs. 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 version 3.2 (**Hammer, 2001**).



CHAPITRE IV

Résultats

Le présent travail a porté sur l'évaluation de différentes formulations des extraits de *Moringa oleifera* sur la germination des semences de Maïs.

Les mesures des paramètres de germinations et la croissance radriculaire des graines de maïs ont été étudiées sous l'effet de « trois traitement brutes (MEA, MEM, VLC) et cinq traitement formulé (MEAF1, MEAF2, MEMF1, MEMF2, VLCF) » apportés selon le mode priming. Nous avons tenté de discuter notre choix et le rôle important des bio fertilisants dans la stimulation de la production par des études relativement proche.

I.Étude de l'évaluation des paramètres de germination sous l'effet des bioproduits

La variation des paramètres de germination de maïs sous l'effet de l'extrait : formulés et brutes, nous avons pris en compte que le taux de germination, l'évaluation de germination par temps et par concentrations, comme des paramètres ayant la capacité de démontrer l'aptitude à la germination de maïs et la promotion de ces derniers.

I.1.Etude de l'évolution de taux de germination sous l'effet des bioproduits

L'étude du changement temporelle du taux de germination des graines de maïs représentée sur la figure 16.

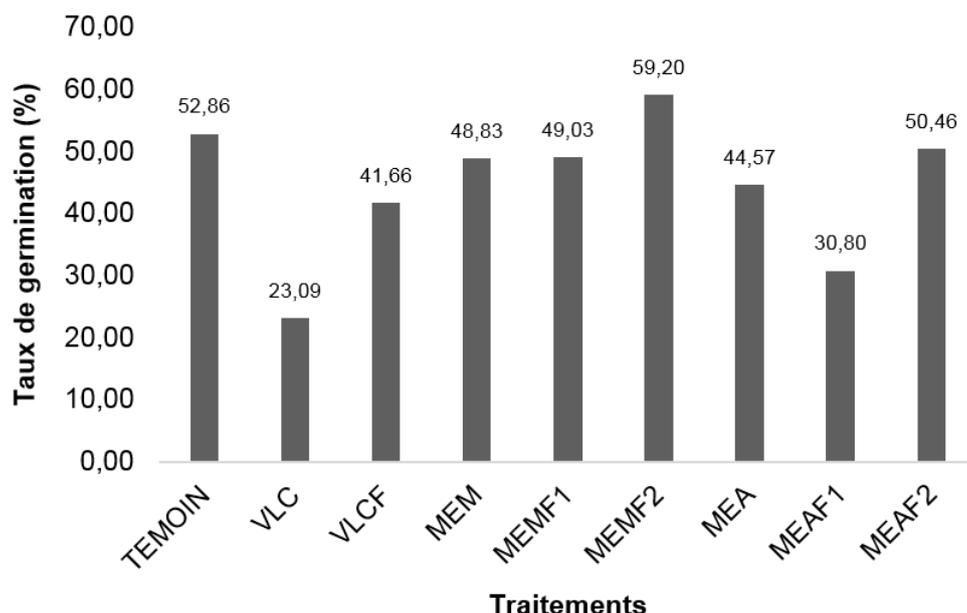
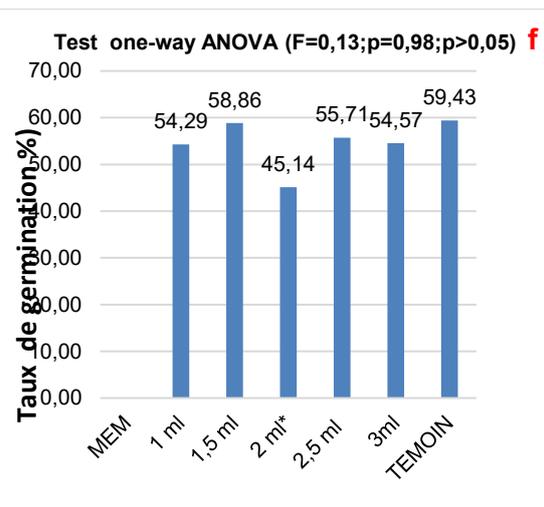
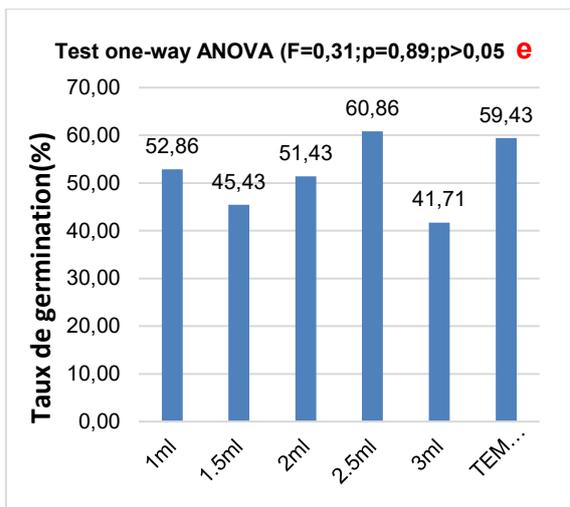
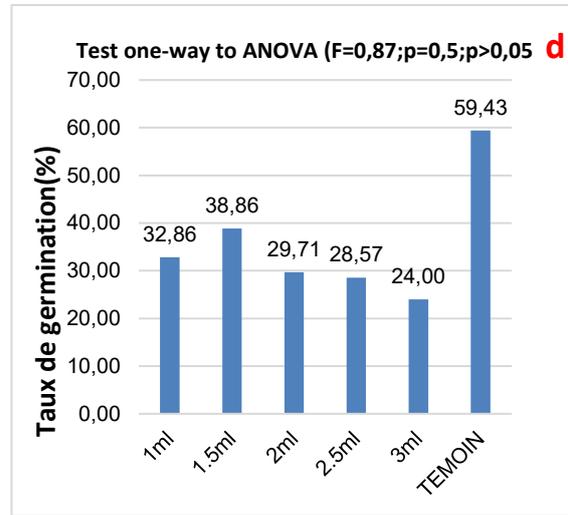
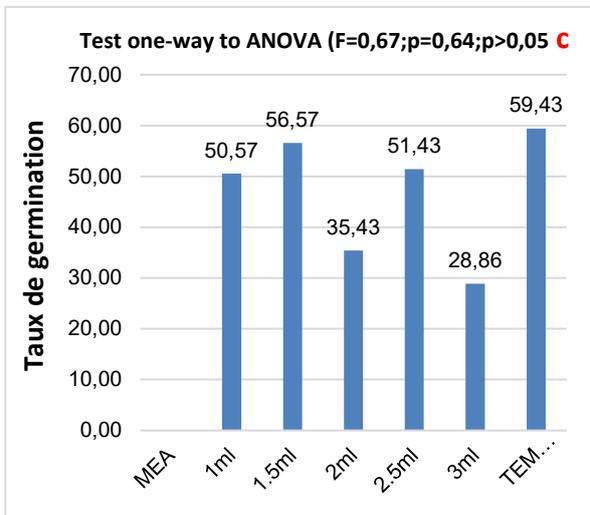
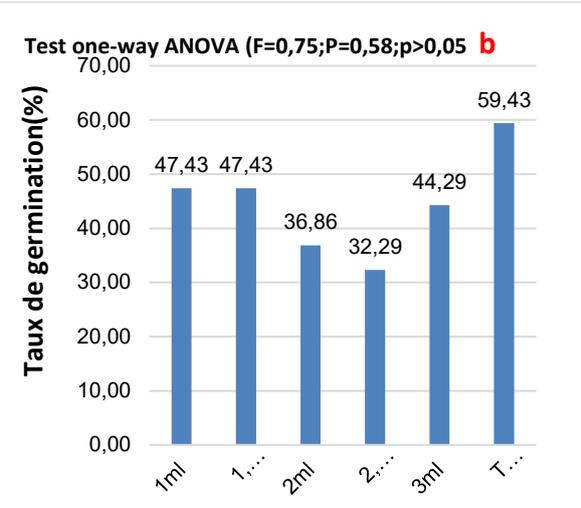
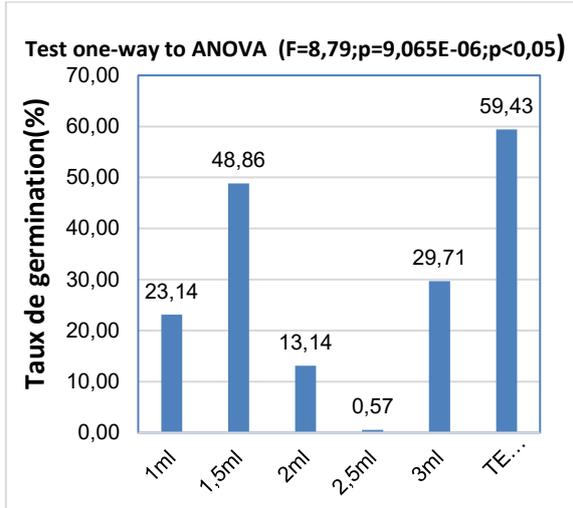


Figure 16 : Effet des différents traitements sur le taux de germination du Maïs

On a illustré MEMF2 à une augmentation remarquable de taux de germination, les graines germent plus vite et ont un taux de germination de 59,20 % vis-à-vis l'eau. Tandis que le MEAF2 a une légère baisse par rapport le témoin. La première formulation de MEM et VLC (MEMF1 et VLCF) et les extraits bruts (MEM et MEA) représente une fluctuation faible dans le taux de germination par rapport le témoin. L'extrait brut du lombricompost (VLC) et le MEAF1 représente un effet très faible de 23,09% et 30,80% successivement vis-à-vis le témoin.

Les résultats d'analyse de variances one-way ANOVA ; on observe une différence significative entre l'extrait brut VLC ($p < 0,05$) et les autres bio fertilisants n'a affecté le taux de germination des graines de maïs qui sont non significatif ($p > 0,05$).



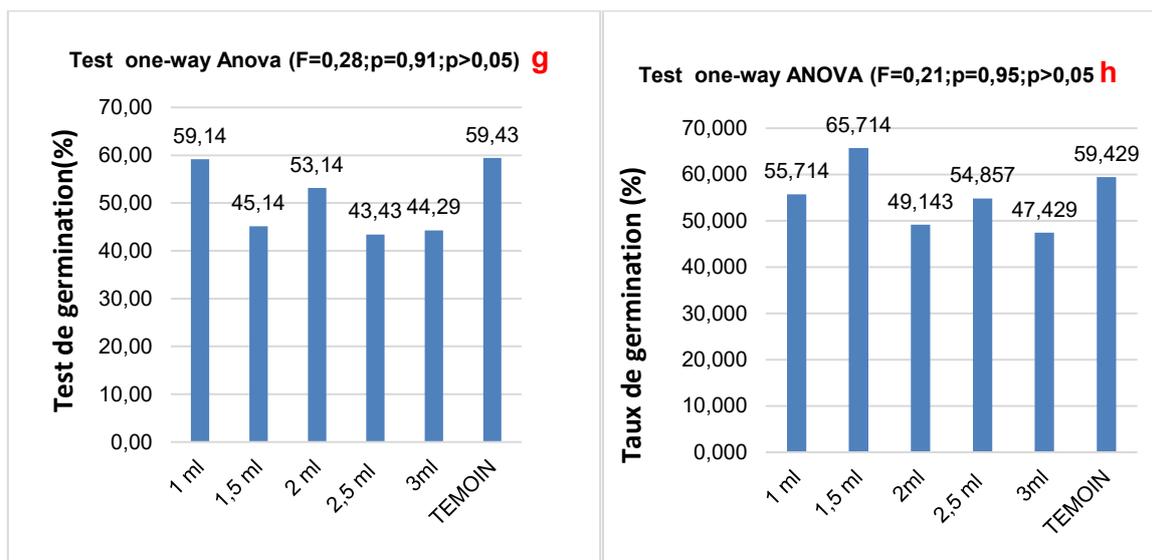


Figure17 : Effet des différents traitements sur le taux de germination du Maïs

(a, effet de extrait brut VLC ;b, effet de extraí formulé VLCF ;c,effet de extrait brute MEA ;d,effet de extrait formulé MEAF1 ;e ,effet de extrait formulé MEAF2 ;f ,effet de extrait brut MEM ;g ,effet de extrait formulé MEMF1 ; h ,effet de extrait formulé MEMF2)

1.2. Etude de la germination par temps sous l'effet des bioproduits

Les diagrammes ci-dessus est venu pour montrer l'effet des bio fertilisant par cinq dose sur le semée des grains de maïs ; On a comparé les résultats des produits avec le témoin (Fig. 17) :

Cas du VLC : Dans la concentration 1,5ml augmentation très rapide ; la germination dans le deuxième jour a accéléré vis-à-vis le témoin ainsi suivi par la concentration 3ml une légère baisse de la germination par rapport le témoin. On note également les concentrations 1ml et 2ml sont ralenti le processus de la germination ; et enfin la doses de 2,5ml de VLC cela conduit une inhibition totale du semi des graines de maïs.

Cas du VLCF : Le bioproduit formulée VLCF a une efficacité remarquable aussi dans la concentration 1.5ml ou elle est proche de la valeur du témoin ensuite la dose de 1ml et 3ml successivement presque les mêmes valeurs par rapport le témoin. Les doses 2ml et 2.5ml ont un effet faible vis-à-vis le témoin.

Cas du MEM : Ce diagramme représente les concentrations de 1.5ml, 2.5ml et 3ml ont une augmentation remarquable ou elles sont dépassé la valeur du témoin, après la concentration 1ml presque là même par rapport le témoin, enfin la concentration 2ml est la plus baisse.

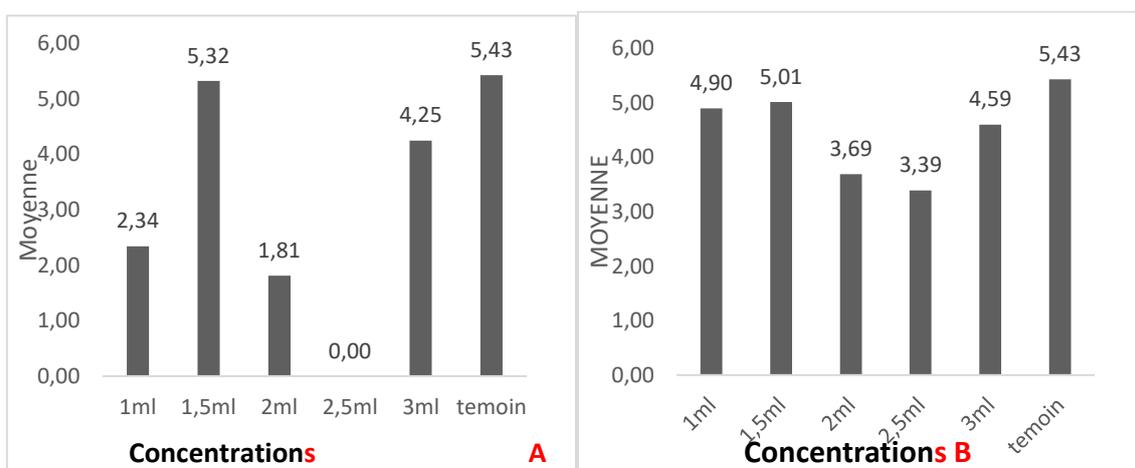
Cas du MEMF1 : La formulation 1 d'extrait brute MEM représente l'effet de la dose 1ml et 1,5ml est plus élevé que la dose 3ml et 2ml par rapport le témoin. la dose 2,5ml a un effet faible par rapport le témoin

Cas du MEMF2 : Ce diagramme représente tous les concentrations sont élever et dépassé la valeur de témoin sauf la dose de 3ml plus baisse que le témoin

Cas du MEA : Cet extrait brute représente l'effet de la concentration 1.5ml plus élevé que le témoin, d'autre coté les concentrations de 1ml ; 2,5ml et 2ml presque là même avec le témoin.

Cas du MEAF1 : Le diagramme de la formulation 1 d'extrait brute MEA montre que toutes les concentrations représentent une augmentation remarquable vis-à-vis de l'eau, sauf la dose de 3ml est plus baisse que le témoin.

Cas du MEAF2 : Le diagramme de la formulation 2 d'extrait brute MEA montre que toutes les concentrations sont élevé par rapport le témoin : ou la dose de 2.5ml et 1.5ml à une augmentation maximale que les d'autre doses se sont la même moyenne avec le témoin.



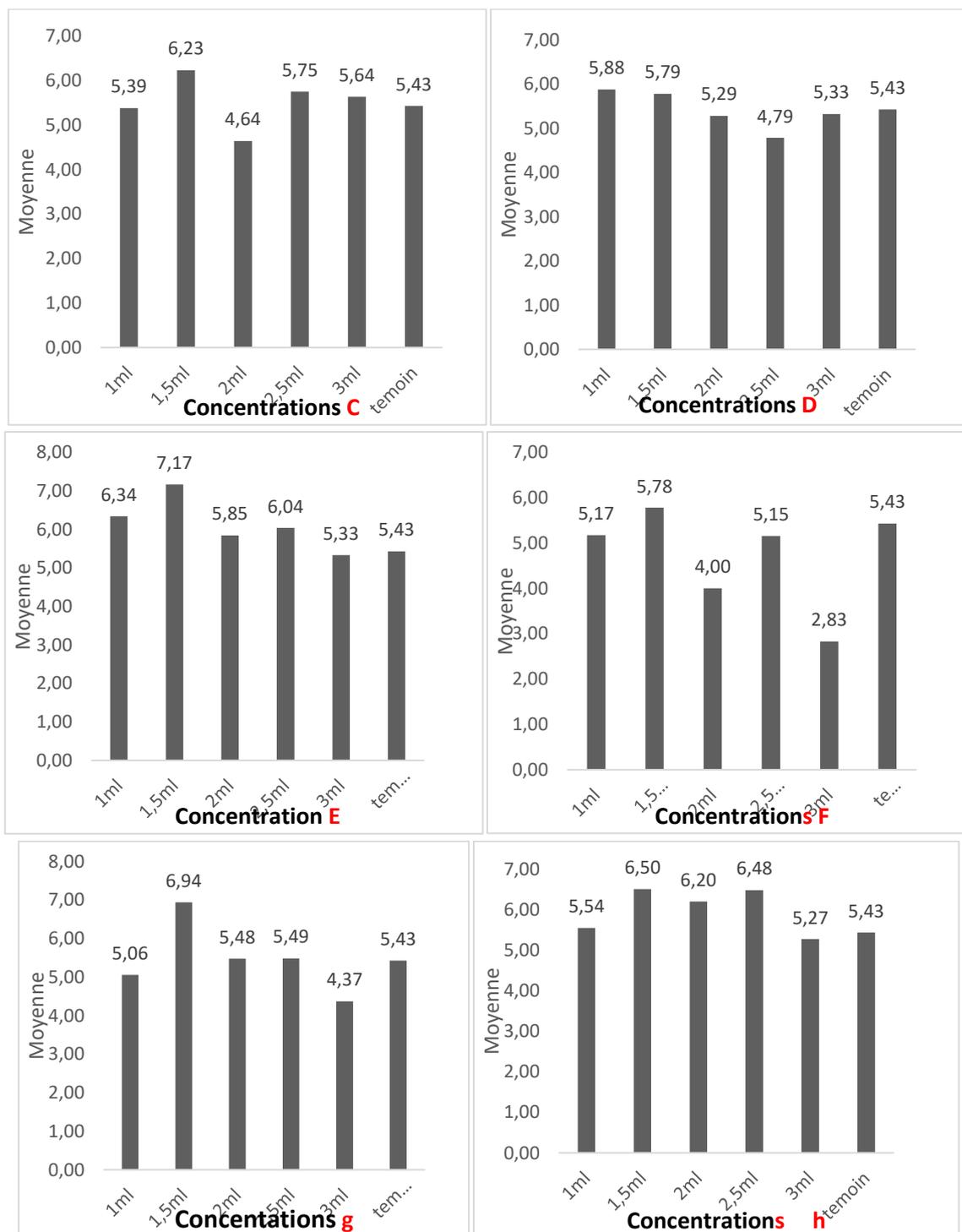


Figure 18 : Effet des traitements sur la germination des graines de maïs par temps

(A, effet de l'extrait brute VLC ;B ,effet de VLCF ; C , effet de l'extrait brute MEM ; D ,effet de MEMF1 ;E,effet de MEMF2 ,F,effet de extrait brute MEA ,g ;effet de MEAF1 ,h ,effet de MEAF2)

I.3. Etude de l'évolution temporelle de la germination sous l'effet des concentrations des bioproduits

Les figures 19 représentent l'évolution temporelle de la germination pour chaque concentration de traitement en fonction pendant 7 jours :

La dose [1ml]

Une augmentation croissante de tous les traitements dans le 1^{eme} jour ensuite dans le 3^{eme} jour le VLC est ralenti la germination jusqu'à le 7^{eme} jour par rapport les autres traitements qui ont accélérés le semis jusqu'à le 4^{eme} jour. Durant le 5^{eme} jour le traitement d'écrit une fluctuation temporelle ce fait que le VLCF arrêté la germination dans la même valeur jusqu'au dernier jour, Le MEM a une différence légère avec le MEMF1 par rapport le témoin. Le MEAF2 et le MEMF2 sont supérieures par rapport les d'autres traitements et se terminer au même niveau jusqu'au le 7^{eme} jour,

La dose [1,5ml]

Une augmentation croissante de tous les traitements jusqu'à le 1^{eme} jour sauf le VLCF est nul et après le 2^{eme} jour accéléré la germination jusqu'au 5^{eme} jour. Les traitements ayant une augmentation considérables de valeur supérieures que le témoin du 1^{ere} jour jusqu'à le 5^{eme} jour sont : MEAF1, MEAF2, MEA, MEMF2, MEM, VLCF. Une diminution légère dans le 5^{eme} jour avec une certaine intersection de MEAF2 avec le témoin. Le MEAF1 accélérée la germination jusqu'à le 3^{eme} jour on remarque une chute temporelle jusqu'à le 5^{eme} jour ensuite on illustre une augmentation successive qui dépassé le témoin jusqu'à le 7^{eme} jour.

La dose [2ml]

Les traitements MEM, MEAF1, MEAF2, MEMF1, MEMF2 en plus le témoin ont une augmentation considérable jusqu'au 4^{eme} jour, a d'autre part le VLC brute a une augmentation faible par rapport les autres et les VLCF, MEA sont nul jusqu'au 2^{eme} jour. On remarque une diminution successive de VLC dans le 3^{eme} jour on a illustre une intersection entre le VLC et MEA et MEMF1. Une augmentation remarquable pour le MEAF2 et MEMF1 sont dépassé tous les traitements jusqu'au 4^{eme} jour. Dans ce jour le MEA a une augmentation considérable jusqu'au 5^{eme} jour. Les traitements qui ayant une diminution remarquable de valeur inferieure que le témoin dès le 4^{eme} jour

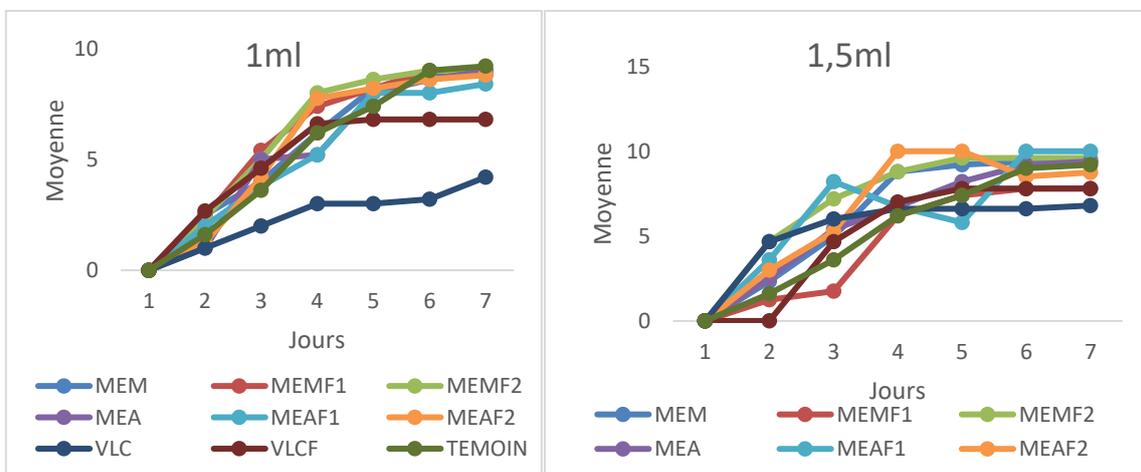
jusqu'à le dernière jour sont MEM, VLCF, VLC, MEA. Le MEAF2, MEAF1 et MEMF2 ayant une valeur supérieure qui sont dépassé le témoin jusqu'à le 7^{ème} jour.

La dose [2,5ml]

Une augmentation remarquable pour les traitements MEAF2, MEAF1, MEMF2, et une augmentation légèrement baisse pour les traitements : MEA, MEMF1. et le VLC, VLCF, MEAF1, sont nul dans le 2^{ème} jour. Après en le 3^{ème} jour on illustre une augmentation de tous les traitements jusqu'au 5^{ème} jour sauf le VLC que rester nul jusqu'au 7^{ème} jour. Dans le 4^{ème} jour a une certain intersection entre MEAF1 et VLCF, le MEAF1 donne une meilleur germination par rapport les autres.

La dose [3ml]

Une augmentation considérable pour tous les traitements début de 1^{ère} jour sauf le MEA qui augmenté dans le 2^{ème} jour avec une augmentation légère et lente. Le VLCF, MEAF1, MEA, VLC, augmenté par valeur inferieure vis-à-vis le témoin jusqu'à le 7^{ème} jour. Les traitements MEMF2, MEM, MEAF2, VLCF augmenté par des valeurs supérieure par rapport le témoin



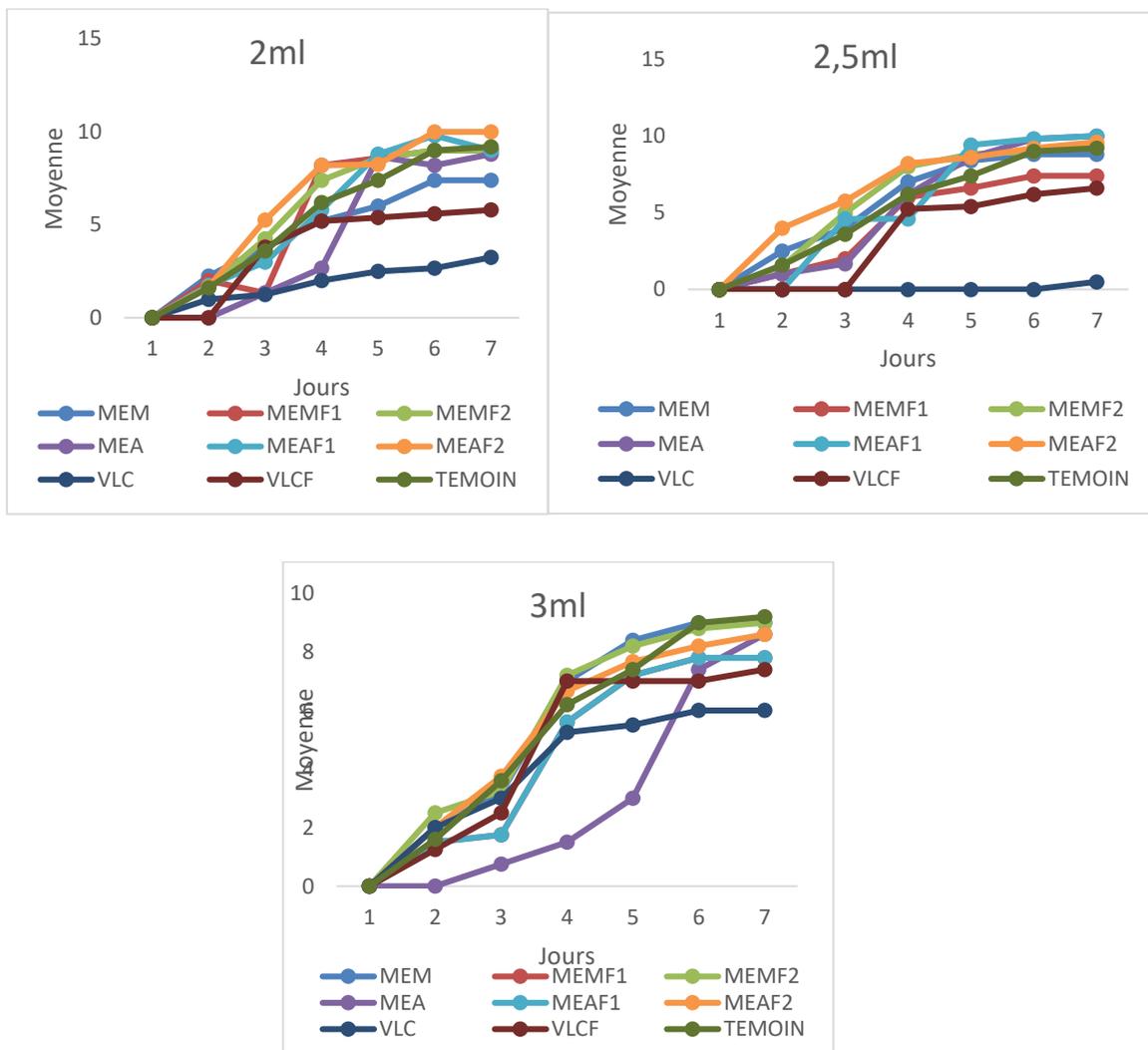


Figure 19 : Evolution de germination pour chaque concentration en fonction de temps

II. Etude de l'expression végétative du Maïs sous l'effet des bio produits

La variation temporelle des paramètres expression végétative de maïs sous l'effet de différentes sortes de solution, formules et l'extrait brut, nous avons considéré que longueur aérienne des tiges, longueur des racines, comme des paramètres ayant la capacité de démontrer expression végétative

II.1. Etude de l'évolution temporelle de la longueur des tiges sous l'effet des bioproduits

Nous avons fait l'étude de variation temporelle longueur des tiges des graines de maïs, dans le système présentant multiple traitement dans le but de visualisé l'effet de ces différents traitements. **La figure (20)**, présente la longueur aérienne de graines de maïs en fonction de temps, la longueur varie selon le type de bioproduit et leurs témoins

La Fig. 20(A), expose une accélération légère de la longueur des tiges des graines traitées par les solutions MEM et MEMF1 et VLCF par rapport les autres traitements et témoin

Fig. 20(B), la figure présente une augmentation faible de la longueur des tiges dans tous les extraits 1,5ml pendant le suivi alors vers la fin du suivi la longueur vlc est devenue supérieure

Fig.20 (C), représente élévation de la longueur aérienne de graines traitées de l'eau (témoin) par rapport des graines traitées des bio fertilisants mais sa longueur devienne égale avec le MEMF1 au dernier jour.

Fig.20 (D), montre qu'il y a une augmentation semblable de la longueur des tiges dans tous les bios produits alors que la longueur dans VLC est nulle pendant tout le suivi.

Fig.20 (E) la figure montre une augmentation de la longueur aérienne pour les deux traitements MEM et MEMF1 mais l'augmentation des autres traitements tel que MEA, MEAF1, MEAF2, VLC, VLCF est assez faible par rapport le témoin

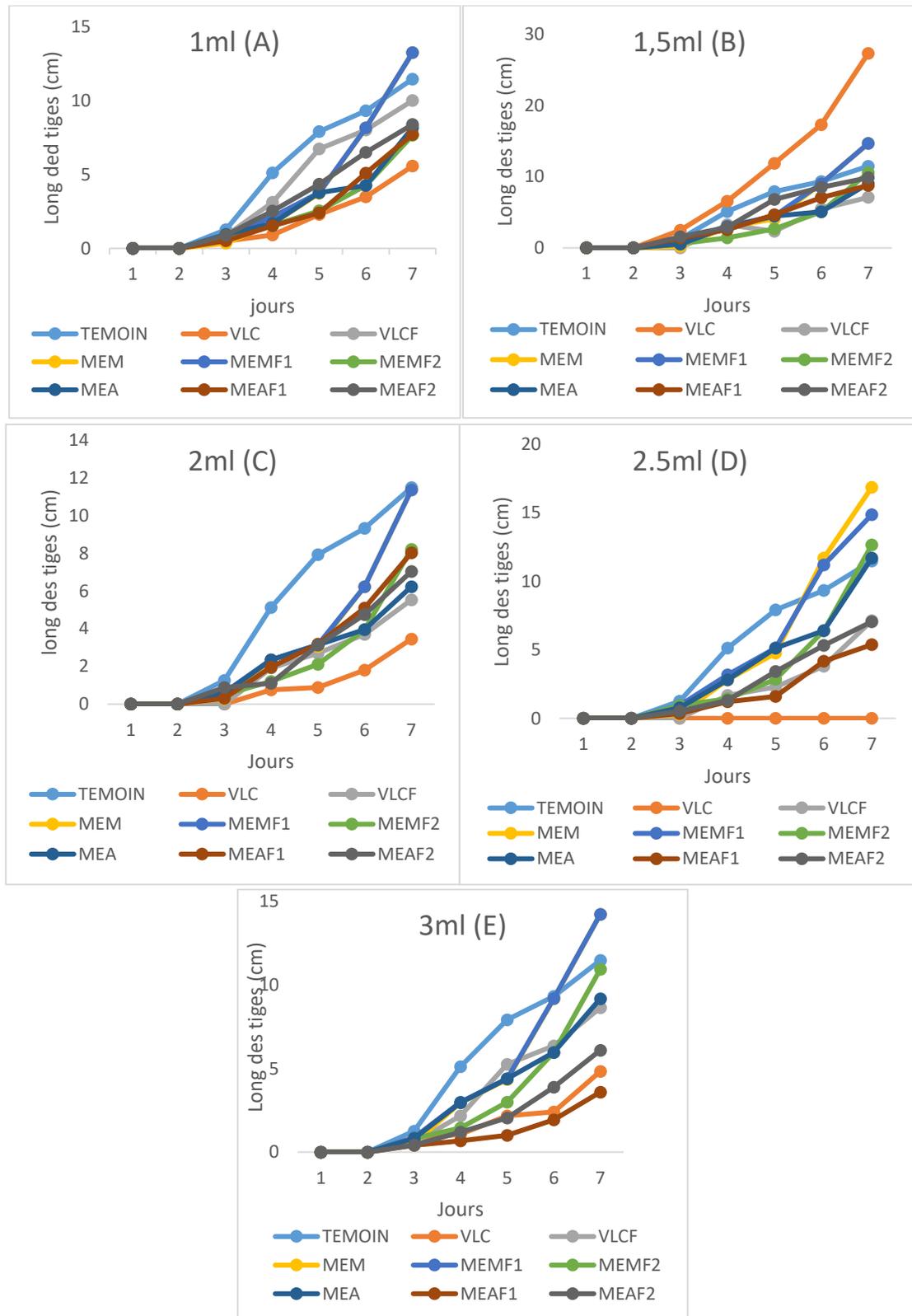


Figure 20 : Evolution temporelle de la longueur des tiges sous l'effet des bioproduits

II.2. Etude de l'évolution temporelle de la longueur des racines sous l'effet des bioproduits

Nous avons fait l'étude de changement temporelle longueur des racines des graines de maïs, dans le système présentant certains bioproduits dans le but de visualisé l'effet de ces différents traitements. **La figure (21)**, montre la longueur des racines de Maïs en fonction de temps, la longueur racinaire variée par une manière différée chez les bioproduits.

Concentration 1ml : représente l'augmentation supérieur de la longueur racinaire chez le MEMF1 avec une différence légère entre MEMF2 et MEM en comparaison toujours avec le témoin qui a la longueur de la racine 20,28 cm.

Concentration 1,5ml : exposé la variation de la longueur racinaire chez les différents bio fertilisants, au début de suivi la longueur racinaire de MEAF1 est supérieure à tous ; au-delà de 4ème jour la position des courbes est accélérer chez tous les traitements, au délai de 7eme jours la longueur racinaire de MEM est devenu supérieure à tous.

Concentration 2ml : les courbes de l'extrait brut et formulée commencent avec la même variation mais après le 3ème jour on observe une différence entre eux et MEMF2 précède MEMF1 MEAF2.et le témoin.

Concentration 2,5ml : Affiché que les racines de tous les extraits bruts et formulés de *Moringa oliefera* a une augmentation croissante mais vlc à une longueur nulle pendant tout le suivi

Concentration 3ml : Montre le meilleur résultat qui a été enregistrer au niveau de partie racinaire, avec une longueur de 26,66 cm à été obtenue chez le bio fertilisant MEMF2 correspondant à la concentration 3ml/L

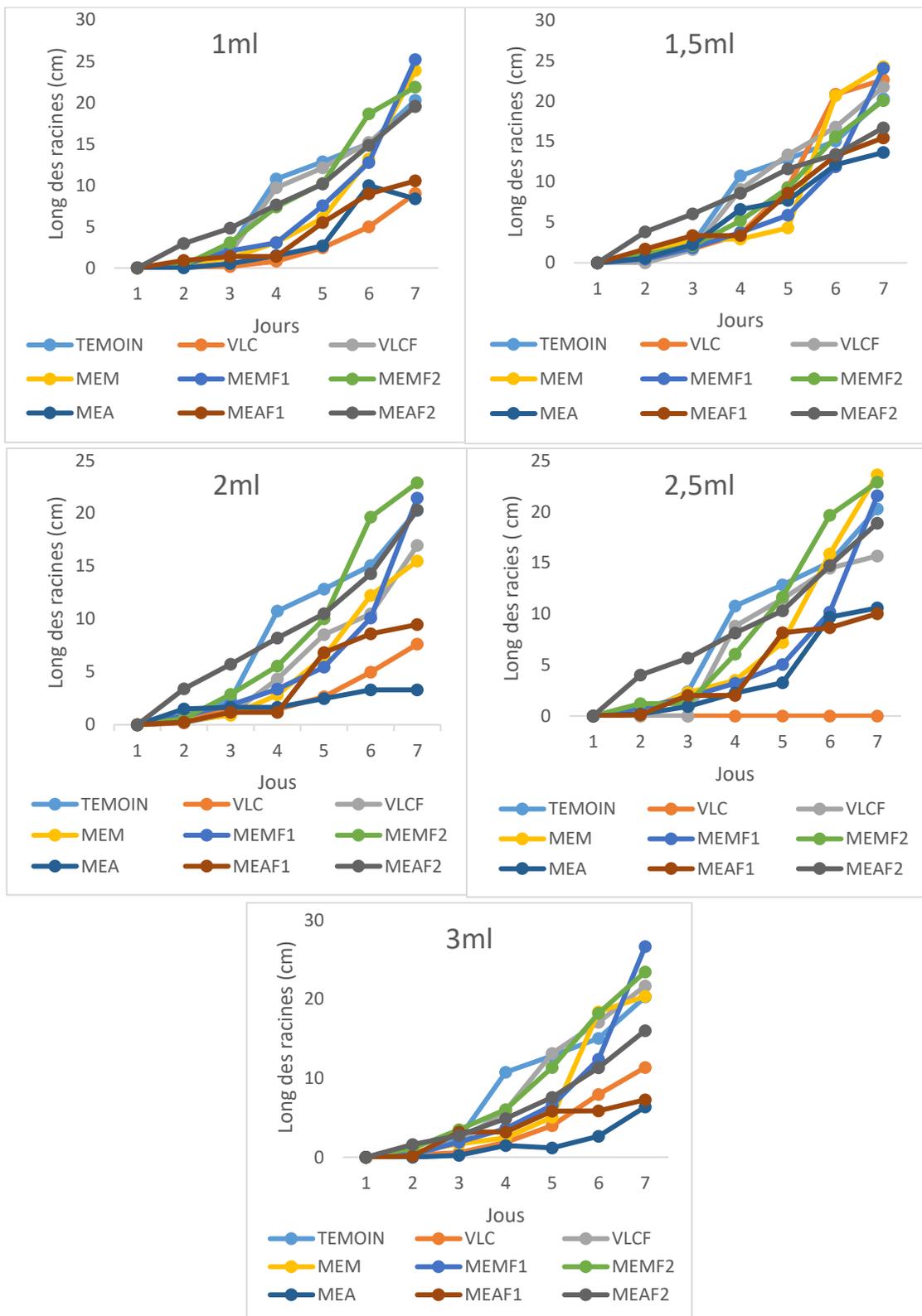
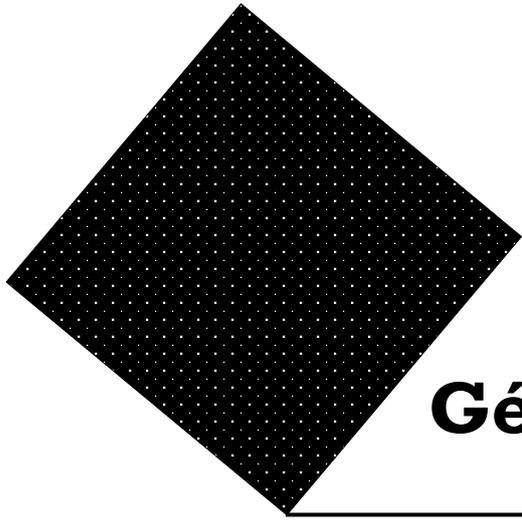


Figure 21 : Évolution temporelle de la longueur des racines sous l'effet des bioproduits



**Discussion
Général**

Discussion Général :

fertilisation est l'élément de base de l'agriculture moderne, elle assure les besoins nutritionnels des plantes qui agissent sur le rendement du point de vue quantitatif et qualitatif . La fertilisation en agriculture biologique fait appel à des substances d'origine organique, animale ou végétale et à quelques minéraux. (Bokil *et al.*, 1993) et (Adabio, 2004).

Les objectifs finaux de la fertilisation sont d'approcher le meilleur rendement possible compte tenu des autres facteurs qui y concourent , ainsi que la meilleure qualité, et ce au moindre coût ; s'y ajoute l'objectif de préservation de la qualité de l'environnement.

Les producteurs sont de plus en plus incités à opter pour des pratiques de production durables. Parmi les saines pratiques de gestion, ils ont maintenant accès, entre autres, à un vaste choix de produits appelés biofertilisants (Balesdent, 1996).

D'après la définition retenue par (Khan *et al.* 2009.) Un bio- fertilisants est un produit d'origine biologique qui améliore la productivité des plantes car ont été qualifiés comme, stimulateur métabolique, régulateur positif de la croissance des plantes, et stimulateurs de défenses, Il a aussi un rôle sur les caractéristiques physiques et biologiques des sols.

Dans cette optique, nous avons tenté de tester et mettre en évidence l'efficacité de huit biofertilisants à base et à doses différentes sur les paramètres de germination et croissance végétatives à savoir: la longueur des racines et des tiges .

Les résultats d'estimation de l'effet des formulations sur les traits de germination et la stimulation du maïs nous ont permis de ressortir les éventualités suivantes :

L'effet des biofertilisants sur le taux de germination :

Ce qui concerne les résultats des paramètres de germination des grains de Maïs indiquent

- ✓ une évolution favorable sous l'effet des bioproduits MEMF2 et MEAF2 qui possèdent les moyennes les plus élevées au niveau de taux de germination
- ✓ MEMF2 et MEAF2 possèdent un meme pouvoir germinatif lorsque la dilution est de 1 ml alors en peut jugée que cette concentrarion stimule le mieux la germination des graines .
- ✓ Il n'ya pas de difference apparente entre les traitements MEM ,MEA et VLCF leurs moyennes sont plus proches que de temoin

les formulations à base vegetale contenant dans leur constitution l'extrait aqueux de moringa oliefera

Composition moyenne des feuilles de Moringa oleifera incluent une multitude de composés : Proteines tels que Méthionines Phénylalanine Thréonine les Mineraux : Calcium Potassium Magnésium Phosphore soufre, sodium fer...), riches en l Glucides et Lipides et les

vitamines A et C ce qui implique un ensemble des effets bénéfique sur germination (**Ndong et Wade, 2007**)

L'effet des biofertilisants sur la longueur radiculaires t des tiges :

Les résultats de ces deux paramètres ont montré que les valeurs les plus fortes sont exprimées sous l'effet du bioproduit à base de moringa extrait methanolyque brut et formulé (MEMF2 à dose 3ml/l , MEMF1 à deux dose 2,5 et 3 ml/l , MEM à deux dose 1 et 2,5 ml/l) avec des valeur supérieure celui de temoin (leau courante) suivi par ceux du biofertilisant à base de jus de lombricompost brut et formulé sous l'effet de la meme concentration 1,5ml/l puis celui de moringa extrait aqueaux formulation 2 MEAF2 correspondant à la concentration 2ml/l qui est proche du témoin negative (eau).

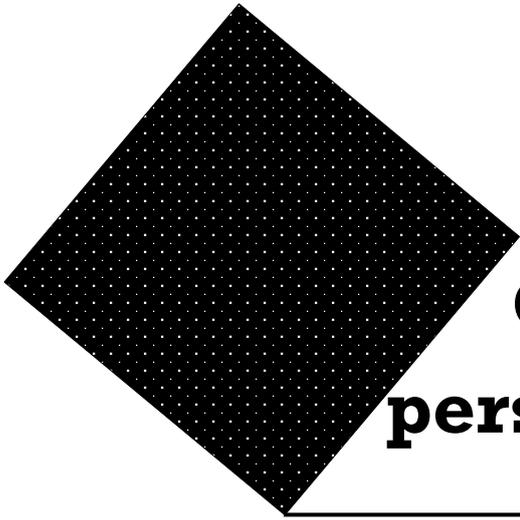
Alors que les autres biofertilisants notamment MEA et MEAF1 affichent une resultats les plus faible , Inférieur de temoin soust l'effet des différentes concentrations

Nos resultats sont en concordance avec plusieurs travaux qui montrent que l'extrait de moringa et de lombricompost ont un effet très importante sur la croissance et la fertilisants des cultures et biostimulants

l'extrait à m'éthanol à 80 % obtenu à partir des feuilles de Moringa contient des facteurs de croissance (hormones du type cytokinine) Son aspersion après dilution dans l'eau produit des effets significatifs : croissance plus vigoureuse sur un cycle de vie plus long; racines, tiges et feuilles plus robustes, fruits plus gros, teneur plus élevée en sucres. L'utilisation de cet extrait permet d'augmenter globalement les rendements de 20 à 35%.**selon Foidl et al (2001)**

l'extrait de Moringa est un agent d'amorçage des graines et un activateur de croissance du culture, il augmente le rendement, la teneur en matière sèche, la surface foliaire et l'indice foliaire. **Mudjahid et al., (2015)**

Le tourteau de graines de Moringa, après séchage, peut être utilisé comme engrais naturel à haute teneur en azote. Source d'hormones qui stimulent la croissance végétale, l'extrait de feuilles et de jeunes tiges contient l'hormone Zéatine qui stimule la croissance des plantes. **Selon Culver et al.(2012)** l'extrait de Moringa agit significativement sur le rendement de plusieurs culture , les effets sur la croissance seraient dus à la très forte concentration de Zéatine (entre 5mcg/g et 200mcg/g de matière), hormone du groupe de cytokinines reconnue comme hormone pouvant augmenter les rendements des plantes quand celles-ci reçoivent des aspersion d'extrait de feuilles fraîches de Moringa.



Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

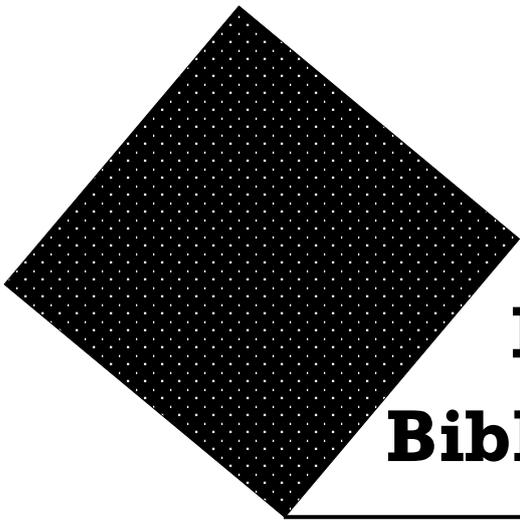
A travers les résultats relatifs à l'évaluation de l'effet bénéfique des différentes formulations en addition de biofertilisants brutes dont l'origine est différente à savoir ; Biofertilisant d'origine animale : le jus de lombricompost, biofertilisant d'origine végétale : l'extrait aqueux et méthanoïque de feuilles de *Moringa oleifera* sur la germination des graines de maïs *Zea maïs*. Les résultats obtenus dans le cadre de nos expérimentations nous permettent de conclure :

Les meilleures croissances du taux germination sont signalées sous l'effet du MEMF2 et de l'eau courante suivi par MEAF2 par rapport les autres traitements. Le jus de lombricompost brut donne un résultat significatif par rapport aux autres traitements qui donnent un résultat non significatif.

Concernant les résultats portant sur la longueur des racines sous l'effet des biofertilisants, le MEMF1 et MEMF2 montrent un meilleur effet par rapport a les autres traitements où ont la capacité à développer la partie racinaire et montré la longueur la plus important dans les cinq concentration (1ml, 1,5 ml, 2ml, 2,5ml, 3ml)

A propos de l'expression végétative sous l'effet des biofertilisants, les résultats montrent que le MEM et le MEMF1 ont un effet par rapport les autres traitements dans les concentrations 1 ml, 1,5 ml ; 2 ml et 3 ml, le MEMF2 donne un effet positif dans la concentration de 2,5 ml, ils ont la capacité à développer la partie aérienne (longueur des tiges) et montré la longueur la plus importante.

En s'appuyant sur les résultats de la présente étude, les traitements des biofertilisants formulés riches en composés nutritifs pourraient ainsi stimuler la germination des graines et promouvoir la croissance des plants. En effet, de ce qu'on a pu voir au chapitre IV, nous recommandons l'utilisation des produits formulés que les bruts, car le pourcentage de la matière actif est réduit.



Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1]. Adedapo,A.,Falayi,O .& Oyagbemi, A.(2015) . Evaluation of the analgesic , anti-inflammtory, anti-oxidant , phytochemical and toxicological properties of the methanolic leaf extract of commercially processed Moringa oliefera in some laboratory animals , journal of basic and clinical physiology and pharmacology , 26,491 ,499 .
 - [2]. Anonyme 1 <https://www.consoglobe.com/les-graines-de-moringa-pour-purifier-l'eau-cg> (les graines de moringa pour purifier l'eau contaminée consulté) le 30-03-2020.
 - [3]. Anonyme 2 : source <http://www.wikipidia.com>
 - [4]. Anzala F., Morère Le Paven M.-C., Fournier S., Rondeau D. and Limami A.M.
 - [5]. Basra S.M.A., Pannu I.A., Afzal I.(2003).Evaluation og seedling vigor of hydro and mtriprimed wheat (Trimiticum aestivum L.),Seed Technology .
 - [6]. Besse F., 1996 - L'Arbre du mois – Moringa oleifera Lam.; Le flamboyant – Bulletin de liaison des membres du réseau Arbres tropicaux No 40 ;
 - [7]. Bewley J (1997). Seed germination and dormancy. Plant cell 9, 1055-1066.
 - [8]. Boucelha L., Djebbar R., 2015, Influence de différents traitements de prégermination des graines de Vigna unguiculata (L.) Walp. Sur les performances germinatives et la tolérance au stress hydrique. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 19(2): 132-144.
 - [9]. Boucelha L., Djebbar R.,Abrous-Belbachir O., 2019, Vigna unguiculata (L.) Walp. seed priming is related to redox status of plumule, radicle and cotyledons. Functional Plant Biology.
 - [10]. Boulogne I., Petit P., Ozier-Lafontaine H., Desfontaines L., Loranger-Merciris G., 2012. Insecticidal and antifungal chemicals produced by plants: a review. Environ Chem Lett. 10:325–347. CEP, 2013, L'agroécologie : des définitions variées, des principes communs, Centre d'Études et de Prospective, Analyse n° 59.
 - [11]. Bradford K.J,1986, Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Hort Science., 21:1105-1112.
 - [12]. Bradford KJ., 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions,HortSci,21: 1105-1112.
 - [13]. CEP, 2015. Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes : état des lieux et perspectives. Centre d'Etudes et de Prospective, Analyse n° 79.
-

-
- [14]. Cheng Z., Bradford K. J. (1999). Hydrothermal time analysis of tomato seed germination responses to priming treatments. *Journal of Experimental Botany*,
- [15]. Cho H.K., Koyama A., 1997. Korean natural farming: indigenous microorganisms and vital power of crop/livestock. *Korean Natural Farming*.
- [16]. Christophe Magdelaine(2018). comment l'agriculture conventionnelle a tué nos sols et nos terroirs ;consulté le 18 janvier 2018, sur le web www.notre-planete.info
- [17]. Côme D and Corbineau F (1998). Semences et germination. In "Croissance et développement. Physiologie végétale II",. Hermann, Paris.
- [18]. Come D., 1970, Les obstacles à la germination, Monographie et physiologie végétale, n° 6, Éd. Masson et Cie (Paris),
- [19]. Differing in Germination Efficiency. *Journal of experimental botany*. Vol.57
- [20]. Du Jardin P., 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*
- [21]. EBIC., 2014. European Biostimulants Industry Council: <http://www.biostimulants.eu>.
- [22]. Evenari M. (1957). Les problèmes physiologiques de la germination. *Bull. Soc. Fr. Physiolo. Vég.* 3,
- [23]. 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,
- [24]. Falawo, A.B., Mukumbo, F.E., Idamokoro, E.M., Lorenzo, J.M., Afolayan, A. & Muchenje, V. (2018). Multi-functional application of *Moringa oleifera* lam. In nutrition and animal food products: A review. *Food Research International*,
- [25]. FAO (2000) "the challenges of sustainable forestry development in Cameroon ;21-25 February 2000." Food and Agriculture Organization, Rome.
- [26]. Foidl N., Makkar H.P.S., Becker K., 2001- Potentiel de *Moringa oleifera* en Agriculture et dans l'Industrie, Potentiel de développement des produits du *Moringa* 29 octobre- 2 novembre 2001, Dar es Salaam, Tanzani
- [27]. Foidl, N., Makkar, H., & Becker, K. (2001). Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie. Potentiel de développement des produits de *Moringa*. Dar es Salaam, Tanzanie, du 29 octobre au 2 Novembre 2001.
-

-
- [28]. Fuglie L .J .,(2002) . le Moringa dans la médecine traditionnelle (141-148) In : l'arbre de la vie , les multiples usages du moringa – wageningen : CTA ; Dakar : CWS .
- [29]. Hanim A.N., Muhamad A.N., Ahmed O.H., Susilawati K., Khairulmazmi A., 2012. Physico-chemical properties of indigenous microorganism-composts and humic acid prepared from selected agroindustrial residues. *Afr J Biotechnol* 11:8456–8463.
- [30]. Harimalala Andriambelo N., Rasoarinanahary M., Hiol A., Remize F., Porphyre V., Razanamparany L., 2016 - Composition phénolique et activité antioxydant à deux stades de développement des feuilles de *Moringa oleifera* ; Rencontre de l'Agroalimentaire en Océan
- [31]. Heller R, Esnault R et al. 2004. *Physiologie végétale II, développement*. Ed., Dunod, Paris.
- [32]. Hopkins W. G. 2003. *Physiologie végétale traduction de la 2ème Edition américaine par Serge R. Révision scientifique de Charle M.* Edition Deboek. Université Bruxelles.
- [33]. Hradesh Rajput , SGM Prasad and prasistha srivastav (2019) . Nutritional quality analysis of dry moringa powder varity-PKM-1 . *The pharma Innovation journal* ; 8(7) :
- [34]. <https://www.newaginternational.com/index.php/en/conferences/our-conferences/488-the-3rdbiostimulants-world-congress-miami-usa-november-2017>.
- a. Hu, Y., & Schmidhalter, U, (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J Plant Nutr Soil Sci*, 168, 541-549. <http://dx.doi.org/10.1002/jpln.200420516>
- [35]. Hubert P. 1978 .Recueil de fiche technique d'Agriculture spéciale à l'usage des lycées agricole à Madagascar - BDPA.
- [36]. Ikrina M.A., Kolbin A.M., 2004. *Regulators of Plant Growth and Development, Vol.1, Stimulants*. Moscow: Chimia.
- [37]. Indien- 5ème édition. Université de la Réunion, Ecole Supérieur d'Ingénieurs Réunion Océan Indien Université d'Antananarivo
- [38]. *Innovation Agronomique* 64 (2018) , 31-46 ; [http://Creative commons.org/licenses/by-nc-nd/ 3.0 /fr/](http://Creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/)
- [39]. Iram et Merieme, 2013. Essai de l'association légumineuse céréales (mais) sur la disponibilité du phosphore dans la rhizosphère. Thèse ingéniorat. ENSA. EL HARRACH. Alger,
-

-
- [40]. Kadhim , E, J .& AL-shammaa , D . A (2014). Phytochemical characterization using GC-MS Analysis of Methanolic extract of moringa oliefera (family Moringaceae) Plant cultivated in Iraq. Chem Mater Res , 6,9,26 .
- [41]. 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.
- [42]. Kumar B.L., Gopal D.V.R.S., 2015. Effective role of indigenous microorganisms for sustainable Environment. 3 Biotech 5:867–876.
- [43]. Leone , A.,Spada , A ., Battezzati , A .,Schiraldi , A ., Aristil , J . and Bertroli , S., 2016 . Moringa oliefera seeds and oil : characteristics and uses for humanhealth . International journal of Molecular sciences . 17 :21 41 .
- [44]. Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J, 2011. Climate trends and global crop production since 1980.
- [45]. Lwni M., Ranamukhaarachchi S.L., 2006. Development of Biological Control of Ralstonia solanacearum Through Antagonistic Microbial Populations. International Journal of Agriculture & Biology. 8(5), 2006
- [46]. Makar , H.P.S. and Becker , K . , 1996 . nutritional value and antinutritional components of whole and ethanolextarcted Moringa oliefera leaves . Animal feed science and Technology . 63 :211-228 .
- [47]. Malo T.,2014 - Effet de la fertilisation sur la croissance et la production de Moringa oleifera local et Moringa oleifera PKM-I dans la Région des Cascades (Burkina Faso). Mémoire de fin de cycle Institut du Developpemet Rural Université Polytechnique de Bobo –Dioulasso
- [48]. Maryse Carraretto, 2005 :Histoires de maïs, d'une divinité amérindienne à ses avatars transgéniques, CTHS, (ISBN 2-7355-0577-4).
- [49]. Mbora A ., Mundia G Muasya S., (2004) . combating nutrition with moringa oliefera _Nairobi : world Agroforestry centre .
- [50]. Metabolism During Germination and Postgermination Growth in Two Maize Genotypes
- [51]. Muchenje , v . (2018). Multi-functional application of Moringa oliefera lam. In nutrition and animal food products : A review .food research International,
- [52]. Phua C.K.H., Wahid A.N.A., Rahim A., 2011. Development of multifunctional bio fertilizer formulation from indigenous microorganisms and evaluation of Their N₂-fixing capabilities on chinese cabbage using 15 N tracer technique. Pertanika J Trop Agric sci Price , M.L.,2007 . The Moringa tree . Echo Technical Note.
-

-
- [53]. Ravensberg W.J., 2015. Commercialisation of microbes: present situation and future prospects, in Principles of Plant-Microbe Interactions, Eds B. Lugtenberg (Cham ; Heidelberg ; NewYork ; Dordrecht ; London: Springer International Publishing).
- [54]. Saini , R . K . , Sivanesan, I , and keum , Y.S ., 2016 . Phytochemicals of Moringa oliefera : A review of their nutritional , therapeutic and industrial significance . Biotechnology .
- [55]. Smaling, E.M.A.S.M. Nandwa and B.H. Janssen (1997) "Soil fertility in Africa is at stake ." In : R.J. Buresh, P.A. Sanchez and F. Calhoun (eds). Replenishing soil fertility in Africa ; pp.47-62. Soil Science Society of America , Madison.
- [56]. The 3rd Biostimulants World Congress. 27-30 November 2017, Hyatt Regency, Miami, USA.
- [57]. The R&D of AgriProducts Congress. 22-23 November 2017. The Hilton, Amsterdam, The Netherlands. <https://www.kisacoresearch.com/events/rd-agriproducts>
- [58]. Torre L.A., Battaglia V., Caradonia F., 2016. An overview of the current plant biostimulant legislations in different European Member States. J.Sci.Food Agric. 96,727–734. doi:10.1002/jsfa.7358.
- [59]. Umi K.M.S., Sariah M., 2006. Utilization of microbes for sustainable agriculture in Malaysia: current status. Bio prospecting and management of microorganisms. National Conference on Agro biodiversity conservation and sustainable utilization, .
- [60]. Yakhin O.I., Lubyantsev A.A., Yakhin I.A., Brown P.H., 2017. Biostimulants in Plant Science: A global Perspective. Frontiers in Plant Science 7.
- [61]. (2006). Physiological and Molecular Aspects of Aspartate-Derived Amino Acid
-