

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم

Faculté des Sciences de la Nature et de la
Vie
Département : D'agronomie



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم: الفلاحة

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences de la
Nature et de la Vie

Spécialité : Production Végétale

Thème

Effet biostimulant de la biomasse de *posidonia oceanica* sur la
culture de la tomate et de la courgette.

Soutenue le : 21/06/2026

Présenté par

Membres de Jury

- Hamid Bilal Mojjinat
- Lakhdar Chaouch Nesrine

Président Arbaoui Mohamed MCA UAB. Mostaganem

Examineur Ghelamallah Amine Pr UAB. Mostaganem

Encadreur Benguendouz Abdenour MCB UAB. Mostaganem

Invité Sisi Mustapha inspecteur direction de la pêche Mostaganem

Année Universitaire : 2025-2026

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Allah, le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la force, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail de mémoire.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur, Dr Abdenour Benguendouz, pour son accompagnement constant, sa disponibilité, ses précieux conseils ainsi que la confiance qu'il nous a accordée tout au long de la réalisation de ce travail. Ses connaissances scientifiques, sa rigueur et sa patience ont été d'une aide inestimable.

Nous adressons également nos sincères remerciements à monsieur le président du jury Arbaoui Mohamed et monsieur l'examineur Ghelamallah Amine pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce mémoire.

Nous exprimons notre reconnaissance et notre gratitude à notre enseignant, Dr Ghelamallah, pour ses précieux conseils, son soutien, ses encouragements et les connaissances qu'il nous a transmises tout au long de notre parcours universitaire.

Nos remerciements s'étendent à l'ensemble des enseignants du département d'Agronomie, qui ont contribué à notre formation universitaire et à l'enrichissement de nos connaissances.

Nous remercions chaleureusement tous les membres du laboratoire pour leur accueil, leur soutien technique et leur disponibilité, qui ont permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions.

Nous adressons également nos sincères remerciements à tous les responsables de la ferme de Mazagran, pour leur disponibilité, leur soutien et leur précieuse collaboration lors de la réalisation de la partie expérimentale de ce travail.

Nous exprimons également notre gratitude à la Direction de la Pêche pour son aide, sa collaboration et les facilités accordées, qui ont contribué à la réalisation de cette étude.

Enfin, nous exprimons notre profonde reconnaissance à nos familles, à nos amis ainsi qu'à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire et nous ont soutenus durant cette période.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mon père, Moulaye Mohamed, pour son soutien indéfectible, sa patience et ses encouragements constants tout au long de mon parcours.

À ma mère, Salma Messoud, pour son amour infini, ses sacrifices et sa présence rassurante à mes côtés.

À mon grand-oncle, Mohamed Messoud, pour son aide, ses prières et son soutien précieux, qui m'ont toujours donné la force de poursuivre.

À mon oncle, Sidi Messoud, pour son aide et ses précieux conseils.

À mes frères, Mohamed, Saidbouh et Moulaye Oumar, pour leur affection, leur gentillesse et leur amour fraternel.

À mes amis proches, Moulaye Abdallah, Salih Awlaghi, Nerimane, Khadija et Manel Hadda, pour leur soutien, leur écoute attentive et leur amitié sincère.

À ma binôme, Nesrine Lakhdar Chaouch, pour sa précieuse collaboration, son engagement tout au long de ce travail et les efforts que nous avons partagés avec détermination.

À mes camarades de la filière Production Végétale, pour les moments de partage, d'entraide et de solidarité qui ont enrichi ces années d'études.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail.

Hamid. B

Dédicaces

Je dédie cet ouvrage

*À ma maman mokhtaria et mon père ramdane qui m'ont soutenu et encouragé
durant ces années d'études.*

Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

*A mon frère mehdi et mes sœurs houda ; hanane ; bouchra ; mes grands-parents
et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la
réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout
au long de mon parcours.*

*A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la
vivacité.*

*A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de
succès.*

*À ma binôme, Hamid bilal moijinat, pour sa précieuse collaboration, son
engagement tout au long de ce travail et les efforts que nous avons partagés
avec détermination.*

C. Nesrine

Résumé

Ce travail a consisté à évaluer l'effet de l'extrait de *Posidonia oceanica* sur les paramètres morphologiques de deux espèces végétales, la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) et la courgette (*Cucurbita pepo* L.). Les analyses physico-chimiques ont mis en évidence que cet extrait possède des caractéristiques intéressantes, notamment des teneurs élevées en polyphénols et en flavonoïdes, ainsi qu'un taux d'humidité élevé, une teneur importante en matière minérale, un pH basique et une conductivité électrique de 1,426 mS/cm, ce qui indique une salinité modérée.

Les résultats expérimentaux ont montré que l'extrait exerce un effet hautement significatif sur la germination de la tomate, ainsi que sur la longueur des tiges et le nombre de feuilles des deux espèces étudiées. Par ailleurs, le traitement à base d'extrait de *Posidonia oceanica* appliqué à la concentration de 25 % a permis d'obtenir le rendement le plus élevé chez la courgette, atteignant 12,771 kg.

Mots clés: *Posidonia oceanica*, biostimulants, tomate (*Solanum lycopersicum*), courgette (*Cucurbita pepo*)

Abstract:

This study evaluated the effect of *Posidonia oceanica* extract on the morphological parameters of two plant species, the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and the zucchini (*Cucurbita pepo* L.). Physicochemical analyses revealed that this extract possesses interesting characteristics, notably high levels of polyphenols and flavonoids, as well as high moisture content, significant mineral content, a basic pH, and an electrical conductivity of 1.426 mS/cm, indicating moderate salinity. Experimental results showed that the extract has a highly significant effect on tomato germination, as well as on stem length and the number of leaves in both species studied. Furthermore, treatment with a 25% *Posidonia oceanica* extract yielded the highest yield in zucchini, reaching 12.771 kg.

المخلص

تضمنت هذه الدراسة تقييم تأثير مستخلص نبات بوسيدونيا أوشانيكا (*Posidonia oceanica*) على المعلومات المورفولوجية لنوعين نباتيين، هما الطماطم (*Solanum lycopersicum* L) والكوسة (*Cucurbita pepo* L). وأظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن هذا المستخلص يتمتع بخصائص مثيرة للاهتمام، لا سيما محتواه العالي من البوليفينول والفلافونويد، فضلاً عن نسبة الرطوبة العالية، والمحتوى الكبير من المواد المعدنية، ودرجة الحموضة القاعدية، والموصلية الكهربائية البالغة 1,426 مللي سيمنس/سم، مما يشير إلى ملوحة معتدلة. وأظهرت النتائج التجريبية أن المستخلص له تأثير كبير على إنبات الطماطم، وكذلك على طول السيقان وعدد الأوراق في النوعين المدروسين. علاوة على ذلك، سمح العلاج القائم على مستخلص *Posidonia oceanica* المطبق بتركيز 25٪ بالحصول على أعلى إنتاجية في الكوسة، حيث بلغت 12,771 كجم.

Table de matière

<i>REMERCIEMENTS</i>	I
<i>Dédicaces</i>	II
<i>Résumé</i>	IV
I. Introduction	2

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur la tomate

1. Généralité sur la tomate	4
2. Importance économique de la tomate	4
3. Classification de la tomate	7
3.1. Classification botanique	7
3.2. Classifications génétiques.....	7
3.2.1. Variétés fixées.....	7
3.2.2. Variétés hybrides	7
3.3. Classification Morphologique	8
3.3.1. Variétés à port déterminé	8
3.3.2. Variétés à port indéterminé	9
3.3.3. Variété buissonnante	9
4. Choix des variétés	9
5. Description botanique de la plante.....	9
5.1 Racine.....	9
5.2. Tige.....	9
5.3. Feuilles.....	10
5.4. Fleurs	10
5.5. Fruit	10

5.6. Graines.....	10
6. Cycle biologique de la tomate.....	10
6.1. Phase de germination.....	10
6.2. Phase de croissance	11
6.3. Phase de floraison.....	11
6.4. Phase de fructification et de maturation	11
7. Exigences écologiques	12
7.1. Exigences climatiques	12
7.1.1. La température	12
7.1.2. La lumière	12
7.1.3. Humidité relative	13
7.1.4. Eau	13
7.2. Exigences édaphiques.....	14
7.2.1. Structure et texture du sol.....	14
7.2.2. PH (potentiel d'hydrogène).....	14
7.2.3. La salinité	14
7.2.4. Exigence nutritionnelle	14
8. Les maladies et ravageurs de la tomate.....	15
8.1. Les maladies de la culture de la tomate	15
8.1.1. Maladies fongiques	15
8.1.2. Les maladies bactériennes.....	15
8.1.3. Les maladies virales	16
8.1.4. Les ravageurs	17
9. Le technique cultural de la tomate	18
9.1. La préparation du sol	18
9.2. Les semis	18
9.2.1. Préparations de la pépinière	18

9.3. Le repiquage	19
-------------------------	----

Chapitre II : Synthèse bibliographique sur la courgette

1. Généralité sur courgette	21
2. Origine de la courgette	21
3. Importance économique de la courgette	21
4. Classification botanique de la courgette	22
5. Description de la courgette	22
6. Exigence pédoclimatique de la courgette	23
6.1. Température	23
6.2. Sol	23
6.3. Humidité	23
6.4. Eau	23
6.5. Lumière	23
7. Principaux stades de développement de la courgette	23
8. Principales maladies et ravageurs de la courgette	25
9. Importance nutritionnelle de la courgette	27
10. Variétés de courgette cultivées en Algérie	27

Chapitre III : Synthèse bibliographique de *Posidonia oceanica*

1. Les herbiers de Magnoliophytes marines	29
2. Importance	29
3. Menace	30
4. Classification de <i>Posidonia oceanica</i>	31
6. Morphologie	32
7. Croissance et développement	32
8. La reproduction	33
8.1. La reproduction asexuée	33
8.2. La reproduction sexuée	33

Chapitre IV : Synthèse bibliographique des biostimulants

1. Définition général	37
2. Origine et composition.....	38
3. Modes d'action et effets sur les cultures	38
4. Les biostimulants à base de plante	39
4.1. Utilisation	39
4.2. Règlementation des biostimulants à base de plantes	40
5. Extrait de <i>Posidonia oceanica</i>	40

Chapitre V : Matériel et Méthode

1. Le but de travail :	43
2. Matériel et produit :	43
4. Identification de l'espèce <i>Posidonia oceanica</i>	44
5. Préparation des échantillons :	45
6. Préparation de l'extrait de <i>Posidonia oceanica</i> :	45
7. Préparation des dilutions :	46

Protocole expérimental de la tomate

1. Préparation des boîtes de pétri (Test de germination).....	49
2. Mode préparatoire	49
3. Préparation des pots de tomate (préparation d'échantillon végétale) :	49
3.1. Préparation du sol	49
3.2. Préparation et Remplissage des Pots :	50
3.3. Étiquetage des pots	50
3.4. Disposition des pots.....	50
3.5. Repiquage des plants	51
4. Essais agronomique	51
5. Méthodologie d'évaluation des paramètres morphologiques	51

Protocole expérimental de la courgette

1. Site d'expérimentation	53
2. Dispositif expérimental	53
3. Préparation de lieu de l'essai	53
3.1. Travail de sol	53
3.2. Système d'irrigation	53
4. Semis.....	54
5. Essais agronomique :	54
6. Méthodologie d'évaluation des paramètres morphologiques	54
7. Caractérisation physicochimique de l'échantillon PO	55
7.1. Détermination du taux d'humidité et de la teneur en matière minérale	55
8. Détermination du PH et la conductivité électrique de biostimulant	56
9. Analyse de quelques métabolites secondaires dans l'extrait de PO	56

Résultats et discussions

1. Caractérisation de l'extrait liquide.....	59
2. Les données physicochimiques de la biomasse de <i>posidonia oceanica</i>	59
3. Interprétation globale des teneurs en composants physicochimiques de <i>PO</i>	59
4. Taux d'humidité	59
5. Teneur en matière minérale (cendres).....	60
6. Composés phénoliques et flavonoïdes	60
6.1. Discussion des polyphénols totaux.....	60
6.2. Discussion des flavonoïdes.....	60
7. Discussion du pH	61
8. Conductivité électrique	61
9. Détermination du taux de germination de tomate	61
10. Mesure du nombre des feuilles de la tomate	63
11. Mesures de la hauteur des tiges de tomate	64
12. Mesures du nombre de feuilles de la courgette	65

13.	Mesures de la hauteur des tiges de courgette	67
14.	Mesure du rendement de la courgette.....	68
	Conclusion.....	74
	Références bibliographiques	76

Liste des figures

Figure 1: Répartitions et origine de la tomate dans le monde.....	4
Figure 2 : Les stades de développement de la tomate (Shamshiri, 2018).	11
Figure 3: Production mondiale en courgette (FAOSTAT, 2020).....	21
Figure 4: plante de la courgette	23
Figure 5: Les principaux stades phénologiques de la courge (Feller et al., 1995).....	24
Figure 6: fruits et feuilles de courgette attaqués par (ZYMV) respective (Daphne et al., 1984) ; (Jardin De Pestoune, 2015)	26
Figure 7: Répartition de <i>P. oceanica</i> le long des côtes Méditerranéennes (Wanggeluwe, 2007 Modifiée).....	31
Figure 8: Rhizome plagiotrope de <i>Posidonia oceanica</i> (Boudouresque et Meinesz, 1982)....	32
Figure 9: La lépidochronologie(D’après Pergent et al, 1989).....	33
Figure 10: A gauche : une inflorescence de <i>Posidonia oceanica</i> . A droite : deux fleurs ; les étamines (e) sont situées à l’extérieur. D’après Hartog (1970).....	34
Figure 11: Fruits de <i>Posidonia oceanica</i> (« olives de mer »). A gauche : Début de fructification. A droit Fruits mûrs (couleur brun-rouge).....	35
Figure 12: La plage de stidia (originale, 2026).	44
Figure 13: citation géographique de plage Stidia (originale, 2026).....	44
Figure 14: Espèce de <i>Posidonia oceanica</i> (originale, 2026).....	44
Figure 15: Préparation de mélange de <i>posidonia</i> et eau distillée (originale, 2026)	46
Figure 16: Centrifugation de l’extrait de <i>posidonia</i>	46
Figure 17: Les étapes de préparation des délutions (originale, 2026).....	47
Figure 18: Test de germination (originale, 2026)	49
Figure 19: Remplissage des pots (originale, 2026).....	50
Figure 20: Étiquetage des pots (originale, 2026)	50
Figure 21: Photographies des blocs expérimentaux (originales, 2026).	53
Figure 22: Photographies de l’application du biostimulant (originales, 2026).	54
Figure 23: Photographies de la mesure des paramètres expérimentaux (originales, 2026). ...	55
Figure 24: Photographies de pH-mètre et conductimètre (originales, 2026).	56
Figure 25: Protocole de dosage des polyphénols totaux (Singleton et al., 1965), Modifié	57
Figure 26: Protocole de dosage des flavonoïdes (Woisky et Salatino, 1998), Modifié	57
Figure 27: Taux de germination (%) des graines de tomate en fonction des différents traitements à base d'extrait de <i>Posidonia oceanica</i> . (n= 3).	Erreur ! Signet non défini.

Figure 28: Effet des différentes concentrations d'extrait de <i>Posidonia oceanica</i> sur l'indice de vitesse de germination des graines de tomate, (n= 3).....	61
Figure 29: Effet de la concentration d'extrait aqueux de <i>posidonia oceanica</i> sur le nombre de feuilles de la tomate, (n= 3).....	63
Figure 30: Effet de la concentration d'extrait aqueux de <i>posidonia oceanica</i> sur la hauteur des tiges de tomate, (n= 3).....	64
Figure 31: Nombre de feuilles chez la courgette traitée avec différentes doses d'un extrait de <i>Posidonia oceanica</i> , (n=12).	65
Figure 32 : Longueur de la tige chez la courgette traitée avec différentes doses d'un extrait de <i>Posidonia oceanica</i> (n=12).	67
Figure 33: Rendement par date et par traitement de la courgette traitée avec différentes doses d'un extrait de <i>Posidonia oceanica</i>	68

Liste des tableaux

Tableau 1: Superficies, productions et rendements de la tomate sur 21 Wilayas(ITCMI, 2021).....	6
Tableau 2 : Taux de production de tomate par type de variété sur 14 Wilayas (ITCMI, 2021).	8
Tableau 3: Températures requises pour les différentes phases de développement.....	12
Tableau 4 : Exigences en lumière et en humidité les plus favorables à la tomate durant son cycle de développement (Jacob, 1978).....	13
Tableau 5 : Exportations (en Kg) des éléments fertilisants par tonne de fruits de tomate. (Péron, 2006).....	14
Tableau 6: Principales maladies fongiques de la tomate (Snoussi, 2010)	15
Tableau 7: Principales maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010 ; Blancard, 2009)	15
Tableau 8: Principales maladies virales de la tomate (Idrenmouche, 2011).....	16
Tableau 9: principaux ravageurs de la tomate (Haougui et al., 2017)	17
Tableau 10: Espacement de plantation pour les trois types de plantes de tomate (Naika et al., 2005).....	19
Tableau 11: Maladies fongiques de la courgette (Seebold et al., 2015)	25
Tableau 12: Maladies bactériennes de la courgette (Seebold et al., 2015)	26
Tableau 13: Principaux ravageurs de la courgette (Seebold et al., 2015 ; Reche, 1997).....	26
Tableau 14: Catégories de biostimulants et leurs caractéristiques principales, d'après les écrits de Franzoni et al., 2022	37
Tableau 15: Matériel et produits chimiques utilisés	43
Tableau 16: données physicochimiques de la biomasse de posidonia oceanica.....	59

Introduction

I. Introduction générale

L'agriculture moderne fait face à un défi majeur consistant à augmenter la production alimentaire tout en limitant les impacts négatifs des pratiques intensives sur l'environnement et la santé humaine. L'utilisation excessive des engrais minéraux et des pesticides de synthèse peut entraîner la dégradation des sols, la pollution des eaux et la réduction de la biodiversité. Dans ce contexte, le développement de solutions alternatives plus durables représente une priorité pour une agriculture respectueuse de l'environnement.

Parmi les approches prometteuses, les biostimulants suscitent un intérêt croissant en raison de leur capacité à améliorer les performances des cultures tout en réduisant la dépendance aux intrants chimiques (**Du Jardin, 2015**). Ces produits peuvent être obtenus à partir de diverses ressources naturelles, notamment les algues et les plantes marines.

Posidonia oceanica est une phanérogame marine endémique de la mer Méditerranée qui forme de vastes herbiers jouant un rôle écologique essentiel (**Duarte et al., 2013**). Les feuilles mortes accumulées sur les plages constituent une biomasse abondante pouvant être valorisée en agriculture dans le cadre d'une économie circulaire.

La Tomate et la Courgette figurent parmi les cultures maraîchères les plus importantes en Algérie et dans le monde. L'amélioration de la germination, de la croissance et du rendement de ces cultures représente un enjeu majeur pour les producteurs.

Dans ce contexte, le présent travail vise à évaluer l'effet d'un biostimulant naturel élaboré à partir de *Posidonia oceanica* sur la germination des graines de Tomate, sur la croissance de la tomate, ainsi que sur la croissance et le rendement de la Courgette.

Ce mémoire est structuré en quatre parties principales. La première partie présente une synthèse bibliographique consacrée à la tomate. La deuxième partie est dédiée à la courgette. La troisième partie porte sur *Posidonia oceanica* et son potentiel de valorisation. La quatrième partie traite l'effet des biostimulants et leur intérêt en agriculture. Enfin, un chapitre dédié à la présentation du matériel expérimental et les méthodes effectuées, suivie de l'interprétation des résultats et leur discussion, et clôturer ce travail par une conclusion.

Chapitre I

Synthèse bibliographique de tomate

1. Généralité sur la tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) est originaire des Andes d'Amérique du Sud, dans une zone allant de la Colombie au nord du Chili et de la côte Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVIème siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (Naika et al., 2005)

Aujourd'hui, la tomate est largement cultivée dans le monde entier en raison de son goût, de sa couleur, de sa saveur et de sa teneur en nutriments. Elle peut être consommée fraîche ou transformée. La tomate peut contribuer à une alimentation saine et équilibrée, car elle est peu calorique et constitue une source de vitamine A, de vitamine C et de minéraux. Elle fournit de petites quantités de vitamines du complexe B, telles que la thiamine, la riboflavine et la niacine (Sainju et Dris, 2006). La tomate est également une source de fer. Les tomates jaunes ont une teneur en vitamine A plus élevée que les tomates rouges, mais ces dernières contiennent du lycopène, un composé antioxydant qui peut contribuer à protéger contre le cancer (Naika et al., 2005).

Des études récentes suggèrent que le lycopène réduit le risque de cancer de la prostate (Miller et al., 2002). La consommation de tomates peut réduire le risque de développer des maladies gastro-intestinales, telles que le cancer du côlon, du rectum et de l'estomac. Enfin, elles sont faciles à digérer et leur couleur vive stimule l'appétit (Sainju et Dris, 2006).



Figure 1: Répartitions et origine de la tomate dans le monde
(Blancard et al., 2009)

2. Importance économique de la tomate

La tomate a gagné en popularité et s'est rapidement développée pour atteindre une culture à grande échelle au cours des cinquante dernières années. Elle est aujourd'hui plus consommée aux États-Unis et en Europe que dans le reste du monde. La production mondiale de tomates a augmenté de 164 % en 40 ans et la consommation mondiale de tomates a augmenté

de 314 % (FAO, 2008, cité dans Nicola, 2009). La consommation mondiale a augmenté à un rythme moyen de 3 % par an (**Xinhua, 2007**, cité dans Nicola, 2009). Des progrès considérables ont été réalisés dans la culture et l'utilisation de la tomate, notamment en termes d'augmentation des rendements, d'amélioration de la qualité, de meilleure manipulation et conservation, de résistance accrue aux parasites, de techniques de transformation élargies et de développement de nouveaux produits à base de tomate (**Preedy et Watson, 2008**, cité dans Nicola, 2009). En réalité, la production mondiale de tomates est d'environ 123,6 millions de tonnes de fruits frais produits sur 4,5 millions d'hectares. Ces données de production concernent 166 pays (**FAO, 2008**, cité dans Nicola, 2009). Les dix principaux pays producteurs de fruits sont la Chine, les États-Unis, la Turquie, l'Inde, l'Égypte, l'Italie, l'Iran, l'Espagne, le Brésil et le Mexique. La Chine est le premier pays tant en termes de superficie cultivée (1 405 103 ha) que de production (32,5 t), avec un rendement moyen de 23 158 kg ha⁻¹. Les deux pays leaders en termes de rendement fruitière par hectare sont les Pays-Bas (472 779 kg ha⁻¹) et le Royaume-Uni (418 631 kg ha⁻¹), dont la superficie récoltée est respectivement de 1 396 ha et 190 ha (**FAO, 2008**, cité dans Nicola, 2009). L'écart entre la superficie récoltée et le rendement par hectare est dû au système de production qui varie d'un pays à l'autre en fonction de l'environnement, conditions techniques et d'investissement. Au cours de la dernière décennie, la production de tomates destinées à la transformation a rapidement augmenté, passant de 25 à 36 millions de tonnes (**Colvine, 2008**, cité dans Nicola, 2009).

En Algérie la production de la tomate maraîchère est en évolution depuis 1999. Selon les dernières données du ministère de l'agriculture (**Madrp, 2021**) la production de la tomate est passée de 10 656 093 Quintaux en 2014 à 19 266 498.2 Quintaux en 2020 avec un rendement moyen national de 785 Quintaux /ha soit environ le double de la production et du rendement par rapport à l'année 2014. Cette production a quadruplé par rapport à l'année 2000.

Le personnel de l'Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles de Staouali (**ITCMI, 2021**) rapporte que les superficies allouées à cette culture durant la campagne 2019-2020 étaient de 25 341 ha dont 24 531,5 ha ont été réalisées avec succès soit un taux de réussite de 96%.

Tableau 1: Superficies, productions et rendements de la tomate sur 21 Wilayas(ITCMI, 2021).

Wilayas	Superficies programmées (ha)	Superficies réalisées (ha)	Production (q)	Rendement (q/ha)
Skikda	7000	7000	3 850 000	550
El Tarf	5000	5005	4 500 500	900
Guelma	4030	4068	3 520 992	865
Annaba	2353	2261	1 356 000	600
Mila	10	07	5 600	800
O.E.B	100	85	40 800	480
S/Ahras	93	63	49 200	780
Jijel	27	08	2 600	325
Bouira	33	22	26 400	1 200
Ain Defla	2600	2600	3 380 000	1 300
Chlef	1500	1320	990 000	750
Ghardaia	35	20	13 239.2	662
Tipaza	300	214.5	302 240	1 409
Bliba	08	05	4 250	850
Bejaia	12	12	6 060	505
Relizane	358	452	364 520	806
Mostaganem	160	137	95 900	700
S.B.A	23	22	19 800	900
Naama	25	25	12 012	485
Adrar	1613	1140	692 920	607.82
Ain Salah	80	65	33 465	514

3. Classification de la tomate

3.1. Classification botanique

La tomate est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des Solanacées. Cette famille comprend plusieurs autres espèces largement connues, notamment la pomme de terre, le tabac, le poivron et l'aubergine (Naika et al., 2005).

Selon (Cronquist, 1981) et (Gaussen et al., 1982), la tomate se classe comme suit

Règne	Plantae
Sous-règne	Trachenobionta.
Division	Magnoliophyta.
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae.
Ordre	Solanales.
Famille	Solanaceae
Genre	<i>Solanum</i>
Espèce	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.

3.2. Classifications génétiques

La tomate cultivée (*Lycopersicon esculentum*) est une espèce diploïde possédant $2n = 24$ chromosomes. Elle présente un grand nombre de mutants monogéniques, dont certains jouent un rôle important dans les programmes de sélection variétale. Il s'agit principalement d'une plante autogame, mais une certaine proportion de fécondation croisée peut néanmoins se produire, ce qui lui confère occasionnellement un comportement de plante allogame (Gallais et Bannerot, 1992).

Selon le mode de fécondation, on distingue deux types de variétés de tomates :

3.2.1. Variétés fixées

Il existe plus de cinq cents variétés fixées, qui conservent fidèlement les caractéristiques parentales. Leurs fruits sont généralement plus ou moins réguliers, souvent sensibles aux maladies, mais présentent en général une excellente qualité gustative (Polese, 2007).

3.2.2. Variétés hybrides

Les variétés hybrides sont actuellement les plus répandues. Leur développement est relativement récent, puisqu'elles n'existent que depuis les années 1960. Elles se caractérisent par leur capacité à combiner plusieurs caractères d'intérêt agronomique et nutritionnel, grâce à l'effet d'hétérosis (Polese, 2007).

Tableau 2 : Taux de production de tomate par type de variété sur 14 Wilayas (ITCMI, 2021).

Wilayas	Variétés fixées	Variétés hybrides
Guelma	0%	100%
Annaba	0-5%	95-100%
Skikda	2%	98%
El Tarf	0-2%	98-100%
S Ahras	20%	80%
Jijel	0%	100%
Ain Defla	0%	100%
Chlef	0%	100%
Relizane	0%	100%
Blida	20%	80%
Mostaganem	30%	70%
Bejaia	60%	40%
Djelfa	10%	90%
Tipaza	0%	100%

3.3. Classification Morphologique

Les tomates peuvent être classées selon leurs caractères morphologiques et botaniques (Polese, 2007). Ces caractères déterminent l'aspect général ainsi que le port de la plante de tomate. On peut ainsi distinguer

3.3.1. Variétés à port déterminé

Les variétés de tomate à croissance déterminée sont généralement de petite taille. Leur développement s'interrompt après la formation d'un nombre limité de bouquets floraux, le plus souvent trois ou quatre. La croissance s'achève par l'apparition d'un bouquet floral terminal. Ces variétés sont capables de se maintenir seules et ne nécessitent généralement pas de

tuteurage. Elles demandent également moins de main-d'œuvre, ce qui explique leur large utilisation en culture commerciale (**Polese, 2007**).

3.3.2. Variétés à port indéterminé

Les variétés de cette catégorie n'arrêtent pas de croître en hauteur jusqu'à épuisement de toutes les réserves (**ITCMI, 2017**). Les variétés présentent une tige principale poussant avec régularité et forment un bouquet à fleurs toutes les trois feuilles généralement (**Laumonier, 1979**). Les plantes continuent de pousser et produire des bouquets floraux tant que les conditions sont favorables. Comme leur développement est exubérant, leur tige doit être attachée à un tuteur sous peine de s'affaisser au sol (**Polese, 2007**). Il en résulte que la production des fruits est prolongée. On peut arrêter la croissance de la plante par un pincement du bourgeon à la hauteur souhaitée généralement au-dessus du quatrième ou cinquième bouquet (**Laumonier, 1979**). Les plantes de tomate ont une production échelonnée et sont plus productives que les tomates à port déterminé (**Polese, 2007**).

3.3.3. Variété buissonnante

Ces variétés distinguent par des tiges épaisses ; solides et avec des inflorescences serrées. Les tomates buissonnantes ressemblent aux tomates à croissance déterminée. Ces variétés ne sont pas cultivées en Algérie. (**Naika et al, 2005**).

4. Choix des variétés

La sélection variétale repose sur les conditions locales de production ainsi que sur les objectifs visés par la culture. En Asie, plus de 40 % des agriculteurs utilisent des variétés hybrides, reconnues pour leur rendement élevé, leur bonne tolérance aux maladies et leurs caractéristiques spécifiques relatives à la plante et aux fruits (**Naika et al., 2005**).

5. Description botanique de la plante

5.1 Racine

Elle possède une racine pivotante robuste pouvant atteindre 50 cm de profondeur, voire plus. Cette racine pivotante produit de nombreuses racines latérales et adventives. (**Naika et al., 2005**)

5.2. Tige

Le port de croissance de la tomate peut être soit érigé, soit prostré. La tige atteint généralement une longueur comprise entre 2 et 4 mètres. Elle est pleine, fortement pubescente et présente des poils glandulaires (**Naika et al., 2005**).

5.3. Feuilles

Les feuilles, disposées en spirale, mesurent de 15 à 50 cm de long et de 10 à 30 cm de large. Les folioles, ovales à oblongues, sont couvertes de poils glanduleux. Les plus grandes folioles sont parfois pennées et profondément lobées à la base (**Naika et al., 2005**).

5.4. Fleurs

Bisexuées, régulières et entre 1,5 et 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux - ou entre les feuilles. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants. En général il y a 6 pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm, qui sont jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres. Il y a 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre 2 et 9 carpelles. En général la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu. Les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs (**Naika et al., 2005**).

5.5. Fruit

Baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général les fruits sont ronds et réguliers ou côte lés (**Naika et al., 2005**).

5.6. Graines

Nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5 g (**Naika et al., 2005**).

6. Cycle biologique de la tomate

En moyenne, le cycle de croissance de la tomate s'étend sur une période de trois à quatre mois, allant du semis jusqu'à la dernière collecte. Cette durée s'étend habituellement de 7 à 8 semaines entre la germination et l'éclosion des fleurs, suivie de 7 à 9 semaines entre la floraison et le développement des fruits (**Gallais et Bannerot, 1992**). Le processus de développement de la tomate se divise en quatre étapes majeures (voir figure 2).

6.1. Phase de germination

Typiquement, les graines germent entre six et huit jours après avoir été semées, si la température du sol est idéale, se situant entre 20 et 25 °C (**Van Der Vossen et al., 2004**). À ce stade, une tige émerge et affiche deux cotylédons simples et opposés qui dépassent du niveau du sol. En même temps, la radicule pénètre le sol et présente une gaine bien distincte de poils absorbants (**Naika et al., 2005**).

6.2. Phase de croissance

Selon Laumonier (1979), la croissance des plantes se déroule en deux phases distinctes, chacune ayant des conditions environnementales spécifiques : d'abord en pépinière, puis en plein champ ou sous serre.

- **En pépinière** : La croissance commence dès la levée et se poursuit jusqu'au stade où la plante développe six feuilles. C'est à ce moment que la plante forme des racines fonctionnelles, assurant ainsi son alimentation en eau et en éléments nutritifs. En parallèle, la tige s'allonge et des feuilles apparaissent.
- **En plein champ ou sous serre** : À partir du stade des six feuilles, la plante est transplantée de la pépinière vers le champ ou la serre, où elle continue de croître. La tige poursuit son allongement et le nombre de feuilles augmente progressivement.

6.3. Phase de floraison

Les premières fleurs se montrent approximativement deux mois et demi après le semis des graines. Par la suite, d'autres fleurs apparaissent au-dessus de la première, distinctes par un nombre variable de feuilles. De ce fait, la floraison s'effectue graduellement, de la partie inférieure à la partie supérieure de la plante (Van Der Vossen et al., 2004).

6.4. Phase de fructification et de maturation

Elle commence durant la phase de floraison. Le processus de formation des fruits débute avec la nouaison des fleurs de l'inflorescence principale, puis se prolonge progressivement sur les inflorescences supérieures, en fonction de leur apparition et de la pollinisation des fleurs. Les fruits se forment et gonflent ; une fois qu'ils ont atteint leur dimension finale, ils perdent progressivement leur couleur verte pour passer à une teinte jaune, puis rouge qui devient de plus en plus intense (Van Der Vossen et al., 2004).

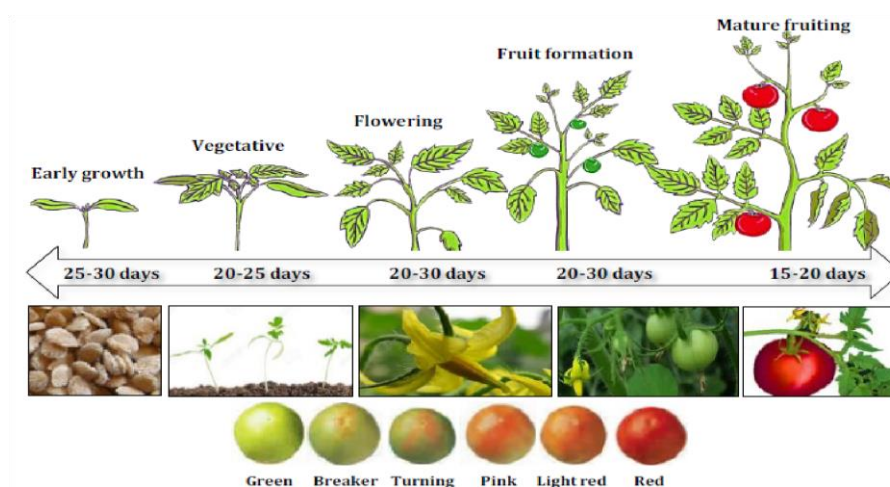


Figure 2 : Les stades de développement de la tomate (Shamshiri, 2018).

7. Exigences écologiques

7.1. Exigences climatiques

7.1.1. La température

La tomate prospère le mieux dans un environnement plutôt frais et sec pour garantir une récolte abondante et de qualité. Toutefois, cette plante présente une grande capacité d'adaptation et peut se développer dans des conditions climatiques variées, allant des climats tempérés aux climats tropicaux chauds et humides. La température optimale pour la majorité des variétés se situe entre 21 et 24 °C. Bien que la tomate puisse tolérer une certaine amplitude thermique, des températures inférieures à 10 °C ou supérieures à 38 °C provoquent des dommages au niveau des tissus végétaux. (Naika et al., 2005).

Les variations de température au cours du cycle de croissance influencent fortement le développement de la plante (voir tableau 3), notamment la germination des graines, la croissance des jeunes plants, la floraison, la nouaison ainsi que la qualité des fruits. Des périodes prolongées de froid ou de chaleur pendant la floraison entraînent une diminution de la production de pollen, ce qui affecte la formation des fruits (Naika et al., 2005).

Tableau 3:Températures requises pour les différentes phases de développement
(Naika et al., 2005).

Phases	Température (° C)		
	Min.	Intervalle optimale	Max.
Germination des graines	11	16-29	34
Croissance des semis	18	21-24	32
Mise à fruits	18	20-24	30
Développement de la couleur rouge	10	20-24	30
Dans les basses-terres des pays tropicaux, la température minimale qui survient la nuit est également à surveiller. Des températures inférieures à 21 °C peuvent provoquer l'avortement des fruits.			

7.1.2. La lumière

Comme le soulignent Chaux et (Foury, 1994), la croissance et la production de tomates sont influencées par la lumière, notamment par sa durée, son intensité et sa qualité. La tomate nécessite beaucoup de soleil. Au cours des cinq premières semaines, une intensité lumineuse élevée (de 10 000 à 12 000 Lux) stimule la réduction de l'axe et la mise en place du premier

bouquet. Durant la période de floraison, elles facilitent le processus de pollinisation et régulent l'expansion du style.

7.1.3. Humidité relative

Une humidité relative de 75 % est considérée comme idéale pour la culture, favorisant des fruits de taille correcte, avec moins de risques de gerçures et une coloration uniforme (**Doorenbos et Kassam, 1987**). En revanche, le stress hydrique et les longues périodes sans pluie entraînent la chute des bourgeons et des fleurs, ainsi que le fendillement des fruits. Cependant, des averses intenses et une humidité élevée peuvent favoriser la prolifération des moisissures et la pourriture des fruits. Par ailleurs, des conditions nuageuses peuvent ralentir le processus de maturation des tomates (**Bamouh, 1999**).

Tableau 4 : Exigences en lumière et en humidité les plus favorables à la tomate durant son cycle de développement (**Jacob, 1978**).

Stade de développement	Lumière (lux)	Humidité de l'air (%)
Germination (avant levée)	Nulle	76
Elevage des jeunes plants	10000 à 12000	75 à 80
Développement végétatif	10000 à 12000	70 à 80
Floraison	Importante du moment de la germination du pollen	60 à 65
Développement des fruits	16 heures d'éclairement	60 à 70

7.1.4. Eau

La tomate est une plante qui supporte assez bien le manque d'eau, surtout lorsque le sol est correctement décompacté, ce qui favorise l'établissement d'un système racinaire profond et vaste. Cependant, elle requiert une humidité appropriée du sol, et l'apport en eau favorise sa croissance. Au cours des quarante jours après la transplantation, les jeunes plants ont besoin d'environ 50 m³/ha/jour. Lors de la floraison et de la maturation des fruits, les exigences en eau s'accroissent pour se situer entre 100 et 110 m³/ha/jour. Néanmoins, la tomate est vulnérable à l'excès d'eau et à l'accumulation d'humidité. Il est ainsi conseillé de ne pas mouiller le feuillage pendant l'arrosage pour éviter la propagation des maladies cryptogamiques et la chute des fleurs (**Fatima, 2020**).

7.2. Exigences édaphiques

7.2.1. Structure et texture du sol

La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées. La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur de sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine. Dans les sols d'argile lourd, un labourage profond permettra une meilleure pénétration des racines (Naika, 2005).

7.2.2. PH (potentiel d'hydrogène)

La tomate supporte assez bien une large gamme de niveaux de pH (niveau d'acidité), mais elle se développe le mieux dans des terrains où l'indice du pH fluctue entre 5,5 et 6,8 et où l'apport en nutriments est approprié et suffisant (Naika, 2005).

7.2.3. La salinité

La tomate est considérée comme une espèce présentant une tolérance intermédiaire à la salinité. Lorsque la concentration en sels totaux atteint environ 2,5 g/L, on observe une diminution du rendement d'environ 10 %. Cette réduction devient plus marquée lorsque la salinité avoisine 4 g/L, pouvant entraîner une perte de production estimée à 25 % (Derkaoui, 2011).

7.2.4. Exigence nutritionnelle

Les besoins de la tomate en éléments fertilisants sont élevés. Ils doivent être ajustés en fonction de la technologie de production utilisée, des propriétés du sol, de la stratégie d'irrigation et des rendements attendus (Péron, 2006).

Tableau 5 : Exportations (en Kg) des éléments fertilisants par tonne de fruits de tomate. (Péron, 2006).

Eléments nutritifs	N	P 2 O 5	K 2 O	Ca O	Mg O
Exportations (Kg/t de fruits)	4 à 5	1 à 1.5	5 à 8	3 à 5	0.8 à 1.2

8. Les maladies et ravageurs de la tomate

8.1. Les maladies de la culture de la tomate

8.1.1. Maladies fongiques

Tableau 6: Principales maladies fongiques de la tomate (Snoussi, 2010)

Maladie	Agent causal	Symptômes et dégâts
Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Apparition de larges taches brunes sur les feuilles et les tiges, pouvant entraîner un dessèchement rapide des organes atteints.
Alternariose	<i>Alternaria solani</i>	Présence de taches noires, de taille variable, sur les feuilles, provoquant leur sénescence prématurée.
Fusariose	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> ; <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycopersici</i>	Flétrissement progressif des feuilles associé à un brunissement des vaisseaux conducteurs et à une pourriture du système racinaire.
Verticilliose	<i>Verticillium albo-atrum</i> ; <i>Verticillium dahliae</i>	Flétrissement des feuilles accompagné d'un jaunissement unilatéral, suivi d'un dessèchement des feuilles basales.
Anthraxnose	<i>Colletotrichum coccodes</i>	Apparition de taches circulaires de 5 à 10 mm de diamètre sur les fruits mûrs.
Oïdium	<i>Oidium neolycopersici</i>	Développement d'un feutrage blanc poudreux sur la surface des feuilles.
Pourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i>	Formation d'un feutrage grisâtre sur les feuilles et les fruits, favorisant leur pourriture.

8.1.2. Les maladies bactériennes

Tableau 7: Principales maladies bactériennes de la tomate (Blancard, 2009 ; Snoussi, 2010)

Maladie	Agent causal	Symptômes et dégâts
Moucheture bactérienne	<i>Pseudomonas syringae</i>	Apparition de petits points noirs, généralement inférieurs à 2 mm de diamètre, entourés d'une auréole jaune sur les feuilles. Sur les fruits, présence de taches

		noires, rarement supérieures à 1 mm de diamètre, parfois entourées d'un halo vert foncé.
Gale bactérienne	<i>Xanthomonas</i> spp.	Sur les feuilles, tiges et pétioles, les lésions apparaissent sous forme de zones circulaires (1 à 5 mm), d'aspect aqueux, initialement vertes puis brunissant et devenant nécrotiques. Les fruits présentent des taches subérisées, circulaires, de 2 à 10 mm de diamètre, à marges saturées d'eau.
Chancre bactérien	<i>Clavibacter michiganensis</i>	Présence de petites lésions chancreuses sur les folioles, de couleur blanc à brun. Jaunissement de la moelle en bordure des vaisseaux au niveau des tiges. Les fruits montrent de petites taches blanchâtres à centre brun.
Flétrissement bactérien	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Flétrissement irréversible de la partie aérienne de la plante, résultant du blocage de la circulation de l'eau dans les vaisseaux conducteurs par la bactérie.

8.1.3. Les maladies virales

Tableau 8: Principales maladies virales de la tomate (**Idrenmouche, 2011**)

Maladies	Symptômes et dégâts
CMV (Cucumber Mosaic Virus)	Lorsque la contamination survient à un stade précoce, les plantes peuvent devenir stériles ou produire des fruits mal formés.
TICV (Tomato Infectious Chlorosis Virus)	Provoque une chlorose généralisée accompagnée d'un ralentissement de la croissance. L'apparition de zones nécrotiques entraîne d'importantes pertes de rendement.
TMV (Tobacco Mosaic Virus)	Responsable de la mosaïque du tabac. Les feuilles présentent des marbrures vertes ou blanchâtres, deviennent gaufrées, parfois filiformes et ont tendance à s'enrouler. Les fruits verts montrent une surface légèrement irrégulière avec des taches nécrotiques brunes, tandis que les fruits mûrs présentent des marbrures vertes.
ToCV (Tomato Chlorosis Virus)	Agent de la jaunisse de la tomate. Il se manifeste par un jaunissement généralisé des folioles ainsi qu'un retard de développement de la plante.

TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus) ou virus de la maladie bronzée de la tomate	Se caractérise par des marbrures accompagnées d'une décoloration foliaire. Des lésions nécrotiques apparaissent sur les tiges et les pétioles. Les fleurs peuvent présenter un nanisme, des déformations et une altération de la couleur. L'infection peut conduire à un rabougrissement du plant.
---	--

8.1.4. Les ravageurs

Tableau 9: principaux ravageurs de la tomate (**Haougui et al., 2017**)

Ravageur	Dégâts	Moyens de lutte
Chenille mineuse de la tomate (<i>Tuta absoluta</i>)	Les larves creusent des galeries dans les feuilles, les fruits et les tiges.	Installer des filets insect-proof sur les ouvertures des serres multichapelles et entre les bâches plastiques des tunnels.
Nématodes à galles (<i>Meloidogyne</i> spp.)	Jaunissement des feuilles, ralentissement de la croissance, dessèchement des plants et formation de galles sur les racines.	Désinfecter le sol ; utiliser des variétés résistantes.
Mouche blanche (<i>Bemisia tabaci</i>)	Transmission de maladies virales aux plants de tomate.	Protéger les plantules avec une moustiquaire à mailles fines ; désherbage ; détruire les résidus de culture ; irrigation par aspersion pour réduire les populations.
Noctuelle de la tomate (<i>Helicoverpa armigera</i>)	Feuilles perforées, destruction des bouquets floraux, chute des jeunes fruits attaqués et pourriture des fruits.	Éliminer les résidus de culture ; labourer après la récolte ; protéger la pépinière avec une moustiquaire.
Araignée rouge (<i>Tetranychus</i> spp.)	Taches sur les feuilles, jaunissement, décoloration, présence de toiles, dessèchement et chute des feuilles.	Surveiller et protéger la pépinière ; éviter l'ombre excessive des arbres.

9. Le technique cultural de la tomate

9.1. La préparation du sol

Il est indispensable de labourer ou de bêcher le sol afin de le préparer pour une nouvelle culture. Dans les régions où l'eau constitue un facteur limitant, le labour contribue également à une meilleure conservation de l'humidité. Réalisé après la récolte précédente, il améliore la structure du sol ainsi que sa capacité de rétention en eau. De plus, l'exposition du sol au soleil permet de diminuer les risques de contamination par les ravageurs et les maladies telluriques. Un labour profond est recommandé pour briser la couche compacte et imperméable du sous-sol (semelle de labour), éliminer les mauvaises herbes et ameublir la terre, ce qui favorise le bon développement des racines. Il est souvent nécessaire d'effectuer deux passages de herse afin de bien niveler le terrain, émietter les mottes et supprimer les résidus de la culture précédente (Naika et al., 2005).

9.2. Les semis

En règle générale, la tomate est repiquée, car de meilleurs résultats sont obtenus lorsque les graines sont d'abord semées en pépinière. Deux techniques principales permettent d'y produire les plants : le semis sur lit de pépinière et le semis en caissettes, méthode largement utilisée par de nombreux agriculteurs et agricultrices en Asie du Sud-Est (Naika et al., 2005).

La production en pépinière nécessite une quantité réduite de semences pour obtenir le nombre de plants désiré. Elle offre également la possibilité de sélectionner les jeunes plants selon leur vigueur et leur état sanitaire avant leur transplantation au champ. De plus, les plantules peuvent y être mieux protégées contre les conditions défavorables. Enfin, le repiquage permet d'assurer un espacement plus uniforme que le semis direct en pleine terre (Naika et al., 2005).

9.2.1. Préparations de la pépinière

Le lit de semis doit avoir une largeur comprise entre 60 et 120 cm et une hauteur de 20 à 25 cm, tandis que sa longueur varie selon la quantité de plantules à produire. Avant le semis, il est indispensable d'enlever les mottes et les résidus de culture. Il convient ensuite d'incorporer du fumier bien décomposé ainsi que du sable fin, puis d'ameublir soigneusement le sol (Naika et al., 2005).

Pour obtenir suffisamment de plants destinés à la mise en place d'un hectare de tomates, il est nécessaire de semer entre 150 et 200 g de graines sur environ 250 m² de lit de semis. Sur toute la longueur du lit, il faut tracer des lignes espacées de 10 à 15 cm. Les graines sont ensuite semées à de courts intervalles le long de ces sillons, puis légèrement tassées. Elles doivent être recouvertes d'une fine couche de sable et de paille. Un arrosage biquotidien est

recommandé afin de maintenir une humidité adéquate pour la germination. Après la levée des graines, la paille doit être retirée (Naika et al., 2005).

9.3. Le repiquage

Le repiquage des jeunes plants sur le terrain s'effectue généralement entre trois et six semaines après le semis. Environ une semaine avant cette opération, il est recommandé de procéder au sevrage des plantules en diminuant progressivement l'irrigation. Toutefois, 12 à 14 heures avant leur prélèvement du lit de semis, un arrosage abondant doit être réalisé afin de limiter les risques de détérioration des racines lors de l'arrachage (Naika et al., 2005).

Les plantules mesurant entre 15 et 25 cm, et possédant trois à cinq feuilles vraies, sont considérées comme les plus adaptées au repiquage. Cette intervention doit être effectuée de préférence en fin d'après-midi ou par temps couvert, afin de réduire le stress lié à la transplantation, et un arrosage immédiat après la mise en place est indispensable. Lors de l'extraction des semis, il convient de conserver une motte de terre autour du système racinaire pour éviter tout dommage. L'écartement entre les plants ainsi qu'entre les rangs varie selon plusieurs facteurs, notamment le cultivar, le port végétatif, la nature du sol, le mode de culture, ainsi que le fait que les plantes soient tuteurées ou laissées au sol. À titre indicatif, un espacement fréquemment utilisé est d'environ 50 cm entre les plants et 75 à 100 cm entre les rangs (voir tableau 10) (Naika et al., 2005).

Tableau 10: Espacement de plantation pour les trois types de plantes de tomate (Naika et al., 2005).

Mode de croissance	Distance entre les lignes et les plantes
déterminée	1,0 x 0,5 m
semi-déterminée	0,75 x 0,5 m
indéterminé	0,75 x 0,5 m

Chapitre II

Synthèse bibliographique sur la courgette

1. Généralité sur courgette

La courgette (*Cucurbita pepo* L.), appartenant à la famille des Cucurbitacées, est un légume largement consommé à l'échelle mondiale (Liu et al., 2020). Elle possède une grande valeur économique en raison de sa richesse nutritionnelle (Martínez-Valdivieso et al., 2015). Ce légume est cultivé principalement en plein champ et en serre, notamment dans la région méditerranéenne (Liopa-Tsakalidi et al., 2010), mais aussi dans des zones au climat aride, où les ressources en eau sont limitées et les températures élevées, ainsi que dans des sols pauvres en matière organique (Farid et al., 2022).

2. Origine de la courgette

Les citrouilles et les courges font partie du genre *Cucurbita* L. et proviennent initialement de l'Amérique du Nord. Aujourd'hui, elles sont cultivées à travers le monde (Nerson et al., 2000). Ces cucurbitacées ont été introduites en Europe autour de l'an 1500, suite à la découverte du continent américain (Amirante, 2019).

3. Importance économique de la courgette

Les Cucurbitacées se retrouvent principalement dans les régions chaudes du monde (Dupont et Guignard, 2015). Elles représentent la deuxième famille botanique la plus importante d'un point de vue économique, après les Solanacées (Vitiello et al., 2015). En Algérie, la courgette figure parmi les légumes les plus consommés, avec une production nationale de 388 875 tonnes en 2018 (FAOSTAT, 2020).



Figure 3: Production mondiale en courgette (FAOSTAT, 2020)

4. Classification botanique de la courgette

La courgette fait partie de la famille des Cucurbitacées, qui comprend 118 genres et 825 espèces (Jeffrey et al., 1990). Le genre *Cucurbita* regroupe 27 espèces, dont 22 sauvages et 5 cultivées (Decker, 1988). Parmi ces dernières, on trouve *Cucurbita argyrosperma*, *Cucurbita ficilifolia*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* et *Cucurbita pepo* (Bisognin, 2002).

D'après Ruiz (2012), la taxonomie des courgettes serait la suivante:

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Cucurbitales
Famille	Cucurbitacées
Genre	<i>Cucurbita</i>
Espèce	<i>Cucurbita pepo</i> L

5. Description de la courgette

La courgette est une plante herbacée annuelle à croissance indéterminée (Camacho et al., 2004). Elle est reconnue pour ses valeurs nutritives et médicinales élevées (Valdivieso et al., 2017). Cette espèce atteint sa maturité en 40 à 55 jours, ce qui en fait une culture à croissance rapide. Les feuilles, qui peuvent être simples ou lobées, présentent des nervures palmées et sont disposées de manière alternative. Leur couleur varie du vert clair au vert foncé, parfois ponctuée de taches blanchâtres (Lopez, 2017). Le système racinaire de la courgette est fibreux et monoïque (Paris, 2001). Les fleurs mâles et femelles, présentes sur la même plante mais séparées, nécessitent l'intervention d'insectes pollinisateurs comme les abeilles ou les lépidoptères pour assurer la fertilisation (Sanz, 1995). Le fruit peut prendre différentes couleurs, allant du vert foncé au jaune, et même à l'orange. Sa forme est également variée, pouvant être allongée, sphérique, piriforme, cylindrique, ou en soucoupe (Musset et Grange, 2000). Son épaisseur varie considérablement d'un fruit à l'autre (Langenhoven, 2019).



Figure 4: plante de la courgette, W.H.PORRON (2026)

6. Exigence pédoclimatique de la courgette

6.1. Température

La courgette est une plante qui préfère les climats chauds, mais elle est moins exigeante en chaleur que le melon et le concombre. Sa température idéale de croissance se situe entre 20°C et 30°C (**Serrano, 1973**), tandis que la température optimale du sol pour la germination des graines varie de 20°C à 25°C (Delgado, 1999).

6.2. Sol

La courgette (*Cucurbita pepo*) présente une tolérance modérée à la salinité des sols et de l'eau d'irrigation. Elle s'adapte bien aux sols ayant un pH compris entre 5 et 7, bien qu'elle préfère ceux légèrement acides, avec des valeurs moyennes variant de 5,6 à 6,8 (**Reche, 1997**).

6.3. Humidité

La courgette a besoin d'une humidité relative un peu élevée (Serrano, 1973) car l'optimal se situe entre 65% et 80% (**Reche, 1997**).

6.4. Eau

La courgette exige une irrigation uniforme pour avoir une croissance et un rendement optimums. Aussi, l'apport en eau doit être réduit à l'approche de la récolte (**Bennasseur, 2015**).

6.5. Lumière

La courgette est une plante qui aime le soleil et la chaleur (**Bennasseur, 2015**) et elle a des exigences en lumière plus ou moins élevées (Lopez, 2017).

7. Principaux stades de développement de la courgette

Voici l'échelle des stades phénologiques des légumes de la famille des courges selon (**Feller et al., 1995**) :

- **Stade de germination** – De la semence sèche à la levée : les cotylédons percent la surface du sol.
- **Stade de développement des feuilles** – De l'étalement des cotylédons à la formation de 9 à 19 feuilles étalées sur la tige principale.
- **Stade de formation de pousses latérales** – De la 1ère à la 9ème pousse latérale primaire est visible.
- **Stade d'apparition de l'inflorescence** – La première ébauche d'une fleur est visible sur la tige principale, l'ovaire est allongé ; la première ébauche florale apparaît sur la pousse latérale tertiaire.
- **Stade de Floraison** – La première fleur est ouverte sur la tige principale et la première fleur ouverte sur la pousse latérale tertiaire.
- **Stade de développement du fruit** – Le premier fruit sur la tige principale atteint sa taille et forme typiques ; le premier fruit de la 3ème pousse latérale atteint également sa taille et forme typiques.
- **Stade de maturation du fruit et des graines** – 10% des fruits ont la coloration typique de la pleine maturité ; à la maturation complète, les fruits ont atteint leur couleur typique.
- **Stade de sénescence** – La plante est morte.

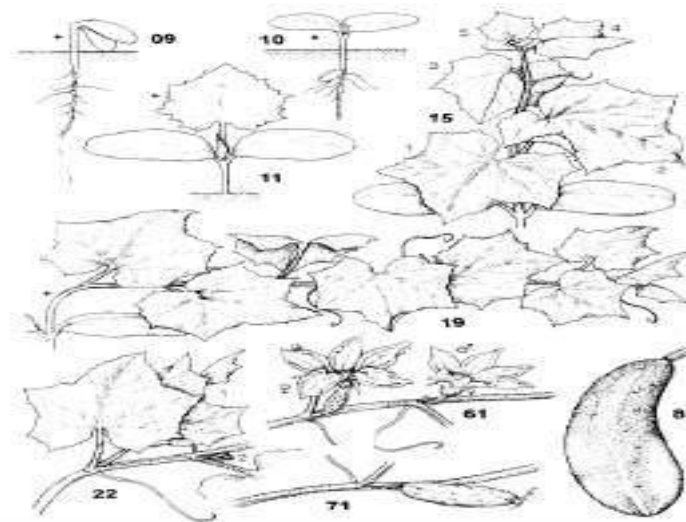


Figure 5: Les principaux stades phénologiques de la courgette (**Feller et al., 1995**)

09 : l'apparition des cotylédons ; 10 : Les cotylédons sont étalés ; 11 : La première vraie feuille sur la tige principale est étalée ; 15 : 5 feuilles étalées sur la tige principale ; 19 : l'élongations de la tiges et le développement des plusieurs feuilles sur le long de la tige ; 22 : 02 pousses latérales primaires sont visibles et ainsi de suite ; 61 : La première fleur est

ouverte sur la tige principale ; 71 : Le premier fruit de la tige principale a atteint sa taille et forme typiques ; 81 : Le premier fruit de la 2^{ème} pousse latérale atteint sa taille et forme typiques, 10% des fruits ont la coloration typique du fruit à maturité.

8. Principales maladies et ravageurs de la courgette

La courgette peut être touchée par divers agents phytopathogènes, notamment des agents cryptogamiques, bactériens et viraux. Les principales maladies affectant cette culture sont présentées dans les tableaux suivants.

Tableau 11: Maladies fongiques de la courgette (Seebold et *al.*, 2015)

Maladies	Symptôme et dégâts
Cladosporiose (<i>Cladosporium cucumerinum</i>)	Petites taches de couleur vert d'olive dans les fruits, et les tiges
Sclérotinose (<i>Sclerotium rolfsii</i>)	Masse blanche dense comme en forme d'éventail dans les fruits
Anthraxose (<i>Colletotrichum orbiculare</i>)	Petites taches circulaires de couleur beige à brun qui peut converger pour créer une brûlure étendue se développent sur les feuilles de forme irrégulière et de couleur plus foncée
Mildiou (<i>Pseudoperonospora cubensis</i>)	Taches irrégulières de couleur jaune pâle sur la face supérieure des feuilles, elles deviennent nécrotiques et les plantes ont l'air brûlées
Fusariose (<i>Fusarium solani</i>)	Flétrissement d'une ou plusieurs feuilles, ensuit la plant complète, présente un chancre sombre et nécrotique dans le col de la plante et peut être étendu dans la racine principale
Alternaria (<i>Alternaria cucumerina</i>)	Petites taches nécrotiques entouré d'un halo jaune de couleur marron avec des cercles concentriques sur les vieilles feuilles
Phytophthora (<i>Phytophthora capsici</i>)	La pourriture sur les différentes parties de la plante puis flétrissement ; Tache sombre circulaires et aqueux de couleur brun sur les tiges, les feuilles et les fruits

Tableau 12: Maladies bactériennes de la courgette (Seebold et al., 2015)

Maladies	Symptôme et dégâts
Tache angulaire (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Lachrymans</i>)	Taches aqueuses et nécrose sur les tiges et les fruits, taches blanches sur la face inférieure des feuilles
Flétrissement bactérien (<i>Erwinia tracheiphila</i>)	Flétrissement des feuilles individuelles ou des groupes des feuilles, il peut apparaître vert foncé puis nécrosée

Les maladies virales de la courgette

Parmi les maladies virales qui affectent la courgette, le virus de la mosaïque jaune de la courgette (ZYMV : *Zucchini Yellow Mosaic Virus*, appartenant au genre *Potyvirus*) est considéré comme l'un des plus dommageables. Les plantes infectées présentent généralement des feuilles et des fruits jaunâtres et déformés (Photo 06) (Bakker, 1971). Ce virus est principalement transmis par les pucerons. Toutefois, certains cultivars de courgette présentent une tolérance à cette maladie (Monnet, 2000).



Figure 6: fruits et feuilles de courgette attaqués par (ZYMV) respective (Daphne et al., 1984) ; (Jardin De Pestoune, 2015)

Tableau 13: Principaux ravageurs de la courgette (Reche, 1997 ; Seebold et al., 2015)

Ravageurs	Symptôme et dégâts
Acariens	Taches de couleur brune sur les feuilles qui meurent prématurément en cas de fortes pullulations Parmi ceux-ci, l'espèce <i>Tetranychus urticae</i> . Piqûres des feuilles jusqu'au dessèchement

Pucerons	L'espèce <i>Aphis gossypii</i> Déformation des feuilles, fumagine
Aleurodes	Engendre une couleur argentée sur les petits plants de courgettes; Dépression de la plante, formation de fumagine
Le coléoptère de la courgette (<i>Epilachna borealis</i>)	Se nourrit des feuilles des plants de la courgette, les larves qui peuvent être observées sur le dessous des feuilles sont jaunes avec des épines noires et ramifiées recouvrant leur corps
La punaise de la courgette (<i>Anasatristis</i>) La mouche des Cucurbitacées <i>Dacus vertebratus</i>	Flétrissement des feuilles des plantes Piqures sur les parties végétatives, Apparition d'une zone nécrosée

9. Importance nutritionnelle de la courgette

La courgette renferme plusieurs composés nutritifs essentiels au maintien de la santé humaine (Mohammed et al., 2011). En effet, ce légume est particulièrement riche en nutriments et en substances bioactives, notamment les composés phénoliques, les flavonoïdes, ainsi que diverses vitamines telles que le β -carotène, la vitamine A, la vitamine B2, l' α -tocophérol, la vitamine C et la vitamine E. Elle contient également des acides aminés, des glucides, des sels minéraux en particulier le potassium ainsi qu'une quantité importante de fibres alimentaires (Graiferberg et al., 1996). Par ailleurs, la courgette est constituée d'environ 95 % d'eau (Vigot-Lagandre, 2010). Sa composition nutritionnelle comprend généralement entre 1,4 et 5,5 % de glucides, de 0,4 à 1,6 % de protéines et de 0,1 à 0,4 % de lipides (Prades et al., 2002).

10. Variétés de courgette cultivées en Algérie

Les Variétés de la courgettes (*Cucurbita pepo*) est : Astia F1, Black Beauty, Caserta, Early Gem F1, Lorea F1, Oikos F1, Orelia F1, Précoce Maraîchère, Tarmino F1, Top Kapi F1, Verte Non Coureuse d'Italie, Verte Noire des Maraîchers, Verte Non Coureuse des Maraîchers, Zéphyr F1, Floridor F1, De Nice à Fruits Ronds, Géode F1 (Henriet, 2018). La variété de courgette la plus répandue est allongée et cylindrique (Vigot-Lagandre, 2010).

Chapitre III

Synthèse bibliographique de *Posidonia oceanica*

1. Les herbiers de Magnoliophytes marines

Les Magnoliophytes marines, appartenant au règne Plantae et aux Embryobiontes, représentent un groupe très restreint, ne constituant que moins de 0,02 % des angiospermes (**Hemminga et Duarte, 2000**). Elles sont classées principalement en quatre familles : Posidoniaceae, Zosteraceae, Cymodoceaceae et Hydrocharitaceae. Ces familles regroupent un total de 12 genres, comprenant environ 60 espèces et 3 sous-espèces (Kuo et Hartog, 2001).

Les Magnoliophytes marines se développent sous certaines conditions spécifiques : un environnement marin, un substrat approprié pour l'enracinement, une immersion suffisante et une luminosité adéquate (Hemminga et Duarte, 2000). Elles forment de vastes herbiers principalement dans la zone infralittorale, généralement entre la surface et 30-40 mètres de profondeur, sur des substrats meubles ou parfois rocheux (Duarte, 1991 ; Platini, 2000). En tant que producteurs primaires, elles convertissent la lumière et le CO₂ en matière organique et contribuent à l'oxygénation de l'eau (Short et Wyllie-Echeverria, 1996 ; Costanza et *al.*, 1997). Leur photosynthèse est optimisée grâce à une mince cuticule des feuilles, à la présence de chloroplastes dans l'épiderme (contrairement aux plantes terrestres) et à l'absence de stomates (**Les et *al.*, 1997**).

La structure morphologique des herbiers, notamment la hauteur du feuillage et le nombre de racines et de rhizomes, ralentit les courants, ce qui favorise le tassement des sédiments et le stockage des matières en suspension. La faible turbidité est assurée par l'extraction de ces matières (Hemminga et Duarte, 2000). Les herbiers jouent un rôle crucial de filtres (McGlathey et *al.*, 2007) et le sol est une source de recyclage efficace des nutriments grâce à l'équilibre entre les processus autotrophes et hétérotrophes (Erftemeijel et Middelburg, 1995). La proximité des herbiers avec d'autres habitats facilite les transferts trophiques et l'utilisation transversale de l'habitat par les poissons et les invertébrés (Green et Short, 2003). Ainsi, de nombreuses espèces récifales (Crustacés, poissons) effectuent des « raids alimentaires » dans les herbiers enrichissant la biomasse animale dans les récifs avoisinants (**Bouchon-Navarro et *al.*, 2004 ; Kopp et *al.*, 2007**).

2. Importance

Les herbiers marins occupent une place essentielle dans le fonctionnement des écosystèmes, notamment en contribuant à la structuration des communautés biologiques. Ils sont en effet indispensables à la survie de nombreuses espèces qui leur sont associées (**Bell et Harmelin-Vivien, 1983 ; Romero et *al.*, 1992**).

Ces formations végétales remplissent plusieurs fonctions écologiques majeures : elles constituent des zones de reproduction, des espaces de croissance pour les juvéniles, ainsi que

des habitats permanents pour diverses espèces. Elles représentent également une source importante de nutriments et d'alimentation pour de nombreux organismes (Marzelle et *al.*, 1989). En outre, les herbiers participent activement à la production d'oxygène, aussi bien au niveau des sédiments qu'au niveau de la canopée (Terrados et *al.*, 1999).

Ainsi, le maintien du bon fonctionnement de ces écosystèmes est primordial, car il contribue à la préservation d'enjeux économiques significatifs, en particulier dans les secteurs de la pêche et du tourisme (Costanza et *al.*, 1999 ; Duarte, 2000).

3. Menace

La diminution des herbiers marins a été observée à l'échelle mondiale (Short et Willie Echeverria, 1996), et les activités humaines en constituent généralement la principale cause (Short et Willie Echeverria, 1996). Ces pressions d'origine anthropique sont multiples et affectent profondément la structure ainsi que le fonctionnement de ces écosystèmes, de manière directe ou indirecte. Elles agissent notamment à travers des modifications des conditions environnementales, telles que la disponibilité lumineuse, les concentrations en nutriments ou encore la dynamique des sédiments. Ces impacts se manifestent principalement par :

- **Les aménagements du littoral**, incluant la construction d'habitations, d'infrastructures portuaires, la mise en place d'endiguements, la modification ou la création de plages artificielles, ainsi que l'installation de câbles sous-marins (Meinesz et *al.*, 1981 ; Pnue, 2001 ; Ruiz et Romero, 2003). Ces transformations, souvent liées à la croissance démographique des zones côtières et au développement d'activités récréatives telles que la plaisance, peuvent entraîner une réduction des zones littorales propices au développement des herbiers (Meinesz et *al.*, 1992).
- **Le chalutage et le mouillage des embarcations** (Pasqualini et *al.*, 1999 ; Walker et *al.*, 1989 ; Francoeur et *al.*, 1999 ; Duarte et *al.*, 2004). Le chalutage provoque une perturbation du fond marin, notamment par abrasion, remise en suspension des sédiments et destruction d'espèces non ciblées, ce qui induit des modifications durables des communautés benthiques (Boudouresque, 1996). Le mouillage, qu'il soit réalisé à l'aide d'ancres, de corps morts isolés ou de systèmes avec chaînes mères, entraîne quant à lui l'arrachage des faisceaux ainsi que l'abrasion des mattes.
- **Le rejet de substances polluantes toxiques pour les Magnoliophytes marines**, telles que les herbicides, le tributylétain (TBT), les métaux lourds ou encore les hydrocarbures (Kelly et *al.*, 1990 ; Jensen et *al.*, 2004). Ces rejets peuvent s'accompagner d'une augmentation de la turbidité, accentuant ainsi leurs effets négatifs.

4. Classification de *Posidonia oceanica*

Règne : Plantae
Sous règne: Tracheobionta
Super division: Spermatophyta
Division : Magnoliophyta
Classe : Liliopsida
Sous Classe : Alismatidae
Ordre : Najadales
Famille : Posidoniaceae
Genre : *Posidonia*
Espèce : *oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813.

5. Répartition géographique

La *Posidonia oceanica* (Figure 7) est une espèce endémique de la mer Méditerranée, largement répartie dans l'ensemble du bassin méditerranéen (Boudouresque, 2006). Sa limite occidentale se situe légèrement en amont du détroit de Gibraltar (Conde Poyales, 1989). Vers l'est, sa présence est inexistante le long des côtes de l'Égypte à l'est du delta du Nil, ainsi qu'en Palestine, au Liban (**Por, 1978**) et en Syrie. Elle ne s'étend pas non plus jusqu'à la mer Noire. Par ailleurs, cette espèce est peu fréquente, voire absente, dans la partie la plus septentrionale de l'Adriatique (Zalokar, 1942 ; Gamulin-Brida et *al.*, 1973) ainsi que le long du littoral languedocien (**Boudouresque et Meinesz, 1982**).

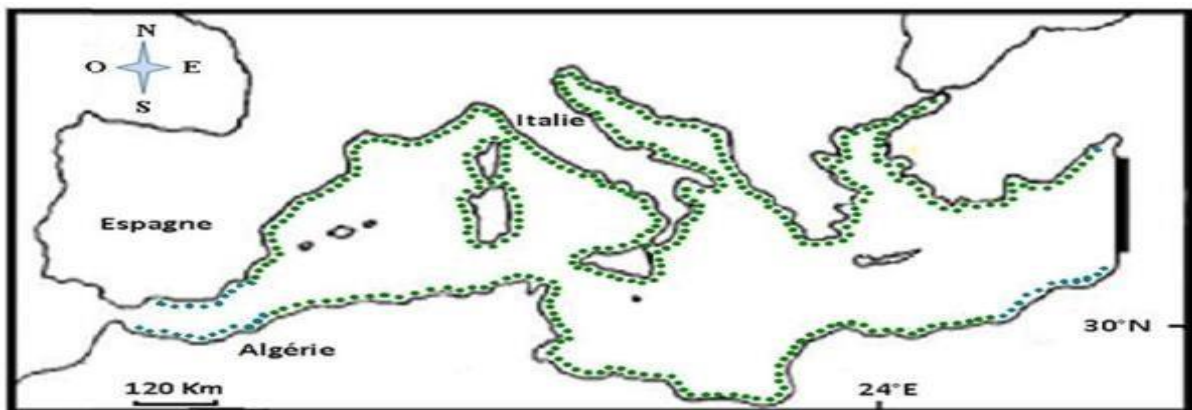


Figure 7: Répartition de *P. oceanica* le long des côtes Méditerranéennes (**Wanggeluwe, 2007** Modifiée).

6. Morphologie

La *Posidonia oceanica* est formée de tiges pouvant être rampantes ou verticales, généralement enfouies dans le sédiment, appelées rhizomes. Les rhizomes rampants sont qualifiés de plagiotropes, tandis que les rhizomes verticaux sont dits orthotropes. À leur extrémité, ces rhizomes portent des faisceaux composés de 4 à 8 feuilles, mesurant entre 8 et 11 mm de largeur et 20 à 80 cm de longueur.

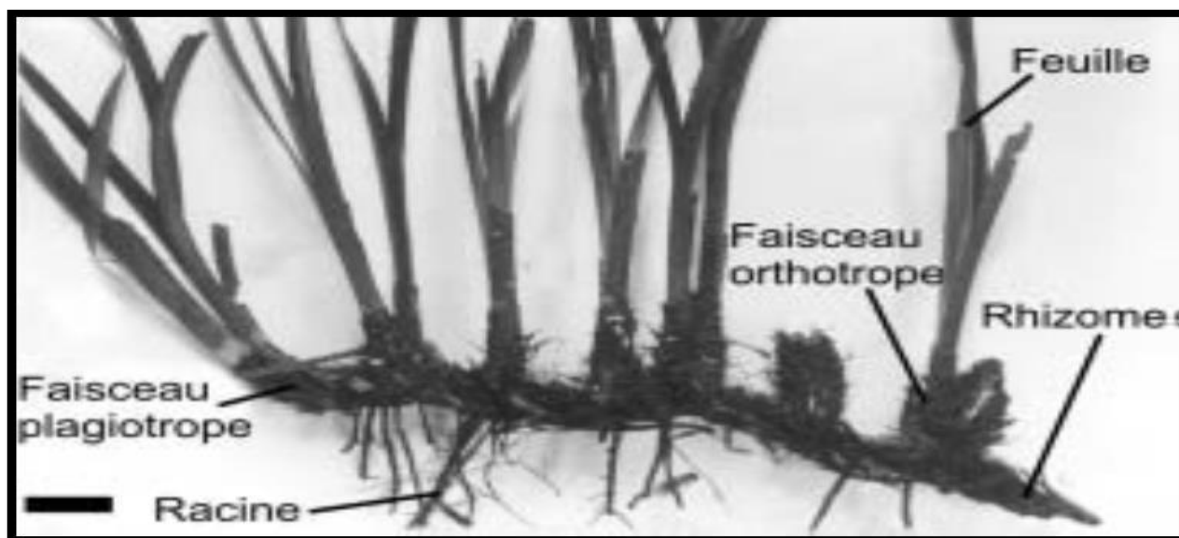


Figure 8: Rhizome plagiotrope de *Posidonia oceanica* (Boudouresque et Meinesz, 1982).

7. Croissance et développement

À leur mort, les feuilles ne se détachent pas entièrement : seule la partie du limbe est caduque, alors que la gaine basale (ou pétiole), longue de quelques centimètres, demeure attachée au rhizome. Cette structure persistante est appelée « écaille » (Figure 8). Le renouvellement des feuilles, incluant leur chute et leur formation, s'effectue de manière continue tout au long de l'année (Pergent et Pergent-Martini, 1991).

Les écailles (comme des rhizomes) présentent une faible capacité de putréfaction, ce qui permet leur conservation sur de très longues périodes, allant de plusieurs siècles à des millénaires. Divers paramètres liés aux écailles, tels que leur longueur, leur épaisseur ou encore leur structure anatomique, évoluent de façon cyclique selon un rythme annuel. L'étude de ces variations périodiques est connue sous le nom de lèpidochronologie (Crouzet et al., 1983 ; Pergent et al., 1983).

La lèpidochronologie (Figure 9) constitue ainsi une méthode particulièrement efficace pour évaluer la vitesse de croissance des rhizomes, estimer le nombre annuel de feuilles produites, analyser la dynamique de développement des herbiers, reconstituer la production

primaire passée ainsi que déterminer les concentrations historiques en contaminants (Pergent, 1990b ; Pergent-Martini, 1998).

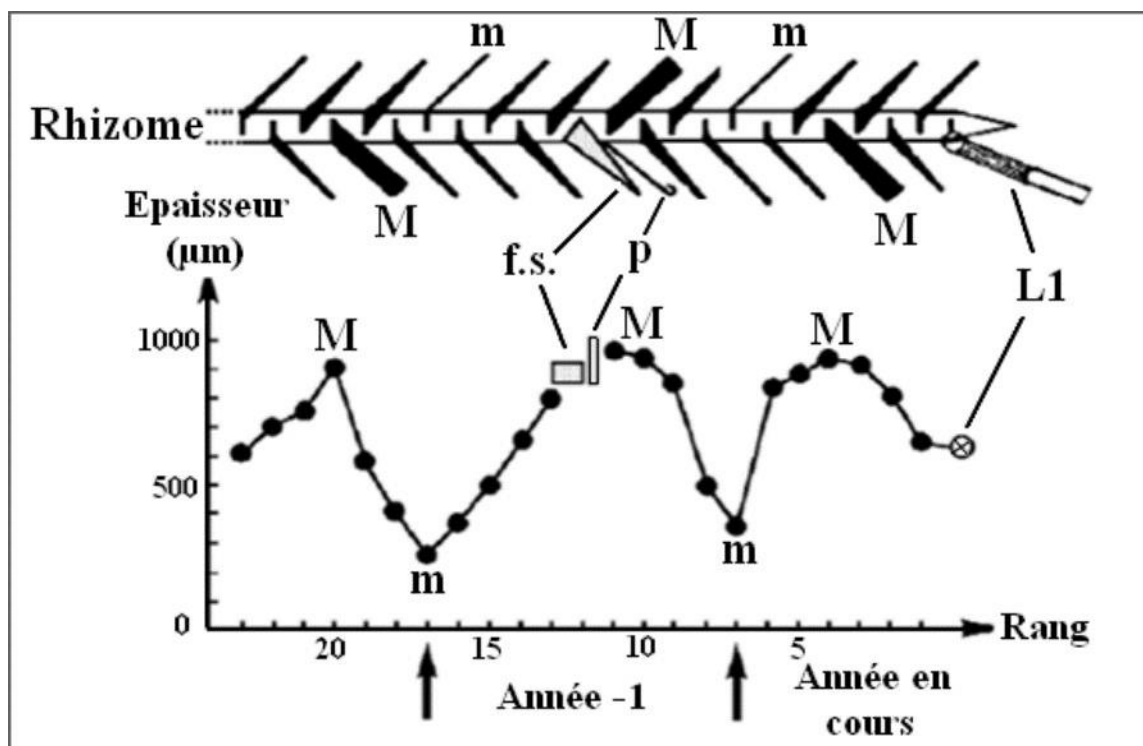


Figure 9: La lépidochronologie. En haut : disposition des écailles le long d'un rhizome de *Posidonia oceanica*. En bas : épaisseur des écailles (en µm). M : maximum d'épaisseur. m : minimum d'épaisseur. f.s. : restes d'un pédoncule floral. P : prophyll (= préfeu) accompagnant le pédoncule floral. L1 : feuille vivante la plus âgée (D'après Pergent et al, 1989).

8. La reproduction

On distingue 2 types de reproduction :

- **La reproduction asexuée**

Elle est assurée par les rhizomes plagiotropes (horizontaux) qui permettent le développement de feuilles au fur et à mesure de leur croissance. Il s'agit donc d'une simple multiplication végétative.

- **La reproduction sexuée**

La reproduction de la *Posidonia oceanica* s'effectue principalement de manière asexuée, notamment par bouturage. En ce qui concerne la reproduction sexuée, la floraison intervient généralement durant la saison automnale. Les fleurs, de type hermaphrodite, sont regroupées en inflorescences composées de 4 à 10 unités, portées par un pédoncule mesurant entre 10 et 30 cm de long (Figure 10).

Ce phénomène de floraison n'est pas annuel, en particulier dans les zones septentrionales de la Méditerranée occidentale où les eaux sont relativement plus froides.

Toutefois, certaines années telles que (1971, 1982, 1993, 1997 et 2003) ont été caractérisées par des épisodes de floraison particulièrement marqués à l'échelle de l'ensemble du bassin méditerranéen (Giraud, 1977b ; Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Piazzzi et *al.*, 1999 ; **Gobert et *al.*, 2005**).

La floraison semble être favorisée par des températures élevées au printemps et/ou en été, ainsi que par une température avoisinant les 20 °C durant le mois d'octobre (Caye et Meinesz, 1984 ; Pergent et *al.*, 1989a ; Stoppelli et Peirano, 1996).

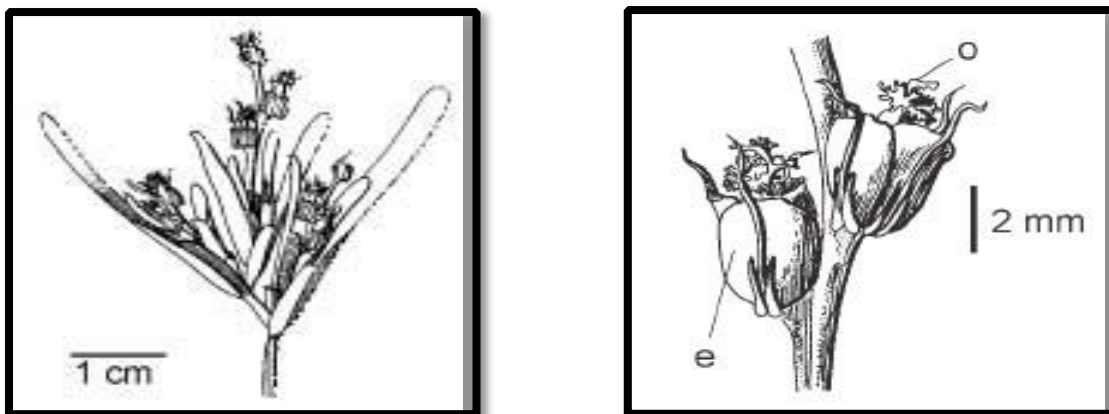


Figure 10: A gauche : une inflorescence de *Posidonia oceanica*. A droite : deux fleurs ; les étamines (e) sont situées à l'extérieur ; on aperçoit le sommet de l'ovaire doté de denticulations susceptibles d'accrocher le pollen filamenteux (o). D'après Hartog (1970).

La fécondation aboutit à la formation de fruits (Figure 10) qui se détachent de la plante lorsqu'ils arrivent à maturité, généralement au printemps, après une période de développement comprise entre 6 et 9 mois. Ces fruits, comparables à des olives tant par leur forme que par leur taille, présentent une coloration passant du vert foncé au brun sombre, voire au noir (Figure 11). Chacun renferme une seule graine. Ces fruits restent flottants pendant un certain temps. En fonction de la direction des courants, ils peuvent soit être rejetés sur le rivage, soit s'ouvrir en libérant la graine, laquelle coule vers le fond où elle peut germer immédiatement, sans phase de dormance, à condition que les caractéristiques du substrat soient favorables (**Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Cinelli et *al.*, 1995**).

Bien que les graines présentent un fort potentiel de germination (Balestri et *al.*, 1998) et que des jeunes plants issus de semis aient été observés in situ (Acunto et *al.*, 1996 ; Piazzzi et *al.*, 1999), la reproduction sexuée conduit rarement à l'établissement de nouveaux individus dans le milieu naturel. Par conséquent, la multiplication asexuée (végétative), notamment par

bouturage, demeure le mode de reproduction dominant chez cette espèce (**Molinier et Picard, 1952 ; Procaccini et Mazzella, 1996**).

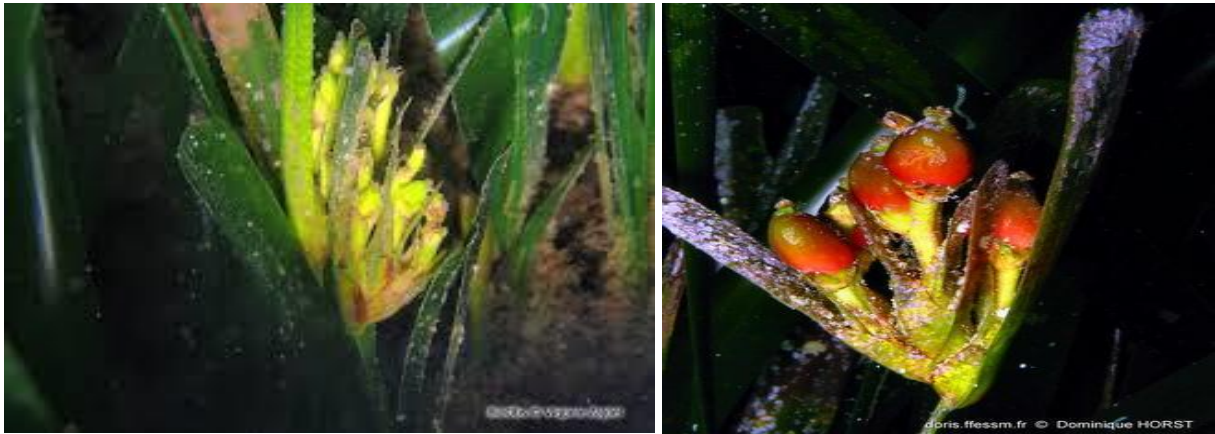


Figure 11: Fruits de *Posidonia oceanica* (« olives de mer »). A gauche : Début de fructification. A droite Fruits mûrs (couleur brun-rouge).

Chapitre IV

Synthèse bibliographique des biostimulants

Biostimulants

1. Définition général

Les biostimulants sont définis comme des « fertilisants qui stimulent le processus de nutrition des végétaux indépendamment des éléments nutritifs qu'ils contiennent, dans le seul but d'améliorer une ou plusieurs caractéristiques suivantes des végétaux ou de leur rhizosphère : l'efficacité de l'utilisation des éléments nutritifs ; la tolérance aux stress abiotiques ; les caractéristiques qualitatives ; la disponibilité des éléments nutritifs confinés dans le sol et la rhizosphère. » (**Journal Officiel de l'Union Européenne, 2019**). Ils se définissent par leurs modes d'action (la stimulation de processus naturels des plantes cultivées) et non par leurs constituants, très variés. Depuis 2019, la réglementation européenne les classe comme produits fertilisants améliorant la disponibilité des nutriments et leur absorption par les plantes, et la qualité des cultures (Journal Officiel de l'Union Européenne, 2019 ; Rouphael and Colla, 2020). Les biostimulants sont classés en cinq grands groupes : algues marines et extraits végétaux, substances humiques, protéines hydrolysées et composés azotés, microorganismes, composés inorganiques à action biostimulante (**Franzoni et al., 2022**). Ces catégories et leurs caractéristiques principales sont décrites dans le tableau 1.

Tableau 14: Catégories de biostimulants et leurs caractéristiques principales, d'après les écrits de **Franzoni et al., 2022**

Catégorie	Origine	Composants clés	Effets principaux	Exemples
Algues et extraits végétaux	Algues marines (brunes, rouges, vertes), plantes médicinales	Hormones végétales (auxines, cytokinines), polysaccharides, métabolites secondaires	Stimulent la croissance, améliorent la qualité, augmentent le rendement, réduisent les stress abiotiques	Ascophyllum nodosum, bourrache, Withania somnifera
Substances humiques	Matière organique en décomposition	Acides humiques et fulviques	Favorisent l'enracinement, améliorent l'absorption des nutriments, tolérance au stress	Humus, compost

Hydrolysats de protéines	Protéines végétales ou animales hydrolysées	Acides aminés, peptides, polypeptides	Stimulent la croissance et la tolérance aux stress	Hydrolysats de soja, collagène hydrolysé
Micro-organismes	Sols, rhizosphère, matières organiques	Bactéries, champignons, levures	Favorisent la nutrition et la croissance des plantes	Rhizobium, mycorhizes, Azospirillum
Composés inorganiques	Éléments chimiques non essentiels	Silicium, sélénium, cobalt, aluminium	Renforcent les tissus, améliorent la résistance aux stress abiotiques	Silice amorphe, sélénium foliaire

2. Origine et composition

La composition chimique des biostimulants est complexe et variée. Elle dépend de la nature du produit, des ressources naturelles utilisées et du processus de fabrication. Les biostimulants peuvent provenir d'une large gamme de composants (d'origine végétale ou animale) comme des acides humiques, des hydrolysats de protéines, des extraits d'algues, des microorganismes bénéfiques (champignons, bactéries), (**Rouphael et Colla, 2020** ; **Franzoni et al., 2022**).

3. Modes d'action et effets sur les cultures

Les modes d'action et les mécanismes des biostimulants ne sont pas encore totalement scientifiquement connus, mais il apparaîtrait tout de même qu'ils agissent sur de nombreux processus physiologiques des plantes comme la stimulation de la germination, la croissance végétative et racinaire, la photosynthèse, l'absorption des nutriments, la résistance à des stress biotiques, et la réduction des effets négatifs des stress abiotiques (Calvo et al., 2014a; Desfontaines et al., 2018; Halpern et al., 2015). Ces effets résulteraient d'une modification significative de la nature et/ou de la quantité des métabolites synthétisées par les plantes traitées lorsqu'elles sont en condition de stress (**Fardeau and Jonis, 2004**).

Certains effets induits par ces produits, dont la tolérance à des stress abiotiques, sont encore difficiles à identifier. Des résultats concluants ont tout de même été publiés sur certains mécanismes, comme la réduction du stress hydrique : l'application d'un biostimulant à base d'extraits d'algue d'*Ascophyllum nodosum* sur des brocolis et des épinards a permis une réduction de l'ouverture des stomates et donc une augmentation de la tolérance face à la sécheresse (**Lola-Luz et al., 2014**).

La recherche scientifique sur les biostimulants est en plein essor et les études se multiplient. Les connaissances sur leurs effets et mécanismes d'action évoluent rapidement ; mais les effets démontrés restent modestes et variables selon le produit, l'espèce ou le cultivar traité et les conditions environnementales (Desfontaines et *al.*, 2018). Des questionnements subsistent, notamment sur les modalités optimales d'application des biostimulants (foliaire ou en arrosage), le moment d'intervention (avant, pendant ou après un stress ; ou à des stades physiologiques clés), leur dosage, la réponse des différentes espèces et variétés à ces produits ainsi que la variation des effets selon les interactions de ces variables (Basile et *al.*, 2020).

4. Les biostimulants à base de plante

4.1. Utilisation

Souvent utilisés en application foliaire, en application au sol, ou en traitement des semences (Godlewska et *al.*, 2021b), les extraits à base de plantes sont largement utilisés depuis des décennies par les jardinier·ère·s, et les agriculteur·trice·s (Koul et Walia, 2009). Les extraits à base de plantes peuvent avoir un double rôle : celui de biostimulant et/ou celui de Stimulateur de Défense des Plantes (SDP), visant alors à défendre les cultures des maladies et ravageurs (Gayrard et Delval, 2017). Un même produit peut alors appartenir aux deux catégories. Les biostimulants à base de plantes peuvent être préparés en macérations, infusions, fermentations ou encore décoctions (Petiot, 2008).

Des études ont constaté des effets positifs sur la croissance et les rendements des plantes traitées aux extraits végétaux : une augmentation de 31 à 45% du poids frais de laitues (Jang et Kuk, 2019), une amélioration du rendement et de la qualité nutritionnelle de poivrons (Parađiković et *al.*, 2019). Une autre étude montre que les extraits à base de végétaux ont eu des effets positifs significatifs sur la croissance des racines des cultures traitées : longueur, poids frais, épaisseur, nombre de racines fibreuses (Miao et *al.*, 2025).

Les biostimulants à base de plantes permettraient également de réduire la sensibilité à des stress abiotiques : par exemples, le biostimulant Megafol® à base d'extraits de plantes s'est montré efficace pour réduire les dommages liés au stress hydrique chez la tomate, mettant en évidence une tolérance accrue à la sécheresse grâce au biostimulant appliqué sur les feuilles (Petrozza et *al.*, 2014). Un autre exemple montre que le stress salin peut être diminué en présence d'extraits de plantes et la croissance des plantes maintenue malgré la présence d'un fort taux de sel (Na^+) (Rady et *al.*, 2019). Les propriétés stimulantes des extraits sont en général

reliées à certains de leurs composés tels que les polyphénols, les acides aminés, les hormones végétales, les vitamines et les micro et macro-éléments (**Godlewska et al., 2021b**).

Ces produits ont aussi une action forte sur le sol, notamment sur la disponibilité des nutriments et sur la vie du sol. Une étude a constaté une augmentation significative du phosphore assimilable dans le sol avec l'application de produits fermentés à base de plantes, ici du gingembre sauvage et du shiso (**Miao et al., 2025**). Les extraits à base de végétaux peuvent augmenter significativement les populations de nématodes prédateurs/omnivores des sols, et entraîneraient une migration des nématodes parasites des plantes vers les couches plus profondes du sol (Jiayue et al., 2023). De plus, la diversité de la communauté microbienne et la complexité du réseau est augmentée, grâce à une meilleure interconnexion entre les communautés. On constate cette même tendance pour les espèces de champignons du sol mais ces derniers semblent moins influencés par les extraits fermentés que les bactéries (**Miao et al., 2025**).

4.2. Règlementation des biostimulants à base de plantes

En France, les Préparations Naturelles Peu Préoccupantes (PNPP) ont été créées comme catégorie réglementaire en 2006, destinées aux substances jugées peu préoccupantes pour la santé humaine et l'environnement (Davillerd et Marchand, 2022). Les préparations à base de plantes en font partie. Leur mise sur le marché a été très limitée au départ, rendant leur usage peu répandu. En 2014, la « Loi d'avenir pour l'Agriculture, l'Alimentation et la Forêt » distingue les PNPP en deux catégories : les substances de base à action phytosanitaires (ortie, prêle, vinaigre, huile de tournesol...) ou les substances naturelles à usage biostimulant (SNUB), ces dernières appartenant alors aussi à la catégorie réglementaire des biostimulants (**Légifrance, 2014**). Contrairement aux produits phytopharmaceutiques classiques, les PNPP ne sont pas soumis à une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM), leur mise sur le marché passe par une procédure simplifiée, via leur inscription à une liste validée par l'ANSES. Les produits à double-usage, qui revendiquent à la fois un effet biostimulant et un effet phytosanitaire, sont automatiquement classés dans la catégorie des produits phytopharmaceutiques et nécessitent d'une AMM, s'ils ne sont pas reconnus comme PNPP (**European Union, 2009**).

5. Extrait de *Posidonia oceanica*

Posidonia oceanica présente une teneur élevée en métabolites secondaires ; en particulier, 51 composés naturels issus du PO ont été identifiés (Heglmeier et Zidorn, 2010, cité dans Ferrandez-Gómez et al., 2023), parmi lesquels des composés phénoliques et leurs dérivés,

des acides aminés, des acides gras, des terpènes, des stérols, des flavonoïdes, des chalcones et des cholest-5-ènes (Agostini et *al.*, 1998 ; Vasarri et *al.*, 2021, cité dans Ferrandez-Gómez et *al.*, 2023). Ces molécules jouent un rôle fondamental dans la croissance des graines et des plantes car elles remplissent des fonctions actives dans la photosynthèse et la respiration, ainsi que dans la défense de celles-ci, et possèdent une structure chimique idéale pour piéger les espèces réactives de l'oxygène (ERO) (Agostini et *al.*, 1998, cité dans **Ferrandez-Gómez et *al.*, 2023**).

L'extrait aqueux de PO jouent également un rôle important dans la germination des graines. Les glucides ont favorisé la germination et le développement des plantules en répondant aux besoins énergétiques pendant la germination (Johnson et *al.*, 2011, cité dans Ferrandez-Gómez et *al.*, 2023). Cet effet peut s'avérer particulièrement utile pour les petites graines à faible capacité de stockage, comme les graines de tomate, tandis que pour les graines plus grosses, cet effet pourrait être moins important. D'autre part, bien que les composés phénoliques jouent un rôle clé dans l'autoprotection des plantes contre le stress (Heglmeier et Zidorn, 2010 ; Pratyusha, 2022 ; Zidorn, 2016, cité dans Ferrandez-Gómez et *al.*, 2023), ils peuvent également inhiber la germination (Tadic et *al.*, 2014 ; Williams et Hoagland, 1982, cité dans Ferrandez-Gómez et *al.*, 2023). Cette inhibition pourrait être due à l'augmentation naturelle des substances phénoliques et flavonoïdes dans les graines germées (Chen et *al.*, 2022, cité dans Ferrandez-Gómez et *al.*, 2023). L'excès de ces substances actives dans les milieux de germination pourrait limiter leur synthèse et donc limiter la germination, bien que cet effet inhibiteur ait également été observé dans des milieux naturels pour l'autocontrôle de la dormance des graines (Bhattacharyya et *al.*, 1999, cité dans Ferrandez-Gómez et *al.*, 2023). Les polyphénols ont inhibé l'activité enzymatique de la glycolyse et la voie oxydative des pentoses phosphates, altérant la germination des graines de pin. En effet, tous les polyphénols n'ont pas un effet négatif sur la germination. Certains d'entre eux favorisent la germination et le développement des plantes. Les polyphénols extraits de l'écorce d'épicéa ont favorisé la germination des graines de tomate, bien qu'ils aient réduit la longueur des racines (Tanase et *al.*, 2019, cité dans **Ferrandez-Gómez et *al.*, 2023**). Ces effets bénéfiques ont été observés à des concentrations de 0,25 à 1,0 g/L. Beaucoup plus faibles que pour l'extrait de PO.

Chapitre v

Matériel Et Méthode

1. Le but de travail

L'objectif de ce travail est de valoriser la biomasse de la plante marine *Posidonia oceanica*, qui sont accumulées sur les côtes méditerranéennes Algérienne, tout en analysant l'influence de ses composants nutritifs et bioactifs. Ces composant organiques ont été convertis en format liquide pour servir de biostimulant. Ce dernier a été ensuite utilisé sur les cultures de tomate et courgette afin d'observer son impact sur la germination, l'expansion des tiges et le nombre de feuilles de tomate. En ce qui concerne la courgette, l'étude cherche à évaluer l'effet du biostimulant sur la croissance végétative et la production des fruits.

2. Matériel et produit

Le tableau ci-dessous liste les divers matériaux employés dans le cadre de cette étude. Leur sélection a été effectuée en tenant compte des critères expérimentaux pour garantir l'exactitude et la crédibilité des analyses menées.

Tableau 15: Matériel et produits chimiques utilisés

Catégorie	Élément
Verreries et autres	Béchers, entonnoirs, fioles jaugées, erlenmeyer, Burette, pipette graduée, tubes à essais, éprouvettes graduée, micropipettes, flacons , Etiquettes, papier aluminium, papier filtre, Dessiccateur
Produits chimiques	Eau distillée, Acide gallique, folin-ciocalteu, Carbonate de sodium, Chlorure d'aluminium, éthanol.
Appareillage	Etuve, four a moffle, centrifugeuse, bain marie, spectrophotomètre, balance, broyeur, plaque chauffante, agitateur magnétique, pH mètre, conductimètre, autoclave.

Matériels biologiques utilisée dans la présente étude sont : *Posidonia oceanica*, tomate (*Solanum lycopersicum*) et courgette (*Cucurbita pepo*).

Variétés des semences utilisées :

Tomate : Ebia F1

Courgette : Lila F1

3. Présentation de région de récolte :

Les échantillons de *Posidonia oceanica* ont été récoltés en mer, dans une zone appelée Stidia (ou Aïn Stidia) est une commune côtière de la wilaya de Mostaganem, située à environ 14-15 km à l'ouest de la ville de Mostaganem et à 62 km d'Oran. Elle se trouve le long du littoral méditerranéen. Ce choix d'emplacement a été proposé par la direction de la pêche en raison de la grande quantité de cette plante présente au bord de la plage.

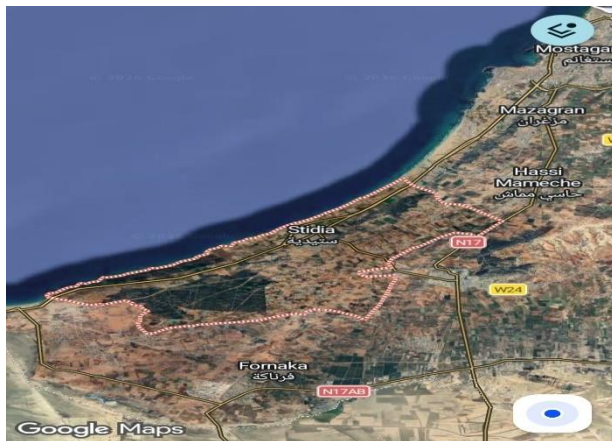


Figure 13: citation géographique de plage Stidia **Figure 12:** La plage de stidia (originale, 2026). (originale, 2026).

4. Identification de l'espèce *Posidonia oceanica*

Dans cette recherche, l'identification botanique de *Posidonia oceanica* a été un processus crucial pour assurer la crédibilité des résultats. La famille des Posidoniacées a été identifiée comme étant celle de l'espèce recueillie, qui se trouve en abondance le long des côtes méditerranéennes. Une première identification a eu lieu sur le site de cueillette, à la plage de Stidia, en utilisant des critères morphologiques spécifiques tels que les feuilles et les écailles. La seconde identification s'est déroulée en laboratoire.

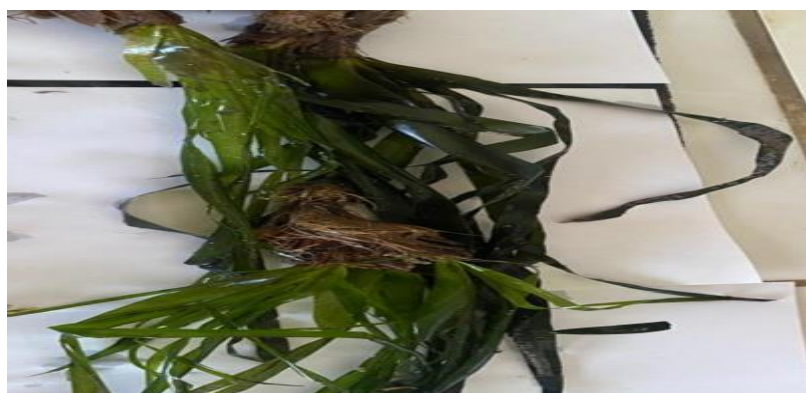


Figure 14: Espèce de *Posidonia oceanica* (originale, 2026).

5. Préparation des échantillons

Une fois arrivés au laboratoire, les échantillons ont subi un lavage de 5 à 6 fois avec de l'eau du robinet pour retirer le sel et toutes les impuretés, puis ont été laissés à s'égoutter au soleil durant un laps de temps.



Figure 15 : Lavage de *Posidonia oceanica*



Figure 16 : laissé d'égoutter en quelle munies

Par la suite, ils ont été séchés dans une étuve à 50 °C pendant trois jours. Les échantillons déshydratés ont été réduits en une poudre fine par broyage, puis un tamis de 350 µm a été utilisé pour obtenir une poudre uniforme. La poudre obtenue a été disposée dans des pots stérilisés, puis entreposée jusqu'à son emploi.



Figure 17: Séchage de *Posidonia* à l'étuve



Figure 18: poudre de *posidonia* avant tamisage

6. Préparation de l'extrait de *Posidonia oceanica*

L'extrait liquide de *posidonia oceanica* a été préparé en mélangeant la poudre de *posidonia* broyée avec de l'eau distillée dans un rapport de (40g/L) (Ferrandez-Gómez et al., 2023). Le mélange a été bien agité puis laissé reposer, ensuite porté à ébullition dans un bain-marie à 70°C pendant 60 min.



Figure 15: Préparation de mélange de posidonia et eau distillée (originale, 2026)

Suite à l'ébullition, le mélange a été une fois de plus laissé tranquille avant d'être filtré au moyen de papier filtre afin d'écarter les résidus solides (Zodape *et al.*, 2009). On a ensuite réalisé une centrifugation à 3000/min pendant 3 minutes pour obtenir le liquide (Khan *et al.*, 2009). Finalement, le fluide récupéré a été stocké dans des contenants en plastique non transparents à une température de 4 °C jusqu'à son emploi.



Figure 20: Filtration de mélange.



Figure 16: Centrifugation de l'extrait de posidonia.



Figure 22: Extrait centrifugé

7. Préparation des dilutions

Dans le but d'évaluer l'effet de différentes concentrations de biostimulant sur la phénologie des plantes, deux concentrations ont été prélevées de produit brut et diluées avec l'eau distillée.

- **Concentration 12,5 % :** 125 ml de biostimulant brut ont été prélevés, puis complétés avec 875 ml d'eau distillée dans un erlenmeyer propre, afin d'obtenir un volume total de 1000 ml. La solution a été agitée pendant quelques minutes pour assurer une bonne homogénéisation.

- **Concentration de 25 %** : 250 ml de biostimulant brut ont été mélangés avec 750 ml d'eau distillée pour obtenir un volume total de 1000 ml de solution. Comme pour le précédent, la solution a été agitée pendant 5 minutes pour assurer un bon mélange.

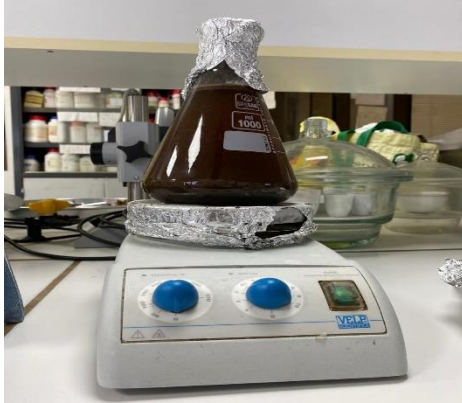


Figure 17: Les étapes de préparation des délutions (originale, 2026)

Après l'obtention de deux doses du produit, les applications ont été effectuées dans deux endroits différents, sous deux conditions de culture différentes et sur deux espèces différentes. Pour la tomate, l'expérimentation a été effectuée en laboratoire, tandis que pour la courgette, elle a été réalisée à la ferme de Mazagran. Le test de germination de la tomate a été réalisé dans des boîtes de Pétri, alors que l'analyse de la croissance a eu lieu dans des pots.

Protocole expérimental de la tomate

1. Préparation des boîtes de pétri (Test de germination)

Une série de six boîtes de Pétri a été mis en place conformément au protocole nécessaire et dans un environnement contrôlé. L'objectif de cette étape est d'assurer la cohérence des conditions expérimentales, de minimiser les facteurs de variation et de permettre une comparaison précise entre les divers traitements.

2. Mode préparatoire

L'expérience a été préparée avec six boîtes de Pétri stériles. Pour conserver l'humidité, six papiers filtrants ont été disposés dans les boîtes.

Test de germination a été réalisé en utilisant les traitements suivants : de l'eau distillée (utilisée comme témoin) et deux solutions de *Posidonia oceanica* de concentrations 12,5 % et 25 %, avec trois répétitions pour chaque cas.

Dix graines de tomate ont été placées dans chaque boîte, puis exposées aux traitements pour stimuler la germination.

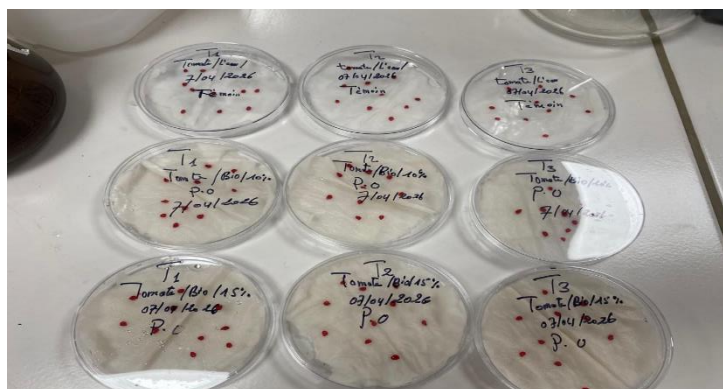


Figure 18: Test de germination (originale, 2026)

3. Préparation des pots de tomate (préparation d'échantillon végétale)

Suite à la germination, 12 pots de culture de 2kg ont été mis en place dans un milieu maîtrisé. L'objectif de cette phase est d'assurer la croissance des plantes et de permettre une comparaison précise entre les divers traitements.

a. Préparation du sol

Sol employé pour les tests a été prélevé sur une parcelle agricole appartenant à la ferme de l'université située à mazargan. Il a été sélectionné en raison de ses propriétés physico-chimiques favorables à la culture des plantes testées. Suite à la collecte, le sol a été débrassé par

des particules solides et des résidus végétaux, ensuite a été stérilisé dans une étuve à 121 °C pendant une demi-heure afin d'exclure tout agent pathogène et graine non désirée.

b. Préparation et Remplissage des Pots

Pour la culture de la tomate (*Solanum lycopersicum*), les pots ont été préparés. Par la suite, comblés avec du sol stérilisé, en conservant un vide de 3 à 4 cm sous le bord pour faciliter l'irrigation.



Figure 19: Remplissage des pots (originale, 2026)

c. Étiquetage des pots

Chaque pot est soigneusement étiqueté avec les informations nécessaires : (T0, T1, T2) : T0 : témoin, T1 : dosage (12,5%) et T2 : dosage (25%), chaque traitement a été répété trois fois (R1, R2 et R3).

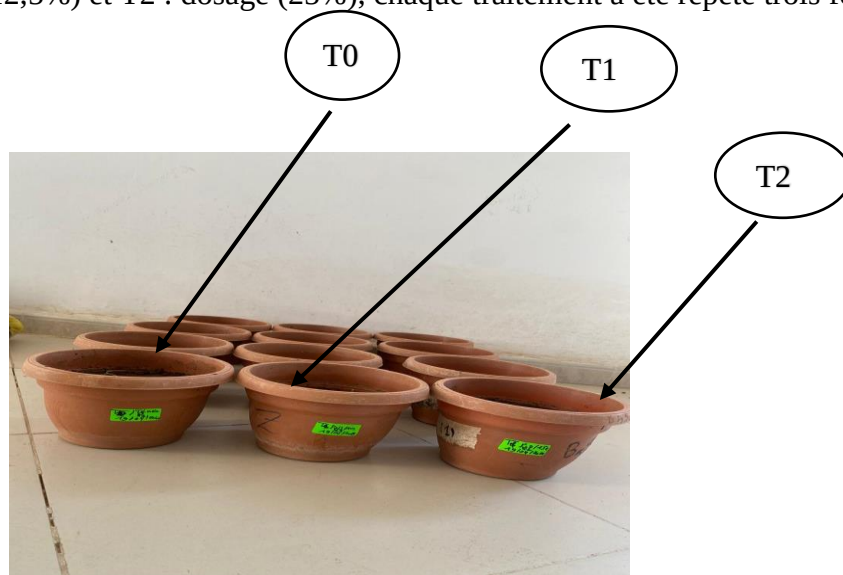


Figure 20: Étiquetage des pots (originale, 2026)

d. Disposition des pots

Les pots ont été disposés en utilisant un schéma expérimental de blocs complets randomisés, dans le but d'obtenir une répartition uniforme des conditions de culture. Cette

configuration assure une exposition constante à la lumière naturelle et favorise un arrosage équilibré pour chaque procédure, garantissant de ce fait l'exactitude des résultats expérimentaux.

e. Repiquage des plants

Les graines de tomate qui ont germé dans les boîtes de Pétri ont été transférées dans des tubes à essai contenant les deux doses de biostimulant, ainsi que le témoin avec de l'eau distillée. Après deux semaines, les plants de tomates ont été délicatement repiqués dans les pots préparés, en prenant soin de ne pas abîmer les racines.

4. Essais agronomique

L'essai a été réalisé sur la croissance de la plante de tomate (*Solanum lycopersicum*) en mesurant deux paramètres de développement : le nombre de feuilles et la hauteur de la tige. L'expérience a été conduite en utilisant des pots contenant un sol standard, sur lequel un biostimulant liquide à base de *Posidonia oceanica* a été appliqué selon deux concentrations : 12,5 % (T1) et 25 % (T2). Chaque concentration a été testée sur trois répétitions (trois pots par traitement), en plus d'un témoin négatif (T0) constitué de trois pots ne recevant que de l'eau.

Le biostimulant a été appliqué une fois par semaine au niveau du sol, à raison de 15 ml par pot. L'arrosage a été réalisé régulièrement tous les quatre jours afin de maintenir une humidité constante du sol tout au long de la période de culture. Les plantes traitées avec les deux concentrations ainsi que les témoins ont été suivies afin d'évaluer l'effet du biostimulant sur les paramètres de croissance de la tomate.

5. Méthodologie d'évaluation des paramètres morphologiques

Cette mesure a pour objectif d'évaluer l'impact de deux concentrations de biostimulant (12,5 % et 25 %) sur la croissance des plants de tomate, en comparaison avec un témoin négatif. Chaque traitement a été appliqué à trois plants, ce qui représente un total de neuf échantillons. Les paramètres morphologiques ont été mesurés 35 jours après le repiquage des plants de tomate. Deux indicateurs de croissance ont été pris en compte :

- **Le nombre de feuilles** par plant, compté manuellement.
- **La hauteur du tige** (en cm), mesurée à l'aide d'une règle graduée, du collet jusqu'à l'apex de la tige principale.

Les mesures ont été effectuées chaque semaine pour chaque plante, puis les moyennes ont été calculées pour chaque traitement afin de comparer les effets des différentes doses de biostimulant.

Protocole expérimental de la courgette

Les essais portant sur les deux doses de biostimulants ont été appliqués sur les plants de courgettes, dans un environnement semi contrôlé, exposé partiellement aux variations des facteurs biotiques et abiotiques.

1. Site d'expérimentation

Le travail a été effectué à Mazagran, à Mostaganem, dans une ferme appartenant à l'université de Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, sur un sol idéal et dans un environnement apte à un essai agricole.

2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental a été organisé en blocs aléatoires complets, ce qui garantit une distribution homogène des conditions de culture. Cette disposition assure une exposition uniforme à la lumière naturelle et permet un arrosage équilibré entre les différents traitements, assurant ainsi la fiabilité des résultats expérimentaux.



Figure 21: Photographies des blocs expérimentaux (originales, 2026).

3. Préparation de lieu de l'essai

a. Travail de sol

Après le choix de l'emplacement, le sol a subi des travaux, tels que le labour, pour ameublir la terre et favoriser l'infiltration de l'eau, la conservation de l'humidité et la bonne croissance des racines. La profondeur de labour était de 25 cm. Ensuite, le sol a été laissé quelques jours pour s'aérer et être exposé au rayonnement solaire avant d'être hersé et nivelé. Pour lutter contre les mauvaises herbes, un paillage en plastique noir a été appliqué sur le sol.

b. Système d'irrigation

Le système d'irrigation appliqué au site expérimental est l'irrigation par goutte-à-goutte, dont l'objectif est de contrôler la dose d'irrigation, de fournir de l'eau de manière localisée et d'éviter l'excès d'irrigation.

4. Semis

Suite à la mise en place de la disposition expérimentale, le semis a été réalisé dans les blocs en respectant l'espacement recommandé pour la courgette : 80 cm entre les plantes et 120 cm entre les lignes, et la profondeur de semis était de 3 cm.

5. Essais agronomique

L'essai a été réalisé sur la croissance et le rendement de la plante de courgette (*Cucurbita pepo*). Les paramètres de développement mesurés étaient : le nombre de feuilles et la longueur de la tige. L'expérience a été conduite sur des blocs horizontaux, sur lesquels un biostimulant liquide à base de *Posidonia oceanica* a été appliqué selon deux concentrations : 12,5 % (T1) et 25 % (T2). Chaque concentration a été testée sur 12 plantes de courgette réparties dans les deux blocs de manière aléatoire, en plus d'un témoin négatif (T0) constitué également de 12 plantes ne recevant que de l'eau.

Le biostimulant a été appliqué une fois par semaine, par pulvérisation sur les feuilles, à raison de 25 ml par plante. L'arrosage a été effectué régulièrement tous les trois jours afin de maintenir une humidité constante du sol tout au long de la période de culture. Les plantes traitées avec les deux concentrations, ainsi que les témoins, ont été suivies afin d'évaluer l'effet du biostimulant sur les paramètres de croissance de la courgette.



Figure 22: Photographies de l'application du biostimulant (originales, 2026).

6. Méthodologie d'évaluation des paramètres morphologiques

L'évaluation a été réalisée pour comparer les deux concentrations de biostimulant (12,5 % et 25 %) avec le témoin, afin de déterminer l'impact de ce biostimulant sur la plante. Les paramètres morphologiques sélectionnés ont été évalués pendant 48 jours après la germination. Les paramètres ont été mesurés comme suit :

- **Le nombre de feuilles** par plant, compté manuellement.

- **La hauteur de tige** (en cm), mesurée à l'aide d'une règle graduée et mètre ruban, du collet jusqu'à l'apex de la tige principale.
- **Le rendement** a été mesuré après les récoltes.

Les mesures ont été réalisées individuellement sur chaque plante, chaque semaine, puis les moyennes ont été calculées pour chaque traitement afin de permettre la comparaison des effets des différentes doses de biostimulant.



Figure 23: Photographies de la mesure des paramètres expérimentaux (originales, 2026).

7. Caractérisation physicochimique de l'échantillon PO

Dans le cadre de cette étude, des analyses physicochimiques ont été réalisées afin de déterminer certaines caractéristiques de ce biostimulant à base de *Posidonia oceanica*, dans le but d'évaluer son potentiel agronomique.

7.1. Détermination du taux d'humidité et de la teneur en matière minérale

a. Détermination de taux de l'humidité (AOAC ,1980)

5 g d'échantillon de *Posidonia* ont été pesés et placés dans un creuset propre, préalablement taré. Le creuset a ensuite été introduit dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures. Après séchage, l'échantillon a été refroidi dans un dessiccateur, puis pesé à nouveau. La perte de masse enregistrée a permis de déterminer le taux d'humidité par rapport à la masse initiale.

Calcul :

Le taux d'humidité se calcule avec la formule suivante :

$$\text{Taux d'humidité \%} = (M1-M2) / (M1-M0) \times 100$$

Mo : masse du creuset propre et sec

M1 : masse de l'échantillon frais + masse du creuset

M2 : masse du creuset + masse de l'échantillon (après le séchage)

b. Détermination de la teneur en matière minérale (AOAC, 1999)

Après la détermination de la teneur en humidité, les creusets contenant l'échantillon ont été placés dans un four à moufle réglé à 550 °C pendant 6 heures, afin d'assurer la combustion complète de la matière organique. Après incinération, les échantillons ont été refroidis dans un dessiccateur pendant 30 minutes, puis pesés. La masse résiduelle, correspondant aux cendres, a été utilisée pour calculer la teneur en matière minérale de l'échantillon.

Calcul :

Teneur en cendres (%) = $(M2 - M0) / (M1 - M0) \times 100$

M0 : masse du creuset propre et vide

M1 : Masse du creuset + échantillon sec (après séchage)

M2 : Masse du creuset + résidu après calcination (cendres)

8. Détermination du PH et la conductivité électrique de biostimulant

Le pH et la conductivité électrique (EC) ont été mesurés en mettant en suspension 3 g d'échantillon de poudre dans 50 ml d'eau distillée, en agitant pendant 30 minutes et en centrifugeant pendant 15 minutes à 4000 tr/min. Selon la méthode décrite par **Ferrández-Gómez et al. (2023)**, les mesures ont été réalisées à l'aide d'un pH-mètre et d'un conductimètre.



Figure 24: Photographies de pH-mètre et conductimètre (originales, 2026).

9. Analyse de quelques métabolites secondaires dans l'extrait de PO

Les concentrations de métabolites secondaires présents dans la solution d'extrait aqueux a été quantifiée. La méthode au chlorure d'aluminium a été utilisée pour déterminer la teneur totale en flavonoïdes (**Woisky et Salatino, 1998**) et la teneur totale en composés phénoliques de l'extrait aqueux a été calculée à l'aide de la méthode de Folin-Ciocalteu (**Singleton et al., 1965**).

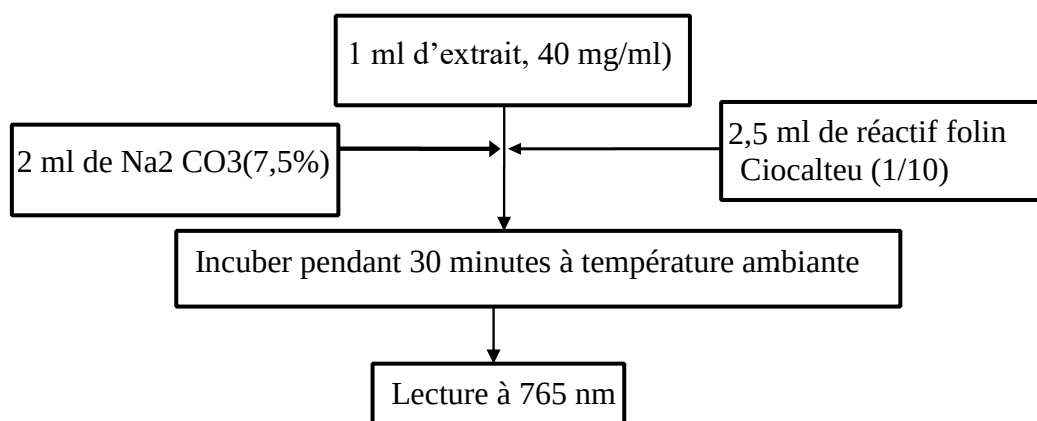


Figure 25: Protocole de dosage des polyphénols totaux (Singleton et *al.*, 1965), Modifié

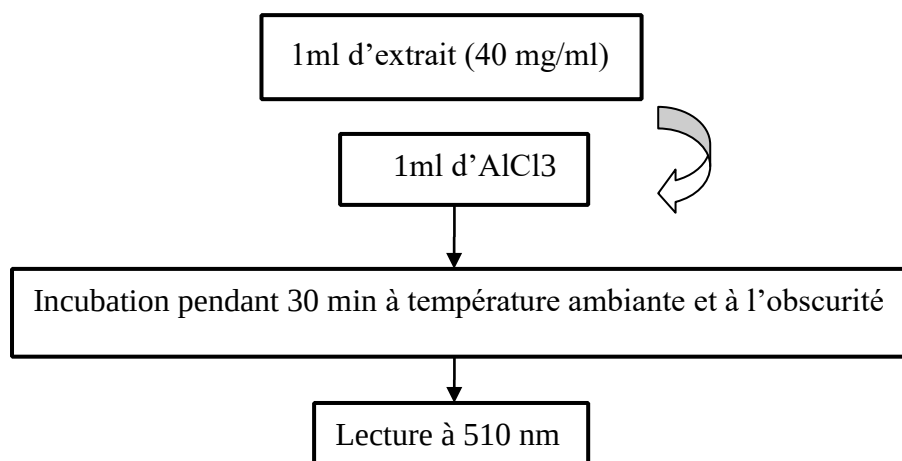


Figure 26: Protocole de dosage des flavonoïdes (Woisky et Salatino, 1998), Modifié

Analyse statistique

Les résultats des différents paramètres relatifs à cette étude ont été traités en fonction des moyennes $\pm$ écart-type par analyse de variance (ANOVA) suivie d'une comparaison des moyennes $\pm$ écart-type en utilisant le logiciel Excel.

Les résultats ont été considérés comme : statistiquement hautement significatif à *** $P < 0,0001$.

Résultats et discussion

1. Caractérisation de l'extrait liquide

L'extraction douce de la biomasse de *Posidonia* a permis d'obtenir un extrait homogène, limpide à légèrement visqueux, de couleur foncée, ce qui indique une bonne concentration en substances actives.

2. Les données physicochimiques de la biomasse de *posidonia oceanica*

Tableau 16: données physicochimiques de la biomasse de *posidonia oceanica*

Paramètre analyses	Résultats
Taux d'humidité (%)	81,81
Teneur en matière minérale (cendres) (%)	23,18
Polyphénol totaux	35,61 ± 0, 24 mg EAG/g MS
Flavonoïdes	19,64± 0,14 mg QE/g MS
pH	7,19
Conductivité électrique	1,426 mS/cm

Les résultats de polyphénol, flavonoïdes et sucre sont présentés sous forme de moyenne ± écart-type (n = 3). EAG : équivalent en acide gallique ; QE : équivalent en quercétine.

3. Interprétation globale des teneurs en composants physicochimiques de *PO*

La valorisation de *Posidonia oceanica* comme biostimulant liquide repose principalement sur la richesse de sa biomasse en composés physicochimiques et bioactifs capables de stimuler la croissance des plantes, d'améliorer leur nutrition et de renforcer leur tolérance aux stress. L'interprétation globale des paramètres physicochimiques permet donc de justifier scientifiquement son utilisation en agriculture.

4. Taux d'humidité

La teneur en humidité des feuilles de *Posidonia oceanica* a été estimée à 81,81 %, ce qui signifie que la biomasse fraîche est constituée principalement d'eau, tandis que la matière sèche représente 18,19 %. Cette valeur est conforme le donné de **Gobert et al. (2002)**, qui rapporte généralement une teneur en eau comprise entre 78 et 84 % pour les feuilles fraîches de cette espèce.

Ce taux d'humidité élevé met en évidence que :

- La matière sèche représente une fraction plus faible.
- Le potentiel biostimulant reste lié aux composés actifs de cette matière sèche.
- Le séchage est recommandé pour préparer un biostimulant stable et reproductible.

5. Teneur en matière minérale (cendres)

La teneur en matière minérale obtenue (23,18 % de la matière sèche) est cohérente avec les données de la littérature, les résidus de *Posidonia oceanica* présentant généralement une teneur en cendres comprise entre 12 et 30,6 % de la matière sèche selon **Hernández-Escaño et al., 2026**. Cette valeur confirme la richesse de la biomasse en éléments minéraux, ce qui soutient sa valorisation comme biostimulant ou amendement organique.

6. Composés phénoliques et flavonoïdes

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'extrait de *Posidonia oceanica* est riche en composés phénoliques et flavonoïdiques. Les valeurs déterminées cités dans le tableau confirment l'intérêt biochimique et agronomique de cette biomasse marine.

6.1. Discussion des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols obtenue dans cette étude (35,61 mg EAG/g MS) indique une richesse importante de l'extrait en métabolites secondaires à activité antioxydante. Cette valeur est supérieure à plusieurs résultats rapportés dans la littérature, y compris la teneur indiquée par Ferrandez-Gómez et al. (2023), qui est de 33 mg EAG/g MS.

La valeur élevée obtenue dans notre étude pourrait être liée à plusieurs facteurs :

- La méthode d'extraction utilisée.
- Le type de solvant.
- Les conditions environnementales.
- Le stade physiologique des feuilles.
- La zone de récolte.

Selon **Dumay et al. (2004)**, les composés phénoliques chez *Posidonia oceanica* augmentent souvent en réponse aux stress environnementaux, notamment la salinité, l'intensité lumineuse et les agressions biologiques. Les auteurs ont observé des teneurs atteignant environ 40 mg EAG/g MS dans certaines feuilles exposées à des conditions de stress.

La forte teneur en polyphénols observée dans cette étude pourrait donc traduire une capacité adaptative importante de la plante au milieu marin. Ces composés jouent également un rôle majeur dans l'activité antioxydant et antimicrobienne, ce qui justifie l'intérêt de cette biomasse dans les formulations biostimulants et les amendements organiques.

6.2. Discussion des flavonoïdes

Les résultats montrent une teneur en flavonoïdes de 19,64 mg EQ/g MS. Cette valeur confirme que les flavonoïdes représentent une proportion importante des composés phénoliques présents dans l'extrait.

Les résultats obtenus sont inférieurs de ceux rapportés par **Ferrandez-Gómez et al. (2023)**, qui ont trouvé une teneur de 28 mg EQ/g MS dans extrait aqueux de *Posidonia oceanica*. La teneur inférieure obtenue dans cette étude peut être liée aux caractéristiques écologiques de la zone de collecte ou aux conditions d'extraction.

Selon du Jardin (2015), plusieurs composés phénoliques peuvent agir comme biostimulants naturel lorsqu'ils sont appliqués à faibles doses sur les cultures. Cependant, des concentrations élevées peuvent parfois provoquer des effets allélopathiques inhibant la germination ou la croissance de certaines espèces végétales (**Inderjit et Duke, 2003**).

Ainsi, cette résultat explique la richesse de l'extrait en flavonoïdes et certains propriétés biologiques, agronomiques et potentielles de l'extrait de *Posidonia oceanica*.

7. Discussion du pH

Le pH de l'extrait de *Posidonia oceanica* a été mesuré à 7,19, montrant un caractère pratiquement neutre avec une légère alcalinité. Cette valeur indique que l'extrait présente une bonne stabilité chimique et pourrait être favorable à une utilisation agronomique, notamment comme biostimulant ou amendement organique.

8. Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'extrait aqueux de *posidonia oceanica* était de 1,426 mS/cm. Cette valeur indique une présence modérée de sels dissous dans la solution.

9. Détermination du taux de germination de tomate



Figure 27 : Taux de germination (%) des graines de tomate en fonction des différents traitements à base d'extrait de *Posidonia oceanica*.

L'étude statistique a révélé que le taux de germination a été affecté par l'extrait de *Posidonia oceanica* ($P < 0,001$), voire Tableau 17, indiquant un effet hautement significatif pour les concentrations de 12,5 % et de 25 %.

Tableau17 : Analyse de variance à deux facteurs pour la germination de graine de tomate

Source des variations	Dl	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Signification
Traitements	2	65535	0.0000	3,21994	***
Temps	6	65535	0.0000	2,32399	***
Interaction	12	65535	0.0000	1,99101	***
Total	62				

La figure 27 montre que le taux de germination des graines varie selon les traitements appliqués. Le traitement témoin a enregistré un taux de germination de 90 %, tandis que les traitements à base d'extrait de *Posidonia oceanica* aux concentrations de 12,50 % et de 25 % ont tous deux atteint un taux de germination de 100 %.

Ces résultats indiquent que l'application de l'extrait de *Posidonia oceanica* a permis d'améliorer la germination des graines en portant le taux de germination à son maximum.

Par ailleurs, l'absence de différence entre les concentrations de 12,50 % et de 25 % montre que, pour le paramètre étudié (taux de germination), l'augmentation de la concentration au-delà de 12,50 % n'a pas entraîné d'amélioration supplémentaire. Ainsi, les deux concentrations se sont révélées aussi efficaces l'une que l'autre pour obtenir une germination complète.

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

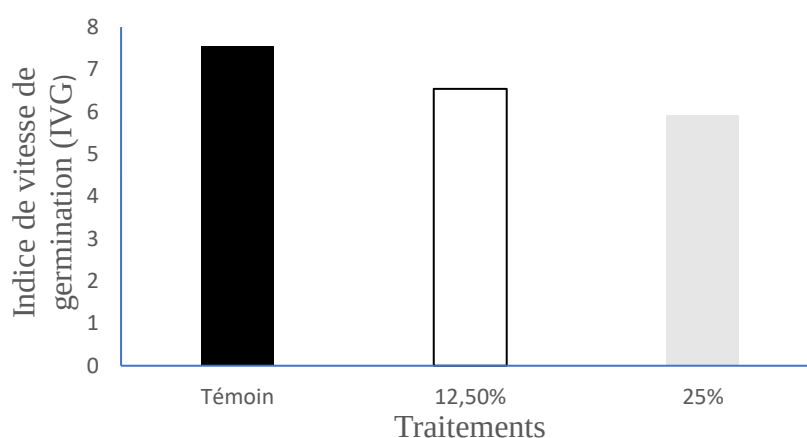


Figure 28 : Effet des différentes concentrations d'extrait de *Posidonia oceanica* sur l'indice de vitesse de germination des graines de tomate.

La figure 28 représentant l'indice de vitesse de germination (IVG) met en évidence des différences entre les traitements. Le traitement témoin a enregistré la valeur la plus élevée (7,55), suivi du traitement à 12,50 % d'extrait de *Posidonia oceanica* (6,54), tandis que le traitement à 25 % a présenté la valeur la plus faible (5,92).

Ces résultats indiquent que l'application de l'extrait de *Posidonia oceanica* a entraîné une diminution de l'indice de vitesse de germination par rapport au témoin. Cette diminution est plus marquée lorsque la concentration de l'extrait augmente, ce qui suggère un effet dépendant de la dose. En d'autres termes, bien que les graines traitées avec l'extrait aient finalement atteint un taux de germination élevé (100 %), leur germination s'est produite plus lentement que celle des graines du témoin.

Ainsi, les traitements à base d'extrait de *Posidonia oceanica* n'ont pas affecté la capacité finale des graines à germer, mais ils semblent avoir influencé la cinétique de la germination, en retardant légèrement l'apparition des graines germées, particulièrement à la concentration de 25 %.

$$IVG = \sum_{i=1}^n Gi / Ti$$

IVG = Indice de vitesse de germination.

Gi = nombre de graines germées au jour i.

Ti = nombre de jours écoulés depuis le début de l'expérience jusqu'au jour i.

n = dernier jour d'observation.

10. Mesure du nombre des feuilles de la tomate

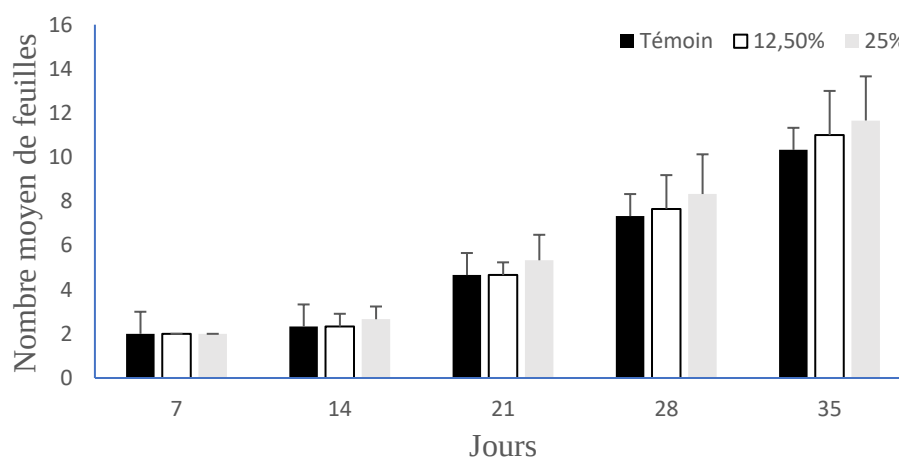


Figure 29 : Effet de la concentration d'extrait aqueux de *posidonia oceanica* sur le nombre de feuilles de la tomate, (n= 3).

De même, l'analyse variance a montré un effet hautement significatif ($P < 0,001$) des extraits de *P. oceanica* sur le nombre de feuille de la tomate durant toute la période de l'expérimentation.

La figure 28 illustre l'évolution du nombre moyen de feuilles et met en évidence une augmentation progressive de ce paramètre pour l'ensemble des traitements. Toutefois, les traitements ayant reçu l'extrait aqueux de *Posidonia oceanica* ont généralement présenté des valeurs supérieures à celles du témoin.

À la fin de l'essai (35 jours après le traitement), le témoin a enregistré un nombre moyen de 10,33 feuilles, tandis que les traitements à 12,50 % et à 25 % ont atteint respectivement des moyennes de 11 et 11,66 feuilles. Comparativement au témoin, le traitement à 12,50 % a montré une augmentation d'environ 6,5 %, tandis que le traitement à 25 % a enregistré une augmentation d'environ 12,9 %. De plus, le traitement à 25 % a présenté une valeur supérieure d'environ 6 % à celle du traitement à 12,50 %, ce qui indique que la concentration de 25 % représente le traitement le plus efficace dans les conditions de cette expérimentation.

11. Mesures de la longueur des tiges de tomate

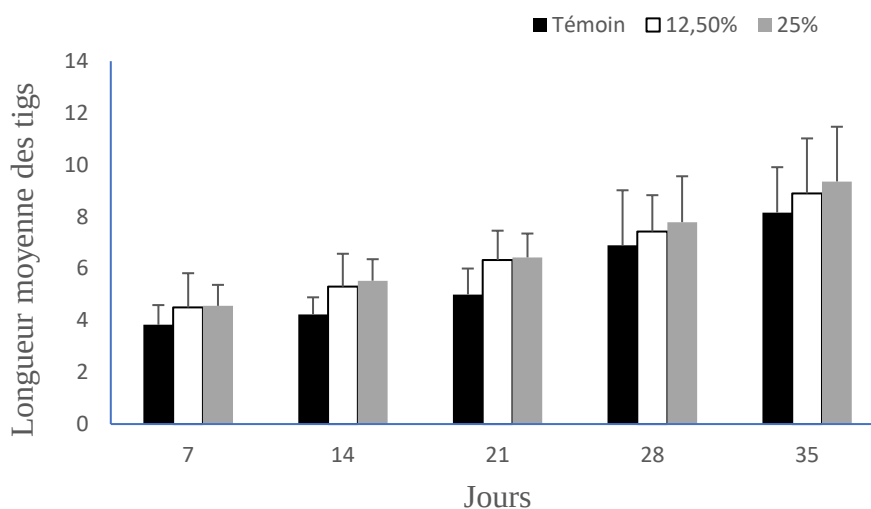


Figure 30 : Effet de la concentration d'extrait aqueux de *posidonia oceanica* sur la longueur des tiges de tomate, (n= 3).

Une différence statistiquement hautement significative à $P < 0,001$ a été observée entre la longueur des tiges pour les plantes de tomate traitées par les deux concentrations d'extrait de PO et celles du témoin.

La figure 30 montre une augmentation progressive de la longueur moyenne des plants de tomate dans l'ensemble des traitements au cours de la période expérimentale. Néanmoins,

les plants traités avec l'extrait aqueux de *Posidonia oceanica* ont présenté des longueurs moyennes plus élevées que celles du témoin tout au long de l'essai.

À la fin de l'essai (35 jours), le traitement témoin a atteint une longueur moyenne de 8,16 cm, tandis que les traitements (12,50 %) et (25 %) ont enregistré respectivement 8,90 cm et 9,36 cm. Comparativement au témoin, la longueur des plants a augmenté d'environ 9,1 % pour traitement (12,50 %) et de 14,7 % pour traitement (25 %). De plus, le traitement 25% a présenté une longueur supérieure d'environ 5,2 % à celle du traitement (12,50 %).

Ces résultats indiquent que l'application de l'extrait aqueux de *Posidonia oceanica* a favorisé la croissance en hauteur des plants de tomate. Cet effet pourrait être lié à la présence de composés bioactifs, de minéraux et de substances à action biostimulante capables d'améliorer l'activité physiologique des plantes et de stimuler leur développement végétatif.

12. Mesures du nombre de feuilles de la courgette

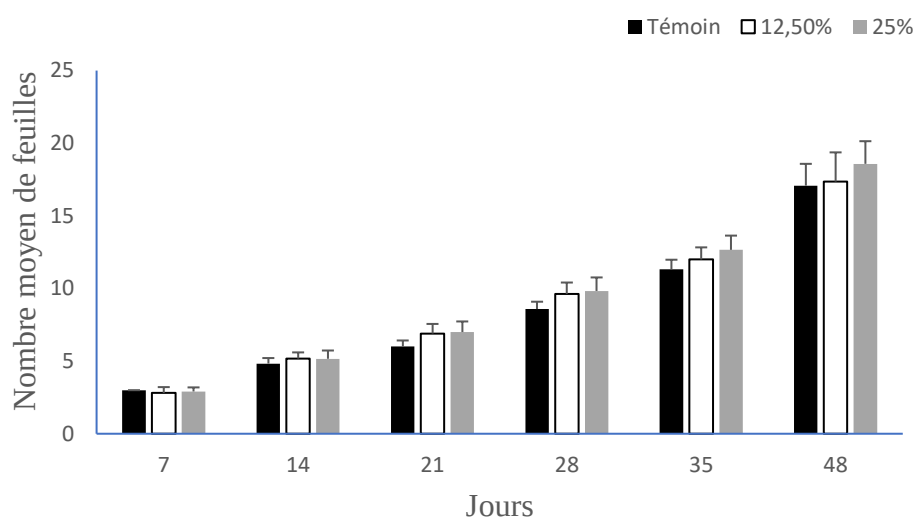


Figure 31: Nombre de feuilles chez la courgette traitée avec différentes doses d'un extrait de *Posidonia oceanica*, (n=12).

Une différence hautement significative à ($P < 0,001$) voir tableau 18, été enregistré entre toutes les plantes traitées par les deux dose (12,50% et 25%) et celles du témoin.

Tableau 18 : Analyse de variance à deux facteurs pour le nombre de feuilles chez la courgette

<i>Source des variations</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Signification</i>
Traitements	2	22,3146623	2,2006E-09	***
Dates	5	1465,12191	9,792E-144	***
Interaction	10	2,94069193	0,00192018	**
Total	197			

La figure 31 montre une augmentation progressive du nombre moyen de feuilles chez tous les traitements au cours de l'expérimentation, ce qui traduit une croissance normale de la culture de la courgette. Toutefois, les plantes ayant reçu le biostimulant présentent globalement une croissance supérieure à celle du témoin.

Au 7^e jour, les valeurs observées sont très proches entre les différents traitements. Le témoin présente une moyenne de 3 feuilles, tandis que les traitements (12,50 %) et (25 %) affichent respectivement des moyennes de 2,81 et 2,91 feuilles. Cette faible différence peut s'expliquer par le fait que l'application du biostimulant n'a pas encore eu suffisamment de temps pour être absorbée par les feuilles et produire des effets mesurables sur la croissance foliaire.

À partir du 14^e jour, les plantes recevant l'extrait de *Posidonia oceanica* montrent une légère augmentation du nombre moyen de feuilles par rapport au témoin. Cette tendance devient plus marquée à partir du 21^e jour, où le traitement (25 %) atteint une moyenne de 7 feuilles contre 6 feuilles pour le témoin. Cette amélioration suggère que les composés bioactifs présents dans l'extrait commencent à influencer positivement les processus physiologiques responsables de la croissance végétative.

Entre le 28^e et le 35^e jour, les écarts entre les traitements continuent de s'accroître. Le traitement (25 %) présente respectivement des moyennes de 9,93 et 12,66 feuilles, tandis que le témoin affiche des moyennes de 8,58 et 11,33 feuilles. Cette différence indique que l'application foliaire de l'extrait de *Posidonia oceanica* a favorisé l'émission de nouvelles feuilles et stimulé l'activité métabolique des plantes.

À la fin de l'expérimentation (48^e jour), les valeurs maximales sont observées pour tous les traitements. Le traitement (25 %) enregistre le nombre moyen de feuilles le plus élevé (18,58 feuilles), suivi de traitement (12,50 %) de (17,36 feuilles), puis du témoin (17,08 feuilles). Par rapport au témoin, l'augmentation observée est de l'ordre de 8,8 % pour (25 %). Ces résultats

indiquent que la concentration la plus élevée de l'extrait a exercé l'effet biostimulant le plus important sur la croissance foliaire des plants de courgette.

13. Mesures de la hauteur des tiges de courgette

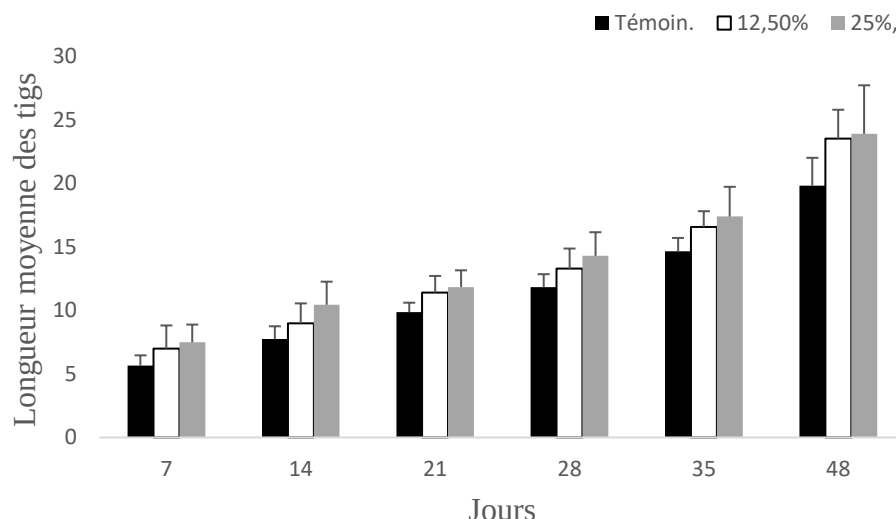


Figure 32 : Longueur de la tige chez la courgette traitée avec différentes doses d'un extrait de *Posidonia oceanica* (n=12).

L'analyse variance a montré un effet hautement significatif ($P < 0,001$) voir tableau 19, des extraits de *P. oceanica* sur La hauteur des tiges de courgette.

Tableau 19 : Analyse de variance à deux facteurs pour la longueur de tige des plantes de courgette.

Source des variations	Degré de liberté	F	Probabilité	Signification
Échantillon	2	40,6544863	1,6123E-15	***
Colonnes	5	368,116643	3,618E-98	***
Interaction	10	0,77706223	0,65082926	ns
Total	215			

La figure 31 montre l'augmentation progressive de la croissance de la longueur de tige des plantes de courgette au cours des 48 jours d'expérimentation pour l'ensemble des traitements. Cependant, les plantes traitées par les extraits de *Posidonia oceanica* ont présenté des hauteurs supérieures à celles du témoin, ce qui indique un effet positif du biostimulant sur la croissance végétative des plants de courgette.

Au début de l'expérimentation (7 jours), les différences entre les traitements étaient relativement significatives. La longueur moyenne des plantes témoins était de 5,66 cm, tandis que les traitements (12,50 %) et (25 %) ont enregistré respectivement 7 cm et 7,5 cm.

À partir du 14^e jour, une augmentation plus importante de la longueur des tiges a été observée chez les plantes traitées par les extraits de *Posidonia oceanica*. Cette tendance s'est maintenue jusqu'à la fin de l'essai. Au 48^e jour, les plantes témoins ont atteint une longueur moyenne de 19,83 cm, alors que les traitements (12,50 %) et (25 %) ont atteint respectivement 23,54 cm et 23,91 cm. Ces résultats montrent que l'application foliaire des extraits de *Posidonia oceanica* a favorisé la croissance des tiges par rapport au témoin.

14. Mesure du rendement de la courgette

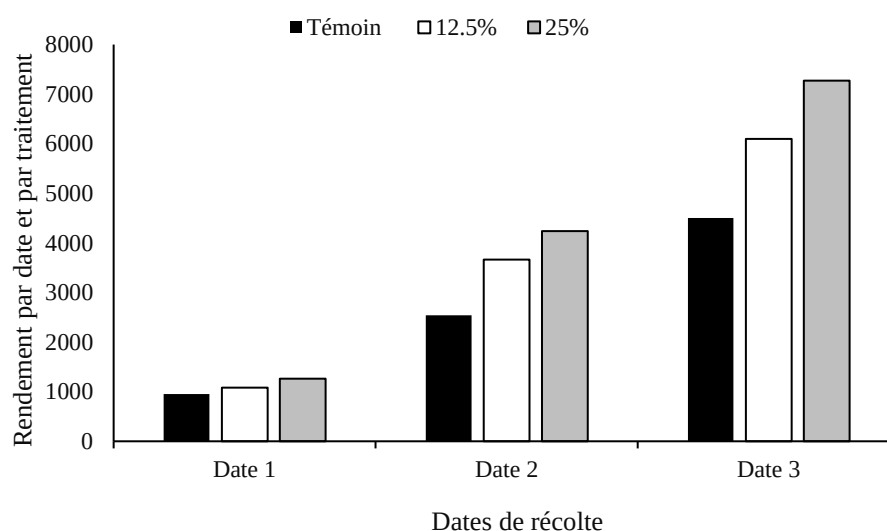


Figure 33 : Rendement par date et par traitement de la courgette traitée avec différentes doses d'un extrait de *Posidonia oceanica*.

Date 1 : 1^{ère} récolte ; Date 2 : 2^{ème} récolte et Date 3 : 3^{ème} récolte

La figure 33 montre la variation du rendement entre les différents traitements, en mettant en évidence l'augmentation progressive de la production de courgette en fonction de la concentration de l'extrait de *Posidonia oceanica*. Le traitement témoin a enregistré le rendement le plus faible, avec 7990 g, tandis que les traitements (12,50 %) et (25 %) ont produit respectivement 10852 g et 12771 g.

Par rapport au témoin, le traitement (12,50 %) a permis une augmentation du rendement d'environ 35,8 %, alors que le traitement (25 %) a présenté l'amélioration la plus importante avec une augmentation d'environ 59,8 %. Ces résultats indiquent que l'application de l'extrait de *Posidonia oceanica* a exercé un effet positif sur la production des plants de courgette.

Discussion

Discussion

Germination des graines de tomate

Les résultats obtenus montrent que les traitements à base d'extrait de *Posidonia oceanica* ont permis d'atteindre un taux de germination de 100 %, contre 90 % pour le traitement témoin. Cette amélioration suggère que l'extrait de *Posidonia oceanica* exerce un effet favorable sur la germination des graines. Les substances bioactives naturellement présentes dans cette plante marine, telles que les composés phénoliques, les polysaccharides, les acides aminés, les vitamines, les minéraux et les substances à activité hormonale, pourraient stimuler les processus physiologiques impliqués dans la germination. Selon l'étude de **Ferrandez-Gómez et al. (2023)**, la solution aqueuse de *Posidonia oceanica* a montré un effet positif sur la germination, avec un indice de 73 % par rapport au témoin.

L'amélioration du taux de germination peut s'expliquer par une activation plus rapide des enzymes responsables de la mobilisation des réserves et une stimulation du métabolisme cellulaire. Ces mécanismes favorisent la reprise de la croissance de l'embryon et conduisent à une germination plus complète.

En revanche, aucune différence n'a été observée entre les concentrations de 12,50 % et de 25 %, les deux ayant permis d'obtenir un taux de germination maximal de 100 %. Cela indique que la concentration de 12,50 % est probablement suffisante pour exprimer l'effet biostimulant de l'extrait sur la germination. Une augmentation de la concentration jusqu'à 25 % n'apporte donc pas de bénéfice supplémentaire pour ce paramètre.

La diminution de l'indice de vitesse de germination observée chez les graines traitées avec l'extrait de *Posidonia oceanica* pourrait être liée à la présence de certains composés bioactifs qui, à des concentrations élevées, ralentissent temporairement les processus physiologiques impliqués dans la germination. Selon **Ferrandez-Gómez et al. (2023)**, l'augmentation naturelle de la teneur en phénols et en flavonoïdes dans les graines pourrait inhiber la germination. Toutefois, ce ralentissement n'a pas empêché les graines d'atteindre un taux final de germination de 100 %, ce qui indique que l'extrait influence principalement la vitesse de germination plutôt que la capacité germinative. Selon **Ferrandez-Gómez et al. (2023)**, une forte concentration en solutés pourrait également ralentir la pénétration de l'eau dans les graines, ce qui pourrait ralentir temporairement la germination.

Nombre de feuilles et longueur des tiges de la tomate

L'augmentation du nombre de feuilles et la longueur des tiges observée chez les plants de tomate traités avec l'extrait aqueux de *Posidonia oceanica* suggère que cet extrait exerce un

effet biostimulant sur la croissance végétative. Cet effet pourrait être attribué à la présence de nombreux composés bioactifs, notamment des substances à activité hormonale, des acides aminés, des polysaccharides, des composés phénoliques, ainsi que des éléments minéraux, capables de stimuler la division et l'élongation cellulaires, favorisant ainsi la formation de nouvelles feuilles. Selon **Ferrández-Gómez et al. (2023)**, la plante *Posidonia oceanica* présente une forte concentration en macro- et micronutriments, ainsi qu'en métabolites secondaires à activité bioactive, ce qui pourrait expliquer son effet biostimulant sur la croissance des plantes.

L'effet plus marqué obtenu avec la concentration de 25 % indique qu'une augmentation de la dose de l'extrait a renforcé son activité biostimulante dans les conditions de cette étude. Cette amélioration pourrait résulter d'un apport plus important en molécules bioactives, permettant une meilleure activité photosynthétique, une absorption plus efficace des éléments nutritifs et une stimulation accrue de la croissance végétative. Toutefois, il convient de souligner que l'effet des extraits de *posidonia oceanica* dépend de plusieurs facteurs, notamment, la nature de l'extrait, la concentration appliquée et les conditions expérimentales.

Nombre de feuilles et longueur des tiges de la courgette

L'effet positif observé sur le nombre de feuilles et la croissance de la tige des plantes de courgette peut être attribué à la richesse biochimique de *Posidonia oceanica* en composés bioactifs. Selon l'étude de **Bruno et al. (2023)**, *Posidonia oceanica* possède une teneur importante en composés bioactifs.

Par ailleurs, l'augmentation du nombre de feuilles et de la longueur de la tige chez les plantes traitées pourrait être liée à une stimulation de la division cellulaire et du métabolisme végétal, conduisant à une meilleure croissance de la partie aérienne. Les résultats obtenus confirment ainsi l'intérêt potentiel des biostimulants marins dans l'amélioration de la croissance des cultures maraîchères.

Les résultats obtenus montrent également que la concentration de 25 % a donné les valeurs les plus élevées durant toute la période expérimentale. Toutefois, la différence entre les concentrations de 12,5 % et 25 % reste relativement faible à la fin de l'expérimentation pour la longueur de la tige, ce qui pourrait indiquer qu'au moment de la fructification, l'effet du biostimulant tend à s'orienter vers la formation et le développement des fruits plutôt que vers l'allongement de la tige.

Rendement de la courgette

L'amélioration du rendement observée chez la courgette met en évidence l'effet bénéfique de l'extrait aqueux de *Posidonia oceanica* sur la croissance et la production de cette

Discussion

culture. Ces résultats suggèrent que les composés bioactifs présents dans cet extrait stimulent le développement des plantes et contribuent à l'augmentation de leur productivité. Par conséquent, *Posidonia oceanica* pourrait être valorisée comme un biostimulant naturel.

Conclusion

Conclusion

L'extrait aqueux des résidus foliaires de *Posidonia oceanica* s'est révélé efficace pour améliorer la germination des graines de tomate ainsi que la croissance végétative de cette culture. Il a également montré un effet positif sur la croissance et le rendement de la courgette.

Les résultats obtenus indiquent que la concentration de 25 % a été la plus performante parmi les traitements étudiés. Cette concentration a permis d'obtenir les meilleurs paramètres de germination, de croissance et de rendement des cultures testées. De plus, aucun effet toxique n'a été observé sur les plantes ni sur la germination des graines, ce qui confirme la bonne tolérance des cultures à cette concentration.

Ainsi, le biostimulant à base de *Posidonia oceanica* pourrait constituer une ressource prometteuse pour le développement d'une agriculture plus durable. Son utilisation contribuerait également à la valorisation et à la gestion durable des importantes quantités de débris de *Posidonia oceanica* accumulés sur les plages méditerranéennes, en transformant ce résidu naturel en une ressource utile pour la production agricole.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Amirante, P. (2019). *Macchine ed impianti per la coltivazione della lattuga*. Università degli Studi di Bari Aldo Moro.
2. Bamouh, A. (1999). *Bulletin réalisé à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II*, 32p
3. Barea, J. M., Escudero, J. L., & Azcón-Aguilar, C. (1980). Effects of introduced and indigenous VA mycorrhizal fungi on nodulation, growth and nutrition of *Medicago sativa* in phosphate-fixing soils as affected by P fertilizers. *Plant and Soil*, 54, 283–296.
4. Basile, B., Rouphael, Y., Colla, G., Soppelsa, S., & Andreotti, C. (2020). Appraisal of emerging crop management opportunities in fruit trees, grapevines and berry crops facilitated by the application of biostimulants. *Scientia Horticulturae*, 267, 109330. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109330>
5. Bruno, A., Velders, A. H., Biasone, A., Li Vigni, M., Mondelli, D., & Miano, T. (2023). Chemical composition, biomolecular analysis, and nuclear magnetic resonance spectroscopic fingerprinting of *Posidonia oceanica* and *Ascophyllum nodosum* extracts. *Metabolites*, 13(2), 170. <https://doi.org/10.3390/metabo13020170>
6. Beck, M. W., Heck, K. L., Able, K. W., Childers, D. L., Eggleston, D. B., Gillanders, B. M., Halpern, B., Hays, C. G., Hoshino, K., Minello, T. J., Orth, R. J., Sheridan, P. F., Weinstein, M. P. (2001). The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *BioScience*, 51(8), 633–641.
7. Bell, J. D., & Harmelin-Vivien, M. L. (1983). Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. I. Community structure. *Téthys*, 10(4), 337–347.
8. Ben Alaya, H. (1972). Répartition et conditions d'installation de *Posidonia oceanica* Delile et *Cymodocea nodosa* Ascherson dans le golfe de Tunis. *Bulletin de la Station Océanographique de Salammbo*, 2(3), 331–416.
9. Bennasseur, A. (2015). *Référentiel pour la conduite technique de la courgette (Cucurbita pepo L.)* (pp. 50–57).
10. Benton, J. J. (2007). *Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse, and Home Garden*. CRC Press.
11. Bisognin, D. A. (2002). Origin and evolution of cultivated cucurbits. *Ciência Rural*, 32, 715–723.
12. Blanc, J. J. (1985). Ruptures d'équilibre au littoral de Provence occidentale : l'action des tempêtes et des aménagements littoraux sur les équilibres sédimentaires et l'herbier à *Posidonia oceanica*. *Téthys*, 11, 350–359.

13. Blancard, D., Laterrot, H., Marchoux, G., & Candresse, T. (2009). *Les maladies de la tomate : Identifier, connaître, maîtriser*. Éditions Quae.
14. Boudouresque, C. F. (1996). *Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée* (2e éd.). GIS Posidonie.
15. Boudouresque, C. F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., & Tunesi, L. (2006). *Préservation et conservation des herbiers à Posidonia oceanica*. RAMOGE.
16. Boudouresque, C. F., & Meinesz, A. (1982). Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cahiers du Parc National de Port-Cros*, 4, 1–79.
17. Bouchon-Navaro, Y., Bouchon, C., & Louis, M. (2004). L'ichtyofaune des herbiers de phanérogames marines des Antilles françaises : Intérêt de leur protection. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, 59, 253–272.
18. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
19. Camacho, F. F., Díaz, Y., & Fernández, R. E. J. (2004). Efectos sobre la entomofauna de las modificaciones espectrales de plásticos y mallas en invernaderos mediterráneos. In *III Congreso Internacional de Horticultura Mediterránea* (pp. 139–165).
20. Chaux, C. L., & Foury, C. L. (1994). *Productions légumières et maraîchères* (Tome III : Légumineuses potagères, légumes-fruits). Tec & Doc Lavoisier.
21. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260.
22. Daby, D. (2003). Effects of seagrass bed removal for tourism purposes in a Mauritian bay. *Environmental Pollution*, 125(3), 313–324.
23. Decker, D. S. (1988). Origin(s), evolution, and systematics of *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae). *Economic Botany*, 42, 4–15.
24. Desfontaines, L., Rotin, P., & Ozier-Lafontaine, H. (2018). Les biostimulants : Qu'en savons-nous ? Quelles alternatives pour l'agriculture guyanaise ? *Innovations Agronomiques*, 64, 31–46. <https://doi.org/10.15454/1.5408011381089646E12>
25. Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1987). *Réponse de rendement à l'eau*. FAO.

26. Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350–356.
27. Duarte, C. M. (1991). Seagrass depth limits. *Aquatic Botany*, 40, 363–377.
28. Duarte, C. M. (2002). The future of seagrass meadows. *Environmental Conservation*, 29(2), 192–206.
29. Duarte, C. M., Marbà, N., & Santos, R. (2004). What may cause loss of seagrasses? In J. Borum, C. M. Duarte, D. Krause-Jensen, & T. M. Greve (Eds.), *European seagrasses: An introduction to monitoring and management* (pp. 24–32).
30. Eliard, J. L. (1987). *Les engrais verts*. Éditions France Agricole.
31. Erftemeijer, P. L. A., & Middelburg, J. J. (1995). Aquatic botany mass balance constraints on nutrient cycling in tropical seagrass beds. *Aquatic Botany*, 50, 21–36.
32. Farid, I. M., Siam, H. S., Abbas, M. H., Mohamed, I., Mahmoud, S. A., Tolba, M., Abbas, H. H., Yang, X., Antoniadis, V., & Rinklebe, J., et al. (2022). Co-composted biochar from rice straw and sugarcane bagasse improves soil properties, carbon balance and zucchini growth in sandy soil. *Chemosphere*, 292.
33. Fardeau, P. J.-C., & Jonis, M. (2004). *Phytostimulants et éliciteurs pour végétaux*.
34. Fatima, M. (2020). *Étude de l'effet de deux doses d'engrais de démarrage (STARTSOL) et d'un fertilisant (CLINOFINE) sur la germination des graines et le développement des plantules en pépinière de tomate hybride F1 (Solanum lycopersicum)* (Mémoire de master). Université Abdelhamid Ben Badis, Mostaganem, Algérie.
35. Ferrandez-Gómez, B., Jordá, J. D., Cerdán, M., & Sánchez, A. (2023). Valorization of *Posidonia oceanica* biomass: Role on germination of cucumber and tomato seeds. *Waste Management*, 171, 634–641. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.10.010>
36. Feller, C., Institut für Gartenbau, & Zierpflanzenbau. (1995). *Stades phénologiques des mono- et dicotylédones cultivées (BBCH)*.
37. Francoeur, P., Ganteaume, A., & Poulain, M. (1999). Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 9, 391–400.
38. Frankignoulle, M., Bouqueneau, J. M., Ernst, E., Biondo, R., Rigo, M., & Bay, D. (1984). Contribution de l'activité de l'herbier de posidonies au métabolisme global de la baie de Calvi. In C. F. Boudouresque, A. Jeudy de Grissac, & J. Olivier (Eds.), *International Workshop on Posidonia oceanica Beds* (pp. 277–282).

39. Franzoni, G., Cocetta, G., Prinsi, B., Ferrante, A., & Espen, L. (2022). Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae*, 8(3), 189. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>
40. Gallais, A., & Bannerot, H. (1992). *Amélioration des espèces végétales cultivées : Objectifs et critères de sélection*. INRA Éditions.
41. Gaussen, H., Leroy, J.-F., & Ozenda, P. (1982). *Précis de botanique. Tome II : Végétaux supérieurs* (2e éd.). Masson.
42. Gayraud, M., & Delval, P. (2017). Utiliser des stimulateurs de défenses des plantes. *EcophytoPIC*. <https://ecophytopic.fr>
43. Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M. N., van Tuinen, D., Redecker, D., & Wipf, D. (2010). Agroecology: The key role of arbuscular mycorrhiza in ecosystem services. *Mycorrhiza*, 20, 519–530.
44. Giraud, G. (1977). Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Botanica Marina*, 20, 487–491.
45. Godlewska, K., Pacyga, P., Michalak, I., Biesiada, A., Szumny, A., Pachura, N., & Piszcz, U. (2021). Systematic investigation of the effects of seven plant extracts on the physiological parameters, yield and nutritional quality of radish. *Frontiers in Plant Science*, 12, 651152. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.651152>
46. Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 130, pp. 141–174). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>
47. Hemminga, M. A., & Duarte, C. M. (2000). *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press.
48. Henriët, D. (2018). *Courges, melons, concombres, etc. Les cucurbitacées et comment les cultiver*. Ulmer.
49. Hernández-Escañó, M., Borja, R., García-Gómez, J. C., & Raposo, F. (2026). *Posidonia oceanica* ashore waste biomass: State-of-the-art and valorisation perspectives within the circular economy framework. *Clean Technologies*, 8(2), 56. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol8020056>
50. Idrenmouche, S. (2011). *Biologie et écologie de la mineuse de la tomate Tuta absoluta (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) dans la région de Boumerdès* (Mémoire de magistère). École Nationale Supérieure Agronomique, Alger.

51. Ingleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.
52. Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles (ITCMI). (2021). *Rapport technique sur les superficies et la production de la tomate – Campagne 2019–2020*. ITCMI.
53. Jacob, B. J. (1978). *Les cultures maraîchères spécialisées : Les solanacées*. Institut National Agronomique.
54. Jang, S. J., & Kuk, Y. I. (2019). Growth promotion effects of plant extracts on various leafy vegetable crops. *Horticultural Science and Technology*, 37, 322–336. <https://doi.org/10.7235/hort.20190033>
55. Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K., & Barea, J. M. (2003). The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils*, 37, 1–16.
56. Jeffrey, C., Bates, D. M., & Robinson, R. W. (1990). *Biology and Utilization of the Cucurbitaceae* (pp. 449–463).
57. Jensen, H. F., Holmer, M., & Dahllöf, I. (2004). Effects of tributyltin (TBT) on the seagrass *Ruppia maritima*. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 564–573.
58. Journal Officiel de l'Union Européenne. (2019). *Règlement (UE) 2019/1009 du Parlement européen et du Conseil du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE*.
59. Kelly, J. R., Levine, S. N., Buttel, L. A., Carr, K. A., Rudnick, D. T., & Morton, R. D. (1990). The effects of tributyltin within a *Thalassia* seagrass ecosystem. *Estuaries*, 13, 301–310.
60. Kopp, D., Bouchon-Navaro, Y., Louis, M., & Bouchon, C. (2007). Diel differences in the seagrass fish assemblages of a Caribbean island in relation to adjacent habitat types. *Aquatic Botany*, 87, 31–37.
61. Koul, O., & Walia, S. (2009). Comparing impacts of plant extracts and pure allelochemicals and implications for pest control. *CAB Reviews*, 4, 1–30.
62. Kumar, A., Bhumbhar, M. R., & Dandge, P. B. (2017). Production of organic liquid biofertilizer from fish waste and study of its plant growth promoting effect. *International Journal of Innovative Research in Science*, 93(1).
63. Kuo, J., & den Hartog, C. (2001). Seagrass taxonomy and identification key. In F. T. Short & R. G. Coles (Eds.), *Global Seagrass Research Methods* (pp. 31–58). Elsevier.

64. Langenhoven, P. (2019). *Growing a Bountiful Zucchini Crop*.
65. Laumonnier, R. (1979). *Culture légumière et maraîchère* (Tome 3). Baillière.
66. Lavigne-Delville, P. (1996). *Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel : Diagnostic et conseil aux paysans*. GRET/CTA.
67. Les, D. H., Cleland, M. A., & Waycott, M. A. (1997). Phylogenetic studies in Alismatidae II. Evolution of marine angiosperms (seagrasses) and hydrophily. *Systematic Botany*, 22, 443–463.
68. Liopa-Tsakalidi, A., Savvas, D., & Beligiannis, G. N. (2010). Modelling the Richards function by evolutionary algorithms: Effect of nutrient solution electrical conductivity on zucchini growth in hydroponic culture. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18(10), 1266–1273.
69. Liu, J., Wang, B., Li, Y., Huang, L., Zhang, Q., Zhu, H., & Wen, Q. (2020). RNA sequencing analysis of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) transcriptomes in response to low temperature and low light intensity. *Scientia Horticulturae*, 265.
70. Lola-Luz, T., Hennequart, F., & Gaffney, M. (2014). Effect on yield, total phenolic, total flavonoid and total isothiocyanate content of two broccoli cultivars following the application of a commercial brown seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*). *Agricultural and Food Science*, 23(1), 28–37. <https://doi.org/10.23986/afsci.8832>
71. López, J. (2017). Cultivos hortícolas al aire libre. In *Publicaciones Cajamar* (pp. 595–623).
72. Macinnis-Ng, C. M. O., & Ralph, P. J. (2003). In situ impact of petrochemicals on the photosynthesis of the seagrass *Zostera capricorni*. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1395–1407.
73. Macinnis-Ng, C. M. O., & Ralph, P. J. (2004a). Variations in sensitivity to copper and zinc among three isolated populations of the seagrass *Zostera capricorni*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 302, 63–83.
74. Macinnis-Ng, C. M. O., & Ralph, P. J. (2004b). In situ impact of multiple pulses of metal and herbicide on the seagrass *Zostera capricorni*. *Aquatic Toxicology*, 67, 227–237.
75. MADRP. (2021). *Statistiques agricoles nationales : Production de la tomate maraîchère*. Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural.
76. Martínez-Valdivieso, D., Gómez, P., Font, R., & Río-Celestino, M. D. (2015). Mineral composition and potential nutritional contribution of 34 genotypes from different summer squash morphotypes. *European Food Research and Technology*, 240(1), 71–81.

77. Marzelle, L., Scipione, M. B., & Buia, M. C. (1989). Spatio-temporal distribution of algal and animal communities in a *Posidonia oceanica* meadow. *Marine Ecology*, 10, 107–129.
78. McGlathery, K., Sundbäck, K., & Anderson, I. (2007). Eutrophication in shallow coastal bays and lagoons: The role of plants in the coastal filter. *Marine Ecology Progress Series*, 348, 1–18.
79. Meinesz, A., Astier, J. M., & Lefevre, J. R. (1981). Impact de l'aménagement du domaine maritime sur l'étage infralittoral du Var, France. *Annales de l'Institut Océanographique*, 57, 65–77.
80. Meinesz, A., Molenaar, H., Bellone, E., & Loques, F. (1992). Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. I. Effects of rhizome length and transplantation season in orthotropic shoots. *Marine Ecology*, 13(2), 163–174.
81. Miao, X., Lv, P., Wang, L., Zhou, Y., Wang, E., Zhan, Y., He, G., Liang, Z., Zhang, J., Chen, C., & Li, Q. (2025). Effects of different plant-derived fermentation products as soil amendments on microbial community structure and mitigation of soil degradation caused by replanting. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 12, 30. <https://doi.org/10.1186/s40538-025-00748-4>
82. Miller, E. C., Giovannucci, E., Lazarus, S., Sesso, H. D., Rimm, E. B., & Willett, W. C. (2002). Tomato products, lycopene, and prostate cancer risk. *Journal of the National Cancer Institute*, 94(5), 391–398.
83. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. (2021). *Statistiques agricoles nationales : Production de la tomate maraîchère*. Alger, Algérie.
84. Mohammed, B., Ehsan, R., & Amin, A. (2011). Climatic suitability of growing summer squash (*Cucurbita pepo* L.) as a medicinal plant in Iran. *Science and Biology*, 3(2), 39–46.
85. Monnet, Y. (2000). Incidence des maladies des cucurbitacées en France (melon, concombre, courgette, cornichon). *Bulletin Technique*, 30, 205–208.
86. Musset, D., & Grange, S. (2000). *Espèces de courges : Cultures et usages des cucurbitacées*. Alpes de Lumière.
87. Miao, X., Lv, P., Wang, L., Zhou, Y., Wang, E., Zhan, Y., He, G., Liang, Z., Zhang, J., Chen, C., & Li, Q. (2025). Effects of different plant-derived fermentation products as soil amendments on microbial community structure and mitigation of soil degradation caused by replanting. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 12, 30.

88. Naika, S., de Jeude, J. L. V., de Goffau, M., Hilmi, M., & van Dam, B. (2005). *Cultivation of tomato: Production, processing and marketing*. Agromisa Foundation & CTA.
89. Nerson, H., Paris, H. S., & Paris, E. (2000). Fruit shape, size and seed yield in *Cucurbita pepo*. *Agricultural Research Organization*, 510, 20–692.
90. Nicola, S., Tibaldi, G., & Fontana, E. (2009). Tomato production systems and their application to the tropics. *Acta Horticulturae*, 821, 27–34.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.821.1>
91. Parađiković, N., Vinković, T., Vrček, I. V., Žuntar, I., Bojić, M., & Medić-Šarić, M. (2019). Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: An example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4431>
92. Paris, H. S. (2001). History of the cultivar-groups of *Cucurbita pepo*. *Horticultural Reviews*, 25, 71–170.
93. Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Clabaut, P., & Pergent, G. (1998). Mapping of *Posidonia oceanica* using aerial photographs and side-scan sonar: Application to the island of Corsica (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47, 359–367.
94. Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., & Pergent, G. (1999). Environmental impact identification along the Corsican coast (Mediterranean Sea) using image processing. *Aquatic Botany*, 65, 311–320.
95. Péron, J. (2006). *La production légumière* (2e éd.). Lavoisier.
96. Petiot, E. (2008). *Les soins naturels aux arbres*. Éditions de Terran.
97. Petrozza, A., Santaniello, A., Summerer, S., Di Tommaso, G., Di Tommaso, D., Paparelli, E., Piaggese, A., Perata, P., & Cellini, F. (2014). Physiological responses to Megafol® treatments in tomato plants under drought stress: A phenomic and molecular approach. *Scientia Horticulturae*, 174, 185–192.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.05.023>
98. Pôle Sud Ahmed, S. (2010). *The integrated pest management in the Near East: Étude de base sur la tomate en Algérie*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
99. Polese, J. M. (2007). *La culture de tomate*. SNP Lee Fung.
100. Pousset, J. (2011). *Engrais verts et fertilité des sols : Principes agronomiques et pratiques agricoles* (3e éd.). France Agricole.

101. PNUE. (2001). *Projet de lignes directrices pour les études d'impact sur les herbiers marins*. Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
102. Prades, J. B., Prades, N., & Renaud, V. (2002). *Les courges : 160 variétés, 40 recettes pour les cuisiner*. Rustica.
103. Prange, J. A., & Dennison, W. C. (2000). Physiological responses of five seagrass species to trace metals. *Marine Pollution Bulletin*, 41, 327–336.
104. Rady, M. M., Desoky, E.-S. M., Elrys, A. S., & Boghdady, M. S. (2019). Can licorice root extract be used as an effective natural biostimulant for salt-stressed common bean plants? *South African Journal of Botany*, 121, 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.019>
105. Ralph, P. J. (2000). Herbicide toxicity of *Halophila ovalis* assessed by chlorophyll fluorescence. *Aquatic Botany*, 66, 141–152.
106. Reche, J. (1997). *Cultivo de calabacín en invernadero*. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería.
107. Robitaille, R. (2003). *Le point sur la fertilisation en production biologique de la tomate de serre*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
108. Romero, J., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Matéo, M. A., & Regnier, C. (1992). The detritic compartment in a *Posidonia oceanica* meadow: Litter features, decomposition rates and mineral stocks. *Marine Ecology*, 13, 69–83.
109. Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, Article 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
110. Ruiz, A. (2012). *Estudio preliminar para el desarrollo de una colección de mutantes en calabacín (Cucurbita pepo)* (Mémoire d'ingénieur). Universidad de Almería.
111. Ruiz, J. M., & Romero, J. (2003). Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1523–1533.
112. Sainju, U. M., & Dris, R. (2006). Nutritional and health benefits of tomatoes. In R. Dris (Ed.), *Crops: Quality, Growth and Biotechnology* (pp. 1205–1217). WFL Publisher.
113. Santos, F., Melkani, S., Oliveira-Paiva, C., Bini, D., Pavuluri, K., Gatiboni, L., Mahmud, A., Torres, M., McLamore, E., & Bhadha, J. H. (2024). Biofertilizer use in the United States: Definition, regulation, and prospects. *Environmental Sciences and Pollution Research*, 108(1), 511. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13347-4>
114. Sanz, M. (1995). Fitorreguladores para el calabacín. *Hortofruticultura*, 33, 46–48.

115. Seebold, K. W., Timothy, C., Terry, J., John, S., Ricardo, B., & Cheryl, A. (2015). *Guía de monitoreo de MIP para plagas comunes de los cultivos cucurbitáceos en Kentucky*. Universidad de Kentucky.
116. Serpantié, G., & Ouattara, B. (2001). Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest. In C. Floret & R. Pontanier (Eds.), *La jachère en Afrique tropicale : Rôles, aménagements, alternatives* (pp. 21–83). IRD.
117. Short, F. T., & Wyllie-Echeverria, S. (1996). Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental Conservation*, 23, 17–27.
118. Singh, B. K., & Singh, S. (2018). Preparation and evaluation of biofertilizer from fish processing waste. *Biotechnology Research*, 4(1), 1–10.
119. Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.
120. Snoussi, S. A. (2010). *Integrated pest management in the Near East: Étude de base sur la tomate en Algérie*. FAO.
121. Terrados, J., Agawin, N. S. R., Duarte, C. M., Fortes, M. D., Kamp-Nielsen, L., & Borum, J. (1999). Nutrient limitation of the tropical seagrass *Enhalus acoroides* in the Philippines. *Aquatic Botany*, 65, 123–139.
122. Terrados, J., & Borum, J. (2004). Why are seagrasses important? Goods and services provided by seagrass meadows. In J. Borum et al. (Eds.), *European Seagrasses: An Introduction to Monitoring and Management* (pp. 8–10).
123. Van der Vossen, H. A. M., Nono-Womdim, R., & Messiaen, C. M. (2004). *Lycopersicon esculentum* Mill. In G. J. H. Grubben & O. A. Denton (Eds.), *Plant Resources of Tropical Africa 2: Vegetables*. PROTA Foundation.
124. Van Vuuren, D. P., Bouwman, A. F., & Beusen, A. H. W. (2010). Phosphorus demand for the 1970–2100 period: A scenario analysis of resource depletion. *Global Environmental Change*, 20, 428–439.
125. Vallerie, M. (1968). *Fertilité et fertilisation des sols tropicaux*. ORSTOM.
126. Vigot-Lagandre, B. (2010). *Fruits et légumes par jour*. Éditions Le Sureau.
127. Vitiello, A., Scarano, D., D'Agostino, N., Digilio, M. C., Pennacchio, F., Corrado, G., & Rao, R. (2015). Unraveling zucchini transcriptome response to aphids. Communication présentée au BBCC 2015, Avellino, Italie.
128. Walker, D. I., Lukatelich, R. J., Bastyan, G., & McComb, A. J. (1989). Effect of boat moorings on seagrass beds near Perth, Western Australia. *Aquatic Botany*, 36, 69–77.

129. Woisky, R. G., & Salatino, A. (1998). Analysis of propolis: Some parameters and procedures for chemical quality control. *Journal of Apicultural Research*, 37(2), 99–105. <https://doi.org/10.1080/00218839.1998.11100961>
130. Yoambale Nkoloma, N., Samba Lokombe, C., Lokango Okintambolo, O., Tshetu Lokangu, L., & Katende Kanyinda, P. (2024). Effets du bio-fertilisant liquide « Rapid Gro » et du fertilisant chimique NPK 12-24-12 sur la production du piment (*Capsicum annum*) en conditions de Kinshasa/Mont-Amba. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 72(1), 32–39.

Annexe

Tableaux des données des traitements

Taux germination des grains de tomate en %

Jours	T0	T1	T2	Effet Extrait	Effet temps	Interaction facteur
0	0	0	0	***	***	***
24	0	0	0	***	***	***
48	0	0	0	***	***	***
72	60	40	20	***	***	***
96	90	70	80	***	***	***
120	90	90	80	***	***	***
144	90	100	100	***	***	***

Tableau des moyennes du nombre des feuilles de tomate

Jours	T0	T1	T2	Effet Extrait	Effet Jours	Interaction facteur
7	2	2	2	***	***	***
14	2,33	2,33	2,66	***	***	***
21	4,66	4,66	5,33	***	***	***
28	7,33	7,66	8,33	***	***	***
35	10,33	11	11,66	***	***	***

Tableau des moyennes de la longueur des tiges de tomate

Jours	T0	T1	T2	Effet Extrait	Effet Jours	Interaction facteur
7	3,83	4,5	4,56	***	***	***
14	4,23	5,3	5,53	***	***	***
21	5	6,33	6,43	***	***	***
28	6,9	7,43	7,79	***	***	***
35	8,16	8,9	9,36	***	***	***

Tableau des moyennes du nombre de feuilles de courgette

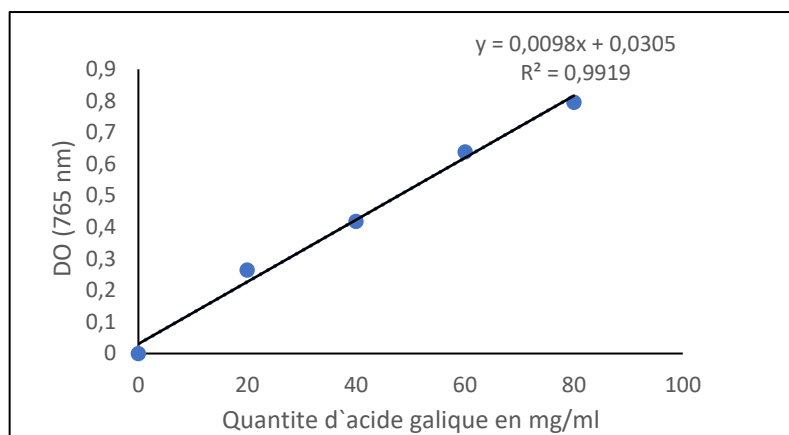
Jours	T0	T1	T2	Effet Extrait	Effet temps	Interaction facteur
7	3	2,81	2,91	***	***	**
14	4,83	5,18	5,16	***	***	**
21	6	6,9	7	***	***	**
28	8,58	9,63	9,83	***	***	**
35	11,33	12	12,66	***	***	**
48	17,08	17,36	18,58	***	***	**

Tableau des moyennes de la longueur des tiges de courgette

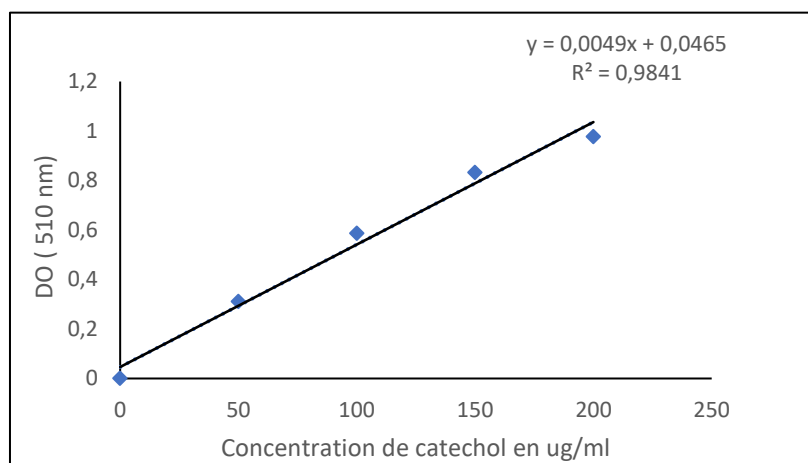
Jours	T0	T1	T2	Effet Extrait	Effet temps	Interaction facteur
7	5,66	7	7,5	***	***	sn
14	7,75	9	10,45	***	***	sn
21	9,87	11,41	11,85	***	***	sn
28	11,83	13,29	14,3	***	***	sn
35	14,66	16,58	17,4	***	***	sn
48	19,83	23,54	23,91	***	***	sn

Tableau du rendement de la courgette en g

Date	T0	T1	T2
19/05/2026	951	1085	1260
23/05/2026	2539	3667	4236
01/06/2026	4500	6100	7275
Poids total	7990	10852	12771



Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux.



Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes.