

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université SAAD DAHLEB-Blida 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biotechnologie et Agro-écologie



## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière : Sciences Agronomique

Spécialité : Phytopharmacie et protection des végétaux

Présenté par

M<sup>elle</sup> AMROUCHE Tamara Fatma

M<sup>me</sup> HOCEINE Amira

## THÈME

**Evaluation des Mécanismes de Nutrition du Clémentinier  
sous l'effet des Biostimulants**

Soutenu publiquement le 30/09/2023, devant le jury composé de :

M <sup>me</sup> R. KHEDDAR	MCB /USDB1	Présidente
M <sup>me</sup> R. AYADI	MCA/USDB1	Examinatrice
M <sup>me</sup> W. CHAICHI	MCA/USDB1	Promotrice
M <sup>me</sup> L. SEKIOU	Doctorante/USDB1	Co-Promotrice

Promotion 2022/2023

**“La terre est notre mère nourricière, elle est notre vie.  
Nous devons la respecter, la protéger et la cultiver avec  
soin pour les générations futures”**

**Pierre Rabhi**

## *REMERCIEMENTS*

*« Nous remercions Allah qui nous a ouvert le chemin vers la réussite »  
En guise de reconnaissance, nous tenons à témoigner nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre stage de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.*

*Nous tenons avant tout à exprimer notre reconnaissance à **Madame W. CHAICHI** pour avoir accepté de nous encadrer dans cette étude. Nous la remercions pour son implication, son soutien et ses encouragements tout au long de ce travail.*

*Nos sincères gratitudees à **L. SEKIOU** pour la qualité de son enseignement, ses conseils et son intérêt incontestable qu'elle porte à tous les étudiants.*

*Nous tenons à remercier les nobles membres du jury **Mme R. KHEDDAR** et **Mme R. AYADI** pour leur présence, leur lecture attentive de notre mémoire et leurs remarques constructives. Votre expertise a été précieuse pour la réussite de ce travail.*

*Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel du département Phytopharmacie et protection des végétaux pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont portés à nos travaux.*

*Enfin, nous remercions tout le corps professoral de L'USDB1 (2018-2023), pour le travail énorme qu'il effectue pour nous garantir les conditions les plus favorables pour le bon déroulement de nos études, et ce travail est le fruit de cette réussite.*

*Thamara et Amira*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail*

*À ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour  
a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*

*Particulièrement :*

*À celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs, à la source  
d'amour, MA MÈRE.*

*Et MON CHER PÈRE*

*À mon cher frère AHMED et mes chères sœurs ACHOUAK,  
NESSRINE*

*Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé au travail sur ce  
projet en particulière MA TANTE FATHIE.*

*À ma chère AMIRA et adorable binôme*

*À tous mes amis*

*À vous cher lecteur*

*Thamara AMROUCHE*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail  
À mes CHÈRES PARENTS qui m'ont soutenu et encouragé  
durant ces années d'études.  
À mes jolies sœurs KHEIRA, CHAHINEZ  
À mes frères ABDOU et HAMID.  
À MON MARI, pour son encouragement.  
À ma Belle-Famille  
À mes chères amies THAMARA, AMEL, SOUAAD, IKRAM  
et à tous mes amis qui m'ont toujours encouragé  
Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé au travail sur ce  
projet.*

*Amira HOCEINE*

## Résumé

### Evaluation des Mécanismes de Nutrition du Clémentinier sous l'effet des Biostimulants.

La tendance vers l'utilisation de biostimulants ne cesse d'augmenter, en raison de leurs résultats impressionnants, notamment ceux des biostimulants à base des extraits d'algues brunes et vertes, qui ont des effets positifs sur la croissance et la santé générale des plantes.

Les algues brunes et vertes sont riches en nutriments, en composés organiques et en substances biochimiques actives, qui peuvent avoir un impact bénéfique sur les plantes.

Le clémentinier est un fruitier subtropical qui est cultivé dans de nombreuses régions du monde, y compris en Algérie. Il est sensible à divers stress environnementaux, tels que la sécheresse et le froid, ce qui peut entraîner une diminution de la production et de la qualité des fruits.

L'étude a été menée sur un verger de clémentinier variété BRUNO. Ce verger est situé à Hawch Bousmara à environ 5 km de la ville de Mouzaïa. Cette parcelle, plantée en 2015 avec une densité de 5 hectares et équipée d'un système d'irrigation goutte à goutte (micro inspiration) a été traitée avec des biostimulants à base d'extraits d'algue brune et d'algue verte. Un traitement conventionnel a aussi été réalisé à titre de comparaison, afin de tester différents paramètres de croissance.

Les résultats de l'étude montrent que les biostimulants à base d'algues brunes et vertes ont des effets bénéfiques sur la croissance et la production de clémentinier. L'extrait d'algues brunes a notamment démontré sa capacité à protéger les clémentiniers contre les stress environnementaux et à augmenter le nombre des feuilles, la production de fruits et la floraison. Ces résultats suggèrent que les biostimulants à base d'algues brunes et vertes pourraient être utilisés pour améliorer la productivité et la qualité des clémentiniers.

**Mots clés :** Biostimulant ; Algue brune ; Algue verte ; traitement chimique conventionnel.

## **Abstract**

### **Evaluation of Clementine Tree Nutrition Mechanisms under the Effect of Biostimulants.**

The trend towards the use of biostimulants is growing, due to their impressive results, including those of biostimulants extracted from brown and green algae, which have positive effects on plant growth and overall health. Brown and green algae are rich in nutrients, organic compounds, and active biochemical substances that can have a beneficial impact on plants.

The clementine is a subtropical fruit that is grown in many parts of the world, including Algeria. It is sensitive to various environmental stresses, such as drought and cold, which can lead to a decrease in fruit production and quality. The study was conducted on a clementine orchard of the BRUNO variety. This orchard is located in Hawch Bousmara, about 5 km from the city of Mouzaïa. This piece, planted in 2015 with a density of 5 hectares and equipped with a drip irrigation system, was treated with biostimulants based on brown and green algae extracts. A conventional treatment was also carried out for comparison, in order to test different growth parameters.

The results of the study show that biostimulants based on brown and green algae have beneficial effects on the growth and production of clementines. The brown algae extract has demonstrated its ability to protect clementines against environmental stresses and increase the number of leaves, fruit production, and flowering. These results suggest that biostimulants based on brown and green algae could be used to improve clementine productivity and quality.

**Keywords:** Biostimulant; Brown algae; Green algae; Conventional chemical treatment.

## ملخص

### تقييم آليات تغذية الكليمنتين تحت تأثير المنشطات الحيوية.

الاتجاه نحو استخدام منشطات النمو لا يتوقف عن الزيادة، نظرًا للنتائج المثيرة التي يحققونها، بما في ذلك منشطات النمو المستخلصة من الطحالب البنية والخضراء، والتي لها تأثيرات إيجابية على نمو وصحة النباتات.

الطحالب البنية والخضراء غنية بالعناصر الغذائية والمركبات العضوية والمواد الكيميائية النشطة، التي يمكن أن يكون لها تأثيرات إيجابية على النباتات. الكليمنتين عبارة عن نبات ينمو في مناطق شبه استوائية ويزرع في العديد من المناطق في العالم، بما في ذلك الجزائر. يكون حساسًا لمجموعة متنوعة من الضغوط البيئية، مثل الجفاف والبرد، مما يمكن أن يؤدي إلى تقلص في الإنتاج وجودة الثمار.

تم إجراء الدراسة في حقل لزراعة الكليمنتين من الفصيلة برونو. يقع هذا الحقل في هوش بوسمارا على بعد حوالي 5 كيلومترات من مدينة موزاية. تمت زراعة هذه المزرعة في عام 2015 بكثافة 5 هكتارات وتم تزويدها بنظام الري بالتنقيط وتعرضت للعلاج بمنشطات النمو المستخلصة من طحالب بنية وطحالب خضراء. تم أيضًا إجراء علاج تقليدي لغرض المقارنة من أجل اختبار مختلف مؤشرات النمو.

تظهر نتائج الدراسة أن منشطات النمو المستخلصة من الطحالب البنية والخضراء لها تأثيرات إيجابية على نمو وإنتاج الكليمنتين. على وجه الخصوص، أظهرت مستخلصات الطحالب البنية قدرتها على حماية الكليمنتين من الضغوط البيئية وزيادة عدد الأوراق وإنتاج الثمار والازهار. تشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام منشطات النمو المستخلصة من الطحالب البنية والخضراء لتحسين إنتاجية وجودة الكليمنتين..

**الكلمات المفتاحية:** منشط حيوي؛ الطحالب البنية؛ الطحالب خضراء؛ المعالجة الكيميائية التقليدية.



## TABLEAU DE MATIER

---

<b>TABLEAU DE MATIER</b>	<b>I</b>
<b>NOMENCLATURE</b>	<b>III</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>IV</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>V</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>

### **CHAPITRE I : Nutrition de la plante.**

I.1. Généralité sur la nutrition des plantes .....	3
I.1.1. Nutrition minérale et azotée des plantes sève brute .....	3
I.1.2. Nutrition azotée .....	7
I.1.3. Nutrition énergétique .....	7
I.1.4. Nutrition carbonée .....	8

### **CHAPITRE II: Clémentinier**

II.1. Généralité sur les agrumes .....	10
II.2. Historique de clémentinier .....	10
II.3. Importance des agrumes.....	11
II.4. Classification et systématique .....	12
II.5. Description et caractéristique générales .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b> 13
II.6. Les maladies .....	13
II.7. Les principaux ravageurs.....	14

### **CHAPITRE III: Biostimulants**

III.1. Définition des biostimulants .....	15
III.2. Classification des biostimulans .....	15
III.3. Les différentes catégories des biostimulants .....	15
III.4. Les effets des biostimulants .....	16
III.5. Les avantages .....	17

### **CHAPITRE IV : Matériels et méthodes**

IV.1. L'objectif .....	18
IV.2. Matériel végétal et conduite de l'essai .....	18
IV.3. Présentation de la région d'étude (Mitidja) .....	18

IV.3.1. Localisation.....	18
IV.3.2.Présentation de la zone d'étude .....	19
IV.3.3.Les caractéristiques climatiques .....	20
IV.4. Les données floristiques .....	22
IV.5. Le plan expérimental .....	22
IV.6. Le suivie de la productivité.....	23
IV.7. Les paramètres étudiés.....	24
1) Mesure de chlorophylle-mètres SPAD .....	25
2) Analyse de chlorophylle.....	25
3) Analyse de proline .....	26
4) Analyse de sucre totaux .....	27
<b>CHAPITRE V: Résultats et discussions</b>	
V.1. Nombre de feuilles .....	29
V.2. Le nombre de bouquet floraux .....	30
V.3. Le nombre des fleurs.....	31
V.4. La longueur de la partie aérienne .....	33
V.5. Le nombre des fruits .....	34
V.6. Mesure du taux de la chlorophylle totale (TCT « unité de SPAD »).....	35
V.7. La teneur en chlorophylle totale.....	37
V.8. La teneur en proline .....	38
V.9. La teneur en sucres totaux .....	39
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	42
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	44

# NOMENCLATURE

<b>ABREVEATIONS</b>	<b>DESCRIPTION</b>
<b>ADN</b>	Acide désoxyribonucléique
<b>ATP</b>	Adénosine triphosphate
<b>ABA</b>	Abcisse Acide
<b>BSP</b>	Bactéries resolubilisatrices de phosphore
<b>CNCC</b>	Compagnie Nationale des Commissaires aux Comptes
<b>C3</b>	Cycle de photosynthèse à trois carbones
<b>C4</b>	Cycle de photosynthèse à quatre carbones
<b>FBA</b>	Fixateur biologique de l'azote
<b>ITAFV</b>	Institut Technique de l'Arbre fruitier et de la Vigne.
<b>MADR</b>	Ministre d'agriculture de développement rurale
<b>MCA</b>	Champignons mycorhizes arbusculaires
<b>PIB</b>	Produit Intérieur Brut

<b>LETTRES</b>	<b>Description</b>
<b>C</b>	Carbone
<b>CA</b>	Calcium
<b>H</b>	Hydrogène
<b>K</b>	Potassium
<b>P</b>	Phosphore
<b>MG</b>	Magnésium
<b>NA</b>	Sodium
<b>N</b>	Azote
<b>O</b>	Oxygène
<b>S</b>	Soufre
<b>PO<sub>4</sub></b>	Acide phosphorique

<b>PRODUITS</b>	<b>Nomenclature</b>
<b>C 3H 6O</b>	Acétone
<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	Acide acétique
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub></b>	Ninhydrine
<b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	Acide ortho phosphorique
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Acide sulfurique
<b>NA<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Sulfate de sodium

## LISTE DE FIGURES

Figure I-1 Représentation d'un mécanisme d'absorption des éléments nutritifs important pour le développement de la plante .....	6
Figure II.1. Les zones de production d'agrumes en Algérie .....	12
Figure IV.1. Photo du verger de clémentinier (variété BRUNO) de Hawch Bousmara.....	18
Figure IV.2. Situation et caractéristiques physiques de la plaine de la Mitidja.....	19
Figure IV.3. Situation géographique de lieu d'étude .....	20 <b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure IV.4. Météo annuelle sur Mouzaïa.....	20
Figure IV.5. Température moyenne maximale et minimale à Mouzaïa.....	21
Figure IV.6. Schéma du dispositif expérimental .....	23
Figure IV.7. Les feuilles dénombre.....	24
Figure IV.8. Les bouquets floraux observés.....	24
Figure IV.9. Utilisation de chlorophylle-mètre SPAD .....	25
Figure IV.10. Les étapes de l'analyse chlorophylle .....	26
Figure IV.11. Les étapes de l'analyse proline .....	27
Figure V.1. Nombre de feuilles de clémentinier en fonction du temps (Jours) pour les différents traitements .....	29
Figure V.2. Nombre de bouquet floraux de clémentinier en fonction du temps (Jours) pour les différents traitements.....	30
Figure V.3. Nombre des fleurs de clémentinier en fonction du temps (Jours) pour les différents traitements. ....	32
Figure V.4. Le nombre de fruits dans les arbres de clémentinier en fonction du temps (jours) sous l'influence des différents traitements. ....	34
Figure V.5. Le taux de la teneur en chlorophylle totale en fonction du temps (jours) des feuilles de clémentiniers sous l'effet des différents traitements .....	36
Figure V.6. L'activité photosynthétique de la chlorophylle totale en fonction de temps (jours) sous l'influence des différents traitements. ....	37
Figure V.7. La teneur en proline des feuilles de clémentiniers en fonction de temps (jours) sous l'influence des différents traitements. ....	38
Figure V.8. La teneur en sucres totaux des feuilles de clémentiniers en fonction de temps (jours) sous l'influence des différents traitements.....	40

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1. Représentation des besoins de macro-éléments des plantes .....	4
Tableau I.2. Représentation des besoins d'Oligo-éléments des plantes.....	5
Tableau II.1.Représentation les meilleurs pays producteurs d'agrumes au mond .....	11
Tableau II.2. Les principales maladies des agrumes .....	13
Tableau II.3. Les principaux ravageurs des agrumes .....	14
Tableau IV.1. Programme des traitements appliqués.....	22
Tableau V.1. Les longueurs des arbres de clémentinier pendent 120 jours .....	33

# **Introduction**

Il est indéniable que l'agrumiculture occupe une place prépondérante dans l'agriculture mondiale (**Takarli et al., 2015**). Cette branche de l'agriculture revêt une grande importance à l'échelle mondiale. Les agrumes ont traversé les époques en conservant leur statut privilégié au sein des sociétés, que ce soit dans le passé ou aujourd'hui, en raison des nombreux bienfaits qu'ils apportent (**Virbel-Alonso, 2011**). Au tournant du troisième millénaire, l'agrumiculture représente non seulement une tradition et une culture profondément enracinées, mais elle revêt également une importance économique de premier plan (**Bounab et Chaabi, 2018**). Les agrumes ont une valeur économique significative, contribuant ainsi de manière substantielle à l'économie mondiale.

Un aspect remarquable de l'agrumiculture est la diversité des variétés d'agrumes disponibles. Cette diversité est en constante expansion grâce à l'apparition régulière de nouveaux hybrides sur le marché (**Virbel-Alonso, 2011**). Cette diversité offre aux agriculteurs et aux consommateurs un éventail de choix en matière de goûts, de textures et de types d'agrumes, ce qui contribue à maintenir l'intérêt et la demande pour ces fruits.

L'une de ces variétés produit des fruits qui nécessitent un cultivât au sien de verger connue sous le nom de Clémentine, botaniquement connu sous le nom de *Citrus reticulata* var. *clementina*, est originaire d'Algérie, et a été découvert au début du 20<sup>ème</sup> siècle. Depuis lors, il s'est répandu dans de nombreuses régions productrices d'agrumes à travers le monde, notamment en Espagne, au Maroc, en Italie, en Californie, et dans d'autres pays au climat méditerranéen propice à sa culture. En effet, la culture de cette arbuste est importante pour l'économie de ces pays (**Trabut, 1926**), c'est pourquoi elle se développe rapidement (**Barbier, 1964**).

La nutrition du clémentinier est essentielle pour sa croissance et sa production. En effet, une nutrition adéquate du clémentinier contribue non seulement à une croissance saine de l'arbre, mais aussi à une production de fruits de haute qualité en termes de taille, de saveur et de résistance aux maladies. Elle est donc essentielle pour maintenir la rentabilité et la durabilité des vergers de clémentiniers.

Toutefois, le déséquilibre climatique, notamment l'augmentation des températures et le manque de précipitations à des conséquences importantes sur agrumiculture, notamment le clémentinier. Divers travaux ont été réalisés pour trouver des solutions durables et

respectueuses de l'environnement. Dans ce contexte, l'utilisation de biostimulants peut jouer un rôle important en améliorant la santé des arbres, en augmentant la production de fruits et en améliorant la qualité des agrumes. Les biostimulants sont des substances naturelles ou chimiques qui sont utilisées en agriculture pour stimuler la croissance, la santé et la productivité des plantes. Ils agissent en améliorant les mécanismes physiologiques des plantes, en renforçant leur capacité à absorber les nutriments du sol, en favorisant la résistance aux stress environnementaux et en augmentant la qualité des cultures. Les biostimulants peuvent être élaborés à partir d'extraits de plantes, d'acides aminés, de microorganismes bénéfiques, d'algues marines et d'autres composants naturels.

Les biostimulants à base d'algues brunes et vertes est une solution prometteuse pour améliorer la nutrition des cultures en favorisant un meilleur équilibre du sol, fournissant des nutriments essentiels et en stimulant la croissance des racines. Des recherches antérieures ont déjà démontré l'efficacité des extraits d'algues à améliorer la nutrition des plantes en fournissant des nutriments essentiels et en stimulant la croissance des racines. En effet, les biostimulants à base algues brunes et vertes sont des produits d'origine naturelle (**Maignan, 2021**), pratique bien connue dans les pays développées car elle compense rapidement et efficacement les carences en nutriment (**Bradea et al., 2015**), elles contiennent des polysaccharides, des acides aminés, des vitamines, des minéraux et des hormones végétales (**Maignan, 2021**).

Dans ce contexte, cette étude vise à évaluer les mécanismes de nutrition du clémentinier sous l'effet de biostimulants naturels. Plus précisément, cette étude se concentre sur l'effet des biostimulants à base d'algue brune et verte sur la nutrition, croissance et le développement du clémentinier. Pour atteindre cet objectif, plusieurs questions guideront notre approche, notamment :

- ✓ La présence de biostimulants à base d'algues brunes et vertes influencera-t-elle les mécanismes de nutrition du Clémentinier ?
- ✓ Quels sont les effets des biostimulants à base d'algues brunes et vertes sur les mécanismes de nutrition du Clémentinier ?
- ✓ Quels sont les mécanismes de nutrition du Clémentinier qui seront affectés par la présence de biostimulants à base d'algues brunes et vertes ?



# **Chapitre I**

## **Nutrition des plantes**

La nutrition des plantes est un ensemble de processus qui permettent aux plantes d'absorber et d'assimiler les nutriments de l'environnement nécessaires à diverses fonctions physiologiques telles que la croissance, le développement et la reproduction (**Morot, 2020**).

Eau et les sels minéraux sont prélevés dans le sol par les poils absorbants des racines des plantes. Ces minéraux peuvent intervenir dans des processus physiologiques importants pour les plantes : photosynthèse, fructification, équilibre ionique (**Zaid, 2006**).

L'azote est pour la plupart des plantes prélevé dans le sol sous forme minérale (nitrique ou ammoniacale) et pour les légumineuses directement prélevé dans l'air du sol par les bactéries des nodosités racinaires (**Henin, 1998**).

Les éléments minéraux (P, K, Ca Mg, la plus grande partie de S et les oligo-éléments) proviennent du sol où les racines les absorbent à partir de solutions très diluées (**Henin, 1998**).

## **I.1. Généralité sur la nutrition des plantes**

Pour se développer les plantes prélèvent dans le milieu qui les entoure les éléments nécessaires à la constitution de leurs tissus (**Ablain-Barriere, 2016**).

On trouve 3 grandes nutriments :

### **I.1.1. Nutrition minérale et azotée des plantes sève brute**

Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, de nombreux éléments minéraux – identifiés grâce à l'utilisation des méthodes d'analyse spécifiques. Quelques années plus tard, des physiologistes montrèrent que les plantes peuvent croître sur un substrat inerte, à condition d'ajouter dans l'eau une quinzaine d'éléments minéraux essentiels à leur croissance et à leur développement (**Morot-Gaudry, 2022**).

L'origine des minéraux est soit atmosphérique soit édaphique (ions du sol). La nutrition minérale est impliquée l'absorption de sels minéraux. Ils vont être utilisés sous forme d'ions (**Devenelle, 2022**).

Les végétaux chlorophylliens sont autotrophes : à partir de constituant minéraux (gaz carbonique, eau, ions minéraux), cette nutrition minérale concerne tous les éléments chimiques que C, H, O.

La réussite d'une culture dépend de son alimentation minérale (**Lafon et al., 1985**).

La sève brute est constituée d'eau et de sels minéraux séparés en ions (PO<sub>4</sub>, Ca, Mg, K, Na), les macroéléments : azote(N), phosphore(P), potassium(K) ; et secondaires : calcium(Ca), magnésium(Mg), soufre(S), sodium(Na) et d'oligo-éléments comme le fer, le cuivre, le molybdène...) (**Bouزيد, 2022**).

L'insuffisance de ces éléments peut se traduire par des carences et l'excès par des toxicités (**tableau I.1 et tableau I.2**). La carence se manifeste par une limitation de croissance, se traduisant par des baisses de rendement (**Bouزيد, 2022**).

**Tableau I.1.** Représentation des besoins de macro-éléments des plantes (**Bouزيد, 2022**)

Elément	Symboles	Fonctions	Signe de carence	Signe d'un excès
<b>Macro-éléments</b>				
Azote	N	Composé de la chlorophylle vitamines et ADN	Les plantes deviennent vert pâle, les feuilles âgées jaunissent.	Croissance exagérée.
Potassium	K	Maintien de l'organisation cellulaire	Taches brunes sur les feuilles et croissance diminuée.	Les feuilles deviennent pâles et se couvrent de taches
Calcium	Ca	Croissance et solidité de la membrane cellulaire.	Chute prématurée des feuilles et des fleurs.	Diminue la solubilité certains éléments, donc carence.
Phosphore	P	Constituant ADN, protéines, enzymes	Les feuilles deviennent vert sombre ou vert pourpre.	Jaunissement et brunissement des extrémités des feuilles, puis chute.
Magnésium	Mg	Constituant de la chlorophylle.	Les feuilles s'enroulent et jaunissent.	Croissance exagérée des tiges et des racines diminution de la floraison.
Soufre	S	Constituant de plusieurs enzymes.	Les nouvelles feuilles deviennent jaunes.	Les feuilles sont vert bleuâtre et se courbent vers l'intérieur.

Tableau I.2. Représentation des besoins d'Oligo-éléments des plantes (Bouزيد, 2022)

Elément	Symboles	Fonctions	Signe de carence	Signe d'un excès
<b>Oligo-éléments</b>				
Fer	Fe	Formation chlorophylle	Jaunissement des feuilles.	<b>Rarement toxique</b>
Chlore	Cl	Intervient photosynthèse	Jaunissement des feuilles	donne des cendres noirâtres
Manganèse	Mn	Formation de la chlorophylle.	Jaunissement des jaunes feuilles, puis chute.	Induit une carence en fer, donc jaunissement des feuilles
Bore	B	Important dans la croissance.	Maladies physiologiques (ex : craquelure des branches de céleri).	Jaunissement des côtés de la feuille, puis chute
Zinc	Zn	Active un grand nombre d'enzymes.	Croissance irrégulière feuilles rabougries.	Jaunissement des feuilles, mort des bourgeons

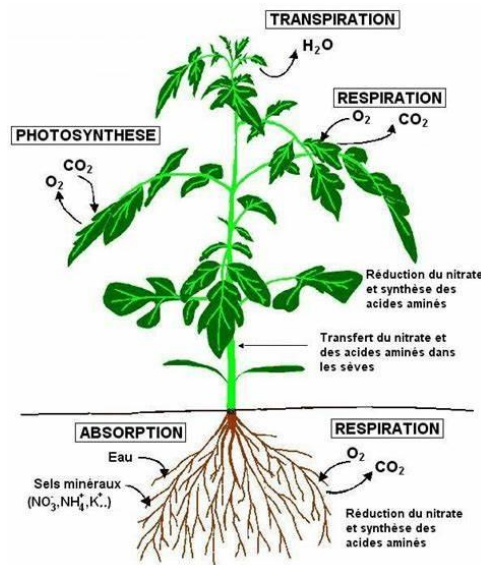
### A. Mécanismes d'obtenir les éléments nécessaires

Ces éléments minéraux sont obtenus par le mécanisme de l'absorption et de l'exorption par les organes de l'absorption sont principalement les poils absorbants des racines, en plus les mycorhizes améliorer l'absorption des éléments minéraux du sol et elles jouent des rôles importants dans nutrition hydro-minérale chez les plantes forestières ligneuses et herbacées. Les feuilles peuvent aussi absorber à travers la cuticule (Lafon *et al.*, 1985).

L'absorption des éléments nutritifs par le système racinaire est sélective. Elle met en jeu plus de 400 protéines localisées sur les parois des cellules. Ce mécanisme qui suit la première étape et peut être active ou passive selon les ions. Les éléments minéraux doivent être solubles dans l'eau afin d'être assimilé par la plante (Bouزيد, 2022).

Les ions sont absorbés principalement au niveau de la zone proche de la pointe racinaire qui comporte des poils absorbants. Ils peuvent aussi être absorbés au niveau de la zone subéreuse voisine ou des zones plus âgées. L'absorption par les feuilles est aussi possible conduire à des applications pratiques. Dans le cas où les racines sont associées à un champignon mycorhizien ce qui est très souvent, l'absorption a alors lieu au niveau des filaments mycéliens (Boccon-Gibod, 2014), La plante développe

des mécanismes particuliers de transport d'ions (**Bouzi, 2022**).



**Figure I.1.** Représentation d'un mécanisme d'absorption des éléments nutritifs important pour le développement de la plante (**Dhondt-Cordelier, 2022**)

## B. Le rôle des éléments minéraux

- Certains ont un rôle plastique car ils sont nécessaires à la synthèse de la matière organique cellulaire
- Un rôle catalytique car ils sont indispensables à l'activité d'enzymes
- La carence d'un de ces éléments provoque des malformation et perturbations physiologiques.
- Il joue un rôle important dans les mécanismes cellulaires (osmorégulation, signalisation sous forme ionique) (**Briat et Lemaire, 2020**).
- Favorise la croissance des plantes par son influence sur la division cellulaire.
- Un rôle primordial dans le métabolisme des plantes.
- Contribuer dans les transferts énergétiques.
- Fortifier la résistance à la déshydratation et facilite le transfert des substances vers le fruit (**Khelil, 1989 in Boudinar et Miliani 2017**)

### I.1.2. Nutrition azotée

L'azote est un constituant fondamental des tissus végétaux, la plupart des

végétaux utilisent pour leurs nutrition azotée des formes combinées de l'azote certains sont capables aussi à fixer l'azote atmosphérique (**Lafon et al., 1985**).

L'azote organique représente 95 % de l'azote total du sol (**Hébert, 1994 in Ciprian Stroia, 2007**) et il est disponible pour les plantes seulement après la décomposition de la matière organique et la minéralisation de N organique en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) par les microorganismes du sol (**Hodge et al., 1998, 1999; Owen and Jones, 2001 in Ciprian Stroia 2007**).

L'apport de N permet une augmentation des rendements même si les productions restent inégales selon le milieu (**Ciprian Stroia, 2007**) et les principales formes d'azote c'est l'azote minérale et azote organique (**Lafon et al., 1985**).

**Fixation de l'azote atmosphérique** : ce type de nutrition azotée d'une importance dans la biosphère et cette opération ce fait grâce au micro-organisme (**Lafon et al., 1985**).

### I.1.3. Nutrition énergétique

Les échanges gazeux Respiratoire existent chez toute plante entière qui ont un organe isolé ou fragment respirent en absorbant l'oxygène ( $\text{O}_2$ ) de l'air ambiant, et en rejetant du gaz carbonique dans l'atmosphère et la finalité de ce processus est de transformer l'énergie chimique potentielle du substrat organique en ATP (**Lafon et al., 1985**).

La Fermentation est une dégradation incomplète d'un substrat carboné. Utiliser par des cellules eucaryotes (plantes en milieu aphyxique). Les réactions enzymatiques qui transforment le substrat sont celle de la glycolyse (**Lafon, 1996**). Pasteur a inventé sa définition en disant : « La fermentation est une vie sans air (**Bora musole, 2012**).

Chez les végétaux existe la fermentation alcoolique généralement dans les fruits succulents (raisins, melons) sont le siège d'une fermentation alcoolique par la consommation de leurs propres sucres avec production d'alcool et dégagement de gaz carbonique (**Bora musole, 2012**).

#### I.1.4. Nutrition carbonée

Dans la nature, on trouve le carbone sous deux formes assimilables ; le carbone minéral ( $\text{CO}_2$  ou  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) et le carbone organique qui se trouve dans les molécules organiques. On trouve deux types de végétaux :

-Ceux qui convertissent le carbone minéral en carbone organique. Ce sont les autotrophes. Ils utilisent l'énergie solaire pendant la photosynthèse grâce à la chlorophylle.

-Ceux qui n'assimilent que le carbone organique. Ce sont les hétérotrophes (des champignons et plantes parasites) (**Lafon *et al.*, 1985**).

##### A. Photosynthèse ou assimilation chlorophyllienne

La photosynthèse est un processus physiologique par lequel les végétaux qui contiennent la chlorophylle sont capables de capter l'énergie lumineuse et de la transformer à énergie chimique afin de réaliser la nutrition carbonée à partir du  $\text{CO}_2$  atmosphérique. Ce processus est accompagné d'un dégagement de dioxygène.

Les végétaux synthétisent leur matière organique à partir de molécules simples ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) et de l'énergie lumineuse (soleil), le  $\text{CO}_2$  et l'eau se combinent (réaction de réduction) pour former des glucides. (**Lafon *et al.*, 1985**).

##### B. Les différents types de fixation du carbone

La fixation du carbone du  $\text{CO}_2$  de l'air, nécessitent la présence d'un récepteur carboné, d'une enzyme qui assure cette fixation ou plus exactement cette carboxylation, donnant naissance à des composés organiques. Ce métabolisme du carbone de la photosynthèse est connu sous le terme de Cycle de Benson-Bassham-Calvin (**Morot-gaudry., Joyard, 2020**).

Il y a trois mécanismes connus de fixation du dioxyde de carbone au cours de la photosynthèse : C3, C4 et CAM. Ces trois mécanismes diffèrent par l'efficacité de cette étape (**Lafon *et al.*, 1985**).



# **Chapitre II**

## **Clémentinier**

## II.1 Généralité sur les agrumes

Les agrumes tirent leur nom latin *acrumen* (signifiant aigre, acre), correspondant à la saveur acide de la plupart de ces fruits. Citron, orange, pomelo, pamplemousse, clémentine, mandarine, tangerine, cumbaya, kumquat appartiennent à la grande famille des rutacées, famille comprenant de nombreuses espèces réparties en 150 genre (**Frely, 2015**).

Les agrumes, appelés aussi hespéridés, sont des arbres produisant des fruits caractérisés par une surface de peau (zeste) riche en glandes à huiles essentielles, et une pulpe organisée en quartiers comprenant des pépins et de nombreux poils succulents gorgés de jus (**Jacquemond et al., 2013**).

Les agrumes se répartissent essentiellement en 3 genres : (**Frely, 2015**).

1-Poncirus : concerne les agrumes comme l'oranger trifolié (*ponicrustri foliata* (L) Raf).

2-Fortunella : regroupe des fruits comme le kumquat, même si certains auteurs le classent dans le genre citrus.

3-Citrus : englobe la majorité des agrumes (citron, orange, pomelo, clémentine...).

## II.2. Historique de clémentinier

La clémentine serait un hybride entre la mandarine et l'orange amère par le Frère clément (Vincent Rodier, 1839-1904) en Algérie au début du XXe siècle (**Frély, 2015**) à Misserghin (Oran) (**Jacquemond et al., 2013**).

Le mandarinier serait le parent femelle de cet hybride, mais l'origine du parent male (le pollinisateur) est plus incertaine (**Jacquemond et al., 2013**).

En Algérie, la culture de clémentinier a été développée et s'est étendue dans l'oranie puis dans la plaine de la Mitidja. En 1925, la coopérative des agrumes de Boufarik (**Jacquemond et al., 2013**), il a été introduit en Corse 1925 (**Frély, 2015**). Populaire en Espagne, Maroc, Italie (**Frély, 2015**).

Tous les clémentiniers cultivés aujourd'hui dans le monde sont donc des individus multipliés par des greffages ou des bouturages à partir de l'arbre unique du

frère clément (Jacquemond *et al.*, 2013).

### II.3. Importance des agrumes

#### Dans le monde

Les agrumes constituent les premières productions fruitières au monde, cultivés dans 168 pays sur une surface de 12.7 millions d'hectares (Marongiu, 2021). La production mondiale d'agrumes s'élève à 158,5 millions de tonnes, avec en tête la Chine, le Brésil, l'Inde et le Mexique comme principaux pays producteurs en 2021. Alors que 51 % des agrumes sont produits en Asie, 52 % des exportations d'agrumes (7,2 millions de tonnes) proviennent de la région méditerranéenne (Gautier-FLD, 2022).

**Tableau II.1.** Représentation les meilleurs pays producteurs d'agrumes au monde (Harvey, 2023)

Rang	Pays	Production totale d'agrumes
1	Brésil	20,682,309
2	Chine	19,617,100
3	États Unis	10,017,000
4	Mexique	6,851,000
5	Inde	6,286,000
6	Espagne	5,703,600
7	Iran	3,739,000
8	Italie	3,579,782
9	Nigeria	3,325,000
10	Turquie	3,102,414

#### En Algérie :

En Algérie la culture des agrumes revêt une importance stratégique pour le pays de par la source importante d'approvisionnement en fruit frais de nos populations (ITAFV, 2021).

L'agriculture intervient pour environ 12 % dans le Produit Intérieur Brut (PIB) du pays. (Beloued, 2018). Les zones agrumicoles se localisent dans toutes les régions du pays mais plus dans la partie nord du pays, connue par son climat à hiver doux et pluvieux (CNCC, 2015 in Beloued, 2018).

Il a une superficie de 63 589 hectares avec une production de 16,7 tonnes en 2009. Ce potentiel est concentré en grande partie dans le centre de la Mitidja qui concentre 30% de la production totale d'agrumes, à l'ouest dans les régions de Relizan, Mostaganem, Mascara et Tlemcen et à l'est dans les régions de Skikda et At-Turaif (figure II.1) (Bellabas, 2010., Benzarga, 2010 et Bachi, 1995 in Guettouche, 2013).

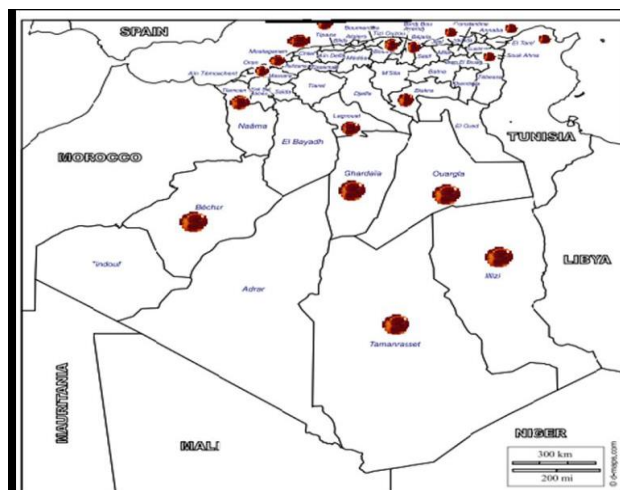


Figure II.1. Les zones de production d'agrumes en Algérie (Beeloued, 2018)

L'agrumiculture algérienne compte plusieurs variétés, dont 20 pour les oranges avec production constituée à 72%, 15 pour les clémentines avec 16% de production et mandarines à 4% , les citrons (5 variétés) occupée 7% à dominante "4 saisons" et divers fruits dont le pomelo, une variété de pamplemousse étant estimées à 1% de la production globale et la très rare bergamote (MADR, 2011 in Beloued, 2018) .

#### II.4. Classification et systématique

La systématique des agrumes est très complexe, en effet le concept d'espèce surtout à l'intérieure du genre *Citrus* n'est pas universel (Chapoty, 1963 in Takarli, 2012).

Selon Takana et Swingle, la taxonomie du clémentinier est la suivante :

- Ordre : Gemiales
- Sous ordre : Gemiineae
- Famille : Rutaceae
- Sous famille : Aurantioideae

- Tribu : Citreae
- Sous tribu : Citrinae
- Genre : Citrus
- Espèce : *Citrus clémentina*

### II.5. Description et caractéristique générales

Le clémentinier est un arbuste vigoureuse de port érigé et compact avec haut de 4 à 6m dans le cas d'une culture en pleine terre, ces feuilles sont allongées et pointues avec coloration vert claire à la naissance. Elle a des petites blanches parfumées fleurs leurs floraison moitié du moins de mars (**Mason, 2019 ; Bénédicte et Bachés, 2011**).

Le fruit caractérise par une plus ou moins taille selon les variétés et écorce fine avec coloration rouge orangé à maturité, elle a une bonne tenue sur l'arbre après maturité, mais perd ses qualités gustatives en quelques semaines son Pulpe est parfumée riche en jus, souvent très gouteuse, peu ou pas de pépins (**Bénédicte et Bachés, 2011**).

La clémentine est un fruit facile dans l'épluchage moyennement énergétique, avec une richesse en vitamine C (**Dupin et al., 1992 in Takarli, 2012**).

### II.6. Les maladies

Comme le clémentinier appartient au genre de **citrus** donc elle expose aux mêmes maladies et ravageurs, on distingue (tableau II.2)

**Tableau II.2.** Les principales maladies des agrumes (**Beloued, 2018**)

Physiologiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asphyxie des racines</li> <li>- Chlorose et les brûlures suite à l'insolation ou traitement</li> <li>- Maladie de carence et nutrition</li> <li>- Chute des fruits et l'éclatement des fruits et de l'écorce</li> <li>- Boursoufflement des fruits.</li> </ul>	Rebour (1966)
A virus ou virose	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La psorose (<i>Citriovirus psoridis</i>).</li> <li>– La Tristeza (<i>Citriovirus viatoris</i>) et Exocortis.</li> <li>– Le Stubborn (<i>Citriovirus pertinaciae</i>).</li> </ul>	Timmer (1999). Berger (2007).
Bactériennes ou bactériose	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La pourriture, le chancre : <i>Xanthomonas axonopodis pv citri</i>.</li> <li>– Bactériose.</li> </ul>	Ayes (2001).
Cryptogamique	La gommose parasitaire, le mal secco, la fumagine, pourriture	

## 11.7. Les principaux ravageurs

L'agrumiculture est particulièrement sujette aux attaques de ravageurs (Chapot et Vittorio, 1996) nuisibles qui cause des pertes économique. Parmi les ravageurs nous citons (tableau II.3)

Tableau II.3. Les principaux ravageurs des agrumes (Beloued, 2018)

Ravageurs	Nom		Dégâts	Source
	Scientifique	Commun		
Insectes	<i>Aonidielle aurantii</i>	Pou de Californie	Attaque les feuilles, les rameaux et les fruits. Développement de la fumagine, chute des feuilles, dépérissement des fruits.	Loussert (1987)
	<i>Lepidosaphes glowerri</i>	Cochenille virgule		
	<i>Parlatoria pergandei</i>	Cochenille blanche		
	<i>Icerya purshasi</i>	Cochenille d'Australie		
	<i>Coccus hesperidum</i>	Cochenille plate		
	<i>Aphis spiraecola</i>	Puceron vert des citrus	Avortement des fleurs et déformation des jaunes feuilles	Aroun (1985)
	<i>Toxoptera aurantii</i>	Puceron noire		
	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	L'aleurode floconneux	Provoque des souillures que le développement de la fumagine.	Piguet (1960)
	<i>Dialeurodes citri</i>	L'aleurode des citrus	Provoque des nuisances et développe de la fumagine.	
	<i>Phyllocnistis citrella</i>	Mineuse des agrumes	Attaque les feuilles et jaunes pousses.	Praloran (1971)
	<i>Ceratitidis capitata</i>	Mouche méditerranéenne	Provoque la pourriture des fruits.	
Acariens	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>	Acarien tisserand	Provoquent des nécroses, décoloration et chute des feuilles, fruit, bourgeons.	Loussert (1987)
	<i>Aceria sheldoni</i>	Acarien des bougents		
Nématodes	<i>Tylenchulus semipentrans</i>	Nématode des agrumes	Croissance ralentie des arbres Pas de symptôme	Loussert (1987)

# **Chapitre III**

## **Biostimulants**

### III.1. Définition des biostimulants

Les biostimulants sont des substances ou des micro-organismes qui favorisent la croissance et le développement des plantes. Ils peuvent être d'origine organique ou inorganique, et ils agissent en stimulant les processus physiologiques des plantes.

Le terme "biostimulant" a été utilisé pour la première fois au début des années 2000, et l'industrie des biostimulants a depuis évolué rapidement. Il n'existe pas de définition unique des biostimulants, mais ils sont généralement considérés comme des substances qui ne fournissent pas directement des nutriments aux plantes, mais qui les aident à absorber et à utiliser les nutriments qu'elles reçoivent.

Aux États-Unis, la Coalition of Biostimulants définit les biostimulants comme des substances, y compris des micro-organismes, qui améliorent la capacité d'absorption des nutriments des plantes et sont bénéfiques au développement des plantes (**Ling, Chen et Li, 2022**).

### III.2. Classification des biostimulants

Selon **Kergosien et al (2023)**, les biostimulants sont classés selon leur source de matière première, leur principal composé bioactif ou leur mode d'action en :

- Biostimulants organiques : Les algues sont utilisées depuis longtemps comme engrais et amendement. Elles sont riches en nutriments et en substances stimulantes de la croissance.

- Biostimulants microbiens
- Biostimulants inorganiques

### III.3. Différentes catégories de biostimulants

Selon **Patrick du jardin (2015)**, les biostimulants peuvent être classés en :

- Extraits d'algues ou de plantes ou extraits purifiés
- Extraits d'algues marines riches en composés de type hormonal stimulant la croissance
- Extraits de plantes comportant des oligosaccharides, des acides aminés, des composés phénoliques...



- Extraits de sous-produits animaux
  - Hydrolysats concentrés en acides aminés et en peptides.
  - Dérivés de la carapace des crustacés : chitine, chitosane.
- Micro-organismes vivants ou extraits de micro-organismes
  - Bactéries symbiotiques ou non symbiotiques : promotion de la croissance des plantes, fixation de l'azote de l'air.
  - Champignons symbiotiques ou non symbiotiques.
  - Extraits de microorganismes : bactéries, levures...
- Produits-minéraux et extraits de roches
  - Acides humiques et fulviques extraits de léonardite (un type de charbon)
  - Éléments bénéfiques (silicium, sélénium)
- Produits-minéraux et extraits de roches
  - Acides humiques et fulviques extraits de léonardite (un type de charbon)
  - Éléments bénéfiques (silicium, sélénium)

#### III.4. Les effets des biostimulants

D'après **GENDRY (2017)**, les effets des biostimulants sont cités comme suit :

- Les effets attendus des extraits d'algues sont variables en fonction des produits, mais ils incluent généralement
  - Une meilleure résistance aux stress environnementaux.
  - Une augmentation de la croissance.
  - Un développement racinaire plus important.
  - Une formation de mycorhizes.
  - Une stimulation de l'activité biologique du sol.
  - Une amélioration de l'efficacité des engrais.
  - Une réduction des besoins en intrants.

### III.5. Les avantages

Les avantages des biostimulants sont cités comme suit (**Labrie, 2022; D’Haene, 2021; Ling,Chen et Li, 2022**).

- Les cultures sont de meilleure qualité, avec un meilleur taux de sucre.
- Les biostimulants sont également capables de protéger les cultures contre le lessivage et de conserver les éléments dans le sol, là où la plante en a besoin
- Les biostimulants ont été utilisés pour améliorer la qualité et le rendement des cultures
- Augmenter la résistance des plantes aux stress abiotiques
- Améliorer la fertilité des sols en favorisant le développement de micro-organismes bénéfiques
- Aider les plantes à développer un système racinaire plus sain et plus vigoureux
- Ils peuvent également stimuler la croissance des feuilles et des fruits.

# **Chapitre IV**

## **Matériel et méthodes**

### IV.1. L'objectif

Notre travail vise à étudier et évaluer l'effet des biostimulants à base d'algues brunes et vertes sur les mécanismes nutritionnels et les différents paramètres de croissance du clémentinier, en comparaison à un traitement conventionnel.

### IV.2. Matériel végétal et conduite de l'essai

L'étude a été réalisée sur un verger de clémentinier de variété BRUNO, greffés sur VOLCAMARINA. Ce verger est situé à Hawch Bousmara à environ cinq (5) km de la ville de Mouzaïa. La parcelle étudiée a été plantée en 2015 avec une densité de cinq ha. Le système d'irrigation de cette parcelle est goutte à goutte à double gaine d'un diamètre de 20mm (micro inspiration).

Le verger est entretenu par des travaux culturaux réguliers, notamment la taille en fin d'année, et par l'application de traitements phytosanitaires pour maintenir la santé du verger et éviter les pertes économiques.



**Figure IV.1.** Photo du verger de clémentinier (variété BRUNO) de Hawch Bousmara  
(Original, 2023)

### IV.3. Présentation de la région d'étude (Mitidja)

#### IV.3.1. Localisation

La Mitidja est une vaste plaine alluviale du nord de l'Algérie qui s'étend sur les territoires des wilayas d'Alger, Boumerdès, Tipaza et Blida, sur une longueur de 90 km et une largeur de 8 à 18 km, couvrant une superficie de 150 000 hectares (figure IV.2). Le climat est

méditerranéen, avec une pluviométrie moyenne de 660 mm/an et une évapotranspiration potentielle moyenne d'environ 1 400 mm/an (ANRH, 1993, Tarek 2004).

La plaine de la Mitidja est une zone fertile avec une variété de types de sols qui la rendent propice à l'agriculture. En effet, la plaine est une zone agricole majeure, avec des agrumes et des vignes cultivés dans différentes parties de la plaine.

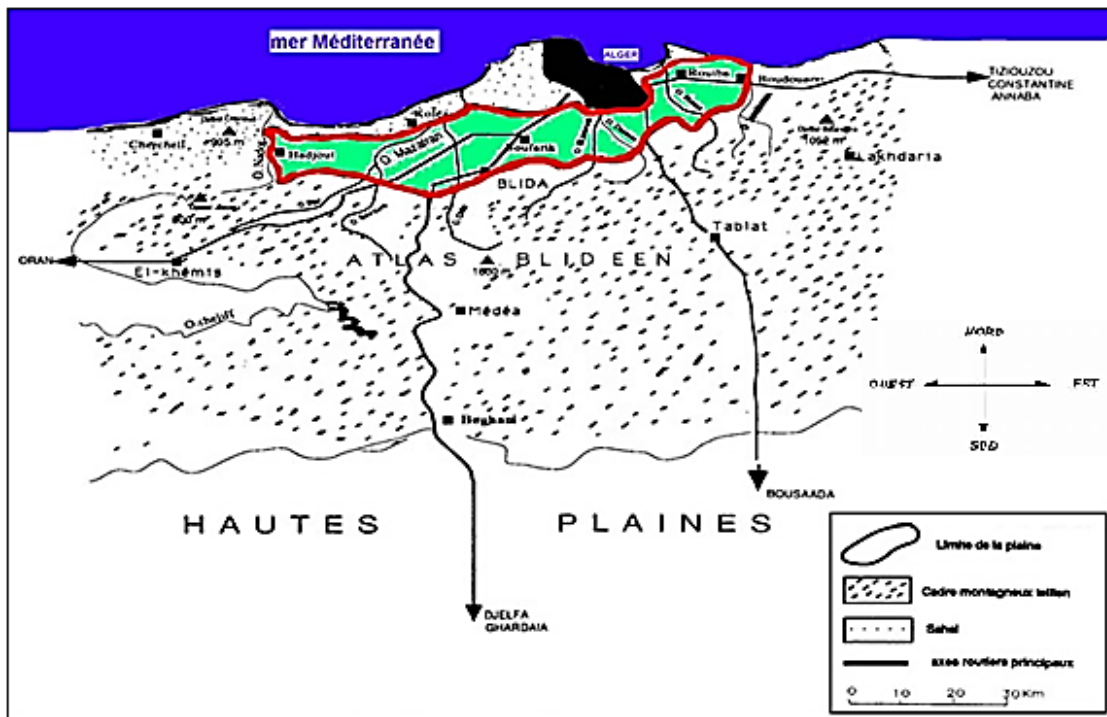


Figure IV.2. Situation et caractéristiques physiques de la plaine de la Mitidja (Tarek, 2004)

#### IV.3.2. Présentation de la zone d'étude

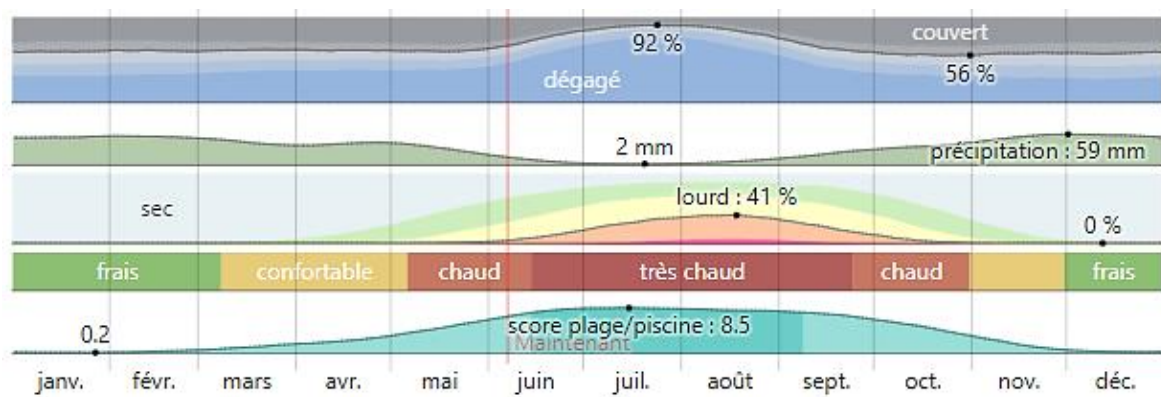
Est une exploitation privée localisée dans la commune de Mouzaïa, situé à l'ouest à environ 14 km à la wilaya de Blida, à environ 59 km au sud-ouest d'Alger et à environ 28 km au nord de Médéa.



**Figure IV.3.** Situation géographique de lieu d'étude (Google Earth, 2023)

### IV.3.3. Les caractéristiques climatiques

Le climat de Mouzaïa est méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers longs et froids. Au cours de l'année, la température varie généralement de  $5^{\circ}\text{C}$  à  $34^{\circ}\text{C}$  et elle est rarement inférieure à  $1^{\circ}\text{C}$  ou supérieure à  $38^{\circ}\text{C}$ . La figure IV.4 ci-dessous, présente la Météo annuelle sur Mouzaïa. (2023).

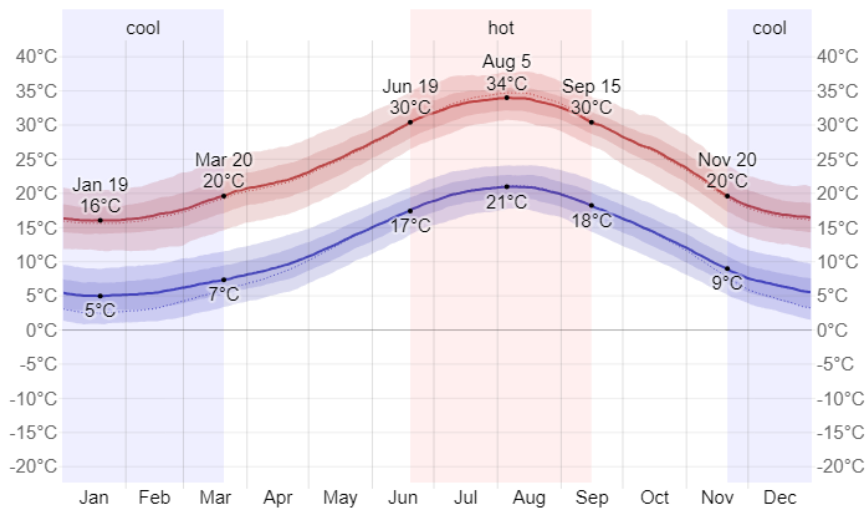


**Figure IV.4.** Météo annuelle sur Mouzaïa (WeatherSpark, 2023)

#### 1) Température moyenne à Mouzaïa

La saison très chaude dure 2,9 mois, du 19 juin au 15 septembre avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à  $30^{\circ}\text{C}$ .

La saison fraîche dure quatre mois, du 20 novembre au 20 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à  $20^{\circ}\text{C}$ .



**Figure IV.5.** Température moyenne maximale et minimale à Mouzaïa (WeatherSpark, 2023).

## 2) Humidité

Les niveaux d'humidité à Mouzaïa, en Algérie, varient en fonction de la période de l'année. En résumé (WeatherSpark, 2023) :

- Les étés à Mouzaïa sont humides, avec un taux d'humidité moyen de 52%.
- Le taux d'humidité à Mouzaïa peut varier de 12% à 89%, selon l'heure de la journée et la saison.

## 3) Vent

Le vent à Mouzaïa, en Algérie, est généralement léger, avec une direction et une vitesse variables. En effet (weatheronline, 2023) :

- Le vent est généralement léger, avec des vitesses allant de 0 à 16 km/h.
- La direction du vent à Mouzaïa varie, mais il vient principalement du nord ou du nord-est.
- La vitesse et la direction du vent peuvent changer tout au long de la journée et d'un jour à l'autre
- Le temps à Mouzaïa peut être affecté par des orages occasionnels, qui peuvent apporter des rafales de vent.



#### IV.4. Les données floristiques

La parcelle contient une variété d'espèces végétales, principalement constituées de plantes spontanées telles que *Ecballium elaterium*, *Helminthotheca echioides*, *Crepis foetida*, *Malva parviflora* et *Chenopodium album*. De plus, il y a des cultures adjacentes telles que des vignes et des noyers.

#### IV.5. Le plan expérimental

La période d'étude sur terrain s'est déroulée du 18 mars au 24 juin. Un dispositif expérimental a été mis en place dans une parcelle de clémentinier divisée en quatre blocs avec cinq répétitions (voir figure IV.6). Dans chaque bloc, 20 arbres ont été sélectionnés, puis cinq arbres ont été choisis aléatoirement. Le traitement a été appliqué par pulvérisation foliaire à plusieurs reprises, selon le tableau IV.1.

- Témoin : constitue de 8 lignes ➡ Témoin.
- Bloc 02 : 9 lignes ➡ Application d'un biostimulant AA.
- Bloc 03 : 9 lignes ➡ Application d'un extrait d'algues brunes.
- Bloc 04 : 6 lignes ➡ Application d'un extrait d'algues vertes.

**Tableau IV.1.** Programme des traitements appliqués.

Produits	Type	Période d'intervention	Méthode d'intervention
Biostimulant 1	Témoin	15/03/2023	Pulvérisation Foliaire
Biostimulant 2	AA		
Biostimulant 3	Extrait d'algues brunes		
Biostimulant 4	Extrait d'algues vertes		
Biostimulant 1	Témoin	04/04/2023	Pulvérisation Foliaire
Biostimulant 2	AA		
Biostimulant 3	Extrait d'algues brunes		
Biostimulant 4	Extrait d'algues vertes		
Biostimulant 1	Témoin	26/04/2023	Pulvérisation Foliaire
Biostimulant 2	AA		
Biostimulant 3	Extrait d'algues brunes		
Biostimulant 4	Extrait d'algues vertes		
Biostimulant 1	Témoin	08/05/2023	Pulvérisation Foliaire
Biostimulant 2	AA		
Biostimulant 3	Extrait d'algues brunes		
Biostimulant 4	Extrait d'algues vertes		
Biostimulant #1	Témoin	31/05/2023	Pulvérisation Foliaire
Biostimulant #2	AA		
Biostimulant #3	Extrait d'algues brunes		
Biostimulant #4	Extrait d'algues vertes		



Biostimulant #1	Témoin	22/06/2023	Pulvérisation Foliaire
-----------------	--------	------------	------------------------

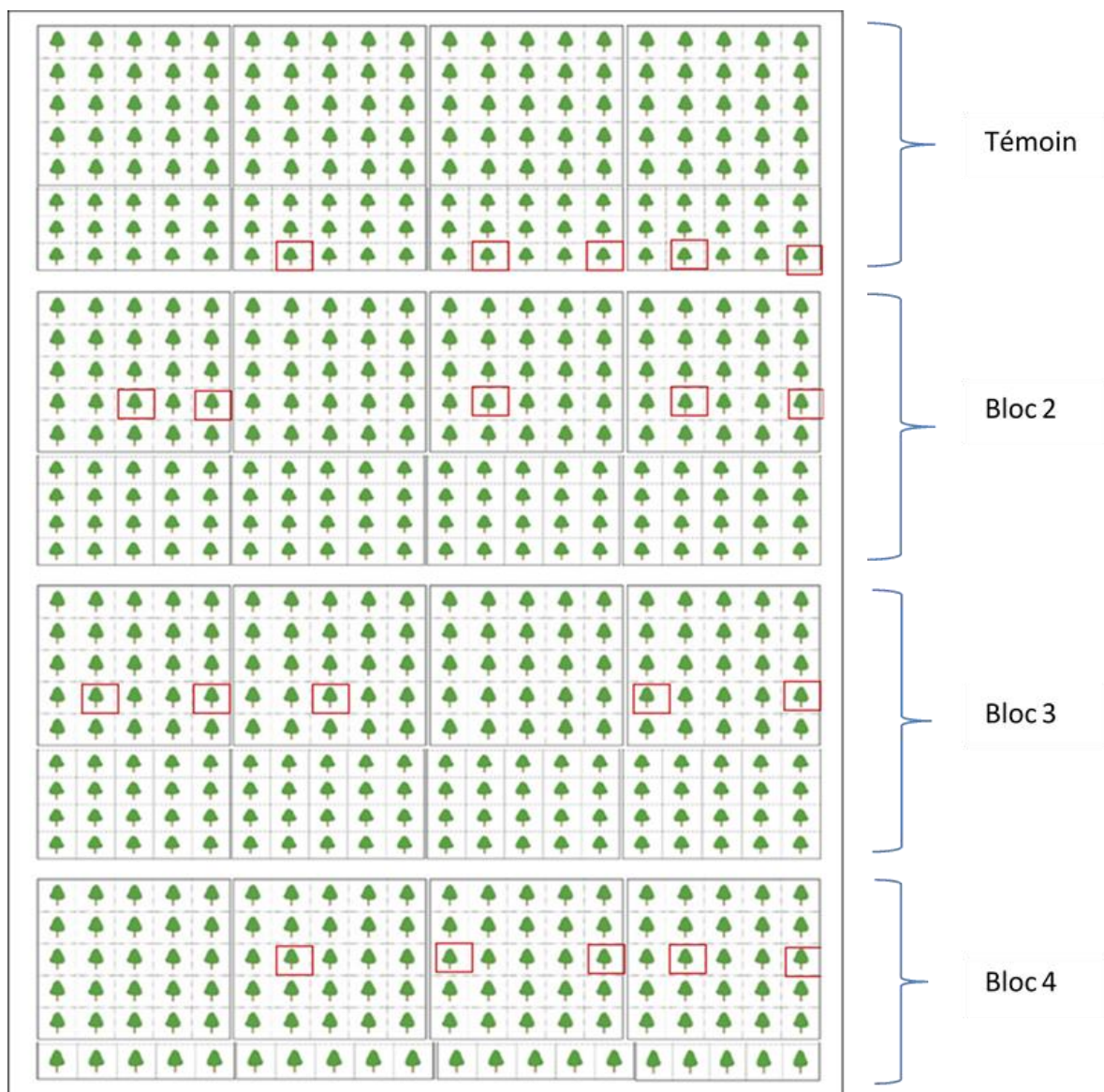


Figure IV.6. Schéma du dispositif expérimental

#### IV.6. Le suivi de la productivité

Cinq (05) arbres ont été sélectionnés et marqués dans chaque bloc avec un ruban. Puis, nous avons sélectionné et marqué des tiges dans un même arbre selon les quatre directions cardinales. Un contrôle des paramètres étudiés a été réalisé chaque dix jour.

### IV.7. Paramètres étudiés

Les mesures et les données recueillies sont relatives aux paramètres de croissance et aux paramètres phytochimiques.

Concernant les paramètres de croissance, durant notre étude, nous avons :

- Mesurer la longueur des arbres sélectionnés durant la durée d'étude.
- Dénombrer les feuilles de tige marquées (voir figure IV.7)



**Figure IV.7.** Les feuilles dénombrés (**Original, 2023**).

- Dénombrer les fleurs et les bouquets floraux sur les mêmes tiges et prendre des photos.



**Figure IV.8.** Les bouquets floraux observés (**Original, 2023**).

- Prélever des échantillons de feuilles pour chaque arbre et les placer dans différents sachets étiqueté avec les informations (date, bloc, arbre) et les réserver dans un congélateur durant toute la période de l'étude.
- Comptabiliser le nombre de fruits.

Concernant les paramètres phytochimiques qui ont été réalisés dans le laboratoire de notre faculté, nous avons :

- 1) **Mesurer de chlorophylle avec chlorophylle –mètre SPAD :** La mesure de la teneur en chlorophylle a été effectuée premièrement à l'aide de chlorophylle –mètre SPAD sur les feuilles par : allumage de l'appareil puis pincement de la feuille et finalement lire les valeurs dans l'écran (**figure IV.9**).



**Figure IV.9.** Utilisation de chlorophylle-mètre SPAD (**Original, 2023**).

- 2) **Analyse de chlorophylle :** Cette mesure a été réalisée selon **Tahari et al (1998)** en suivant le protocole suscité et présenté sur la figure IV.10.
  - a. Peser 100 mg de matière fraîche foliaire et met dans un mortier.
  - b. Ajouter 6 ml de l'acétone ( $C_3H_6O$ ) et broyées jusqu'à obtenir un mélange homogène.
  - c. Verser l'extrait obtenu dans des tubes et centrifugé à 2500 tours pendant 5 min.
  - d. Conserver les extraits au froid et à l'abri de la lumière (papier aluminium) pendant 24h.
  - e. Mettre dans le spectromètre avec une longueur de 646,8 nm puis 663 nm.



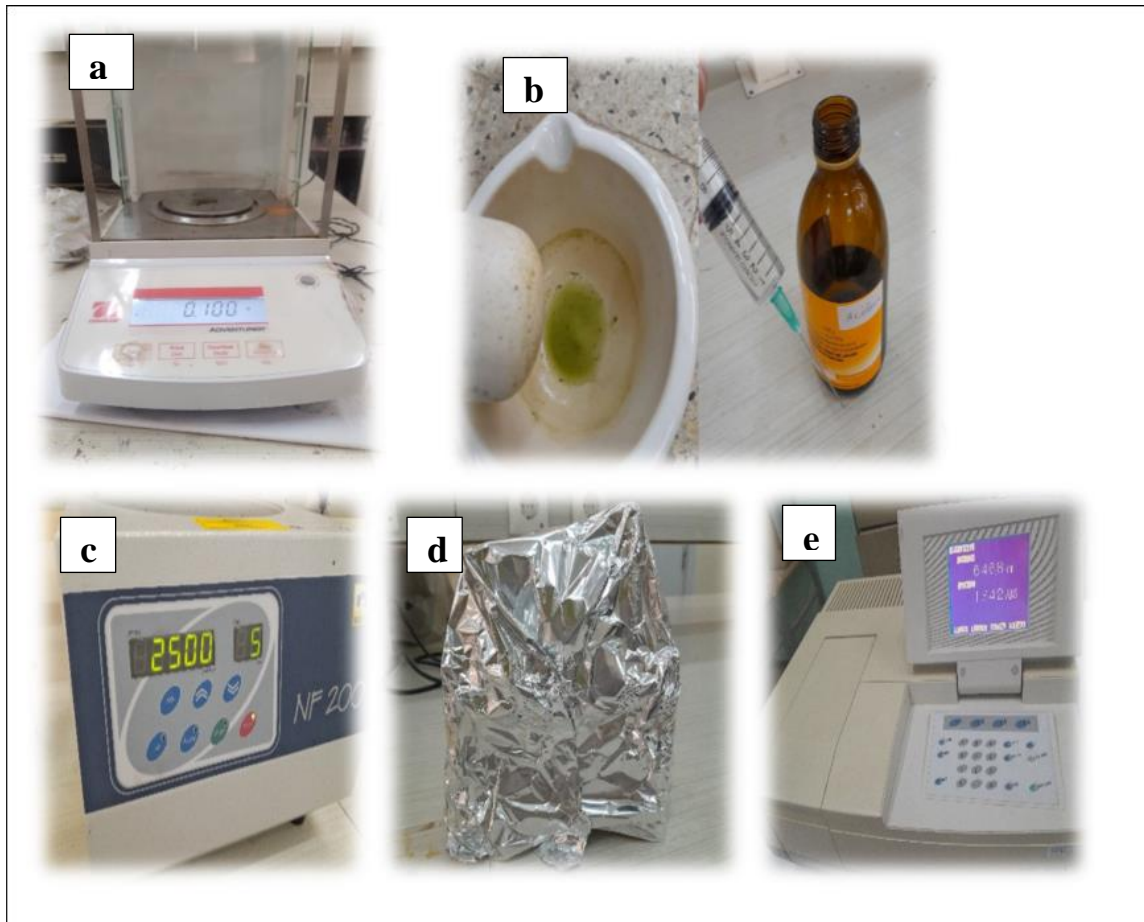


Figure IV.10. Les étapes de l'analyse chlorophylle (Original).

3) **Analyse de proline** : La méthode suivie est celle de **Troll et Lindsley (1955)**, simplifiée et mise au point par **Dreir et Goring (1974)**, selon le protocole présenté sur la figure IV.12, suivant :

- a. Mettre 100 mg de matière végétale fraîche dans un tube à essai puis on ajoute 2 ml de méthanol à 40%.
- b. Le tout est chauffé à 85°C pendant 60 min et recouvrir les tubes avec du papier aluminium.

-Après refroidissement, nous prélevons 1 ml d'extrait et on ajoute 1 ml d'acide acétique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), 25 mg de Ninhydrine ( $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_4$ ) et 1 ml de mélange (120 ml d'eau distillée + 300 ml d'acide acétique + 80 ml d'acide ortho phosphorique  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ).

- c. La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 min au bout desquelles, la couleur vire au rouge.

- d. Nous rajoutons 5 ml de toluène induisant la séparation en deux phases de la solution (la phase supérieure contient la proline et celle inférieure en est dépourvue).
- e. Après avoir récupéré la phase supérieure, nous ajoutons du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  à l'aide d'une spatule pour éliminer l'eau qu'elle contient et lire la densité optique dans le spectromètre à 528 nm.

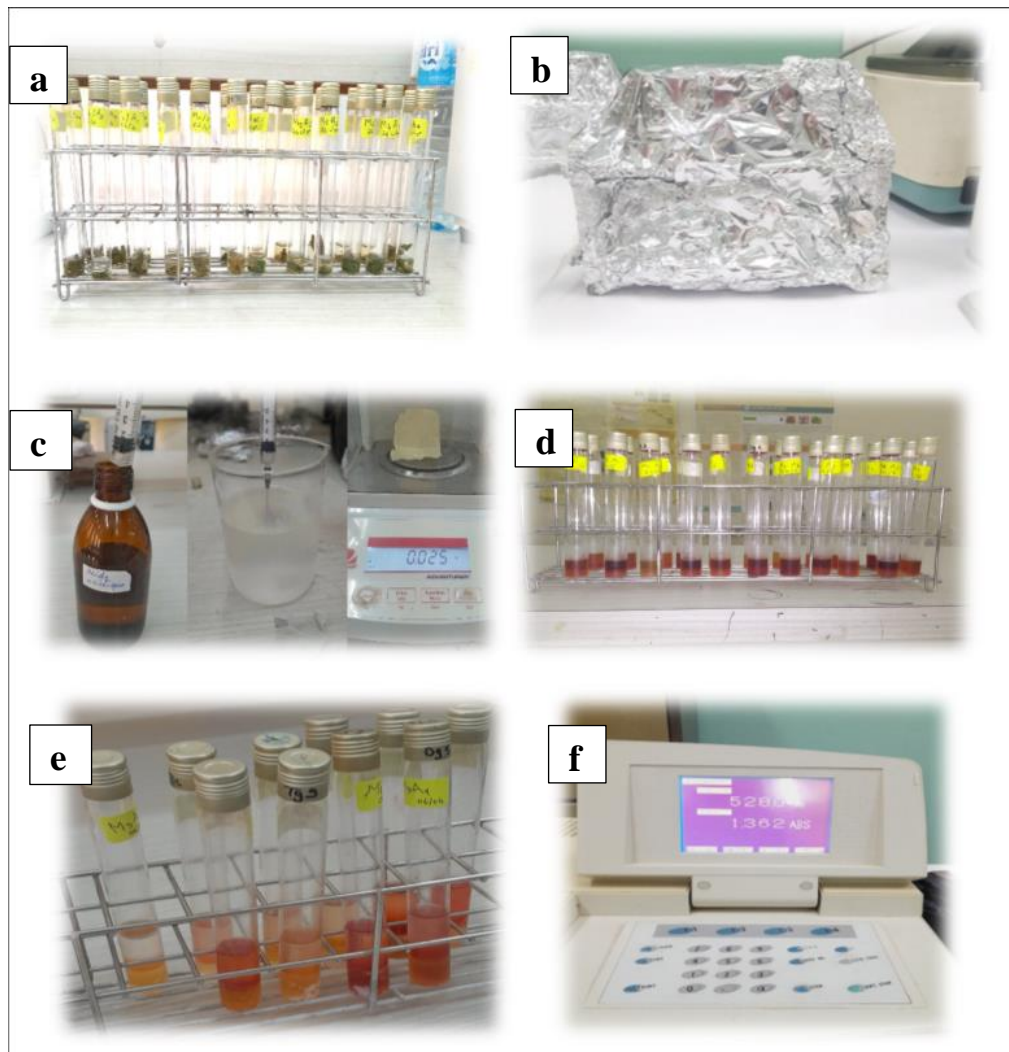


Figure IV.11. Les étapes de l'analyse proline (Original).

**4) Analyse des sucres totaux :** Cette mesure a été réalisée :

- a. Selon **Babu et al (2002)**, on broie 0,2g de matière fraîche foliaire dans un mortier en présence de 1 ml d'éthanol 80 % qu'on introduit par la suite dans des tubes adéquats à la centrifugation.
- b. nous ajustons les poids de ces tubes à l'aide du sable fin de poly- vinylpyrrolidone K 90 et centrifugé à 2000 tours pendant 40 min.
- c. Après écoulement des 40 min, le surnageant de la centrifugation recueilli qui constitue l'extrait alcoolique brut puis mis dans des tubes éppendorfs que l'on conserve par la

suite à froid (la centrifugation s'est faite dans la chambre froide pour éviter la dénaturation des enzymes).

- d. Les sucres totaux solubles sont dosés par la méthode de **Dubois et al (1956)**. Pour le dosage, 50  $\mu$ l d'extrait sont additionnés à 0,5 ml de phénol et à 1,5 ml de solution d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et chauffé le mélange au bain marie à 100 °C pendant 5 min.
- e. Après refroidissement dans la glace fondante, nous avons mesuré la densité à 485 nm.

# **Chapitre V**

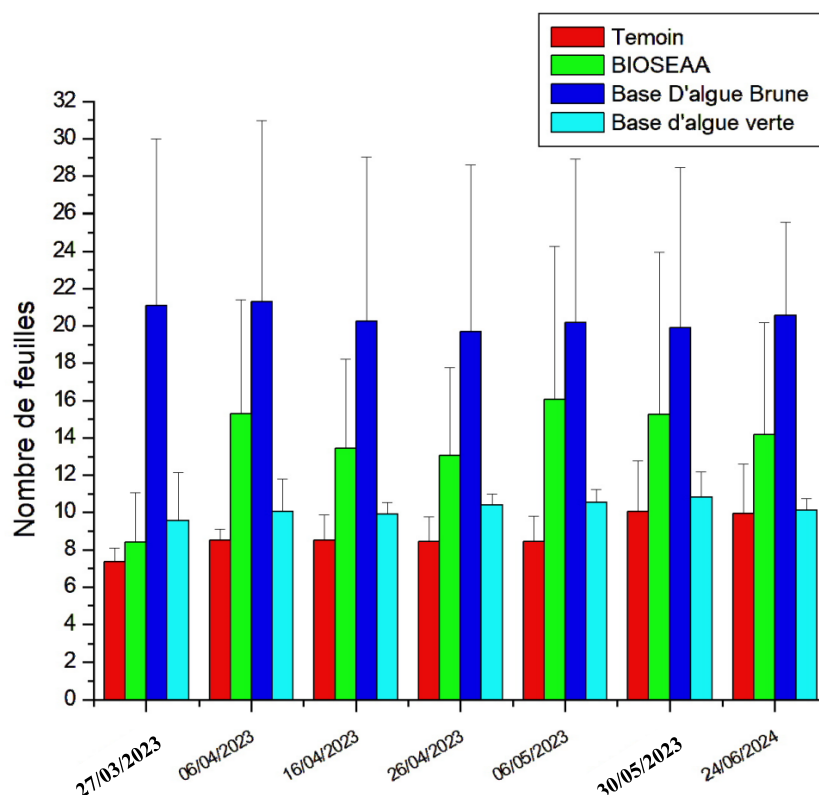
## **Résultats et discussion**

Ce chapitre présente les résultats obtenus sur les différents paramètres de croissance suite à l'application des biostimulants à base d'extrait d'algue brune et d'algue verte sur un clémentinier. En parallèle un traitement conventionnel a été réalisé à titre de comparaison.

Pour parvenir à ces résultats, nous avons calculé la moyenne sur cinq (5) répétitions des données recueillies sur les quatre côtés géographiques pour sept sorties différentes. Les mesures et les données recueillies sont relatives aux paramètres de croissance tels que, le nombre de feuilles, le nombre de bouquets floraux, le nombre de fleurs, à la longueur de la partie aérienne, au nombre de fruits. Et aux paramètres phytochimiques tels que, la mesure du taux de chlorophylle totale (exprimée en unités SPAD), à la teneur en chlorophylle totale, à la teneur en proline, et enfin à la teneur en sucre totale.

### V.1. Nombre de feuilles

L'analyse du nombre de feuilles est importante pour les études sur les biostimulants car il présente un outil utile pour déterminer l'état nutritionnel des plantes. La figure V.1 présente les résultats obtenus après le calcul du nombre de feuilles de clémentinier pour les 5 arbres du bloc, sous l'influence de l'extrait d'algue brune et verte ainsi que du traitement conventionnel (biostimulant AA), avec l'existence d'un bloc témoin.



**Figure V.1.** Nombre de feuilles de clémentinier en fonction du temps (Jours) pour les différents traitements

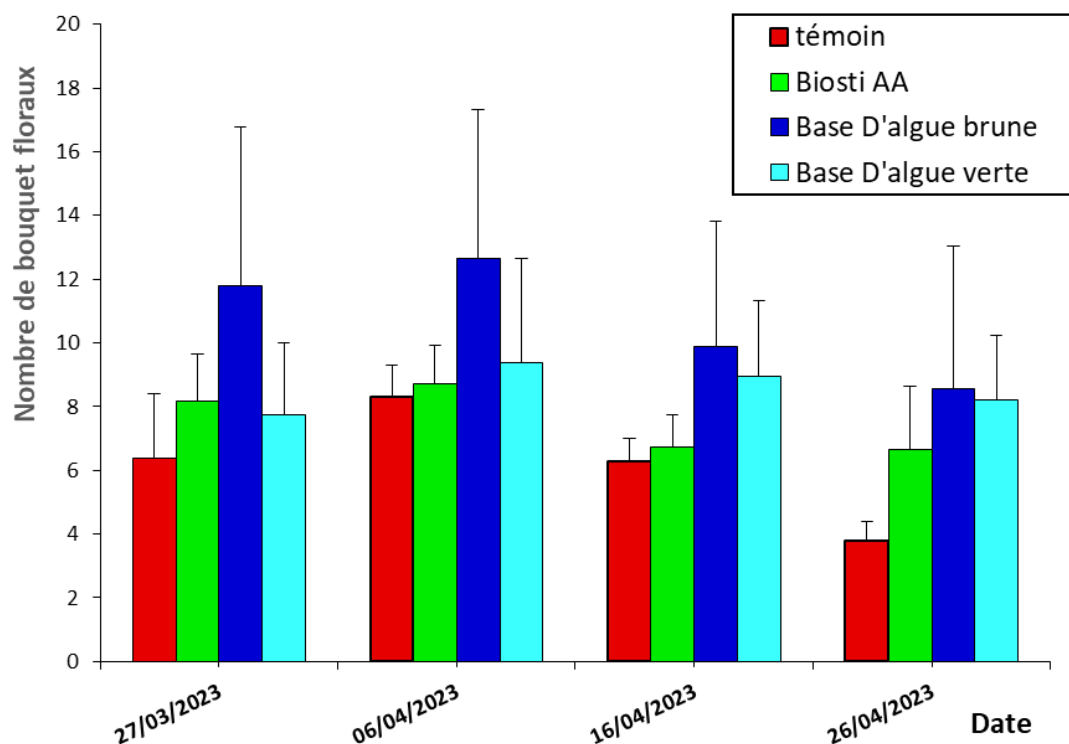


Selon la figure V.1, et en se basant sur l'analyse statistique de la variance et du test de one-way ANOVA, nous avons observé un effet hautement significatif des stimulants sur les arbres ( $P= 4,496 \cdot 10^{-19}$ ). De ce fait, nous avons pu démontrer l'efficacité des deux traitements. De plus, le plus petit nombre de feuilles a été observé pour le témoin. Cependant, les feuilles traitées avec l'extrait d'algue verte ont montré des valeurs basses (valeur maximale 10,8 feuilles) comparé aux feuilles des arbres traitées par avec l'extrait d'algue brune et avec le produit chimique, qui indiquent des valeurs très élevées. En effet, le nombre de feuilles chez les arbres traités avec l'extrait d'algue brune, atteint une valeur maximale d'environ 21,3 feuilles.

Il est possible que les biostimulants soit la cause de ce phénomène, néanmoins il faut prendre en compte que les conditions climatiques exercent un effet significatif.

## V.2. Le nombre de bouquet floraux

La figure V.2 présente les résultats du nombre de bouquet floraux obtenus après l'application de deux extraits d'algues ainsi que du traitement conventionnel.



**Figure V.2.** Nombre de bouquet floraux de clémentinier en fonction du temps (Jours) pour les différents traitements

D'après la figure V.2 et en se référant à l'analyse statistique de la variance et du test de one-way ANOVA, nous avons constaté un effet significatif des stimulants sur les arbres ( $p=0,06457$ ).

La figure V.2 montre que, chez les arbres du bloc témoin, d'abord un petit nombre de bouquets a été observé au cours de la première sortie, puis une augmentation a été observée à la deuxième sortie pour atteindre une valeur maximale d'environ 8,3 bouquets. Toutefois, à la troisième sortie, une diminution a été observée causée par la fin de la floraison.

Chez les arbres traités avec par un biostimulant AA, d'abord le plus petit nombre de bouquets floraux a été observé pour ce traitement comparativement aux autres dans la première sortie, puis une augmentation a été observé pour atteindre un maximum à la deuxième sortie (29,1) suivie d'une décroissance remarquable causée par la fin de la période de floraison.

Chez les arbres traités en extrait d'algue brune, le nombre de bouquets floraux a connu une évolution initiale ascendante, atteignant un maximum à la deuxième sortie. Cependant, une diminution progressive a ensuite commencé à la troisième sortie à cause de la fin de floraison.

Chez les arbres traitées en extrait d'algue verte, le nombre de bouquets floraux a connu une évolution en dents de scie, avec une valeur inférieure à celle des arbres traités avec l'extrait d'algue brune au début, puis, une augmentation significative à la deuxième sortie a été observée. Et enfin une diminution progressive c'est la fin de la période de floraison. La floraison fut faible, avec une quantité très faible de bouquets (environ 0,5 bouquet).

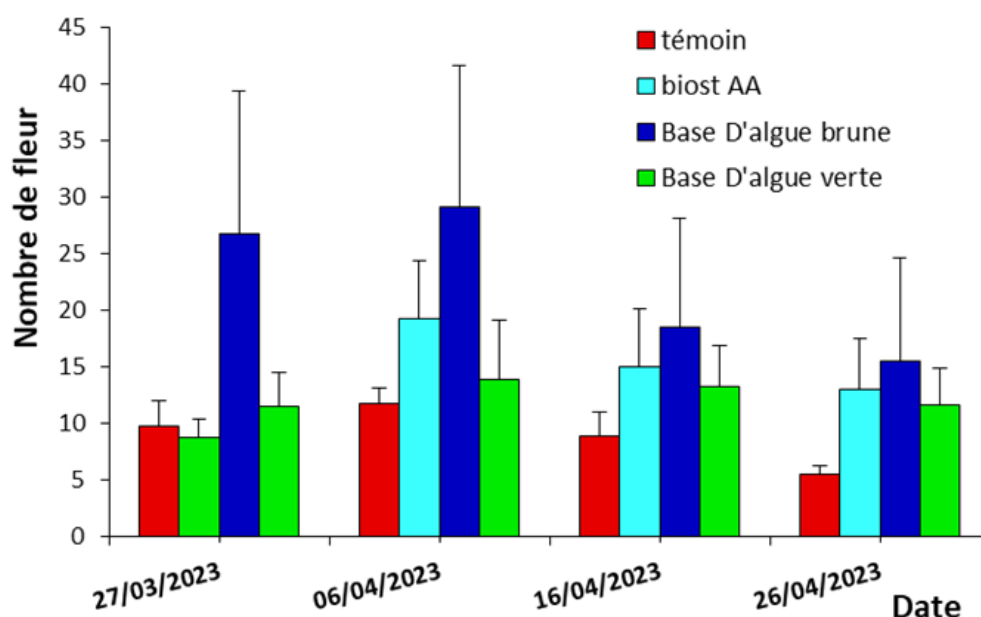
Les biostimulants sont la cause la plus probable de ce phénomène, mais les conditions climatiques et les phénomènes météorologiques peuvent également avoir un effet sur la floraison.

Ce phénomène peut être attribué au fait que les algues brunes fournissent des hormones de croissance qui permettent l'augmentation du nombre de bouquets. Ce qui confirme l'influence des traitements sur le processus de floraison.

### **V.3. Le nombre des fleurs**

Le nombre de fleurs est un paramètre très important dans l'application de biostimulants. Ce paramètre est un indicateur du rendement et de la qualité. La figure V.3

présente les résultats du nombre de fleur obtenus après l'application de deux extraits d'algues ainsi que du traitement conventionnel.



**Figure V.3.** Nombre des fleurs de clémentinier en fonction du temps (Jours) pour les différents traitements

D'après les résultats obtenus dans la figure V.3 ainsi que l'analyse de la variance d'one-way ANOVA ( $p=0,004141$ ), il y a une différence hautement significative. En effet, d'après la figure V.3 :

Au cours de la première sortie, le nombre de fleurs a varié selon le traitement, avec le plus faible nombre chez les arbres témoins (9,7), et le plus élevé chez les arbres traités avec l'extrait d'algue brune. Une légère augmentation a été observée chez tous les arbres à la deuxième sortie.

À partir de la troisième sortie, le nombre de fleurs a diminué de manière significative chez les arbres témoins, les arbres traités aux biostimulants à base d'algue et les arbres traités au traitement conventionnel en raison de l'achèvement de la période de floraison.

L'utilisation du biostimulant a entraîné une augmentation significative du nombre de fleurs chez les arbres traités avec ce dernier, par rapport aux arbres témoins et au traitement conventionnel. En outre, le nombre de fleurs fut significativement plus élevé chez les arbres

traités avec l'extrait d'algue brune que chez les arbres traités avec les autres traitements.

Bien que la cause de ce phénomène est dû en grande partie à notre biostimulants d'extrait d'algue, mais les conditions climatiques et les phénomènes météorologiques peuvent également jouer un rôle.

Ce phénomène a déjà été observé précédemment dans le cas de l'apparition des bouquets. Il s'agit de l'amélioration de la production suite à l'augmentation des hormones secrétées par la plante stimulée par le biostimulant à base d'algue brune.

#### V.4. La longueur de la partie aérienne

L'analyse de la longueur de la partie aérienne cerné de définir la croissance et le développement des plantes. Le tableau V.1 présente les résultats de la longueur de la partie aérienne obtenus après l'application du traitement conventionnel ainsi que l'extrait d'algue brune et verte.

**Tableau V.1.** Les longueurs des arbres de clémentinier pendent 120 jours.

	27/05/2023	06/05/2023	30/05/2023
Témoin	2,094	2,08	2,068
Traitement conventionnel	2.178	2.2	2.38
Extrait d'algue brune	2,148	2,214	2.262
Extrait d'algue verte	1,8384	1,856	1,882

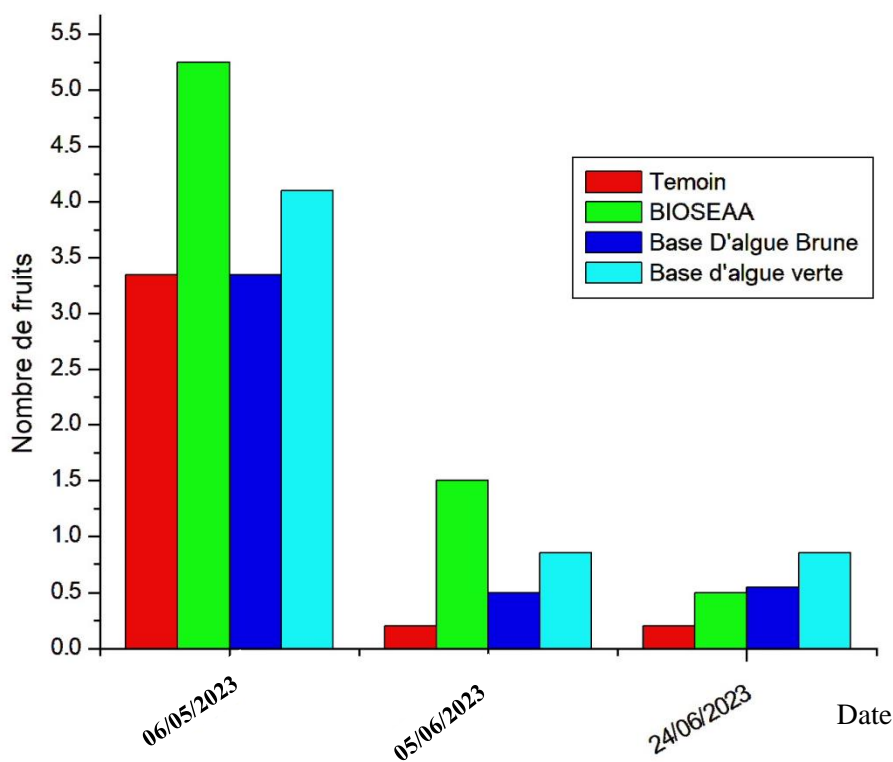
Selon les résultats, l'analyse de la variance du test de one-way ANOVA l'effet est hautement significatif ( $p=0,0002712$ )

Nous constatons que la longueur moyenne de la partie aérienne est significativement plus élevée chez les arbres traités avec l'extrait d'algue brune que chez les arbres traités avec les algues vertes. Alors que le traitement chimique reste le plus efficace, concernant ce paramètre.

Nos résultats sont principalement dus à l'effet de notre biostimulants d'extrait d'algue. Cependant, nous ne négligeons pas l'influence des conditions climatiques et des phénomènes météorologiques.

### V.5. Le nombre des fruits

Le rendement des cultures est déterminé par le nombre de fruits par plante ou arbre. La figure V.4 présente les résultats du nombre des fruits obtenus après l'application de deux extraits d'algues ainsi que du traitement conventionnel



**Figure V.4.** Le nombre de fruits dans les arbres de clémentinier en fonction du temps (jours) sous l'influence des différents traitements.

D'après la figure V.4, le traitement conventionnel a entraîné une augmentation significative du nombre de fruits par rapport au témoin. Les extraits d'algues brune et verte ont également entraîné une augmentation du nombre de fruits, mais l'augmentation était moins importante que celle du traitement conventionnel.

L'application des extraits aqueux d'algues sur la clémentine agissent comme des biostimulants. Ces extraits destinées à être utilisées comme facteurs favorisant la croissance des plantes et comme méthode pour améliorer la tolérance à la salinité, à la chaleur et à la sécheresse (**Van Oosten et al., 2017**).

L'application d'extraits d'algues améliore la croissance des plantes. Cette amélioration est visible dans différents paramètres, tels que la longueur et le nombre de feuilles.

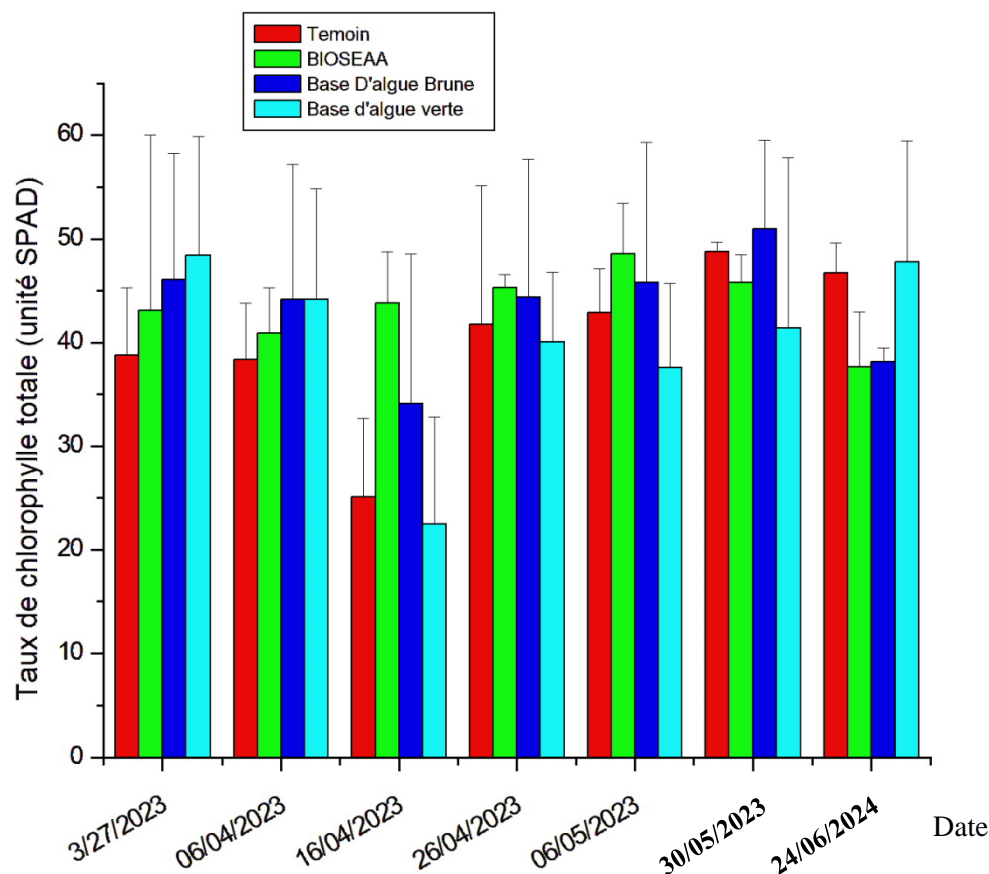
Les extraits d'algues ont un effet bénéfique sur la croissance des plantes. Cet effet est

plus prononcé lorsque l'extrait est appliqué de manière répétée. L'amélioration de la croissance est due à la présence d'hormones et de régulateurs de croissance, ainsi que d'acides aminés et d'acides gras (Lakhdar, 2018). Les études de (Shukla *et al.*, 2019) et (Mukherjee et Patel, 2020) ont montré que les dérivés d'algues et leurs oligo-dérivés stimulent la croissance des plantes.

Il est possible aussi que la composition des fruits à maturité soit influence par les conditions climatiques, les phénomènes météorologiques extrêmes, tels que les températures élevées, la sécheresse ou les vents forts, peuvent perturber la maturation des fruits et provoquer leur chute. Cela est dû au fait que ces phénomènes peuvent modifier l'intensité de certains processus biochimiques, notamment ceux qui sont responsables de la maturation des fruits (Ollat., Kremer., 2017).

#### **V.6. Mesure du taux de la chlorophylle totale (TCT « unité de SPAD »)**

La teneur en chlorophylle des plantes est un paramètre important qui permet de quantifier la santé des cultures, et la teneur totale en chlorophylle (TCT) peut être mesurée à l'aide d'un appareil SPAD. La figure V.5 présente les résultats de la teneur en chlorophylle estimée par l'appareil de chlorophylle-mètre (SPAD) obtenus après l'application des deux biostimulants à base des algues brune et verte ainsi que du traitement conventionnel.



**Figure V.5.** Le taux du taux de chlorophylle totale en fonction du temps (jours) des feuilles de clémentinier sous l'effet des différents traitements

L'analyse de la variance du test de ANOVA ( $p=0.6696$ ) montre que les biostimulants n'ont pas d'effet significatif sur le paramètre étudié.

Selon la figure V.5, il existe une différence importante entre les arbres traités avec le traitement conventionnel et ceux traités avec l'extrait d'algue brune et entre l'extrait d'algue verte et le témoin.

De plus, selon la figure V.5, la valeur la plus élevée (51 unité de SPAD) a été observée chez les arbres traités par l'extrait d'algue brune, tandis que, le traitement avec l'extrait d'algue verte a la valeur la plus faible (22,43 unité de SPAD).

Au début de l'expérience, les valeurs sont élevées, variant entre 38,8 pour le témoin et 48,43 pour le biofertilisant à base d'algue brune. Après une semaine, on observe une diminution dans tous les bioproduits.

A la date du 16 avril, les taux de chlorophylle furent au minimum, avec une moyenne de 22,43, sauf pour les arbres traités par le traitement conventionnel, qui a augmenté.

A la date du 30 mai, le taux de chlorophylle a augmenté pour le témoin et le traitement

à base d'algue brune jusqu'à atteindre le maximum, puis une décroissance a été amorcée à partir de cette date pour tous les traitements et le témoin, sauf, pour le traitement à base l'extrait d'algue verte, dont nous pouvons observer une augmentation.

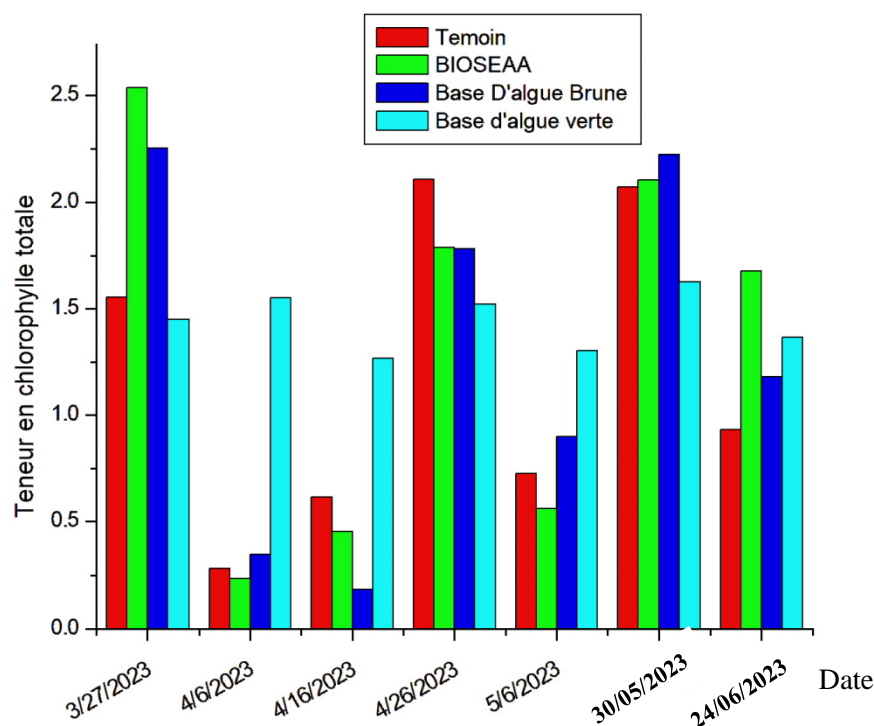
La dernière semaine, le taux de chlorophylle a diminué pour le traitement chimique et les arbres traités en biostimulant à base d'algue brune, mais il reste élevé à une moyenne de 47.83 pour les arbres traités au biostimulant à base d'algue verte en et le témoin.

Cependant, nous suggérons que la teneur en chlorophylle peut être affectée par divers facteurs, tels que la température (Xudong *et al*, 2020), exposition à la lumière (Wang *et al*, 2021), exposition à des substances toxiques (Rydzynski *et al*, 2018).

L'augmentation de la concentration de chlorophylle dans les feuilles est un indicateur d'améliorer de l'absorption de la lumière du soleil.

### V.7. La teneur en chlorophylle totale

La figure V.6 présente les résultats de la teneur en chlorophylle totale obtenus après l'application d'extrait d'algues brune et verte ainsi que du traitement conventionnel.



**Figure V.6.** L'activité photosynthétique de la chlorophylle totale en fonction de temps (jours) sous l'influence des différents traitements

Selon les résultats, l'analyse de la variance et le test de one-way ANOVA montrent



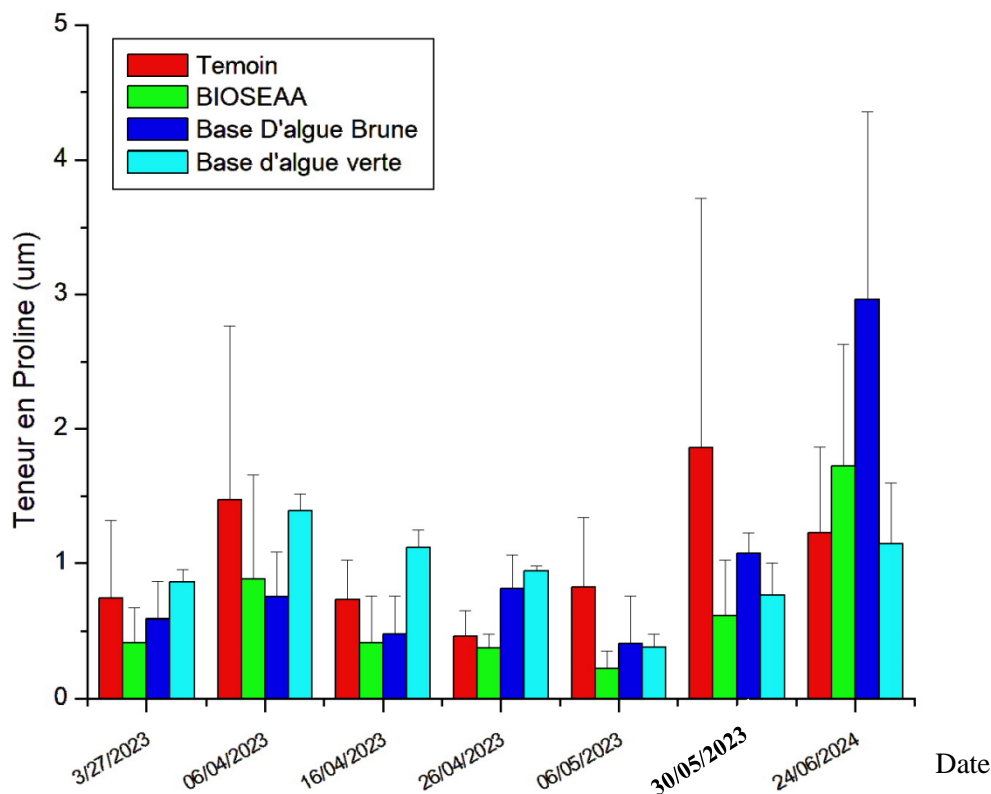
qu'il existe une différence non significative ( $P = 0,9241$ ). D'après la figure V.6 la teneur en chlorophylle est plus élevée au début de l'expérience, puis diminue au fil du temps.

Les valeurs du taux de chlorophylle totale varient selon les bio-produits. Les arbres traités avec le traitement conventionnel à la valeur la plus élevée (2,537), tandis que les feuilles traitées avec l'extrait d'algue brune à la valeur la plus faible (0,183).

La teneur en chlorophylle est considérée comme paramètre de tolérance au stress abiotique (salinité et sécheresse) chez plusieurs espèces (Srivastava *et al.*, 1988 in Bouzidi., 2019). Cependant, nous suggérons que la teneur en chlorophylle peut être affectée par divers facteurs, tels que la température (Xudong *et al.*, 2020), exposition à la lumière (Wang *et al.*, 2021), exposition à des substances toxiques (Rydzynski *et al.*, 2018).

### V.8. La teneur en proline

L'accumulation de proline joue un rôle important dans la réponse des plantes à divers stress environnementaux. La figure V.7 ci-dessous présente les résultats de la teneur en chlorophylle totale obtenus après l'application des traitements à bases d'extraits d'algues brune et verte ainsi que du traitement conventionnel.



**Figure V.7.** La teneur en proline des feuilles de clémentiniers en fonction de temps (jours) sous l'influence des différents traitements

L'analyse de variance statistique et le test de one way ANOVA ( $p=0.6192$ ), Pet la figure V.8 démontrent qu'il n'y a pas une différence significative entre les bio-produits.

En effet d'après la figure V.7, la teneur en proline du groupe témoin est relativement faible au cours du temps, avec une valeur moyenne d'environ 15  $\mu\text{M}$ . Cela suggère que la plante est capable de tolérer le stress environnemental sans accumuler de proline.

La teneur en proline des arbres traités avec un traitement conventionnel augmente progressivement au fil du temps, atteignant une valeur maximale de 25  $\mu\text{M}$  après 30 jours. Cela suggère que la plante commence à accumuler de la proline en réponse au stress salin.

La teneur en proline des arbres traités avec l'extrait d'algue brune augmente encore plus rapidement que les arbres traités conventionnellement, atteignant une valeur maximale de 27  $\mu\text{M}$  après 24 jours. Cela suggère que la plante est plus sensible au stress salin et commence à accumuler de la proline plus tôt.

La teneur en proline des feuilles l'extrait d'algue verte est élevé, atteignant une valeur maximale de 30  $\mu\text{M}$  après 16 jours. Cela suggère que la plante est la plus sensible au stress salin et commence à accumuler de la proline très tôt.

Les biostimulants sont en grande partie responsables de ce phénomène, bien que les conditions climatiques et les phénomènes météorologiques puissent parfois être la cause.

L'augmentation de la teneur en proline est une réponse courante des plantes aux stress environnementaux (**Ben Rejeb, 2012**).

La proline est un acide aminé joue un rôle important dans l'adaptation des plantes aux stress environnementaux (**Ben Rejeb, 2012**).

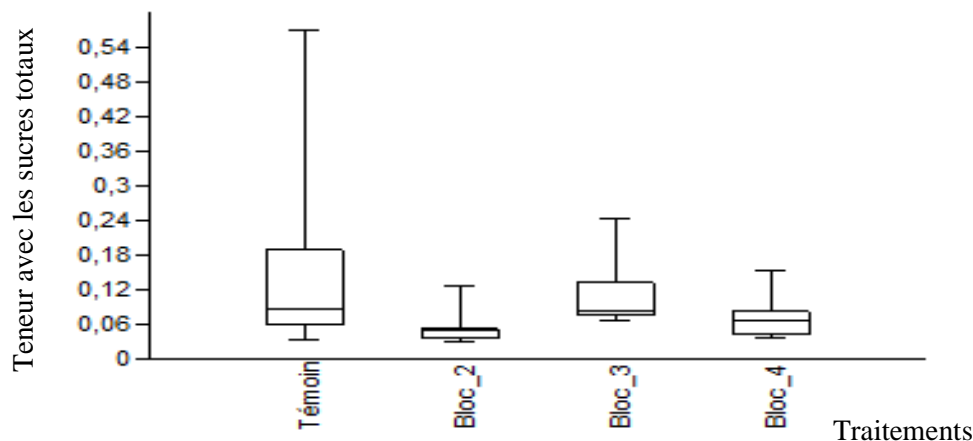
Le fait que la teneur en proline soit plus élevée dans les arbres traités avec algues brunes que dans les algues vertes suggère que les algues brunes confèrent aux arbres une plus grande résistance au stress et une capacité de réponse plus rapide.

L'accumulation de sel dans les plantes peut également être causée par des facteurs environnementaux autres que la salinité du sol, tels que les contraintes biotiques (**Ben Rejeb, 2012**).

### V.9. La teneur en sucres totaux

La teneur en sucres totaux, y compris le saccharose et les sucres totaux solubles, constitue un paramètre important dans l'estimation de la qualité et du rendement des plantes.

La figure V.8 présente les résultats de la teneur en sucres totaux obtenus après l'application de l'extrait d'algues brune et verte ainsi que du traitement conventionnel.



**Figure V.8.** La teneur en sucres totaux des feuilles de clémentinier en fonction de temps (jours) sous l'influence des différents traitements

Selon la figure V.8, et en se basant sur l'analyse statistique de la variance et du test de one-way ANOVA, nous avons observé un effet non significatif des bio-produits sur les arbres ( $p=0.2515$ ). De ce fait la figure V.8 montre que :

La concentration en sucre est plus élevée dans les groupes traités que dans le groupe témoin.

La concentration en sucre est la plus élevée dans le groupe bloc 4 (les arbres traités avec l'extrait d'algue verte), suivi par le bloc 3 (les arbres traités avec l'extrait d'algue brune), le bloc 2 (les arbres traités avec le biostimulant AA) et enfin le témoin. Toutefois, nous avons observé quelques valeurs aberrantes dans le groupe bloc 4.

Les biostimulants sont un facteur important, mais les conditions climatiques et les phénomènes météorologiques peuvent également y jouer un rôle dans la concentration en sucre.

Les résultats de cette analyse suggèrent que les engrais azotés, potassiques et phosphates peuvent avoir un impact positif sur l'augmentation des sucres dans le sol. L'engrais phosphate a eu le plus grand impact, suivi de l'engrais potassique et de l'engrais azoté.

Des études réalisées par Mzibra et ses collaborateurs en (2018; 2020; 2021) ont montré que l'application de polysaccharides extraits des algues marocaines ont des effets significatifs

sur l'accélération de la germination de graines, l'amélioration de la croissance des plantes de tomates ainsi que l'augmentation du rendement et l'amélioration de la qualité nutritionnelle des fruits récoltés.

Les biostimulants à base d'algue brune et verte peuvent avoir une influence positive sur la teneur en sucres totaux du clémentinier. Les algues brunes et vertes sont connues pour contenir des composés bioactifs tels que des acides aminés, des hormones végétales, des vitamines et des minéraux. Ces composés peuvent favoriser le métabolisme des sucres dans les plantes en stimulant la photosynthèse, la respiration cellulaire et l'absorption des nutriments. De ce fait, le biostimulant à base d'algues brunes et vertes pourrait être utilisé pour améliorer la qualité des clémentines, en particulier leur teneur en sucres.

Les résultats de cette recherche suggèrent que les biostimulants à base d'extraits d'algues, y compris les algues brunes et vertes, possèdent des propriétés phytostimulatrices qui peuvent augmenter la croissance des plantes et les paramètres de rendement de plusieurs plantes cultivées importantes.

Il n'existe cependant pas d'études spécifiques sur l'effet des biostimulants à base d'algues brunes et vertes sur la teneur totale en sucre des clémentiniers.

Une étude sur *Beta vulgaris* L. a révélé que l'application d'extraits d'algues brunes influençait l'expression des gènes liés à l'auxine et à l'ABA, le développement des racines et le rendement.

# **Conclusion Général et Perspectives**

Depuis longtemps, les macro-algues jouent un rôle économique et écologique très important pour les communes du littoral. Malheureusement, aujourd'hui, les algues sont encore peu valorisées. Toutefois, les algues sont une source de métabolites bioactifs avec des activités biologiques très variées, qui peuvent être utilisées en tant que fertilisant ou comme bio-pesticide dans les champs agricoles.

En effet, l'utilisation des micro-algues en tant que biostimulants dans l'agriculture est de plus en plus étudiée et mise en pratique en raison de leur potentiel à améliorer la croissance, la résistance et la qualité des cultures. Les micro-algues sont de minuscules organismes unicellulaires qui prospèrent dans des environnements aquatiques et sont riches en nutriments essentiels, en phytohormones et en composés bioactifs bénéfiques pour les plantes.

Ce travail expérimental a pour but d'évaluer l'effet des extraits d'algues utilisés comme biostimulants sur les mécanismes de nutrition de la culture du clémentinier. Pour ce faire, différents paramètres de croissance suite à l'application de biostimulants à base d'extrait d'algue brune et d'algue verte sur un clémentinier ont été étudiés. En parallèle un traitement conventionnel a été réalisé à titre de comparaison. Les mesures recueillies sont relatives aux paramètres de croissance tels que, le nombre de feuilles, le nombre de bouquets floraux, le nombre de fleurs, à la longueur de la partie aérienne, au diamètre du tronc des arbres, au nombre de fruits. Et aux paramètres phytochimiques tels que, la mesure du taux de chlorophylle totale (exprimée en unités SPAD), à la teneur en chlorophylle totale, à la teneur en proline, et enfin à la teneur en sucre totale.

Selon les résultats obtenus, nous pouvons conclure que :

- Le nombre de feuilles chez les arbres traités avec l'extrait d'algue brune, atteint une valeur maximale comparativement aux autres traitements.
- L'utilisation du biostimulant à base d'algue a entraîné une augmentation significative du nombre de fleurs et du bouquet floraux chez les arbres traités avec ce dernier. En outre, le nombre de fleurs fut significativement plus élevé chez les arbres traités avec l'extrait d'algue brune que chez les arbres traités avec les autres traitements.
- E la longueur moyenne de la partie aérienne est significativement plus élevée chez les arbres traités avec l'extrait d'algue brune que chez les arbres traités avec les algues vertes. Toutefois, le traitement chimique reste le plus efficace.

- L'application d'extraits d'algues améliore la croissance des plantes. Cette amélioration est visible dans différents paramètres, tels que la longueur et le nombre de feuilles.
- La valeur la plus élevée (51 unité de SPAD) a été observée chez les arbres traités par l'extrait d'algue brune,
- Les valeurs du taux de chlorophylle totale varient selon les bio-produits. Les arbres traités avec le traitement conventionnel à la valeur la plus élevée, tandis que les feuilles traités avec l'extrait d'algue verte à la valeur la plus faible.
- La teneur en proline des feuilles l'extrait d'algue verte augmente le plus rapidement de tous, atteignant une valeur maximale. Cela suggère que la plante est la plus sensible au stress salin et commence à accumuler de la proline très tôt.
- Les engrais azotés, potassiques et phosphates peuvent avoir un impact positif sur l'augmentation des sucres dans le sol. L'engrais phosphate a eu le plus grand impact, suivi de l'engrais potassique et de l'engrais azoté.

Les résultats de cette recherche suggèrent que les biostimulants à base d'extraits d'algues, y compris les algues brunes et vertes, possèdent des propriétés phytostimulatrices qui peuvent augmenter la croissance des plantes et les paramètres de rendement de plusieurs plantes cultivées importantes.

Il serait bénéfique de poursuivre cette étude en approfondissant l'impact sur le système racinaire et en effectuant une analyse plus approfondie de la qualité nutritionnelle des fruits résultant des produits qui ont montré les meilleures performances. Une perspective enrichissante consisterait également à explorer les effets de ces produits sur la composition du microbiome environnant la plante, afin de mieux comprendre les interactions positives qui pourraient en découler.

# **Référence Bibliographique**



- BABU P., BRYAN J. D., PANEK H. R., JORDAN S. L., FORBRICH B. M., KELLEY S. C., COLVIN R. T., ROBINSON L. C., 2002 - Plasma membrane localization of the Yck2p yeast casein kinase 1 isoform requires the C-terminal extension and secretory pathway function. *J Cell Sci* 115 (Pt 24). pp: 4957- 4968.
- Barbier E., 1964-POLLINISATION ET FRUCTIFICATION DU CLÉMENTINIER. *Les Annales de l'Abeille*, 7 (1), pp.63-80. [En ligne].Disponible sur : <https://hal.science/hal-00890191/document>(Consulte le 3 juin 2023).
- Beloued I., 2018-*Ecologie de deux cochenilles du clémentinier Parlatoria ziziphi et Parlatoria pergandei (Hom : Diaspididae) à Oued El Alleug*, Zoologie Agricole et Forestière, Ecole nationale supérieure agronomique-El Harrach-,124p.
- Bertoldo, Gbertoldo G., Chiodi C., Della Lucia M., Borella M., Ravi S., Baglieri A., Lucenti, P., Ganasula B. K., Mulagala C., Squartini A., Concheri G., Magro F., Campagna G., Stevanato, P., et Nardi S.,2023-*Brown seaweed extract (BSE) application influences Auxin- and ABA-Related gene expression, root development, and sugar yield in Beta vulgaris L. Plants*, 12(4), 843. [En ligne].Disponible sur : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36840191/> (Consulte le 13 septembre 2023)
- Ben Rejeb K, Abdelly C, et Savouré A., 2012-La proline, un acide aminé multifonctionnel impliqué dans l'adaptation des plantes aux contraintes environnementales. *Biologie Aujourd'hui*,206(4), 291–299. [En ligne].Disponible sur : [https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2019/Comparaison%20entre%20la%20mesure%20du%20taux%20de%20la%20chlorophylle%20et%20le%20dosage%20de%20sa%20teneur%20par%20spectrophotom%C3%A9trie%20Comparaison%20C3%A9volutive%20de%20la%20s%C3%A9nescence%20de%20quelques%20vari%C3%A9t%C3%A9s%20de%20bl%C3%A9%20dur%20\(Triticum%20durum%20Desf.\)..pdf?fbclid=IwAR0v7IwQzkz864ANQ397zKYL2ZLvJG\\_rXBd18xxNwym9nP6StbskW7t-DQ](https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2019/Comparaison%20entre%20la%20mesure%20du%20taux%20de%20la%20chlorophylle%20et%20le%20dosage%20de%20sa%20teneur%20par%20spectrophotom%C3%A9trie%20Comparaison%20C3%A9volutive%20de%20la%20s%C3%A9nescence%20de%20quelques%20vari%C3%A9t%C3%A9s%20de%20bl%C3%A9%20dur%20(Triticum%20durum%20Desf.)..pdf?fbclid=IwAR0v7IwQzkz864ANQ397zKYL2ZLvJG_rXBd18xxNwym9nP6StbskW7t-DQ). (Consulte le 13 septembre 2023)
- Ben Rejeb, K ., Abdelly C.,et Savouré A.,2012-La proline, un acide aminé multifonctionnel impliqué dans l'adaptation des plantes aux contraintes environnementales. *Biologie Aujourd'hui*, 206(4), 291-299. [En ligne].Disponible sur : <https://doi.org/10.1051/jbio/2012030> (Consulte le 13 septembre 2023)
- Boudinar M et Miliari S.,2017-*effets de la variabilité de deux doses différentes de bore sur deux stades phénologique de la floraison sur : la fécondation et nouaison du poirier (variété Santa Maria)* [en ligne] , amelioration production végétal , Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, 119p, disponible sur :<https://123dok.net/article/r%C3%B4le-des-%C3%A9lements-min%C3%A9raux-les-%C3%A9lements-min%C3>

A9raux.zx5v4owq (Consulte le 04mai 2023).

- Bouzidi I, 2019. Comparaison entre la mesure du taux de la chlorophylle et le dosage de sa teneur par spectrophotométrie : Comparaison évolutive de la sénescence de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Biotechnologie et Génomique Végétale. Université des Frères Mentouri Constantine 1. 44 p. [En ligne]. Disponible sur : [https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2019/Comparaison%20entre%20la%20mesure%20du%20taux%20de%20la%20chlorophylle%20et%20le%20dosage%20de%20sa%20teneur%20par%20spectrophotom%20C3%A9trie%20%20Comparaison%20C3%A9volutive%20de%20la%20s%C3%A9nescence%20de%20quelques%20vari%C3%A9t%C3%A9s%20de%20bl%C3%A9%20dur%20\(Triticum%20durum%20Desf.\)..pdf](https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2019/Comparaison%20entre%20la%20mesure%20du%20taux%20de%20la%20chlorophylle%20et%20le%20dosage%20de%20sa%20teneur%20par%20spectrophotom%20C3%A9trie%20%20Comparaison%20C3%A9volutive%20de%20la%20s%C3%A9nescence%20de%20quelques%20vari%C3%A9t%C3%A9s%20de%20bl%C3%A9%20dur%20(Triticum%20durum%20Desf.)..pdf)
- Bora Musole J., 2018-*ESSAI DE FABRICATION DU VIN A BASE DE GOYAVE (Psidium guajava)* [en ligne], sciences agronomiques, université catholique du bukavu, 9p, disponible sur : <https://www.africmemoire.com/part.4-chap-ii-generalites-sur-la-fermentation-et-la-vinification-1598.html>(Consulte le 16 mai 2023).
- Bouzid, S., (2022)- *ECOPHYSIOLOGIE VEGETALE*. Dans Chapitre 5 : Nutrition minérale, université frères Mentouri Constantine. [En ligne] Disponible sur : [https:// fac.umc.edu.dz/snv/faculte/becol/2022/chapitre%205%20nutrition%20min%C3%A9rale.pdf](https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/becol/2022/chapitre%205%20nutrition%20min%C3%A9rale.pdf)(Consulte le 13 mai 2023).
- Bouzid S., (2022)-*ECOPHYSIOLOGIE VEGETALE*. Dans Chapitre 4 : Transport de l'eau et les minéraux chez les plantes, université frères Mentouri Constantine. [En ligne] Disponible sur : <https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/becol/2022/chapitre%204%20TRANSPORT%20vgtaux.pdf> (Consulte le 13 mai 2023).
- Bouzid S., (2022)-*ECOPHYSIOLOGIE VEGETALE*. Chapitre 5: Nutrition minérale, université Frères Mentouri Constantine. Disponible sur : [https:// fac.umc.edu.dz / snv / faculte / becol/ 2022/chapitre%205%20nutrition%20min%C3%A9rale.pdf](https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/becol/2022/chapitre%205%20nutrition%20min%C3%A9rale.pdf).
- Chapot H et Vittorio V., 1996 - *Maladie, trouble et ravageurs des agrumes au Maroc*. Institut national d'agronomie Rabat, 420 p.
- Ciprian S., 2007- *Etude de fonctionnement de l'écosystème prairial en conditions de nutrition N et P sub limitantes. Application au diagnostic de nutrition*, [en ligne] Fonctionnement des Ecosystèmes et Agrosystèmes, L'université de sciences agricoles et médecine vétérinaire de Banat Timisoara, 243p, disponible sur : [oatao.univ-toulouse.fr > 7591 > 1](http://oatao.univ-toulouse.fr/7591/1)(Consulte le 20 mai 2023)-
- Devenelle M., 2022-*la nutrition minérale*, Biologie et Physiologie Végétales, Université de Reims Champagne-Ardenne, 14p. Disponible sur : [https:// www.studocu.com/ fr/document/](https://www.studocu.com/fr/document/)

universite-de-reims-champagne-ardenne/biologie-et-physiologie-vegetales/la-nutrition-minerale-phyv0301/19006814 (Consulte le 20 avril 2023).

- DUBOIS M. K. A, GILLES Y. K et HAMILTON P. A., 1956 - Colemetric method for determination of sugars and related substance. Anal and Chem. Jour: 28. pp: 350- 356.

- Dhondt-Cordelier S., 2022-*la nutrition minérale des végétaux* [en ligne], Physiologie Végétale, Université de Reims Champagne-Ardenne, 24p.Disponible sur :

<https://www.studocu.com/fr/document/universite-de-reims-champagne-ardenne/physiologie-vegetale/phyv0301-cm-nutrition-minerale/50551836> (Consulte le 25mai 2023).

- D'Haene J., 2021-*Évaluation de l'effet biostimulant de consortia microbiens sur le développement du froment d'hiver en fonction de la variété (en serres) et du niveau de fumure organique (au champ)* [en ligne]. Mémoire de master, Sciences Agronomiques, Université catholique de Louvain, Belgique, 98p Disponible sur :

[file:///C:/Users/ASUS/Downloads/D'Haene\\_38591600\\_2022%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/D'Haene_38591600_2022%20(3).pdf) (Consulté le 07 October 2023).

-DREIR W. et GOTING M., 1974-Der einfluss bother. Salzkonzentrationen auf physiologische parameter von aismurzelu. Wiss. Der H. V. Berlin, Nath. Naturwiss, 23, pp: 641- 646.

- Frély R., 2015-*les agrumes*.Ed : saveurs &vertus sante beauté maison,grancher, Paris, 125p.

- Gautier-FLD P., (2022). *Agrumes : plus de 158 millions de tonnes au niveau mondial*[en ligne]. Disponible sur : <https://www.reussir.fr/fruits-legumes/agrumes-plus-de-158-millions-de-tonnes-au-niveau-mondial> (Consulté le 17 juin 2023).

- Henin.,S. 1998-*La fertilisation*. 7ème Ed, Union des Industries de la Fertilisation, pp.78.

- <https://www.weatheronline.co.uk> .

- Jacquemond C, curk F, heuzet M et coord., 2013 - Les clémentiniers et autres petits agrumes. Ed : quae, 363p.

- Kremer A., Ollat N., 2017-Agriculteur et foret. *Prosses universitaires de bordeaux*. P 107-154 [en ligne]. Disponible sur : <https://books.openedition.org/pub/642?lang=en>

- Kergosien N., Stiger-Pouvreau V., Connan, S., Hennequart F., et Brébion J.,2023- Mini-Review : Brown Macroalgae as a promising raw material to produce biostimulants for the agriculture sector. *Frontiers in agronomy*, 5. [en ligne]. Disponible sur : <https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1109989> ( Consultée le 17 october 2023).

- Labrie F.,2022-*Les biostimulants aident les plantes à combattre les stress abiotiques et*

- assurent une meilleure assimilation des éléments fertilisants*. Sollio Agriculture. [en ligne]. Disponible sur : [://sollio.ag/fr/innovation/biostimulant-grandes-cultures](https://sollio.ag/fr/innovation/biostimulant-grandes-cultures) (Consulté le 12 octobre 2023).
- Lévy G., 1985-Nutrition minérale et azotée sève brute.In : Lafon J-P et Tharaud-Praayer C et Lévy G.Biologie des plantes cultivées tome1, Ed : ARPEPS, Paris, pp152-173.
  - Lionel Harvey, H. *Les Meilleurs Pays Producteurs D'Agumes Au Monde* | 2023. Disponible sur : <https://fr.ripleybelieves.com/world-s-top-citrus-producing-countries-4519>.
  - Ling L., Chen H. et Li S., (2022)-Biostimulants : un examen de leurs effets sur la croissance, le développement et la tolérance au stress des plantes. *Agronomie*, 12(2), pp1-3[en ligne]. Disponible sur : <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/5/1043> (Consulté le 19 octobre 2023).
  - GENDRY M., 2017-*BIOSTIMULANTS ET FERTILITE DES SOLS*. Chambres d'agriculture des Pays de la Loire, SOLAG n°1[en ligne]. Disponible sur : [20170105\\_SOLAG\\_biostimulants\\_et\\_fertilite\\_sol.pdf](https://www.chambres-agriculteurs.fr/medias/20170105_SOLAG_biostimulants_et_fertilite_sol.pdf) (Consulte le 20 octobre 2023)
  - Gueyyouche F., 2013-*Etude comparative entre les variétés d'agumes et leurs résistance vis-à-vis de la Tristera* [en ligne], Biologie des interactions plantes-microorganisme, Université Saad dahlab de Blida, 53p. Disponible sur : <https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/2901/1/1.02.pdf> (Consulte le 16 juin 2023).
  - Maignan V., (2023)-*Evaluation des effets biostimulants de la Glutacétine et de ses dérivés sur l'efficacité d'usage de l'azote, le rendement et la qualité grainière du blé tendre : criblage en serre, validation au champ et développement d'outils de diagnostic*, Écophysiologie végétale, agronomie et nutrition, Université de Caen Normandie.
  - Mukherjee A et Patel A.,2020-Seaweed derivatives and their oligoderivatives as biostimulants for sustainable agriculture: A review. *Journal of Applied Phycology*, 32(1), 1-17 [enligne].Disponible sur : [https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes\\_IAVH2/article/view/1165/1587](https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes_IAVH2/article/view/1165/1587) (Consulte le 13 septembre 2023) .
  - Mzibra A., Aasfar A., Benhima R., Khouloud M., Boulif R., Douira A., Bamouh A., Meftah Kadmiri I. (2020). Biostimulants Derived from Moroccan Seaweeds: Seed Germination Metabolomics and Growth Promotion of Tomato Plant. *Journal of Plant Growth Regulation* [en ligne].Disponible sur : [https://www.researchgate.net/publication/340489971\\_Biostimulants\\_Derived\\_from\\_Moroccan\\_Seaweeds\\_Seed\\_Germination\\_Metabolomics\\_and\\_Growth\\_Promotion\\_of\\_Tomato\\_Plant](https://www.researchgate.net/publication/340489971_Biostimulants_Derived_from_Moroccan_Seaweeds_Seed_Germination_Metabolomics_and_Growth_Promotion_of_Tomato_Plant) (Consulte le 13 septembre 2023)
  - North E., Johnson G. R., et Burk T.,2015-Trunk flare diameter predictions as an infrastructure planning tool to reduce tree and sidewalk conflicts. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(1), 65-71. [enligne].Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014>.

11.009(Consulte le 13 septembre 2023).

- Ouggadi I., 2020-*Diagnostic phytosanitaire des agrumes dans la région de Fellaoucene-Wilaya de Tlemcen (Cas des Orangers)* [en ligne], Agronomie (protection des végétaux, Université Abou bekr belkaid-Tlemcen, 62p disponible sur : [http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/17500/1/OUGGADI\\_IMANE.pdf](http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/17500/1/OUGGADI_IMANE.pdf) (Consulte le 16 juin 2023).
- Patrick du Jardin .,2015-Plant biostimulants : definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196(30). Pp : 3-14. Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850>. (Consulté le 17 octobre 2023)
- Rydzyński D., Piotrowicz-Cieślak A. I., Grajek H.,et Michalczyk D. J.,2018-Chlorophyll degradation by tetracycline and cadmium in spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves. *International Journal of Environmental Science and Technology*,16(10),6301-6314pp[en ligne].disponible sur : <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2142-8>.
- Shukla A., Pandey R., & Singh A.,(2019)-*Impact of climate change on crop yields in India. Climate Change Research*, 14(1), 1-12. [en ligne].Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6937272/> (Consulte le 23 septembre 2023).
- TAHARI M., HALANYCH K M., 1998 – Investigations on the host preference of *Callosobruchus maculatus* F. (*Coleoptera: Bruchidae*) and its comparative biology on different varieties of chickpeas in Iran. *Appl. Ent. Phytopath.* 63, pp : 1- 2.
- Takarli F., 2012- *ECO ETHOLOGIE DE LA COCHENILLE NOIRE PARTATORIA ZIZIPHILUCAS (HOMOPYERA) SUR CLEMENTINIER DE MITIDJA*[en ligne], protection des plantes et de l'environnement, Université saad dahlab de Blida, 125P.
- Tharaud-Praayer C., 1985-Nutrition énergétique respiration-fermentation. In : Lafon J-P et Tharaud-Praayer C et Lévy G.Biologie des plantes cultivées tome1, Ed : ARPEPS, Paris, pp174-192.
- Tharaud-Praayer C., 1985-Nutrition carbonée. In : Lafon J-P et Tharaud-Praayer C et Lévy G.Biologie des plantes cultivées tome1. Ed : ARPEPS, Paris, pp193-219.
- Trabut, L., 1926-Les hybrides de *Citrus nobilis* : La Clémentine. *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, 6(60), 484-489. [En ligne].Disponible sur : [https://www.persee.fr/doc/jatba\\_0370-3681\\_1926\\_num\\_6\\_60\\_4435](https://www.persee.fr/doc/jatba_0370-3681_1926_num_6_60_4435)
- TROLL W. et LINDSLEY J., 1955 – A photometric method for the determination of proline. *J.Biol. Chem.*, 216, pp: 655- 660.
- Virbel-Alonso C., 2011- Citron et autres agrumes.Ed : d'Organisation, Eyrolles,140p. [En ligne]. Disponible sur : <https://static.fnac-static.com/multimedia/editorial/pdf/>

9782212552072.pdf (Consulte le 3 juin 2023).

-Wang, Y., Yang, C., Huang, K., et Shaw, J.,2021-Chlorophyllides : preparation, purification, and application. *Biomolecules*, 11(8), 1115.[En ligne].Disponible sur : <https://doi.org/10.3390/biom11081115>.

- [www.WeatherSpark.com](http://www.WeatherSpark.com)

- Zhao Y., Han Q., Ding C., Huang Y., Liao, J., Chen T., Feng S., Zhou L., Zhang Z., Chen Y., Yuan S., & Yuan M., 2020-Effect of low temperature on chlorophyll biosynthesis and chloroplast biogenesis of rice seedlings during greening. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1390. [En ligne].Disponible sur :<https://doi.org/10.3390/ijms210413> .

