

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE BLIDA -1-



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-ECOLOGIE

Mémoire de Fin d'étude

En vue de l'obtention de Diplôme de master Académique

Filière : Sciences de la Nature et de la Vie.

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes.

Impact d'utilisation de quelques biointrants bactériens endémiques sur la culture d'une variété hybride de tomate (*Solanum lycopersicon* L.)

Présenté par

**SLIMI Lobna
Et
BOUADI Chems Eddine**

Devant le jury :

Mme TADJINE N.	MAB	USDB	Présidente
Mme SADDEK D.	Dr INPV	USDB	Examinatrice
Mme MOUMENE S.	MCA	USDB	Promotrice

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Nous commençons d'abord par remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de terminer nos études et d'atteindre ce stade.

Nous souhaitons remercier notre promotrice Mme MOUMENE Saida, Maitre de conférences Classe A, à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Blida, pour son encadrement, ses orientations, ses conseils judicieux, sa patience et sa disponibilité.

Nous remercions très sincèrement Mme TADJINE N, enseignante à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida, d'avoir accepté de présider le jury.

Nous voulons également exprimer nos sincères remerciements à l'examinatrice Mme SADDEK D, docteur et chef de département à INPV, Station de Boufarik, Blida.

Des remerciements particuliers à nos parents pour leur grand soutien
Enfin, merci du fond de cœur à toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes généreux parents « Abdel Kader et
Fatma»

Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur aide précieuse et leur
soutien tout le long de mes études

Que Allah les bénisse, protège et leur accorde une longue et bonne vie.

A :

Mes très chers frères et sœurs qui m'ont toujours encouragé à aller de
l'avant

Toute ma famille

A celui qui m'a le plus aidé « Lotfi »

Et surtout à mon binôme « Chems Eddine », avec qui j'ai passé des
jours et des nuits pleines de fatigue afin de mener à bien ce travail

Lobna

Dédicaces

Au début je remercie dieu pour la réussite dans mon parcours d'étude

Et avec un grand plaisir je Dédie ce mémoire à mes chers parents
Rachid et Samira et mes frères amis et Walid pour tout leur amour et
leur soutien durant toute mon parcours d'étude

Et je tiens à remercier infiniment ma tante maternelle Hamaeurlain
Souad qu'il m'a toujours encouragé et m'a soutenu

Et sans oublier mon grand frère Cherfi Mehdi qu'il m'a donné tout le
soutien Financial et morale

Et à ma deuxième famille l'équipe de la pharmacie

Bien sûr mon bras droit Bahria Abdelmalek

Et Meriem et Yasmine on a vécu des aventures inoubliables durant
toute notre parcours universitaire

A mon meilleur ami Faiz Rouabh

Je dédie toutes les personnes m'ayant aidé de près ou de loin

Est avec un grand plaisir j'avais l'occasion de travailler et élaborer
avec mon binôme (Slimi Lobna) notre thèse que ça n'a pas était facile à
réaliser mais on a fait de notre mieux.

Chemsou

Résumé

Impact d'utilisation de quelques biointrants bactériens endémiques sur la culture d'une variété hybride de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

La présente étude a été basée sur l'évaluation des potentialités agronomiques d'une collection de 12 isolats de PGPR endémiques appliqués sous forme de suspensions bactériennes par arrosage des jeunes plantules d'une variété hybride F1 « Tsarine » de tomate. Nos principaux objectifs visés concernent l'amélioration de la hauteur des plants, la densité foliaire, la production en nombre et en poids des fruits de tomates produits ainsi que leur critères organoleptiques et biochimiques. Les principaux résultats ont confirmé un potentiel biostimulant performant chez de nombreux isolats de PGPR en vue de leur utilisation dans l'agriculture durable et respectueuse de l'environnement de la tomate avec la recommandation de l'application de l'isolat AC6 pour booster la croissance des plantes et les isolats AC1, AC7 et AC12 pour une meilleure production quantitative et qualitative des fruits de tomates. Par ailleurs, les isolats PGPR AC1, AC5 et AC7 sont également recommandés vu leur potentiel en production de tomates de faibles teneurs en sucres (42,38 et 46,30mg/ml) pour les diabétiques.

Mots clés : Culture, isolats PGPR endémiques, rendement, qualité des fruits, *Solanum lycopersicum*

Abstract

Impact of the use of some endemic bacterial bioinputs on the cultivation of a hybrid variety of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.).

The present study focused on the evaluation of the agronomic potential of a collection of 12 endemic PGPR isolates applied in the form of bacterial suspensions by watering the young seedlings of an F1 hybrid tomato cultivar "Tsarine". Our main objectives concern the improvement of the height of the plants, the leaf density, the production in number and weight of the tomato fruits produced as well as their organoleptic and biochemical criteria. The main results confirmed a bio-stimulant potential in many PGPR isolates for their use in sustainable and environmentally friendly tomato agriculture with the recommendation of the application of « AC6 » isolate to boost growth of plants and the « AC1, AC7 and AC12 » isolates for a better quantitative and qualitative production of tomato fruits.

In addition, the PGPR « AC1, AC5 and AC7 » isolates are-also recommended for their potential in the production of tomatoes with low sugar content (42.38 and 46.30mg/ml) for diabetics.

Key words: Cultivation, endemic PGPR isolates, yield, fruit quality, *Solanum lycopersicum* L.

الملخص

تأثير استخدام بعض المدخلات الحيوية البكتيرية المستوطنة على زراعة صنف هجين من الطماطم

(*Solanum lycopersicum L.*)

استندت الدراسة الحالية الى تقييم الإمكانيات الزراعية لمجموعة من 12 عزلة مستوطنة من PGPR مطبقة في شكل معلقات بكتيرية عن طريق سقي الشتلات الصغيرة من صنف طماطم مهجن « F1 » Tsarine. تتعلق أهدافنا الرئيسية بتحسين نمو النباتات، كثافة الأوراق ونتاج عدد ووزن ثمار الطماطم المنتجة بالإضافة الى معاييرها الحسية والكيميائية الحيوية. أكدت النتائج الرئيسية وجود محفز حيوي قوي في العديد من عازلات PGPR لاستخدامها في زراعة الطماطم المستدامة والصديقة للبيئة مع التوصية بتطبيق AC6 لتعزيز نمو النباتات وعزل «AC1, AC7, AC12» لتحسين الإنتاج الكمي والنوعي من ثمار الطماطم.

بالإضافة الى ذلك، يوصى أيضا بعازلات «AC1, AC5, AC7» PGPR لإمكاناتها في انتاج الطماطم ذات المحتوى المنخفض من السكر (42.38 و46.30مغ/مل).

الكلمات الدالة: الزراعة، عازلات PGPR المستوطنة، المحصول، جودة الثمار، *Solanum lycopersicum L.*

Liste des figures

	Page
Figure 1: Diffusion de la tomate dans le	03
Figure 2: Schéma d'une section longitudinale d'un fruit de tomate	05
Figure 3: Schéma d'une section transversale d'un fruit de tomate	05
Figure 4: Préparation de substrat (a) et mise en germination des graines de tomate (b)	20
Figure 5: Transplantation et installation des plantes de tomate sous serre.	21
Figure 6: Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon la hauteur des plantes de tomate cultivées.	27
Figure 7: Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon le nombre de feuille des plantes de tomate cultivées.	28
Figure 8: Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon le nombre de fruit des plantes de tomate cultivées.	29
Figure 9: Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon le poids de fruit des plantes de tomate cultivées.	30
Figure 10: Classement des isolats bactérien endémiques par le test de Tukey selon les teneurs en pigments foliaires (Chlorophylle totaux ainsi que les caroténoïdes) synthétisés par les plantes de tomate cultivées.	31
Figure 11: Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon les teneurs en matière sèche (a), teneur en matière organique (b) et teneur en matière minérale (c) et teneur en eau (d).	34
Figure 12: Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon le pH de plantes de tomate cultivées.	36
Figure 13: Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon les teneurs en sucres totaux des plantes de tomate cultivées.	37
Figure 14: Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon les teneurs en polyphénols totaux (a) et en flavonoïdes (b) des extraits de plantes de tomate cultivées.	38

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1: Production mondiale de la tomate durant la campagne 2020	10
Tableau 2: Superficie et production de la tomate en Algérie durant la campagne	11
Tableau 3: Les principales maladies de la tomate	12
Tableau 4: Les principaux ravageurs de la tomate	13
Tableau 5: Principales potentialités agronomiques des PGPR	17

Liste des abréviations

PGPR: Plant Growth Promoting Rhizobacteria.

PGPB: Plant Growth Promoting Bacteria.

FAO : Organisations des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

ITCMI : Institut Technique des Cultures Maraichères Industrielles.

ISR: Induced Systemic Resistance.

SAR: Systemic Acquired Resistance.

Liste des annexes

Annexe 1 : Analyse de la variance par le test ANOVA de la hauteur des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Annexe 2 : Analyse de la variance par le test ANOVA de nombre de feuilles des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Annexe 3 : Analyse de la variance par le test ANOVA de nombre de fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Annexe 4 : Analyse de la variance par le test ANOVA de poids frais de fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Annexe 5 : Analyse de la variance par le test ANOVA de dosage de la Chlorophylle totale dans les feuilles des plantes de tomates selon l'effet des isolats bactériens.

Annexe 6 : Analyse de la variance par le test ANOVA de dosage des caroténoïdes totaux des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Annexe 7 : Analyse de la variance par le test ANOVA des teneurs des paramètres organoleptiques contenues dans les plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Annexe 8 : Analyse de la variance par le test ANOVA de pH de fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Annexe 9 : Analyse de la variance par le test ANOVA de taux de sucre totaux dans les fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Annexe 10 : Analyse de la variance par le test ANOVA de dosage des polyphénols totaux dans les fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Annexe 11 : Analyse de la variance par le test ANOVA de dosage des Flavonoïdes dans les fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Table des matières

	Page
Résumé	
Remerciements	
Dédicace	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Liste des annexes	
Introduction	01
Partie bibliographique	
Chapitre 1 Synthèse Bibliographique	03
1.1 Généralités sur la culture de tomate	03
1.1.1 Historique	03
1.1.2 classifications de la tomate	03
1.1.2.1 Classification botanique	04
1.1.2.2 Description botanique	04
1.1.2.3 Classification génétique	06
1.1.3 Variétés de semences de la tomate	06
1.1.4 Cycle biologique	07
1.1.5 Exigences culturelles	07
1.1.5.1 Exigences climatiques	07
1.1.5.2 Exigences édaphiques	08
1.1.6 Systèmes de culture de la tomate	08
1.1.6.1 Culture en plein champ	08
1.1.6.2 Culture sous serre	08
1.1.7 Composition biochimique de la tomate	08
1.1.7.1 Alimentation humaine	09

1.1.7.2 Propriétés médicinales de tomate	09
1.1.8 Utilisation de la tomate	09
1.1.9 Situation de la culture	09
1.1.10 Contraintes liées à la culture de la tomate	12
1.1.10.1 Contraintes abiotiques	12
1.1.10.2 Contraintes biotiques	12
1.1.11 Principales méthodes de lutte contre les nuisibles de la tomate	14
1.2 Généralités sur les biointrants microbiens	14
1.2.1 Les PGPR	15
1.2.2 Taxonomie	15
1.2.3 Interaction PGPR-Plante	16
1.2.3.1 Interaction directe	16
1.2.3.2 Interaction indirecte	17
1.2.4 Utilisation des PGPR dans l'agriculture	17

Partie expérimentale

Chapitre 2 : Matériel et méthodes	19
2. Matériel et méthodes	19
2.1 Introduction	19
2.2 Matériel biologique	19
2.2.1 Matériel végétal	19
2.2.2 Matériel bactérien	19
2.3 Mise en place de la culture	19
2.3.1 Préparation du substrat	19
2.3.2 Mise en germination des graines	20
2.3.3 Mise en place de la culture de la tomate en pots et sous serre	20
2.3.3.1 Préparation des pots	20
2.3.3.2 Plantation et inoculation des jeunes plantules de tomate	20

2.3.3.3 Dispositif expérimental et installation des plants de tomate sous serre	20
2.4 Paramètres d'études	21
2.4.1 Paramètres de croissance des plants de tomate cultivées	21
2.4.2 Teneurs en pigments foliaires	22
2.4.3 Paramètres organoleptiques	22
4.3.1 Détermination de la teneur en eau	22
22.4.3.2 Détermination de la matière sèche (MS).	23
2.4.3.3 Détermination des taux de cendres ou teneur en matière minérale (MM)	23
2.4.3.4 Détermination de la matière organique (MO)	23
2.4.3.5 pH des fruits	24
2.5 Caractérisation biochimique des fruits	24
2.5.1 Détermination de la teneur en sucres	24
2.5.2 Détermination des métabolites secondaires	24
2.5.2.1 Dosage des polyphénols totaux	24
2.5.2.2 Dosage des flavonoïdes.	25
2.6 Analyse statistique	26
Chapitre 3 : Résultats et discussions	27
3. Résultats et discussions	27
3.1 Résultats	27
3.1.1 Hauteur des plantes de tomate	27
3.1.2 Variabilité pondérale du nombre de feuilles	28
3.1.3 Variabilité pondérale du nombre de fruits	29
3.1.4 Variabilité pondérale du poids de fruits	30
3.1.5 Teneurs en pigments foliaires	31
3.2. Critères de qualité des plantes de tomates cultivées	33
3.2.1 Teneurs en eau, en matière sèche, en matière organique et en matière minérale	33
3.2.2 Variabilité des pH	36

3.2.3 Teneurs en sucres totaux	37
3.2.4 Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes	36
3.3 Discussion	40
Conclusion	42
Références Bibliographiques	44
Annexes	

Introduction

Introduction

Introduction

La tomate (*Solanum lycopersicon Mill*) est une espèce des Solanacées largement cultivée. Elle représente l'un des légumes les plus importants dans l'alimentation humaine, qui se consomme frais ou transformée. (Naïka et al., 2005).

Cette culture stratégique est cultivée dans de nombreux pays du monde et sous divers climats, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abris (FAO, 2007). Elle occupe également une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne et, représente le second produit maraîcher après la pomme de terre, de par la place qu'elle occupe dans les habitudes alimentaires (Baci, 1995).

En effet, la production des tomates nécessite d'innombrables apports d'engrais et, de fertilisants mais aussi des pesticides pour assurer sa protection contre les attaques des nombreux redoutables bioagresseurs dont, elle peut être sujette.

A l'heure actuelle, la productivité élevée de l'agriculture intensive est grandement dépendante de ces intrants chimiques, en particulier les engrais qui enrichissent les sols en éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes (Childers et al., 2011). Cependant, les pratiques culturales intensives ont souvent altéré la communauté microbienne des sols, ne permettant plus aux plantes cultivées d'en profiter pleinement de leurs intérêts bénéfiques (Fortin et al., 2008).

Parmi les interactions biologiques entre les plantes cultivées et les communautés microbiennes de la rhizosphère, existent les PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) réputées par leur potentialités biostimulantes, elles contribuent à améliorer la croissance des plantes et leur tolérance au stress abiotique et biotiques (Kias et Ouadi, 2017).

Ces bactéries sont principalement retrouvées dans les couches superficielles des sols où leur développement et leur dispersion sont facilités par leur pouvoir colonisateur racinaire, leur aptitude à dégrader les matières organiques du sol grâce à de nombreuses enzymes hydrolytiques extracellulaires, participant ainsi activement à la formation de l'humus. (Kias et Ouadi, 2017).

Introduction

Dans ces perspectives s'inscrit notre présente étude. Elle vise essentiellement l'évaluation des potentialités phytostimulantes de quelques isolats bactériens endémiques de PGPR sur la culture de la tomate en vue d'améliorer la croissance, le rendement en quantité et en qualité de ses fruits. Comme, elle a pour objectif de sélectionner des bio-intrants bactériens performants pour une agriculture biologique durable et respectueuse de l'environnement.

Dans ce sens, notre travail s'articule sur quatre principaux volets :

- La mise en culture de la tomate sous l'effet d'une collection composée de douze isolats bactériens endémiques de PGPR en présence de témoins,
- Evaluation des paramètres de croissance de la culture,
- Evaluation des paramètres de rendement de tomates produites,
- Evaluation de quelques critères de qualité des tomates produites sous l'effet d'application des bio-intrants.

Partie bibliographique

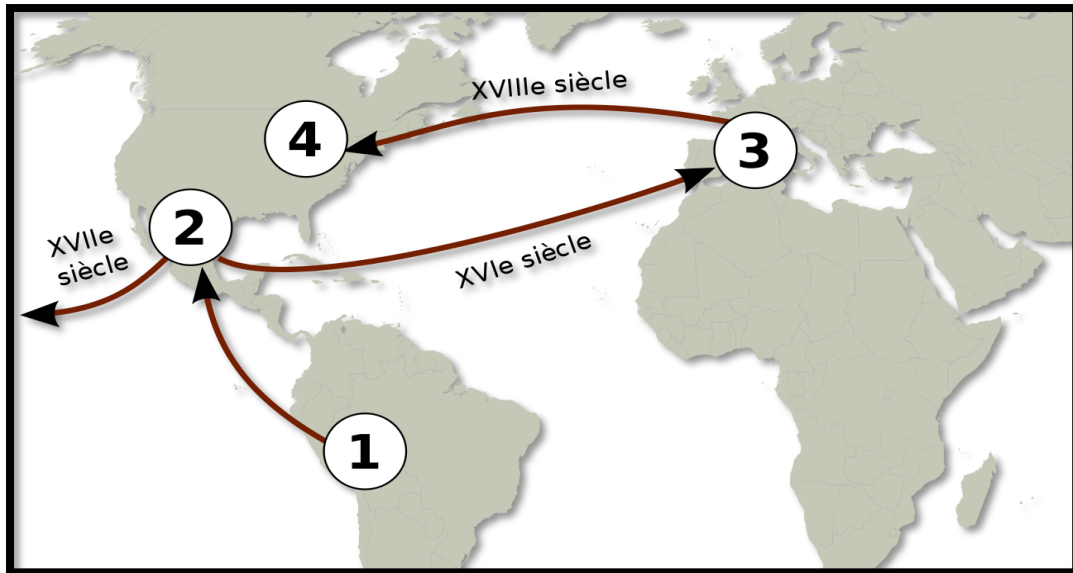
Chapitre 1

Synthèse Bibliographique

1.1 Généralités sur la culture de tomate

1.1.1 Historique

La tomate (*Solanum lycopersicon* L.) est originaire des Andes d'Amérique du Sud, dans une zone allant de la Colombie au nord du Chili et de la côte Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur ; Pérou). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe. (Figure 1) (Naika et al., 2005).



1. Pérou : centre de diversification, 2. Mexique : premier centre de domestication,
3. Europe : deuxième centre de domestication, 4. États-Unis : troisième centre de domestication.

Figure 1. Diffusion de la tomate dans le monde (Shankara et al., 2005).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduite, étant donné les conditions qui lui sont propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (Latigui, 1984).

1.1.2 classifications de la tomate

La tomate est une plante herbacée annuelle à port buissonnant appartenant à la famille des Solanacées. Elle est classée selon des critères liés à l'aspect botanique, la composition génétique et le type de croissance (Gallais et Bannerot, 1992).

1.1.2.1 Classification botanique

Les botanistes modifièrent à plusieurs reprises les noms de genre et d'espèce attribués à la tomate. Elle a été classée par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*, c'est finalement *Lycopersicon esculentum* attribué par Philipe Mill en 1754, qui a été retenue (Munro et Small, 1997).

Selon Spichiger et al. (2004) et Dupont et Guignard (2012), la tomate est classée comme suit :

Règne	<i>Plantae</i>
Sous règne :	<i>Trachenobionta</i>
Division :	<i>Magnoliophyta</i>
Classe :	<i>Magnoliopsida</i>
Sous classe :	<i>Asteridae</i>
Ordre :	<i>Solanales</i>
Famille :	<i>Solanaceae</i>
Genre :	<i>Lycopersicum</i>
Espèce :	<i>Solanum Lycopersicon</i> Mill

1.1.2.2 Description botanique

La morphologie générale de la plante de tomate présente les différentes parties suivantes :

a. Système racinaire

La racine de la tomate pivotante pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventives (Naika et al., 2005).

b. Tige

La tige présente un port de croissance entre érigé et prostré, elle pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m, elle est pleine, fortement poilue et glandulaire (Kolev, 1976).

c. Feuilles

Les feuilles sont en disposition spirale de 15 à 50 mm de longueur et 10 à 30mm de largeur et le pétiole est de 3 à 6 cm de long. (Shankara et al. 2005).

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

d. Fleurs

Les fleurs sont de couleur jaunâtre. Elles sont bisexuées puisque les organes mâles (androcée = étamines) et femelles (gynécée = pistil) sont tous les deux dans la même fleur, elles sont régulières mesurant entre 1,5 et 2 cm de diamètre. La structure de la fleur assure une autogamie stricte, mais la fécondation croisée peut avoir lieu grâce aux insectes pollinisateurs (Polese, 2007).

e. Fruits

Le fruit est une baie globuleuse à aplatée, de 2 à 15 cm de diamètre, lisse ou sillonnée, verte et poilue en étant jeune, puis glabre et brillante, le plus souvent rouge mais parfois rose, orange ou jaune à maturité, contenant de nombreuses graines (Grubben et Denton, 2004). La diversité de coloration est due à la présence de deux principaux pigments ; le pigment carotène (jaune) et le pigment lycopène (rouge). Les loges peuvent renfermer un nombre de graines très variable, en moyenne de 50 à 100 et déterminent la grosseur du fruit qui va de 50 à 105g (Figure 2 et 3). (Chaux et Foury, 1994).

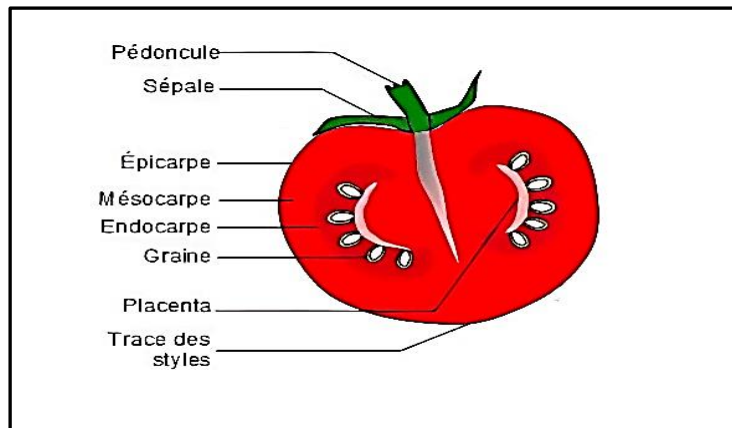


Figure 2. Schéma d'une section longitudinale d'un fruit de tomate (Chaux et Foury, 1994).

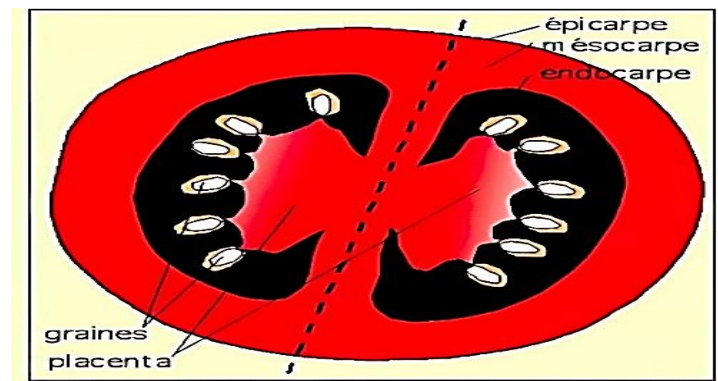


Figure 3. Schéma d'une section transversale d'un fruit de tomate (Chaux et Foury, 1994).

f. Graines

Les graines sont nombreuses, en forme de rien de poire. Elles sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. (Shankara et al. 2005).

1.1.2.3 Classification génétique

La tomate cultivée *Solanum lycopersicon* est une espèce diploïde avec $2n = 24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monos géniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (Gallais et Bannerot, 1992).

1.1.3 Variétés de semences de la tomate

Les variétés de la tomate sont très nombreuses, elles peuvent être classées selon plusieurs critères :

a. Selon la croissance :

Les différentes variétés de tomates sont classées selon deux types : déterminé et indéterminé, en fonction du développement de leur tige (Atherton et Rudich (1986) in Abdesselam, 2012).

Chez les variétés à croissance déterminée, la tige après avoir donné un faible nombre de bouquets, se termine elle-même par une inflorescence. Les pousses latérales se terminent également par une inflorescence. (Mikanowski (1996) in Abdesselam, 2012).

Les variétés à croissance indéterminée présentent un nombre indéfini d'inflorescences sur les tiges latérales. (Mikanowski (1996) in Abdesselam, 2012).

b. Selon la forme du fruit :

Il existe de très nombreuses variétés de tomates, plus ou moins précoces, qui diffèrent par plusieurs critères :

- La taille (tomate cerise, tomate prune ou gros fruits).
- La forme (rond, allongé).
- La couleur (rouge, jaune, rouge).
- La texture (plus ou moins charnue et juteuse).

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

- La fermeté (faible ou bonne tenue).
- c. **Selon les caractères génétiques :**

Il existe deux types de variétés (**Abdesselam, 2012**) :

- **Les variétés fixées** : dont les caractères génotypiques se transmettent pour les générations descendantes.
- **Les variétés hybrides F1** : du fait de l'effet hétérosis, elles présentent la faculté de réunir plusieurs caractères.

1.1.4 Cycle biologique

Le cycle biologique de la tomate dure 3,5 à 4 mois depuis le semis jusqu'à la dernière récolte. Il comprend trois grandes phases selon **Gallais et Bannerot (1992)**.

- **La phase végétative** correspond à la production des organes végétatifs (feuilles et tiges), elle est comprise entre la levée et l'apparition de la première inflorescence.
- **La phase reproductive** traduite par la production des fleurs et des fruits, démarre à la floraison pour s'achever à la fin de la culture.
- **La phase de maturation des fruits** qui démarre sept à dix jours avant la récolte des premiers fruits et se termine à la récolte.

1.1.5 Exigences culturales

La culture de la tomate est régie par deux types de conditions : climatiques et édaphiques.

1.1.5.1 Exigences climatiques

Les conditions favorables à sa production dépendent à la fois des variétés considérées et du stade phénologique (floraison, fructification, levée) (**Bedrane, 2019**). Sa culture exige un climat relativement frais et sec pour donner un bon rendement. Les températures optimales pour son développement se situent entre 21 et 24°C. Elle est sensible au froid, craint le gel et, elle peut être détruite au-dessous de 2°C (**Beldjilali et Zeltissi, 2017**).

Par ailleurs, une humidité relative de 75% est optimale pour avoir des fruits d'un bon calibre. Une humidité relative trop élevée entraîne une végétation luxuriante avec un allongement des entre-nœuds. Aussi le développement des maladies, notamment le Botrytis et le mildiou (**PNTTA, 1999 in Boughaba et Bouzit, 2020**). En outre, la tomate est très exigeante en énergie lumineuse. Une forte intensité lumineuse favorise le raccourcissement de l'axe et

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

l'induction du premier bouquet et stimule également la pollinisation des fleurs. Comme pour les fruits, l'insolation directe et la forte température sont nocifs et réduisent leur qualité (**Chaux and Foury, 1994 in Boughaba and Bouzit, 2020**).

1.1.5.2 Exigences édaphiques

Selon **Boutoumou et Boumaza (2016)**, la culture de tomate préfère les sols argileux profonds et bien drainés et les sols minéraux qui ont une bonne aération et retiennent bien l'eau libre des sels. Bien qu'elle puisse pousser dans la plupart des types de sol (**Boughaba et Bouzit, 2020**). Cette culture a une grande capacité à tolérer des pH élevés, mais elles poussent mieux dans des sols à pH compris entre 5,5 et 6,8 car, ils assurent le meilleur équilibre nutritionnel qui stimule une bonne croissance (**Naika et al., 2005 in Boughaba et Bouzit, 2020**). Les besoins en eau sont de 4000 à 5000 m³/ha mais variables selon les stades de développement. Ils sont faibles depuis la plantation à la floraison mais, importants durant la floraison à la maturation. Ces derniers connaissent une réduction en fin de récolte (**ITCMI, 2015**).

1.1.6 Systèmes de culture de la tomate

La tomate peut être cultivée selon les deux systèmes suivants :

1.1.6.1 Culture en plein champ

La culture en plein champ est le système de culture le plus répandu, si l'irrigation est disponible, les plantations peuvent être faites en saison sèche. La mécanisation est souvent réduite à la préparation du sol (**Cirad et Gret, 2002**).

1.1.6.2 Culture sous serre

La culture sous serre est le système de culture qui vise à produire les tomates le long de l'année. Il permet de développer des productions hydroponiques, supprimant ainsi certaines contraintes liées au sol (**Cirad et Gret, 2002**). La culture sous abris fournit aujourd'hui une part essentielle du marché de frais pour les légumes-fruits tels que la tomate (**Jeannequin et al., 2005**).

1.1.7 Composition biochimique de la tomate

La tomate est dotée d'une composition nutritionnelle et des vertus médicinaux grâce à ses métabolites secondaires d'où son utilisation agro-alimentaire et médicinale.

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

1.1.7.1 Alimentation humaine

La tomate est un aliment diététique, très riche en eau (93 à 95%°) en éléments minéraux et en oligo-éléments. Parmi les minéraux de la tomate, le potassium domine largement, suivi par le chlore, le phosphore et le magnésium. Parmi les oligo-éléments, on peut noter des teneurs non négligeables en fer et en zinc, ainsi que des traces de cobalt, de nickel, de fluor, de bore et de sélénium. Les vitamines du groupe B sont assez abondantes et toute représentées, y compris la vitamine B8 et l'acide folique (B9). Par contre ce fruit ne renferme que de faibles quantités de glucides (3%), de protéines (moins de 1%) et seulement des traces de lipides. De ce fait, elle est pauvre en calories (15Kcal pour 100g, soit 63 kjoules) (**Favier et al., 2003**).

1.1.7.2 Propriétés médicinales de tomate

La consommation de tomate a été associée à la prévention de plusieurs maladies comme le cancer ou les maladies cardiovasculaires. Cet effet protecteur a été principalement attribué à ses précieux composants bioactifs avec propriétés antioxydants, comme les caroténoïdes, l'acide ascorbique et les composés phénoliques (**Periago et al., 2009**).

Le lycopène, comme étant le plus puissant antioxydant (caroténoïdes) a montré d'autres effets bénéfiques sur la santé tels la modélisation des hormones du système immunitaire d'autres voies métaboliques (**Borguini et Torres, 2009**). Elle diminue également l'hypertension grâce à son haut taux en potassium (**Sharoni et Levi, 2006**).

1.1.8 Utilisation de la tomate

Les tomates sont produites en vue de la consommation en frais ou en fruit transformés. Elles ont connu de nombreux débouchés au fil des temps : on en fait des tomates concassées, des jus, des tomates pelées, des concentrés, du ketchup et de la pulpe. (**Polese, 2007**).

1.1.9 Situation de la culture

La tomate est la culture la plus rependue dans le monde après la pomme de terre (**Arbaoui, 1984**). D'après les statistiques fournies par FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), la production mondiale de tomate était plus de 182 millions de tonnes sur une superficie arrivant jusqu'à 4 millions d'hectares en 2017, avec un rendement de 37 tonnes par hectare. Ce nombre est augmenté en 2018 à 188 tonnes (**FAO, 2020**).

Les principaux pays producteurs de la tomate sont par ordre décroissant l'Egypte, la Chine, l'Italie, l'Espagne, le Brésil et l'Algérie (Tableau 1) (**FAOSTAT, 2020**).

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

Tableau 1. Production mondiale de la tomate durant la campagne 2020 (FAOSTAT, 2020).

Pays	Production (tonnes)
Afrique du Sud	581459
Algérie	1635616
Allemagne	102120
Arabie saoudite	351212
Argentine	656529
Australie	297474
Brésil	3753595
Canada	492211
Chine	64865807
Egypte	6731220
Espagne	4312900
France	670600
Iraq	754759
Italie	6247910
Japon	706000

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

En Algérie, la culture de la tomate est classée en seconde position après la pomme de terre. Durant l'année 2020, la superficie dédiée à cette culture était estimée à plus de 26 mille hectares avec un rendement dépasse 1 million de tonnes (Tableau 2) (FAOSTAT, 2020).

Tableau 2. Superficie et production de la tomate en Algérie durant la campagne 2000/2020 (FAOSTAT, 2020).

Année	Superficie (ha)	Rendement (hg/ha)	Production (tonnes)
2000	16710	204337	341447
2001	16760	222872	373534
2002	17820	225232	401364
2003	18650	245004	456933
2004	19432	263583	512195
2005	21089	243625	513780
2006	20436	268611	548934
2007	20079	282540	567313
2008	19655	284533	559249
2009	20789	308352	641034
2010	21358	336284	718235
2011	20575	375021	771606
2012	21542	369958	796963
2013	22497	433424	975075
2014	22646	470551	1035609
2015	24065	483593	1163766
2016	22556	567729	1280570
2017	23977	536467	1286286
2018	22323	586724	1309745
2019	24996	591246	1477878
2020	26311	621647	1635616

1.1.10 Contraintes liées à la culture de la tomate

La culture de la tomate connaît deux types de contraintes suivantes :

1.1.10.1 Contraintes abiotiques

Les maladies sont essentiellement dues à des déséquilibres au niveau nutritionnel ou à des facteurs naturels défavorables (profondeur du sol ou drainage insuffisant). Ce sont entre autres : l'éclatement du fruit, la nécrose apicale sur le fruit, le coup de soleil sur le fruit. (Courchinoux, 2008).

1.1.10.2 Contraintes biotiques

La culture de tomate peut être affectée par diverses attaques de ravageurs, de maladies, des mauvaises herbes et des accidents de végétation, dont l'importance varie selon le type de culture et les conditions climatiques (Courchinoux, 2008).

Les plantes de tomate sont sujettes à des nombreuses maladies (Tableau 3) et ravageurs (Tableau 4).

Tableau 3. Les principales maladies de la tomate (Blancard, 2016).

Type de maladies phytosanitaires	Nom de la Maladie	Symptômes principaux
Maladies fongiques	Mildiou	Grandes taches brunes sur les feuilles et les tiges.
	Alternariose	Tâches noires de taille variable sur les feuilles.
	Fusariose	Flétrissement des feuilles avec brunissement des vaisseaux et pourriture des racines.
	Verticilliose	Flétrissement des feuilles accompagné d'un jaunissement.
	Anthracnose	Tâches circulaires de 5 à 10 mm sur les fruits rouges.
	Oïdium	Feutrage blanc sur les feuilles.
	Pourriture grise	Feutrage gris sur les feuilles et sur les fruits.
Maladies bactériennes	Moucheture bactérienne	Tâches nécrotiques noires sur les feuilles et sur les fruits.
	Moelle noire	Tige molle colorée en brun.
	Chancre bactérien	Tiges spongieuses avec présence de cavités d'air. Petites taches chancreuses sur les folioles de couleur blanchâtre et marron. Présence de petites taches blanches, brunes au centre sur les fruits.

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

Maladies virales	Virus de la mosaïque du concombre	Stérilité des plantes ou une malformation des fruits.
	Virus de la mosaïque du tabac	Mosaïque verte ou blanche, des folioles gaufrées devenant filiformes et ont tendance à s'enrouler, les fruits encore verts présentent des plages nécrotiques brunes.
	Virus de la chlorose de la tomate	Jaunissement généralisé à l'ensemble des folioles d'une feuille et un retard du développement de la plante.
	Virus de la maladie bronzée de la tomate	Mouchetures en mosaïque avec une décoloration des feuilles. Apparition des taches nécrotiques sur les tiges et sur les pétioles. Un nanisme, une déformation et une décoloration des fleurs.
	Virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate	Feuilles de tailles réduites et présentent un jaunissement et ou un enroulement en forme de cuillères. En cas d'infection précoce, les plantes sont naines et ne produisent plus de fruits.

Tableau 4. Les principaux ravageurs de la tomate (Blancard, 2016).

Ravageur	Dégât
Nématodes	Présence de nombreuses nodosités (gales) sur les racines.
Acariens	Arrêt de la végétation. Présence de petites ponctuations jaunes sur les folioles, présence de nombreuses toiles soyeuses, plages luisantes sur tiges, folioles de couleur vert bronzée, dessèchement et chute des folioles et des feuilles.
Aleurodes	Production de miellat se couvrant de fumagine.
Pucerons	Provoquent l'enroulement des feuilles, crispation des jeunes folioles avec arrêt de croissance.
Noctuelles	Provoquent la perforation des folioles, trous sur fruits provoquant la maturation prématurée avec des cavités dans les fruits.
Thrips	Sur les jeunes pousses, la salive toxique induit un raccourcissement des entrenœuds. Les Thrips se nourrissent de grains de pollen et détruisent les étamines.
Mineuses	Provoquent des galeries sinueuses entre les épidermes. En cas de forte attaque un dessèchement total du feuillage.

1.1.11 Principales méthodes de lutte contre les nuisibles de la tomate

La lutte contre les ennemis de la culture de la tomate passe d'abord par la désinfection du sol (MAHRH, 2007) mais, celle préconisée contre les mauvaises herbes se fait surtout par les traitements à base d'herbicides et les interventions sont efficaces sur les plantes adventices annuelles au premier stade de la culture d'après BLANCARD (2016). Cependant, l'élimination des résidus de la culture précédente et le respect des bonnes pratiques d'hygiène agricole sont impératifs (SHANKARA *et al.*, 2005). La principale méthode préventive contre les maladies réside dans l'inspection du feuillage de chaque plant et l'élimination des parties infectées (JAMES *et al.*, 2010).

1.2 Généralités sur les bio-intrants microbiens

De nombreuses recherches sur les micro-organismes a été effectuée durant le siècle dernier afin de comprendre, de développer et d'utiliser leurs actions bénéfiques dans l'agriculture biologique notamment régénératrice.

L'agriculture durable a été l'objet de plusieurs travaux de recherche étant donné que l'agriculture traditionnelle engendre des coûts de production de plus en plus élevés, une diminution de la production et même parfois les deux (Adesemoye et Kloepper., 2009). En outre, l'utilisation massive et répétée des pesticides et d'engrais chimiques peut être nocive pour l'environnement si, les apports ne sont pas contrôlés et les doses non respectées. Les grandes quantités des fertilisants chimiques utilisées représentent un coût élevé et sont responsables à la pollution de l'environnement. Une étude a démontré que l'utilisation d'engrais chimiques peut graduellement augmenter l'acidité du sol, ce qui peut limiter la croissance des plantes (Barak *et al.*, 1997) et par conséquent, augmenter la densité des agents phytopathogènes et réduire celle des microorganismes rhizosphériques bénéfiques.

Dans ce sens, nous devons faire recours à la recherche et l'application des bio-intrants naturels tels que, les microorganismes bénéfiques dont les isolats bactériens, durable et respectueux de la biodiversité et de l'environnement.

1.2.1 Les PGPR

Plusieurs travaux de recherche ont identifié au niveau de la rhizosphère des bactéries dotées de potentialités agronomiques à améliorer la croissance et le rendement en facilitant la disponibilité et l'absorption des nutriments ainsi que la santé des plantes en augmentant leur résistance ou en limitant les agents phytopathogènes par antagonisme.

Ces rhizobactéries bénéfiques ont été regroupées sous le nom de PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). Dans ce sens, **Ahmad et al. (2008)** ont révélé la présence des PGPR dans la rhizosphère, à la surface et même en association avec les racines dans les sols montrant une richesse ou une disponibilité des éléments nutritifs.

Nihorimbere et al. (2011) ont rapporté dans leurs travaux que la richesse de la rhizosphère en composés biochimiques est liée à la présence de bactéries attirées par les exsudats racinaires composés de sucre solubles, d'acides aminés, mais peuvent aussi contenir des hormones, des vitamines, des composés aminés, des composés phénoliques et d'ester de phosphate de sucre. Ainsi, de la rhizosphère.

Ainsi, plusieurs souches bactériennes ont été identifiées comme étant PGPR, notamment les bactéries appartenant aux genres *Bacillus*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* et *Rhizobium* (**Hayat et al., 2010**). Parmi celles-ci, les bactéries des genres *Bacillus* et *Pseudomonas* sont les plus dominantes et les plus étudiées (**Dutta et Pdile., 2010**).

1.2.2 Taxonomie

Les rhizobactéries ou les PGPR sont distinguées en deux types vivantes et/ou libres. Elles prennent également deux types de nomenclatures suivantes : Celles favorisant la croissance des plants sont nommé « PGPR », celles favorisant la croissance des plantes sont appelées « PGPB ».

D'autres bactéries bénéfiques des genres : *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* et *Bacillus* sont isolées de sols alcalins, salins, acides et arides peuvent être utilisées comme biostimulants.

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

Certains travaux antérieurs ont montré que les PGPR pouvait stimuler la croissance et le rendement de certaines cultures maraichères comme la tomate, la laitue et le brocoli. Dans la plupart des cas, *Bacillus* et *Pseudomonas* sont couramment utilisés comme agents de lutte biologique. (Yildirim et al., 2008 ; Calvo et al., 2014 ; Turan et al., 2014 ; Du Jardin 2015 ; Soltaniband 2020 ;). En ce qui concerne le potentiel phytostimulant des PGPR, de nombreux auteurs ont confirmé ce pouvoir chez les genres suivants :

- Les *Rhizobia* sont capable de fixer l'azote et produire des nodules au niveau de système racinaire des plantes, comme ils ont la capacité de se développer aux quantités très faible de nutriments (Moulin et al., 2001).

- Les *Azotobacter* ont la capacité de fixer l'azote sans production des nodules et favorisent une meilleure croissance des plantes (Sturz et Christie., 2003).

- Les *Bacillus* représente environ 95% de la flore isolée. Ce sont des bactéries aérobies ou aéro-anaérobies selon Cherif (2004).

1.2.3 Interaction PGPR-Plante

Les bactéries PGPR peuvent avoir un impact positif sur les plantes de manière directe ou indirecte. Ce mécanisme comprend la stimulation bactérienne des phytohormones (auxine ou cytokinine), qui permet à la plante de développer un système racinaire dense, lui permettant de coloniser une plus grande surface de sol. Comme, il permet d'améliorer l'état nutritionnel des plantes (Beauchamp, 1993 ; Kloepper, 1993 ; Ramos et al., 2009).

1.2.3.1 Interaction directe

L'effet phytobénéfiques direct des bactéries PGPR peut correspondre à une augmentation de la qualité de nutriments disponibles (fixation libre de l'azote, solubilisation de phosphate, etc.) (Dobbelaere et al., 2003) et, à une augmentation de la micro-structuration du sol rhizosphérique qui retient alors mieux l'eau, une modification de l'équilibre hormonal de la plante (production de phytohormones, désamination du précurseur de l'éthylène, etc.) (Glick et al., 1998 ; Dobbelaere et al., 2003), et l'induction d'une réponse systémique chez la plante, la résistance induite chez les plantes de type ISR (Induced Systemic Resistance) ou plus rarement la résistance acquise de type SAR (Systemic Acquired Resistance).

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

1.2.3.2 Interaction indirecte

Ce type repose sur la capacité des PGPR à réduire les effets nocifs pour la plante telle que, la dégradation des xénobiotiques dans les sols contaminés, par la production des métabolites qui sont toxique aux agents pathogènes telluriques, l'hydrolyse des molécules libérées par des agents pathogènes (**Ramos et al., 2009**), l'effet phytobénéfiques indirect des bactéries PGPR et des agents pathogènes et/ou parasites de la plante, interaction à l'occasion desquelles les effets négatifs de ces derniers sont diminués (**Ramette et al., 2006 ; Rezzonico et al., 2007**). Ces interactions correspondent souvent à la compétition et/ou à l'antagonisme (**Bally et Elmerich, 2007**).

1.2.4 Utilisation des PGPR dans l'agriculture

Ces microorganismes ont présenté plusieurs intérêts pour l'agriculture. Leurs pouvoirs bénéfiques pour la plante sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 5. Principales potentialités agronomiques des PGPR (Martinez-Viveros et al., 2010).

Potentiel des PGPR	Rôles	Modes d'action	Références bibliographiques
Biofertilisant	L'application de ces bactéries utiles sur les graines, sur les plantes ou dans le sol, colonisent la rhizosphère ou l'intérieur de la plante et agissent sur la croissance par l'augmentation de la disponibilité des principaux nutriments pour la plante hôte.	- La fixation biologique de l'azote. - L'utilisation des formes insolubles du phosphore.	(Vessey, 2003 ; Somers et al., 2004 ; Fuentes-Ramirez et Caballero-Mellado, 2006).

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

Phyostimulant	Ces microorganismes ont la capacité de produire ou de changer la concentration des régulateurs de la croissance des plantes.	<ul style="list-style-type: none">- Production des phytohormones,- Réduction de la concentration de l'éthylène à l'intérieur de la plante.	(Lugtenberg et al., 2002 ; Somers et al., 2004).
Biopesticide ou agent de biocontrôle	Ces microorganismes qui limitent ou inhibent la croissance des agents phytopathogènes	<ul style="list-style-type: none">- Production des antibiotiques,- Production des enzymes qui dégradent les membranes des cellules fongiques,- Compétition,- Les mécanismes de résistance induite chez les plantes par ces bactéries utiles : ISR (Induced Systemic Resistance) et SAR (Systemic Acquired Resistance).	(Vessy, 2003 ; Somers et al., 2004 ; Chandler et al., 2008).

Partie expérimentale

Chapitre 2 :

Matériel et méthodes

2. Matériel et méthodes

2.1 Introduction

L'expérimentation a visé l'évaluation des potentialités phytostimulantes de quelques isolats bactériens endémiques sur quelques paramètres de croissance, les critères de qualité ainsi que, les teneurs en métabolites secondaires des plants cultivés de la tomate. Elle a duré environ six mois, depuis la fin du mois de janvier jusqu'au mois de juillet 2022. Elle comporte deux parties d'études ; l'installation de la culture en pot et sous serre de tomate ainsi que l'analyse organoleptique et biochimique des parties végétatives de la plante cultivée.

La mise en culture a été réalisée dans la serre du département de Biotechnologies et Agroécologie de la Faculté SNV à l'université de Blida 1 (USDB1). Quant aux analyses, elles ont été réalisées au niveau du laboratoire de Recherche des Plantes Médicinales et Aromatiques.

2.2 Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est composé d'un matériel végétal et de douze isolats bactériens utiles.

2.2.1 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des graines de la tomate issu d'une culture de variété hybride F1 « Tsarine » certifiée livrée par l'institut ITCMI de Staouéli, wilaya d'Alger.

2.2.2 Matériel bactérien

Le matériel bactérien est composé de douze bactéries endémiques formulés par Dr Moumene S. du laboratoire de Recherche sur les Plantes Médicinales et Aromatiques ayant fait l'objet d'un projet de Recherche de formation Universitaire (D00L05UN09012210001).

2.3 Mise en place de la culture

Notre expérimentation s'est déroulée selon les étapes suivantes :

2.3.1 Préparation du substrat

Le substrat de notre essai de culture a été préparé à partir d'un mélange selon les doses de 2/3 de sol et 1/3 de tourbe commercialisée. Le sol a été prélevé d'une jachère non cultivée ni traitée par les pesticides, située dans le département de Biotechnologies de l'USDB1. Il a été tamisé à travers un tamis à pores de 3mm de diamètres, pour éliminer les grosses particules.

2.3.2 Mise en germination des graines

Les graines de la tomate ont été mises à germer dans les plateaux d'alvéoles préalablement remplis de tourbe. Ceci consiste à planter chaque graine par alvéole. Ces dernières ont été régulièrement arrosées par de l'eau de robinet (Figure 4).



a : substrat préparé, b : Semis de tomate

Figure 4. Préparation de substrat (a) et mise en germination des graines de tomate (b)

2.3.3 Mise en place de la culture de la tomate en pots et sous serre

L'installation des plantules de la tomate en pots et sous serre passe par les trois étapes suivantes :

2.3.3.1 Préparation des pots

Le substrat précédemment préparé a été transféré dans des pots en plastique de capacité de 15 kg.

2.3.3.2 Plantation et inoculation des jeunes plantules de tomate

Les jeunes plantules de tomate ont été transférés directement dans le substrat préalablement incorporé séparément avec 20ml de chacun d'inoculum bactérien formulé, une fois toutes les 15 jours et on a répété le procédé 3 fois.

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.3.3.3 Dispositif expérimental et installation des plants de tomate sous serre

Dans ce sens, 4 répétitions ont été considérées pour chaque inoculum bactériens formulé. De même, 4 pots ont été considérés comme jeunes plantules témoins dont le substrat est non inoculé. L'arrosage des plantules a été maintenu quotidiennement et, à la demande.

Après 2 mois de croissance, les jeunes plants cultivés en pots ont été transplantés dans des sacs en plastique de capacité de 15 kg et arrosés régulièrement avec de l'eau de robinet. L'essai de culture des plants inoculés et témoins a été suivi pendant six mois pour l'évaluation des paramètres d'études retenus. Les pots ainsi préparés ont été placé sous serre en plastique en randomisation totale.



Figure 5. Transplantation et installation des plantes de tomate sous serre.

2.4 Paramètres d'études

De nombreux paramètres d'études ont été évalués. Nous distinguons :

2.4.1 Paramètres de croissance des plants de tomate cultivées

Les paramètres de croissance ont été évalués selon le type de traitement. Ils ont porté sur

- La mesure de la hauteur des plants exprimée en cm et, effectuée chaque mois à l'aide d'une règle graduée.

- Le dénombrement des feuilles des plantes cultivées pour chaque plante selon les traitements et les témoins.

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

- la récolte des fruits a été réalisée après 6 mois de la plantation. Le rendement en nombre de fruits a été relevé pour chaque plante. Le poids total des fruits produits par plante ainsi que le poids d'un fruit ont été relevés à l'aide d'une balance électronique.

- Le poids frais des fruits après la récolte.

2.4.2 Teneurs en pigments foliaires

Les teneurs en chlorophylle et en Caroténoïdes ont été déterminées selon la méthode décrite par **Lichtenthale (1987)**.

Ce qui consiste à prélever et broyer séparément 0,5g de chaque échantillon de feuilles fraîches dans un mortier en porcelaine avec 10 ml d'acétone à 80 %. Le mélange d'échantillon homogénéisé a été transféré quantitativement dans une fiole jaugée portant le volume 25 ml et le mélange a été filtré à travers du papier filtre. La solution obtenue a été analysée pour la détermination de la chlorophylle et les caroténoïdes par spectrophotomètre à des longueurs d'ondes respectives de 470, 646 et 663 nm.

Les teneurs en chlorophylle totale et en caroténoïdes a été calculées selon les équations décrites conformément par **Lichtenthale (1987)** suivantes :

$$\text{Chl a+b} = (7.15A_{663} + 18.71A_{646})$$

$$C_c = (1000 A_{470} - 1.82 \text{ Chla} - 85.02 \text{ Chlb}) / 198$$

Où :

- A_{663} , A_{646} , A_{470} : valeurs d'absorbance lues aux longueurs d'ondes retenues.
- $C_a = 12.25 A_{663} - 2.79 A_{646}$.
- $C_b = 21.5 A_{646} - 5.1 A_{663}$.
- C_{a+b} = teneur en chlorophylle totale (mg/ml), C_c = teneur en caroténoïdes totaux (mg/ml).

2.4.3 Paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques évalués concernent la teneur en eau, les teneurs en matière sèche dont, la matière minérale ou teneur en cendres et la matière organique (**AOAC, 1975**), pour l'ensemble des échantillons de plantes de tomate cultivées selon chacun des douze isolats bactériens endémiques.

2.4.3.1 Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau a été estimées par différence entre le poids fait d'échantillon et la matière sèche (MS), selon la formule décrite par **AOAC (1975)** suivante :

$$\text{La teneur en eau \%} = \text{Poids frais} - \text{MS.}$$

2.4.3.2 Détermination de la matière sèche (MS)

Dans une capsule sèche et tarée au préalable un échantillon de 1 à 2 g de l'échantillon de fruit a été mis dans la capsule dans un four à moufle réglé à 105°C et laisser durant 24h. Après refroidissement au dessiccateur. Peser les échantillons puis remettre dans le four à moufle pour une heure, ces derniers ont été pesées. Continuer l'opération jusqu'à poids constant (**AOAC, 1975**).

La teneur en MS est calculée selon la formule suivante :

$$\text{MS\%} = \text{Y/X} * 100$$

- **Y** : poids de l'échantillon après dessiccation,
- **X** : poids de l'échantillon frais.

2.4.3.3 Détermination des taux de cendres ou teneur en matière minérale (MM)

La capsule en céramique plus le résidu qui a servi à la détermination de la matière sèche ont été incinérés dans le four à moufle puis, chauffés progressivement afin d'obtenir une combustion sans inflammation de la masse durant 1 heure 30 min à 200°C et, 2 heures 30 min à 500°C.

L'incinération a été poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon formé et l'obtention d'un résidu blanc ou gris claire. La capsule a été refroidie au dessiccateur puis, pesé à l'aide de la balance de précision (**AOAC, 1975**).

La teneur en matière minérale est calculée selon la formule décrite par **AOAC (1975)** suivante :

$$\text{MM\%} = (\text{A} / (\text{B} * \text{MS})) * 100$$

Où :

- A : poids des cendres.
- B : poids de l'échantillon.

2.4.3.4 Détermination de la matière organique (MO)

La teneur en MO a été déterminée par la différence entre la matière sèche (MS) et la matière minérale (AOAC 1975) (MM) selon la formule suivante : $MO\% = 100 - MM$

2.4.3.5 pH des fruits

Le pH des échantillons de jus de tomates a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre étalonné, par immersion directe de l'électrode dans le jus à la température de 20°C (Martinez-Flores et al., 2015). Les mesures ont été répétées 3 fois.

2.5 Caractérisation biochimique des fruits

2.5.1 Détermination de la teneur en sucres

La détermination de la teneur en sucres a été basée sur la technique décrite par Dubois (1956). Dans des tubes à essais stérile, 2ml du jus de fruits préparé de chaque échantillon collecté ont été ajoutés à 1 ml de solution aqueuse de phénol préparée à 5% auquel, a été ajouté 5ml d'acide sulfurique concentré 96% (10 fois dilué) Après l'obtention d'un virage de couleur du jaune vers l'orange à la surface de la solution, cette dernière est agitée à l'aide d'un vortex pour homogénéiser la couleur. Les tubes ont été incubés pendant 10 min puis, placés au bain-marie à une température de 30°C (la couleur de la réaction reste stable pendant plusieurs heures). Les mesures d'absorbances des différents extraits ont été effectuées à une longueur d'ondes de 485 nm à l'aide d'un spectrophotomètre à UV-Visible.

Par ailleurs, la courbe d'étalonnage du glucose a été tracée à partir d'une gamme de concentration constante de glucose. Les concentrations en sucres des jus de fruits de tomates récoltés ont été déterminés selon l'équation suivante : $y = 0,0248x + 0,0003$.

- y : l'absorbance.
- x : concentration du sucre(mg/ml).

2.5.2 Détermination des métabolites secondaires

Les teneurs en métabolites secondaires évalués concernent : les polyphénols totaux et les flavonoïdes.

2.5.2.1 Dosage des polyphénols totaux

Ce dosage est fondé sur la quantification de la concentration totale des groupements hydroxyles présents dans l'extrait. Le réactif de Folin – Ciocalteu consiste en une solution jaune acide (Ac) contenant un complexe polymérique d'ions (hétéro polyacide). En milieu alcalin, le réactif de Folin–Ciocalteu oxyde les phénols en ions phénolates et réduit partiellement ses hétéropolyacides d'où la formation d'un complexe bleu (**Daels, 1999**).

Une prise d'essai de 2.5g de jus de tomate a été mise à macérer dans 25ml de méthanol absolu sous agitation magnétique pendant 30 minutes, l'extrait a ensuite été stocké à 4°C durant 24h, filtré et évaporé pression réduite à 50°C au rotavapor (**Djeridan et al., 2006**).

Une quantité de 200 µl de l'extrait de fruits de chaque échantillon a été mélangé avec 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu fraîchement préparé (10 fois dilué) et 0.8 de Na₂CO₂ concentré à 7.5%. Le mélange a été incubé à la température ambiante pendant 30 min. Les mesures d'absorbances ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre UV- Visible à la longueur de 760 nm. Les résultats ont été exprimés en milligrammes équivalent d'acide gallique par g de matière végétale (**Daels, 1999**).

La mesure de la densité optique a été réalisée par un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 760 nm contre un blanc constitué de 0.5ml d'éthanol, 25 ml de réactif de Folin-Ciocalteu préparé à 10%, et 2.5 ml de carbonate de sodium préparé à 7.5%. (**Singleton et al., 1999**).

La teneur en polyphénols totaux a été calculée à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y = 0,0075x + 0,0289$) établie avec des concentrations précises d'acides gallique comme standard de référence, dans les mêmes conditions que celles des échantillons de jus de tomates préparés.

Où :

- **y** : l'absorbance.
- **x** : concentration en polyphénols.

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.5.2.2 Dosage des flavonoïdes.

La détermination de la teneur des flavonoïdes totaux a été effectuée selon la méthode adoptée par **Ismail et al. (2010)**.

Un volume de 1.5 ml de jus de fruits a été ajouté à 1.5 ml de chlorure d'aluminium AlCl₃ (2%). Après une heure d'incubation à la température ambiante, l'absorbance a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde 245 nm.

La teneur en flavonoïdes a été calculée à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire, ($y = 0,0415x + 0,0323$) établie avec des concentrations précises de Quercitine comme standard de référence.

Où :

- **y** : l'absorbance.
- **x** : concentration en polyphénols.

2.6 Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée pour l'ensemble des paramètres évalués à savoir les paramètres de croissance (Hauteur de plants, nombre de feuilles, teneurs en pigments foliaires) les paramètres de production (nombre et poids des fruits produits par plante, poids moyen du fruit), les teneurs en eau, en MS%, en matière organique, en matière minérale, teneurs en sucres totaux, teneurs en composés phénoliques (polyphénols et flavonoïdes).

Les analyses statistiques de l'ensemble des paramètres précités ont été effectuées par le logiciel **MINITAB et**, par l'analyse de variance par le test ANOVA. Le classement des isolats bactériens selon chaque paramètre analysé a été réalisé par le test de **Tukey**. Les différences ont été considérées significatives pour $P \leq 0,05$ (**Philippeau, 1989**).

Chapitre 3 :

Résultats et discussions

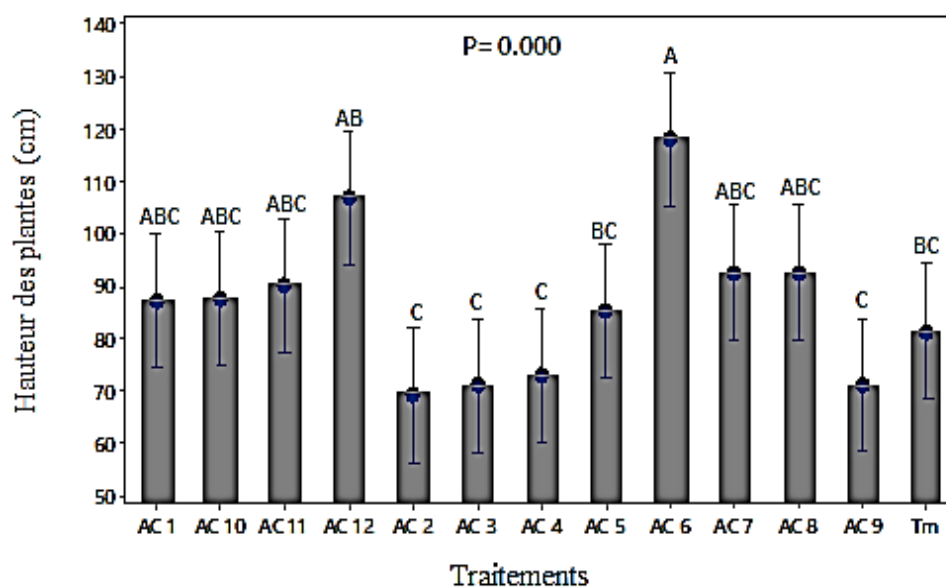
3. Résultats et discussions

3.1. Résultats

3.1.1 Hauteur des plantes de tomate

La hauteur des plantes cultivées de tomate a montré une variabilité selon les appliqués. (Annexe 1) ($P=0,000$, $F=5,14$)

Les valeurs enregistrées varient entre 69,38 et 118,25 cm (Figure 6).



A : groupe 1 ; AB : groupe 2 ; ABC : groupe 3 ; BC : groupe 4 ; C : groupe 5.

Figure 6. Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon la hauteur des plantes de tomate cultivées.

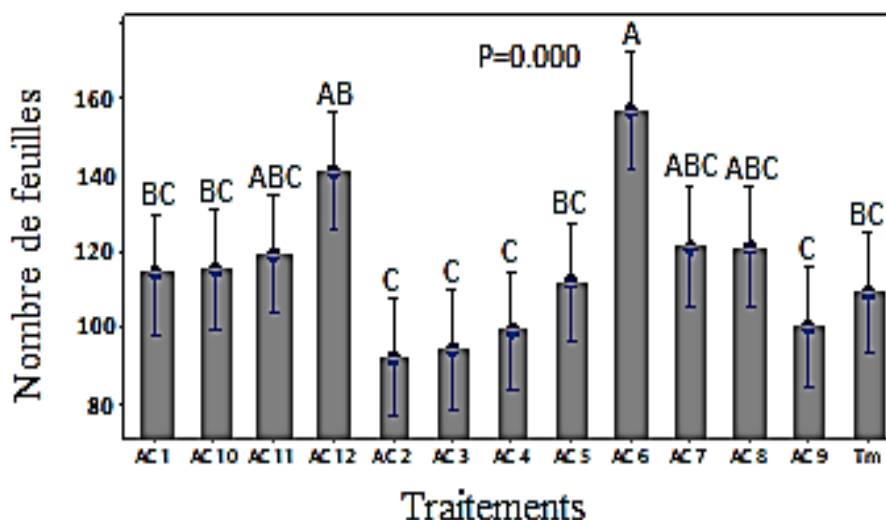
Le classement des traitements appliqués sur la culture a été établi par le test de Tukey qui a montré les Cinq groupes homogènes distincts suivants (Figure 6) :

- Le premier groupe comprend l'isolat bactérien AC 6, montrant la plus grande hauteur de 118,25 cm.
- Le deuxième groupe comprend l'isolat bactérien AC12, montrant une hauteur de 107cm.
- Le troisième groupe comprend les isolats bactériens AC1, AC7, AC8, AC10 et AC11, montrant une hauteur avoisinante comprise entre 87,38 et 92,63 cm.
- Le quatrième groupe comprend l'isolat bactérien AC5 et les témoins (Tm), montrant une hauteur comprise entre 81,5 et 85,5 cm.

- Le cinquième groupe comprend l'isolat bactérien AC2 avec la plus faible hauteur de l'ordre de 69,38 cm.

3.1.2 Variabilité pondérale du nombre de feuilles

Le nombre de feuille a montré une variabilité selon les traitements. Les valeurs enregistrées varient entre 92 et 157 feuilles. (**Annexe 2**) ($P=0,000$, $F=5,54$) (Figure 7)



A : groupe 1 ; AB : groupe2 ; ABC : groupe 3 ; BC : groupe 4 ; C : groupe 5.

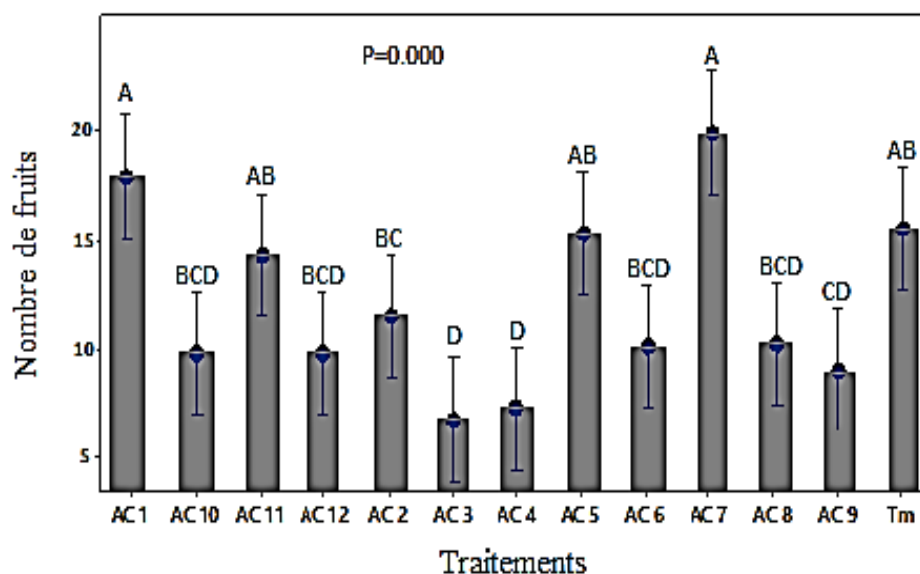
Figure 7. Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon le nombre de feuille des plantes de tomate cultivées.

Le classement des traitements appliqués sur la culture a été établi par le test de Tukey qui a montré les cinq groupes homogènes distincts suivants (Figure 7) :

- Le premier groupe comprend l'isolat bactérien AC6, montrant le plus grand nombre avec 157 feuilles.
- Le deuxième groupe comprend l'isolat bactérien AC12, montrant un nombre de 141 feuilles.
- Le troisième groupe comprend les isolats bactériens AC7, AC8 et AC11, montrant un nombre compris entre 119 et 121 feuilles.
- Le quatrième groupe comprend les isolats bactériens AC1, AC5, AC10 et les témoins (Tm), montrant un nombre avoisinant compris entre 109 et 115 feuilles.
- Le cinquième groupe comprend les isolats bactériens AC2, AC3, AC4 et AC9, montrant un nombre compris entre 92 et 100 feuilles.

3.1.3 Variabilité pondérale du nombre de fruits

Le nombre de fruit a montré une variabilité selon les traitements. Les valeurs enregistrées varient entre 6 et 19 fruits. (**Annexe 3**) ($P=0,000$, $F=12,36$) (Figure 8)



A : groupe 1 ; AB : groupe 2 ; BC : groupe 3 ; BCD : groupe 4 ; CD : groupe 5 ; D : groupe 6.

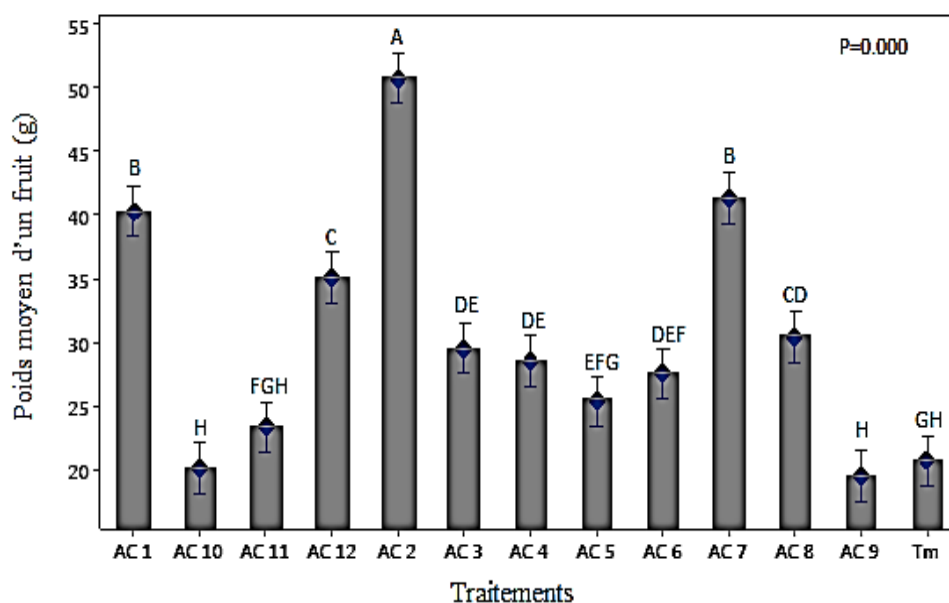
Figure 8. Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon le nombre de fruit des plantes de tomate cultivées.

Le classement des traitements appliqués sur la culture a été établi par le test de Tukey qui a montré les six groupes homogènes distincts suivants :

- Le premier groupe comprend les isolats bactériens AC1 et AC7, montrant le plus grand nombre compris entre 18 et 19 fruits.
- Le deuxième groupe comprend les isolats bactériens AC5, AC11 et les témoin (Tm), montrant un nombre de fruit avoisinant comprise entre 14 et 15.
- Le troisième groupe comprend l'isolat bactérien AC2, montrant un nombre de 12 fruits.
- Le quatrième groupe comprend les isolats bactériens AC6, AC8, AC10 et AC12 avec un nombre de fruits égale à 10.
- Le cinquième groupe comprend l'isolat bactérien AC9 avec un nombre de fruits de 8.
- Le sixième groupe comprend les isolats bactériens AC3 et AC4 montrant le plus faible nombre avec compris entre 6 et 7 fruits.

3.1.4 Variabilité pondérale du poids de fruits

Le poids de fruit a montré une variabilité selon les traitements. Les valeurs enregistrées varient entre 19,43 et 50,75 g. (**Annexe 4**) ($P=0,000$, $F=95,22$) (Figure 9)



A : groupe 1 ; B : groupe 2 ; C : groupe 3 ; CD : groupe 4 ; DE : groupe 5 ; DEF : groupe 6 ; EFG : groupe 7 ; FGH : groupe 8 ; GH : groupe 9 ; H : groupe 10.

Figure 9. Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon le poids de fruit des plantes de tomate cultivées.

Le classement des traitements appliqués sur la culture a été établi par le test de Tukey qui a montré les dix groupes homogènes distincts suivants :

- Le groupe 1 comprend l'isolat bactérien AC2, montrant le plus grand nombre de 50,75g.
- Le groupe 2 comprend les isolats bactériens AC1 et AC7, montrant un poids avoisinant comprise entre 40,25 et 41,29 g.
- Le groupe 3 comprend l'isolat bactérien AC12, montrant un poids de 35,08 g.
- Le groupe 4 comprend l'isolat bactérien AC8, avec un poids de 30,40 g.
- Le groupe 5 comprend les deux isolats bactériens AC3 et AC4 avec un poids compris entre 28,54 et 29,49 g.
- Le groupe 6 comprend l'isolat AC6 avec un poids de 27,49 g.
- Le groupe 7 comprend l'isolat AC5 avec un poids de 25,35 g.
- Le groupe 8 comprend l'isolat AC11 avec un poids de 23,32 g.

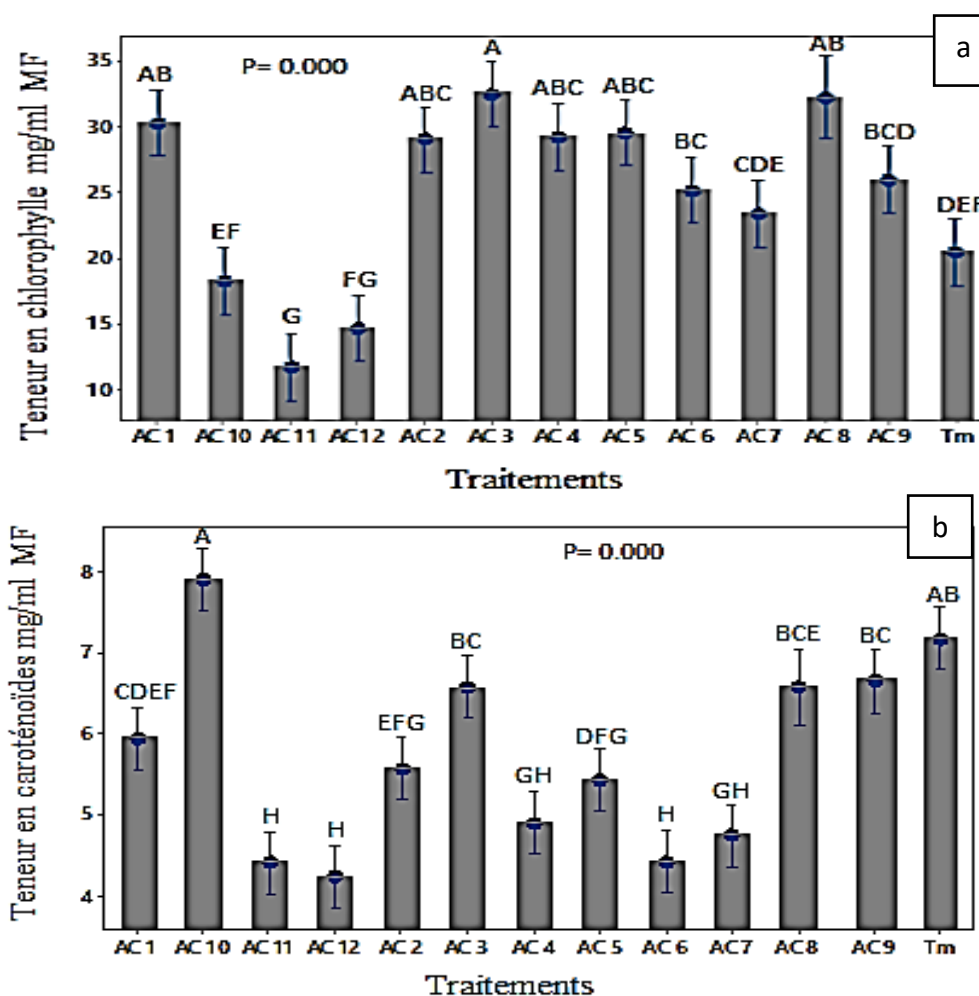
Chapitre 3 : Résultats et discussion

- Le groupe 9 comprend les témoins (Tm) avec un poids de 20,62 g.
- Le groupe 10 comprend les deux isolats AC9 et AC10 avec le plus faible poids compris entre 19,43 et 20,07 g.

3.1.5 Teneurs en pigments foliaires

L'analyse de la variance des teneurs en pigments foliaires a également montré une variabilité très hautement significative en ce qui concerne la teneur en chlorophylle et les teneurs en caroténoïdes ($P=0,000$, $F=26,82$) (**Annexe 5**) et ($P=0,000$, $F=36,35$) respectivement. (**Annexe 6**).

Les teneurs enregistrées étaient comprises entre, 11,8 et 32,54 mg/ml de MF pour la teneur en chlorophylle (Figure 10 a). Quant aux teneurs des caroténoïdes enregistrées les valeurs étaient comprises entre 4,242 et 7,92 mg/ml de MF (Figure 10 b).



a (A : groupe 1 ; AB : groupe 2 ; ABC : groupe 3 ; BCD : groupe 4 ; BC : groupe 5 ; CDE : groupe 6 ; DEF : groupe 7 ; EF : groupe 8 ; FG : groupe 9 ; G : groupe 10).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

b (A : groupe 1 ; AB : groupe 2 ; BC : groupe 3 ; BCE : groupe 4 ; CDEF : groupe 5 ; EFG : groupe 6 ; DFG : groupe 7 ; GH : groupe 8 ; H : groupe 9).

Figure 10. Classement des isolats bactérien endémiques par le test de Tukey selon les teneurs en pigments foliaires (Chlorophylle totaux ainsi que les caroténoïdes) synthétisés par les plantes de tomate cultivées.

Le test de Tukey a établi le classement des traitements appliqués sur la culture en groupes homogènes distincts selon les teneurs en pigments foliaires des plantes cultivées respectivement comme suit :

En effet, dix groupes homogènes ont été établis pour les isolats bactériens selon les teneurs enregistrées pour la chlorophylle (Figure 10 a), on distingue :

- Le groupe 1 renferme l'isolat AC3 avec la plus grande teneur de 32,54 mg/ml MF.
- Le groupe 2 renferme les isolats AC1 et AC8 avec des teneurs comprises entre 30,32 et 31,24 mg/ml MF.
- Le groupe 3 renferme les isolats AC2, AC4 et AC5 avec des teneurs comprises entre 29,05 et 29,62 mg/ml MF.
- Le groupe 4 renferme l'isolat AC9 avec une teneur de 26,02 mg/ml MF.
- Le groupe 5 renferme l'isolat AC6 avec une teneur de 25,21 mg/ml MF.
- Le groupe 6 renferme l'isolat AC7 avec une teneur de 23,43 mg/ml MF.
- Le groupe 7 renferme les témoins avec une teneur de 20,51 mg/ml MF.
- Le groupe 8 renferme l'isolat AC10 avec une teneur de 18,29 mg/ml MF.
- Le groupe 9 renferme l'isolat AC12 avec une teneur de 18,29 mg/ml MF.
- Le groupe 10 renferme l'isolat AC11 avec la plus faible teneur de 11,80 mg/ml MF.

En outre, neuf groupes homogènes ont été établis pour les isolats bactériens selon les teneurs enregistrées pour les caroténoïdes, on distingue :

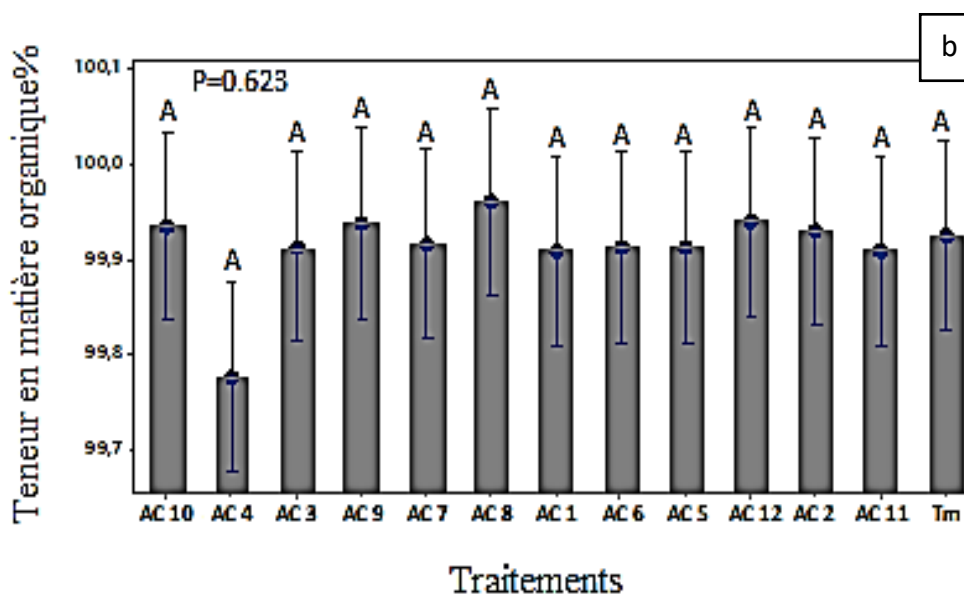
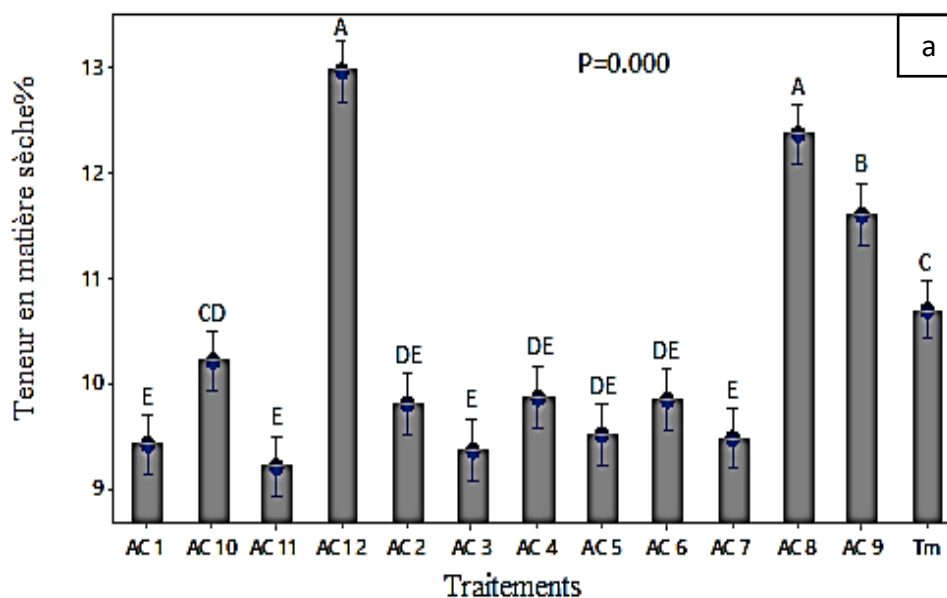
- Le groupe 1 renferme l'isolat AC10 avec la plus grande teneur de 7,92 mg/ml MF.
- Le groupe 2 renferme les témoins avec une teneur 7,18 mg/ml MF.
- Le groupe 3 renferme les isolats AC3 et AC9 avec des teneurs comprises entre 6,59 et 6,66 mg/ml MF.
- Le groupe 4 renferme l'isolat AC8 avec une teneur de 6,60 mg/ml MF.
- Le groupe 5 renferme l'isolat AC1 avec une teneur de 5,95 mg/ml MF.
- Le groupe 6 renferme l'isolat AC2 avec une teneur de 5,58 mg/ml MF.

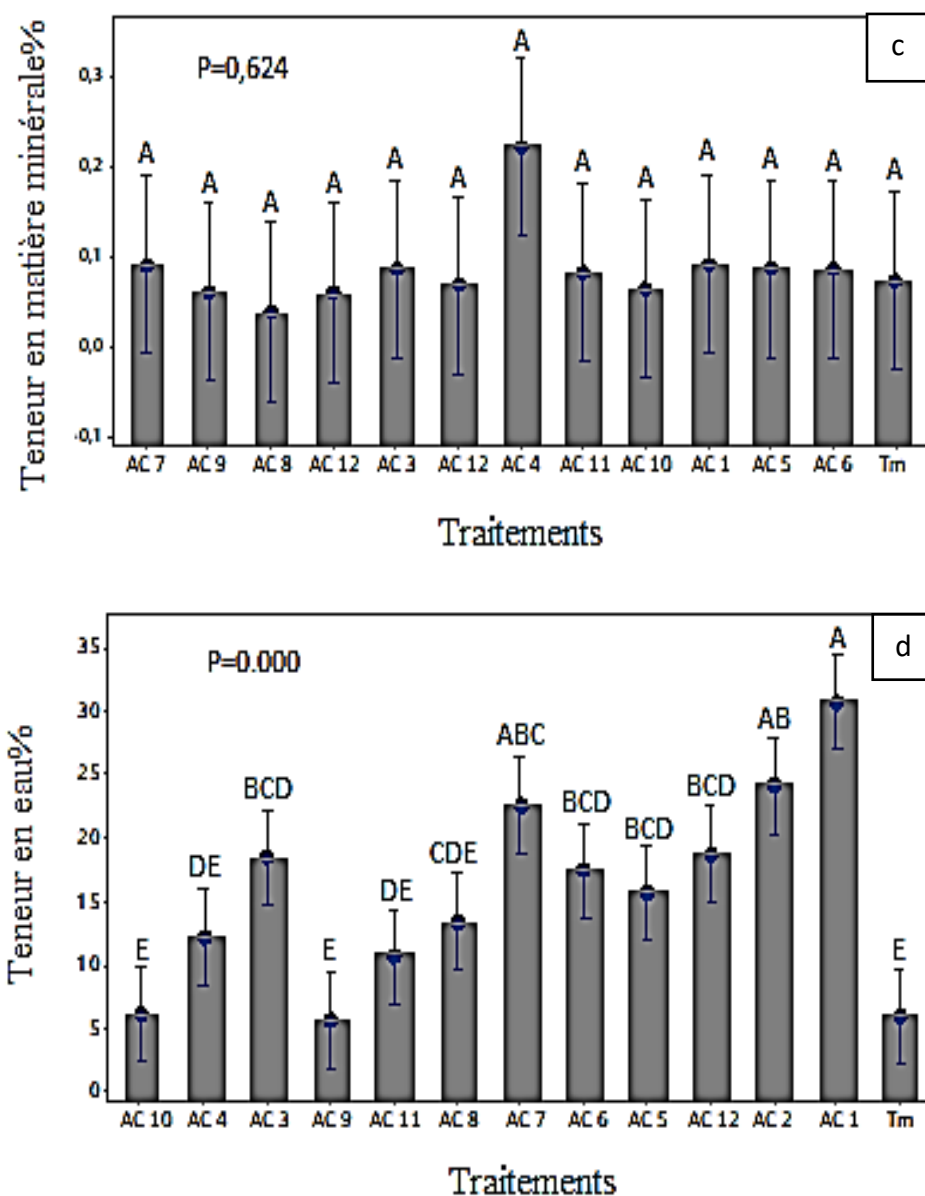
Chapitre 3 : Résultats et discussion

- Le groupe 7 renferme l'isolat AC5 avec une teneur de 5,44 mg/ml MF.
- Le groupe 8 renferme les isolats AC4 et AC7 avec des teneurs comprises entre 4,75 et 4,90 mg/ml MF.
- Le groupe 9 renferme AC6, AC11 et AC12 avec les plus faibles teneurs comprises entre 4,24 et 4,43 mg/ml MF.

3.2. Critères de qualité des plantes de tomates cultivées

3.2.1 Teneurs en eau, en matière sèche, en matière organique et en matière minérale





a(A :groupe 1 ; B :groupe 2 ; C :groupe 3 ; CD :groupe 4 ; DE :groupe 5 ; E :groupe 6).

b (A : un seul groupe).

c (A : un seul groupe).

d (A : groupe 1 ; AB : groupe 2 ; ABC : groupe 3 ; BCD : groupe 4 ; CDE : groupe 5 ; DE : groupe 6 ; E : groupe 7).

Figure 11. Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon les teneurs en matière sèche (a), teneur en matière organique (b) et teneur en matière minérale (c) et teneur en eau (d).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

L'analyse de la variance a également montré une variabilité très hautement significative en ce qui concerne des teneurs en eau ($P=0,000$, $F=17,33$), en matière sèche ($P=0,000$, $F=75,97$), en matière organique ($P=0,623$, $F=0,83$) et en matière minérale ($P=0,624$, $F=0,83$) (Annexe 7).

Les teneurs enregistrées étaient comprises entre 5,69 et 30,77% pour l'eau (Figure 11 d), 9,22 et 12,97% pour la matière sèche (Figure 11 a), 99,78 et 99,96% pour la matière organique (Figure 11 b), et 0,04 et 0,22% de matière minérale (Figure 11 c).

Le test de Tukey a établi le classement des traitements appliqués sur la culture en groupes homogènes distincts selon les teneurs en eau, en matière sèche, matière organique et en matière minérale des plantes cultivées respectivement comme suit :

En effet, sept groupes homogènes ont été établis pour les isolats bactériens selon les teneurs enregistrées pour l'eau (Figure 11 d), on distingue :

- Le groupe 1 renferme l'isolat AC1 avec une teneur de 30,77%.
- Le groupe 2 renferme l'isolat AC2 avec une teneur de 24,13%.
- Le groupe 3 renferme l'isolat AC7 avec une teneur de 22,64%.
- Le groupe 4 renferme les isolats AC3, AC5, AC6 et AC12 avec des teneurs comprises entre 15,77 et 18,77%.
- Le groupe 5 renferme l'isolat AC8 avec une teneur de 13,43%.
- Le groupe 6 renferme les deux isolats AC4 et AC11 avec des teneurs comprises entre 10,69 et 12,26%.
- Le groupe 7 renferme les isolats AC9, AC10 et les témoins avec des teneurs comprises entre 5,69 et 6,17%.

Par ailleurs, six groupes homogènes ont été établis pour les isolats bactériens selon les teneurs enregistrées pour la matière sèche (Figure 11 a), on distingue :

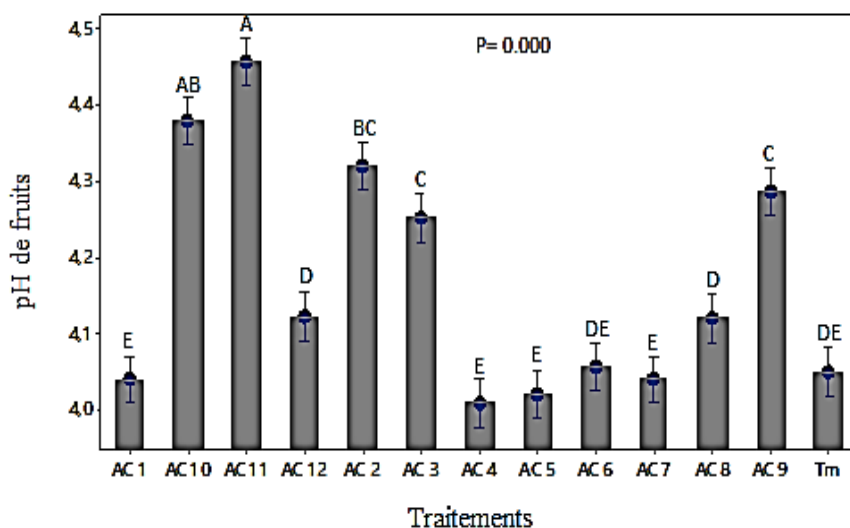
- Le groupe 1 renferme les isolats AC8 et AC12 avec des teneurs comprises entre 12,38 et 12,97%.
- Le groupe 2 renferme l'isolat AC9 avec une teneur de 11,60%.
- Le groupe 3 renferme les témoins avec une teneur de 10,71%.
- Le groupe 4 renferme l'isolat AC10 avec une teneur de 10,21%.
- Le groupe 5 renferme les isolats AC2, AC4, AC5 et AC6 avec des teneurs comprises entre 9,51 et 9,86%.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

- Le groupe 6 renferme les isolats AC1, AC3, AC7 et AC11 avec les plus faibles teneurs comprises entre 9,22 et 9,48%.

En outre, les teneurs enregistrées pour la matière minérale et la matière organique semblent très voisines d'où leur classement dans le même groupe dont, les valeurs étaient comprises entre 0,04 et 0,22% pour la matière minérale (Figure 11 c), et entre 99,78 et 99,96% pour la matière organique (Figure 11 b).

3.2.2 Variabilité des pH



A : groupe 1 ; AB : groupe 2 ; BC : groupe 3 ; C : groupe 4 ; D : groupe 5 ; DE : groupe 6 ; E : groupe 7).

Figure 12. Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon le pH de plantes de tomate cultivées.

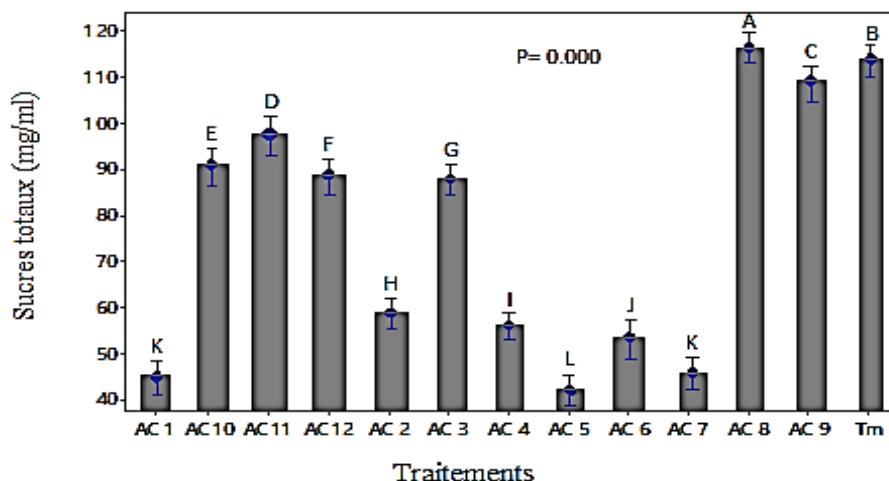
Par ailleurs, sept groupes homogènes ont été établis pour les isolats bactériens selon la variabilité des pH ($P=0,000$, $F=99,23$) (Annexe 8) (Figure 12) on distingue :

- Le groupe 1 renferme l'isolat AC11 avec la plus grande valeur de 4,46.
- Le groupe 2 renferme l'isolat AC10 avec une valeur de 4,38.
- Le groupe 3 renferme l'isolat AC2 avec une valeur de 4,32.
- Le groupe 4 renferme l'isolat AC3 et AC9 avec des valeurs comprises entre 4,25 et 4,29.
- Le groupe 5 renferme les deux isolats AC12 et AC8 avec une valeur de 4,12.
- Le groupe 6 renferme l'isolat AC6 et les témoins avec des valeurs comprises entre 4,05 et 4,06.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

- Le groupe 7 renferme les isolats AC1, AC4, AC5 et AC7 avec les plus faibles valeurs comprises entre 4,01 et 4,04.

3.2.3 Teneurs en sucres totaux



A : groupe 1 ; B : groupe 2 ; C : groupe 3 ; D : groupe 4 ; E : groupe 5 ; F : groupe 6 ; G : groupe 7 ; H : groupe 8 ; I : groupe 9 ; J : groupe 10 ; K : groupe 11 ; L : groupe 12.

Figure 13. Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon les teneurs en sucres totaux des plantes de tomate cultivées.

L'application des isolats bactériens a également influencé sur les teneurs en sucres totaux des plantes de tomate cultivées. Une différence très hautement significative a été enregistrée sur les plantes de tomate cultivées ($P=0,000$, $F=51867,17$) (**Annexe 9**).

Les teneurs en sucres totaux enregistrées sur les plantes de tomate cultivées selon les traitements étaient comprises entre 42,38 et 116,76 mg/ml (Figure 13).

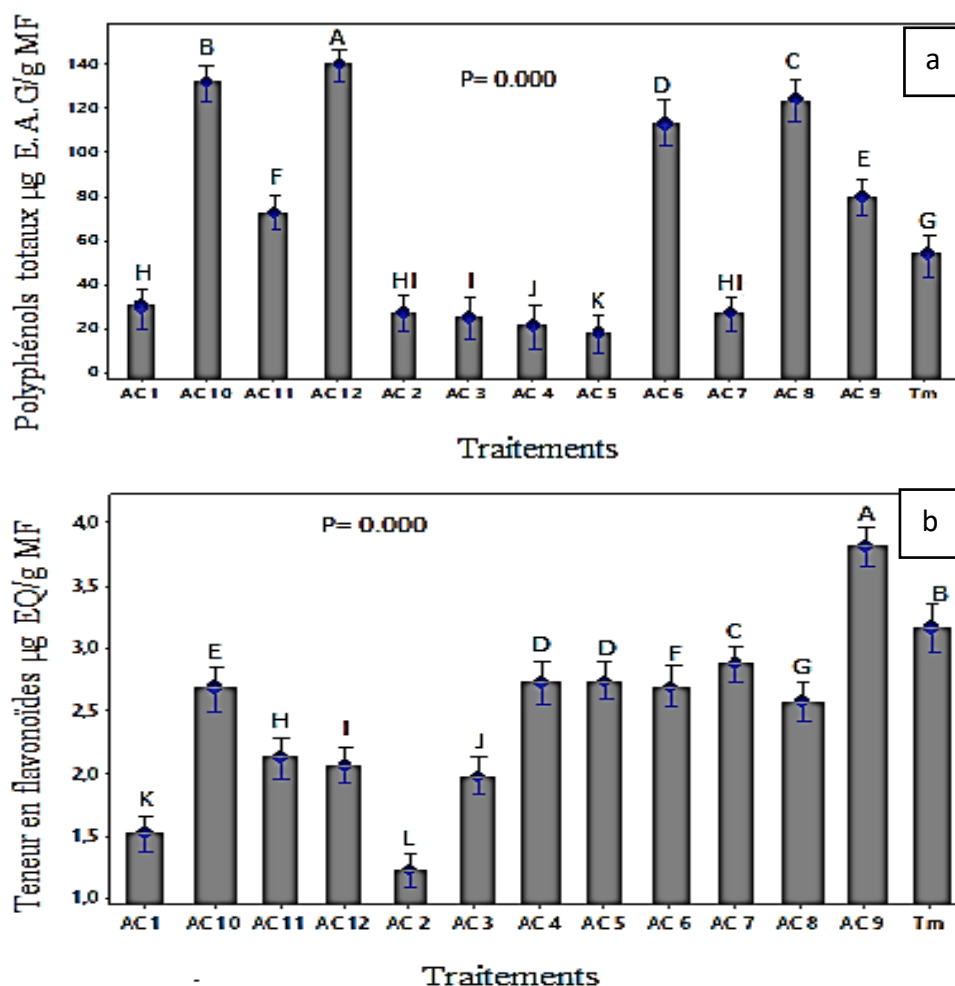
Selon les teneurs en sucres totaux enregistrées, le test de Tukey a permis le classement des isolats bactériens étudiés en douze groupes homogènes suivants (Figure 13) :

- Le groupe 1 renferme l'isolat AC8 avec la plus grande teneur de 116,76 mg/ml.
- Le groupe 2 renferme les témoins avec une teneur de 114,10 mg/ml.
- Le groupe 3 renferme l'isolat AC9 avec une teneur de 109,24 mg/ml.
- Le groupe 4 renferme l'isolat AC11 avec une teneur de 97,57 mg/ml.
- Le groupe 5 renferme l'isolat AC10 avec une teneur de 91,12 mg/ml.
- Le groupe 6 renferme l'isolat AC12 avec une teneur de 88,75 mg/ml.
- Le groupe 7 renferme l'isolat AC3 avec une teneur de 87,86 mg/ml.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

- Le groupe 8 renferme l'isolat AC2 avec une teneur de 59,14 mg/ml.
- Le groupe 9 renferme l'isolat AC4 avec une teneur de 56,40 mg/ml.
- Le groupe 10 renferme l'isolat AC6 avec une teneur de 53,95 mg/ml.
- Le groupe 11 renferme les isolats AC1 et AC7 avec des teneurs comprises entre 45,59 et 46,30 mg/ml.
- Le groupe 12 renferme l'isolat AC5 avec la plus faible teneur de 42,38 mg/ml

3.2.4 Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes



a(A : groupe 1 ; B : groupe 2 ; C : groupe 3 ; D : groupe 4 ; E : groupe 5 ; F : groupe 6 ; G : groupe 7 ; H : groupe 8 ; HI : groupe 9 ; I : groupe 10 ; J : groupe 11 ; K : groupe 12).

b(A : groupe 1 ; B : groupe 2 ; C : groupe 3 ; D : groupe 4 ; E : groupe 5 ; F : groupe 6 ; G : groupe 7 ; H : groupe 8 ; I : groupe 9 ; J : groupe 10 ; K : groupe 11 ; L : groupe 12).

Figure 14. Classement des isolats bactériens endémiques par le test de Tukey selon les teneurs en polyphénols totaux (a) et en flavonoïdes (b) des extraits de plantes de tomate cultivées.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Les traitements appliqués sur les plantes de tomate cultivées ont également affecté les teneurs en métabolites secondaires notamment les polyphénols et les flavonoïdes. Dans ce sens, une différence très hautement significative a été enregistrée sur les teneurs en polyphénols ($P=0,000$, $F=4773,27$) (**Annexe 10**) et celles des flavonoïdes ($P=0,000$, $F=53206,50$) (**Annexe 11**).

Les teneurs étaient comprises entre 18,24 et 140,68 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$ (Figure 14 a) ainsi que 1,23 et 3,82 $\mu\text{g E.Q/g MF}$ (Figure 14 b) respectivement pour les polyphénols totaux et les flavonoïdes.

Selon les teneurs en polyphénols totaux enregistrées, le test de Tukey a permis le classement des isolats bactériens étudiés en douze groupes homogènes suivants (Figure 14 a) :

- Le groupe 1 renferme l'isolat AC12 avec la plus grande teneur 140,68 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 2 renferme l'isolat AC10 avec une teneur de 132,19 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 3 renferme l'isolat AC8 avec une teneur de 123,92 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 4 renferme l'isolat AC6 avec une teneur de 112,68 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 5 renferme l'isolat AC9 avec une teneur de 80,01 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 6 renferme l'isolat AC11 avec une teneur de 71,61 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 7 renferme les témoins avec une teneur de 54,41 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 8 renferme l'isolat AC1 avec une teneur de 30,99 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 9 renferme les deux isolats AC2 et AC7 avec des teneurs comprises entre 27,65 et 27,70 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 10 renferme l'isolat AC3 avec une teneur de 25,92 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 11 renferme l'isolat AC4 avec une teneur de 22,28 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.
- Le groupe 12 renferme l'isolat AC5 avec la plus faible teneur de 18,24 $\mu\text{g E.A.G/g MF}$.

Selon les teneurs en flavonoïdes enregistrées, le test de Tukey a permis le classement des isolats bactériens étudiés en douze groupes homogènes suivants (Figure 14 b) :

- Le groupe 1 renferme les isolats AC9 avec la plus grande teneur de 3,82 $\mu\text{g E.Q/g MF}$.
- Le groupe 2 renferme les témoins avec une teneur de 3,18 $\mu\text{g E.Q/g MF}$.
- Le groupe 3 renferme l'isolat AC7 avec une teneur de 2,91 $\mu\text{g E.Q/g MF}$.
- Le groupe 4 renferme les isolats AC4 et AC5 avec une teneur de 2,73 $\mu\text{g E.Q/g MF}$.
- Le groupe 5 renferme l'isolat AC10 avec une teneur de 2,71 $\mu\text{g E.Q/g MF}$.
- Le groupe 6 renferme l'isolat AC6 avec une teneur de 2,69 $\mu\text{g E.Q/g MF}$.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

- Le groupe 7 renferme l'isolat AC8 avec une teneur de 2,61 µg E.Q/g MF.
- Le groupe 8 renferme l'isolat AC11 avec une teneur de 2,16 µg E.Q/g MF.
- Le groupe 9 renferme l'isolat AC12 avec une teneur de 2,07 µg E.Q/g MF.
- Le groupe 10 renferme l'isolat AC3 avec une teneur de 1,98 µg E.Q/g MF.
- Le groupe 11 renferme l'isolat AC1 avec une teneur de 1,53 µg E.Q/g MF.
- Le groupe 12 renferme l'isolat AC2 avec le plus faible teneur de 1,23 µg E.Q/g MF.

3.3. Discussion

De nombreux travaux notamment sur les PGPRs tels que, *Pseudomonas*, *Azotobacter* et *Bacillus* confirment de meilleures potentialités biostimulantes.

Les tests in vivo sont généralement utiles pour assurer des conditions d'expérimentation similaires aux conditions d'application définitive de ces isolats bactériens endémiques, notamment en présence d'autres microorganismes qui peut donner une idée sur leur compétitivité. Dans notre travail, nous avons testé en pots et sous serre douze souches bactériennes sur la croissance de la tomate. Quel que soit le mode d'application, l'apport de ces souches a entraîné une amélioration statistiquement significative des paramètres de croissance étudiés comparativement aux témoins non bactérisés.

La promotion des autres paramètres de croissance : longueur des tiges, nombre de feuilles, peut être due à la production des phytohormones par des souches PGPR des genres *Pseudomonas*, *Azotobacter* et *Bacillus* (Halda-Alija, 2003 ; Hafeez et al., 2006 ; Ahmed et al., 2008).

Des souches de *Pseudomonas* spp. ont été sélectionnées par Ahmed et al., (2007) pour leur effet promoteur de la longueur de la tige et le poids sec total de la plante.

D'autres souches de *Pseudomonas fluorescens* biotype G (ACC-5), *Pseudomonas fluorescens* (ACC-14), et *Pseudomonas putida* biotype A (Q-7) testées sur le petit pois ont été sélectionnées pour leur effet promoteur du poids sec et frais, de la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de feuilles par plant (Zahir et al., 2008).

Les recherches de Debora et al., (2007) suggèrent que la stimulation de la croissance des plantes peut être due au pouvoir des souches PGPR à améliorer la nutrition des plantes à l'instar de la solubilisation du phosphate non assimilable par les plantes. Elle peut être indirecte par l'amélioration de l'état sanitaire des plantes (Cook et al., 1995).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

D'après **Kias et Ouadi (2017)**, les *Streptomyces* ont une activité biostimulante sur la teneur en pigments foliaires des plantes de tomates, dont les concentrations sont très élevées.

Les recherches de **Diomiho M. (2021)** suggèrent que l'apport d'un cocktail de biostimulants (mycorhizes, algues et acides humiques) stimule la productivité de 4 espèces de verdurette (shiso, basilic, laitue, chicorée) et sur la concentration foliaire.

Selon **Bouzaata CH. (2016)** la teneur en eau trouvée dans les différents échantillons de pelure de tomate est très élevée, elle varie entre 91,76% pour la variété Discrito à 87,85 pour la variété Rio grande. Cependant, pour le taux de cendres les valeurs enregistrées ont été variés de 6,16, 7,5, et 8,33 respectivement pour les pelures séchées des variétés Fahla et Discrito, Rio grande, Super strain.

Les résultats de **Bengeugga S. et Boukhezza M. (2019)** ont montré une différence très hautement significative entre la teneur en composé phénolique de l'échantillon étudiés tubercule malade par le rhizoctone brun et tubercules verts à celle de l'échantillon témoin tubercules sains (0,56 mg/g), ces teneurs atteignent dans le même ordre les valeurs de (0,23 mg/g) et (0,24 mg/g). La teneur en composé phénolique diminuée dans l'échantillon tubercules malade par le rhizoctone brun.

Les teneurs en sucres totaux contenus dans la pelure séchée varie entre 0,67 et 0,94 g/100g de MS. L'analyse de la variance n'a révélé aucune différence significative. (**Bouzaata CH., 2016**)

Conclusion

Conclusion

Conclusion

La présente étude basée sur l'évaluation des potentialités agronomiques d'une collection de 12 isolats de PGPR endémiques sur la croissance et la production d'une culture biologique d'une variété hybride F1 « Tsarine » de tomate a fait ressortir les principaux résultats suivants :

Un effet biostimulant a été révélé par l'isolat AC6 sur la croissance végétative des plantes à savoir la hauteur des plantes (118,25 cm) ainsi que leur densité foliaire (157 feuilles).

Une augmentation a affecté la production des fruits en nombre sous l'effet des isolats AC7 et AC1 (18 et 19 fruits/plante) et en poids sous l'effet des isolats AC2 (50,75g) < AC7 et AC1(41,29-40,25g) < AC12 (35,08g) < AC8(30,40g) < AC3 et AC4(29,49-28,54g) < AC6(27,49g) < AC5(25,35g) < AC11(23,32g).

Les teneurs en pigments foliaires ont connu une augmentation pour la teneur en chlorophylle totale sous l'effet des isolats AC1, AC3 et AC8 (30,32 et 32,54 mg/ml MF). Cependant les valeurs enregistrées proches de celles des témoins ont été obtenus sous l'effet des isolats AC7 et AC10 (18,29-23,43 mg/ml de MF) et sous l'effet des isolats AC10 (7,92mg/ml de MF) pour les caroténoïdes.

Par ailleurs, une nette amélioration a été enregistrée sur quelques critères de qualité des fruits de tomates. Nous relevons une élévation des teneurs en eau sous l'effet des isolats AC1 (30,77%) < AC2 (24,13%) < AC7 (22,64%) < AC3, AC5, AC6 et AC12 (18,77-15,77%) < AC8 (13,43%) < AC4 et AC11 (12,26-10,69%), celle en matière sèche sous l'effet des isolats AC8 et AC12 (12,38 et 12,97%), AC9 (11,60%).

Et en matière organique sous l'effet des isolats AC2, AC8, AC10 et AC12 (99,78 et 99,96%).

En revanche, les teneurs enregistrées étaient très importantes sous l'effet de la plupart des traitements et voisines de celle des témoins (99%) pour la matière organique ainsi que, pour la matière minérale ou taux de cendres (0,04 et 0,22%). Il en est de même pour les valeurs enregistrées sur le pH des fruits (4,01 et 4,46).

Par ailleurs, le potentiel biostimulant a également affecté la composition en polyphénols des fruits où, nous relevons une élévation des teneurs sous l'effet des isolats AC6, AC8, AC10 et AC12 (112,68 et 140,68% $\mu\text{g E.A.G/g MF}$) alors qu'aucune élévation des teneurs n'a été enregistrée sur les teneurs en sucres et en flavonoïdes (AC7 et AC9 et témoins : 2,91 et 3,82 $\mu\text{g E.Q/g MF}$).

Conclusion

En revanche, de plus grandes teneurs en sucres ont été enregistrées sur les fruits produits sous l'effet des isolats PGPR mis à part AC8 et AC9 ayant montré un potentiel voisin de ceux des témoins. Dans ce sens, l'application des isolats PGPR notamment AC1, AC5 et AC7 (42,38 et 46,30mg/ml) s'avèrent très intéressante en vue de produire des fruits de tomates de faibles teneurs en sucres pour les diabétiques

Dans ce sens, nous pouvons conclure que de nombreux isolats de PGPR s'avèrent performants pour certains paramètres étudiés. Cependant, deux isolats endémiques peuvent être recommandés pour une agriculture durable et respectueuse de l'environnement de la tomate. Il est judicieux de proposer l'application de l'isolat AC6 pour booster la croissance des plantes et l'isolat AC7 pour une meilleure production quantitative et qualitative des fruits de tomates.

Ainsi, plusieurs perspectives de recherches peuvent être envisagées dans les travaux ultérieurs :

- Il serait intéressant de compléter les analyses biochimiques des fruits notamment les teneurs en vitamines et l'activité anti-oxydant,
- Rechercher et doser les phytohormones de croissance,
- Etudier la résistance induite aux plantes face aux stress biotique et abiotique,
- Identification, caractérisation et production en masse des isolats de PGPR AC6 et AC7 en vue de leur application à grande échelle sous serre, en pépinières et sur différentes cultures,
- Etudier leur stabilité et leurs écotoxicités.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Les références bibliographiques :

Abdesselam. A., 2012. Contribution à l'étude de l'impact d'un boom à cyanobactérie toxiques sur la croissance de la tomate industrielle *Lycopersicum esculentum* L. (variété 61.08). Mémoire de Magister. « Agriculture et fonctionnement des écosystèmes ». Centre universitaire d'El Taref. 95p.

Adesemoye A.O., Kloepper J.W., 2009. Plant-microbs interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 85 : 1-12.

Ahmad F., Ahmad I., Khan M.S., 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiol Res.*, 163 : 173-181.

Ahmed M.R, Osei B.A, Bonsu M. 2007. Nitrogen mineralization trends of applied *Mucuna pruriens* var. utilis. *Ghana Jnl agric. Sci.* 40, 223-229.

AOAC 1975. official method of analysis, 11th Edition, AOAC, Washington DC, 51-52.

Arbaoui M., 1984. L'élimination de la fécondité de la tomate *Lycopersicum esculentum* non chauffée. Thèse d'ingénieur en agronomie, INA, Alger. 56 p.

Baci L., 1995. Les contraintes au développement du secteur des fruits et légumes en Algérie : faiblesse des rendements et opacité des marchés. Les agricultures Maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options méditerranéennes : Série B. études et Recherches, n°14. Montpellier. CIHEAM, 271-272.

Bally R. and Elmerich C., 2007. Biocontrol of plant diseases by associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria. In : Elmerich C., Newton W.E. (eds). Associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria and cyanobacterial associations springer, 171-190p.

Barak P., Jobe B.O., Krueger A.R., Petersen L.A., Laird D.A., 1997. Effects of long-term soil acidification due to nitrogen fertilizer inputs in Wisconsin. *Plant Soil*, 197 : 61-69

Beauchamp C.J., 1993. Mode of action of plant growth-promoting rhizobacteria and their potential use as biological control agents. *Phytoprotection*, 71:19-27.

Bedrane M.A. 2019. Importance économique de la tomate [En ligne]. <https://agronomie.info/fr/importance-economique-de-la-tomate/>. Consulté le 18/08/2022.

Beldjilali N., Zeltissi K., 2017. Effet des métaux lourds (Cu et Zn) sur les paramètres morphologiques et physiologiques de la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. Mémoire

Références bibliographiques

master : biologie, Phytotechnologie appliquées aux sols pollués. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis, 90p.

Bengeugga S., Boukhezza M., 2019. Effet de rhizoctone brun et les glucoalcaloides sur la valeur nutritionnelle et la teneur des molécules bio-actives de la pomme de terre « *Solanum tuberosum* L », dans la région du souf. Mémoire de Master en Toxicologie. UEHL El-Oued. Algérie. 59p.

Blancard D., Latterot H., Marchaud G. et Candresse T. 2009. Les maladies de la tomate. Ed. Quae, Paris. 679p.

Blancard D., 2016. Liste des maladies et des bioagresseurs de la tomate. INRA. Ephytia <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5086/>. 10/08/2022.

Borguini R. et Torres E., 2009. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Rev. Int.* 25: 313–325.

Boughaba H.A., Bouzit A.K., 2020. Recherche de l'effet antagoniste de quelques isolats de *Trichoderma* sp. à l'égard de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* agent du flétrissement fusarien de la tomate. mémoire de master microbiologie Université des Frères Mentouri Constantine 81p.

Boutoumou H., Boumaza M., 2016. Etude de l'activité de *Trichoderma* sp. Contre l'Alternariose de la tomate. Thèse de Master. Université Mentouri Constantine, Algérie 101p.

Bouzaata CH. (2016). Valorisation des sous-produits de quatre variétés de tomate industrielle (*Solanum esculentum* L.) dans l'Est algérien.

Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W., 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383 : 3-41

Chandler D., Bailey A.S., Tatchell G.M., Davidson G., Greaves J., Grant W.P., 2008. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B.*, 366(1573), 1987-1998.

Chaux C.L. et Foury C.L., 1994. Production légumières et maraichères, tome III : légumineuses potagères, légumes fruits. Tec & Doc. Lavoisier, Paris. 563p

Références bibliographiques

Cherif, H. 2004. Amélioration de la croissance de blé dur en milieu salin par inoculation avec bacillus sp. et pantoea agglomerans isolées de sols. Thèse de doctorat en microbiologie, université ferhat abbas sétif. 162p.

Childers D.L., Corman J., Edwards, M. and Elser J.J., 2011. Sustainability Challenges of Phosphorus and Food : Solution from Closing the Human Phosphorus Cycle. *BioScience*, 61(2) : 117-124.

Compant, S., et al., 2005. Use of Plant Growth-Promoting Bacteria for Biocontrol of Plant Diseases: Principles, Mechanisms of Action, and Future Prospects. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 4951-4959.

Cook, R.J., Tomashow, L.S., Weller, D.M., Fujimoto, D., Mazzola, M., Banger, G., Klm, D.S., 1995. Molecular mechanisms of defense by rhizobacteria against root disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **92**, 4197-4201.

Courchinoux JP., 2008. La culture de la tomate. Fiche technique Tomate. 76 : 20-25.

Daels rakotoarison D., 1999. Extraits phénoliques d'aubépine, de cola et d'églantier. Thèse de doctorat, université de Lille-2, France.

Daunay M.C., Janick J., et Laterrot H., 2007. Iconography of the Solanaceae from antiquity to the XVIIth century: a rich source of information on genetic diversity and uses. Ed *Solanaceae VI: Genomics meets biodiversity. Acta Horticulturae* 745: 59–88.

Debora, A. T., Acellino, C. A., Reginaldo, G. M., Eraclides, M. F., Leandro, S., Luiz, A. M., Ann, H. M., 2007. Rhizobacterial promotion of eucalypt rooting and growth. *Brazilian Journal of Microbiology* **38**, 118-123.

Diomiho M., 2021. Production de verdurettes biologiques. Niveaux de fertilisation et biostimulants. 130-132

Djeridane A, yousfi M, nagjemi B, boutassouna D, stocker P, vidal N., 2006. Antioxidant activity of some algal medicinal plants extracts containing phenolic compound, food chemistry. 97 : 654-660.

Dobbelaere S.J ; Vanderleyden ; Okon Y., 2003. Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 22 : 107-149.

Références bibliographiques

- Dubois, M.; Gilles, K.A.; Hamilton, J.K.; Rebers, P.T.; Smith, F,1956** . Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* , 28, 350–356, doi : 10.1021/ac60111a017.
- Du Jardin P., 2015.** Plant biostimulants : definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hortic.*, 196 : 3-14.
- Dupont F. et Guignard J.I., 2012.** Botanique. Les familles des plantes, 15ème Edition, Elsevier Masson, Canada. 300p
- Dutta S., Podile A.R., 2010.** Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) : the bugs to debug the root zone. *Crit. Rev. Microbiol.*, 36 : 232-244.
- FAO, 2007.** The state of food and agriculture. Food and Agricultural Organisation, Rome, 128p. <https://www.fao.org/3/i0100e/i0100e.pdf> : Consulté le 20/08/2022.
- FAOSTAT, 2020.** Food And Agricultural Organization (FAO). 2020. Global review of area and production of tomato.
- Favier J., Ireland-Rippert J., Toque C., et Feinberg M., 2003.** Répertoire Général des Aliments. Ed. Ciqual. 40-48p.
- Fortin J. A., Plenchette C., Piché Y., 2008.** Les mycorhizes. La nouvelle révolution verte Multi Monde Quac. (Eds.), Quebecs, 131 p.
- Fuentes-Ramirez, L., Caballero-Mellado, J. 2006.** Bacterial Biofertilizers. In PGPR : Biocontrol and Biofertilization ed. Siddiqui, Z. Dordrecht, The Netherland : Springer, 143-172p.
- Gallais A. et Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées objectif et critère de sélection. INRA, Paris. 765p.
- GRET (groupe de recherche et d'échanges technologique, ministère des affaires étrangère), 2002.** Mémento de l'agronomie. Ed Quae, Canada, p.1045-1046.
- Grubben G.J.H. et Denton O.A., 2004.** Plant resources of Tropical Africa 2. *Nordic journal of botanic.* 526 : 298p.
- Glick., B.R., D.M. Penrose et Jiiping L., 1998.** A model for the plant ethylene concentrations by plant growth promoting bacteria. *J. Theor. Biol.* 190 : 63-68.

Références bibliographiques

- Hafeez, F. Y., Yasmin, S., Aryani, D., Rehman, Yousufzafar, M., Malik, K. A., 2006.** Plant growth rhizobacteria and biofertilizers. *Agronomy for Sustainable Development* **26**, 243-250.
- Hayat R., Ali S., Amara U., Khalid R., Ahmed I., 2010.** Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion : *A review. Ann. Microbiol.*, 60 : 579-598.
- Halda-Alija, L., 2003.** Identification of indole-3 acetic acid producing freshwater wetland rhizosphere bacteria associated with *Juncus effusus* L. *Canadian Journal of Microbiology* **49**, 781-787.
- Ismail H., Chanab K., Mariodb A., Ismail M., 2010.** Phenolic content and antioxydant activity of cantaloupe (*cucumis melo*) methanolic extracts. *Food Chemistry* **119** :643-647.
- I.T.C.M.I., 2015.** Institut technique des cultures maraichères et industrielles, fiches techniques valorisées des cultures maraichères et industrielles. Guide pratique la culture de la tomate sous serres. BP50Route de Moretti staouéli - Alger, 3p.
- James B. et al., 2010.** Gestion intégrée des nuisibles en production maraichère : guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. Ibadan, Nigéria : IITA.
- Jeannequin B., Dosba F. et Amiot-carlin MJ. 2005.** Fruits et légumes caractéristiques et principaux enjeux. Collection « un point sur les filière ».INRA. Paris. 200p.
- Kias N. et Ouadi Ch., 2017.** Effet PGPR de quelques *Streptomyces*. Impact sur les caractères morfo-biochimiques de la tomate *Lycopersicon esculentum*. Thèse de doctorat , 150p.
- Kolev N., 1976.** Les cultures maraichères en Algérie. Tome I. Légumes fruits. Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles. 52p.
- Kloepper J.W., 1993.** Plant growth-promoting rhizobacteria as biological control agents. *In*: Metting FB Jr (ed) *Soil microbial ecology-applications in agricultural and environmental management*. Marcel Dekker, Inc., New York,255-274p.
- Latigui A., 1984.** Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse Magister. INA El-Harrach.180p.
- Lichtenthale, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. 148, 350–382.**
- Manzi, F., Flood, V., Webb, K., Mitchell, P., 2002.** The intake of carotenoids in an older Australian population: the Blue Mountains eye study. *Public Health Nutr.* **5** (2), 347–352.

Références bibliographiques

Lugtenberg BJJ, Chin-A-Woeng TFC, Bloemberg GV., 2002. Microbial-plant interactions : principes and mechanisms. *Antonie van Leeuwenhoek* 81 : 373-383.

MAHRH., 2007. Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, analyse de la filière maraichère au Burkina Faso. Edit DGPSA, Burkina Faso, 127p.

Marie Turner, 2018. Nutrition et biostimulation : le point sur l'action des microorganismes.

Martinez-Flores H. E., Garnica-Romo M.G., Bermudez-Aguirre D., Pokhrel P.R, and Barbosa-Canovas G.V., 2015. Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage. *Food Chem.*, **172**, 650-656.

Martinez-Viveros O., Jorquera M.A., Crowley D.E., Gajardo G., Mora M.L., 2010. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10 :293-319.

Moulin L., Munive A., Dreyfus B., Boivin-Masson C., 2001. Nodulation of legumes by members of the B-subclass of Proteobacteria. *Nature*, 411, pp. 948-950.

Munro B. et Small E., 1997. Les légumes du Canada. Ministère des Approvisionnements et Services Canada. 436p.

S., De Jeud J.V.L., De Joffeau M., Hilmi M. et Vandam B., 2005. La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Wageningen, Pays-Bas. 105p.

Nihorimbere V., Ongena M., Smargiassi M., Thonart P., 2011. Beneficial effect of the rhizospher microbiol community for plant growth and health. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 15 : 327-333.

Periago M.J., García-Alonso J., Jacob K., Olivares A.B., Bernal A.J. et Iniesta M.D., 2009. Bioactive compounds, folates and antioxidant properties of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) during vine ripening. *International Journal of Food Science and Nutrition.* 132 : p 694–708.

Philippeau G.,1989. Théorie des plans d'expérience : application à l'agronomie.

PNTTA, 1999. Bulletin mensuel d'information et de liaison du pntta. Fiche technique tomate sous serre n°57 4p.

Polese J.M., 2007. La culture de la tomate. Ed. Arrtémis. Canada 95p.

Références bibliographiques

Ramette A., Moenne-Loccoz Y., and Défago G., 2006. Genetic diversity and biocontrol potential of fluorescent pseudomonads producing phloroglucinols and hydrogen cyanide from Swiss soils naturally suppressive or conducive to *Thielaviopsis basicola*-mediated black root rot of tobacco. *FEMS Microbiol. Ecol.* 55 : 369-381.

Ramos-Solano B., Barriuso-Maicas J., Gutierrez-Mañero J., 2009. Biotechnology of the Rhizosphere. *In: Kirakosyan A., Kaufman PB (eds) . Recent Advances in Plant Biotechnology.* 137, Springer Science & Business Media, 137- 162p.

Rezzonico F., Zala M., Keel C., Duffy B., Moenne-Loccoz, Y. and Défago G., 2007. is the ability of biocontrol fluorescent pseudomonads to produce the antifungal metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol really synonymous with higher plant protection, *New Phytol* **173**, 861-872.

Shankara. N, Joep Van Lidt de Jeudi, Gauffou. M, Hilmi. M, Van Dam. B., 2005. La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. Pays Bas : PROTA : 105p.

Sharoni Y. et Levi Y., 2006. Cancer prevention by dietary tomato lycopene and its molecular mechanisms. *In A. V. Rao. Ed. Tomatoes, lycopene & human health.* Barcelona: Caledonian Science Press, 876 : 111–125p.

Singleton VL., Orthofer R., Lamuela-Raventos RM., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* ;299 :152

Soltaniband V., 2020. Effects of biostimulants on soil microbiota, plant development, crop productivity and fruit quality of protected strawberries. MSc. Thesis. Université Laval, Québec, Canada, 120 p.

Somers E, Vanderleyden J, et Srinivasan M., 2004. Rhizosphere bacterial signaling : a love parade beneath our feet. *Crit. Rev. Microbial.* 304 : 205-240.

Spichiger R., Calenge C. et Bise B., 2004. Geographical zonation in the neotropics of tree species characteristic of the Paraguay paranà basin. *Journal of Biogeography*, 31 (9), 1489-1501.

Sturz, A.V., Christie, B.R., Nowak, J., 2003. Bacterial endophytes : potential role in developing sustainable systems of crop production. *Critical Review in Plant Sciences* **19**, 1-30.

Références bibliographiques

Turan M., Ekinçi M., Yildirim E., GUNES A., KARAGOZ K., Kotan R., Dursun A., 2014. Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. *Turkish J. Agriculture and Forestry*, 38(3) : 327-333.

Vessey J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, *Plant soil*, 255: 571-586.

Yilidirim E., Turan M., Donmez M.F., 2008. Mitigation of salt stress in radish (*Raphanus sativus* L.) by plant growth : promoting rhizobacteria. *Romanian Biotechnological Letters*, 13 : 3933-3943.

Zahir, Z.A., Munir, A., Asghar, H.N., Shaharoon, B., Arshad, M., 2008. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum* L.) under drought conditions. *Journal of Microbiology and Biotechnology* **18**, 958-963.

Annexes

Annexes :

Annexe 1 : Analyse de la variance par le test ANOVA de la hauteur des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
Traitement	12	9945	828,8	5,14	0,000
Erreur	39	6286	161,2		
Total	51	16231			

Annexe 2 : Analyse de la variance par le test ANOVA de nombre de feuilles des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
Traitement	12	1006,2	83,85	5,54	0,000
Erreur	39	590	15,13		
Total	51	1596,2			

Annexe 3 : Analyse de la variance par le test ANOVA de nombre de fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
Traitement	12	46,58	3,8814	12,36	0,000
Erreur	39	12,25	0,3141		
Total	51	58,83			

Annexe 4 : Analyse de la variance par le test ANOVA de poids frais de fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
Traitement	12	3185,93	265,494	95,22	0,000
Erreur	26	72,5	2,788		
Total	38	3258,43			

Annexe 5 : Analyse de la variance par le test ANOVA de dosage de la Chlorophylle totale dans les feuilles des plantes de tomates selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
Traitement	12	1586,9	122,066	26,82	0,000
Erreur	25	113,8	4,552		
Total	38	1700,7			

Annexe 6 : Analyse de la variance par le test ANOVA de dosage des caroténoïdes totaux des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
Traitement	12	50,027	3,8482	36,35	0,000
Erreur	25	2,647	0,1059		
Total	38	52,674			

Annexe 7 : Analyse de la variance par le test ANOVA des teneurs des paramètres organoleptiques contenues dans les plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
M.S%	12	54,115	4,50956	75,97	0,000
M.O%	12	0,6908	0,005757	0,83	0,623
M.M%	12	0,06907	0,005756	0,83	0,624
T.E%	12	2082,3	173,52	17,33	0,000

Annexe 8 : Analyse de la variance par le test ANOVA de pH de fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
Traitement	12	0,84881	0,070734	99,23	0,000
Erreur	26	0,01853	0,000713		
Total	38	0,86738			

Annexe 9 : Analyse de la variance par le test ANOVA de taux de sucre totaux dans les fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
Traitement	12	27809,5	2139,19	53206,50	0,000
Erreur	25	1	0,04		
Total	38	27810,5			

Annexe 10 : Analyse de la variance par le test ANOVA de dosage des polyphénols totaux dans les fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
Traitement	12	77424	6452	4773,27	0,000
Erreur	26	35,1	1,35		
Total	38	77459,2			

Annexe 11 : Analyse de la variance par le test ANOVA de dosage des Flavonoïdes dans les fruits des plantes de tomate selon l'effet des isolats bactériens.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	P roba
Traitement	12	17,0996	1,31535	51867,17	0,000
Erreur	25	0,0006	0,00003		
Total	38	17,1002			