

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIES



Projet de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master 2
Spécialité : phytopharmacie et protection des végétaux

THEME

**Effet d'un biofertilisant sur la croissance d'une culture
maraîchère.**

Présenté par

LARBAOUI Manal

LECHEHEB Ibtissem

Devant le jury composé de :

| | | |
|----------------------------------|-------|------|
| Président : Mr MAHDJOUBI Djilali | M.C.B | USDB |
| Examineur : Mr HAMAMA Abderezak | M.A.A | USDB |
| Promoteur : Mme BRAHIMI Latifa | M.C.B | USDB |

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2019/2020.

REMERCIEMENTS

Que ces quelques mots très importants glissés à l'endroit de certaines personnes ne soient pris pour des compliments ou complaisances. C'est juste une manière symbolique de remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à l'élaboration de ce document.

D'abord, nous tenons à remercier **ALLAH** Le tout puissant de nous avoir les ressources morales et physiques pour conduire à terme ce travail.

Nous tenons ensuite à exprimer notre reconnaissance et nos respects sans limite pour notre encadreur **Mme BRAHIMI Latifa**. Pour sa prise en charge, ses conseils précieux et surtout son humilité. Elle a su motiver et diriger notre travail avec tout enthousiasme. Merci pour tout ce que vous avez apporté à nos connaissances.

Enfin, Nous remercies tous les membres de notre très chère grande famille chacun par son nom, pour leur aide et leur soutien moral.

Merci à tous

Effet d'un biofertilisant sur la croissance d'une culture maraîchère.

Résumé

Comme toutes les cultures, la tomate subit une panoplie de traitement tantôt pour lutter contre ses bioagresseurs, mais aussi pour augmenter le rendement et la qualité du fruit. Pour répondre à cette demande, nous avons tenté dans notre étude de tester l'effet d'un biofertilisant à base d'une solution de kéfir à trois concentrations différentes sur le développement morphologique de la culture de Tomate, l'opération s'est déroulée au sein du laboratoire de Biotechnologie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université de Blida.

Les résultats déduits sur la base des travaux ultérieurs révèlent un effet stimulateur de croissance plus ou moins remarquable et qui semble variable entre les différentes concentrations pour les deux bioproduits documentés et pour chaque culture cible.

Mots clés : Biofertilisation, Dilution, Stimulateurs de croissance, Tomate, Kéfir.

تأثير السماد الحيوي على نمو محصول نباتي.

الملخص

مثل جميع المحاصيل تخضع الطماطم لمجموعة متنوعة من العلاجات في بعض الأحيان لمكافحة الآفات ولكن أيضاً لزيادة محصول وجودة الثمار. للرجوع إلى هذا الطلب ، حاولنا في دراستنا اختبار تأثير السماد الحيوي بناءً على محلول الكفير بثلاثة تركيزات مختلفة على التطور المورفولوجي لمحصول الطماطم ، وقد تمت العملية. ضمن معمل التكنولوجيا الحيوية بكلية العلوم الطبيعية والحيوية بجامعة البليدة.

النتائج المستخلصة على أساس العمل اللاحق تكشف عن تأثير تحفيز نمو ملحوظ إلى حد ما والذي يبدو أنه يختلف بين التركيزات المختلفة للمنتجين الحيويين الموثقين ولكل ثقافة مستهدفة

الكلمات المفتاحية: التسميد الحيوي ، التخفيف ، محفزات النمو ، الطماطم الكفير

Effect of a biofertilizer on the growth of a vegetable crop

ABSTRACT

Like all crops, the tomato undergoes a variety of treatments sometimes to fight against its pests, but also to increase the yield and quality of the fruit. To return to this request, we tried in our study to test the effect of a biofertilizer based on a solution of kefir at three different concentrations on the morphological development of the tomato crop, the operation took place within the Biotechnology laboratory of the Faculty of Natural and Life Sciences of the University of Blida.

The results deduced on the basis of subsequent work reveal a more or less remarkable growth stimulating effect which seems to vary between the different concentrations for the two documented byproducts and for each target culture.

Keywords: Biofertilization, Dilution, Growth stimulators, Tomato, Kefir.

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Quotient pluviométrique Q dans la Mitidja durant 10 ans de 2006 à 2015..... | 30 |
| Tableau 2 : Valeurs moyennes (\pm SD) des paramètres de croissances des épis <i>Sitobion avenae</i> (Laribi, 2013)..... | 37 |

Liste de figures

| | |
|--|----|
| Figure1 : Représentation générale d'un plan de tomate (Anonyme,2020) | 10 |
| Figure 2 : Cycle de vie d'un plant de tomate (anonyme , 2019)..... | 11 |
| Figure 3 : Destination de la production mondiale de tomate fraîche et transformée (FAOSTAT & WPTC, 2013)..... | 13 |
| Figure4 : Effets de l'irrigation de cultures de tomates de transformation sur la quantité de matières sèches solubles (Tan et al., 2004)..... | 16 |
| Figure 5 : Structure macroscopique des grains de kéfir (Leite et al., 2013)..... | 22 |
| Figure 6 : Positionnement géographique de la plaine de la Mitidja..... | 27 |
| Figure 7 : Diagramme ombrothermique de Gausсен dans la Mitidja pour l'année 2018 (O.N.M., 2019)..... | 29 |
| Figure 8 : Quotient pluviométrique Q dans la Mitidja durant 10 ans de 2006 à 2015..... | 30 |
| Figure 9 : image représentative de la serre (original 2020)..... | 31 |
| Figure 10 : transplantation de la tomate à partir des alvéoles (original 2020) | 32 |
| Figure 11 : Effet booster de biofertilisant (Bioréveil) sur le system racinaire de <i>Hordeum vulgare</i> (Fruchart, 2016)..... | 35 |

Table de matière

REMERCIEMENTS

DEDICACE

RESUME

ABSTRACT

الملخص

TABLE DES MATIERS

| | |
|---|----|
| LISTE DES TABLEAUX..... | 1 |
| LISTE DES FIGURES..... | 2 |
| INTRODUCTION..... | 5 |
| Chapitre I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE | |
| I. Généralité sur la tomate..... | 7 |
| I.1.Historique..... | 7 |
| I.2. Nomenclature et classification..... | 7 |
| I.2.1 .Variétés fixées..... | 8 |
| I.2.2. Variétés hybrides | 8 |
| I.2.2.1.Classification véritable selon le mode de croissance..... | 8 |
| I.3. Descriptions botaniques de la plante de tomate..... | 9 |
| I.4.Cycle biologique de la tomate | 10 |
| I.4.1.Phase de germination..... | 11 |
| I.4.2. Phase de croissance..... | 11 |
| I.4.3 .Phase de floraison et de pollinisation | 12 |
| I.4.4. Phase de fécondation, de nouaison et de fructification | 12 |
| I.4.5. Phase de développement et de maturation des fruits..... | 12 |
| I.5.Importance économique de la tomate..... | 13 |
| I.5.1. Valeurs nutritionnelles des fruits de tomate..... | 14 |
| I.6. La conduite technique et les exigences de la culture de tomate | 14 |
| I.6.1. Les exigences climatiques..... | 14 |
| I.6.2. Les exigences édaphiques..... | 16 |
| I.6.3. Les exigences hydriques..... | 17 |
| I.6.4. Les exigences nutritionnelles..... | 17 |
| I.7. Les techniques culturales..... | 17 |
| I.7.1.L'assolement et rotation..... | 17 |
| I.7.2. Préparation du sol..... | 17 |
| I.7.3. Production de plants..... | 18 |
| I.8. Fumiers et fertilisants | 19 |
| I.9. Le kéfir..... | 20 |
| I.9.1. Origine de kéfir..... | 20 |
| I.9.2.Composition de kéfir..... | 21 |

| | |
|--|----|
| I.9.2.1 Composition chimique..... | 22 |
| I. 9.3. Caractéristiques microbiologique..... | 23 |
| I.9.4. Caractéristiques nutritionnelles..... | 24 |
| I.9.5. Intérêt et domaine d'utilisation du kéfir..... | 26 |
| Chapitre II : Matériel et méthodes | |
| II.1. Objectif..... | 27 |
| II.2. Présentation de la région d'étude..... | 27 |
| II.3. Dispositif expérimental..... | 31 |
| II.3.1. Le travail sur terrain..... | 32 |
| II.3.2. Calendrier d'expérimentation..... | 32 |
| II.3.3. Préparation du biofertilisant..... | 32 |
| II.3.4. Méthodologie d'étude..... | 32 |
| Chapitre III : Résultats et Discussion | |
| III.1. Effets des traitements sur les paramètres morphologiques de la tomate..... | 35 |
| III.2. Variation des paramètres morphologiques de la partie sous terrain de la tomate sous l'effet des différents traitements à base de Kéfir..... | 35 |
| III.2.1. Variation temporelle des paramètres morphologiques de la tomate sous l'effet des différents traitements à base de Kéfir..... | 36 |
| Conclusion et perspectives..... | 38 |

Introduction générale

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) est devenue un des légumes les plus importants du monde. Sa production enregistrée durant l'année 2014 a atteint 170 750 767 tonnes dans le monde entier et 1 065 609 tonnes en Algérie (FAOSTAT, 2017). La tomate est appréciée pour sa fraîcheur qu'elle soit crue ou cuite. Du fait de son niveau de consommation relativement élevé (Blancard et al., 2009), la consommation des fruits de la tomate contribue à un régime sain et équilibré (Naika et al., 2005).

La tomate est une excellente source de beaucoup de nutriments et de métabolites secondaires (Bouth, 1965), importants pour la santé humaine (potassium, flavonoïdes, antioxydants (carotènes et lycopène) qui sont liés à la réduction des risques de nombreuses maladies comme la prostate du cancer et les maladies du cœur (Wilcox et al., 2002)

La tomate industrielle destinée à la transformation tient particulièrement une place importante dans les industries alimentaires algériennes. Les surfaces consacrées à cette culture ont également augmenté. Elles sont passées de 2000 hectares en 1960, pour arriver à 18591 hectares en 2012 (Madr, 2012) et arriver à 19679 hectares en 2014 (DSA, 2016). Ce légume (fruit) représente donc un enjeu économique important soumis à une forte concurrence.

La fertilisation est l'élément de base de l'agriculture moderne, elle assure les besoins nutritionnels des plantes qui agissent sur le rendement du point de vue quantitatif et qualitatif. Toutefois, la forte utilisation des engrais chimiques est néfaste pour l'environnement et pour la santé humaine. Ces risques placent la fertilisation parmi les pratiques agronomiques qui posent actuellement le plus des problèmes, surtout pour les cultures maraîchères qui ont des exigences nutritionnelles très importantes. C'est pourquoi, l'utilisation des fumures organiques qui est une des méthodes pratiquée traditionnellement et renouvelée actuellement. D'autant plus, qu'il a été mondialement démontré de nos jours que les fertilisants naturels sont plus efficaces que les fertilisants chimiques (Bokil et al., 1993).

La question traditionnellement posée par les producteurs est de savoir, comment répondre aux exigences du consommateur qui s'intéresse de plus en plus aux produits biologiques

Et en même temps, atteindre des rendements élevés sans avoir recours aux engrais minéraux (Kenny et Hanafi, 2001).

Afin d'apporter une réponse à cette question, et dans la perspective de contribuer à une agriculture respectueuse de l'environnement, notre choix s'est porté sur l'étude de l'effet d'un biofertilisant d'origine végétale sur la culture d'une variété de tomate industrielle cultivée sous serre

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I-Généralité sur la plante hôte (la tomate)

I-1 Historique :

La tomate, inconnue dans le Vieux Monde jusqu'au xvi e siècle (Blancard et al., 2009) et originaire des Andes d'Amérique du Sud fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544. De là, sa culture s'est propagée en Asie du Sud et de l'est, en Afrique et en Moyen Orient (Naika et al., 2005). En Algérie, ce sont les cultivateurs du sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduit car les conditions climatiques lui sont propices. Sa consommation a commencé à partir de l'année 1905 dans la région d'Oran puis elle s'est étendue vers le centre surtout dans le littoral algérois (Latigui, 1984)

I-2 Nomenclature et classification :

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*. D'autres botanistes lui ont attribué différents noms : *Solanum lycopersicon*, *Solanum esculentum*, *Lycopersicon lycopersicum*. Finalement *Lycopersicon esculentum* Mill., lui a été attribué par Philip Miller en 1754 et a été retenu (Munroe et Small, 1997). Le nom de genre « *Lycopersicon* » est gréco-latin, il signifie « pêche de loup ». Le nom d'espèce « *esculentum* » vient du latin et veut dire « comestible » (Blancard et al., 2009). CRONQUIST, (1981) ; GAUSSEN et al. (1982), proposèrent la classification de la tomate qui est largement suivie :

Règne : Plantae
Sous règne : Trachenobionta
Embranchement : Magnoliophyta
Classe : Magnoliopsida
Sous-classe : Asteridae
Ordre : Solanales
Genre : Solanum ou lycopersicon
Espèce : *lycopersicon esculentum* Mill



La tomate cultivée est une espèce diploïde avec $2n = 24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants mono génétiques dont certains sont très importants pour la sélection (Blancard *et al.*, 2009).

La structure de la fleur de la tomate assure une cleistogamie (antogamie stricte), mais elle peut se comporter comme une plante allogame, on peut avoir jusqu'à 47 de fécondation croisée dans la nature (Publisher, 2004). Ces deux types de fécondation divisent la tomate en deux variétés qui sont :

I-2 1. Variétés fixées :

Il existe plus de cinq cents variétés fixées (conservent les qualités parentales). Leurs fruits sont plus ou moins réguliers, sont sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative (Polese, 2007)

I-2 2. Variétés hybrides

Les variétés hybrides sont plus nombreuses. Elles sont relativement récentes, puis qu'elles n'existent que depuis 1960 (Polese, 2007).

➤ Classification véritable selon le mode de croissance

Il existe de très nombreuses variétés de tomate cultivées. La sélection faite par les hommes a privilégié les plantes à gros fruits. On distingue cependant,

plusieurs catégories de tomates qui sont classées selon leurs caractères botaniques, morphologiques et selon le mode de croissance de la plante (la formation des feuilles, inflorescences et bourgeons), qui déterminent l'aspect et le port que revête la plante. Ainsi, la plupart des variétés ont un port dit indéterminé, à l'apposé des autres dites à port déterminé et des variétés buissonnantes (Shankara et *al.*, 2005).

➤ **Variété à croissance indéterminée**

Ces variétés sont plus nombreuses. Elles continuent à pousser et à produire des bouquets floraux, tant que les conditions sont favorables. Comme leur développement est exubérant leur tige doit être attachée à un tuteur, sous peine de s'affaisser au sol, il est également nécessaire de les tailler et de les ébourgeonner régulièrement. Elles ont une production plus échelonnée et plus étalée. Elles sont plus productives en général que les tomates à port déterminé (Polese, 2007).

➤ **Variété à croissance déterminée**

Dans ce groupe et selon la variété, la tige émet 2 à 6 bouquets floraux, puis la croissance s'arrête naturellement. Elle est caractérisée par l'absence de la dominance apicale. Ce type variété est destiné à l'industrie agro-alimentaire sous le nom de variété industrielle (Laumonier, 1979).

➤ **Variété buissonnante**

Ces variétés distinguent par des tiges épaisses, solides et avec des inflorescences serrées. Les tomates buissonnantes ressemblent aux tomates à croissance déterminée. Ces variétés ne sont pas cultivées en Algérie (Anonyme, 2007).

I-3. Descriptions botaniques de la plante de la tomate :

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 adventices. La tige présente un port de croissance entre érigé et prostré, elle pousse jusque à une longueur de 2 à 4 m, elle est pleine, fortement poilue et glandulaire. Les feuilles sont composées et velue.

Elle répand une odeur caractéristique, due à la solanine, si on la froisse. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires (Shankara et al. 2005). Les fleurs sont de couleur jaunâtre, regroupées en cyme (Anonyme, 1999).



Figure 1 : Représentation générale d'un plan de tomate (Anonyme, 2020).

I-4. Cycle biologique de la tomate

Chez la tomate, la durée du cycle végétatif complet (de la graine) varie selon : les variétés l'époque et les conditions de culture. Il s'étend généralement de 3,5 à 6 mois, du semis jusqu'à la dernière récolte (Gallais et Bannerot, 1992). Le cycle de la tomate comprend cinq phases :

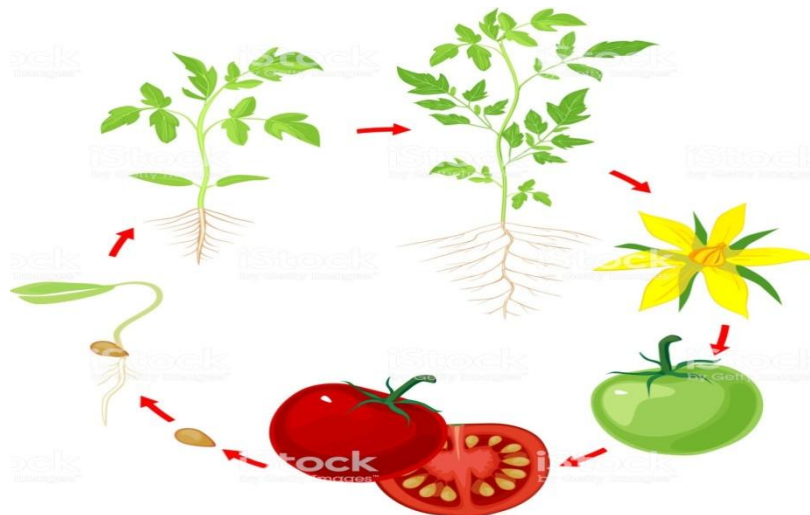


Figure 2 : Cycle de vie d'un plant de tomate (anonyme, 2019)

1. Phase de germination

C'est le passage de la graine de la vie ralentie à la vie active qui se traduit par la sortie des racines radicules et l'émergence de l'hypocotyle en surface. Les réserves sont hydrolysées et fournissent à l'embryon les métabolites nécessaires à ses synthèses et sa division cellulaire

La germination effectue au bout de 6 à 8 jours après le semis à une température ambiante entre 18 et 24°C (Heller, 1996).

2. Phase de croissance

Selon (Laumonier 1979) la croissance déroule en deux phases dans deux milieux différents : à la pépinière et en plein champs ou sous serre.

En pépinière : la croissance dure de la levée jusqu'au stade 6 feuilles, où la plante assure la formation de racines fonctionnelles qui vont assurer l'alimentation à la plante en eau et éléments nutritifs. A la partie aérienne, la tige s'allonge et forme des feuilles. En plein champ ou serre : A partir du stade six feuilles la plante est transférée de la pépinière pour être repiquée en plein

champ et continuer ainsi sa croissance. La tige augmente et le nombre de feuilles va progresser.

3. Phase de floraison et la pollinisation

Selon Rey et Costaes (1965). La floraison correspond à l'apparition et le développement des ébauches florales qui se traduit par la transformation du méristème apical en passant de l'état végétatif à l'état reproducteur. L'apex s'aplatit, s'élargit et les protubérances formées sont des ébauches des pièces florales. Celle-ci se transforment par la suite en boutons floraux et s'épanouissent en fleurs. Ces transformations dépendent de plusieurs facteurs : notamment la photopériode, la température et les éléments nutritifs.

En conditions favorables, 6 à 7 semaines après le semis apparaissent les bouquets floraux groupés en inflorescences, durant cette phase les températures nocturnes et diurnes doivent être 13°C et 23°C.

La pollinisation nécessite l'intervention des agents extérieurs, le vent ou certains insectes comme le bourdon qui provoque la vibration des anthères, libérant ainsi le pollen pour la pollinisation (Chaux et Foury, 1994).

4. Phase de fécondation, de nouaison et de fructification

D'après Rey et Costaes (1965), le temps écoulé entre la pollinisation et la fécondation est 2 à 3 jours. Une bonne nouaison se produit à une température nocturne comprise entre 13°C et 15°C. Les nuits chaudes inférieures 22 °C sont défavorables à la nouaison.

5. Phase de développement et de maturation des fruits

La maturation de fruit se caractérise par grossissement du fruit, changement de couleur, du vert ou rouge.

La lumière intense permet la synthèse active des hydrates de carbone transportés rapidement vers les fruits en croissance, pour cela il faut une température de 18°C la nuit et 27°C le jour nécessaire. (Rey et Costaes).

I-6. Importance économique de la tomate

La tomate est, après la pomme de terre, le légume le plus consommé dans le monde, soit frais soit après transformation (Blancard et al., 2009). Comme c'est une culture à cycle assez court qui donne un haut rendement, elle a de bonnes perspectives économiques et la superficie cultivée s'agrandit de jour en jour (Naika et al., 2005). Elle est cultivée sous toutes les latitudes dans des conditions très variées (climats, modes de production...etc), ce qui démontre une grande plasticité originelle (Blancard et al., 2009).

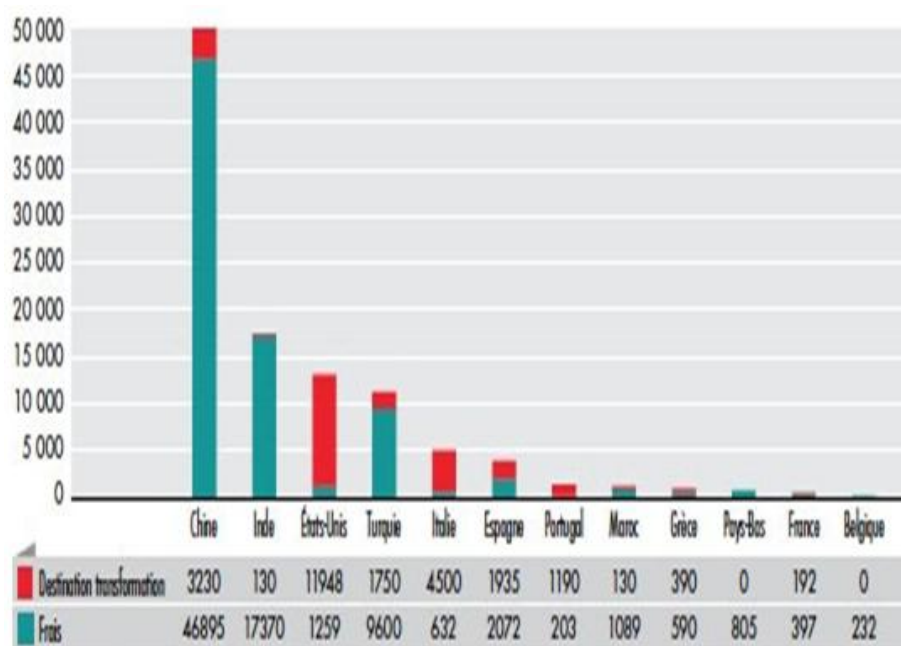


Figure3: Destination de la production mondiale de tomate fraîche et transformée (FAOSTAT & WPTC, 2013).

La production mondiale de tomates a progressé régulièrement au cours du xxe siècle et s'est accrue considérablement durant les trois dernières décennies. Elle est passée dans les environ de 50 millions de tonnes en 1978 à 74 millions de tonnes en 1992, 95 millions de tonnes en 1998 et a atteint 170 millions en 2014 (FAOSTAT, 2017). Cependant la production enregistrée durant l'année 2014 a atteint exactement 170 750 767 de tonnes dans le monde entier et 1 065 609 tonnes en Algérie (FAOSTAT, 2017).

I.5.1 Valeurs nutritionnelles des fruits de tomate

La tomate tient une place importante dans l'alimentation humaine, elle est consommée soit crue, soit cuite, ou comme un produit transformé tels que jus de fruits, sauces, Ketchup et de conserves.

Dans les dernières décennies, la consommation de tomate a été associée à la prévention de plusieurs maladies comme le cancer ou les maladies cardiovasculaires (Sharoni et Levi, 2006 ; Wilcox *et al.* 2003).

La composition biochimique, des fruits de tomate fraîche dépend de plusieurs facteurs à savoir : la variété, l'état de maturation la lumière, la température, la saison, le sol, l'irrigation et les pratiques culturales (Salunkhe *et al.*, 1974). Contrairement à la plupart des fruits, la tomate est un aliment très peu énergétique.

Elle n'apporte qu'environ 22 calories/100g à l'état cru et 26 calories /100g à l'état cuit .Elle présente une bonne composition nutritionnelle avec 95% d'eau et 5% de matière sèche composée de 50% de sucres (fructose et glucose), 25% d'acides organiques (acides citriques et maliques),8% de minéraux,2% d'acides aminés, de caroténoïde et autres métabolites secondaires (Davies et Hobson 1981).

I.6. La conduite technique et exigence de la culture de tomate :

I.6.1. Les exigence climatique :

a. Température : D'origine tropicale, la plante de tomate réclame à l'évidence un minimum de chaleur et exposition ensoleillée ; elle craint le froid et est détruite au-dessous de 2 °C, mais les nouvelles variétés hybrides s'accommodent d'autres températures (Polese, 2007).

Les semences germent à une température supérieure à 14°C et inférieure à 40°C (I.T.D.A.S, 2005). La température est le principal facteur déterminant le développement des bourgeons floraux après leur initiation (Heuvelink, 2005).

Les températures élevées favorisent la précocité de floraison, mais peuvent également induire l'avortement des bourgeons floraux ou leurs malformations, réduire la viabilité du pollen et par conséquent réduire le nombre de fruits (Dorais et *al*, 2001).

La température optimale de développement se situe entre 22°C et 28°C.

La tomate est sensible au gel et à des difficultés de nouaison au-dessous de 10°C (I.T.D.A.S, 2005).

Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en-dessous de 10°C et au-dessus de 38°C les tissus des plantes seront endommagés (Shankara, 2005).

b. Lumière : La tomate n'est pas sensible au photopériodisme, mais elle est exigeante en énergie lumineuse. La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la plante. Un faible rayonnement

Lumineux réduit le nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation (Cirad et Gret, 2002).

c. Eau et humidité : La plante est très sensible à l'hygrométrie, elle ne tolère pas les sols engorgés ni l'humidité élevée (plus de 80%). Une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% est la meilleure pour la fécondation. En effet, lorsque l'humidité est trop élevée, le pollen est difficilement libéré. Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est fortement lié à des fortes humidités accompagnées de la chaleur (Laumonier, 1979). Il est essentiel de prévoir un apport d'eau suffisant pendant la fructification. Le stress causé par une carence d'eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits (Munro et Small, 1998).

I.6.2. Les exigences édaphiques :

a. Sol : La tomate demande de sols profonds, frais mais humides, riches en humus et en matières fertilisantes, légers et légèrement acides. Dans les sols lourds, il faut prévoir un drainage suffisant. La qualité du sol n'est pas prédominante pour la tomate. Il lui suffit d'avoir un sol profond et bien drainé. Les sols argileux ne donnent que de très faibles rendements (Fig. 21) (Andry, 2010).

La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur de sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine. Dans les sols d'argile lourde, un labourage profond permettra une meilleure pénétration des racines (Shankara *et al.*, 2005).

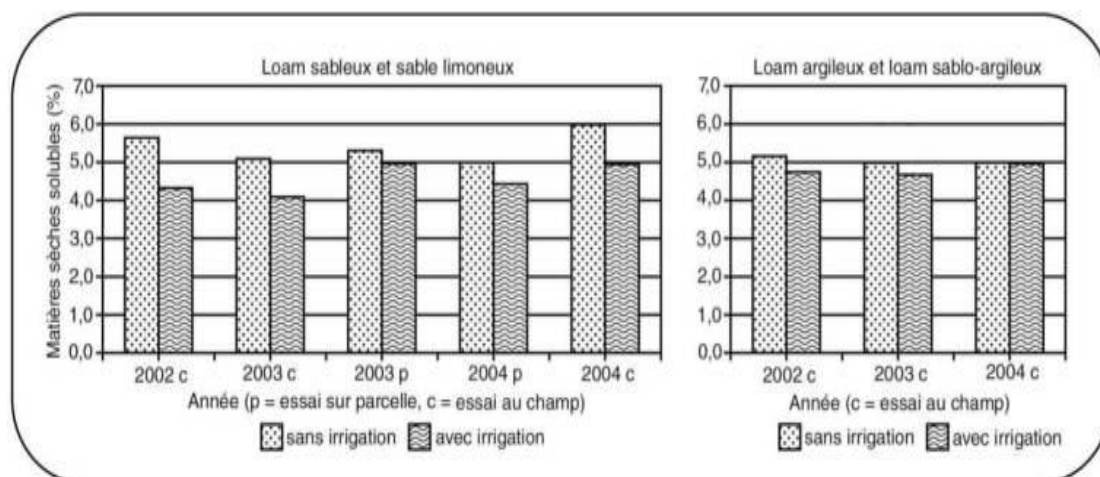


Figure 4 : Effets de l'irrigation de cultures de tomates de transformation sur la quantité de matières sèches solubles (Tan *et al.*, 2004).

b. PH : La culture de tomate préfère un sol légèrement acide ($5,8 < \text{pH} < 6,8$). Alors qu'un sol à pH basique ($\text{pH} > 7$) peut bloquer l'absorption de certains micro-éléments par la plante (Fe, Mn, Zn, Cu). La carence la plus fréquente étant celle du fer, elle apparaît en général à un stade avancé de la culture. Dans ce cas, une correction ferrique par un apport d'engrais foliaire ou en fertilisation est nécessaire (Grissa, 2010).

c. salinité : La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité. Cependant, la baisse du rendement peut atteindre 25 % à une salinité de l'ordre de 4 g/l (Grissa, 2010).

I.6.3. Les exigences hydriques :

C'est un facteur important du rendement et de la qualité, notamment, du calibre. Les erreurs sont beaucoup moins bien «encaissées » par le plant sous abri qu'en plein air. Les besoins sont surtout importants à partir de la floraison du 2^{ème} bouquet (CHAUX et FOURY, 1994).

Les besoins hydriques de la tomate varient en fonction de stade de développement, de la saison de culture, du mode de conduite et de la variété cultivée (MOUHOUCHE, 1983).

I.6.4. Les exigences nutritionnelles :

Selon Chaux (1972), la tomate se classe parmi les espèces exigeantes en éléments fertilisants. D'après Musard (1990), la production en rendement et en qualité d'une culture de tomate est fortement influencée par son alimentation en eau et éléments minéraux.

I.7. Les techniques culturales :

I.7.1. L'assolement et rotation :

D'après Soltner, (2000), dans de bonnes terres recevant normalement du fumier, la tomate vient en tête de rotation, alors qu'au niveau des terres pauvres en humus, il est conseillé de la cultiver après la luzerne ou autre prairies.

I.7.2. Préparation du sol :

Selon SI Bennasseur, (2011), la tomate exige un sol bien ameubli en profondeur. Il est recommandé de procéder à un labour et sous-solage en cas de présence d'une couche imperméable, mais aussi pour faciliter le drainage des eaux.

I.7.3. Production de plants :

I.7.3.1. Le semis :

D'après Chibane(1999), la période de semis de la tomate sous-serre débute vers mi-juillet pour les précoces et s'étale jusqu'à fin septembre pour les tardives et les extra tardives.

Les semis doivent se faire en plateaux alvéolés. Les besoins par hectare sont de 70 à 80 g de semences et 40 à 50 sacs de 80 Kg de tourbe.

I.7.3.2. La plantation :

La distance de plantation est de 1 m à 1.30 m fois 0.25 m à 0.30 m pour la culture plein champ, et varie de 0.8 m fois 0.3 m pour les cultures sous abris (Jacob et Janser, 1976).

Les densités de plantation doivent varier en fonction de la qualité de terrain, et de la méthode de conduite des plantes. Ainsi, pour les plants conduits à un bras, on peut envisager une plantation plus dense sur le rang, par contre pour les plants conduits à deux bras seront plus espacés (Laumonier, 1979).

I.7.3.3. L'irrigation

Dans de bonnes conditions, un arrosage par semaine devrait suffire. Il faut environ 20 mm d'eau par semaine lorsque le temps est frais, mais environ 70 mm pendant les périodes arides. L'apport en eau joue un rôle majeur pour obtenir une maturité uniforme et pour éviter la pourriture apicale, une maladie physiologie associée à un approvisionnement en eau irrégulier et la carence en calcium dans les fruits en voie de grossissement (Shankara et *al.*, 2005).

I.7.3.4. La fertilisation

La tomate est une culture gourmande, qui nécessite azote, acide phosphorique et potassium (Jean-Marie ,2007).

Les engrais de couverture doivent être fractionnés et appliqués en ferri-irrigation. Les doses doivent être déterminées en fonction des conditions pédoclimatiques et le stade phénologiques de la plante (Chibane, 1999).

I.8. Fumiers et fertilisants :

Afin d'obtenir des rendements élevés, les tomates ont besoin de fertilisants. Il existe deux groupes de produits qui permettent d'apporter des éléments nutritifs : les fumiers organiques, et les fertilisants chimiques.

Fumure Organique Au moment du labour, il est conseillé d'enfouir 40 à 50 tonnes de fumier bien décomposé à l'hectare. La tomate apprécie tout particulièrement les engrais verts (Andry, 2010).

Fertilisants chimiques Les fertilisants chimiques (à l'exception du calcium) n'améliorent pas la structure du sol mais ils enrichissent le sol en y apportant des éléments nutritifs. Les fertilisants chimiques sont relativement coûteux, mais dans certaines régions ils sont moins chers que le fumier par rapport à la quantité d'éléments nutritifs apportés. Pour une exploitation à petite échelle et dans les situations de prix fluctuants et de faibles rendements (causés par des maladies, des conditions météorologiques défavorables ou des sols pauvres), il n'est pas rentable d'utiliser beaucoup de fertilisants chimiques. L'on peut répartir les fertilisants chimiques en deux groupes : les fertilisants composés et les fertilisants simples (Shankara et al., 2005).

1. Fertilisants chimiques composés Ce type de fertilisant est un mélange d'azote (=N), de composés de phosphore (=P₂O₅) et de potasse (=K₂O). Le fertilisant composé 12- 24-12 contient 12% de N (Azote), 24% de P (phosphore) et 12% de K (Potassium) (Shankara et al., 2005).

2. Fertilisants chimiques simples Ce type de fertilisant ne contient qu'un seul élément nutritif. Il est utilisé lorsqu'une culture présente une déficience spécifique (que l'on traite par ex. avec de l'azote nitrate, de l'urée ou du super phosphate). La tomate nécessite surtout du phosphore après le repiquage. Les applications d'azote et de potasse sont plus appropriées pendant la phase de croissance de la culture.

Utilisez un fertilisant à libération lente des éléments nutritifs pendant la saison des pluies et un fertilisant à libération rapide des éléments nutritifs pendant la saison sèche. Dans les pays tropicaux, les quantités d'application des

fertilisants chimiques varient entre 40 et 120 kg/ha pour l'azote, 30 et 90 kg/ha pour la phosphate et 30 et 90 kg/ha pour la potasse. Ne répandez jamais de fertilisants chimiques sur de jeunes plants ou sur des plantes humides car ceci provoquera des brûlures. (Shankara et al., 2005).

I.9 -Le kéfir

I.9.1. Origine de kéfir :

Considérée comme une des plus anciennes méthodes de transformation biochimique des aliments dans l'histoire de l'homme, la fermentation est à l'origine de nombreuses préparations alimentaires, solides comme liquides. Déclenchée spontanément ou favorisée par l'ajout d'un catalyseur biologique (bactérie, levure, champignon), elle est utilisée traditionnellement comme moyen de production, conservation et/ou optimisation nutritionnelle des aliments. Hormis le vin ou la bière issus la plupart du temps d'une fabrication professionnelle (artisanale ou industrielle), les boissons fermentées « maison » (boza, ginger beer, kéfir, kombucha, pulque, etc.), répandues partout dans le monde, sont dans l'ensemble encore décrites de manière assez incomplète quant à leurs usages et leurs propriétés chimiques, biologiques et physiologiques (Baschali *et al.* 2017). Parmi elles, le « kéfir » désigne un breuvage pétillant obtenu en utilisant des grains translucides composés d'une symbiose de micro-organismes (Gulitz *et al.* 2011, Fiorda *et al.* 2017).

Avant le xx^e siècle, le terme de kéfir désigne dans les documents le kéfir de lait, consommé par des bergers des montagnes du Caucase qui faisaient fermenter le lait dans des outres de peau, et tire son origine du mot turc « *keyif* » signifiant « plaisir ». Il a été largement consommé en Europe de l'Est dans les anciens pays de l'Union Soviétique (Baschali 2017).

Un autre type de kéfir est obtenu à partir d'eau sucrée ou de jus de fruits.

Plusieurs noms sont utilisés pour désigner ce type de

kéfir : *tibico*, *tibi*, *California bees*, *African bees*, *ale nuts*, *Balm of*

Gilead, *Bèbées* ou encore *Japanese Beer Seeds*. La première description

scientifique connue a été réalisée par Beijerinck (1889), article dans lequel il

relie les graines de kéfir aux plantes de *ginger beer* ramenés par les soldats anglais de la guerre de Crimée en 1855.

En France Vayssier (1978) les nomme « graines de kéfir sucrées » pour les différencier du kéfir laitier (Pidoux, 1989). Certains travaux avancent que les premiers grains se seraient formés dans la sève d'un cactus *Opuntia* au Mexique (Marsh 2014). D'autres recherches sur des aliments fermentés, dont le rooibos par exemple (Leclerq 2011), insistent quant à elles sur la localisation de la production et sa diffusion à une échelle globale. Comme le montrent ces pistes très diverses quant à ses origines, le kéfir n'a pas une identité nationale revendiquée et ne semble pas attaché non plus à un territoire géographique spécifique.

I.9.2. Composition du Kéfir

Le kéfir contient un mélange complexe de LAB (lactobacilles, lactocoques, leuconostocs, streptocoques), levure (*Candida* sp., *Kluyveromyces* sp., *Saccharomyces* sp., *Torulopsis* sp., *Zygosaccharomyces* sp.) Et parfois de bactéries acides acétiques (*Acetobacter* sp.) (de Moreno de LeBlanc et al., 2006 ; Farnworth, 2005 ; Guzel-Seydim, Kok-Tas, Greene et Seydim, 2011 ; Motaghi et al., 1997 ; Witthuhn, Schoeman et Britz, 2004). L'activité métabolique symbiotique d'un certain nombre d'espèces bactériennes et de levure crée une saveur unique (Tratnik et al., 2006; Yuksekdog, Beyatli et Aslim, 2004).

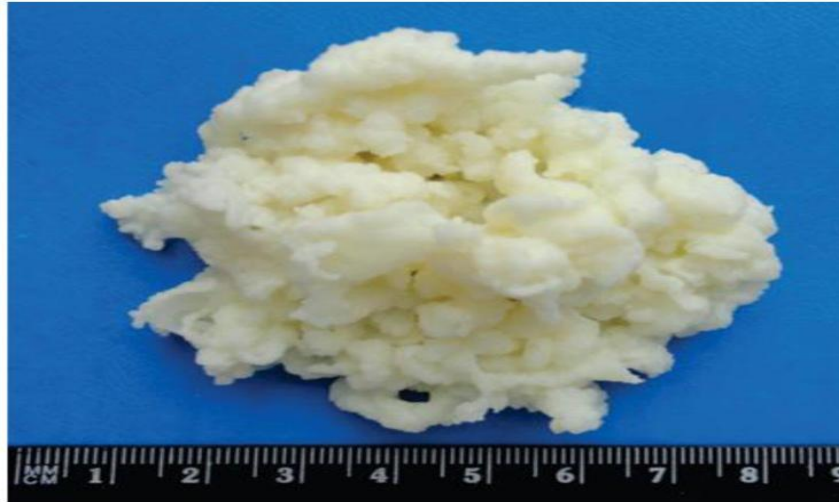


Figure 5 : Structure macroscopique des grains de kéfir (Leite et al., 2013).

I.9.2.1 Composition chimique :

Le kéfir contient généralement 89 à 90% d'humidité, 0,2% de lipides, 3,0% de protéines, 6,0% de sucre, 0,7% de cendres et 1,0% chacun d'acide lactique et d'alcool (Sarkar, 2007). Il a été rapporté que le kéfir contient 1,98 g / L de CO₂ et 0,48% d'alcool (Beshkova et al., 2002), et la teneur en dioxyde de carbone (201,7–277,0 ml / L) est positivement corrélée à la concentration (10–100 g / L) de grains de kéfir (Garrote, Abraham et De Antoni, 1998).

Le kéfir traditionnel fabriqué à partir de lait de caprine s'est révélé avoir une faible viscosité et des propriétés sensorielles contrairement à celles du kéfir bovin et contenait 0,04 à 0,3% d'éthanol (Sarkar, 2008). Tratnik et al. (2006) ont constaté que la teneur en éthanol du kéfir bovin et caprin enrichi en concentré de protéines de lactosérum était respectivement de 0,32 et 0,35%. L'acide lactique, l'acide acétique, l'acide pyruvique, l'acide hippurique, l'acide propionique, l'acide butyrique, le diacétyle et l'acétaldéhyde ont été générés pendant le processus de fermentation. Ces composés confèrent le goût et l'arôme au kéfir (Ahmed et al., 2013). Kesenkas et al. (2011) ont indiqué que les teneurs en acide lactique, acide citrique, acide pyruvique et acide acétique étaient respectivement de 107,80–282,40, 1,79–5,08, 0,17–0,45 et 0,38–0,66 mg / kg, après 28 jours de stockage.

Le diacétyle, l'acétoïne et l'acétaldéhyde, qui sont des composés aromatiques, sont présents dans le kéfir. Le diacétyle est produit par *Streptococcus lactis* sub sp. et *Leuconostoc* sp. (Otlés et Cagindi, 2003).

Pendant le stockage, la concentration d'acétaldéhyde augmente tandis que celle d'acétoïne diminue (Guzel-Seydim, Seydim et Greene, 2000). Yuksekdog, Beyatli et Aslim (2004b) ont démontré que les 21 isolats de LAB provenant de diverses sources de kéfir turc produisaient de l'acétaldéhyde (0,88–4,40 µg / ml).

Sabir, Beyatli, Cokmus et Onal-Darilmaz (2010) ont signalé que les niveaux d'acide lactique et d'exopolysaccharides produits par huit souches de *Lactobacillus* sp., *Lactococcus* sp. et *Pediococcus* sp. étaient respectivement de 8,1–17,4 et 173–378 mg / L. Kök-Taş, İlay et Öker (2014) ont trouvé que la teneur en phénols des échantillons de kéfir enrichi de prune et de mélasse était respectivement de 2535,8 et 2357,6 mg / ml.

I.9.3. Caractéristiques microbiologiques :

La population microbienne présente dans les grains de kéfir a été citée comme exemple d'une communauté symbiotique; cette nature symbiotique a rendu problématique l'identification et l'étude des microorganismes constitutifs des grains de kéfir (Farnworth, 2005).

La microflore du kéfir contient de nombreux micro-organismes, notamment: le kéfir de *Lactobacillus*. Les levures et les lactobacilles sont mutuellement dépendants et se développent dans des proportions équilibrées dans les grains de kéfir, et une symbiose entre les levures, les lactobacilles et les streptocoques a été observée lors de la production de kéfir (Sarkar, 2008).

Les levures sont reconnues comme jouant un rôle clé dans la préparation des produits laitiers fermentés, où elles fournissent des nutriments essentiels à la croissance tels que les acides aminés et les vitamines, modifient le pH, sécrètent de l'éthanol et produisent du CO₂. Les levures dans le kéfir sont moins bien étudiées que les bactéries, bien que les levures dans les grains

fournissent clairement un environnement favorable à la croissance des bactéries du kéfir, produisant des métabolites qui contribuent à la saveur et à la sensation en bouche (Farnworth, 2005).

I.9.4 Caractéristiques nutritionnelles :

Le kéfir contient des vitamines, des minéraux et des acides aminés essentiels qui sont bénéfiques pour la guérison et l'homéostasie (Otlés & Cagindi, 2003). Le kéfir contient des vitamines B₁, B₂, B₅ et C. La teneur en vitamines du kéfir est influencée par le type de lait et la flore microbiologique (Sarkar, 2007). Liutkevicius et Sarkinas (2004) ont déterminé que le kéfir contient des vitamines B₅, B₂ et B₁ à environ 3, <5 et <10 mg / kg, respectivement. Le kéfir contient également des vitamines A et K et du carotène (Otlés & Cagindi, 2003).

Kneifel et Mayer (1991) ont rapporté les profils vitaminiques du kéfir fabriqué à partir de lait de différentes espèces. Ils ont trouvé une concentration en vitamines enrichie de > 20% avec de la tiamine (lait ovin), de la pyridoxine (ovine, caprine, équine) et de l'acide folique (ovin, caprin, bovin).

Le kéfir contient des protéines complètes partiellement digérées, facilitant la digestion par le corps (Otlés & Cagindi, 2003). Le profil des acides aminés change pendant la fermentation du lait et le kéfir contient des niveaux plus élevés de thréonine, sérine, alanine, lysine et ammoniac que le lait. Le kéfir contient également d'autres acides aminés, tels que la valine, l'isoleucine, la méthionine, la lysine, la phénylalanine et le tryptophane (Otlés et Cagindi, 2003 ; Sarkar, 2007).

Les teneurs en acides aminés essentiels du kéfir sont (mg / 100 g) valine, 220; isoleucine, 262; méthionine, 137; lysine, 376; thréonine, 183; phénylalanine, 231; et tryptophane, 70 (Liutkevicius & Sarkinas, 2004). Yuksekdag et al. (2004b) ont démontré l'activité protéolytique des lactocoques (souches 13/21) isolés du kéfir. Kesenkas et al. (2011) ont rapporté des valeurs de tyrosine et de leucine pour le kéfir de 0,009 à 0,016 mg / g et de 1,89 à 9,56 mmol / L, respectivement après 28 jours de stockage.

Le tryptophane, l'un des acides aminés les plus importants du kéfir, est d'une importance capitale pour le système nerveux (Kesenkas, Yerlikaya et Ozer, 2013).

En ce qui concerne la teneur en minéraux, le kéfir est une bonne source de calcium et de magnésium. Le phosphore, qui est le deuxième minéral le plus abondant dans le corps humain et aide à l'utilisation des glucides, des graisses et des protéines pour la croissance, l'entretien et l'énergie des cellules, est également abondant dans le kéfir (Otlés et Cagindi, 2003).

Liutkevicius et Sarkinas (2004), ont étudié les macro et micro-éléments du kéfir. Ils ont déterminé que les macroéléments présents dans le grain de kéfir étaient: potassium, 1,65%; calcium, 0,86%; phosphore, 1,45%; et magnésium, 0,30%, tandis que les micro-éléments trouvés étaient: (mg / kg) cuivre, 7,32; zinc, 92,7; fer, 20,3; manganèse, 13,0; cobalt, 0,16; et molybdène, 0,33 (Liutkevicius & Sarkinas, 2004). Kök-Taş et al. (2014) ont constaté que la teneur en cendres des échantillons de kéfir variait de 0,55% à 0,66%.

Le kéfir est une bonne option pour les personnes intolérantes au lactose, celles qui ne peuvent pas digérer des quantités importantes de lactose, qui est le sucre prédominant dans le lait. La teneur en lactose est réduite dans le kéfir tandis que celle de la β -galactosidase est augmentée à la suite de la fermentation (Otlés & Cagindi, 2003).

Il a été établi que la présence d'amines biogènes dans les échantillons de kéfir était due à l'activité LAB. La putrescine, la cadavérine et la spermidine ont été déterminées dans tous les échantillons, tandis que la tyramine s'est révélée être une amine biogène abondante (Altay et al., 2013).

I.9.5.Intérêt et domaine d'utilisation du Kéfir

Les cultures de kéfir ont également été utilisées comme entrée dans la production de fromage (Dimitrellou, Kourkoutas, Banat, Marchant et Koutinas, 2007) et sont suggérées comme étant adaptées à la cuisson (Filipcev, Simurina et Bodroza-Solarov, 2007). Les microorganismes du kéfir peuvent produire des protéines unicellulaires par la fermentation aérobie du lactosérum du fromage (Paraskevopoulou et al., 2003).

Chen, Kuo, Shiu et Chen (2011), ont produit un nouveau bonbon au kéfir avec des avantages pour la santé et une bonne saveur. Magalhaes et *al.*,(2011) a déterminé les propriétés chimiques et sensorielles des boissons au kéfir à base de lactosérum de fromage en utilisant des céréales comme culture de départ et a indiqué leur potentiel. La présente revue vise à discuter de la littérature récente concernant le kéfir et à mettre en évidence ses propriétés microbiologiques, biochimiques et nutritionnelles.

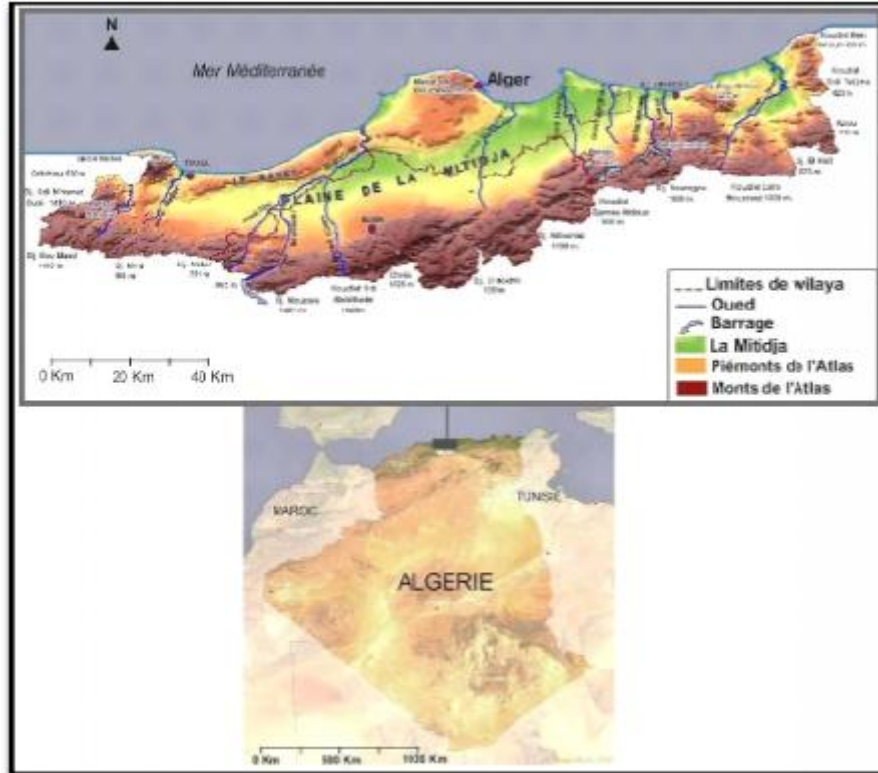
CHAPITRE II : Matériel et méthodes

I.1. Objectif :

Ce travail s'intègre dans le cadre de la valorisation des biopesticides. Il a pour objectif d'estimer les effets du Kéfir (Microorganismes symbiotes) sur la croissance des plants de tomates.

I.2. Présentation de la région d'étude :

La Mitidja est une plaine du nord de l'Algérie, au sud de la ville d'Alger. C'est une riche plaine agricole (agrumes, vignobles, arbres fruitiers et fourrage). L'urbanisation constante y retire des terres à l'agriculture. Les villes les plus importantes sont Blida et Boufarik.



La plaine de la Mitidja, d'une superficie d'environ 1400 km², mesure environ 100 km de long sur 5 à 20 km de large. Elle est d'orientation est-nord est/ouest-sud ouest. Elle est limitée au nord par les collines du Sahel algérien et au sud par l'Atlas blidéen. Elle a une altitude d'environ 50 mètres. Le climat est de type méditerranéen.

I.2.1. L'étude bioclimatologique :

Vu le rôle important que joue le climat dans le développement de la flores, il est nécessaire de donner un aperçu sur les fluctuations climatiques, à savoir les précipitations et les températures.

I.2.1.1. La pluviométrie :

L'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres afin d'assurer un équilibre biologique (Mercier, 1999). Les précipitations mensuelles en Mitidja ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été (Anonyme, 1998), variant entre 600 et 900 mm en fonction de la région considérée (localisation géographique et l'altitude) (Mutin, 1977). Cette distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche, jouent un rôle régulateur des activités biologiques des ravageurs.

I.2.1.2. La température :

La température représente un facteur limitant de toutes premières importances, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

I.2.1.3. Synthèse climatique :

Nous relatons pour la région d'étude les principaux paramètres climatiques Représentées dans ce Diagramme ombrothermique de Gaussen pour l'année 2018.

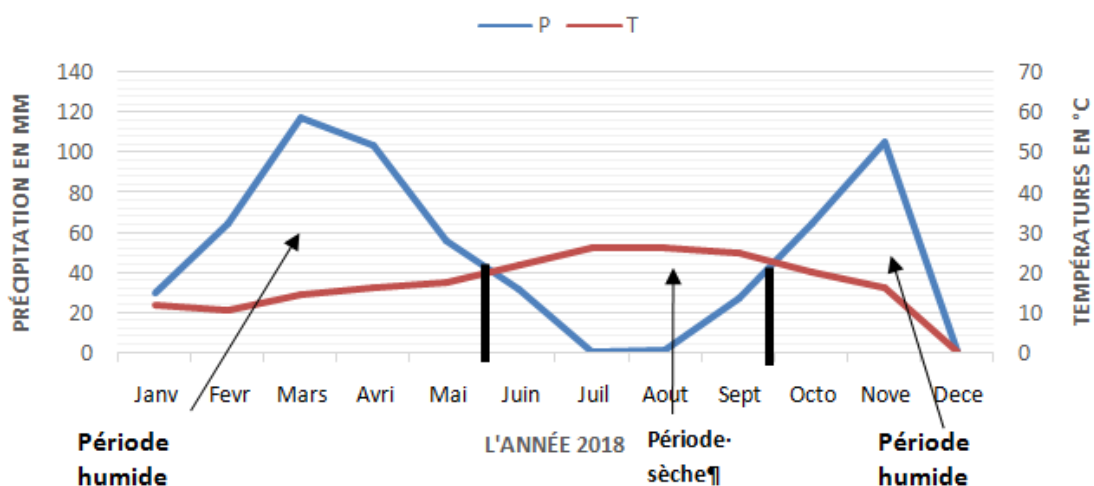


Figure 7 : Diagramme ombrothermique de Gausson dans la Mitidja pour l'année 2018 (O.N.M., 2019).

I.2.1.4. Étage bioclimatique (Climagramme d'EMBERGER) :

L'indice d'Emberger permet la caractérisation des climats et leur classification dans l'étage bioclimatique. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique adopté par Stewart (1969), et est obtenu par la formule qui suit

Avec :

P : La pluviométrie annuelle (mm).

M : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

m : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

La température moyenne minimale du mois le plus froid, placée en abscisses et la valeur du coefficient pluviométrique Q_2 placée en ordonnées, donnent la localisation de la station météorologique choisie dans le Climagramme.

Tableau 1 : Quotient pluviométrique Q dans la Mitidja durant 10 ans de 2006 à 2015.

| | |
|---|-------|
| Quotient pluviométrique Q_2 | 93,15 |
| Précipitations maximales mm | 882,6 |
| Températures maximales M °C | 35,1 |

D'après ce qui précède, on constate que la Mitidja se situe dans l'étage bioclimatique subhumide avec des températures variées pendant l'hiver mais généralement se caractérise par un hiver doux (voir figure ci-dessous).

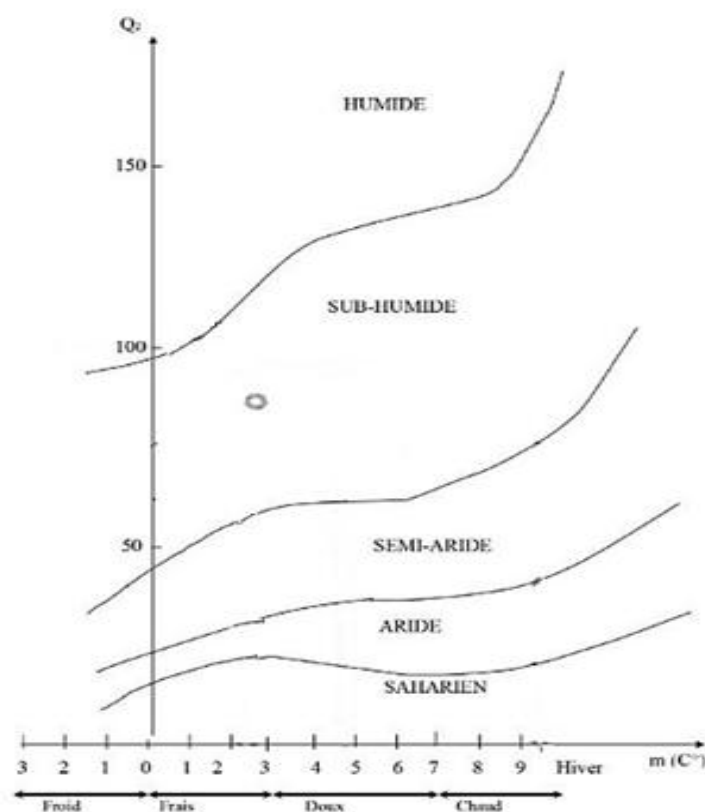


Figure8 : Quotient pluviométrique Q dans la Mitidja durant 10 ans de 2006 à 2015.

Cependant, Notre travail expérimental a été réalisé au niveau de la serre dans du campus d'agronomie au niveau d'université SAAD DAHLEB de Blida, au sein du laboratoire de biotechnologie

L'expérimentation est réalisée dans une serre de 382m, sous des conditions semi-contrôlées d'exposition nord-sud, l'éclairage est celui du jour, la température varie au cours de la journée et entre les saisons. Cependant, notre période expérimentale devait s'étendre du mois de février jusqu'au juin 2020



Figure 9 : image représentative de la serre (original 2020).

I.3. Dispositif expérimental :

Consiste à un établissement de blocs expérimentales au sein des quelles un apport régulier de Biofertilisant (Kéfir) a différentes doses (trois dilutions : v (eaux)/v (kéfir), v/2v, v/5v) ayant dans chaque unité expérimentale 5 plants, avec 3 répétition pour chaque unité expérimentale, soit 45 plantes de tomate à fertilisé. L'attribution des traitements se fait par randomisation totale entre les trois traitements dans des conditions semi-contrôlées (sous serre).



Figure 10 : transplantation de la tomate à partir des alvéoles (original 2020).

I.3.1. Le travail sur terrain :

I.3.1.1. Calendrier d'expérimentation :

La période expérimentale devait s'étendre du mois de février jusqu'au juin 2020

I.3.1.2. Préparation du biofertilisant :

La solution du kéfir brut est obtenue par l'introduction de 50 g de grains de kéfir dans 1 L d'eau à température ambiante, l'ajout 50 g de sucre. Mettre une 1 figue séchée et quelques quartiers de fruit bio

I.3.1.3. Méthodologie d'étude: notre travail consistait à faire des arrosages par le biofertilisant suscité. Chaque 15 jours, un suivit de la germination jusqu'à la fructification par des mesures centésimales des plants sur la partie aérienne et sous-terraine et un comptage du nombre de fleurs et de fruits entre les différentes unités expérimentales et pour chaque dose.

Les plantules ont reçu les arrosages par absorption racinaire. Les apports de traitements sont renouvelés selon les besoins de la culture durant toute la période du suivi. Le bloc témoin devrait recevoir uniquement de l'eau courante selon le même rythme d'apport des traitements.

Après chaque apport de traitement la production de phytomasse (croissance foliaire et croissance en longueur des plants) de tomate sous l'effet des différents préparations a été estimé, les feuilles devraient être étalées sur papier millimètre et traité par le logiciel Image tool afin d'évaluer la longueur des plantes de tomates ainsi que la surface foliaire.

Chapitre III : Résultats et Discussion

La fertilisation est un processus consistant à apporter à un milieu de culture, les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante. Ces éléments peuvent être de deux types, les engrais et les amendements.

La fertilisation est pratiquée soit en agriculture, en jardinage et également en sylviculture. Les objectifs finaux de la fertilisation sont d'obtenir le meilleur rendement possible compte tenu des autres facteurs qui y concourent (qualité du sol, climat, apports en eau, potentiel génétique des cultures, moyens d'exploitation), ainsi que la meilleure qualité, et ce au moindre coût ; s'y ajoute l'objectif de préservation de la qualité de l'environnement.

Cependant, De nombreux agriculteurs sont engagés dans une démarche d'agriculture respectueuse de l'environnement. Pour mener à bien leurs cultures, des solutions alternatives sont mises à leur disposition, parmi lesquelles les biofertilisants. Les biofertilisants peuvent également être appelés « biostimulants », « stimulateurs de croissance et/ou développement », « activateurs de sol » ou encore « phytostimulants » (Faessel et *al.*, 2015).

D'après la définition retenue par l'EBIC (European Biostimulants Industry Council) un biofertilisant est: « un matériel qui contient une (des) substance(s) et/ou microorganisme(s) dont la fonction, quand ils sont appliqués aux plantes ou à la rhizosphère, est de stimuler les processus naturels pour améliorer/avantager l'absorption des nutriments, l'efficacité des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques, et la qualité des cultures, indépendamment du contenu en nutriments du biostimulant.

Dans cette optique, nous avons tenté de tester un biopesticide à différentes doses, ayant pour objectif la substitution au maximum des produits chimiques. Cependant et vu l'impossibilité de l'achèvement de notre expérimentation, nous avons tenté de discuter notre choix et le rôle important des biofertilisants dans la stimulation de la production par des études relativement proches.

III.1. Effets des traitements sur les paramètres morphologiques de la tomate

Les résultats relatifs au traitement à base de trois dilutions de la solution Kéfir se sont intéressés à l'évolution de la croissance racinaire et la croissance en longueur des plants.

III.2. Variation des paramètres morphologiques de la partie sous terraine de la tomate sous l'effet des différents traitements à base de Kéfir :

Nous nous sommes basés sur les propos de Fruchart (2016), pour prouver l'effet stimulateur de croissance que peut avoir un biofertilisant, qui affirme l'effet booster sur la partie souterraine, ce qui permet à la plante d'avoir un bon enracinement et une meilleure assimilation des nutriments.



Figure 11: Effet booster de biofertilisant (Bioréveil) sur le système racinaire de *Hordeum vulgare* (Fruchart, 2016).

L'amélioration de la croissance des plantes sur la base des biofertilisants est due à la possibilité pour des micro-organismes de produire des hormones telles que des auxines, des gibbérellines, des cytokinines, de l'éthylène ou des substances appelées kinétines, des composés de synthèse analogue aux cytokinines. Ceux-ci se trouvant dans la rhizosphère, ils peuvent directement être prélevés par le système racinaire (Beauchamp, 1993). Ces hormones ont

différents rôles. L'auxine est importante pour la croissance et le développement (divisions, élongation des cellules, dominance apicale, initiation racinaire, etc). Les cytokinines font parties des régulateurs qui peuvent induire la division cellulaire

III.2.1. Variation temporelle des paramètres morphologiques de la tomate sous l'effet des différents traitements à base de Kéfir

Les résultats concernant la variation temporelle de la croissance de la partie aérienne sous l'effet de différentes dilutions de Biofertilisant appliquées se sont appuyés sur les résultats de Laribi (2013) concernant l'effet du lombricomposte dilué sur le nombre de thalle, la longueur de la partie aérienne et le nombre de feuille, présentés dans la figure ci-dessus

La variation des paramètres de croissances et de production ainsi que l'état sanitaire du blé dur a été évaluée sous l'effet des différentes dilutions du jus de lombricompost formulé dans les conditions naturelles.

Les valeurs recueillis montrent l'effet apparent des dilutions sur le nombre de thalle, la croissance en longueur de la partie par comparaison au témoin (Tableau 2). Sur le plan. Paramètres de production, les résultats affichent un avantage en nombre d'épis chez les traité par rapport au témoin (Tableau 2).

Ce résultat nous laisse envisager que les biofertilisant permet de maintenir la fertilité en favorisant la prolifération des microorganismes intervenant dans le processus de biosynthèse des nutriments simple facilement assimilables par la plante (Fitzpatrick, 2011).

Tableau 2: Valeurs moyennes (\pm SD) des paramètres de croissances des épis *Sitobion avenae* (Laribi, 2013)

| Dilution | Paramètres de production | | |
|------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|
| | NTH | NFE | LPA |
| 4 ml/l | 1,54 \pm 0,22 | 5,04 \pm 1,56 | 62,84 \pm 8,46 |
| 4,25 ml/l | 1,67 \pm 0,35 | 5,56 \pm 2,31 | 62,65 \pm 9,14 |
| 4,5 ml/l | 1,44 \pm 0,25 | 5,15 \pm 1,63 | 68,69 \pm 7,69 |
| 4,75 ml/l | 1,70 \pm 0,57 | 6,11 \pm 2,4 | 68,75 \pm 10,36 |
| 5 ml/l | 1,63 \pm 0,27 | 5,78 \pm 3,12 | 65,26 \pm 7,99 |
| 5,25 ml/l | 1,54 \pm 0,08 | 4,87 \pm 1,28 | 62,88 \pm 4,48 |
| 5,5 ml/l | 1,33 \pm 0,15 | 4,74 \pm 1,21 | 61,59 \pm 8,52 |
| 5,75 ml/l | 1,46 \pm 0,23 | 5,67 \pm 2,02 | 66,21 \pm 7,39 |
| 6 ml/l | 1,33 \pm 0,17 | 5,04 \pm 1,5 | 70,81 \pm 7,01 |
| Témoin | 1,41 \pm 0,26 | 6,72 \pm 3,43 | 62,3 \pm 8,21 |

NTH : nombre de thalle, NFE : nombre de feuille, LPA : longueur de partie aérienne

En effet, les biofertilisants reconnu par de nombreux travaux dont ceux de Tiwari et al. (1989), que les biofertilisants contiennent des enzymes comme l'amylase, la lipase, la cellulase, et la chitinase et des bactéries qui permettent la décomposition de la matière organique pour la libération des nutriments et les rendre disponibles aux plantes.

Conclusion et perspectives

L'usage des produits est en constante augmentation à travers tous les pays du monde. Et la demande en produits phytopharmaceutique de synthèse double pratiquement tous les ans. Au regard de ces inconvénients, il s'avère important de trouver des solutions alternatives.

A l'issue de la présente étude consacrée essentiellement à l'évaluation de l'effet d'un biofertilisant à trois doses appliquées sur Tomate, et la réponse de cette dernière face à ces différentes concentrations, il nous a paru intéressant de dégager les principaux résultats auxquels nous avons aboutis sur la base de travaux ultérieurs.

Ainsi, les résultats relatifs aux paramètres morphologiques montrent que l'évolution de la surface foliaire sous l'effet des traitements par absorption racinaire se distingue clairement dans les travaux de Fruchart (2016) par application d'un biofertilisant de synthèse (Bioreveil).

Cependant, l'évolution en nombre de thalle du blé *Sitobion avenae* annonce une progression continue à partir des concentrations au alentour de 4ml/l par application foliaire, les résultats ont montré aussi que le nombre de feuille et la longueur de la partie aérienne présentent des fluctuations relativement rapproché, pressentant une meilleure élongation pour la partie aérienne à avec les concentrations en lombricomposte respective de 6 ml/l, 4.75 et 4.5ml/l. Par ailleurs, le nombre de feuilles ne présentent pas de différence significative entre les différentes concentrations et en comparaison avec le bloc témoin.

Pour terminer, il important de dire que pour avoir une culture viable et saine de qualité et de quantité il faut adopter une stratégie qui intègre une utilisation raisonné de produits chimique et qui ne pourra avoir lieu qu'avec la promotion des produits d'origine biologique.

Références bibliographiques :

1. Ahmed, Z., Wang, Y., Ahmad, A., Khan, ST, Nisa, M., Ahmad, H., et Afreen, A. (2013). Kéfir et santé: une perspective contemporaine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* , 53, 422 - 434.
2. Altay, F., Karbancioglu-Güler, F., Daskaya-Dikmen, C., et Heperkan, D. (2013). Un examen sur les boissons non alcoolisées fermentées turques traditionnelles: microbiote, processus de fermentation et caractéristiques de qualité. *Journal international de microbiologie alimentaire* , 167, 44 - 56.
3. Andry, 2010. La tomate, 8 p.
4. Baschali, A., Kyriacou, A., Karavasiloglou, N. & A. Matalas 2017 « Traditional low-alcoholic and non-alcoholic fermented beverages consumed in European countries : a neglected food group » *Nutrition Research Reviews* 30 : 1-24.
5. Beijerinck, M.W. 1889 « Sur le Kéfir », *Archives Néerlandaises des Sciences Exactes et Naturelles* 23 : 428-444.
6. Beshkova, DM, Simova, ED, Simov, ZI, Frengova, GI et Spasov, ZN (2002). Cultures pures pour faire du kéfir. *Microbiologie alimentaire* , 19, 537 - 544.
7. Beauchamp, C.J. (1993). Mode d'action des rhizobactéries favorisant la croissance des plantes et potentiel de leur utilisation comme agent de lutte biologique. *Phytoprotection* 74 (1): 19.
8. Blancard D., Laterrot H., Marchoux G. and Candresse T., 2009. Les maladies de la tomate: Identifier, connaître, maîtriser. Editions Quae. 679 p.
9. Bokil, K.K., V.C. Mehta and D.S. Datar, 1974. Other groups of algae, seaweed liquid fertilizer can be applied to various crop plant in order to enrich the nutrient content of the soil and intern to increase the growth and yield of cultivable plants.
10. Booth, E., 1965. The manorial value of seaweed. *Botanica Marina.*, 8: 138-143.

11. Chibane A ,1999 : tomate sous serre, Bultin : transfert de technologie en agriculture No 57. Edution, PNTTA Babat ; pp : 18-28
12. Chaux C.1972 production légumes, J.B.Bailliere.paris, 414p.
13. Chaux C et Foury C .,1994 : Productions légumières, T3 éd : tec -doc Lavoisier, Paris, 235p.
14. Chaux, C. et Foury, CL. (1994). Productions légumières. Tome 1 : Généralité. Ed : Lavoisier, Paris, 545p.
15. Chaux C.1972 production légumes, J.B.Bailliere.paris, 414p.
16. Cirad : (organisme, France Ministère des affaires et rangées, Cirad, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France, et Gret, groupe de recherche et d'échanges technologiques, ministère des affaires étrangère) ,2002.Mémento de l'agronomie, (ed).Quae .p.1045-1046.
17. Cronquist A., 1981. An integrated system of classification of following plants. Colombia University. 1256p
18. Davies J. N, Hobson G. E., 1981. The constituents of tomato fruit – The influence of environment, nutrition and genotype. *CRC Critical Rev.Food Sci. Nutrit.* 15, 205-280.
19. Delfederico, L., Hollmann, A., Martinez, M., Iglesias, NG, De Antoni, G., et Semorile, L. (2006). Identification moléculaire et typage des lactobacilles isolés à partir de grains de kéfir. *Journal of Dairy Research* , 73, 20 - 27.
20. Farnworth, ER (2005). Kéfir un probiotique complexe. *Bulletin des sciences et technologies alimentaires : aliments fonctionnels*, 2, 1 - 17.
21. Faessel, L., Tostivint, C., et Schaller, N. 2015. Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes : état des lieux et perspectives. Rapport final d'une étude commanditée par le Centre d'Etude et de Prospective du Ministère de l'Agriculture, de l'Agronoalimentaire et de la Forêt. 2015. 8 p.
22. Fitzpatrick, 2011 : les plantes ont aussi besoin de leurs vitamines, laboratoire de biochimie et physiologie végétale. Site en ligne.
23. Fiorda, FA., Melo Pereira de, G V., Thomaz-Soccol, V., Rakshit, S K., Pagnoncelli MGB *et al.* 2017 « Microbiological, biochemical, and

- functional aspects of sugary kefir fermentation - A review », *Food Microbiol* 66 : 86-95.
24. Fruchart, 2016: Plant Responses to Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *European Journal of Plant Pathology*, 119 (3)
 25. Gallais A. et Banneront H., 1992. Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. INRA Editions.
 26. Garrote, GL, Abraham, AG et De Antoni, GL (1998). Caractéristiques du kéfir préparé avec différents grains: ratios de lait. *Journal of Dairy Research* , 65, 149 - 154.
 27. Garbers, IM, Britz, TJ et Witthuhn, RC (2004). Electrophoretictypification sur gel dénaturant par PCR et identification du consortium microbien présent dans les grains de kéfir. *Journal mondial de microbiologie et de biotechnologie* , 20, 687 - 693.
 28. Garrote, GL, Abraham, AG et De Antoni, GL (2001). Caractérisation chimique et microbiologique des grains de kéfir. *Journal of Dairy Research* , 68, 639 - 652.
 29. Grissa K., 2010. Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomate en Tunisie, 92 p.
 30. GuzelSeydim, ZB, KokTas, T., Greene, AK et Seydim, AC (2011). Examen: Propriétés fonctionnelles du kéfir. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* , 51, 261 - 268.
 31. Gulitz, A., Stadie, J., Wenning, M., Ehrmann, M. A., & R. F. Vogel 2011 « The microbial diversity of water kefir », *International Journal of Food Microbiology* 151 : 284-8.
 32. Heller R., Esnault R. et Lance C., 1996. Physiologie végétale : nutrition. 7^{ème} Ed. Masson. 294p.
 33. Jacob J. et Janssej.L.M., 1976. Culture maraichères spéciales tome I. Solanacées fruits, cours polycopies. Institut National Agronomique Hassen Pp. 83-99
 34. Jean-Marie., 2007 : La culture des tomates. Edition ARTE MIS , 92p
 35. Kesenkas, H., Dinkci, N., Seckin, K., Kinik, O., Gönc, S., Ergönül, PG et Kavas, G. (2011). Caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et sensorielles du kéfir de lait de soja. *Journal africain de recherche en microbiologie* , 5, 3737 - 3746.

36. Kesenkas, H., Yerlikaya, O., et Ozer, EA (2013). Boisson Lactée fonctionnelle: kéfir. *Agro FOOD Industry Hi Tech* , 24, 53 - 55.
37. Kneifel, W. et Mayer, HK (1991). Profils de vitamines des kéfirs fabriqués à partir de laits de différentes espèces. *Journal international des sciences et technologies alimentaires*, 26, 423 - 428.
38. Kök-Taş, T., İlay, E. et Öker, A. 2014. Pekmez ve Erik Kullanılarak Üretilen Kefirlerin Bazı Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2, 86 - 91
39. Kok-Tas, T., Ekinci, FY et Guzel-Seydim, ZB (2012). Identification de la flore microbienne dans les grains de kéfir produits en Turquie par PCR. *International Journal of Dairy Technology* , 65, 126 - 131.
40. Laribi, 2013 : Effet compare de lombricompost fermenter a base de mauvaise herbe et chémotype de l'huile essentiel de thym sur la phénologie de la tomate et son ravageur, thes.M2, dep. Biotechnologie, univ. Blida.
41. Latigui A., 1984. Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. These de Magister. INA. El Harrach.
42. Laumonier R., 1979. Culture légumière et maraichère .Tome 3 Ed Bailliere paris .279P.
43. Laumonier, R. (1979). Cultures légumières et maraichères. Tome 3, Ed : J-B Baillière, Paris, 240p.
44. Leclercq, M. 2011 « Itinéraire du rooibos (thé rouge) en Afrique du sud. Comment les savoirs locaux sont devenus un enjeu global », *Revue d'anthropologie des connaissances* 5 : 533-550.
45. Liutkevicius, A. et Sarkinas, A. (2004). Études sur les conditions de croissance et la composition des grains de kéfir - comme biomasse alimentaire et fourragère. *Veterinarija ir Zootechnika* , 25, 64 - 70.
46. Madr ., 2012. Ministère de l'agriculture et du développement rural. 42p.
47. Magalhaes, KT, de Melo Pereira, GV, Campos, CR, Dragone, G., et Schwan, RF (2011a). Kéfir brésilien: structure, communautés microbiennes et composition chimique. *Journal brésilien de microbiologie* , 42, 693 - 702.

48. Magalhaes, KT, Dias, DR, de Melo Pereira, GV, Oliveira, JM, Domingues, L., Teixeira, JA ... Schwan, RF (2011b). Composition chimique et analyse sensorielle des boissons à base de lactosérum au fromage utilisant des grains de kéfir comme culture de départ. *Journal international des sciences et technologies alimentaires* , 46, 871 - 878.
49. Miguel, MGD, Cardoso, PG, Lago, LDA et Schwan, RF (2010). Diversité des bactéries présentes dans les grains de kéfir de lait en utilisant des méthodes dépendantes et indépendantes de la culture. *Food Research International* , 43, 1523 - 1528.
50. Motaghi, M., Mazaheri, M., Moazami, N., Farkhondeh, A., Fooladi, MH et Goltapeh, EM (1997). Communication courte: Production de kéfir en Iran. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* , 13, 579 - 581.
51. MOUHOUCHE B., 1983 : "Essai de rationnement de l'eau sur tomate : recherche de la production optimale et valorisation de l'eau "thèse magister, INA. El-Harrach, 171p
52. Munoro B. et Small E., 1997. Légume du Canada .Ed Val Morine Québec, Canada .436P
53. Musard M., 1990 : "Qualité de la tomate de serre : conduite de l'alimentation hydrominérale en culture sur substrat" C.T.I.F.L.paris, pp21
54. Munro D B., Small E., 1998. Les légumes du Canada .NRC Research Press.
55. Naika S., Lidt de Jeude JV., de Goffaux M., Hilmi M. and Van Dam B., 2005. Agrodok17 : La culture de la tomate. Production, transformation et commercialisation. Fondation Agromisa et CTA, Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas. 105p.
56. Otles, S. et Cagindi, O. (2003). Kéfir: Une composition laitière probiotique, aspects nutritionnels et thérapeutiques. *Pakistan Journal of Nutrition* , 2, 54 - 59.
57. Pidoux, M. 1989 « The microbial flora of sugary kefir grain (the gingerbeer plant) : biosynthesis of the grain from *Lactobacillus hilgardii* producing a polysaccharide gel », *MIRCEN Journal of Applied Microbiology and Biotechnology* 5 : 223-238
58. Polese J.M., 2007. La culture de la tomate. Ed Artémis. 95P

59. PUBLISHERS B., 2004. Ressources végétales de l'Afrique .Tome 2 : légumes .Ed Dunod.736P.
60. Rey Y. et Costes C, 1965. La physiologie de la tomate, étude bibliographique. INRA.111p
61. Salunkhe D.K., Bolin H.R. et Reddy N.R., 1974.Storage, processing, and nutritionnal quality of fruits and vegetables. Cleveland : CRC.press.
62. Sarkar, S. (2007). Potentiel du kéfir en tant que boisson diététique - Un examen. *British Journal of Nutrition* , 109, 280 - 290
63. Sarkar, S. (2008). Innovations biotechnologiques dans la production de kéfir: un examen. *British Food Journal* , 110, 283 - 295.
64. Sabir, F., Beyatli, Y., Cokmus, C.,et Onal-Darilmaz, D. (2010). Évaluation des propriétés probiotiques potentielles de *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp. Et *Pediococcus* spp. souches isolées du kéfir . *Journal of Food Science* , 75, 568 - 573.
65. Shankara.Naika., Barbara, Van Dam., Arwen, Florijn., 2005. La culture de la tomate, production, transformation et commercialisation, cinquième édition révisée, Agromisa Foundation, coll. « Agrodok », Wageningen, 105 p,
66. Shankara, Naika., Joep, Van., Lidt, de jeude., Marja, de goffau., Martin, Hilmi., Barbara, Van Dam., 2005. La culture de la tomate production, transformation et commercialisation; 6 ; 9 ; 18 ; 19 ; 20p.
67. 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 : 111–125p.
68. Shankara N., Van lidt de jeud J., De Goffau M., Hilmi M., Van Dam B. et Florijina., 2005. La culture de la tomate : production, transformation et comercialisation. 5eme (Ed).foundation agromisa et CTA, Wageningen.
69. Sibennasseura., 2011. Référentiel pour la conduite Technique de la culture de tomate (*Lycopersicum esculentum* MILL), pp58-70
70. Soltner D., 2000. : Les bases de la production Végétales. Tome 1, 22e ed : Tomate : implication du transport phloémien.thèse Doctorat.Toulouse.174 p

71. TAN, C.S., ZHANG, T.Q., REYNOLDS, W.D., WARNER, J., ET DRURY, C.F. FARMSCALE., 2004. processing tomato production using surface and subsurface drip irrigation and fertigation. Ontario Processing Vegetable Growers 61st Annual Report. OPVG, London Ontario.
72. Tratnik, L., Bozanic, R., Herceg, Z., et Drgalic, I. (2006). La qualité du kéfir nature et supplémenté du lait de chèvre et de vache. *Journal international de technologie laitière* , 59, 40 - 46
73. Vayssier, Y. 1978 « Kéfir : analyse qualitative et quantitative », *Revue Laitière française* 361 : 3-75.
74. Witthuhn, RC, Schoeman, T., et Britz, TJ (2004). Isolement et caractérisation de la population microbienne de différents grains de kéfir sud-africains . *Journal international de technologie laitière* , 57, 33 - 37.
75. Witthuhn, RC, Schoeman, T., et Britz, TJ (2005). Caractérisation de la population microbienne à différents stades de la production de kéfir et de la culture de masse des grains de kéfir. *International Dairy Journal*, 15, 383 - 389.
76. Wilcox J. K., Catignani G. L. et Lazarus S., 2003. Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43: 451-463.
77. Yuksekdog, ZN, Beyatli, Y., et Aslim, B. (2004b). Activités métaboliques de *Lactobacillus* spp. souches isolées du kéfir. *Nahrung* , 48, 218 - 220 .
78. Yuksekdog, ZN, Beyatli, Y., et Aslim, B. (2004a). Détermination de certaines caractéristiques des formes coccoïdes de bactéries lactiques isolées à partir de kéfirs turcs avec probiotique naturel. *LWT - Science et technologie alimentaires* , 37, 663 - 667.

Références électroniques :

1. I.T.D.A.S(2005) (Les exigences pédoclimatiques de la plante de tomate.)en ligne Disponible sur <https://agronomie.info/fr/les-exigences-pedoclimatiques-de-la-plante-de-tomate> consulté le 2019
2. Heuvelink(2005) (Les exigences pédoclimatiques de la plante de tomate.)en ligne Disponible sur <https://agronomie.info/fr/les-exigences-pedoclimatiques-de-la-plante-de-tomate> consulté le 2019
3. Dorais et al(2001) (Les exigences pédoclimatiques de la plante de tomate.)en ligne Disponible sur <https://agronomie.info/fr/les-exigences-pedoclimatiques-de-la-plante-de-tomate> consulté le 2019