



DEPARTEMENT DE SCIENCES AGRONOMIQUES

N°...../SNV/2017

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**M<sup>elle</sup> DEBBAB Sarah**

Pour l'obtention du diplôme de

### **MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUE**

**Spécialité: PROTECTION DES CULTURES**

#### THÈME

***Etude in vitro et in vivo des pouvoirs biofongicides des extraits naturels vis-à-vis de l'agent de la fusariose de la tomate :Fusarium oxysporum f.s.p radicis lycopersici.***

Soutenue publiquement le : **22/06/2017**

DEVANT LES JURYS :

|             |                 |                   |
|-------------|-----------------|-------------------|
| Président   | BOUALEM Malika  | MCB U. Mostaganem |
| Encadreur   | BENOURED Fouzia | MCB U. Mostaganem |
| Examinateur | SAIAH Farida    | MCB U. Mostaganem |

*Thème réalisé au Laboratoire de microbiologie*

# Remerciements

*D'abord je remercie mon dieu tout puissant, clément miséricordieux et leur messenger loyal.*

*Je destine mes sincères gratitudees :*

*À ma directrice de mémoire Mme. BENOURAD Fouzia qui m'a guidé tout le long de ce travail.*

*À Mme SAIAH notre chef de parcours qui m'a aidé pour la réalisation de ce travail.*

*À Mme. BOULEM et Mr. DEBBA qui acceptent d'examiner mon travail.*

*À la direction de service agricole de la wilaya de Mostaganem.*

*À mon fiancer qui m'a encouragé toute la période de stage.*

*À département de sciences Agronomiques À toutes personnes contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Sarah.*

# dédicace

*Je dédie ce modeste travail tous d'abord :*

- à mes chers parents « Tahar et Fatma » qui m'ont donné le courage, la confiance, la volonté et le soutien depuis la première minute à laquelle je suis venu au monde.
- à mes sœurs « Zineb et Houria » et mon frère « Aoued ».
- à tous ma famille.
- mes collègues : Hayet, Mimouna, Rachid, Asma, Kheira, Om el kheir, Fouzia, Dalila et Houria .

*Sarah.*

**Résumé :**

Les extraits des plantes présentent un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles biologiquement actives. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui porte sur la valorisation des extraits botaniques d'origines diverses dans le domaine de la protection des cultures. Pour cela nous avons choisi trois plantes aromatiques; gingembre, grenadier et l'origan. L'extraction des principes actifs s'effectue par deux méthodes différentes, la première par méthode Soxhlet et l'autre par l'eau surchauffée. Les résultats des tests antifongiques réalisés *in vitro* et *in vivo* montrent une efficacité remarquable, qui varie selon la plante utilisée, sa dose, et la méthode d'extraction appliquée. Le présent travail apporte des données encourageantes sur l'application des extraits d'origines végétales comme solutions alternatives remplaçant les pesticides chimiques.

**Mots clés :** tomate, fusariose, extraction, Soxhlet, eau surchauffée, gingembre, grenadier, origan.

**Summary :**

Plant extracts have a very promising interest as a potential source of biologically active natural molecules. It is in this context that our study focuses on the valorization of botanical extracts of various origins in the field of crop protection / for this we have chosen three aromatic plants; Ginger, grenadier and oregano. The extraction of the active principles is carried out by two different methods, the first by Soxhlet method and the other by superheated water. The results of antifungal tests carried out *in vitro* and *in vivo* show remarkable efficacy, which varies according to the plant used, its dose, and the extraction method applied. This work provides encouraging data on the application of vegetable extracts as alternatives to chemical pesticides.

**Key words:** tomato, fusarium, extraction, Soxhlet, superheated water, ginger, pomegranate, oregano.

## Liste des figures et planches

|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
| <b>Figure 01 :</b> | système racinaire de tomate.....   | 3  |
| <b>Figure 02 :</b> | feuille de tomate.....   | 4  |
| <b>Figure 03 :</b> | fleur de tomate.....   | 4  |
| <b>Figure 04 :</b> | fruit de tomate.....   | 5  |
| <b>Figure 05 :</b> | Graines de tomate.....   | 5  |
| <b>Figure 06 :</b> | les différents stades végétatifs de tomate.....  | 7  |
| <b>Figure 07 :</b> | Production mondiale de la tomate 1962-2010.....  | 8  |
| <b>Figure 08 :</b> | Flétrissement et jaunissement des feuilles.....  | 16 |
| <b>Figure 09 :</b> | dessèchement et mort des feuilles.....   | 16 |
| <b>Figure 10 :</b> | brunissement de la tige.....   | 16 |
| <b>Figure 11 :</b> | l'origan.....  | 20 |
| <b>Figure 12 :</b> | fruit de grenadier.....  | 21 |
| <b>Figure 13 :</b> | rhizome de gingembre.....  | 23 |
| <b>Figure 14 :</b> | plantes médicinales utilisées.....   | 25 |
| <b>Figure 15 :</b> | Plants de tomate après 7 jours de semis.....   | 26 |
| <b>Figure 16 :</b> | dispositif Soxhlet.....  | 26 |
| <b>Figure 17 :</b> | dispositif d'évaporation rotatif.....  | 27 |
| <b>Figure 18 :</b> | trempage des plants dans l'extrait.....  | 31 |
| <b>Figure 19 :</b> | trempage des plants dans la solution de KNOP.....  | 31 |
| <b>Figure 20 :</b> | aspect macroscopique de F.o.r.l sur PDA.....   | 35 |
| <b>Figure 21 :</b> | vue microscopique de l'isolat F.o.r.l sous microscope optique (×40).....                               | 35 |
| <b>Figure 22 :</b> | effet de différentes concentrations des E.H de grenadier sur la croissance mycélienne F.o.r.l.....     | 36 |
| <b>Figure 23 :</b> | effet des différentes concentrations des E.A de grenadier sur la croissance mycélienne de F.o.r.l..... | 36 |
| <b>Figure 24 :</b> | culture de F.o.r.l sur PDA (témoin). ....  | 36 |
| <b>Figure 25 :</b> | culture de F.o.r.l sur PDA (témoin + acétone).....   | 36 |

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Figure 26 :</b> | cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différente concentration en extrait hydro-alcoolique de grenadier.....    | 37 |
| <b>Figure 27 :</b> | cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différente concentration en extrait aqueux de grenadier.....              | 37 |
| <b>Figure 28 :</b> | taux d'inhibition des différentes concentrations d'E.H de grenadier sur F.o.r.l.....  | 37 |
| <b>Figure 29 :</b> | taux d'inhibition des différentes concentrations d'E.A de grenadier sur F.o.r.l.....  | 37 |
| <b>Figure 30 :</b> | effet des différentes concentrations d'E.H de grenadier sur la sporulation de F.o.r.l.....  | 38 |
| <b>Figure 31 :</b> | effet des différentes concentrations d'E.A de grenadier sur la sporulation de F.o.r.l.....  | 38 |
| <b>Figure 32 :</b> | effet des différents concentrations d'E.H de gingembre sur la croissance mycélinne de F.o.r.l.....                                    | 39 |
| <b>Figure 33 :</b> | effet de différentes concentrations d'E.A de gingembre sur la croissance mycélinne de F.o.r.l.....                                    | 39 |
| <b>Figure 34 :</b> | cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différentes concentrations en extrait hydro-alcooliques de gingembre..... | 39 |
| <b>Figure 35 :</b> | cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différentes concentrations en extrait aqueux de gingembre.....            | 39 |
| <b>Figure 36 :</b> | taux d'inhibition d'E.H de gingembre sur F.o.r.l.....   | 40 |
| <b>Figure 37 :</b> | taux d'inhibition d'E.A de gingembre sur F.o.r.l.....   | 40 |
| <b>Figure 38 :</b> | effet des différentes concentrations d'E.H de gingembre sur la sporulation de F.o.r.l.....  | 40 |
| <b>Figure 39 :</b> | effet des différentes concentrations d'E.A de gingembre sur la sporulation de F.o.r.l.....  | 40 |
| <b>Figure 40 :</b> | effet de différentes concentrations d'E.H d'origan sur la croissance mycélinne de F.o.r.l.....  | 41 |
| <b>Figure 41 :</b> | effet de différentes concentrations d'E.A d'origan sur la croissance mycélinne de F.o.r.l.....  | 41 |
| <b>Figure 42 :</b> | cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différentes concentrations en extrait hydro-alcoolique d'origan.....      | 42 |
| <b>Figure 43 :</b> | cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différentes concentrations en extrait aqueux d'origan.....                | 42 |
| <b>Figure 44 :</b> | effet des différentes concentrations d'E.H d'origan sur taux d'inhibition de  |    |

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
|                    | la croissance mycélienne de F.o.r.l .....   | 42 |
| <b>Figure 45 :</b> | effet de différentes concentrations d'E.A d'origan sur le taux d'inhibition de la croissance mycélienne de F.o.r.l..... | 42 |
| <b>Figure 46 :</b> | effet des différentes concentrations d'E.H d'origan sur la sporulation de F.o.r.l. ....                                 | 43 |
| <b>Figure 47:</b>  | effet des différentes concentrations d'E.A d'origan sur la sporulation de F.o.r.l.....                                  | 43 |
| <b>Figure 48 :</b> | échelle de notation des symptômes de la maladie de fusariose.....   | 44 |
| <b>Figure 49 :</b> | préparation de milieu PDA (Potatoes Dextrose Agar)  |    |
| <b>Planche 01:</b> | protocole d'extraction. ....  | 28 |
| <b>Planche 02:</b> | protocole de la réalisation de test <i>in vitro</i> . ....  | 29 |
| <b>Planche 03:</b> | protocole de la réalisation de test <i>in vivo</i> .....  | 32 |

## Liste des abréviations :

**D.S.A** : direction des services agricoles.

**E.A** : extrait aqueux.

**E.A.G** : extrait aqueux de gingembre

**E .A.GR** : extrait aqueux de grenadier.

**E.A.O** : extrait aqueux d'origan.

**E.H**: extrait hydro-alcoolique.

**E.H .G** : extrait hydro-alcoolique de gingembre.

**E.H.GR** : extrait hydro-alcoolique de grenadier

**E.H.O** : extrait hydro-alcoolique d'origan.

**E.H.S** : extrait hydro-alcoolique sèche.

**F.A.O** : food agriculture organisation.

**F.o.r.l** : *Fusarium oxysporum* f.s.p *radicis lycopersici*.

**f.s.p** : forma spéciale.

**P/V** : poids/ volume.

**PIs**: pourcentage d'inhibition de la sporulation.

**Prod.** : Production.

**qx** : quintaux.

**S .M** : solution mère.

**Rdt.** : rendement.

**Sup.** : superficie.

**T** : taux d'inhibition.

**TM** : témoin.

## **Liste des tableaux :**

**Tableau n° 01 :** la teneur de la tomate en éléments nutritifs pour 100g.

**Tableau n°02 :** Principaux pays producteurs de la tomate en 2010 (en tonnes).

**Tableau n° 03 :** principales maladies fongiques et bactériennes touchant la tomate.

**Tableau 04 :** composition biochimique de grenadier.

**Tableau 05:** résultats des extraits étudiés sur F.o.r.l *in vivo* .

**Tableau 06 :** production de tomate sous serre en Algérie (2006\_2015).

**Tableau 07 :** production de tomate sous serre à la wilaya de Mostaganem (2006\_2015).

## Sommaire :

**Remerciements**

**Dédicace**

**Résumé**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Liste des tableaux**

### **Partie I : démarche théorique**

Introduction générale ..... 1

#### **Chapitre I : généralité sur la tomate**

I.1. Description de la tomate ..... 2

I.2. Position taxonomique ..... 3

I.3. Description botanique de la tomate ..... 4

I.4. Principales exigences écologiques et climatiques de la plante ..... 6

I.5. Cycle biologique de tomate ..... 7

I.6. Culture de la tomate ..... 7

I.7. Composition biochimique et valeur nutritionnelle ..... 7

I.8. Production et importance économique dans le monde ..... 9

I.9. Production de la tomate en Algérie ..... 10

I.10. Production de la tomate dans la wilaya de Mostaganem ..... 10

I.11. Les bioagresseurs de tomate ..... 10

#### **Chapitre II : généralité sur l'agent pathogène**

II.1. Généralité sur le genre *Fusarium* ..... 15

II.2. Position systématique ..... 15

II.3. la fusariose des racines et du collet ..... 15

II.3.1. Description ..... 15

II.3.2. Principaux symptômes ..... 16

II.3.3. Biologie ..... 17

II.3.4. Dégâts ..... 17

II.3.5. Stratégies de protection ..... 18

## **Chapitre III : généralité sur Les plantes aromatiques**

### **III.1. L'origan**

|  |    |
|--|----|
| III.1.1. Histoire .....  | 19 |
| III.1.2. Classification et description de l'espèce <i>Origanum vulgare</i> ..... | 19 |
| III.1.3. Composition d'origan .....  | 20 |
| III.1.4. Utilisation de l'origan .....   | 20 |

### **III.2. le Grenadier**

|   |    |
|---|----|
| III.2.1. Historique et origine .....                      | 20 |
| III.2.2. Classification et Description de grenadier ..... | 21 |
| III.2.3. Composition de grenadier .....                   | 22 |
| III.2.4. Utilisation de grenadier .....                   | 22 |

### **III.3. Gingembre**

|   |    |
|---|----|
| III.2.1. Historique et origine .....                      | 23 |
| III.2.2. Classification et Description de grenadier ..... | 23 |
| III.2.3. Composition de grenadier .....                   | 24 |
| III.2.4. Utilisation de grenadier .....                   | 24 |

## **Partie II : démarche expérimentale**

### **Chapitre I : matériels et méthodes**

|   |    |
|---|----|
| I.1. Objectif : .....   | 25 |
| I.2. Matériels et méthodes .....  | 25 |
| I.2.1. matériels biologiques .....  | 25 |
| I.2.2. Méthodes d'extraction .....  | 26 |
| I.2.3. Evaluation de l'efficacité biofongicide <i>in vitro</i> sur la croissance mycélienne ..... | 29 |
| I.2.4. Évaluation de l'efficacité biofongicide <i>in vivo</i> .....                               | 31 |
| I.2.5. Analyse statistique : .....  | 33 |

### **Chapitre 2 : Résultats et discussion**

|   |    |
|---|----|
| II.1. Rendement de l'extraction .....   | 34 |
| II.2. Réidentification du F.o.r.l .....   | 35 |
| II.3. Efficacité antifongique des extraits étudiés <i>in vitro</i> .....            | 35 |
| II.4. Efficacité biofongicide <i>in vivo</i> des extraits étudiés sur F.o.r.l ..... | 43 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| II.5. Discussion ..... | 45 |
| Conclusion .....       | 47 |

**Références bibliographiques**

**Annexes**

## Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) fait partie de la grande famille des solanacées aux côtés de la pomme de terre, de l'aubergine, du poivron et du piment. Considérée comme premier légume après la pomme de terre et deuxième ressource alimentaire mondiale après les céréales. Elle est adaptée à des conditions de culture très variées et destinée à la consommation en frais ou à la transformation industrielle (Toufouti, 2013).

La production de tomate n'a cessé de progresser régulièrement ces dernières décennies dans le monde, elle est passée de 48 millions de tonnes en 1978 à 124 millions en 2006 (Blanchard .2009). Cependant, cette culture est attaquée par plusieurs maladies et ravageurs. Parmi les maladies qui touchent la tomate il y a la fusariose des racines et du collet causée par le champignon *Fusarium oxysporum* f.s.p *radicis lycopersici*. Ce champignon vasculaire provoque la pourriture des racines et le flétrissement de la plante ce qui engendre des dégâts importants sur la culture.

La lutte contre ce champignon phytopathogène peut s'effectuer par plusieurs méthodes soit des mesures prophylactiques ou par la lutte chimique. Cette dernière est efficace, rapide mais malheureusement elle aboutit souvent à la sélection des souches résistantes, en plus la pollution d'environnement et l'effet toxique sur la santé des agriculteurs et des consommateurs.

Pour résoudre ce problème les agriculteurs et les scientifiques cherchent d'autres méthodes alternatives à la lutte chimique telle que la lutte biologique. C'est une méthode de lutte basée sur des agents biologiques comme l'utilisation des microorganismes ou même des substances issues du métabolisme des êtres vivants comme les extraits d'origine naturels. Les activités biologiques des extraits de ces plantes sont connues depuis l'antiquité. Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20<sup>ème</sup> siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser. Ces propriétés sont dues essentiellement à la production d'huile essentielle et aux composés phénoliques des plantes (Jdidi, 2015). Pour ces raisons, l'étude des activités biologiques des substances issues des plantes, en vue de leurs applications dans le domaine de la santé humaine, agroalimentaire et même phytosanitaire demeure une tâche intéressante et utile.

Dans ce contexte, ce travail a pour objectif de l'étude de l'efficacité biofongicide des extraits hydro-alcooliques et aqueux de grenadier, gingembre et origan vis-à-vis de l'agent de la fusariose de tomate *Fusarium oxysporum* f.s.p *radicis lycopersici*(F.o.r.l).

### I.1. Description de la tomate :

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) est devenue un des légumes les plus importants du monde. En 2001, la production mondiale de tomates était d'environ 105 millions de tonnes de fruits frais sur une superficie évaluée à 3,9 millions d'hectares. 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 (Shankara et al., 2005).

La tomate appartient à la famille des *Solanaceae*, cette famille regroupe d'autres espèces qui sont également bien connues, telles que la pomme de terre, le tabac, le poivron et l'aubergine (Shankara et al., 2005).

Elle est originaire des Andes d'Amérique du Sud. Elle 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. Plus récemment, la tomate sauvage a été introduite dans d'autres régions de l'Amérique du Sud et au Mexique (Shankara et al., 2005).

Parmi les noms communs utilisés pour désigner la tomate, il y a les suivants : tomate (Espagnol, Français), tomat (Indonésien), faanke'e (Chinois), tomati (Afrique de l'Ouest), tomatl (Nahuatl, langue indigène du Mexique), jitomate (espagnol mexicain), pomodoro (Italien), Nyanya (Swahili) (Shankara et al., 2005).

Au départ, les européennes l'exploitèrent pour un usage purement ornemental et évitèrent sa consommation, à cause des liens de parenté botanique très étroits avec certaines espèces végétales connues comme les plantes vénéneuses en l'occurrence, *Hyocinus niger*, *Lycopersicon atropa*. (Kolev, 1976).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduite en raison des conditions climatiques qui sont propices pour sa culture. Quant à sa consommation, elle a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral algérois (Latigui, 1984).

**I.2. Position taxonomique :**Règne.....*Plantae*Sous règne.....*Trachenobionta*Embranchement.....*Magnoliophyta*Classe.....*Magnoliopsida*Sous-classe.....*Asteridae*Ordre.....*Solanales*Genre .....*lycopersicon*Espèce .....*lycopersicon esculentum* Mill.(Cronquist ,1981 et Gausсен et al., 1982).**I.3. Description botanique de la tomate :****I.3.1. Racine :**

Forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus (Shankara et al., 2005)



Racine pivotante

Racine adventives

**Fig. 01** : système racinaire de tomate (Google image, 2017 ).

**I.3.2. Tige :**

Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m. La tige est pleine, fortement poilue et glandulaire (Shankara et al., 2005) .

**I.3.3. Feuillage :**

Feuilles disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs et de pétiole mesure entre 3 et 6 cm (Shankara et al., 2005) .



**Fig. 02** : feuille de tomate (originale, 2017).

#### **I.3.4. Fleurs :**

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



**Fig. 03** : fleur de tomate (Google image, 2017).

**I.3.5. Fruit :**

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



**Fig. 04** : fruit de tomate (originale, 2017).

**I.3.6. Graines :**

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



**Fig. 05**: graine de tomate (Google image, 2017).

**I.4. Principales exigences écologiques et climatiques de la plante :**

Le *Lycopersicon esculentum* Mill a des exigences particulières : sensible au froid, craint beaucoup le gel, les vents chauds et très exigeants en température (Polese, 2007).

**I.4.1. La température :**

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. Les températures optimales pour la plupart des variétés se situent entre 21 et 24°C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en dessous de 10 °C et au-dessus de 38 °C les tissus végétaux sont endommagés. L'équilibre et l'écart entre température diurne et nocturne, semblent nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne nouaison de la tomate (Shankara et al., 2005).

**I.4.2. La lumière :**

La tomate n'est pas sensible au photopériodisme, mais, 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, 2002).

**I.4.3. 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%) et une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% soit 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 al., 1998).

**I.4.4. PH :**

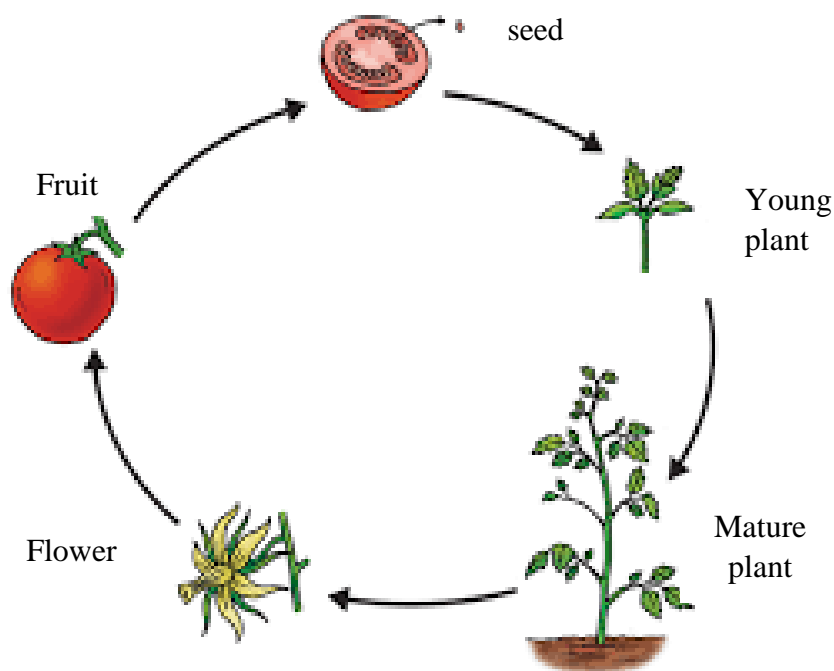
La tomate tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH, mais, pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5.5 et 6.8 (Shankara et al., 2005).

**I.4.5. Sol :**

La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées (Shankara et al., 2005).

### I.5. Cycle biologique de tomate :

Le cycle de la tomate, de la graine à la graine, varie de 3 mois et demi à quatre mois selon la variété et les conditions du milieu. Du semis de la graine à la floraison, il s'écoule six à huit semaines, et environ deux mois de la floraison à la maturation du fruit avec formation des graines (Blancard, 2009).



**Fig. 06** : les différents stades végétatifs de tomate.

### I.6. Culture de la tomate :

La tomate est cultivée selon deux systèmes principaux qui sont :

#### I.6.1. La culture de plein champ :

Ce système de culture est 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, 2002).

#### I.6.2. La culture sous abris :

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

**I.7. Composition biochimique et valeur nutritionnelle :**

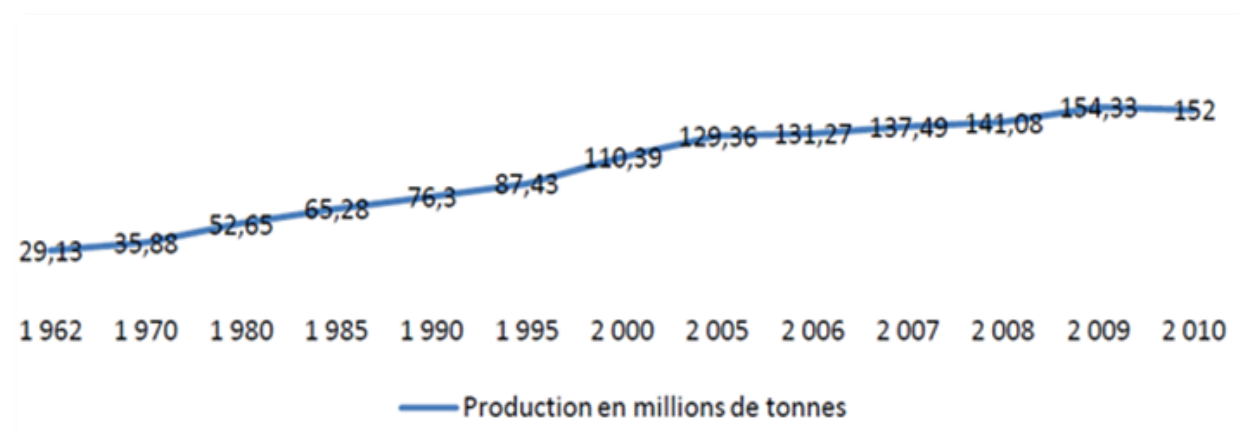
Ce fruit est riche en éléments minéraux, eau, vitamines mais pauvre en calories, leur composition est indiquée dans le tableau 01.

**Tableau 01 :** la teneur de la tomate en éléments nutritifs pour 100g (Steven, 1996 et Rionneng, 1999.)

| Minéraux (mg) |       | Vitamine (mg)     |       |
|---------------|-------|-------------------|-------|
| Potassium     | 226,0 | Vitamine C        | 18,0  |
| Phosphore     | 24,0  | Provitamine A     | 0,6   |
| Calcium       | 9,0   | Vitamine B1       | 0,06  |
| magnésium     | 11,0  | Vitamine B2       | 0,040 |
| Soufre        | 11,0  | Vitamine B3       | 0,600 |
| Sodium        | 5,0   | Vitamine B5       | 0,280 |
| Chlore        | 51 ,0 | Vitamine B6       | 0,080 |
| Bore          | 0,100 | Vitamine B8       | 0,001 |
| Fer           | 0,500 | Vitamine B9       | 0,020 |
| Cuivre        | 0,060 | Vitamine E        | 1,0   |
| Zinc          | 0,140 | Composant(g)      |       |
| Manganèse     | 0,110 | Glucides          | 2,80  |
| Nickel        | 0,023 | Protides          | 0 ,80 |
| Cobalt        | 0,009 | Lipides           | 0,10  |
| Chrome        | 0,005 | Eau               | 94    |
| Fluor         | 0,024 | Fibre alimentaire | 1,20  |
| Iode          | 0,002 |                   |       |

### I.8. Production et importance économique dans le monde :

La production mondiale annuelle de tomates connaît une progression régulière, et elle est de 152 Mt, dont un tiers en Asie, un tiers en Europe, un tiers en Amérique du Nord. , 30 millions sont destinés à la transformation .La plante est cultivée sous serre et en plein champ, sur une superficie d'environ 5.3 millions d'hectares, ce qui présente près d'un tiers (1/3) des surfaces mondiales cultivées consacrées aux légumes (FAOSTAT, Avril 2012).



**Fig. 07:** Production mondiale de la tomate 1962-2010.

L'essentiel de la production mondiale est concentré dans quelques pays dont la très grande productivité provient des perfectionnements techniques employés ainsi que des quantités importantes de plants en culture. Les dix principaux pays producteurs pour 2010 sont repris par le tableau 02.

**Tableau 02 :** Principaux pays producteurs de la tomate en 2010 (en tonnes) (FAOSTAT, Avril 2012).

| Pays       | Production (tn) | Pays     | Production (tn) |
|------------|-----------------|----------|-----------------|
| Chine      | 41 879 684      | Portugal | 1 406 100       |
| Etats-Unis | 12 902 000      | Maroc    | 1 277 750       |
| Inde       | 11 979 900      | Tunisie  | 1 100 000       |
| Turquie    | 10 052 000      | Chili    | 900 000         |
| Egypte     | 8 544 990       | Pays-Bas | 815 000         |

|             |           |           |         |
|-------------|-----------|-----------|---------|
| Italie      | 6 544 990 | Romanie   | 768 532 |
| Iran        | 5 256 110 | Jordanie  | 737 261 |
| Espagne     | 4 312 700 | Argentine | 697 900 |
| Brésil      | 3 691 300 | Japon     | 690 700 |
| Mexique     | 2 997 640 | Pologne   | 677 700 |
| Quzbékistan | 2 347 000 | France    | 587 586 |
| Russie      | 2 000 000 | Algérie   | 578 700 |
| Ukraine     | 1 824 700 | Canada    | 492 650 |
| Grèce       | 1 406 200 | Arabe S   | 489 800 |

### **I.9. Production de la tomate en Algérie :**

La tomate occupe une place importante en Algérie. Sa production est augmentée grâce à la consommation élevée et en faveur des efforts de la ministre d'agriculture. La superficie totale de la production est estimée en 2015 de 4148,95 ha pour une production de 4 803 023 Qx (Ministre d'agriculture, 2017), voir annexe 01.

### **I.10. Production de la tomate dans la wilaya de Mostaganem :**

La wilaya de Mostaganem est classée parmi les premiers producteurs de tomate en Algérie. Selon les statistiques de 2016, cette wilaya occupe une superficie de 1802,82 ha pour une production totale de 725220(D.S.A de Mostaganem, 2017). voir annexe n° 01.

### **I.11. Les bioagresseurs de tomate :**

La tomate est attaquée par plusieurs bioagresseurs soit d'origine microbiens (champignons, bactéries, virus), des arthropodes, des nématodes...

La lutte contre ces bioagresseurs intègre plusieurs méthodes pour une agriculture durable.

I.11.1.1. Principales maladies microbiennes :

Tableau 03 : principales maladies fongiques et bactériennes touchant la tomate (Anonyme, 1995).

| Maladie                 | Symptômes  | Recommandation   |
|-------------------------|--|--|
| Fonte de semis          | Manque à la levée et pourriture de collet  | -utiliser de la semence traitée.<br>-éviter l'excès d'eau en pépinière.<br>-utiliser un substrat sain.                                   |
| Mildiou                 | Grande taches brunes sur feuilles et tiges.  | -aérer les abris, pulvériser un fongicide de contact.<br>-alterner les produits à utiliser.  |
| Alternariose            | Taches noires de taille variables sur les feuilles.  | -aérer les abris.<br>-Traiter avec un fongicide.   |
| Verticilliose           | Flétrissement accompagné d'un jaunissement, suivi de dessèchement des feuilles de la base. | -utiliser de la semence traitée et les variétés résistantes.<br>-tremper les plantules dans une solution de benomyl avant la plantation. |
| Oidium                  | Feufrage blanc sur les feuilles.   | -utiliser un fongicide de contact en préventif.<br>-respecter les doses prescrites et alterner les produits.                             |
| Pourriture grise        | Feufrage gris sur feuilles et sur fruits.  | -éviter les condensations d'eau.<br>-bonne aération de la serre.   |
| Moucheture bactérienne  | Taches nécrotiques sur feuilles et sur fruits  | -aucun bactéricide spécifique<br>-traitements avec des produits à base de cuivre tels que Cuprosan                                       |
| Flétrissement bactérien | Flétrissement irréversible brunissement des vaisseaux et des tissus.                       | -pratiquer la rotation de culture.<br>-éliminer les résidus de récolté.  |

---

**I.11.1.2. Les maladies virales :****• tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) :**

C'est le virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate et autres espèces virales associés, ce virus transmis par les aleurodes ;

Les plantes affectées par ce virus ont un aspect chétif et buissonnant, et se caractérisent par la réduction des entre-nœuds. Dans les cas d'infections précoces, elles restent naines et ne produisent pas de fruits (Blancard, 2009).

**• Tomato spotted wilt virus (TSWV):**

C'est le virus de la maladie bronzée de la tomate, ce virus transmis par les thrips. ;

Les folioles et les feuilles peuvent présenter une mosaïque plus ou moins marquée. On distingue des petites taches chlorotiques à nécrotiques brunes. Des plages rouges à brunes ont tendance à se concentrer et à confluer à la base des folioles ( Blancard ,2009).

Seule la sélection sanitaire, suivie de méthodes prophylactiques ainsi que l'utilisation des variétés résistantes sont utilisées. Les mesures à prendre consistent à lutter contre le vecteur (puceron) par pulvérisation d'insecticides. Tels que Karate\_Décis\_Lannate (Guide pratique, 1995).

**I.11.2. les principaux ravageurs de tomate :****I.11.2.1. les ravageurs aériens :****• Les aleurodes :**

L'aleurode ou mouche blanche, *Trialeurodes vaporariorum*, est un ravageur polyphage rencontré sur des nombreuses plantes hôtes. Il est important sur tomate d'origine tropicale, il s'est adapté en Europe dans les abris et aussi en plein champ dans les régions méditerranéennes. Ce ravageur provoque la ponction de sève, la salissure des feuilles et surtout des fruits par le miellat et la transmission des virus (Trottin-Caudal, 2011).

La lutte contre les aleurodes par des filets anti-insectes, le désherbage de la serre et des abords et par l'utilisation des insectes entomophages comme (*Encarsia* ,*Eretmocerus ermicus* ,*Eretmocerus mundus*, et *Macrolophus*)(Trottin-Caudal, 2011).

---

- **Les thrips :**

Les principales espèces rencontrées sur tomate sont *Thrips tabaci* et surtout, depuis 1986, *Frankliniella occidentalis*. C'est l'espèce généralement présente en culture sous abri. Les thrips sont des insectes piqueurs suceurs, ils sont vecteurs d'une maladie virus le tomato spotted wilt virus (TSWV) (Trottin-Caudal, 2011).

La lutte contre les thrips par des produits phytopharmaceutiques, des panneaux englués de couleur bleu ou jaune et par l'utilisation des variétés résistantes (Trottin-Caudal, 2011).

- **La mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*) :**

Les adultes sont des papillons de couleur grise avec des taches marron sur les ailes. Pour les dégâts sont provoqués par les larves qui creusent des mines dans les feuilles, tiges, bourgeons, et dans les fruits (Trottin-Caudal, 2011).

La lutte contre *Tuta absoluta* par des produits phytopharmaceutiques, le désherbage à l'inférieur de l'abri et aux bords, et l'introduction des auxiliaires telle que *Trichogramma achaeae* (Trottin-Caudal, 2011)

- **Les pucerons :**

Provoquent l'enroulement des feuilles, la crispation des jeunes folioles, un arrêt de croissance, et la production de miellat se couvrant de fumagine. Ils sont favorisés par températures élevées et une faible humidité. Parmi les produits utilisés : Lannate\_Folimat\_Decis (Anonyme, 1995).

- **Les acariens :**

Provoquent un blocage de la végétation, des petites ponctuations jaunes sur les folioles ; présence de nombreuses toiles soyeuses, plages luisantes sur tiges, folioles de couleur vert bronze, dessèchement et chute de folioles et des feuilles. Parmi les produits utilisés : Dicofol\_Cesar\_Rufast (Anonyme, 1995).

### **I.11.2.2. Les ravageurs de sol :**

- ***Globodera spp.***

C'est le nématode à kyste ; Ces nématodes produisent de nombreux kystes d'abord blancs puis brunissant, que l'on trouve sur l'ensemble de système racinaire. Les plantes affectés connaissent un développement restreint et flétrissent aux moments les plus chauds de la journée (Blancard, 2009).

- **Meloidogyne spp:**

C'est le nématode à galles racinaires ; des galles blanches, brunissant progressivement, plus ou moins grosses. La nature et l'importance des galles dépendent de l'espèce et du taux d'inoculum du sol (Blancard, 2009).

La lutte contre les nématodes peut s'effectuer par l'utilisation des variétés résistantes, la désinfection de sol et alternance des cultures (Anonyme, 1995).

## II.1. Généralité sur le genre *Fusarium* :

Le genre *Fusarium* est bien connu pour son rôle important en phytopathologie, ce dernier regroupe un grand nombre d'espèces (Messiaen et Cassini, 1968) présentant une spécificité parasitaire pour une large gamme de plantes hôtes (Ozenda, 1990) et responsable des maladies connus sous les termes fusariose telles que le flétrissement vasculaire ou la pourriture racinaire et du collet (Lepoivre, 2003).

## II.2. Position systématique :

*Fusarium oxysporum* est considéré comme Ascomycète proche de groupe téléomorphe *Gibberella* que *Nectria* (Di Pietro et al., 2003 ; Michielse et Rep, 2009) et ayant plusieurs formes spéciales.

**Règne :** *Fungi*

**Division :** *Ascomycota*

**Classe :** *Hymenoascomycètes*

**S / classe :** *Pyrenomycetidae*

**Ordre :** *Hypocreales*

**Famille :** *Nectriaceae*

**Genre :** *Fusarium*

**Espèce :** *F. oxysporum*

## II.3. la fusariose des racines et du collet : *Fusarium oxysporum f.s.p radici lycopersic i*(F.o.r.l) :

Une maladie vasculaire dangereuse sur tomate est la fusariose dont l'agent est *Fusarium oxysporum f.s.p radici lycopersici* (F.o.r.l). La création de variétés résistantes a permis de limiter l'importance de la maladie. Toutefois, le champignon reste présent dans les sols et les variétés non résistantes peuvent subir des dégâts importants (Trottin-Caudal, 2011).

### II.3.1. Description :

Le *Fusarium oxysporum f.s.p radici lycopersici* est un parasite qui attaque les racines. Lorsque la maladie évolue, le champignon progresse dans les vaisseaux des racines et de la base de la tige qui brunissent (Trottin-Caudal, 2011).

### II.3.2. Principaux symptômes :

*Fusarium oxysporum f.s.p radialis lycopersici* (peut s'attaquer aux plantules de la tomate et entrainer leur mort. La maladie s'exprime surtout à proximité de la récolte lorsque les plantes sont chargées de fruits (Blancard ,2009).

Des flétrissements plus ou moins importants apparaissent sur les folioles et les feuilles du sommet de la tige ; dans cette zone, la tige est par ailleurs fortement amincie (Blancard ,2009).

Un chancre se développe fréquemment sur le collet. Il devient dans un premier temps brun sombre, et tissus malades sont plus ou moins déprimés. Ce chancre évolue souvent longitudinalement, sur une face de la tige, en prenant la forme d'une flamme pouvant s'étendre jusqu'à plus de 30 cm au-dessus de collet. La partie centrale du chancre prend une teinte rose à saumon et un aspect plutôt muqueux, dû à la formation des sporodochies du champignon (Blancard ,2009).

Les fruits des plantes malades sont souvent peu turgescents et ternes (Blancard ,2009).



**Fig. 08 :** Flétrissement et jaunissement des feuilles (Si Mohamed).



**Fig. 09:** dessèchement et mort des feuilles (Si Mohamed).



**Fig. 10 :** brunissement de la tige (Si Mohamed).

### II.3.3. Biologie :

Le *Fusarium oxysporum f.s.p radicis lycopersici* est un champignon pouvant contaminer le sol ou les substrats et s'y maintenir par des spores de conservation(ou chlamydospores) ou sur des débris de végétaux (Trottin-Caudal, 2011).

Lorsque des plantes sont atteintes, le champignon peut être disséminé rapidement par l'intermédiaire des poussières de sol contaminé, les nombreuses spores présentes sur les chancres au collet des plantes et sur les pains de laine de roche, mais aussi par l'eau et courant d'air (Trottin-Caudal, 2011).

Les conditions favorables au développement de la maladie sont des températures relativement fraîches (18-20°C), mais aussi un état physiologique fragile de la plante : stress hydrique (excès d'eau) ou climatique (températures basses), forte charge en fruits (Trottin-Caudal, 2011).

Cette maladie s'est exprimée à plusieurs reprises en période estivale, lorsque les températures étaient supérieures à 26°C (Trottin-Caudal, 2011).

### II.3.4 .Dégâts :

Ils se caractérisent par :

- une altération de système racinaire ;
- Un brunissement des vaisseaux qui prennent un aspect brun chocolat au niveau des racines, du pivot, du collet et jusqu'à 30 cm au-dessus. Lorsque les conditions sont humides, ces tissus pourrissent et se détachent facilement (Trottin-Caudal, 2011).
- la présence éventuelle d'un chancre, brun, humide, bien délimité, déprimé, pouvant se développer sur un seul côté du collet et de la tige(en forme de flamme)(Trottin-Caudal, 2011).
- Les symptômes apparaissent souvent peu avant la récolte lorsque les plantes sont très chargées en fruits. Ces altérations provoquent le flétrissement des folioles et ou un jaunissement des feuilles de la base de la plante (Trottin-Caudal, 2011).
- Comme pour tous symptômes de flétrissement des plantes, il est important de bien observer les différents organes touchés (racines, collets, tiges, vaisseaux...) afin de pouvoir en définir le mieux possible la cause (asphyxie, autres champignons tels que *Pythium ssp*, *Dydimella lycopersici*,...). Des examens de laboratoire sont nécessaires pour identifier l'agent responsable (Trottin-Caudal, 2011).

### II.3.5. Stratégies de protection:

#### II.3.5.1. Mesures préventives :

Il faut produire des plants dans des substrats désinfectés. La pépinière ne devrait pas être mise en place sur une exploitation contaminé ; de même, il ne faut pas utiliser des plants en provenance d'exploitations déjà infectées (Trottin-Caudal, 2011).

Si une culture est contaminée, il est nécessaire de désinfecter la serre avant la mise en place de la nouvelle culture et même l'ensemble de l'exploitation, compte tenu des risques élevés de dissémination d'une serre à autre (Trottin-Caudal, 2011).

La désinfection du sol est possible, mais l'effet est de courte durée car les *Fusarium* peuvent recoloniser rapidement le sol (Trottin-Caudal, 2011).

Cette technique ne peut être appliquée que si elle est associée à d'autres mesures :

Désinfection de structures de la serre ; emploi de substrats neufs (et non désinfection) ; couverture de sol et des substrats par un film plastique (pour l'isoler de la culture et éviter les contaminations) ; couvertures de bac de solutions nutritives (risque de dissémination par l'eau) ; et l'utilisation des variétés résistantes (Trottin-Caudal, 2011).

#### II.3.5.2. Protection complémentaire :

Il faut éliminer les plantes mortes (avec les racines), appliquer des traitements fongicides, aux pieds des plantes ou par l'intermédiaire du système d'irrigation fertilisante (Trottin-Caudal, 2011).

### III.1. L'origan :

#### III.1.1. Histoire :

Le nom Origan est dérivé du mot grec *orosganos* qui veulent dire «ornement des montagnes» ou «joie des montagnes». L'origan était autrefois également appelé herbe porte-bonheur (Anonyme, 2008).

Selon la mythologie grecque, cette plante à la douce senteur aromatique aurait été créée par la déesse de l'amour Aphrodite en guise de symbole de joie et de bonheur poussait en abondance dans son jardin, sur les pentes de l'Olympe. Les Grecs comme les Romains paraient la tête de leur bien-aimée d'origan ou de marjolaine (il existe une parenté étroite entre ces deux plantes), et pour la cérémonie du mariage, on tressait cette herbe porte-bonheur odorante dans la parure que les futurs mariés portaient sur la tête (Anonyme, 2008).

On se servait également de cette herbe à l'arôme chaud pour guérir le chagrin d'amour. L'origan était fréquemment planté sur les tombes car on pensait qu'il aidait l'âme des morts à trouver la paix (anonyme, 2017).

#### III.1.2. Nominations et description de l'espèce *Origanum vulgare* :

**Noms communs :** origan, origan commun, origan vulgaire, origan vrai, marjolaine sauvage, marjolaine vivace

**Nom anglais :** *oregano*

**Famille :** lamiacées

**Genre:** *Origanum*

**Nom botanique :** *Origanum vulgare* (Anonyme 1, 2017).

L'origan est un sous-arbrisseau vivace de 30 à 50 cm de hauteur, implanté sur les pentes escarpées du bassin méditerranéen. De la famille des labiées, il est très proche de la marjolaine, dont il a les mêmes propriétés ; ses rameaux rougeâtres, carrés, portent de petites feuilles duveteuses à la forme ovoïde se terminant en pointe. Ses fleurs, qui vont du blanc au mauve selon les espèces, sont groupées en bouquets ronds au sommet des rameaux. Son arôme puissant, épicé, lui donne toute sa place dans la classe des aromates (Anonyme 1, 2017).



**Fig. 11:** l'origan (Anonyme 1, 2017).

### **III.1.3. Composition d'origan :**

Les analyses effectuées sur l'origan montrent une richesse de cette plante en tanins, phénols notamment en apigénine et lutéoline, qui lui confèrent des propriétés anti-inflammatoires et anti-infectieuses. Les flavonoïdes contenus dans l'origan, ainsi que l'un de ses principaux composants, l'acide rosmarinique, ont un puissant pouvoir antioxydant qui aide à lutter contre le stress oxydatif et contre le vieillissement et pourrait avoir un effet hypoglycémiant. L'huile essentielle de l'origan est composée en majorité de thymol et de carvacrol en plus des monoterpènes comme alpha et bêta-pinènes et linalol (Anonyme<sub>1</sub>, 2017).

### **III.1.4. Utilisation de l'origan :**

Les feuilles séchées sont utilisées en tant que médicaments et arômes. La plante séchée et fumée est utilisée comme antiseptique et désinfectant, bonne pour le rhume, les bronchites, les céphalées. L'infusion de la poudre de la plante est un excellent remède contre la diarrhée et les troubles intestinaux et est un bon digestif. L'infusion des feuilles et des inflorescences est considérée comme un tonifiant, un anti-diarrhéique et légèrement aphrodisiaque (Projet Pam, 2014).

L'huile essentielle de cette espèce est en général considérée comme un tonifiant et un bon stimulant mental. C'est aussi un antibactérien à large spectre, antiviral et un stimulant du système immunitaire. Elle est aussi un fongicide, antimycosique et antibactérien (Projet Pam, 2014).

## **III.2. le Grenadier :**

### **III.2.1. Historique et origine :**

Le nom du genre *Punica* est une appellation romaine de la ville de Carthage (banlieue nord de la Tunisie) où poussaient les meilleurs grenadiers. Le grenadier est cultivé depuis la plus haute

Antiquité pour ses fruits comestibles (les grenades) et pour les qualités ornementales de ses grandes fleurs (Jurenka, 2008).

Dans l'histoire, la grenade était connue et appréciée de tous les peuples antiques, par les juifs, les égyptiens, les phéniciens, les grecs et les romains pour ses qualités médicinales et gastronomiques. Le grenadier est originaire d'Iran et d'Afghanistan, où il croît de façon spontanée depuis plus de 4000 ans. On le retrouve également sur des bas-reliefs égyptiens datant de 2500 ans avant le Christ et au jardin botanique de Thoutmosis III créé en 1450 avant JC. (Amouretti et Comet, 1992).

### III.2.2. Classification et Description de grenadier :

**Embranchement** : *Spermaphytes*.

**Sous-embranchement** : *Angiospermes*.

**Classe** : Magnoliopsida.

**Ordre** : *Myrtales*.

**Famille** : *Punicaceae*.

**Genre** : *Punica*.

**Espèce** : *Punicagranatum* (Spichiger et al., 2004)

Le grenadier est un arbre ou arbuste buissonnant de 2 à 5 m de hauteur, légèrement épineux, au feuillage caduc et au tronc tortueux. Il croît majoritairement dans toute la région méditerranéenne, de façon spontanée ou cultivée. Le grenadier est un arbre ou arbuste buissonnant de 2 à 5 m de hauteur, légèrement épineux, au feuillage caduc et au tronc tortueux (Garnier et al., 1961).



**Fig.12** : fruit de grenadier (Elhanafi, 2012)

### III.2.3. Composition chimique de grenadier :

**Tableau04** : composition biochimique de grenadier (Fournier ,1948).

| Organe végétal  | Composition chimique  |
|-----------------|---|
| Ecorce de fruit | Flavonoïdes<br>Acides polyphénolique<br>Tannins                   |
| Feuilles        | Flavonoïdes<br>Tannins  |
| Graines         | Aides gras insaturés<br>Acides gras saturés<br>Tannins<br>Stérols |

### III.2.4. Utilisation de grenadier :

- **Anticancérigène:**

Il semble présenter d'intéressantes et multiples propriétés contre le cancer du sein, aussi bien préventivement que thérapeutique (Kim et Mehta, 2002).

- **Antioxydante:**

Des expériences ont été menées afin de comparer le pouvoirantioxydant du jus de grenade à celui d'autres jus de fruits. Il possède le plus fort pouvoir pour inhiber l'oxydation des LDL, et aussi la plus grande capacité à bloquer les radicaux libres (Afaq et Malik 2005).

- **Activité antimicrobienne :**

L'extrait de grenadier permet d'améliorer l'action antibactérienne de certains antibiotiques, et de lutter contre l'apparition de souches bactériennes résistantes aux traitements (Braga et Leite, 2005).

### III.3. Gingembre :

#### III.3.1. Historique et origine :

Il était dénommé zenj par les marchands arabes, mot par lequel ils désignaient aussi les habitants de la côte Est de l'Afrique et d'où vient le nom de « Zanzibar », où les Arabes allaient chercher le gingembre (anonyme, 2017).

#### III.3.2. Classification et description de gingembre :

**Famille :** *Zingiberaceae*.

**Genre :** *Zingiber*.

**Espèce :** *Z. officinale*.

**Nom Commun :** Gingembre.

**Nom Anglais :** Ginger.

**Nom Arabe :** Zanjabile (Faivre et al. 2006).

Le gingembre est une plante vivace tropicale herbacée mesurant jusqu'à 3m de haut. Son rhizome est noueux et parfumé, peau beige pâle, chair jaune pâle juteuse et parfumée, il devient de plus en plus fibreux avec le temps, couvert de feuilles écailleuses et pourvu à sa partie inférieure de racines cylindriques. Ses feuilles sont persistantes bisériées, longues, étroites, lancéolées, pointues et longues de 20cm. Il y a deux sortes de tiges : tiges hautes stériles servant à l'assimilation chlorophyllienne et des tiges plus courtes (20cm environ) portant des fleurs irrégulières en épi. L'inflorescence est en courtes épis axillaires très serrés, à tige couverte d'écailles. Elle a des fleurs parfumées blanches jaunes, avec des traînées rouges sur les lèvres. La floraison a lieu entre les mois d'août et novembre. Ses fruits sont des capsules trivalves contenant des graines noires (Faivre et al., 2006).



**Fig.13 :** rhizome de gingembre (Fabrice, 2011).

**III.3.3. Composition chimique de gingembre :**

Les constituants du gingembre sont nombreux et varient selon l'origine de la plante et l'état physique fraîche ou séchée et les méthodes d'extraction. Seulement il est réputé de renfermer une grande quantité d'amidon qui est au environ de 45%, et parfois plus (Braga et al. ,2006).

L'odeur du gingembre est due à l'existence d'une huile volatile, sa teneur varie entre 1% et 3%. Plus de 50 composés ont été caractérisés : des monoterpènes (phellandrène, camphène, cinéole, géraniol, curcumène, citral, terpinéol, bornéol) et des sesquiterpènes (zingibérène (30-70%), sesquiphellandrène (15-20%), bisabolène (10-15%). Certains constituants de l'huile sont convertis en composés à faible odeur après le séchage (Martins et al., 2001 et Ali et al. 2008).

**III.3.4. Utilisation de gingembre :**

Le gingembre est un antiseptique, il est efficace en cas de nausées, de mal des transports, d'indigestions. Son action est également connue pour les troubles circulatoires. Il est utilisé comme épice et condiment dans l'alimentation, mais aussi en infusions en cas de nausées (Anonyme<sub>3</sub>, 2015).

## I.1.Objectif :

L'objectif de ce travail est de tester l'efficacité biofongicide des extraits naturels de grenadier, gingembre et de l'origan vis-à-vis l'agent phytopathogène de la tomate *Fusarium oxysporum f.s.p radicans lycopersici* (F.o.r.l).

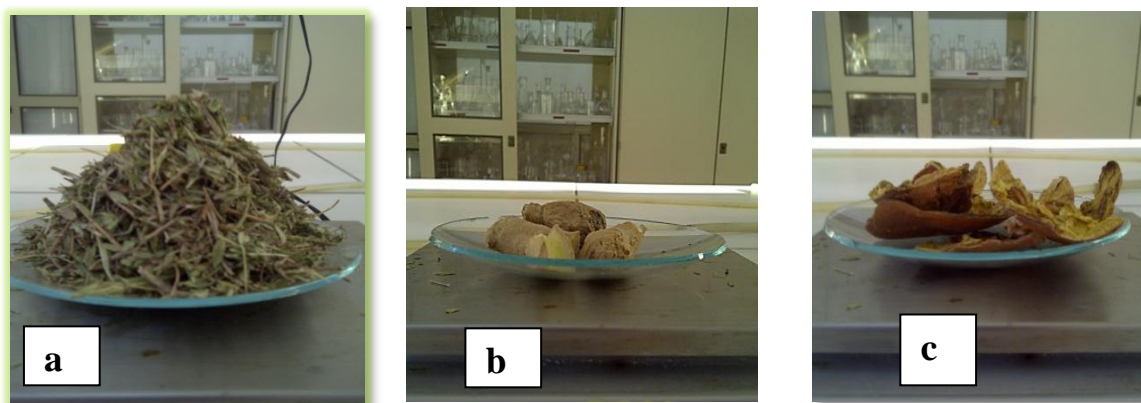
Les expérimentations sont effectuées au niveau des laboratoires de microbiologie, de biochimie et laboratoire de protection de végétaux.

## I.2.Matériel et méthodes :

### I.2.1.Matériel biologiques :

#### I.2.1.1. Plantes aromatiques utilisées :

Les plantes utilisées dans ce travail se trouvent sur le marché tout au long de l'année, pour leur importance majeure et leur usage quotidien dans la cuisine Algérienne et en médecine traditionnelle. Elles se trouvent sous forme séchée (grenadier, origan) ou fraîche (gingembre).



**Fig.14** : plantes médicinales utilisées ; (a) origan, (b) gingembre,(c) grenadier.

#### I.2.1.2.Agent phytopathogène :

L'isolat de *Fusarium oxysporum f.s.p radicans lycopersici* est fourni par le laboratoire de protection de végétaux. La réidentification de l'isolat est effectuée après transfert des explants dans le milieu de culture PDA et incubation 25°C pendant 7 jours.

#### I.2.1.3.La plante hôte :

Des semences de tomate variété Marmande, ont été désinfectées dans une solution d'hypochlorite de sodium dilué (eau de javel) suivie de 3 rinçages par l'eau distillée stérile. Le semis a été effectué dans des plateaux à alvéoles contenant le terreau.



**Fig.15:** Plants de tomate après 7 jours de semis.

## I.2.2. Méthodes d'extraction :

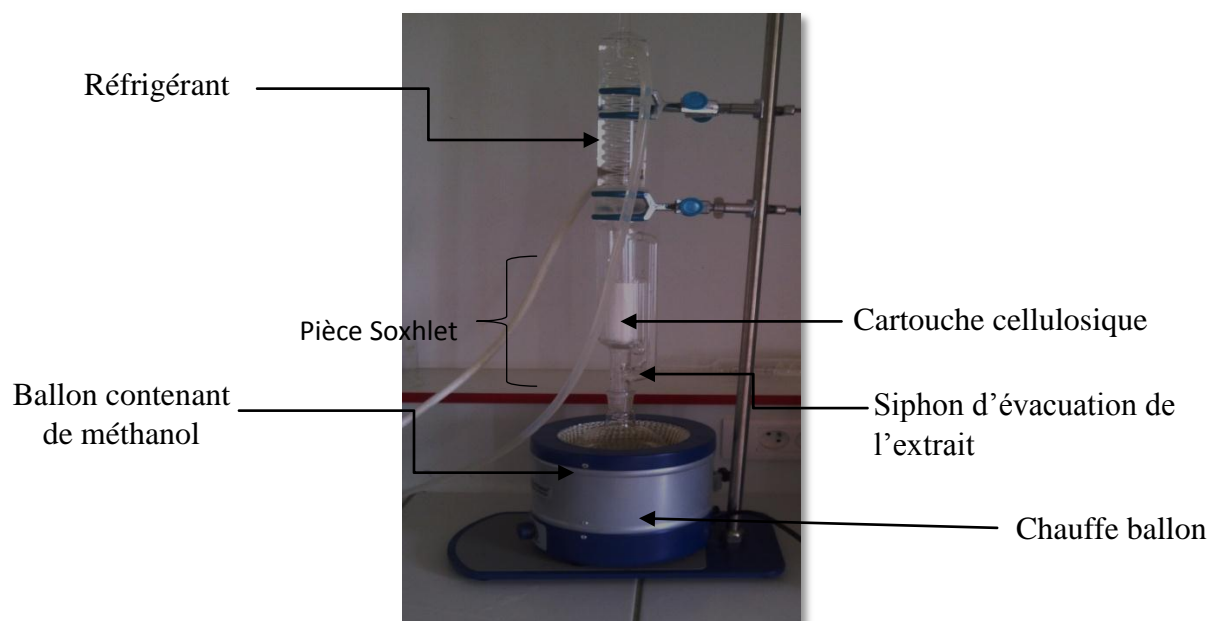
L'extraction est effectuée par deux méthodes différentes :

### I.2.2.1. Extraction Soxhlet :

#### I.2.2.1.1.Principe :

Le Soxhlet est un dispositif en verre constitué d'un ballon, d'une pièce Soxhlet permettant le contact entre le solvant et l'échantillon dans une cartouche en papier filtre épais, un siphon qui permet l'évacuation de la solution vers le ballon, un réfrigérant qui permet la condensation des vapeurs.

L'échantillon est en contact avec le solvant pur en permanence grâce au remplissage régulier de la cartouche, ce qui favorise une meilleure solubilisation des composés à extraire (Benabdallah, 2016).



**Fig.16 :** dispositif Soxhlet.

## I.2.2.1.2. Mise en marche de l'extraction :

Les échantillons séchés constitués de l'écorce de grenadier et la partie florale d'origan sont broyés jusqu'à l'obtention d'une poudre. Par contre, pour le gingembre, la racine fraîche est découpée en petites morceaux. La quantité utilisée est 30 g pour les trois échantillons qui sont placés par la suite dans des cartouches en papier filtre.

Pour le solvant on a utilisé 300 ml de méthanol pour 30 g d'échantillon. L'extraction est réalisée pendant 2h. L'extrait récupéré est concentré à l'aide d'un rotavapor (Fig.17) pour éliminer le solvant extractant (planche 01).



**Fig.17** : dispositif d'évaporation rotatif.

## I.2.2.2. Extraction par eau surchauffée :

Pour cette méthode l'eau est utilisée pour l'extraction avec un rapport de 1/10 (P/V). Les flacons sont placés dans l'autoclave pendant 30 min à une température dépassant 150°C et une pression de deux bars (planche 01).

Les flacons contenant les extraits sont couverts par un papier aluminium et conservés à 4°C.

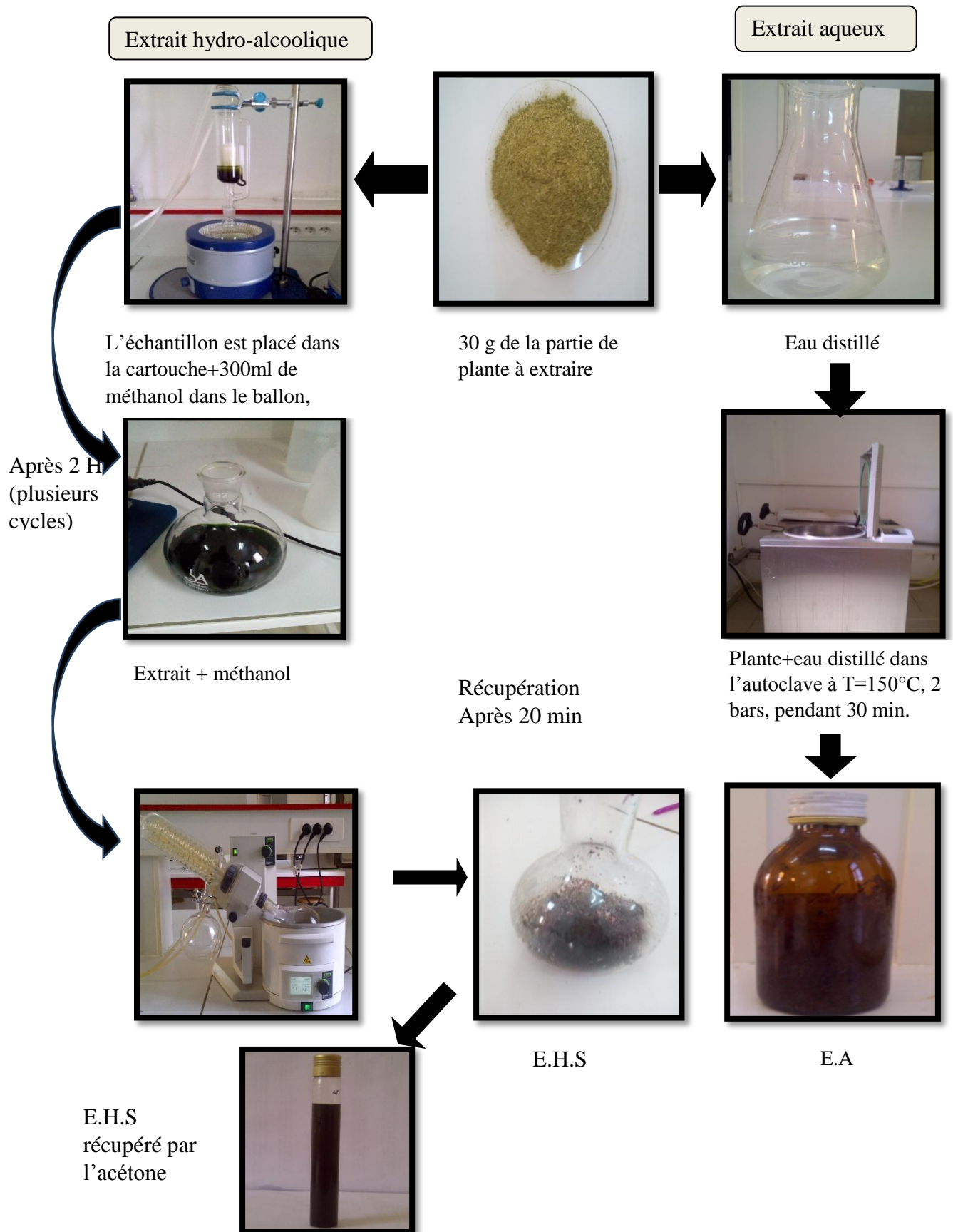


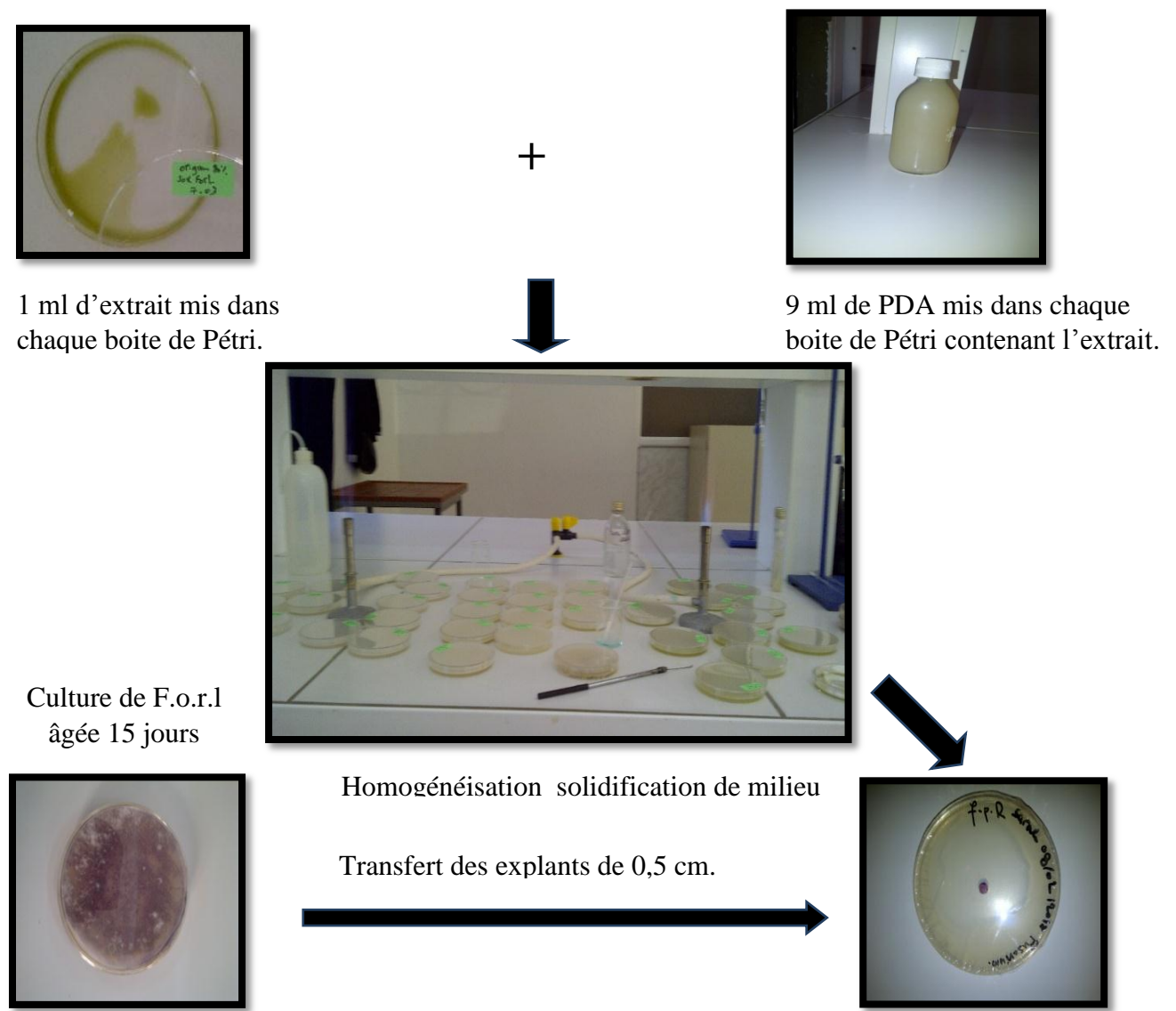
Planche 01 : protocole d'extraction.

**N.B** : ce protocole est le même pour le grenadier et le gingembre.

Les extraits sont dilués par l'eau distillée stérile en vue d'obtenir un mélange homogène à différents concentrations (20%, 40%, et 80%).

**I.2.3. Evaluation de l'efficacité biofongicide *in vitro* sur la croissance mycélienne :**

Un millilitre de chaque concentration est mis dans une boîte de Pétri (S.M, 80%,40%,20%). Puis on ajoute dans chaque boîte 9 ml de milieu de culture et on mélange jusqu'à l'homogénéisation. Après la solidification de milieu l'ensemencement se réalise avec des explants de 5 mm de diamètres prélevés d'une culture âgées de 15 jours. Ces explants sont déposés au centre des boîtes de Pétri. Trois répétitions sont réalisées pour chaque concentration (planche 02).



**Planche 02** : représentation schématique du protocole expérimentale de test antifongique réalisé *in vitro*.

**I .2.3.1. Estimation de la croissance mycélienne :**

Pour apprécier la croissance mycélienne de champignon nous avons retenu dans notre étude la mesure de la croissance linéaire du mycélium (Brewer, 1960, Leach, 1962, Kherbida et Brenier, 1980)

La croissance linéaire est déterminée selon la formule suivante :

Où :

$$L = D - d/2$$

L : croissance mycélienne.

D : diamètre de colonie.

d : diamètre de l'explant.

**I .2.3.2. Détermination du taux d'inhibition de croissance mycélienne :**

Les résultats obtenus à partir de l'estimation de la croissance mycélienne sont aussi exprimés en pourcentage (%) par rapport à la croissance mycélienne du témoin du dernier jour selon la formule décrite par Leroux et Credet (Leroux et Credet ,1978).

Où :

$$T (\%) = (L - I / L) \times 100$$

T : taux d'inhibition.

L : croissance mycélienne du témoin exprimée en cm.

I : croissance mycélienne des champignons subissant le traitement exprimés en cm.

**I .2.3.3. Détermination du pourcentage d'inhibition de la sporulation :**

L'évaluation de la sporulation est effectuée selon le principe de la méthode utilisée par Maslouhy. Ce test est réalisé par un lavage avec 10 ml d'eau distillée stérile de la boîte de Pétri entière contenant l'agent phytopathogène, afin de libérer toutes les spores. Par la suite la suspension obtenue est récupérée dans une fiole remplie d'eau distillée stérile à 50 ml, le nombre de spores pour chaque échantillon est comptée sous microscope optique par numération sur une cellule de type Mallassez (Maslouhy ,1989). Le pourcentage d'inhibition de la sporulation (Is) est déterminé par la formule suivante (Leroux et Credet ,1978) :

Où :

$$Is = (N0 - Nc) / N0 \times 100$$

Is : pourcentage d'inhibition de sporulation

N0 : le nombre moyen de spores estimé chez le témoin

Nc : le nombre moyen de spores estimé en présence d'extrait.

**I .2.4. Évaluation de l'efficacité biofongicide *in vivo* :****I .2.4.1. Traitement préventive sur plantules :**

Les racines des plantules sont trempées dans des tubes contenant les extraits de grenadier, gingembre et origan séparément pendant 15 min. Le choix des concentrations pour chaque extrait dépend des résultats de test *in vitro* ; nous avons choisi les concentrations qui ont donné des taux d'inhibition supérieur à 50%. Pour les plantules témoins le traitement est effectué par trempage dans des béchers contenant l'eau distillé et l'acétone 70% séparément. Les plantules sont traitées pendant 4 h par une solution du KNOP (planche 03).



**Fig.18:** trempage des plants dans l'extrait.



**Fig.19 :** Trempage des plants dans la solution de KNOP.

**1.2.4.1.2. Inoculation de l'agent pathogène :**

Les plants sont inoculés par trempage racinaire dans une suspension sporale de l'isolat F.o.r.1 à  $10^6$  spores/ml pour les plantules traités par les extraits et également pour le témoin non traité (planche 03).

L'évaluation des symptômes de la maladie est réalisée 20 jours après l'inoculation des plants (Mendjar, 2015).



Plants de tomate cultivée.



Traitement préventif par Trempage des plants dans l'extrait pendant 15 min.



Trempage des plants dans la solution de KNOP pendant 4 h.



Inoculation du germe par Trempage des plants dans la



Transfert des plants dans la tourbe.

**Planche 03** : protocole de la réalisation de test *in vivo*.

**1.2.4.1.3 .notation des symptômes :**

Les plantules testées sont observées quotidiennement, la lecture finale est faite 20 jours après traitement. L'indice de maladie des plantules traitées est quantifié à l'aide du rapport suivant :

$$I.M=1\times F1+2\times F2+3\times F3+4\times F4+5\times F5/N$$

I.M : indice de la maladie.

F : nombre des plants pour chaque degré dans l'échelle de notation allant de 1 à 5

N : nombre total des plants utilisés.

Selon Cabrera et al(1987) la sensibilité ou la résistance d'un plant est définie par cet indice (Mendjar, 2015), si :

- I.M est inférieur à 2, le cultivar est résistant.
- I.M est entre 2 et 4, le cultivar est moyennement résistant.
- I.M est supérieur à 4, le cultivar est sensible.


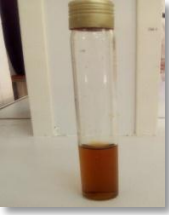




Les résultats sont relevés après flétrissement totale des plantules témoins non traités. Les symptômes foliaires sont notés de la manière suivante (Henni et al., 1994):

- Feuille saine 0
- Cotylédon chlorosé : 1
- Cotylédon nécrosé ou flétri : 2
- Feuille vraie chlorotique : 3
- Feuille vraie nécrosée : 4
- Feuille vraie flétrie : 5

**1.2.5. Analyse statistique :**

Le traitement des données s'effectué par l'Excel pour le calcul des taux d'inhibition et la cinétique de croissance, et afin de déterminer la signification de traitement, analyse ANOVA et comparaison des moyennes nous avons utilisé un logiciel statistique (statbox 6.0).

### II.1. Rendement de l'extraction :

| plante    | extrait | Rendement(%) | Aspect  |
|-----------|---------|--------------|---|
| Origan    | E.H     | 58 %         |    |
|           | E.A     | 15%          |    |
| Gingembre | E.H     | 43,6 %       |   |
|           | E.A     | 75%.         |  |
| Grenadier | E.H     | 29,66 %      |   |
|           | E.A     | 50%          |   |

### II.2. Réidentification de l'isolat F.o.r.l :

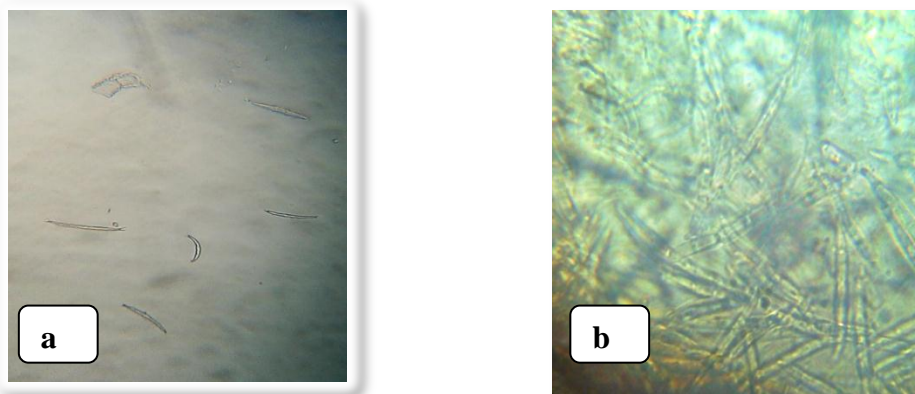
#### II.2.1. Etude de l'aspect macroscopique et microscopique :

L'isolat étudié dans ce travail a présenté sur milieu PDA, un mycélium de couleur rose violacée avec formation de sporodochies teinté en blanc.

Les observations microscopiques ont montré la présence d'hyphes mycéliens cloisonnés et ramifié (septé), des spores sous formes d'un croissant.



**Fig .20** : aspect macroscopique de F.o.r.l sur PDA .



**Fig. 21**: vue microscopique de l'isolat F.o.r.l sous microscope optique ( $\times 40$ ) ;(a)conidiospore, (b) mycélium.

### II.3. Efficacité antifongique des extraits étudiés *in vitro* :

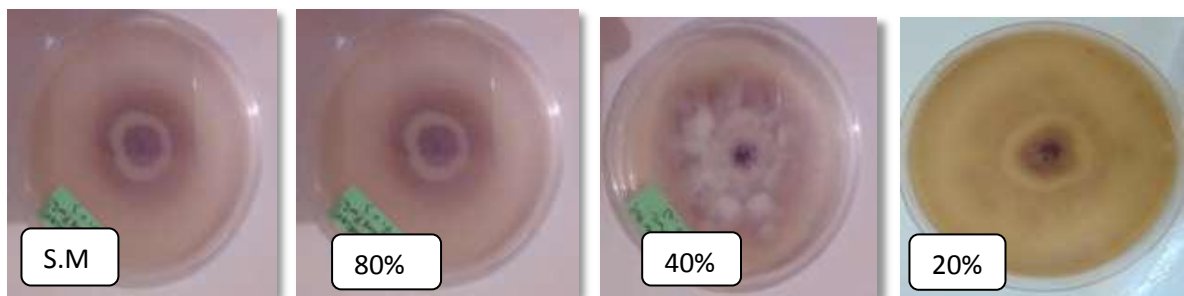
L'analyse des résultats des tests antifongiques réalisés *in vitro*, montre une efficacité remarquable vis-à-vis l'isolat étudié pour l'ensemble des extraits et pour chaque concentration.

### II.3.1. activité antifongique d'extrait de grenadier :

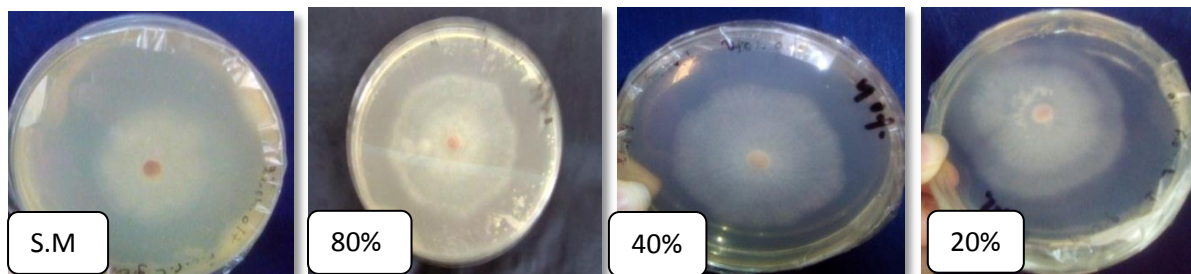
#### II.3.1. 1. Effet d'extrait grenadier sur la croissance mycélienne de F.o.r.l:

D'après les figures (22, 23, 26, 27, 28, 29), on constate que l'inhibition de la croissance mycélienne de F.o.r.l est proportionnelle avec les concentrations de l'extrait. Plus la concentration augmente plus la vitesse de croissance est diminuée.

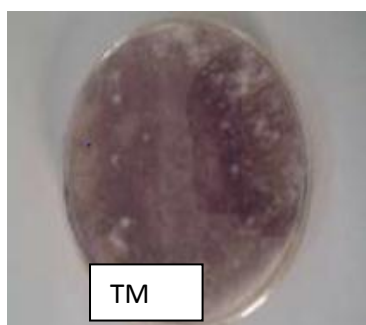
Donc, comparativement avec le témoin on peut dire que les extraits aqueux et hydro-alcooliques de grenadier ont une capacité de ralentir la croissance mycélienne.



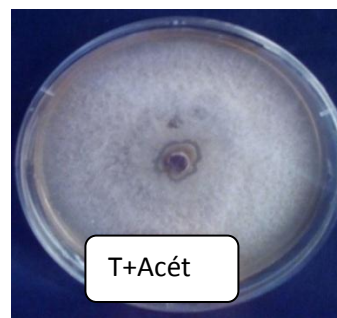
**Fig.22:** effet de différentes concentrations des E.H de grenadier sur la croissance mycélienne F.o.r.l.



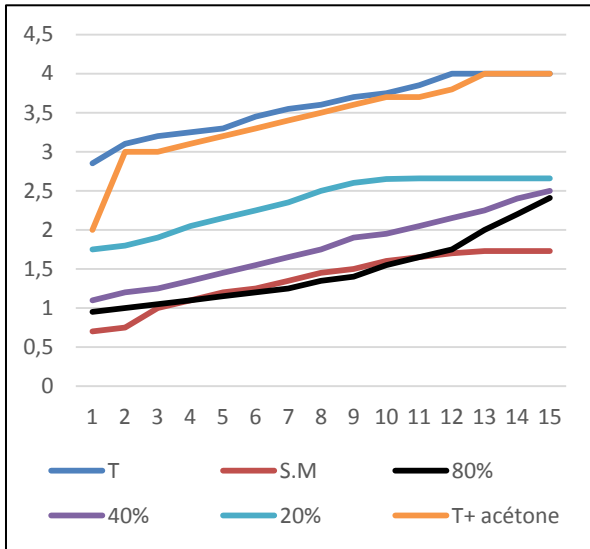
**Fig.23 :** effet des différentes concentrations des E.A de grenadier sur la croissance mycélienne de F.o.r.l.



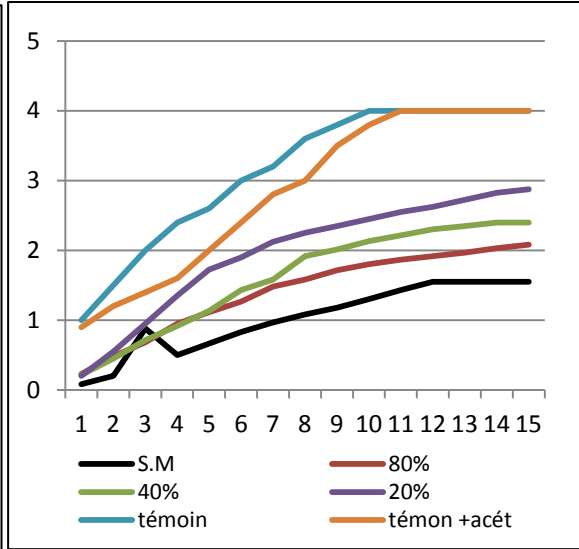
**Fig.24:** culture de F.o.r.l sur PDA (témoin).



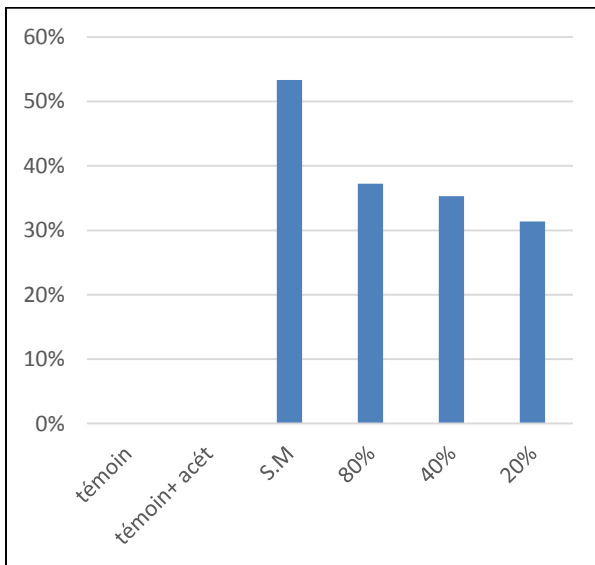
**Fig.25:** culture de F.o.r.l sur PDA (témoin + acétone).



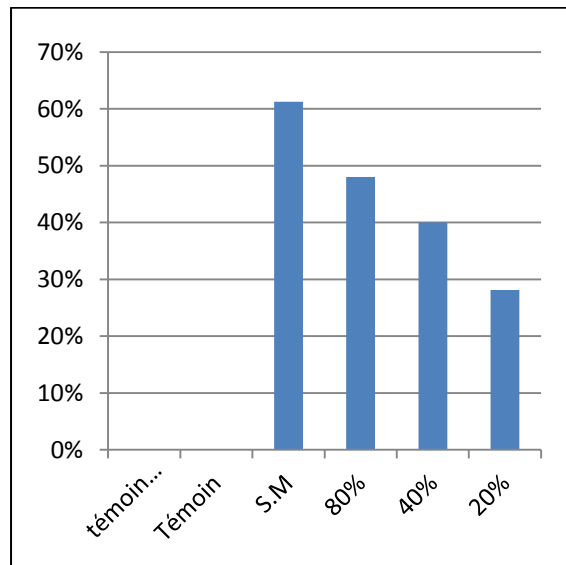
**Fig. 26 :** cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différente concentration en extrait hydro-alcoolique de grenadier.



**Fig.27 :** cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différente concentration en extrait aqueux de grenadier.



**Fig.28:** taux d'inhibition des différentes concentrations d'E.H de grenadier sur F.o.r.l

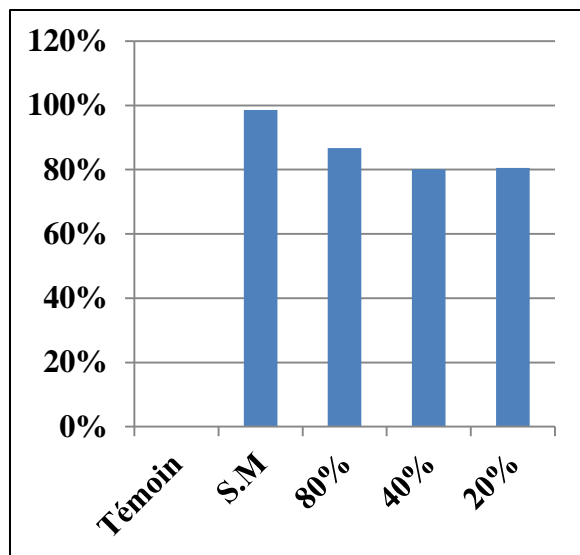


**Fig.29 :** taux d'inhibition des différentes concentrations d'E.A de grenadier sur F.o.r.l.

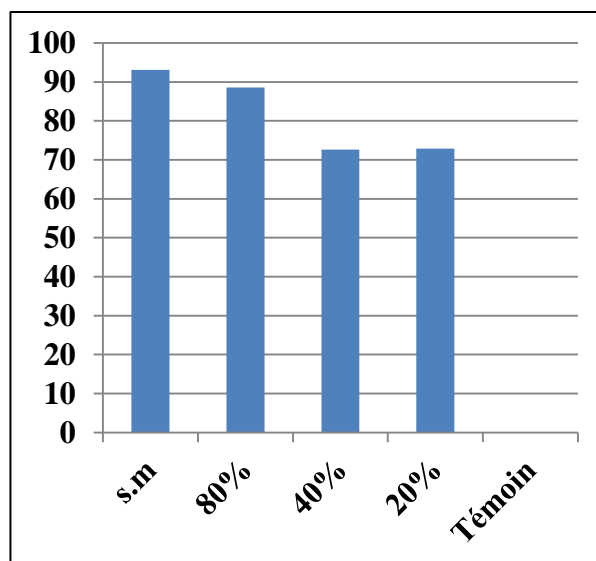
**II.2.4.1. 2.Effet des extraits de grenadier sur la sporulation de F.o.r.l :**

Les figures (30, 31) montrent l'effet des différents concentrations de l'extrait de grenadier sur la sporulation de l'isolat étudié. Le taux d'inhibition enregistré pour l'ensemble des concentrations choisis est très important, allant d'un taux de 80% pour la concentration la plus

faible jusqu'à un taux de 98,55% pour l'extrait brut pour l'extrait hydro-alcoolique. De même pour l'extrait aqueux de grenadier les taux varient entre 72% sous l'effet de la plus faible concentration et 93% en extrait brut.



**Fig.30 :** effet des différentes concentrations d'E.H de grenadier sur la sporulation de F.o.r.l.

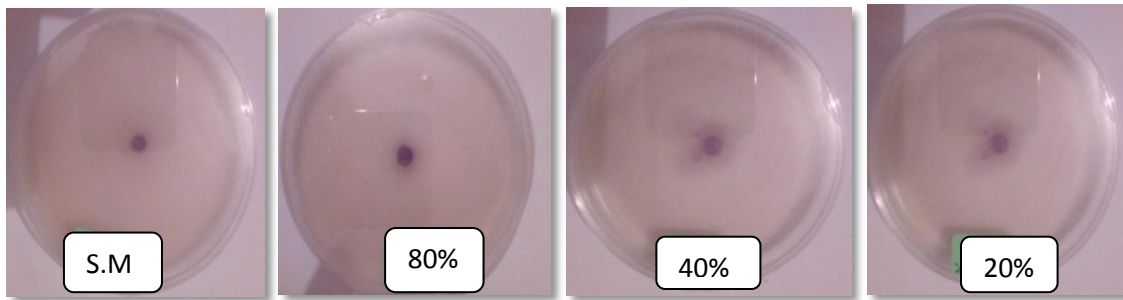


**Fig.31:** effet des différentes concentrations d'E.A de grenadier sur la sporulation de F.o.r.l.

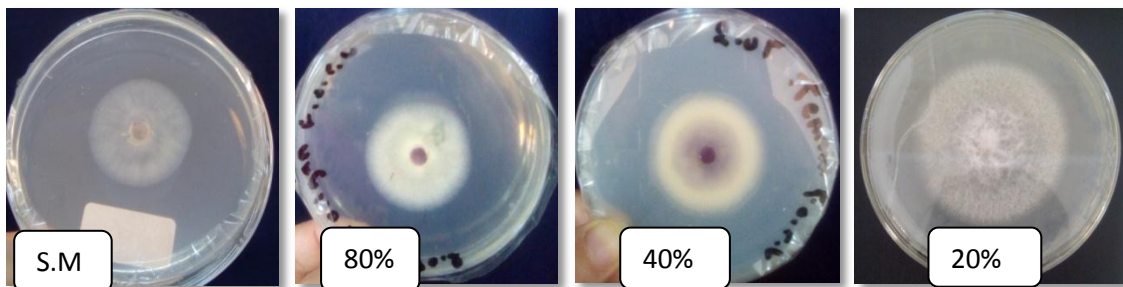
### II.3.2. Effet des extraits de gingembre sur F.o.r.l :

#### II.3.2.1.Effet des extraits de gingembre sur la croissance mycélienne :

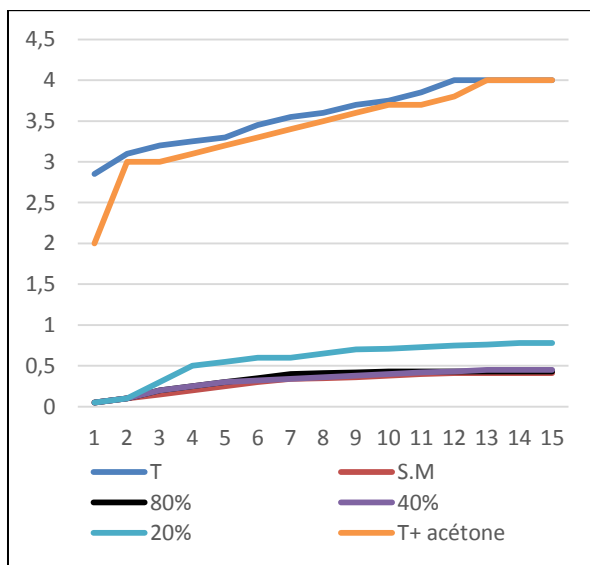
L'effet antifongique de l'extrait de gingembre est illustré sur les figures (32, 33, 34, 35, 36, 37). Les résultats montrent que l'extrait hydro-alcoolique de gingembre exerce un fort pouvoir inhibiteur sur la croissance mycélienne de l'isolat par rapport à l'extrait aqueux de la même plante. En plus, et par comparaison avec l'effet de l'extrait de grenadier ces résultats montrent un pouvoir antifongique beaucoup plus important que l'extrait de grenadier.



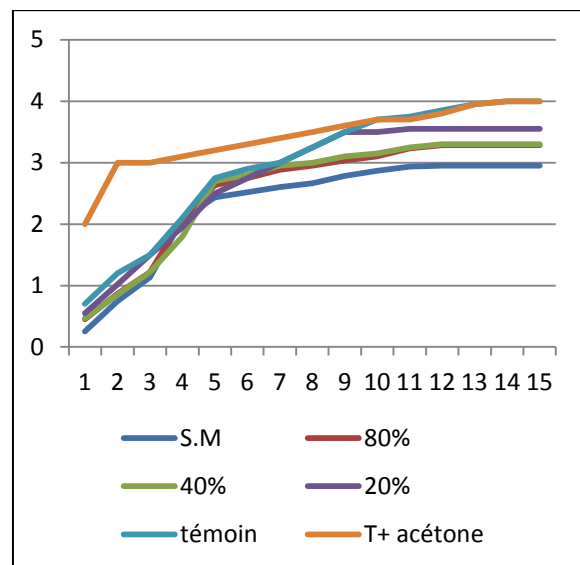
**Fig.32** :effet des différents concentrations d'E.H de gingembre sur la croissance mycélinne de F.o.r.l.



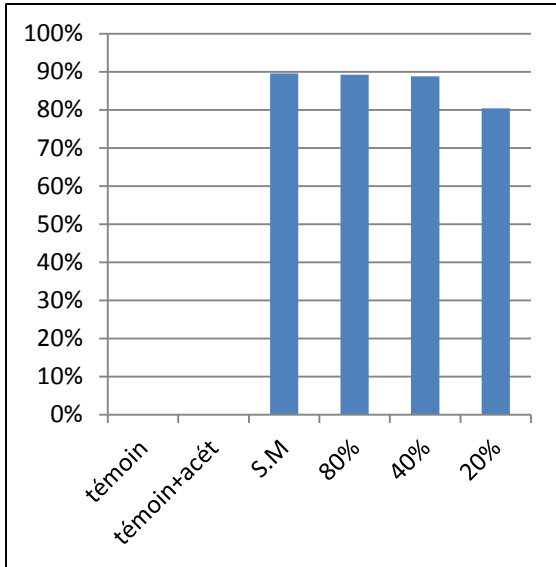
**Fig.33** : effet de différentes concentrations d'E.A de gingembre sur la croissance mycélienne de F.o.r.l.



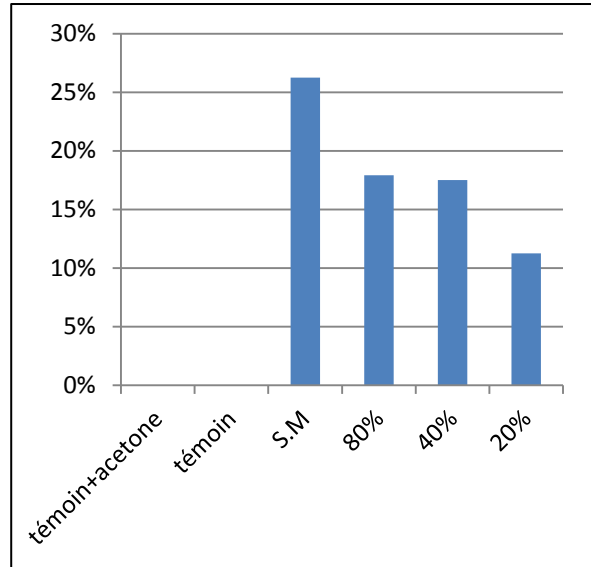
**Fig. 34:** cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différentes concentrations en extrait hydro-alcooliques de gingembre.



**Fig.35:** cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différentes concentrations en extrait aqueux de gingembre.



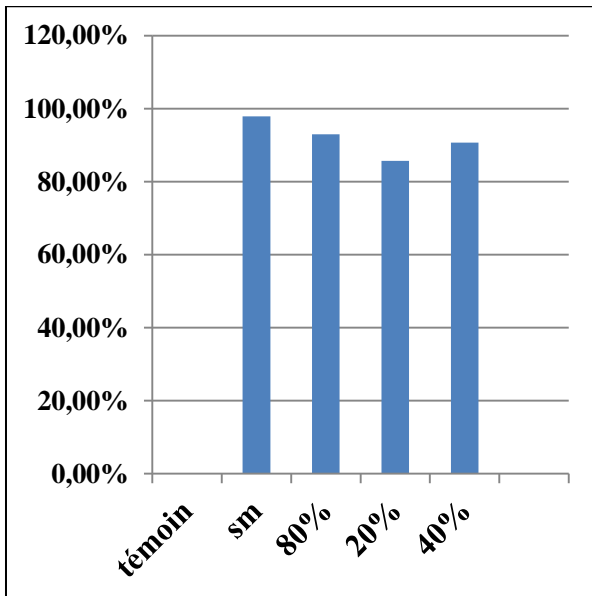
**Fig.36:** taux d'inhibition d'E.H de gingembre sur F.o.r.l.



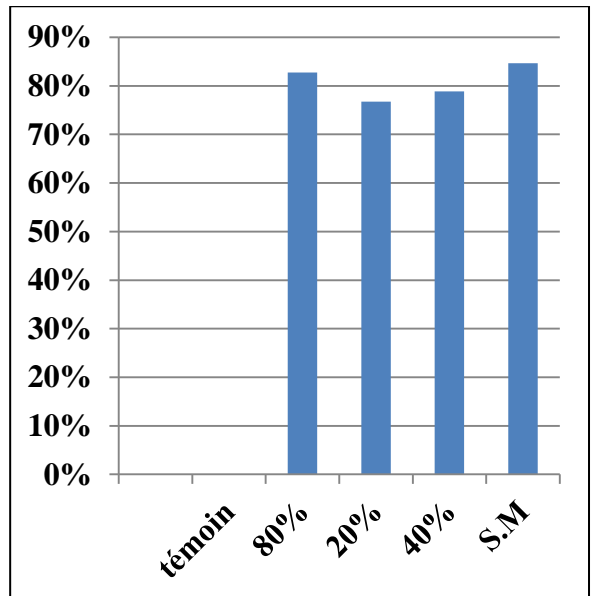
**Fig. 37 :** taux d'inhibition d'E.A de gingembre sur F.o.r.l.

**II.3.2.2. Effet des de gingembre sur la sporulation F.o.r.l :**

Les figures (38 ,39) montrent que les extraits de gingembre exercent une inhibition importante sur la sporulation de l'isolat étudié, ceci est plus notable sous l'effet de l'extrait hydro-alcooliques que l'extrait aqueux.



**Fig. 38 :** effet des différentes concentrations d'E.H de gingembre sur la sporulation de F.o.r.l.

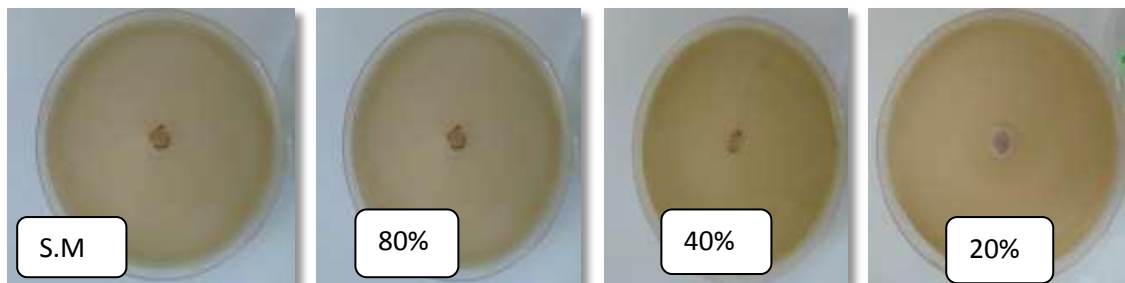


**Fig.39:**effet des différentes concentrations d'E.A de gingembre sur la sporulation de F.o.r.l.

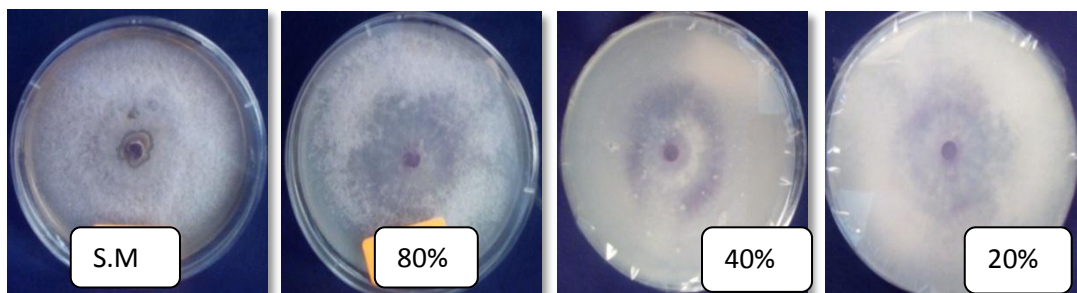
### II.2.4.3. Effet des extraits d'origan:

#### II.2.4.3.1. Effet des extraits d'origan sur la croissance mycélienne:

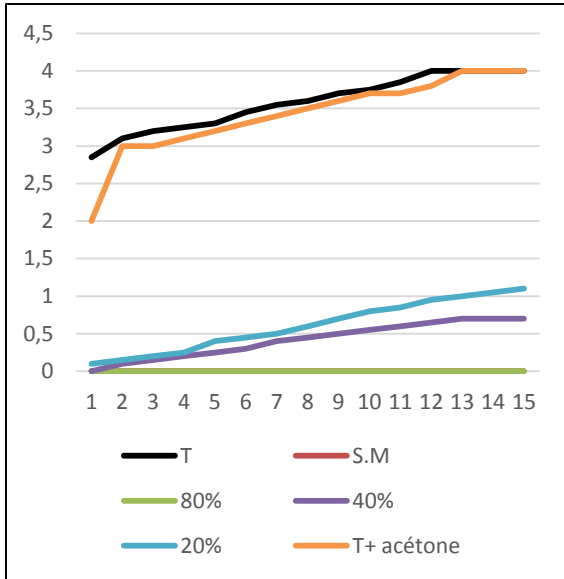
Les figures (40,41, 42, 43, 44, 45) montrent que les extraits hydro-alcooliques ont une efficacité antifongique élevée sur la croissance mycélienne. Cette efficacité peut atteindre une inhibition totale de la croissance mycélienne pour une concentration de l'ordre de 80%. Tandis que les extraits aqueux de cette même plante ne donnent pas des résultats satisfaisants, par contre, on peut voir sur ces figures l'effet inhibiteur de la sporulation par l'absence d'une pigmentation rose qui correspond à la production des spores par l'isolat.



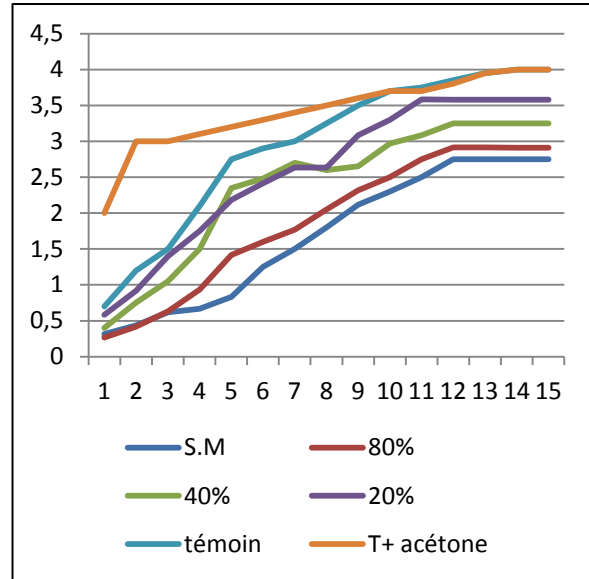
**Fig.40:** effet de différentes concentrations d'E.H d'origan sur la croissance mycélienne de F.o.r.l.



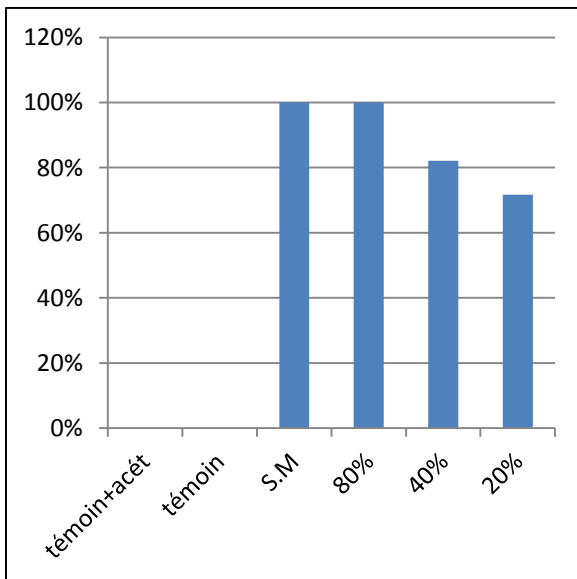
**Fig.41 :** effet de différentes concentrations d'E.A d'origan sur la croissance mycélienne de F.o.r.l.



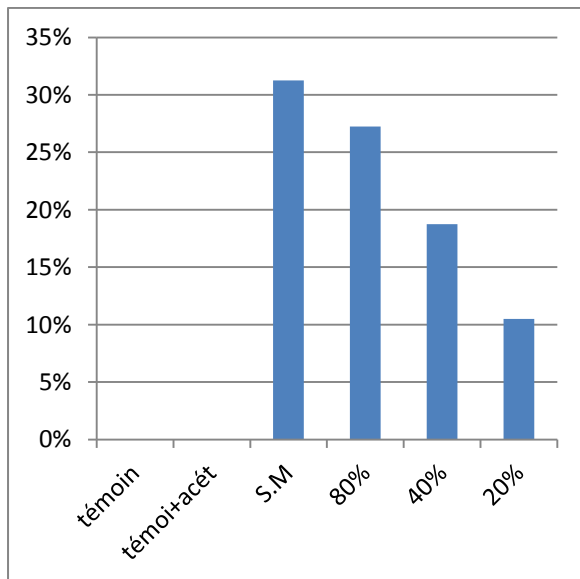
**Fig.42** : cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différentes concentrations en extrait hydro-alcoolique d'origan.



**Fig.43** : cinétique de croissance de l'isolat F.o.r.l sous l'effet de différentes concentrations en extrait aqueux d'origan.



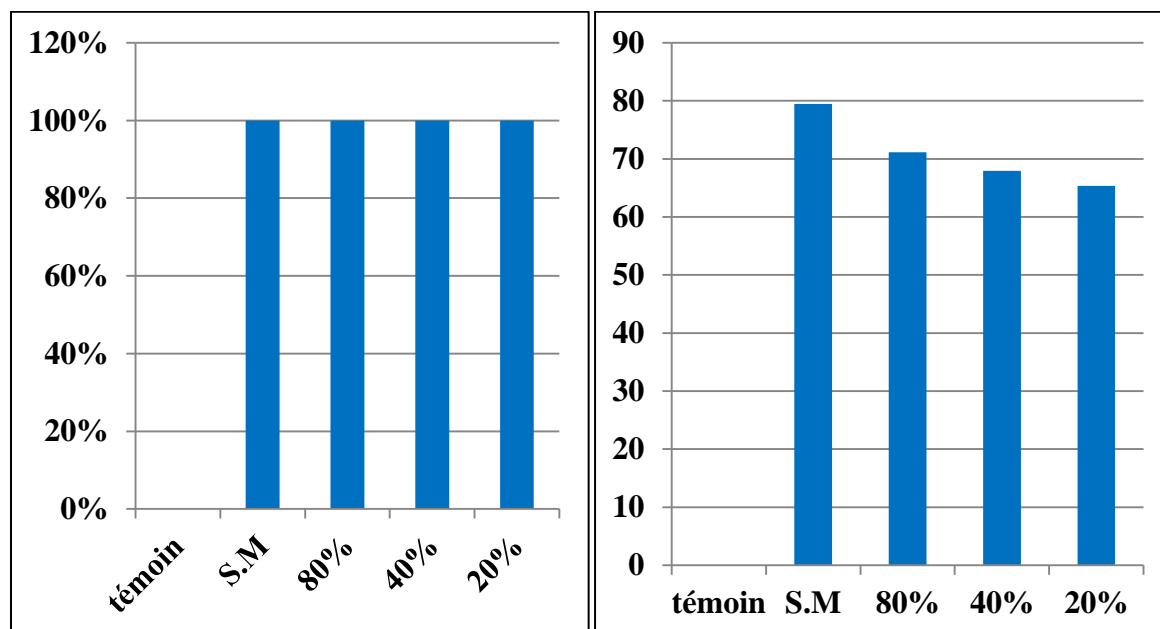
**Fig.44**: effet des différentes concentrations d'E.H d'origan sur taux d'inhibition de la croissance mycélienne de F.o.r.l .



**Fig.45** effet de différentes concentrations d'E.A d'origan sur le taux d'inhibition de la croissance mycélienne de F.o.r.l.

### II.3.3.2.Effet des extraits d'origan sur la sporulation de F.o.r.l :

Les figures (46, 47) confirment les résultats observés sur les photos .une inhibition élevée des extraits d'origan, cette inhibition atteindre le maximum avec les extraits hydro-alcooliques.



**Fig.46:** effet des différentes concentrations d'E.Hd'origan sur la sporulation de F.o.r.l.

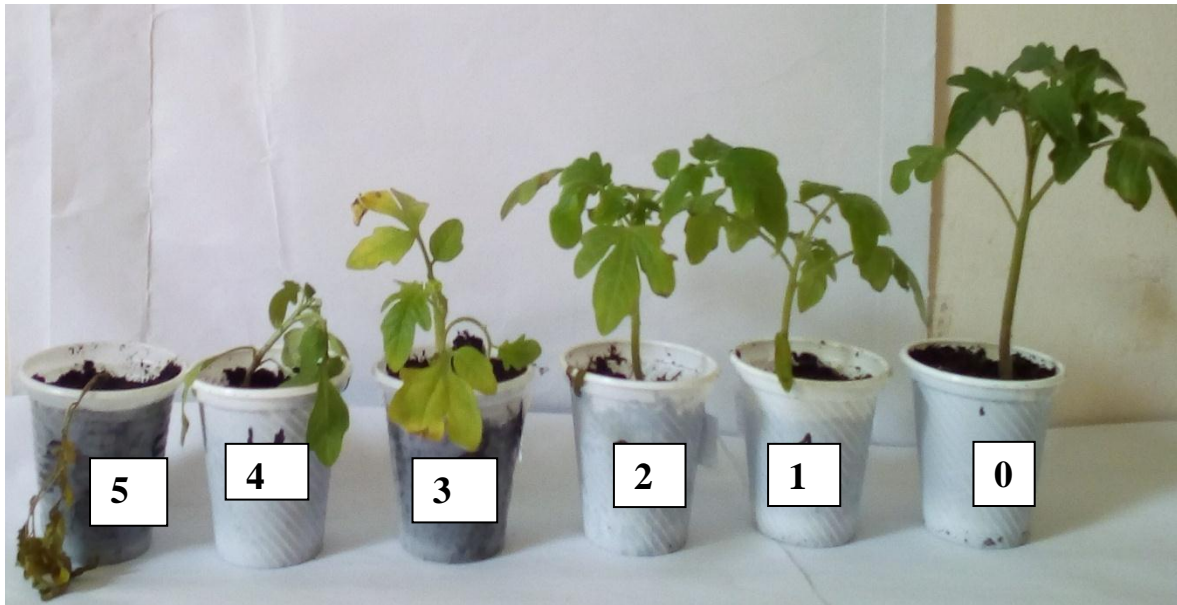
**Fig.47 :** effet des différentes concentrations d'E.A d'origan sur la sporulation de F.o.r.l

### II.3.4.Comparaison entre les trois extraits :

D'une manière générale, on constate que l'extrait aqueux de grenadier a exercé le pouvoir inhibiteur le plus important sur la croissance mycélienne de l'isolat F.o.r.l comparativement aux extraits de gingembre et origan. Concernant les extraits hydro-alcooliques, l'extrait de l'origan et de gingembre témoignent une efficacité remarquable vis-à-vis de la croissance mycélienne de l'isolat F.o.r.l par rapport l'extrait de grenadier.

### II.4. Efficacité biofongicide *in vivo* des extraits étudiés:

La figure (48) montre que le traitement préventif des racines de tomate avec les extraits hydro-alcooliques et aqueux de gingembre, grenadier et de l'origan donnent une efficacité varié contre l'agent de la fusariose. Cette différence est estimée selon un échelle de notation qui va de 0 (plante saine) à 5 (mort de la plante).



**Fig.48:** échelle de notation des symptômes de la maladie de fusariose.

Les résultats montrent que la réaction des plants de tomate vis-à-vis les extraits est variable selon le traitement appliqué. L'extrait aqueux (brut) de grenadier a donné le résultat le plus marqué avec un indice de maladie de 1,33, suivi par l'extrait hydro-alcoolique de l'origan à 20% et l'extrait de hydro-alcoolique gingembre à 80%. Les plants traités par l'extrait brut aqueux de gingembre et de l'origan ont montré une légère résistance.

**Tableau 05 :** résultats des extraits étudiés sur F.o.r.l *in viv*.

| Traitement appliqué | Indice de maladie                    | Signification      |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------|
| E.H.O 80%           | $1(0) + 4(5)/5 = 4$                  | Sensibilité        |
| E.H.O 20%           | $2(0) + 1(5)/3 = 1,66$               | Résistance         |
| E.A. O S.M          | $2(5) + 2(0) + 2(1) + 1(2)/7 = 2$    | Résistance moyenne |
| E.H.G 80%           | $2(3) + 3(0) + 1(5)/6 = 1,83$        | Résistance         |
| E .A.G S.M          | $1(0) + 2(1) + 2(5)/5 = 2,71$        | Résistance moyenne |
| E.H.GR 80%          | $1(3) + 1(5) + 1(3)/3 = 3,66$        | Résistance moyenne |
| E.A.GR S.M          | $3(0) + 1(1) + 1(2) + 1(5)/6 = 1,33$ | Résistance         |

### II.5. Discussion :

Les résultats d'inhibition de la croissance et sporulation de F.o.r.l *in vitro* et *in vivo* variée selon trois paramètres (la plante aromatique, dose de l'extrait et méthode d'extraction).

*In vitro*, On constate qu'il y a une relation entre la croissance mycélienne de F.o.r.l et la dose d'extrait utilisé. En effet, plus la dose des extraits augmente, plus la croissance mycélienne et la sporulation de F.o.r.l est diminuée.

Les résultats obtenus montrent que les extraits hydro-alcooliques et aqueux de gingembre, grenadier et de l'origan ont une activité antifongique très importante. L'extrait des écorces de grenadier ne donne pas des résultats satisfaisants à des faibles doses surtout avec les extraits hydro-alcooliques. Les extraits de gingembre et origan montrent une efficacité élevée contre la croissance mycélienne de l'isolat F.o.r.l par rapport à l'extrait de grenadier dont l'inhibition totale est observée sous l'effet de l'extrait brute, notamment l'extrait hydro-alcooliques.

L'étude de Gil et ses collaborateurs (2000) montrent que parmi les principaux composés bioactifs ayant une activité antifongique dans les écorces de grenadier sont les ellagitamines et punicalagines (Glazer et al., 2012)

Le mécanisme responsable de la toxicité des composés phénoliques vis-à-vis les microorganismes est liée à une réaction avec les groupements sulfoxydryles des protéines suivie d'une indisponibilité de substrats aux micro-organismes (Machado et al., 2003 ; Naz et al., 2007), les sites et le nombre des groupements hydroxyles sur les composants phénoliques peuvent augmenter la toxicité contre les micro-organismes (Cowan, 1999).

Selon les résultats enregistrés, les extraits hydro-alcooliques sont plus actifs que les extraits aqueux. Cette différence peut être à l'origine de la composition chimique différente entre les deux extraits, l'alcool permettant une meilleure extraction de composés moins polaires comme les flavonoïdes (Hernandez et al., 2000).

Les résultats des tests *in vivo* montrent qu'il y a un pouvoir biofongicide intéressant des extraits hydro-alcooliques et aqueux utilisés préventivement contre les plantules de tomate. La confirmation des résultats obtenus nécessite plusieurs répétitions sur différents champignons.

L'efficacité réduite des extraits aqueux due à une dégradation des molécules thermolabile (thermosensible), pour cela il faut réduire la durée d'extraction pour la méthode de l'extraction par eau surchauffé.

Que ce soit la nature de la plante, la méthode d'extraction ou la dose appliquée in vitro et également in vivo, ces extraits sont riches en matières biologiquement actives, qui exercent ces pouvoirs antifongiques et d'autres potentialités plus importantes vis-à-vis une large gamme d'agents phytopathogènes.

# Conclusion

Les plantes aromatiques et médicinales commencent à avoir beaucoup d'intérêt comme source potentielle de molécules bioactives. C'est molécules font l'objet de plusieurs études pour leur utilisation comme alternative aux pesticides conventionnels synthétiques ou même semi-synthétiques qui sont souvent toxique soit à court ou long terme.

L'objectif de cette étude est de valoriser les potentialités et les pouvoirs biopesticides de trois plantes médicinales et une exotique.

Deux techniques d'extraction sont utilisés, la première une extraction soxhlet avec le méthanol comme solvant extractant et l'acétone comme diluant et la deuxième une extraction par eau surchauffée, ceci dans le but de comparer entre les deux techniques et encourager l'utilisation des extraits naturels issus d'une technique d'extraction dite verte.

Selon les résultats, on constate que les extraits de gingembre, grenadier et origan présentent une efficacité significative sur la croissance mycélienne et la sporulation de *F.o.r.l* *in vitro* et *in vivo*. Ce pouvoir est varié en fonction de type de la plante utilisé, la dose et la méthode d'extraction.

*In vivo*, la réaction des plants de tomate vis-à-vis les extraits est variable selon le traitement appliqué. L'extrait aqueux (brut) de grenadier a donné le résultat le plus marqué avec un indice de maladie de 1,33, suivi par l'extrait hydro-alcoolique de l'origan à 20% et l'extrait de hydro-alcoolique gingembre à 80%. Les plants traités par la extrait brut aqueux de gingembre et de l'origan ont montré une légère résistance.

Le présent travail apporte des données encourageantes sur l'application des extraits naturels comme biopesticides remplaçant les pesticides conventionnels.

En fin, que ce soit la technique d'extraction appliquée pour extraire les principes actifs à pouvoir biopesticides, les extraits des plantes exercent un effet très appréciable. En perspective, il est très intéressant de poursuivre cette étude par d'autres recherches sur différents agents phytopathogènes, effectuer une caractérisation chimique des extraits ayant présentés des résultats satisfaisants afin de déterminer le support moléculaire responsable de ses activités biologiques, approfondie les recherches sur l'aspect toxicologiques des plantes utilisées comme alternatif de la lutte chimique, et de tester ces extraits au plein champ.

## Références bibliographiques

- Afaq F., Malik A ; 2005. Pomegranate fruit juice for chemoprevention and chemotherapy of prostate cancer. Proceeding of the national academy of sciences. Pages 1813-1818.
- Ali B.H., Blunden G., Tanira M.O., Nemmar A. (2008) Some Phytochemical, Pharmacological and Toxicological Properties of Ginger (*Zingiberofficinale* Roscoe): A Review of Recent Research, Food and Chemical Toxicology, 46, 409-420.
- Amouretti M.C., Comet G. 1992. Cahier d'histoire des techniques – Des hommes et des plantes : plantes méditerranéennes, vocabulaire et usages anciens. Publications de l'Université de Provence. 174 p.
- Anonyme, 2008. www.egk.ch.
- Anonyme 1, 2017. www.doctissimo.fr.
- Anonyme 3, 2015. www.lepetitherboriste.net.
- Blancard, D., (2009). les maladies de tomate : identifier, connaitre, maitriser. Paris : Quæ. 671p.
- Braga L-C., Leite A-A-M ; 2005. Synergic interaction between pomegranate extract and antibiotics against *Staphylococcus aureus*. Canadian journal of microbiology, 541-547.
- Braga M.E.M., Moreschi S.R.M., Meireles M.A.A. (2006) Effects of Supercritical Fluid Extraction on *Curcuma longa* L. and *Zingiberofficinale* R. Starches, Carbohydrate Polymers, 63, 340-346.
- Brewer, 1960 ; Leach, 1962 ; Kherbida et Brenier, 1980. Studies of ascophytapisi. Liblanj bot 38 : 705-717.
- Cirad (Organisme, France Ministère des affaires étrangères, Cirad, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France, et Gret, groupe de recherche et d'échanges technologique, ministère des affaires étrangères). (2002). Mémento de l'agronomie. (ed). Quæ. p.1045-1046.
- Cowan M.M. Plant products as antimicrobial agents. Clin Microbiol Rev ,12 , 564–582,1999.
- Cronquist A., (1981). An integrated system of classification of following plants. Colombian University : 1256p.
- DI Pietro, A. Madrid, MP. Caracuel, Z. Delgado-jarana, J, Roucero, MIG.2003. *Fusarium oxysporum*: exploring the molecular arsenal of a vascular wilt fungus molecular plant pathology(4), 315-325.

- Elhanafi, L.(2012).Activités antimicrobienne et antioxydante d'extrait aqueux du fruit de *Zizyphus lotus* et de l'écorce du fruit de *Punica granatum*. projet de fin d'étude de master : biotechnologie microbienne. Maroc : université sidi mohamed ben abdeallah, 53 p.
- Fabrice, I-M.( 2011 ). Étude de l'efficacité des extraits de *Cucurmalonga*, *Tithoniadiversifolia*et *Zingiber officinales* sur les micro-organismes de «Cas de *l'Aspergillus flavus* et *Aspergillus niger* ». Travail de fin de cycle défendu pour l'obtention du titre d'ingénieur technicien :en agriculture et en élevage. Congo: institut supérieur agro-, 28p.
- Faivre Cl., Lejeune L., Staub H., Goetz P. (2006) *Zingiber officinale* Roscoe, Phytothérapie,2, 99-102.
- Fournier P ; 1948. Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France.Editeur Paul Lechevalier, 286 à 291.
- Garnier G., Bezanger-Beauquesne L., Debraux G.1961. Ressources médicinales de la flore française. Ed. VigotFreres. Tome II. 1511 p.
- Gausсен H., Lefoy J. et Ozenda P. (1982). Précis de Botanique. 2eme ed. Masson, Paris : 172p.
- Gil M.I., Tomas-Barberan F.A, Hess-Pierce B. ,Holcroft D.M., Kader A.A. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. J Agric Food Chem 48:4581–4589,2000.
- Glazer I., Masaphy S., Marciano P., Bar-Ilan I., Holland D., Kerem Z. et Amir R. Partial Identification of Antifungal Compounds from *Punica granatum* Peel Extracts. J Agric Food Chem ,60,4841–4848 ,2012.
- Anonyme ,1995: la culture de tomate sous serre. Tipaza : institut technique des cultures maraichères et industrielles.
- Hernandez N.E., Tereschuk M.L. and Abdala L.R. 2000- Antimicrobial activity of flavonoids in Medicinal plants from Tafí del Valle (Tucumán, Argentina).
- Jeannequin B., Dosba F. et Amiot-carlin MJ. (2005). Fruits et légumes caractéristiques et principaux enjeux. Collection « un point sur les filière ».INRA. Paris.
- Jdidi,I.(2015). Etude phytochimique et activités biologiques des extraits et des huiles essentielles de foeniculumvulgaremill. Projet de fin d'études *Pour l'obtention du diplôme National d'Ingénieur :Science de la Production Végétale Option : Forêt*. Tunisie, 41p.

- Jurenka JS. Therapeutic applications of pomegranate (*Punicagranatum* L.): areview. Altern Med Rev. 2008 Jun;13(2):128-44.
- Kim N-D., Mehta R ; 2002.Chemopreventive and adjuvant therapeutic potential of pomegranate (*Punica granatum*)for human breast cancer.Breast cancer research and treatment, 203-217.
- Kolev N. (1976). Les cultures maraichères en Algérie. Tome1. Légumes fruits. Ed. Ministère de l'agriculture et des reformes Agricoles : 52p.
- Latigui A., (1984). Effects des différents niveaux de fertilisation potassique sur lafructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse demagister. INRA El-Harrach, Algérie.
- Laumonier R. (1979). Culture légumières et maraichère. Tome III. Ed. Baillier, Paris: 279p.
- Le petit herboriste illustré :Plantes médicinales, Herboristerie, Phytothérapie.
- Lepoivre, P.2003. Phytopathologie : base moléculaires de biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. De Boeck & Presses agronomiques de Gembloux(Eds).Brussels, Belgium.149-167.
- Leroux P .et Credet A. Document sur l'étude de l'activité des fongicide. INRA. Versailles France, 12 p, 1978.
- Machado T.B ., Pinto A.V ., Pinto M.C.F.R ., Leal I . C. R , Silva M .G. , Amaral A.C.F, Kuster R .M. et Netto-dos Santos K.R . In vitro activity of Brazilian medicinal plants, naturally occur-ring naphthoquinones and their analogues, against methicillin-resistant *S. aureus* .Int J Antimicrob Agents , 21 ,279–284 ,2003 .
- Martins A.P., Salgueiro L., Gonçalves M.J., Proença da Cunha A., Vila R., Cañigüeral S.,Mazzoni V., Tomi F., Casanova J. (2001) Essential Oil Composition and Antimicrobial Activity of Three *Zingiberaceae*from S.Tomé e Príncipe, *Planta Medica*, 67, 580-584.
- Maslouhy.Contribution à l'étude in vitro et in situ des antagonistes de *Fusarium oxysporum*agent causal du bayoud, Thèse doctorat, Université Cadi Ayad, Faculté des Marrakech, 98 p, 1989.
- Mendjar, I.(2015). Etude « in vivo » et « in vitro » de l'efficacité biofongicide des extraits polyphénolique *salvia officinalis* sur deux agents pathogènes de la tomate : *Fusarium oxysporum f.s.p radidis lycopersici* et *Alternaria sp.*
- Messiaen, CM. Cassini R.1968. Recherches sur les *Fusarium*, la systématique des *Fusarium*. Tome.(19) :396-454.

- Michielse, CB.Rep, M.2009. Pathogen profile update:*Fusarium oxysporum*. Molecular Plant Pathology. 10(3):311-324.
- Munro D B., Small E. (1998). Les legumes du Canada .NRC Research Press.
- Naz S., Siddiqi R., Ahmad S., Rasool S., Sayeed S. Antibacterial activity directed isolation of compounds from *Punica granatum* .Journal of Food Sciences ,72, 341–345 ,2007.
- Ozenda, P.1990. les organismes végétaux, tome 1 : végétaux inférieurs, Masson.220p.
- Polese K.M. (2007). La culture de tomate. Ed. Artémis :95p.
- Projet Pam, mai 2014.Manuel des bonnes pratiques de collecte de l'origan « *Origanumcompactum*».Maroc : projet pam .10p.
- Shankara N., Van lidt de jeud J., de Goffau M., Hilmi M., Van Dam B. et Florijin. A. (2005). La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. 5eme (ed).foundation agromisa et CTA, Wageningen.
- Si Mohamed, A. Etude de la compatibilité végétative chez des populations de *Fusarium oxysporum*isolées dans l'ouest Algérien. Mémoire de magister : microbiologie. Oran : université d'Oran, 106p.
- Spichiger R-E., Savolenen V ; 2004.  
- Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales.Editions Presses polytechniques et universitaires romandes, 413.
- Toufouti, Z- H. (2013).Contribution à l'étude des maladies bactériennes de la tomate (*Lycopersiconesculentum* Mill) cultivée en serres dans l'Est Algérien. Mémoire de magister en Biologie Appliquée : Microbiologie appliquée. Constantine : Université Constantine-1.89p.
- Trottin-Caudal, Y. (2011).Maitrise de la protection intégrée : tomate sous serre et abris. Paris : centre technique interprofessionnels des fruits et des légumes.281p..
- [www.doctissimo.fr/html/sante/phytotherapie/plante-medicinale/origan.htm](http://www.doctissimo.fr/html/sante/phytotherapie/plante-medicinale/origan.htm).

## Annexe 01 :

**Tableau 06 :** production de tomate sous serre en Algérie (2006\_2015)(Ministre d'agriculture, 2017).

| Année     | Sup. (ha) | Prod. (Qx) | Rdt. (Qx/ha) |
|-----------|-----------|------------|--------------|
| 2006_2007 | 2966,61   | 4803023    | 764,6        |
| 2007_2008 | 2898,46   | 2071542    | 714,7        |
| 2008_2009 | 2764,02   | 1957358    | 708,2        |
| 2009_2010 | 2850,82   | 2167274    | 760,2        |
| 2010_2011 | 2703,08   | 2687373    | 994,2        |
| 2011_2012 | 2945,41   | 3001656    | 1019,01      |
| 2012_2013 | 3179,25   | 3070566    | 965,8        |
| 2013_2014 | 3678,89   | 4227583    | 1149,1       |
| 2014_2015 | 4148,95   | 4803023    | 1157,6       |

**Tableau 07:** production de tomate sous serre à la wilaya de Mostaganem (2006\_2015)  
(Ministre d'agriculture, 2017).

| Année     | Sup. (Ha) | Prod. (Qx) | Rdt. (Qx/ha) |
|-----------|-----------|------------|--------------|
| 2006_2007 | 312       | 218260     | 699,6        |
| 2007_2008 | 340,50    | 229090     | 672,8        |
| 2008_2009 | 292       | 204000     | 698,6        |
| 2009_2010 | 276       | 192820     | 698,6        |
| 2010_2011 | 221       | 170268     | 770,4        |
| 2011_2012 | 245       | 187683     | 766,1        |
| 2012_2013 | 260       | 200645     | 771,7        |
| 2013_2014 | 265       | 203560     | 768,2        |
| 2014_2015 | 302       | 233643     | 773,7        |

## Traitement statistique des données :

### Effet des extraits naturels sur la croissance mycélienne :

Analyse de variance :

Facteur 1 : plante    facteur : extrait.

**Pour les S.M :**

|                  | S.C.E    | DDL | C.M.     | TEST F   | PROBA   | E.T.     | C.V.   |
|------------------|----------|-----|----------|----------|---------|----------|--------|
| VAR.TOTALE       | 22,54625 | 17  | 1,32625  |          |         |          |        |
| VAR.FACTEUR 1    | 0,395834 | 2   | 0,197917 | 1,543882 | 0,2527  |          |        |
| VAR.FACTEUR 2    | 12,75125 | 1   | 12,75125 | 99,46812 | 0       |          |        |
| VAR.INTER F1*2   | 7,860834 | 2   | 3,930417 | 30,65984 | 0,00003 |          |        |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 1,538332 | 12  | 0,128194 |          |         | 0,358042 | 22,98% |

**Pour les 80 % :**

|                  | S.C.E    | DDL | C.M.     | TEST F   | PROBA   | E.T.     | C.V.   |
|------------------|----------|-----|----------|----------|---------|----------|--------|
| VAR.TOTALE       | 29,265   | 17  | 1,721471 |          |         |          |        |
| VAR.FACTEUR 1    | 1,930002 | 2   | 0,965001 | 7,032393 | 0,00957 |          |        |
| VAR.FACTEUR 2    | 15,125   | 1   | 15,125   | 110,2226 | 0       |          |        |
| VAR.INTER F1*2   | 10,56333 | 2   | 5,281665 | 38,48985 | 0,00001 |          |        |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 1,646667 | 12  | 0,137222 |          |         | 0,370435 | 19,84% |

**Pour les 40 % :**

|                  | S.C.E    | DDL | C.M.     | TEST F   | PROBA   | E.T.    | C.V.   |
|------------------|----------|-----|----------|----------|---------|---------|--------|
| VAR.TOTALE       | 24,64611 | 17  | 1,449771 |          |         |         |        |
| VAR.FACTEUR 1    | 1,03528  | 2   | 0,51764  | 10,15532 | 0,00272 |         |        |
| VAR.FACTEUR 2    | 14,76056 | 1   | 14,76056 | 289,58   | 0       |         |        |
| VAR.INTER F1*2   | 8,238607 | 2   | 4,119304 | 80,81455 | 0       |         |        |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0,611668 | 12  | 0,050972 |          |         | 0,22577 | 10,61% |

**Pour les 20 % :**

|                  | S.C.E    | DDL | C.M.     | TEST F   | PROBA   | E.T.     | C.V.  |
|------------------|----------|-----|----------|----------|---------|----------|-------|
| VAR.TOTALE       | 22,90944 | 17  | 1,347614 |          |         |          |       |
| VAR.FACTEUR 1    | 1,027781 | 2   | 0,51389  | 12,93708 | 0,00109 |          |       |
| VAR.FACTEUR 2    | 15,125   | 1   | 15,125   | 380,7686 | 0       |          |       |
| VAR.INTER F1*2   | 6,279998 | 2   | 3,139999 | 79,04881 | 0       |          |       |
| VAR.RESIDUELLE 1 | 0,476667 | 12  | 0,039722 |          |         | 0,199304 | 8,15% |

**Annexe 02 :**

❖ **Composition de PDA :**

- pomme de terre (macération 500 ml de filtrat) : 200g
- Glucose: 15g
- Agar: 20g
- pH: 6,5
- eau distillé : compléter à 1000 ml
- stérilisation : à 120°C pendant 20 min.



**Fig.49** : préparation de milieu PDA (Potatoes Dextrose Agar)

❖ **Liquide de Knop sans azote :**

- 1,00 g de chlorure de calcium.
- 0,25 g de phosphate mono potassique.
- 0,50 g de chlorure de potassium.
- 0,25 g de sulfate de magnésium.
- 1,00 mg (traces) de sulfate ferrique.
- 1000 ml d'eau distillée.

**Annexe O3**

**Rendement de l'extraction**

Le rendement est exprimé en pourcentage par rapport au poids de la matière sèche utilisée, déterminé par la relation suivante :

$$R(\%) = M_E \times 100 / M_S$$

**R** : rendement(%).

**M<sub>E</sub>**: masse de l'extrait après évaporation.

**M<sub>S</sub>**:masse de matière sèche.

➤ **calcul de rendement pour l'extraction Soxhlet :**

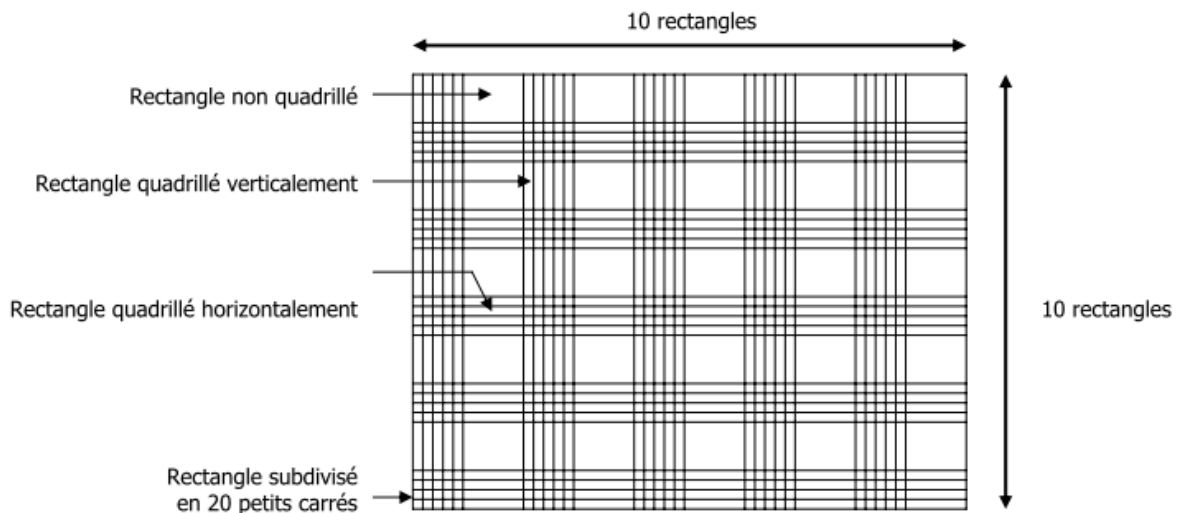
|  |                             |                    |
|--|-----------------------------|--------------------|
| <b>M<sub>E</sub></b> de l'origan= 17,4 g | <b>M<sub>S</sub></b> = 30 g | <b>R</b> = 58 %    |
| <b>M<sub>E</sub></b> de grenadier= 8,9   | <b>M<sub>S</sub></b> = 30 g | <b>R</b> = 29,66 % |
| <b>M<sub>E</sub></b> de gingembre= 13,7  | <b>M<sub>S</sub></b> = 30 g | <b>R</b> = 43,6 %  |

➤ **calcul de rendement pour l'extraction par eau surchauffé :**

|   |                               |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <b>M<sub>E</sub></b> de l'origan =30 ml     | <b>M<sub>S</sub></b> =200 g   | <b>R</b> =15%.  |
| <b>M<sub>E</sub></b> de gingembre = 150 ml. | <b>M<sub>S</sub></b> = 200 g. | <b>R</b> = 75%. |
| <b>M<sub>E</sub></b> de grenadier = 100 ml. | <b>M<sub>S</sub></b> =200g.   | <b>R</b> = 50%. |

## La cellule de Malassez

La cellule de Malassez possède un quadrillage spécifique comportant 100 rectangles :



Parmi les 100 rectangles totaux, on trouve 25 rectangles qui sont divisés en 20 petits carrés afin de faciliter le comptage.

→ le volume correspondant au quadrillage total est égal à  $1 \text{ mm}^3 = 10^{-6} \text{ dm}^3$

→ chaque rectangle correspond à un volume 100 fois plus faible, soit  $0,01 \text{ mm}^3 = 10^{-8} \text{ dm}^3$

#### c-Remplissage de la cellule de numération

- Humecter les deux plateaux latéraux. Faire adhérer parfaitement la lamelle aux plateaux latéraux : pour cela placer la lamelle sur ces plateaux, puis à l'aide des pouces posés sur la lamelle, exercer une pression sur la lamelle tout en pratiquant un mouvement de va et vient jusqu'à perception d'une résistance.
- Placer la cellule de comptage sur une surface plane. Homogénéiser la suspension cellulaire, et prélever celle-ci à l'aide d'une pipette Pasteur. Remplir la chambre de comptage par capillarité, en plaçant la pointe de la pipette légèrement inclinée près de la lamelle sur la plateforme centrale quadrillée.

Æ Le remplissage doit être fait en une seule fois, sans bulles d'air, et sans faire déborder le liquide dans les rigoles. Laisser sédimenter les cellules sur le quadrillage quelques minutes, et passer à la numération.

- Après utilisation, la lame porte-objet et la lamelle planée sont immergées dans un bain d'eau de Javel pendant 5 minutes, puis sont rincées avec de l'eau distillée et essuyées avec du papier (sans frotter, en particulier au niveau du quadrillage).

#### -Numération

- Observer à l'objectif x10 pour repérer la position du quadrillage, et vérifier l'homogénéité de la répartition des cellules à compter (si la répartition est mauvaise, recommencer).
- Observer ensuite à l'objectif x40 pour réaliser le comptage (1 rectangle par champ).
- Compter les cellules contenues dans 4, 10, 20 ou dans la totalité des 100 rectangles du quadrillage.

Remarque : pour les cellules chevauchant les lignes de quadrillage, compter seulement celles qui chevauchent 2 arêtes du rectangle sur 4 (en pratique, on choisit de prendre en compte les cellules chevauchant la ligne horizontale supérieure, et la ligne verticale droite).

Numération sur le rectangle = 7 cellules

### **-Calcul de la concentration cellulaire**

Après avoir effectué la manipulation, on calcule la concentration cellulaire de la suspension de cellules étudiée.

Soient : -n : nombre de cellules comptées. -V : volume de comptage. -f : facteur de dilution.  
-N : nombre de cellules par litres.

Si on a n cellules dans V litres, alors on a N cellules dans un litre :

$$N \times V = n \times 1 \quad N = n / V$$

Si la solution avait été diluée :  $N = (n / V) \times f$