



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N°...../SNV/2017

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^r. BENAMAR Omar Abdelaziz
ET
M^r. BENZAZA Mehdi

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : PROTECTION DES CULTURES

THÈME

Contribution à l'étude de *Fusarium* sp., agent de la
fusariose sur pomme de terre
L'effet de quelques factrices abiotiques sur son
comportement "*in vitro*".
Etude de l'effet de l'extrait méthanoïque des feuilles et
tiges du *Marrabium vulgare* sur la croissance
mycélienne et sa sporulation de *Fusarium* sp.

Soutenue publiquement le 03/07/2017

DEVANT LE JURY

Président
Encadreur
Examinateur
Examinateur

M^{elle}. BOUALEM Malika
M^{me}. SAIAH. Farida
M^{me}. BERGUEUL Saida
M^{me}. OUADAH Fatiha

M.C. B U. MOSTAGANEM
M.C.B U. MOSTAGANEM
M.A. A U. MOSTAGANEM
Doctorante U.MOSTAGANEM

Thème réalisé au Laboratoire de protection.

Remerciement

Au terme de cette étude, nous remercions avant tout, Dieu tout puissant ALLAH qui nous a guidés sur le chemin de la science et nous a permis la réalisation de ce présent travail., il nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

C'est avec beaucoup de reconnaissance que nous adressons nos sincères remerciements à l'égard de notre promotrice M^{me} SAIAH.F maître de conférences à l'université de Mostaganem qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger notre étude, qui a fait preuve d'une grande patience. Ses conseils, ses orientations ainsi que, sa confiance et sincérité et surtout ses qualités humaines et ses intérêts portés pour notre sujet de recherche nous ont permis de mener à terme ce projet. Son encadrement était des plus exemplaires.

Nos profond remerciements vont aussi M^{lle} Boualem Malika d'avoir accepté de présider le jury , d'avoir eu l'amabilité d'accepter volontairement et aimablement de critiquer et de juger ce travail, pour ses remarques judicieuses et son otique enrichissante qui vont valoriser notre recherche. Nous sommes particulièrement reconnaissants et honorés par la participation de M^{me} BERGHEUL S. et M^{me} OUADAH.F au jury de ce mémoire.

Nous remercions également tous nos enseignants(es) du département d'agronomie de Mostaganem et spécialement ceux de notre spécialité Protection Des Cultures qui ont contribuées à notre formation.

Que toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à ce travail, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude et reconnaissance.

Dédicace

Nous Dédions ce travail :

A nos deux familles : BENAMAR ET BENAZA

A nos parents

*...pour leurs sacrifices et leurs efforts consentis, qu'ils trouvent ici
l'expression de notre profonde affection.*

A Nos Frères et sœurs

*...pour leurs compréhensions et leurs encouragements, qu'ils trouvent
ici l'expression de notre sincère fraternité.*

A nos chers collègues et amis(es)

Mohamed (Hamou), Mounir, Oussama, Hocine, Sara, Salîha et Fatîma

*...pour leurs aides et leurs encouragements durant tout le temps de
notre travail.*

*Je dédie moi Mr BENAMAR cet aimable travail à mon espoir de
vivre pour son aide précieux moralement et spirituellement*

BENAMAR Omar Abdelaziz

Et

BENZAZA Mehdi

Table des matières

Dédicace	
Remerciement	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction Générale	

1^{ère} Partie: Partie bibliographique

Chapitre I : Généralité Sur La Pomme De Terre

I.1. Origine et Historique de la pomme de Terre.....	1
I.2. Les différentes cultures de pomme de terre en Algérie.....	1
1.2.1 Culture de saison (Janvier – Février).....	1
1.2.2 Culture d’arrière-saison (Juillet – Août).....	1
1.2.3 Culture de primeur (Octobre – Novembre).....	2
I. 3 Caractéristique de la pomme de terre.....	2
I. 3.1 Taxonomie.....	2
I. 3.2 Description botanique.....	2
I.4 Cycle physiologique de la pomme de terre.....	4
I. 4.1. Repos végétatif.....	4
I.4.2. Germination.....	4
I.4.3. Croissance.....	4
I.4.4. Tubérisation.....	4
I.4.5. Maturation des tubercules.....	6
I.5 Exigences écologiques de la pomme de terre.....	6
I.5.1 Exigences climatiques.....	6
I.5.1.1. Température.....	6
I.5.1. 2. Lumière.....	6
I.5. 2 Exigences édaphiques.....	6

I.5.2 .1 Structure et texture du sol.....	6
I.5.2. 2 pH.....	6
I.5.2. 3 Salinité.....	7
I.6. Techniques culturales de la pomme de terre	7
I.6. 1. Préparation du sol	7
I.6. 2. Fertilisation	7
I.6.2.1. Fumure de fond.....	8
I.6.2. 2. Fumure de couverture.....	8
I.6.2.2.1. Azote.....	8
I.6.2.2.2. Mode d'application.....	8
I. 7. Variétés de la pomme de terre.....	9
I.7.1. Classes.....	9
I.7. 2. Plantation.....	9
I.7.2.1. Préparation des plants.....	9
I.7.2.2. Densité de plantation.....	9
I.7.2.3. Profondeur de la plantation.....	10
I.8. Irrigation.....	10
I.8. 1. Dose d'irrigation.....	10
I.8. 2. Fréquence d'irrigation.....	10
I.8. 3. Qualité de l'eau d'irrigation.....	11
I.9 Production de la pomme de terre.....	11
I.9.1 Mondiale.....	11
I.9.2 En Algérie.....	13
I.9.2.1 Evolution de la production de pomme de terre en Algérie.....	14
I.9.2.2 Principales wilayas productrices de la pomme de terre en Algérie	15
I.9.2.3 Les principales variétés cultivées en Algérie	15
I.9.2.4 La pomme de terre à Mostaganem	17

Chapitre II : L'agent pathogène

II.1. Généralités.....	18
II.2 Morphologie et identification en culture.....	18
II.2.1 Macroscopiquement.....	18
II.2.2 Microscopiquement.....	19
II.3 Classification.....	20
II.3.1 Classification "actuelle" des <i>Fusarium</i>	20
II.3.2 Description des espèces du genre <i>Fusarium</i>	21
II.4 Description des espèces du genre <i>Fusarium</i>	21
II.5 Cycle évolutif	21
II.6 Fusariose vasculaire de la pomme de terre (pourriture fusarienne)	21
II.7 Moyens de Luttés.....	22
II.7.1 Pratiques culturale.....	22
II.7.2 Lutte chimique.....	22

Chapitre III : Le Marrube Blanc (*Marrubium vulgare*)

III.1 Classification Botanique.....	23
III.2 Description Morphologique.....	25
III.3 Répartition Géographique.....	25
III.4 Utilisation Traditionnelle	25
III.5 Toxicité.....	25

2ème Partie: Partie expérimentale

Chapitre I: Matériels et Méthodes

I.1 Objectif de l'étude	28
I.2.1 Matériel biologique.....	28
I.2.2 Échantillonnage.....	28
I.2.3 Isolement.....	28
I.2.4. Purification et Conservation des Isolats.....	28
I.3 Etude de l'influence de quelques facteurs abiotiques sur le comportement « in vitro » de <i>Fusarium sp.</i>	29
I.3.1 Influence de quelques milieux de culture.....	29
I.3.1.1. Choix des milieux de culture.....	29

I.3.1.2 Méthode.....	29
I.3.2 Influence de la température.....	30
I.3.3 Influence de l'humidité relative.....	31
I.3.4 Influence du pH.....	31
I.3.5 Influence d'obscurité et lumière.....	32
I.4 Préparation de l'extrait méthanoïque de <i>Marrabium vulgare</i>.....	32
I.4.1 Matériel végétal.....	32
I.4.2.Procédés d'extraction.....	33
I.4.2.1 Extraction Soxhlet.....	33
I.4.2.2 Préparation des dilutions des composés phénoliques.....	34
I.5 Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" de l'extrait méthanoïque de <i>Marrabium vulgare</i> vis-à-vis <i>Fusarium sp.</i>	35
I.5.1 Action sur la croissance mycélienne	35
I.5.1.1 Evaluation du taux d'inhibition de la croissance mycélienne.....	35
I.5.1.2 Evaluation du taux d'inhibition de la sporulation.....	35
I.6 Test de pathogénicité (In Vivo)	36
I.6.1 Inoculation	36
I.6.2.1 Partie aérienne.....	36
I.6.2.2 Partie souterraine.....	35
I.6.2 Notation des symptômes.....	36

Chapitre II: Résultats et Interprétation

II-1 Caractère morphologique des deux isolats de <i>Fusarium sp.</i>	38
II-1-1- Etude de l'aspect macroscopique.....	38
II-1-2- Etude de l'aspect microscopique.....	38
II-2 Influence de quelques facteurs abiotiques sur le comportement « in vitro » de deux isolats de <i>Fusarium sp.</i>	40
II-2-1- Influence de quelques milieux de culture sur la croissance mycélienne et la sporulation de <i>Fusarium sp.</i>	40
II-2-2- Influence de la température de différents degrés sur la croissance mycélienne et la sporulation de <i>Fusarium sp.</i>	44
II-2-3- Influence de l'humidité relative sur la croissance mycélienne et la sporulation de <i>Fusarium sp.</i>	46

II-2-4- Influence du Lumière et Obscurité et Alternance.....	48
II-2-5- Influence du pH.....	51
II-3 Test de Pathogénicité.....	53
II-3-1 Sur Tubercules.....	53
II-3-2 Sur plants du Pomme de Terre.....	56
II-4 L'influence de l'extrait méthanoïque de <i>Marrubium vulgare</i> sur <i>Fusarium sp.</i> Agent de fusariose.....	58
II-4-1- Influence "in vitro" de l'extrait poly-phénolique du Marrube Blanc sur la croissance mycélienne de <i>Fusarium sp.</i>	58

Chapitre III: Discussion

III.Discussion.....	62
----------------------------	-----------

Conclusion.....	63
------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

LISTE DES FIGURES

- Figure 01 :** Plant de la pomme de terre
- Figure 02 :** Cycle de vie de La Pomme De Terre
- Figure 03 :** La plante le Marrube blanc *Marrubium vulgare L.*
- Figure 04 :** Diagramme montrant les différentes préparations des extraits
- Figure 05 :** L'isolement sur milieu PDA
- Figure 06 :** Tiges et Feuilles séchées du Marrube Blanc
- Figure 07 :** Dispositifs d'extraction
- Figure 08 :** Dilution du composé phénolique
- Figure 09 :** Aspect macroscopique des deux isolats *Fusarium sp* Rouge sp1 et Jaune sp2
- Figure 10 :** Aspect Microscopique des Isolats du *Fusarium sp*
- Figure 11 :** Aspect Des spores des Isolats du *Fusarium sp*
- Figure 12 :** Influences des différents milieux de culture sur la croissance mycélienne de l'isolat de *Fusarium sp.1*
- Figure 13 :** Influences des différents milieux de culture sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp 2.*
- Figure 14 :** Influence des différents milieux de culture sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp 1*
- Figure 15 :** Influence des différents milieux de culture sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp 2*
- Figure 16 :** La vitesse de croissance des deux isolats de *Fusarium sp.* Cultivés sur différents milieux
- Figure 17:** Influence des températures sur la croissance mycélienne (cm/j) de *Fusarium sp1*
- Figure 18 :** Influence des températures sur la croissance mycélienne (cm/j) de *Fusarium sp2*
- Figure 19 :** La vitesse de croissance des deux isolats de *Fusarium sp* incubés à différentes températures
- Figure 20 :** Influence de l'humidité relative sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp1*
- Figure 21 :** Influence de l'humidité relative sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp2*
- Figure 22 :** Influence de l'humidité sur la vitesse de croissance (cm/j) des deux isolats de *Fusarium sp*
- Figure 23 :** Influence des 3 niveaux de la lumière sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp1*
- Figure 24 :** Influence des 3 niveaux de la lumière sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp2*

- Figure 25 :** Influence des 3 niveaux de la lumière sur la vitesse de croissance (cm/j) de l'isolat *Fusarium sp2*
- Figure 26 :** Influence du pH sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp1*
- Figure 27 :** Influence du pH sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp2*
- Figure 28 :** Influence du pH sur la vitesse de croissance d'isolat *Fusarium sp*
- Figure 29 :** Influence d'isolat *Fusarium sp1* sur tubercules
- Figure 30 :** Influence d'isolat *Fusarium sp2* sur tubercules
- Figure 31 :** Influence d'isolat *Fusarium sp1* sur Plants de la Pomme de Terre
- Figure 32 :** Influence d'isolat *Fusarium sp2* sur Plants de la Pomme de Terre
- Figure 33 :** Influence de l'extrait du *Marrubium vulgare* sur *Fusarium sp1*
- Figure 34 :** Influence de l'extrait du *Marrubium vulgare* sur *Fusarium sp2*
- Figure 35 :** Effet de l'extrait polyphénolique de *Marrubium vulgare* sur la croissance mycélienne de sp.1
- Figure 36 :** Effet de l'extrait polyphénolique de *Marrubium vulgare* sur la croissance mycélienne de sp.2
- Figure 37 :** Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium sp.1* et *Fusarium sp 2* sous l'effet de l'extrait poly-phénolique de *Marrubium vulgare*
- Figure 38 :** Taux d'inhibition de la sporulation de *Fusarium sp.1* et *Fusarium sp 2* sous l'effet de l'extrait poly-phénolique de *Marrubium vulgare*

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°01	Classement des pays producteurs de pomme de terre
Tableau N°02	Production de la pomme de terre par continent
Tableau N°03	Evolution de la production de pommes de terre de consommation 2000-2010 (DSA, 2011)
Tableau N°04	Evolution de la production de semences de pommes de terre 2000-2009 (DSA, 2010)
Tableau N°05	Principales variétés de pomme de terre cultivées en Algérie
Tableau N°06	Production des POMMES DE TERRE des wilayas D'Algérie (de primeurs et de saison) (DSA, 2015)
Tableau N°07	Production des POMMES DE TERRE des wilayas D'Algérie (d'arrière-saison et Total)
Tableau N°08	La production de la pomme de terre de la wilaya de Mostaganem de l'année 2015-2016 (DSA, 2017)
Tableau N°09	Fiche Technique du Marrube Blanc <i>Marrubium vulgare L.</i>
Tableau N°10	Quantité de produit à utiliser Loubelo (1992)
Tableau N°11	Quantité d'Hcl et de NaOH nécessaire pour obtenir la gamme Loubelo (1992)
Tableau N°12	Influence des différents milieux de culture sur la sporulation (spores. 10⁶/ml) des deux isolats de <i>Fusarium sp</i> (spores 10⁶ / ml).
Tableau N°13	Influence des différentes Températures sur la sporulation (spores. 10⁶/ml) des deux isolats de <i>Fusarium sp</i> (spores 10⁶ / ml).
Tableau N°14	Influence de l'humidité sur la sporulation (spores.10⁶/ml) des deux isolats de <i>Fusarium sp.</i> (Spores/ ml)
Tableau N°15	Influence des 3 niveaux de la lumière sur la sporulation (spores.10 ⁶ /ml) des deux isolats de <i>Fusarium sp.</i> (Spores/ ml)
Tableau N°16	Influence du pH sur la sporulation (spores.10 ⁶ /ml) des deux isolats de <i>Fusarium sp.</i> (Spores/ ml)

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CM : Carré moyen

cm : croissance mycélienne

CV : Coefficient de Variation

DDL : Degré de liberté

ET : Ecart type

FAO : Food and agriculture et de la pêche

g : gramme

h : heure

IA : Indice d'attaque

INPV : Institut National de Protection des Végétaux

Isolat : résultat de l'isolement en culture *in vitro* d'un agent pathogène à partir de plants

L : Linné

l : litre

ml : millilitre

Proba. : Probabilité

q.s.p : quantité suffisante pour

sp : espèce

Introduction Générale

La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. appartient à la famille des *Solanacées*, originaires des pays andins, est connue à l'échelle mondiale par sa grande consommation. Elle est classée en deuxième position après les céréales. La pomme de terre est aussi utilisée par voies biotechnologiques dans la production des vaccins contre le diabète et l'hépatite (Lahouel 2015).

La situation alimentaire actuelle de l'Algérie nécessite une meilleure prise en charge de l'amélioration de la production agricole et notamment celle des cultures stratégiques ou de large consommation qui sont principalement les céréales et la pomme de terre. Les statistiques de la F.A.O. (2014), rapportent que la production de pomme de terre en Algérie est de 21809610 tonnes métriques répartis sur 84.000 hectares soit un rendement de 16 tonnes métriques par hectare.

Les contraintes abiotiques sont surtout d'ordre climatique. Nous pouvons citer la sécheresse qui est préjudiciable à la culture surtout durant la floraison. Les gelées printanières affectent la plante durant son jeune âge. Parmi les contraintes biotiques, les maladies fongiques et particulièrement la fusariose représentent un facteur limitant pour la production.

La sévérité de la fusariose est accentuée par la présence de l'inoculum primaire sur les semences ou sur le sol, permettant ainsi le développement de l'épidémie (Gossen et Morrall, 1986). Les pertes de rendement atteignent quelque fois les 100%. Le contrôle de la maladie est classiquement assuré par une combinaison de plusieurs méthodes, tels que la lutte culturale, la lutte génétique et la lutte chimique.

Afin d'éviter les inconvénients de cette dernière, les recherches ces dernières années ce sont orientés vers la recherche de molécules naturelles végétales à effet bio-fongicide.

Notre travail s'inscrit dans cette optique, et représente une contribution à l'étude de l'efficacité *in vitro* de l'extrait méthanoïque des feuilles et tiges d'une plante très répandue dans la pharmacopée nationale, *Marrubium vulgare* vis-à-vis le *Fusarium* sp agent causal du flétrissement fusarienne de la pomme de terre, Notre étude se divise en deux parties

- Une bibliographie sur la plante hôte, le pathogène
- Une partie expérimentale dans laquelle sont présentés les matériels et méthodes, les résultats et leurs interprétations. Cette partie se termine par une discussion et une conclusion.

I. Généralités sur la pomme de Terre

I.1. Origine et Historique de la pomme de Terre

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) est originaire du littoral ouest de l'Amérique du sud. Aujourd'hui, on trouve une grande variation de forme sauvage dans les zones montagneuses du Pérou, du Chili et de la Bolivie. Citons aussi un centre secondaire d'origine, à savoir le Mexique. Cette culture existe depuis plus de 8000 ans d'après des recherches archéologiques. Elle fut arrivée en Europe, à la fin du XVIème siècle et ceci par deux entrée ; la première, l'Espagne vers 1570 et la seconde les îles Britanniques (1588-1593). Dès le milieu du XVIIème, elle est connue en Allemagne et de là se propage vers L'Est (Lahouel, 2015).

En Algérie, la pomme de terre a probablement, été introduite vers 1856. Elle n'a connu son véritable développement qu'au début de 20ème siècle. Depuis lors, elle est devenue de plus en plus importante dans toutes les régions d'Algérie (Lahouel, 2015).

I.2. Les différentes cultures de pomme de terre en Algérie

1.2.1 Culture de saison (Janvier – Février)

Les Cultures de saison présentent 65% en surface réservée à la pomme de terre et assure 75% de la production globale. Elles sont très menacées par les maladies et aussi sensibles aux stress hydriques en fin de cycle végétatif. Ces Cultures donnent une production de meilleure qualité car ils sont cueillis à maturité (Chehat, 2008).

1.2.2 Culture d'arrière-saison (Juillet – Août)

La culture de la pomme de terre d'arrière-saison revêt de nos jours, un intérêt majeur car elle couvre la période de soudure, situé généralement entre fin février et avril en matière de production. Elle permet à cet effet, d'approvisionner le marché local en pomme de terre évitant ainsi, les situations de rareté induisant fréquemment la flambée des prix de ce produit à large consommation. Les superficies réservées pour la culture de la pomme de terre d'arrière-saison connaissent chaque année une expansion assez remarquable. Néanmoins, certaines contraintes d'ordre phytosanitaire surgissent au cours la mise en culture notamment les problèmes liés aux maladies cryptogamiques. En effet, les premières plantations de cette culture débutent juste après l'été, chose qui induit généralement les producteurs de la pomme de terre en erreur (les chaleurs persistent parfois jusqu'à fin novembre), qui croient que les conditions climatiques sont défavorables au mildiou et n'appliquent pas de traitements préventifs. La surprise est grande généralement lorsque des orages de saison frappent la

région empêchant les agriculteurs d'accéder à leurs parcelles d'où la catastrophe comme c'était le cas durant les campagnes 2000 et 2007 (INPV, 2017).

1.2.3 Culture de primeur (Octobre – Novembre)

La culture de primeur se caractérise par sa sensibilité aux gelées, cette production dite primeur se limite aux zones littorales et sublittoral. La plantation se fait au mois d'octobre avec des plants locaux, 5 à 10 % des surfaces, sur une parcelle exposée au soleil et protégée des vents du Nord et l'Est, pour éviter les gelées matinales. La récolte peut se faire de fin Février au début Mars (Chehat, 2008).

I. 3 Caractéristique de la pomme de terre

I. 3.1 Taxonomie

Selon (Boumiik, 1995), la position systématique de la pomme de terre est la suivante :

Embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Sous classe	<i>Gamopétales</i>
Ordre	<i>Polmoniales</i>
Famille	<i>Solanacées</i>
Genre	<i>Solanum</i>
Espèce	<i>Solanum tuberosum L</i>

I. 3.2 Description botanique

La pomme de terre est une plante herbacée annuelle. Les tiges aériennes de la pomme de terre dont le nombre peut varier de 1 à 10 ont un port érigé au début, puis devient étalé par la suite. Les feuilles sont composées (6 à 10 folioles/feuille). Elles permettent par leurs différents aspects et de coloration de caractériser les variétés.

La floraison de la pomme de terre est terminale et en forme de cyme. La fleur peut être de couleur blanche, bleue ou violette. Ces fleurs donnent des fruits en forme de baie contenant des graines plates. Les graines de la pomme de terre ne sont utilisées qu'en amélioration génétique afin d'obtenir de nouvelles variétés.

Le tubercule est une tige souterraine où se sont accumulées les réserves. Il peut être de grosseur et de forme variables, allant de rond oblong à long et plus ou moins aplati selon les variétés. Il se développe à partir des bourgeons situés au niveau des yeux du tubercule. Les germes peuvent être blancs ou colorés partiellement à la base ou à l'extrémité (F.A.O., 2008). (Figure1).

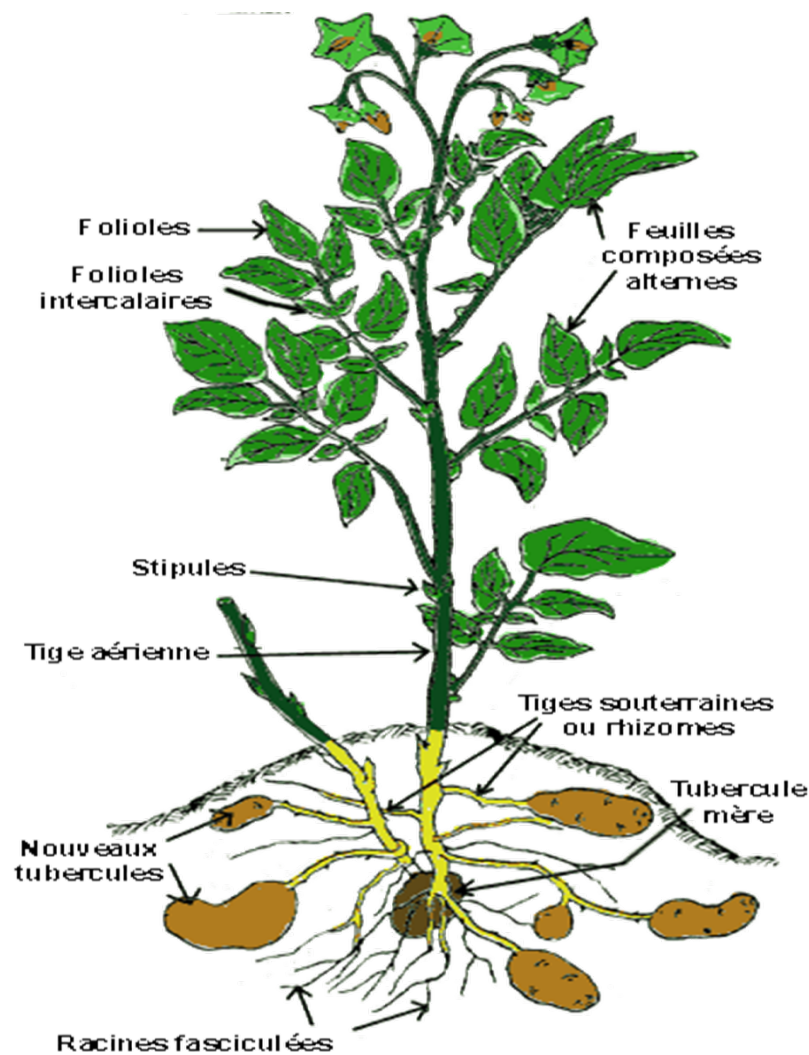


Figure 1 : Plant de la pomme de terre (Anonyme 1,2017)

I.4 Cycle physiologique de la pomme de terre

Le cycle de développement de la pomme de terre est annuel et comprend 05 phases (Figure 2).

I. 4.1. Repos végétatif

A la récolte, le tubercule de pomme de terre ne peut germer même si les conditions de croissance sont favorables (température de 18 à 25° C) et hygrométrie 90%. Sa durée constitue un caractère variétal mais peut être abrégé ou maintenu par différents constituants physiques ou chimiques. Sous l'action de haute température durant la végétation, il peut être abrégé. Il peut être rompu à une température de 23-24°C par contre il est maintenu à température inférieure à 3° C par des substances anti-germes ou bien par des radiations gamma à faibles doses (Madec et Perennec, 1962).

I.4.2. Germination

A la fin du repos végétatif, le germe entre en croissance s'il n'y a pas dormance induite par les conditions du milieu (Madec, 1966).

En 1962, Madec ET Pernnec ont dénommé stade d'incubation, le stade de tubérisation des germes, et période (phase) d'incubation, le temps s'écoulant entre le départ de la germination et la formation des nouvelles ébauches du tubercule par les germes.

I.4.3. Croissance

A partir des germes produits par le tubercule, se forment des tiges feuillées puis des stolons et des rameaux (Bissati-Bouafia, 1996).

I.4.4. Tubérisation

Au bout d'un certain temps, variable selon la variété et le milieu, les extrémités des stolons cessent de croître et se renflent pour former, en une ou deux semaines, les ébauches des tubercules: c'est la tubérisation. Elle se prolonge jusqu'à la fange de la plante, par la phase de grossissement. Aucun indice ne permet de déceler, sur les organes aériens, le moment de cette ébauche des tubercules (Soltner, 1979).

La croissance des tubercules est très lente pendant la première phase, s'accélère à partir des 55 et 65^{ème} jour et atteint une vitesse plus importante que celle de la partie verte

La tubérisation provoquée par une dose de substance de tubérisation synthétisée par ce feuillage, plus une quantité pour entraîner la tubérisation définitive accompagnée de l'arrêt de la croissance végétative (Abdessallam, 1990).

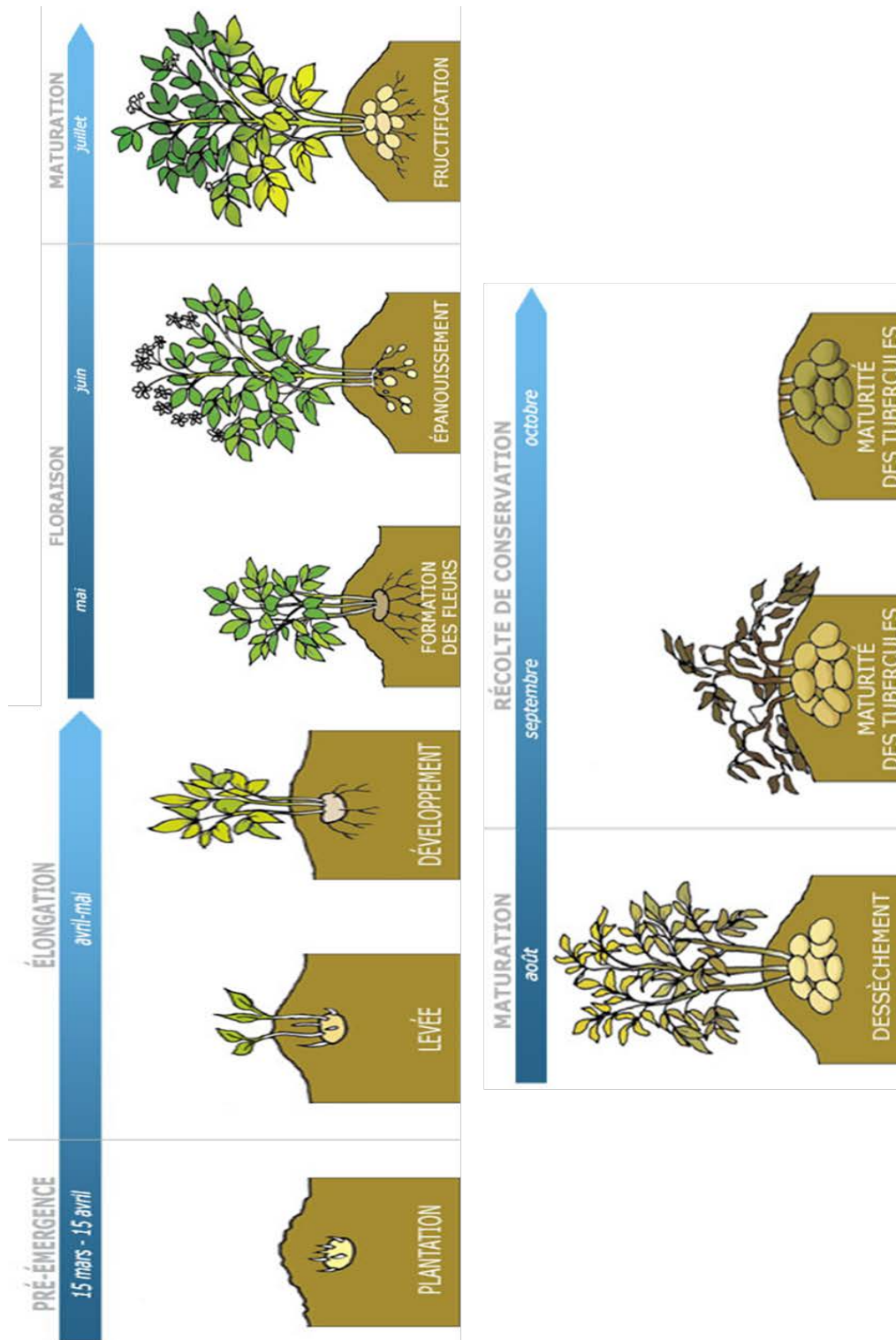


Figure 2 : Cycle de vie de La Pomme De Terre (Anonyme 2, 2017).

I.4.5. Maturation des tubercules:

Elle se caractérise par la sénescence de la plante, par la chute des feuilles ainsi que l'affaiblissement du système racinaire et les tubercules atteignent leur maximum de développement (Perennec et Madec, 1962).

I.5 Exigences écologiques de la pomme de terre

La plante de pomme de terre a des exigences spécifiques, qui sont :

I.5. 1. Exigences climatiques

I.5.1.1. Température :

La pomme de terre caractérisée par un zéro de végétation compris entre 6 et 8°C. L'optimum de température pour la croissance se situe entre 14 et 17°C. Le feuillage est tué à 3°C et 4°C. Les sommes température correspondant aux groupes extrêmes de précocité sont de l'ordre de :

1600°C pour les variétés primeurs (90 jours).

3000°C pour les variétés tardives (200 jours).

Le tubercule gèle entre 1°C et 2,2°C.

La température de stockage de la récolte devra être inférieure à 6°C (Moule, 1972).

I.5.1. 2. Lumière

La pomme de terre est une plante héliophile. Ses besoins en lumière sont importants surtout pendant la phase de croissance. Ce facteur est déterminant pour la photosynthèse et la richesse en fécule des tubercules (Moule, 1972).

I.5. 2. Exigences édaphiques

I.5.2 .1. Structure et texture du sol

La plupart des sols conviennent à la culture de la pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et pas trop pierreux. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles.

En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus ou moins grossière (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule (Bamouh, 1999).

I.5.2 2 .pH

Dans les sols légèrement acides ($\text{pH } 5,5 < \text{pH} < 6$), la pomme de terre peut donner de bons rendements. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur tubercule (Bamouh, 1999).

I.5.2. 3. Salinité

La pomme de terre est relativement tolérante à la salinité par rapport aux autres cultures maraîchères. Cependant, un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire.

Lorsque la teneur en sel est élevée, le point de flétrissement est atteint rapidement. On peut réduire la salinité d'un sol en le lessivant avec une eau d'irrigation douce (Bamouh, 1999).

I.6. Techniques culturales de la pomme de terre:

I.6. 1. Préparation du sol

La préparation du sol consiste à assurer un bon contact entre le plant (ou tubercule) et le sol. La levée ainsi que le développement du système racinaire vont généralement tarder si le sol est mal préparé. Le sol doit être préparé sur une profondeur d'au moins 25-30 cm. Une telle couche meuble favorise l'aération du sol, assure un bon développement racinaire et facilite le buttage. La réalisation d'un bon lit de semences peut se faire de la façon suivante :

- Labour moyen 25 à 30 cm avec charrue.
- Epannage de la fumure organique et des engrais phospho-potassiques que l'on enfouie à l'aide d'un cover-crop croisé.
- Confection des lignes ou billonnage: Ces travaux sont beaucoup plus faciles à réaliser dans un sol léger que dans un sol lourd. Dans un sol lourd les travaux du sol doivent se limiter à la couche supérieure suffisamment ressuyée. Une bonne préparation des dix premiers cm permet une bonne couverture du plant (Bamouh, 1999).

I.6. 2. Fertilisation

Vu la durée du cycle végétatif très court (3 à 5 mois), la rapidité de croissance et le système racinaire qui n'est pas assez profond; la fertilisation demeure l'un des facteurs les plus importants pour une bonne production de la pomme de terre.

Les éléments les plus importants pour la plante sont: N (Azote)- P (Phosphore)-K (Potassium)-Mg (Magnésium) et Ca (Calcium).

Pour une production de 25 tonnes de pomme de terre (tubercules + fanes), on exporte la quantité d'éléments suivants: N (160 kg/ha), P₂O₅ (45 kg/ha), K₂O (275 kg/ha), MgO (50 kg/ha), CaO (70 kg/ha). La pomme de terre est très exigeante en fumure organique, les besoins sont de l'ordre de 30 T/ha. Cependant, dans un sol pauvre en matière organique, cette dose peut être doublée. En effet, pour éviter les risques de carence, la fumure organique doit être complétée par la fumure minérale.

L'azote est un élément fondamental pour la croissance de la plante. Le maximum d'absorption a lieu au moment du développement maximum de feuilles (50 à 80 jours après plantation).

Lors de la plantation, l'azote peut être appliqué sous forme de sulfate d'ammoniaque, vu son assimilation progressive. Les formes nitrates, sont toujours fractionnées au cours de la culture vu leur solubilité rapide.

Le phosphore intervient dans les phénomènes de floraison, fructification et maturation d'où son action comme facteur de précocité et de rendement. Le phosphore est difficilement absorbé par la plante. Pour cela il doit être appliqué avant plantation et sous la forme la plus assimilable. Le potassium est l'élément majeur pour la tubérisation. Il favorise le développement de la plante et augmente légèrement la résistance au froid. La carence en K cause des nécroses. La forme sulfate est plus préférable que la forme chlorure (Bamouh, 1999).

I.6.2.1. Fumure de fond

La fumure de fond préconisée est :

- **Azote** 20 à 30 unités/ha soit 100 à 150 kg de sulfate d'ammoniaque à 21%.
- **P₂O₅** 150 unités/ha soit 850 kg de superphosphate à 18%
- **K₂O** 180 à 200 unités/ha soit 375 à 400 kg de sulfate de potasse à 48%.

I.6.2. 2. Fumure de couverture

I.6.2.2.1. Azote

100 unités/ha soit 300 kg d'ammonitrate à 33,5% fractionnés en trois périodes: Levée, 1^{er} buttage et 2^{ème} buttage. Les doses préconisées ne sont que des moyennes et doivent être adaptées en fonction de la richesse du sol. Une analyse préalable du sol s'avère nécessaire afin d'évaluer le niveau de fertilité du sol.

L'application d'une fertilisation foliaire peut être utile en cas d'une attaque de gel afin de favoriser la plante à reconstituer son feuillage (Bamouh, 1999).

I.6.2.2.2. Mode d'application

Les éléments P et K sont généralement appliqués lors de la préparation du lit de semences, vu leur migration très lente. Cet apport peut être réalisé par épandage mécanique ou manuel. L'azote doit être localisé au niveau des billons, tout en évitant le contact direct entre les plants et l'engrais (Bamouh, 1999).

I.7. Variétés de la pomme de terre

On classe les variétés selon leur type de culture: culture de primeur ou culture de saison et arrière-saison ; Pour les primeurs, les principales variétés utilisées sont: Nicola, Diamant.

Les variétés les plus utilisées en saison et en arrière-saison sont: Désirée, Spunta, Diamant, et Kondor (Bamouh, 1999).

I.7.1. Classes

Pour chaque variété, le matériel végétal de multiplication est classé selon sa pureté variétale et son état sanitaire. On distingue :

- Plants de pré-base: Il constitue les plants de famille de départ.
- Plants de base: Classes super-élites et élites (SE, E) issues de plants de pré-base.
- Plants certifiés: classes A et parfois B issues de plants de base (E) (Bamouh, 1999).

I.8. Irrigation :

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante en assurant les mécanismes suivants :

- Transport des éléments minéraux.
- Transport des produits photosynthétiques
- Transpiration et régulation thermique au niveau des feuilles.

En comparaison avec les autres cultures maraîchères, la pomme de terre est très sensible à la fois au déficit hydrique et à l'excès d'eau. Une courte durée de sécheresse peu affecter sérieusement la production. De même un excédent d'eau entraîne l'asphyxie des racines et la pourriture des tubercules. Une forte humidité favorise aussi le développement du mildiou. Des variations excessives de l'humidité du sol influencent la qualité en provoquant la croissance secondaire des tubercules (Bamouh, 1999).

8. 1. Dose d'irrigation :

La pomme de terre est une plante exigeante en eau. Les besoins en eau vont principalement avec la profondeur du système racinaire et varient selon la période de plantation. Ils se situent aux environs de 3 à 4 mm d'eau /jour avant la tubérisation et de 5 à 6mm/jour dès la formation des tubercules. Les besoins totaux atteignent environ 455 mm (Patrice, 2003).

8. 2. Fréquence d'irrigation :

Au cours de la germination, la quantité d'eau nécessaire est faible. Le tubercule mère doit être entouré du sol humide, mais pas mouillé. De ce stade jusqu'à la formation des tubercules (60 à 90 jours) après plantation, l'irrigation doit être faite à un intervalle très court, 6 à 7 jours en sol léger et 12 à 15 jours en sol lourd. Les besoins en eau sont très élevés particulièrement au moment de la croissance foliaire de la tubérisation (BELLABACI et Cherfouh, 2004). Pour tous les types de cultures (primeurs ou saison) on arrête l'irrigation 10 à 20 jours avant la récolte (Bamouh, 1999).

8. 3. Qualité de l'eau d'irrigation :

La pomme de terre est relativement sensible à la présence des sels. L'irrigation par aspersion avec de l'eau contenant du sel peut brûler les feuilles. La présence de 4 g/l de sels totaux dans l'eau peut engendrer une réduction du rendement allant jusqu'à 50% (Yacoubi - Soussane et al, 1999).

I.9 Production de la pomme de terre

I.9.1 Mondiale :

La production de pommes de terre dans les pays en développement, en particulier en Europe et dans la Communauté des États indépendants, a diminué en moyenne d'un pour cent par an au cours des vingt dernières années. Cependant, la production des pays en développement a augmenté à un taux moyen de 5 pour cent par an, croissance alimentée par les pays d'Asie, en particulier la Chine et l'Inde.

En 2005, la part des pays en développement dans la production mondiale de pommes de terre s'établissait à 52 pour cent, dépassant celle du monde développé. Il s'agit là d'un résultat remarquable, étant donné qu'il y a à peine 20 ans, cette part n'était que légèrement supérieure à 20 pour cent. Mais ceci n'empêche pas que la production et les consommations mondiales de pommes de terre progressent plus lentement que la croissance démographique.

La consommation de pommes de terre fraîches, qui représentait autrefois la base de la consommation mondiale du tubercule, est en diminution dans de nombreux pays, en

particulier dans les régions développées. A l'heure actuelle, davantage de pommes de terre sont transformées pour répondre à la demande croissante de l'industrie du fast-food, des snacks et des aliments tout préparés. Cet essor s'explique principalement par l'accroissement de la population urbaine, la hausse des revenus, la diversification des régimes alimentaires et des modes de vie qui laissent moins de temps pour la préparation du produit frais.

La pomme de terre est généralement considérée comme une denrée volumineuse, périssable, dont le transport est coûteux et ayant un potentiel d'exportation limité généralement aux transactions transfrontières. Ces obstacles sont loin d'avoir entravé son commerce international, qui a doublé en volume et quasiment quadruplé en valeur depuis le milieu des années 80.

Cette croissance est due à une demande mondiale sans précédent de produits transformés, notamment de produits congelés et déshydratés. À ce jour, les pays en développement n'ont guère bénéficié de cet essor des échanges. En tant que groupe, ils ont émergé comme principaux importateurs nets de la denrée.

Le commerce mondial de pommes de terre et de produits dérivés est encore limité par rapport à la production, dont seulement 6 pour cent environ fait l'objet d'échanges. Les coûts élevés de transport et de réfrigération sont des obstacles importants à l'élargissement du marché international.

La production mondiale de la pomme de terre peut être estimée à environ 320 711 961 tonnes métriques par année, pour une superficie de 19 264 021 ha.

Parmi les grands pays producteurs (Tableau 01), nous citons par ordre d'importance. Les données indiquées sont en tonnes (FAO, 2014).

Tableau N° 01 : Classement des pays producteurs de pomme de terre (FAO, 2014)

Classement	Pays	Données
1	 <u>Chine</u>	96136320
2	 <u>Inde</u>	46395000
3	 <u>Russie</u>	31501354
4	 <u>Ukraine</u>	23693350
5	 <u>Etats-Unis</u>	20056500
6	 <u>Allemagne</u>	11607300
7	 <u>Bangladesh</u>	9435150
8	 <u>France</u>	8054500
9	 <u>Pologne</u>	7689180
10	 <u>Pays-Bas</u>	7100258
11	 <u>Biélorussie</u>	6279715
12	 <u>Egypte</u>	4800000
13	 <u>Iran</u>	4742240
14	 <u>Pérou</u>	4693209
15	 <u>Algérie</u>	4673516

La production mondiale de la pomme de terre connaît une grande importance aux niveaux des continents.

Tableau N ° 02 : Production de la pomme de terre par continent (FAO STAT, 2008)

Continent	Surface récoltée (ha)	Quantité (tonnes)	RDT (t/ha)
Asie et Océanie	8743857	187182946	15.68
Europe	7439553	128608372	17.28
Amérique du Nord	615032	22626288	36.78
Afrique	1503145	16308530	10.84
Amérique latine	662434	15985825	16.61
Totale	19264021	320711961	16.64

L'Asie et l'Europe sont les deux principaux continents producteurs de la pomme de terre du monde (Tableau N°02). Ils ont fourni plus de 80% de la production mondiale en 2007. Bien que les latins soient nettement inférieurs, s'elles ont atteint leurs niveaux record. C'est l'Amérique du Nord qui obtient de loin les rendements les plus élevés avec plus de 36 tonnes/ha.

I.9.2 En Algérie :

En Algérie la pomme de terre occupe une place extrêmement importante par rapport aux autres cultures maraîchères. Par rapport au monde l'Algérie à la 15^{ème} place mondiale (Tableau 01) avec une production de 4673516 tonnes selon (FAO STAT, 2014).

La Pomme de Terre représente actuellement 38 % de la superficie cultivée en cultures maraîchères et de 30 % de la production totale.

Ces dernières années la culture de la pomme de terre en Algérie a connu un développement spectaculaire. Cet accroissement des superficies cultivées en pomme de terre était accompagné d'une importante augmentation des rendements.

Tableau N°03 : Evolution de la production de pommes de terre de consommation 2000-2010 (DSA, 2011)

Année	Production (tonne)	Surface cultivée (ha)	Rendement (t/ha)
2000	1 276 000	72 690	16,6142
2001	967 232	65 790	14,7018
2002	1 333 465	72 580	18,3723
2003	1 879 918	88 660	21,2036
2004	1 896 270	93 144	20,3584
2005	2 176 500	99 717	21,6267
2006	2 180 961	98 825	22,0689
2007	1 506 859	79 339	18,9926
2008	2 171 058	91 841	23,6393
2009	2 536 057	105 121	24,1251
2010	3 290 000	126 600	26,0 000

L'Algérie occupe la deuxième place, après l'Égypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique pour l'année 2010, selon un rapport de la FAO.

Les chiffres présentés indiquent que la production nationale a dépassé le seuil de trois millions de tonnes durant l'année 2010. Elle est cultivée sur une superficie estimée à 126 milles hectares. La moyenne à hectare a atteint 26 tonnes, l'Égypte quant à elle réserve une superficie de deux millions d'hectares pour cultiver ce légume. Sa production est estimée à 4 millions de tonnes pour la même année.

Tableau N° 04 : Evolution de la production de semences de pommes de terre 2000-2009 (DSA, 2010)

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Semences (tonne)	77660	94866	99664	106697	105742	84892	98269	112479	120473

Le tableau ci-dessus montre une nette augmentation de la production qui enregistre un accroissement de 42 813 tonnes entre 2001 et 2009.

Malgré cette nette augmentation des rendements la production nationale n'arrive pas à satisfaire les besoins nationaux en semence de pomme de terre. Rappelons que 80% des besoins en semences proviennent de l'importation (d'un montant de 60 millions d'Euros),

Signalons également que l'auto-provisionnement en semences représenterait un taux variant entre 10 et 20% de la production locale, ce volet ne concernant que la tranche d'arrière-saison et une partie de la tranche primeur.

I.9.2.1 Principales wilayas productrices de la pomme de terre en Algérie :

La superficie occupée par les cultures maraîchères varie chaque année entre 380.000 et 400.000 ha, dont 100.000 à 130.000 ha emblavés en pommes de terre, soit 26% de la superficie maraîchère totale.

(MADR, 2010).

Il est à relever aussi que l'on assiste, depuis quelques années, à l'augmentation de cette culture par l'occupation de nouvelles zones où elle était pratiquement inconnue

- **Primeur** : Boumerdes, Tipaza, Skikda, Alger, Mostaganem, Tlemcen
- **Saison** : Ain-defla, Mascara, Mila, Souk ahras, Boumerdes, Mostaganem, Sétif, Tizi ouzou, Tiaret, M'sila, Tlemcen, Batna, Chlef, Bouira, El-oued.
- **Arrière-saiso**: Ain-defla, Mascara, Guelma, Chlef, El oued, Tlemcen, Mostaganem, Djelfa

I.9.2.2 Les principales variétés cultivées en Algérie

Cent vingt variétés sont inscrites au catalogue algérien des espèces et variétés cultivées. Cette inscription est obligatoire pour leur commercialisation. Elle est précédée de deux ans au cours desquels sont évalués les caractères d'utilisation, le rendement, le comportement vis-à-vis des parasites par le service de Contrôle et certification des semences et plants CNCC. Les principales variétés cultivées en Algérie sont : Spunta (à chair blanche), Désirée (à chair rouge), Bartina, Lisita.

Tableau N° 05 : Principales variétés de pomme de terre cultivées en Algérie

Variétés rouges	Variétés blanches
Brentina Amorosa Cardinal Condor Désirée Cléopatra Resolie Thalassa	Safran Spunta Diamant Sahel Lola Appolo Ajax Yesmina

Tableau N°06 : Production des pommes de terre des wilayas d'Algérie (de primeurs et de saison) (DSA, 2015)

Wilayas	PRIMEURS			SAISON		
	Superficie (ha)	Production (QX)	Rendement qx/ha	Superficie (ha)	Production (QX)	Rendement qx/ha
1 ADRAR	296	44 325	150,0	15	2 580	177,9
2 CHLEF	0	0	0	2 188	712 000	325,4
3 LAGHOAT	0	0	0	2 052	584 800	285,0
4 O.E.BOUAGHI	0	0	0	243	74 429	306,0
5 BATNA	0	0	0	2 309	281 100	121,7
6 BEJAIA	41	7 020	171,2	236	54 727	231,7
7 BISKRA	46	8 800	191,3	0	0	0
8 BECHAR	0	0	0	32	5 760	180,0
9 BLIDA	0	0	0	769	324 760	422,3
10 BOUIRA	0	0	0	3 379	1 255 779	371,7
11 TAMANRASSET	0	0	0	30	4 613	153,8
12 TEBESSA	0	0	0	1 200	408 000	340,0
13 TLEMCEEN	80	20 000	250,0	4 000	1 469 000	367,3
14 TIARET	0	0	0	3 581	1 038 104	289,9
15 TIZI-OUZOU	109	18 050	165,6	500	105 529	211,1
16 ALGER	457	137 130	300,1	1 025	445 110	434,3
17 DJELFA	0	0	0	1 784	384 580	215,6
18 JIJEL	133	19 548	146,9	369	73 800	200,0
19 SETIF	0	0	0	2 219	618 006	278,5
20 SAIDA	0	0	0	1 479	427 990	289,5
21 SKIKDA	950	185 250	195,0	3 604	1 081 261	300,0
22 S.B.ABBES	0	0	0	1 778	494 460	278,1
23 ANNABA	3	0	0,0	47	14 830	315,5
24 GUELMA	0	0	0	468	154 265	329,6
25 CONSTANTINE	0	0	0	357	90 230	252,7
26 MEDEA	0	0	0	1 233	364 305	295,5
27 MOSTAGANEM	482	120 500	250,0	9 213	2 988 920	324,4
28 M'SILA	0	0	0	350	98 000	280,0
29 MASCARA	0	0	0	7 095	2 651 880	373,8
30 OUARGLA	0	0	0	154	45 550	295,8
31 ORAN	0	0	0	224	53 584	239,2
32 EL-BAYADH	0	0	0	391	88 125	225,2
33 ILLIZI	1	218	150,0	0	0	0
34 B.B.ARRERIDJ	0	0	0	99	26 170	264,3
35 BOUMERDES	1 200	324 000	270,0	1 890	544 934	288,3
36 EL-TARF	85	27 000	317,6	275	89 500	325,5
37 TINDOUF	0	0	0	0	0	0
38 TISSEMSILT	0	0	0	63	8 040	127,6
39 EL-OUED	0	0	0	11 000	3 850 000	350,0
40 KHENCHELA	0	0	0	106	13 500	128,0
41 SOUK-AHRAS	0	0	0	700	196 000	280,0
42 TIPAZA	789	159 600	202,4	1 160	440 140	379,4
43 MILA	0	0	0	1 715	679 964	396,5
44 AIN-DEFLA	0	0	0	11 650	3 634 580	312,0
45 NAAMA	0	0	0	413	72 086	174,5
46 A.TEMOUCHENT	71	19 250	271,1	162	46 200	285,2
47 GHARDAIA	0	0	0	12	4 560	380,0
48 RELIZANE	0	0	0	3 031	872 930	288,0
TOTAL ALGERIE	4 743	1 090 690	230,0	84 599	26 874 681	317,7

Tableau N°07 : Production des pommes de terre des wilayas d'Algérie (d'arrière-saison et Total) (DSA, 2015)

WILAYA	ARRIERE SAISON			TOTAL		
	Superficie (ha)	Production (QX)	Rendement qx/ha	Superficie (ha)	Production (QX)	Rendement qx/ha
1 ADRAR	0	0	0	310	46 905	151,3
2 CHLEF	2 223	560 040	251,9	4 411	1 272 040	288,4
3 LAGHOuat	156	39 000	250,0	2 208	623 800	282,5
4 O.E.BOUAGHI	122	15 170	124,9	365	89 599	245,6
5 BATNA	604	178 850	296,1	2 913	459 950	157,9
6 BEJAIA	65	11 100	170,8	342	72 847	212,9
7 BISKRA	116	25 520	220,0	162	34 320	211,9
8 BECHAR	61	12 372	202,8	93	18 132	195,0
9 BLIDA	30	4 530	151,0	799	329 290	412,1
10 BOUIRA	2 820	830 270	294,5	6 198	2 086 049	336,6
11 TAMANRASSET	29	6 001	206,9	59	10 614	179,9
12 TEBESSA	0	0	0	1 200	408 000	340,0
13 TLEMCEM	2 600	618 000	237,7	6 680	2 107 000	315,4
14 TIARET	1 733	469 633	270,9	5 314	1 507 737	283,7
15 TIZI-OUZOU	278	52 498	188,8	887	176 077	198,5
16 ALGER	136	40 960	301,2	1 618	623 200	385,2
17 DJELFA	800	151 220	189,0	2 584	535 800	207,4
18 JJEL	48	6 770	141,0	550	100 118	182,0
19 SETIF	73	16 370	225,1	2 292	634 376	276,8
20 SAIDA	519	112 650	217,1	1 998	540 640	270,7
21 SKIKDA	831	155 450	187,1	5 385	1 421 961	264,1
22 S.B.ABBES	555	127 150	229,1	2 333	621 610	266,4
23 ANNABA	20	5 000	250,0	70	19 830	283,3
24 GUELMA	1 240	389 665	314,2	1 708	543 930	318,5
25 CONSTANTINE	95	21 440	225,7	452	111 670	247,1
26 MEDEA	968	207 880	214,8	2 201	572 185	260,0
27 MOSTAGANEM	3 665	844 200	230,3	13 360	3 953 620	295,9
28 M'SILA	250	75 000	300,0	600	173 000	288,3
29 MASCARA	5 268	1 136 120	215,7	12 363	3 788 000	306,4
30 OUARGLA	1 512	442 828	292,9	1 666	488 378	293,2
31 ORAN	60	21 830	363,8	284	75 414	265,5
32 EL-BAYADH	565	128 430	227,3	956	216 555	226,5
33 ILLIZI	2	338	150,0	4	555	150,0
34 B.B.ARRERIDJ	26	4 230	162,7	125	30 400	243,2
35 BOUMERDES	443	122 080	275,6	3 533	991 014	280,5
36 EL-TARF	100	24 000	240,0	460	140 500	305,4
37 TINDOUF	9	1 275	141,7	9	1 275	141,7
38 TISSEMSILT	77	9 270	121,2	140	17 310	124,1
39 EL-OUED	22 000	7 040 000	320,0	33 000	10 890 000	330,0
40 KHENCHELA	20	3 300	165,0	126	16 800	133,9
41 SOUK-AHRAS	0	0	0	700	196 000	280,0
42 TIPAZA	800	188 125	235,2	2 749	787 865	286,7
43 MILA	161	48 944	304,0	1 876	728 908	388,5
44 AIN-DEFLA	10 232	2 562 450	250,4	21 882	6 197 030	283,2
45 NAAMA	204	39 760	194,9	617	111 846	181,3
46 A.TEMOUCHENT	70	20 750	296,4	303	86 200	284,5
47 GHARDAIA	90	24 300	270,0	102	28 860	282,9
48 RELIZANE	2 297	635 630	276,8	5 328	1 508 560	283,2
TOTAL ALGERIE	63 971	17 430 399	272,5	153 313	45 395 769	296,1

I.9.2.3 La pomme de terre à Mostaganem :

Nous pouvons dire que la pomme de terre c'est la culture dominante à la wilaya de Mostaganem d'après les statistiques mentionnés dans les tableaux (N°07 et N°08) (DSA 2015). D'après (SARL Benzaza) l'Algérie importe environ 100000t de Pomme de terre auxquelles 83000t sont rentrés à partir du port de Mostaganem ces chiffres sont par rapport à la saison 2015-2016

Tableau N° 08 : La production de la pomme de terre de la wilaya de Mostaganem de l'année 2015-1016 (DSA, 2017)

Année	Surface (ha)	Production (qtx)	Rendement (qtx/ha)
2015-2016	13400	4020000	300

II. Agent Pathogène

II.1. Généralités

Le nom *Fusarium* est donné à un genre de champignons imparfaits (Deutéromycètes), qui comprend plus de 100 espèces. Les formes parfaites (téléomorphes) de quelques-unes d'entre elles sont connues, et appartiennent à la classe des Ascomycètes (ordre des Hypocréales, famille des Nectriacées, genres *Gibberella*, *Albonectria*, et *Haematonectria*). Pour plusieurs espèces de *Fusarium*, le stade parfait demeure encore inconnu.

Sur le plan économique, le genre *Fusarium* est très important parce qu'il regroupe beaucoup d'espèces phytopathogènes, susceptibles d'induire des maladies (fusarioses) chez de nombreuses plantes. Les espèces du genre *Fusarium* peuvent ainsi attaquer les céréales (maïs, blé, orge, avoine), les légumes, les plantes ornementales et beaucoup d'arbres fruitiers. La majorité des espèces de *Fusarium* sont susceptibles de produire des mycotoxines et sont ainsi impliquées dans des intoxications chez les animaux d'élevage (Nelson et al, 1983).

Le genre *Fusarium* tire son nom du latin *fusus* car ses spores sont en forme de fuseau. La première et véritable description du genre *Fusarium* a été réalisée par Link en 1809, ce dernier a créé le genre pour des espèces présentant des spores cloisonnées, fusiformes, formées sur des stromas; ses descriptions sont basées de l'observation d'un « *Fusarium roseum* », mais aujourd'hui l'espèce type est *F. sambucinum*.

II.2 Morphologie et identification en culture

Le principal caractère morphologique des *Fusarium* est la présence de macro-conidies fusiformes et cloisonnées. Mais, les champignons du genre *Fusarium* présentent une grande diversité et variabilité en culture, leur identification et leur classification sont donc assez délicates.

Il est important de préciser que la détermination d'une espèce se base sur de nombreux critères et non pas simplement sur la morphologie des macros et micro-conidies. Les principaux caractères utilisables sont :

2.1 Macroscopiquement

Sur plusieurs milieux, le thalle des *Fusarium* donne un mycélium plus ou moins aérien. De couleur rarement blanche ou crème, il peut être plus souvent de coloration vive: rose, rouge ou violet. Chez certaines espèces les conidiophores sont regroupés et forment des

coussinets (sporodochies) sur le thalle. Les conidies peuvent former une masse d'aspect graisseux (pionnotes) sur les coussinets ou sur l'ensemble du thalle.

2.2 Microscopiquement

Les espèces de *Fusarium* se différencient essentiellement sur la forme de leurs macroconidies. Ce caractère est complété par la présence ou l'absence de chlamydospores ainsi que par la présence, l'absence ou la forme des microconidies. L'étude des phialides peut s'avérer utile voire indispensable.

- Macroconidies (nombre de loges, forme peu ou pas incurvée, forme de la cellule basale):

Ce sont des spores pluricellulaires fusiformes plus ou moins courbées. La cellule apicale est plus ou moins crochue et la cellule basale est pédicellée. Elles peuvent être absentes et dans ce cas on risque de confondre le genre *Fusarium* avec le genre *Acremonium*.

- Microconidies (formes, abondance): Les microconidies sont dispersées parmi le mycélium, elles sont de petite taille par rapport aux macroconidies et sont le plus souvent constituées d'une (parfois deux) cellule(s) de forme(s) variable(s) (fusiformes, piriformes, ellipsoïdes, ovoïdes ou subglobuleuses).
- Chlamydospores (présence ou absence et disposition):

Certaines espèces n'en produisent jamais. Les chlamydospores peuvent être terminales, ou intercalaires, isolées ou en groupes ou en chaînes.

- Phialides (monophialides, polyphialides) :

Elles sont portées par l'extrémité du conidiophore; elles sont étroites plus ou moins effilées. A ces structures, on peut ajouter pour les espèces qui possèdent des téléomorphes (rarement observés)

- Ascocarpe :

C'est un périthèce, formation close, s'ouvrant par un ostiole, plus ou moins en forme de bouteille.

- Asques et ascospores :

Les asques formés sur l'hyménium sont cylindriques, uni-tuniqués à apex indifférencié. Les ascospores sont ellipsoïdes à fusiformes généralement tétra-cellulaires dans le genre *Gibberella* ou naviculées et généralement bicellulaires dans le genre *Nectria* (Mclean, et Walker, 1941).

II.2 Classification

Les *Fusarium* sont les formes asexuées de plusieurs espèces d'Ascomycètes. Leur position systématique est :

Règne..... *Fungi*
Division..... *Ascomycota*
Subdivision..... *Pezizomycotina*
Classe..... *Sordariomycetes*
Sous classes *Hypocreales*
Ordre..... *Nectriaceae*
Genre..... *Fusarium*

La classification des *Fusarium* a longtemps été basée sur leurs caractères morphologiques, le principal caractère étant la présence de macro-conidies fusiformes et cloisonnées.

A l'heure actuelle nous utilisons principalement un classement dérivé de celui de Nelson *et al.* (1983) lesquels regroupent les *Fusarium* dans 15 sections. Ce classement a été amendé par Burgess *et al.* (1994), puis par d'autres chercheurs grâce à l'utilisation des techniques de biologie moléculaire (Leslie et Summerell, 2006). Ces techniques ont permis notamment de reclasser certaines variétés dans de nouvelles espèces (Carter *et al.*, 2000; Aoki et O'Donnel, 1999 ; Benyon *et al.*, 2000)

II.4. Description des espèces du genre *Fusarium*

Il est difficile de différencier les différentes espèces de champignon qui causent la fusariose vasculaire même en culture pure. Le *Fusarium solani* f.sp. *eumartii* produit un mycélium clairsemé, des sporodochies brun pâle, des macroconidies à trois ou quatre cloisons, qui sont presque droites dans leur moitié inférieure et légèrement incurvées dans leur supérieure, et parfois des microconidies. Il est particulièrement facile d'isoler les espèces de *Fusarium* responsables de trachéomycoses à partir de racines infectées et de la partie inférieure des tiges. On isole rarement le *Fusarium solani* f. sp. *eumartii* et le *F. oxysporum* partir de tissus de tubercules brunis (McClean et Walker, 1941).

II.5 Cycle évolutif

Les agents de la fusariose vasculaire peuvent demeurer dans le sol pendant de nombreuses années et sont propagés par des semences infectés. Les rotations habituelles de trois à quatre années peuvent ne pas se révéler très efficaces pour réduire le niveau d'inoculum

tellurique dans les champs lourdement contaminés. Le flétrissement est particulièrement fréquent lorsqu'un temps très chaud et sec impose un stress aux plants de pommes de terre.

L'infection des racines peut avoir lieu à des températures inférieures à 20°C, mais les champignons de la fusariose vasculaire sont plus actifs lorsque la température du sol est plus élevée. La culture intensive de la pomme de terre dans des sols infectés conduit à une accumulation des agents de la fusariose vasculaire et finit par rendre le terrain inutilisable pour la production de pommes de terre (Hwang et Evans, 1985).

II.6 Fusariose vasculaire de la pomme de terre (pourriture fusarienne)

De nombreuses espèces de *Fusarium* peuvent causer un flétrissement chez la pomme de terre. : *Fusarium avenaceum*, *Fusarium oxysporum* Schlechtend, *Fusarium solani* (Mart.) Sacc et *Fusarium solani* f. sp. *eumartii* (C. Carpenter) Snyder et Hans.

La pomme de terre est le seul hôte connu du *F. solani* f. sp. *eumartii*; les autres espèces attaquent de nombreuses autres plantes.

Les symptômes induits par les quatre espèces de *Fusarium* responsables de trachéomycoses sont semblables. Les tubercules présentent des taches superficielles, des nécroses, y compris le brunissement et la pourriture du talon, et un brunissement des tissus vasculaires. Le brunissement des tissus vasculaires peut ne pas être visible lors du calibrage, mais il réduit de façon notable la qualité marchande. L'infection entraîne généralement le flétrissement et la mort prématurée des feuilles et des tiges, souvent une tige à la fois.

Le brunissement des tissus vasculaires et la pourriture du cortex s'observent habituellement dans les parties inférieures des tiges et dans les racines. D'autres symptômes peuvent inclure la chlorose, le jaunissement ou le brunissement des feuilles; le feuillage demeure en rosette végétative et prend une teinte rouge violacé alors que des tubercules se forment à l'axe des feuilles.

La fusariose vasculaire et la verticilliose, qui causent des symptômes foliaires semblables, peuvent être confondues. Cependant, les symptômes d'infection interne des tiges sont généralement importants dans le cas de la fusariose vasculaire, alors que, dans celui de la verticilliose, ils sont confinés au système vasculaire (Emmond et Ledingham, 1972).

Les espèces de *Fusarium* sont parmi les champignons telluriques les plus agressifs responsables des flétrissements et des pourritures racinaires chez de nombreuses espèces végétales cultivées (Randy, 2006)

II.7 Moyens de Luttés

II.7.1 Pratiques culturales

Les producteurs doivent utiliser des pommes de terre de semence saines et cultiver ces plantes dans des sols où l'on pratique une rotation appropriée des cultures avec les céréales, les graminées et les fourrages. On recommande d'éviter de laisser du sol, des tubercules ou des résidus de plantes infectées sur la machinerie pour ne pas contaminer les champs sains.

L'enfouissement des fanes infectées favorise la décomposition rapide des résidus et diminue la survie des *Fusarium* (Goss, 1940)

II.7.2 Lutte chimique

Le traitement des tubercules à l'aide de fongicides contribue à réduire les niveaux d'inoculum sur les tubercules et à protéger les semences aux contre une infection provenant du sol, surtout si des tubercules fraîchement tranchés sont utilisés pour la plantation (Goss, 1940)

III. Généralités sur Marrube Blanc

Le genre *Marrubium* comporte quelque 40 espèces, répandues principalement le long de la méditerranée, les zones tempérées du continent eurasiatique et quelques pays d'Amérique Latine (Rigano, 2006, Meyre, 2005). Le genre *Marrubium* est muni d'un calice à 10 dents, dont les 5 commissurales plus courtes, toutes terminées en pointe épineuse. C'est un Arbuste à tiges et face inférieure des feuilles blanches tomenteuses. Les inflorescences sont en glomérules verticillés. Les bractées sont linéaires aigues. Les fleurs sont blanches.

En Algérie, on retrouve 6 espèces différentes au sein de ce même genre : *Marrubium vulgare*, *Marrubium supinum*, *Marrubium peregrinum*, *Marrubium alysson*, *Marrubium alyssode Pomel* et *Marrubium deserti* de Noé : (Quezel et Santa, 1963).

Le Marrube vulgaire (Marrube blanc) est un Arbuste, d'aspect blanchâtre très rameux, à poils laineux appliqués, a feuilles petites en coin à la base et portant quelque dents au sommet, fleurs en petites glomérules à l'aisselle des paires de feuilles, corolle petite par rapport au calice tubuleux, celui-ci s'accroissant considérablement par sa partie supérieure en formant autour du fruit une auréole membraneuse (Ozenda, 2004).

En Algérie, il est connu par le nom Marriouth (Quezel et Santa, 1963), Merrîwt au Maroc (Bellakhdar, 1997), Marroubia en Tunisie (Boukef, 1986). En Anglais : Harehound, en Italien : Marrubio. Selon (Bonnier, 1909), le Marrube est composé de deux mots: mar, rob, suc amer.

III.1 Classification Botanique :

Selon Judd et al. (2002) la position systématique de l'espèce *Marrubium vulgare* est :

Règne	Végétale
Embranchement <i>Angiosperme</i>
Classe <i>Eudicotylédones</i>
Sous-classe <i>Gamopétale</i>
Ordre <i>Lamiales</i>
Famille <i>Lamiacées</i>
Genre <i>Marrubium</i>
Espèce..... <i>Marrubium vulgare</i> L.
Genre <i>Marrubium</i>

III.2 Description morphologique:

Le marrube blanc est une plante herbacée vivace pouvant atteindre 80 cm de hauteur, à tige quadrangulaire cotonneuse.

Les feuilles pétiolées, ovales ou arrondies, à limbe crénelé sur les bords sont blanchâtres et duveteux sur la face inférieure.

Les fleurs petites, blanches, avec un calice à dents crochues sont groupées en verticilles globuleux à l'aisselle des feuilles.

Le fruit est un tétra-akène. Toute la plante dégage une odeur forte, sa saveur est âcre (qui irrite les organes du goût et de l'odorat) et amère (Aouadhi, 2010).



Figure 3 : La plante Marrube blanc (Anonyme 3, 2017)

III.3 Répartition géographique :

Cette plante est commune dans toute l'Algérie au Maroc et en Tunisie, et presque dans toute l'Europe en dehors de l'extrême Nord. Elle pousse au Sud-Ouest de l'Asie et aux Canaries, en Australie et New Zélande (Baba aissa, 1999). Elle est naturalisée en Amérique du Nord et en Amérique du Sud (Bonnier, 1909).

III.4 Utilisation traditionnelle

Le marrube blanc est prescrit dans le traitement des difficultés respiratoires, des bronchites, des bronchectasies, des bronchites asthmatiformes des toux sèches et de la coqueluche. Il fluidifie les mucosités. La décoction est employée comme antidiabétique (Bellakhdar, 1997).

Le *Marrubium vulgare* est indiqué pour les dermatoses, eczéma chronique, hystérie (Valnet, 1983).

C'est une plante amère à caractère salin et ne peut donc pas être toléré s'il y a une gastroentérite ou des situations de nausées ou de vomissements ou encore en cas de dyspepsie (Aouadhi, 2010).

III.5. Composition chimique

On y trouve des diterpènes amers de la série des furanolabdanes et surtout des composés de lactones : marrubiine principalement et son précurseur préfuranique, la prémarrubiine, mais aussi du pérégrinol, du vulgarol, du marrubénol et du marrubiol.

Il y a également des Hétérosides flavoniques du quercétol, de la lurtéoline ou de l'apigénine, mais aussi des lactoylflavones, et quelques dérivés de l'acide ursolique.

En outre il y a des tanins spécifiques des Lamiacées et dérivés de l'acide hydroxycinnamique (juste à 7%) (Acide chlorogénique, caféique, caféylquinique, mais absence d'acide rosmarinique).

Toutefois la présence d'une faible quantité d'huiles essentielles comportant différents composés monoterpéniques (moins de 1% : \pm -pinène, camphène, lomonène) (Wichtl et Anton, 2003).

I. Matériels et Méthodes

I.1 Objectif de l'étude :

Notre étude traite deux parties; La première est l'étude de l'effet de quelques facteurs abiotiques sur la croissance mycélienne et la sporulation de deux isolats de *Fusarium sp.*;

La seconde vise l'évaluation de l'effet d'un extrait méthanoïque de *Marrabium vulgare*

- *In vitro* : sur la croissance mycélienne et la sporulation des deux isolats de l'agent pathogène *Fusarium sp.*
- *In vivo* : Test de pathogénicité par l'agent pathogène *Fusarium sp.*, sur des tubercules et sur les plants de Pomme de Terre

I.2 Matériels et méthodes

I.2.1. Matériel biologique :

Deux isolats de *Fusarium sp.* ; isolés à partir de tubercules de pomme terre de semences infectés. Ces derniers sont issus d'une culture de la région d'Ain-Nouissi, stocké a température de (2 à 4 C°). il faut noté qu'elles sont de la variété Spunta (variété blanche). L'échantillonnage a été fait d'une manière aléatoire, directement du lieu de stockage des semences.

I.2.2. Isolement :

Des morceaux du contour de la zone infectée sont découpés, ensuite désinfecté avec de hypochlorite de sodium à 2% pendant 2 minutes, ensuite rincer (3 fois successifs), avec l'eau distillé stérile. Après séchage sur du papier buvard stérile, l'ensemencement est effectuée sur des boites de Pétrie contenant du milieu PDA à raison de 4 a 5 explants par boite (Saiah, 1996).

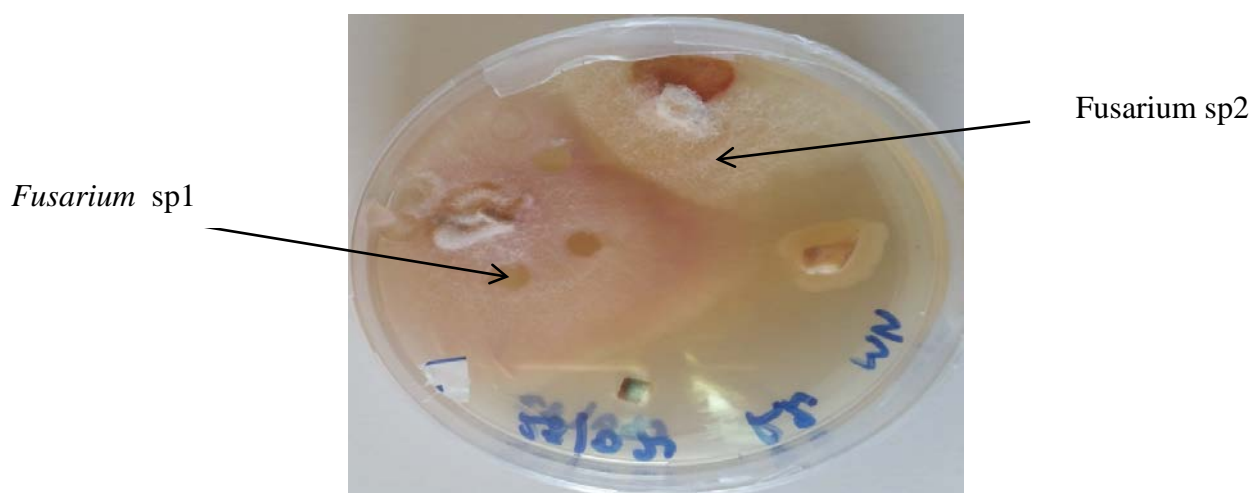


Figure N° 05 : les isolats obtenus sur milieu PDA, après Incubation

I.2.3 Purification et Conservation des Isolats :

Après l'isolement on obtient deux isolats différents de champignons du genre *Fusarium sp* et on va le purifié dans des boîtes Pétrie pour y avoir des souches pure et les conservés dans des tubes à essai contient un milieu de culture incliné (Saiah F, 1996).

I-3-Etude de l'influence de quelques facteurs abiotiques sur le comportement « *in vitro* » de *Fusarium sp*.

I-3-1- Influence de quelques milieux de culture

I-3-1-1- Choix des milieux de culture

Le choix des milieux de culture pour tout parasite dépend de ses exigences nutritionnelles (Rappily, 1969). Nous avons testé les deux isolats de *Fusarium sp* sur différents milieux, afin de déterminer le milieu nutritif le plus favorable en estimant la croissance mycélienne et la sporulation sur chaque milieu. Quatre milieux sont retenus: P.D.A, P.E.A, MALT, GZAPEC. Les compositions respectives de ces milieux sont présentées en (Annexe 01).

I-3-1-2- Méthode

Après stérilisation et répartition des milieux dans des boites de Pétri à raison de 15ml par boite, l'ensemencement se réalise avec des explants de 5 mm de diamètre, prélevés de la périphérie d'une culture âgée de 15 jours, à l'aide d'un emporte-pièce stérile. Ces explants sont déposés au centre de la boite de Pétri. Trois répétitions sont retenues pour chaque isolat et chaque milieu.

Les 24 boites sont déposées à l'obscurité dans l'incubateur à 25°C. L'expérience s'achève lorsque l'une des boites est complètement recouverte. Des observations sur les caractères cultureux sont effectuées parallèlement aux mensurations.

Pour l'estimation de la croissance mycélienne, la technique employée est celle décrite par Brewer (1960) et Leach (1962) in Loubelo (1992), qui consiste à mesurer la croissance linéaire et diamétrale des colonies en les appliquant à la formule suivante:

$$L = \frac{D - d}{2}$$

D'où :

L : croissance mycélienne

D : diamètre de la colonie

d : diamètre de l'explant

Afin d'établir la vitesse de croissance en fonction du temps, des mesures journalières du diamètre de la colonie sont effectuées (Rappily, 1969).

Alors que la sporulation est estimée par la méthode décrite par Kaiser (1972) in Saiah (1996) qui consiste à broyer et macérer dans 10 ml d'eau distillée stérile, une culture âgée de 24 jours. Après agitation et filtration sur mousseline fine stérile, afin de retenir des fragments mycéliens, la numération des spores se fait à l'aide de la cellule Mallassez.

I-3-2- Influence de la température

Pour l'étude de l'influence de la température sur le développement de nos isolats, on a retenu le milieu P.E.A, qui a assuré la meilleure croissance mycélienne et une sporulation abondante.

La gamme de températures étudiées est, 20°C, 22°C et 25°C, 30°C, 35°C. Les étapes de l'estimation de la croissance mycélienne et la sporulation sont identiques à celle employées dans le test des milieux de cultures.

I-3-3- Influence de l'humidité relative

Pour cette étude, il convient de préparer différents niveaux d'humidité par la méthode Loubelo (1992). Le tableau 07, récapitule les différentes gammes d'humidités étudiées.

Tableau 10 : Quantité de produit à utiliser Loubelo (1992).

Produit utilisés	Poids du produit (g)	Quantité d'eau distillée (ml)	Humidité relative (%)
Hydroxyde de potassium (KOH)	100	100	14
	50	100	50
Chlorure de sodium (NaOH)	32	100	80
	0	100	100

Après la préparation du milieu P.E.A, on le répartit dans des boites de Pétri et ensemence par la suite des explants de 5 mm de diamètre; les boites sont retournées, couvercle en bas 10 ml de chaque concentration y est versée de façon à avoir 3 boites par concentration pour chaque isolat, c'est-à-dire par niveau d'humidité.

Les mesures de la croissance mycélienne et l'estimation de la sporulation sont identiques à celle décrites dans l'étude des milieux de culture

I-3-4- Influence du pH

Dans le but d'apprécier le pH sur la croissance mycélienne et la sporulation des deux isolats de *Fusarium* sp., on a essayé une gamme de pH 5.7.8.9 selon la méthode décrite par (Soloman,1951) in Loubelo (1992). Pour cela on a préparé le milieu P.E.A qu'on a répartit dans des erlenmeyers de 100ml, où on a ajouté des quantités de HCL (4 N) et NaOH (4 N) selon le tableau 11.

Tableau 11 : Quantité d'Hcl et de NaOH nécessaire pour obtenir la gamme **Loubelo (1992))**.

Valeur du pH	Hcl (4N) ml	NaOH (4 N) ml
5	0	0
7	0	4
8	0	5
9	0	6

Pour obtenir les valeurs de pH correspondant, chaque pH obtenu est contrôlé à l'aide d'un pH mètre pour une éventuelle correction. Après autoclavage des milieux tamponnés, on a suivi les mêmes étapes pour l'évaluation de la croissance mycélienne et la sporulation que celle du test des milieux de culture.

I-3-5 Influence d'obscurité et lumière :

Dans le but de connaître les conditions favorables du développement des deux isolats de *Fusarium* sp. Ce test est réalisé afin de comparé la croissance mycélienne et la sporulation de 3 niveaux de la lumière (obscurité, lumière et alternance). 3 boites pour chaque niveau sont incubées à 25°C. Dans l'étuve ou l'on a effectué le test lumière, les boites sont exposées à une lumière blanche, ceux soumis à l'obscurité sont couvertes de papier aluminium. Alors que ceux de l'alternance, elles sont exposées à 18h en lumière et 18h à l'obscurité. Les mesures de la croissance mycélienne et l'estimation de la sporulation sont identiques à celle décrites dans l'étude des milieux de culture.

I-4- Préparation de l'extrait méthanoïque de *Marrabium vulgare*

I-4-1- Matériel végétal

Les feuilles de sauge (*Marrabium vulgare*) constituent le matériel végétal utilisé comme source de métabolites, utilisé pour évaluer un éventuel effet inhibiteur de la croissance mycélienne et sporulation de *Fusarium* sp. (Figure 06). Les échantillons proviennent du commerce, de la région d'Adrar, elles sont séchées à l'étuve à 35°C, puis conservés à l'abri de la lumière et de l'humidité.



Figure N°06: Tiges et Feuilles séchées du Marrube Blanc (Originale, 2017).

I-4-2- Procédés d'extraction

I-4-2-1- Extraction par le dispositif Soxhlet

L'extraction des composés phénoliques est réalisé en utilisant le dispositif Soxhlet (Planche 1), un échantillon de 4g de poudre sèche est placé dans un récipient contenant 40 ml d'éther de pétrole, et laissé sous agitation à la température ambiante. Le mélange est ensuite transféré dans une cartouche en papier filtre épais pour enfin être placées dans le réservoir de l'extracteur Soxhlet. Au cours du premier cycle d'extraction le solvant (600 ml de méthanol) contenant la matière à extraire retourne dans le ballon par déversements à travers le siphon situé dans le coude latéral. Après plusieurs cycles successifs d'extraction en continu, l'extrait récupéré est concentré par évaporation à sec à une température de 40°C à l'aide d'un rota-vapeur (Planche 1), le résidu est récupéré avec du Tween à 80% (Jordan et *al*, 2009).

L'opération est répétée plusieurs fois dans le but d'avoir un volume suffisant pour effectuer le test "*in vitro*" prévus. L'extrait obtenu est conservé à l'obscurité à 4°C.



Figure N°07 : Dispositifs d'extraction (Originale, 2017).

A : Montage Soxhlet

B : Montage rota-vapeur

I-4-2-2- Préparation des dilutions des composés phénoliques

L'extrait est solubilisé dans des volumes variables d'eau distillée stérile en vue d'obtenir un mélange homogène à différentes concentrations (0% (témoin), 5%, 10%, 25%, 50%, 75% 100% (extrait pure) et Tween 80% (comme témoin positif).

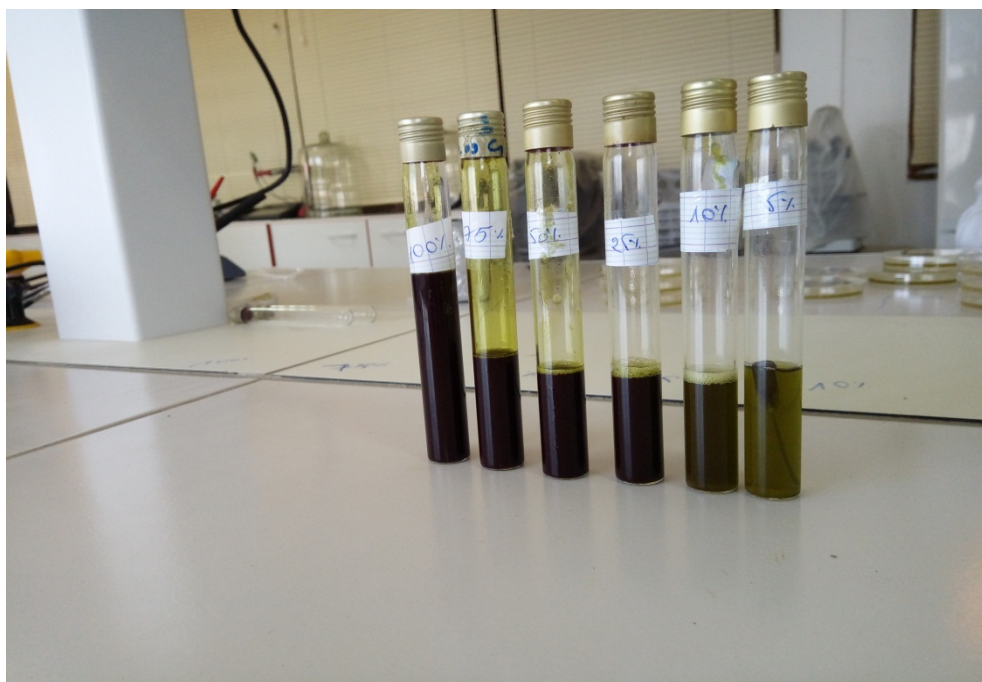


Figure N°08: Dilution du composé phénolique

I-5- Evaluation de l'activité antifongique "in vitro" de l'extrait méthanoïque de *Marrabium vulgare* vis-à-vis *Fusarium* sp.

1 ml de chaque dilution de l'extrait méthanoïque est ajouté aseptiquement à 10 ml de milieu de culture P.E.A. Après solidification, chaque boîte est inoculée à l'aide d'un disque mycélien de 0,5cm de diamètre provenant du front de croissance des cultures âgés de deux semaines. Les boîtes sont incubées à 25°C comme une température favorable obtenue des résultats du test d'influence de la température, trois répétitions sont retenues pour chaque concentration.

I-5-1- Action sur la croissance mycélienne :

L'estimation de la croissance mycélienne est identique à celle utilisé pour les tests pour étudier l'effet des facteurs abiotiques sur le comportement *in vitro* des isolats de *Fusarium* sp.

I-5-1-1- Evaluation du taux d'inhibition de la croissance mycélienne

Les résultats obtenus à partir de l'estimation de la croissance mycélienne sont exprimés en pourcentage (%) par rapport à la croissance mycélienne du témoin selon la formule de (Doubouya *et al*, 2012.)

$$Ti \% = [(DT - D) / DT] \times 100 \quad \text{Où :}$$

Ti % : taux d'inhibition de la croissance mycélienne

DT : diamètre moyenne de la croissance mycélienne du champignon (en cm) dans la boîte pétri sans extrait (témoin)

D : diamètre moyenne de la croissance mycélienne du champignon dans la boîte pétri qui contient la dilution préparée.

I-5-1-2- Evaluation du taux d'inhibition de la sporulation

La sporulation est estimée selon la méthode décrite par **Kaiser (1972)** dans **Saiah (1996)** qui consiste à broyer et à macérer dans 10 ml d'eau distillée stérile, une culture le dernier jour du test de l'évaluation de la croissance mycélienne. Pour notre cas la culture est âgée de 10 jours. Après agitation et filtration sur mousseline fine stérile, afin de retenir les fragments mycéliens, la numération des spores se fait à l'aide d'une cellule de Mallassez.

Le pourcentage d'inhibition de la sporulation (PIs%) par rapport au témoin, est calculé comme suit :

$$\text{PIs}\% = [(N0 - NC) / N0] \times 100 \quad \text{Où :}$$

PIs% : pourcentage d'inhibition de la sporulation (%).

N0 : nombre de spores estimées chez le témoin.

NC : nombre de spores estimées en présence de l'extrait

I.6 Test de pathogénicité

Le test de pathogénicité a été effectué sur des tubercules de pomme de terre et en même temps sur plantules de pomme de terre pour apprécier les symptômes aériens de la maladie

I.6.1 Inoculation

Après repiquages sur milieu PEA les deux isolats et après incubation (2 à 3 semaines), les suspensions de spores sont obtenues par grattage de la colonie à l'aide d'un scalpel en présence d'eau distillée stérile. La suspension ainsi préparée et filtrée sur mousseline et la concentration est ajustée à 10^6 spores/ml à l'aide de la cellule de Mallassez (Mas, 1973).

Les tubercules utilisés pour le test sont destinés à la consommation, ces derniers sont inoculés par injection de la suspension conidienne et laissés au niveau laboratoire à température ambiante.

La deuxième technique d'inoculation est celle décrite par (Lechappe et *al.*, 1988), qui consiste à mettre en pot des plants de pomme de terre de la variété Spunta. Lorsque ces derniers sont âgés de 2 mois, ils sont inoculés par injection de la solution conidienne à l'aide d'une seringue au niveau du collet. 3 plants sont retenus pour chaque isolat. 3 plants en guise de témoin sont inoculés par de l'eau distillée stérile.

I.6.2 Notation des symptômes

Les plantes inoculées sont observées quotidiennement la lecture finale des résultats intervient le 20ème jour après inoculation.

Selon le système de notation décrit par (Lechappe et *al.*, 1988), après lavage des racines, ces dernières sont réparties en 05 classes en fonction de l'importance des symptômes sur le collet et le système racinaire l'affection d'un coefficient à classe (0-0,25-0,50-0,75- 1) permet le calcul d'un indice pathologique (IP) qui traduit l'importance de la maladie :

$$IP = \sum_{i=1}^{i=4} \frac{Ni Ci}{N} \times 100$$

N_i : nombre de plantes dans la classe i ;

C_i : coefficient attribué à la classe i ;

N : nombre totale des plantes.

Analyse statistique

Le traitement de toutes les données "*in vitro*" a été réalisé à l'aide de Microsoft Office Excel pour le classement des données brutes et pour l'élaboration des graphes. L'analyse de variance et la comparaison des moyennes (test de Newman-Keuls) ont été effectuées par l'utilisation du logiciel Stat box version 6.3.

II. Résultats et Interprétations

II-1-Caractère morphologique des deux isolats de *Fusarium sp.*

II-1-1- Etude de l'aspect macroscopique

Après 6 à 7 jours de culture sur milieu P.E.A, les colonies de *Fusarium sp.1*, prend la couleur rouge du mycélium après 4 jours de croissance et *Fusarium sp.2* présente un mycélium blanc jaunâtre avec un aspect poudreux (Figure).



Figure N°09: Aspect macroscopique des deux isolats ; *Fusarium sp1* et *Fusarium sp2*

II-1-2- Etude de l'aspect microscopique

L'identification des espèces de *Fusarium sp.*, est basée sur les caractéristiques morphologiques des hyphes et des organes de reproduction asexuée. Les observations microscopiques ont montré la présence des hyphes mycéliens ramifiées (figure 7) et des conidies plus ou moins allongés et incurvés à leur extrémité (figure 8). Des micro-sclérotés en amas sont également observés (Jabnoun-Khiearddine et *al.*, 2010 ; Lola et *al.*, 2011 ; Kumar et *al.*, 2012).

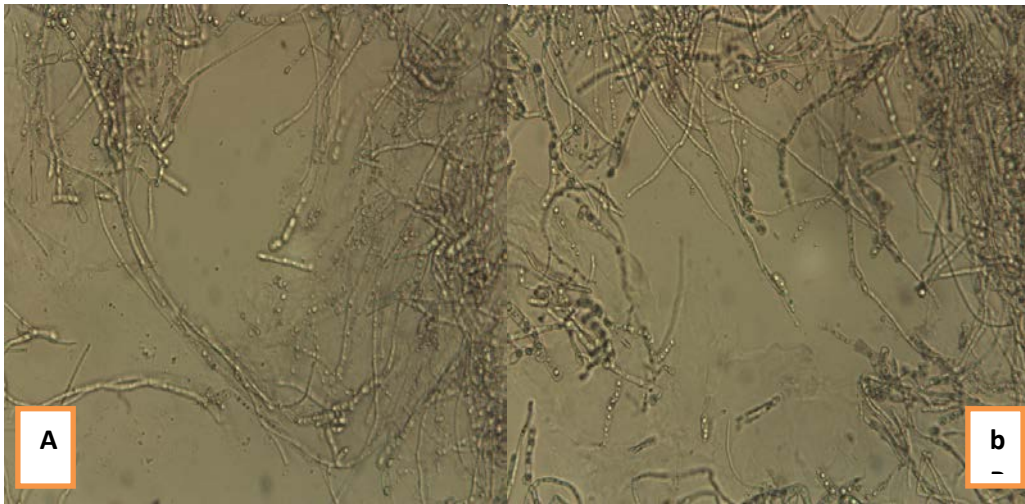


Figure N°10 : Aspect Microscopique des Isolats du *Fusarium sp*

A : Aspect microscopique du mycélium *Fusarium sp1*

B : Aspect microscopique du mycélium *Fusarium sp2*

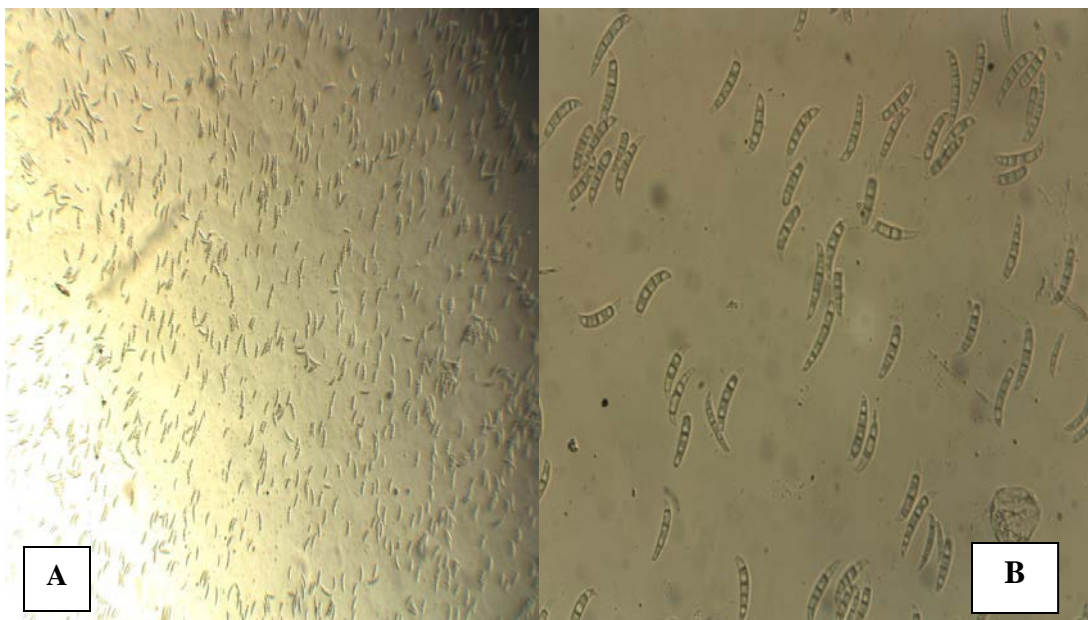


Figure N°11 : Aspect des spores des isolats du *Fusarium sp*

A : conidies de l'isolat *Fusarium sp1*

B : conidies de l'isolat *Fusarium sp2*

II-2- Influence de quelques facteurs abiotiques sur le comportement « *in vitro* » de deux isolats de *Fusarium sp.*

II-2-1- Influence de quelques milieux de culture sur la croissance mycélienne et la sporulation de *Fusarium sp.*

Les résultats du test sont représentés sur les figures 12 et 13. L'analyse de variance ($p < 0.05$) de l'ensemble des résultats a montré que la croissance mycélienne diffère significativement entre les deux isolats et d'un milieu de culture à l'autre. (Annexe 02).

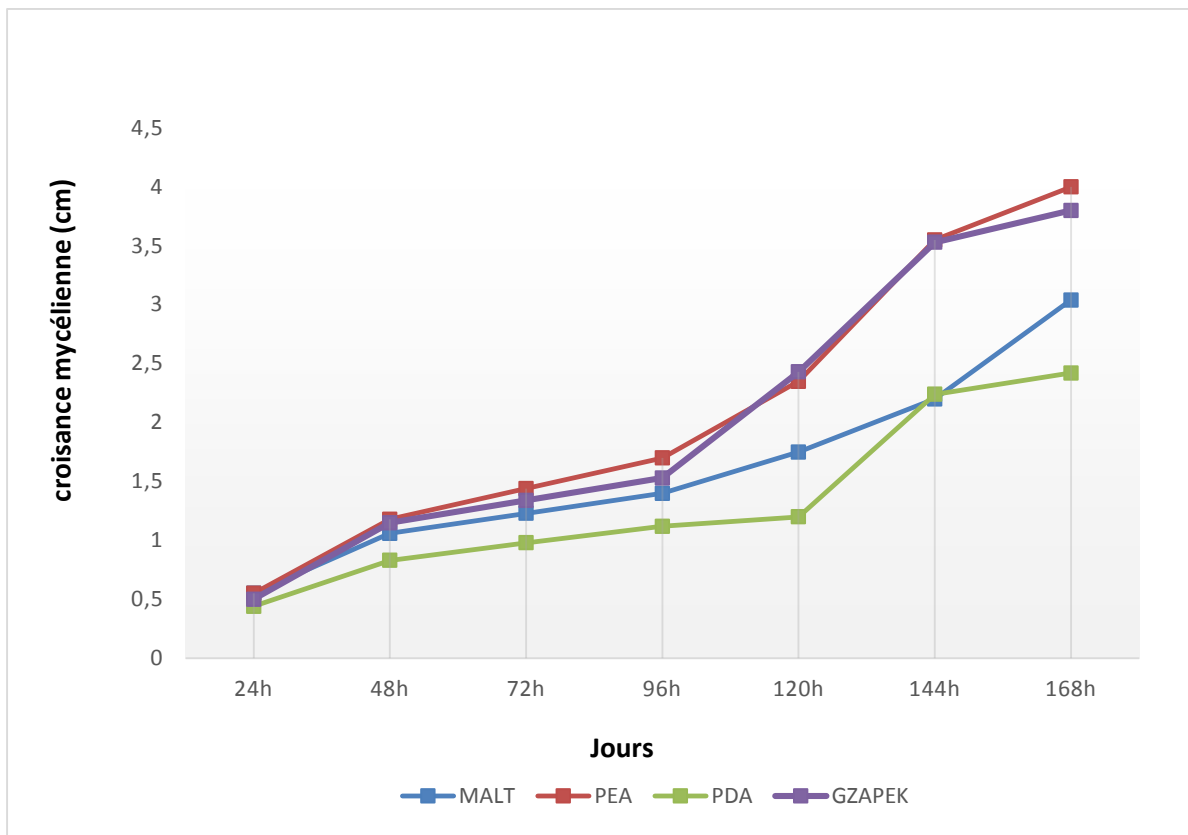


Figure N°12: Influences des différents milieux de culture sur la croissance mycélienne de l'isolat de *Fusarium sp.*1

La figure 12 montre que le milieu PEA et Gzapeck ont permis une croissance mycélienne presque similaire avec une légère préférence de l'isolat pour le milieu PEA. La croissance mycélienne sur PDA était la plus lente alors que celle du milieu Mathur a été intermédiaire

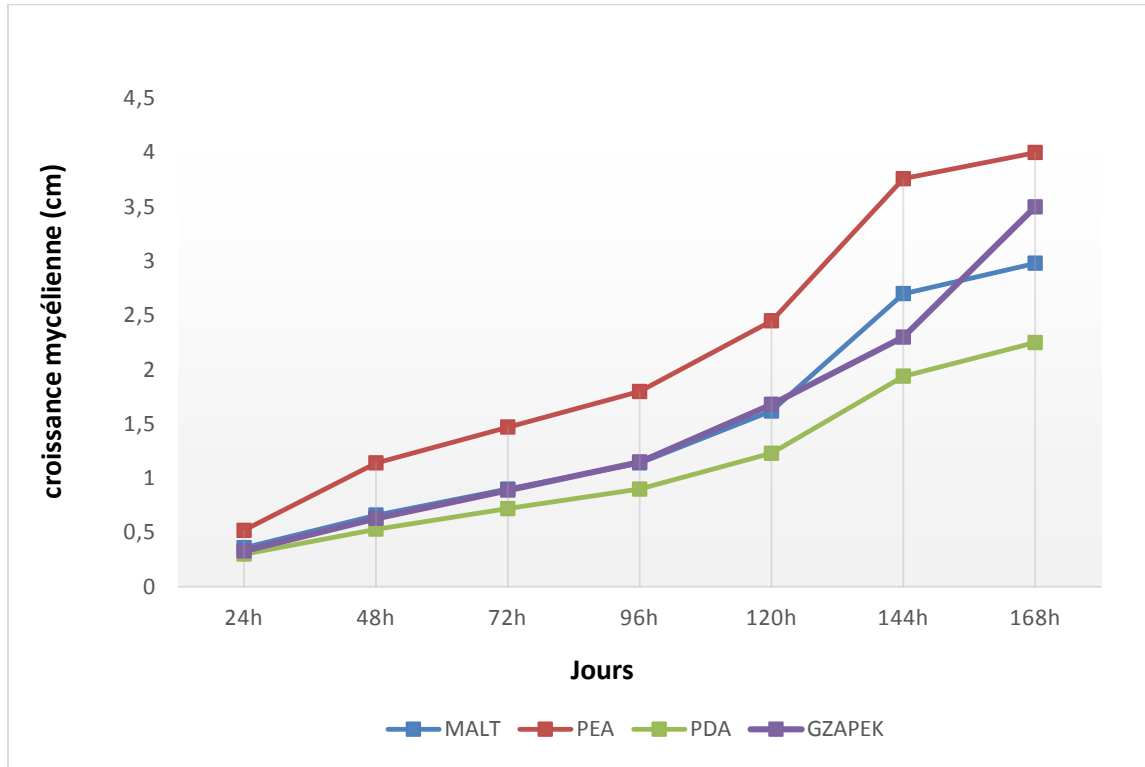


Figure N°13 : Influences des différents milieux de culture sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp 2*.

La figure 13, montre que l'isolat *Fusarium sp 2*, enregistre la meilleure croissance sur le milieu PEA, alors que le milieu PDA est le moins favorable. Les deux autres milieux se sont comportés de la même manière, et leur croissance était intermédiaire.

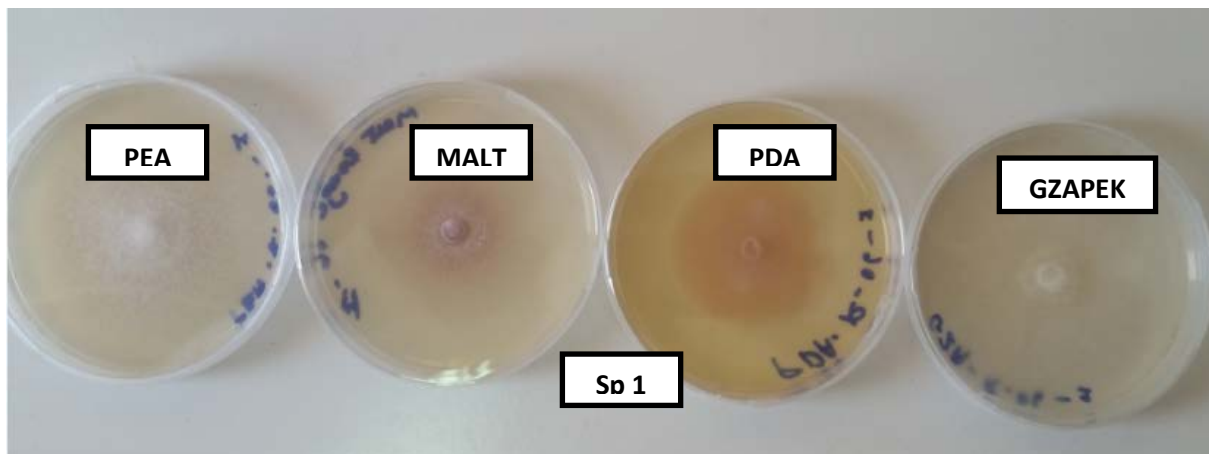


Figure N°14 : Influence des différents milieux de culture sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp 1*

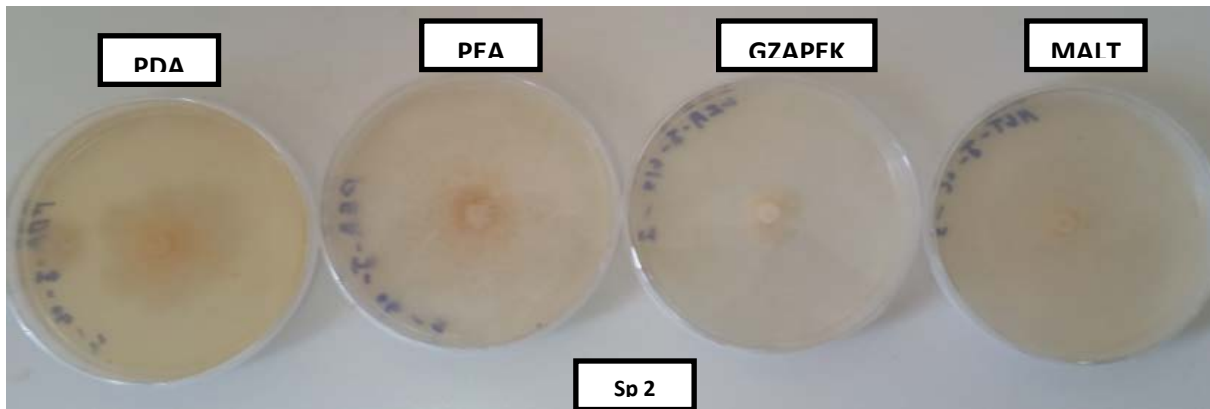


Figure N°15 : Influence des différents milieux de culture sur la croissance mycélienne de l’isolat *Fusarium sp 2*

Les figures 14 et 15, montrent l’aspect macroscopique de *Fusarium sp.1* et *Fusarium sp.2*. On remarque que l’aspect des colonies diffère d’un isolat à l’autre, en effet sur milieu MALT le mycélium est hyalin pour *Fusarium sp.2* et rose pour *Fusarium sp.1*, alors que sur milieu P.D.A, la colonie du dernier isolat est totalement rose avec une teinte plus prononcé. Sur le milieu P.E.A la colonie *Fusarium sp2* est hyalines duveteuse et sp1 tire vers le jaune. Sur le milieu à base de minéraux ; GZAPEK le mycélium des deux isolats était de couleur blanche. Nous avons donc noté que l’aspect des colonies change en fonction du milieu et ce pour les deux isolats étudiés.

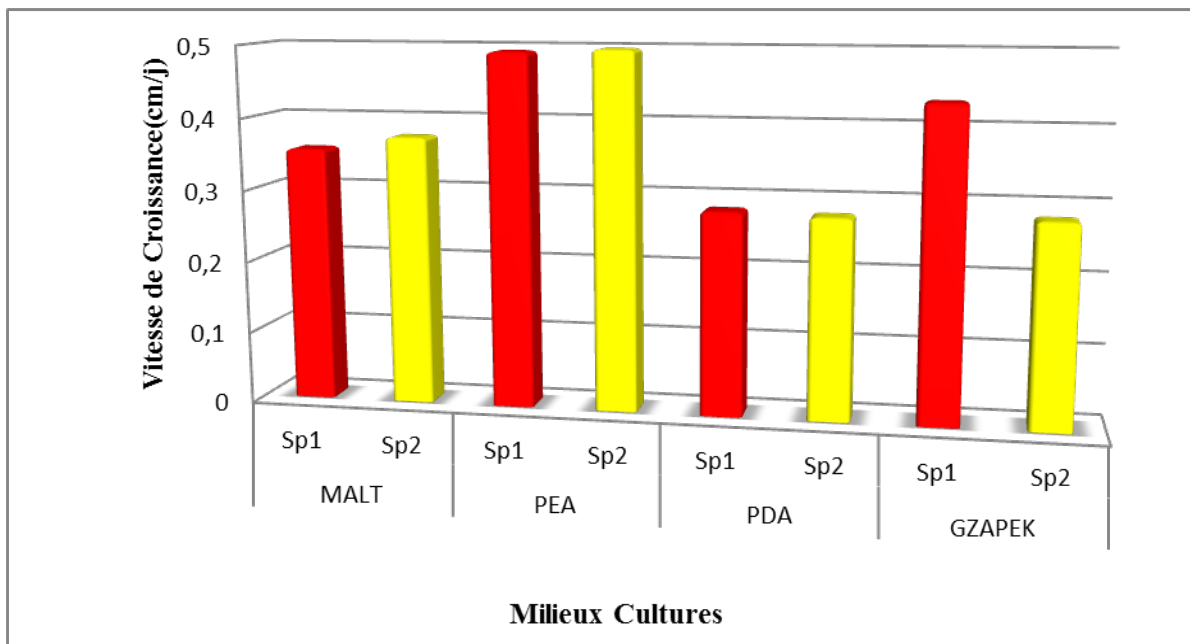


Figure 16 : La vitesse de croissance des deux isolats de *Fusarium sp.* Cultivés sur différents milieux

La figure 16, représente la vitesse de croissance des deux isolats cultivés sur les quatre milieux de cultures utilisés. Les résultats, ont montré que le milieu PEA a permis la croissance la plus rapide avec 0.5 cm/j pour les deux isolats. Sur le milieu Mathur la vitesse de croissance enregistrée est moins importante, soit 0,35cm/j pour les deux isolats. À l’opposé, avec une vitesse de 0,28cm/j, le milieu P.D.A est le moins favorable à la croissance mycélienne. D’autre part sur le milieu Gzapeck, on constate que les deux isolats ont enregistré des célérités de croissance différentes, comparativement aux autres milieux, ou les vitesses de croissance de *Fusarium* sp1 et *Fusarium* sp1 était similaires.

Les résultats de la sporulation représentés sur le tableau 12, révèlent que l’ensemble des milieux ont permis une sporulation plus ou moins abondante selon l’isolat.

Le *Fusarium* sp1, est celui qui a le mieux sporulé. En effet, la production de spores était spectaculaire avec 7×10^6 spores/ml sur le milieu PEA, sur le milieu MALT, il a enregistré une sporulation conséquente avec $5,9 \times 10^6$ spores/ml. Sur le milieu GZAPEK et PDA les deux isolats ont fournis une sporulation moins importante.

Le *Fusarium* sp2, a très peu sporulé sauf sur milieu PEA ou l’on a dénombré $6,6 \times 10^6$ spores/ml.

Tableau 12: Influence des différents milieux de culture sur la sporulation (spores. 10^6 /ml) des deux isolats de *Fusarium* sp (spores 10^6 / ml).

	PDA	PEA	MALT	GZAPEK
Fusarium sp.1	2,1	7	5,9	0,6
Fusarium sp.2	0	6,6	0,9	0

I1-2-2- Influence de la température sur la croissance mycélienne et la sporulation de *Fusarium sp.*

Les résultats du test sont représentés sur les figures 17 et 18. L'analyse de variance ($p < 0.05$) de l'ensemble des résultats a montré que la croissance mycélienne diffère significativement entre les deux isolats et d'une température à l'autre. (Annexe 03)

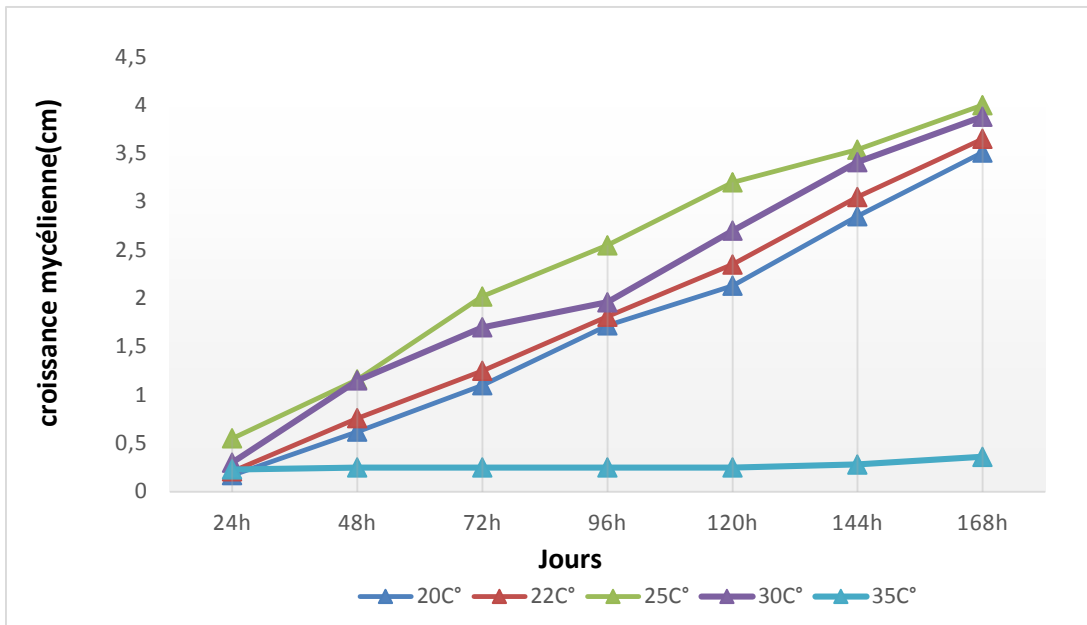


Figure 17 : Influence des températures sur la croissance mycélienne (cm) de *Fusarium sp1*

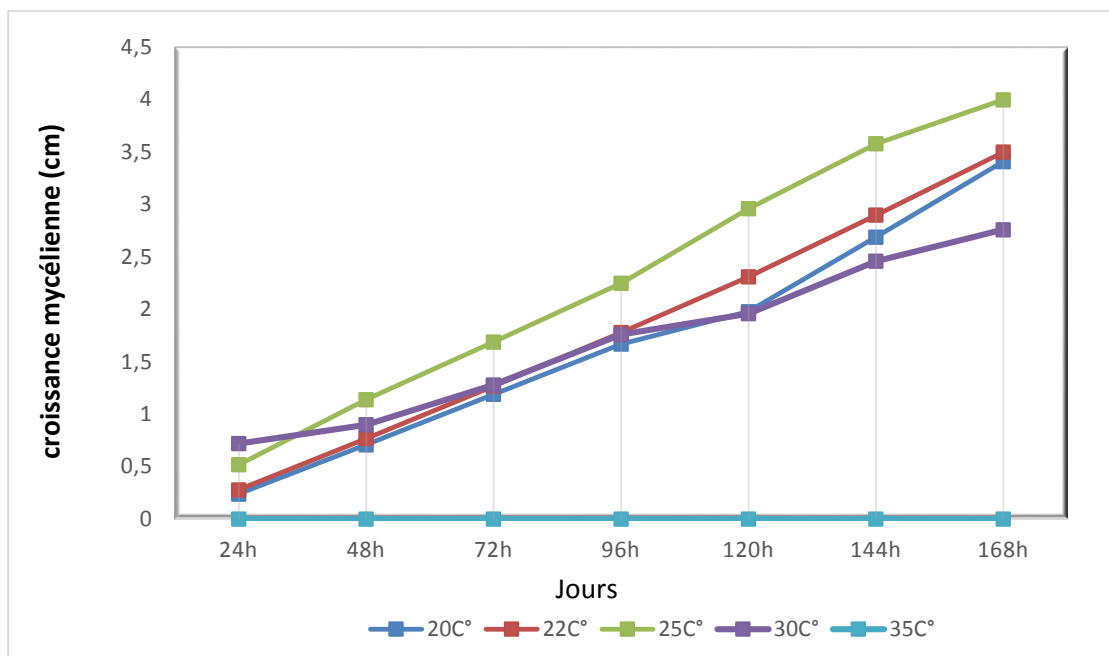


Figure 18 : Influence des températures sur la croissance mycélienne (cm/j) de *Fusarium sp2*

Les résultats de l'effet de la température sur la croissance mycélienne *Fusarium sp1* et *Fusarium sp2* sont représentés sur les figures 17, 18. On remarque que les températures 25°C et 30°C ont mieux favorisé la croissance mycélienne, et que les températures 22°C et 20°C ont permis presque la même croissance. A l'opposé, la température 35°C n'a permis aucune croissance mycélienne pour *Fusarium sp2* et une très légère croissance pour *Fusarium sp1*.

D'après les figures, l'optimum de croissance mycélienne de *Fusarium sp* est enregistré à 25°C.

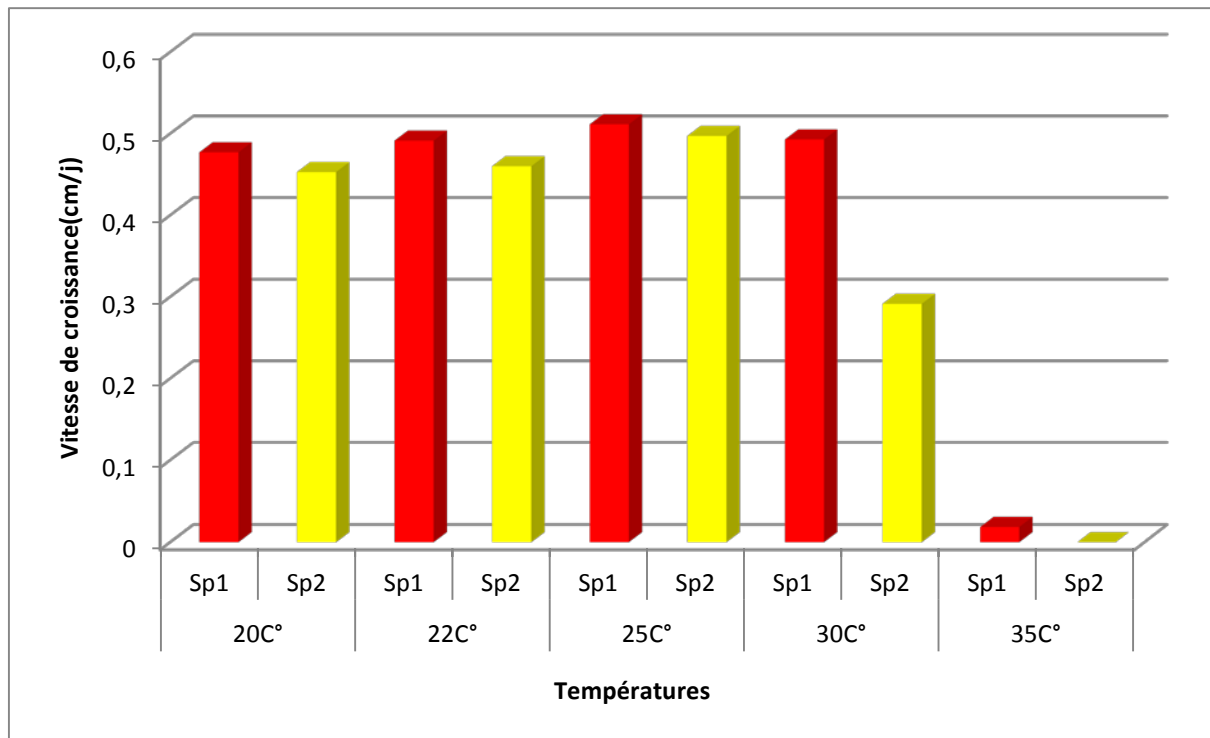


Figure 19 : La vitesse de croissance des deux isolats de *Fusarium sp* incubés à différentes températures

Le calcul de la vitesse de croissance, représenté sur la figure 19, démontre que la croissance de *Fusarium sp* à 25°C est la plus rapide. Si l'on compare les vitesses de croissance entre les deux isolats on remarque, quelles sont presque similaires pour les températures 20°C 22°C 25°C alors qu'à 30°C, *Fusarium sp1* est plus rapide que *Fusarium sp2*.

Les résultats de la sporulation des isolats *Fusarium* sp1 et *Fusarium* sp2 sont représenté sur le tableau 13.

Tableau 13 : Influence des différents Températures sur la sporulation (spores. 10^6 /ml) des deux isolats de *Fusarium* sp (spores 10^6 / ml).

	20C°	22C°	25C°	30C°	35C°
Fusarium sp.1	4,6	5,6	6,5	5,5	0
Fusarium sp.2	4	1,3	5,8	5,7	0

On remarque que la sporulation est influencée d'une manière remarquable par les étages de températures. Cette dernière suit la croissance mycélienne, avec un optimum de sporulation enregistré à 25°C, soit $6,5 \times 10^6$ spores/ml pour *Fusarium* sp1 et $5,8 \times 10^6$ spores/ml enregistré à 25°C pour *Fusarium* sp2

D'autre part on remarque que *Fusarium* sp1 sporule mieux que *Fusarium* sp2, pour l'ensemble des températures testées.

II-2-3- Influence de l'humidité relative sur la croissance mycélienne et la sporulation de *Fusarium* sp.

Les résultats de l'effet de l'humidité relative sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp1 et *Fusarium* sp2, sont représenté sur les figures 20 et 21. On remarque que la croissance mycélienne est nettement favorisée par l'humidité relative. En effet, on constate qu'il existe une relation proportionnelle entre eux. On distingue nettement que la croissance mycélienne est favorisé par une atmosphère saturée en humidité. Et que cette dernière est réduite avec la diminution du taux d'humidité pour s'annuler à 50%.

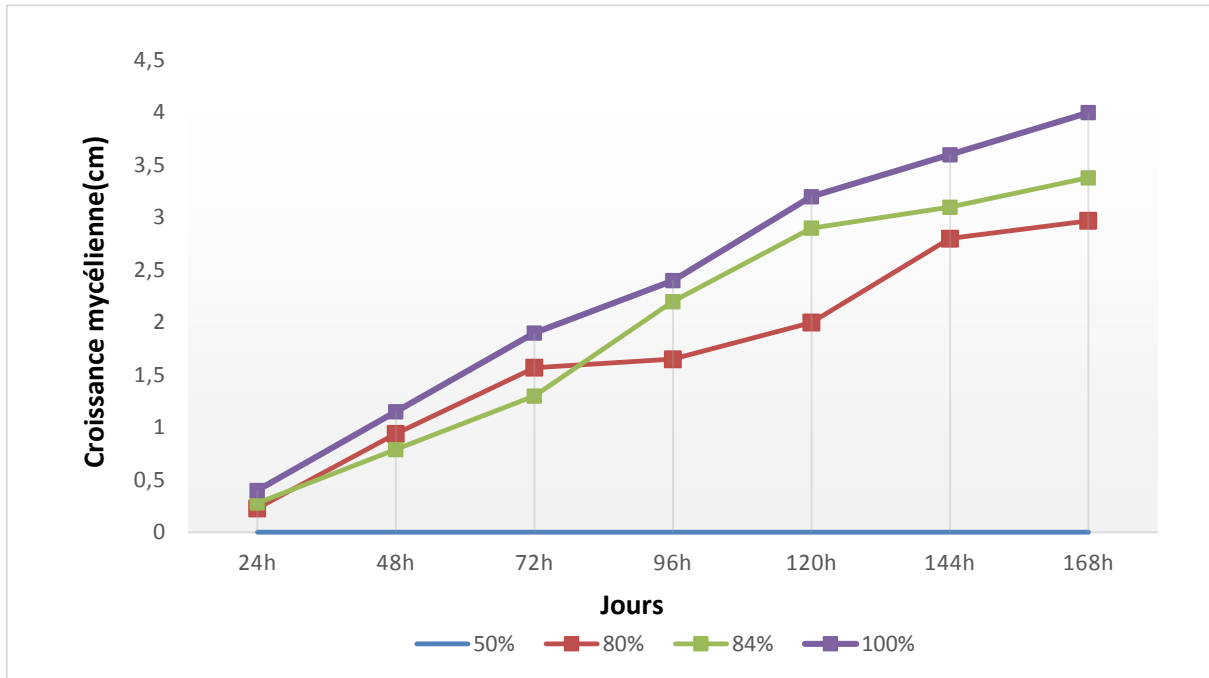


Figure 20 : Influence de l’humidité relative sur la croissance mycélienne de l’isolat *Fusarium sp1*

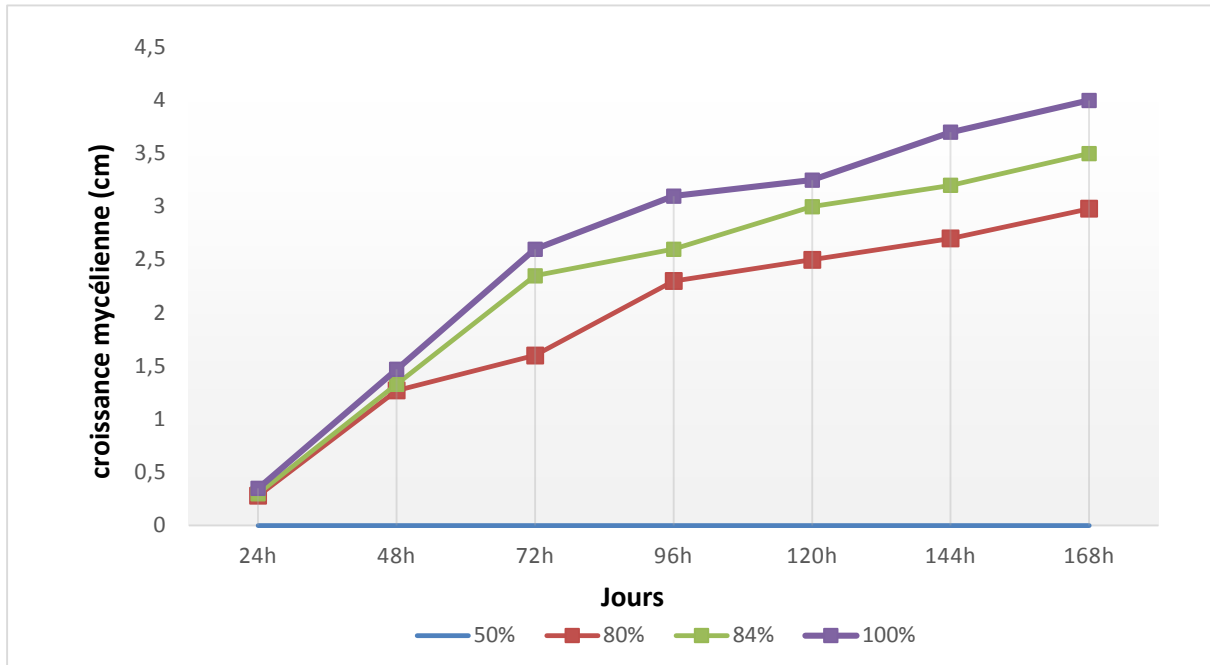


Figure 21 : Influence de l’humidité relative sur la croissance mycélienne de l’isolat *Fusarium sp2*

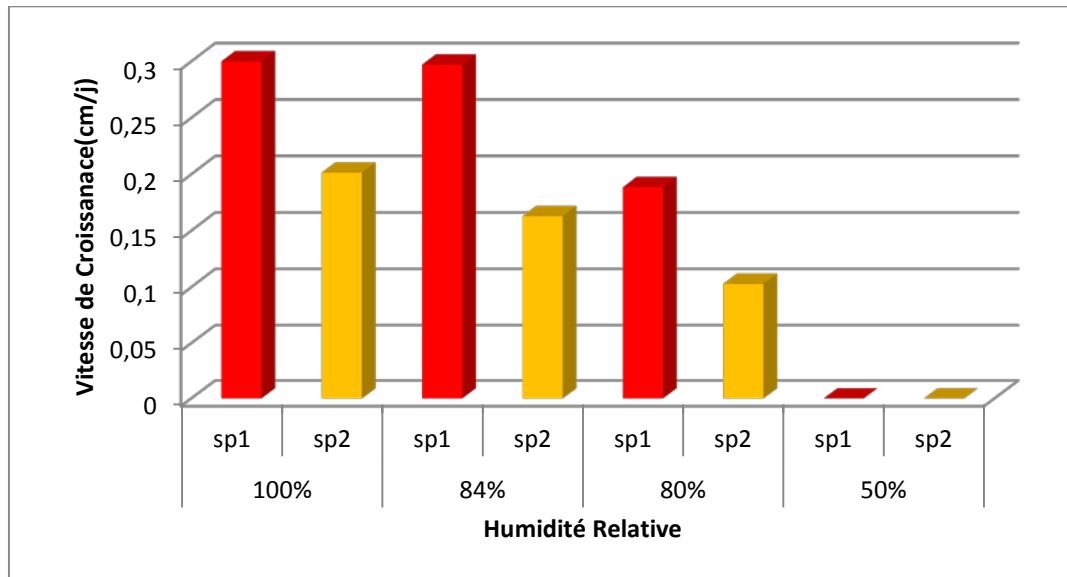


Figure 22 : Influence de l'humidité sur la vitesse de croissance (cm/j) des deux isolats de *Fusarium sp*

Le calcul de la vitesse de croissance représenté sur la figure 22, montre clairement que l'humidité relative la plus favorable à la croissance mycélienne est 100% pour les deux isolats testés, suivi de 84%. La vitesse de croissance à 50% est nulle.

Le tableau 14, représente l'effet des taux d'humidité sur la sporulation des deux isolats de *Fusarium sp*, testés. Il fait ressortir que la sporulation est nettement supérieure à 100% d'humidité relative et diminue lorsque l'atmosphère devient moins humide. On remarque également que *Fusarium sp1* sporule mieux que *Fusarium sp2*.

Tableau 14 : Influence de l'humidité sur la sporulation (spores. 10^6 /ml) des deux isolats de *Fusarium sp*. (Spores/ ml)

	50%	80%	84%	100%
Fusarium sp1	0	0,2	1	3,8
Fusarium sp2	0	0	0,7	2,2

II-2-4- Influence du Lumière

Les résultats de l'influence de la lumière et obscurité et alternance sur la croissance mycélienne de *Fusarium sp1* et *Fusarium sp2*, sont représentés sur les figures 23 et 24. On remarque que pour le premier isolat (Figure 23), la lumière est plus favorable à la croissance mycélienne, contrairement à l'obscurité où l'on a enregistré une croissance moins importante,

surtout les 5 premiers jours, le retard a été rattrapé pendant les deux derniers jours. En alternance la croissance était intermédiaire.

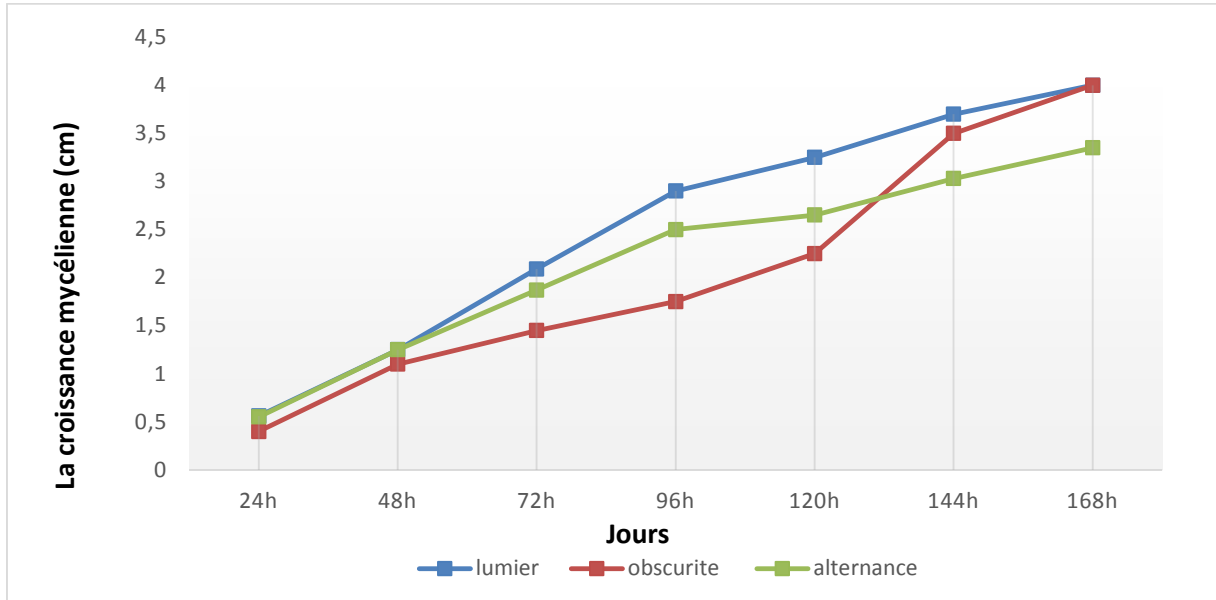


Figure 23 : Influence des 3 niveaux de la lumière sur la croissance mycélienne de l’isolat *Fusarium sp1*

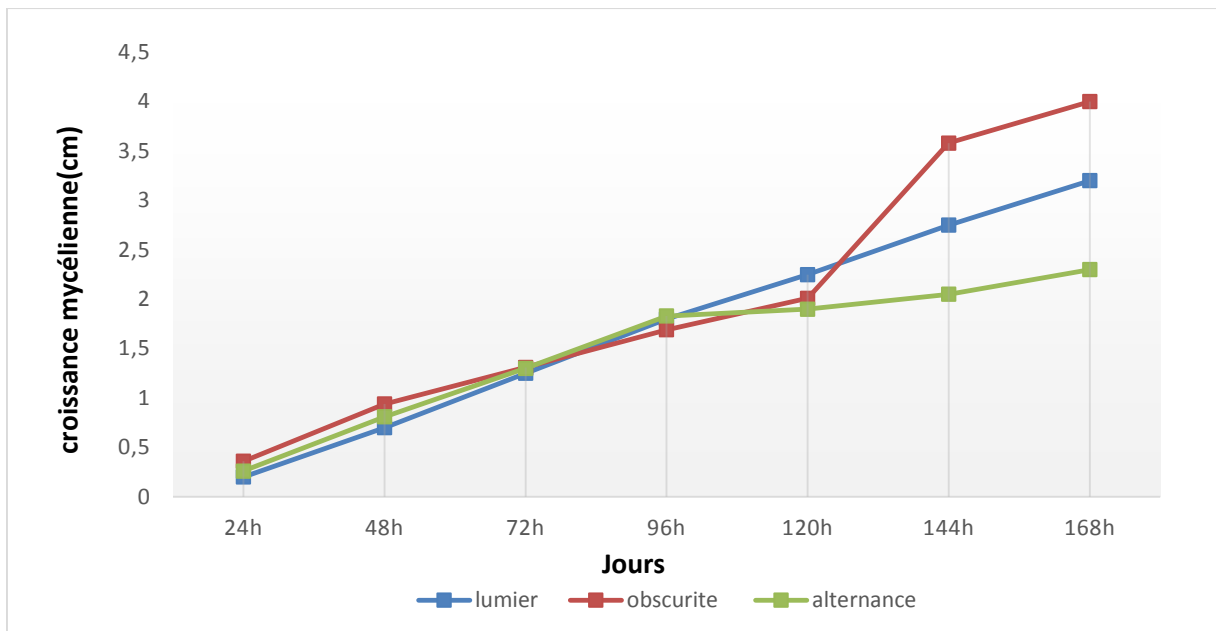


Figure 24 : Influence des 3 niveaux de la lumière sur la croissance mycélienne de l’isolat *Fusarium sp2*

La figure 24 enregistre la croissance mycélienne de l’isolat *Fusarium sp2*, elle montre que pendant les premiers jours la croissance était similaire au niveau des 3 lots. A partir du cinquième jour une préférence pour l’obscurité a été noté.

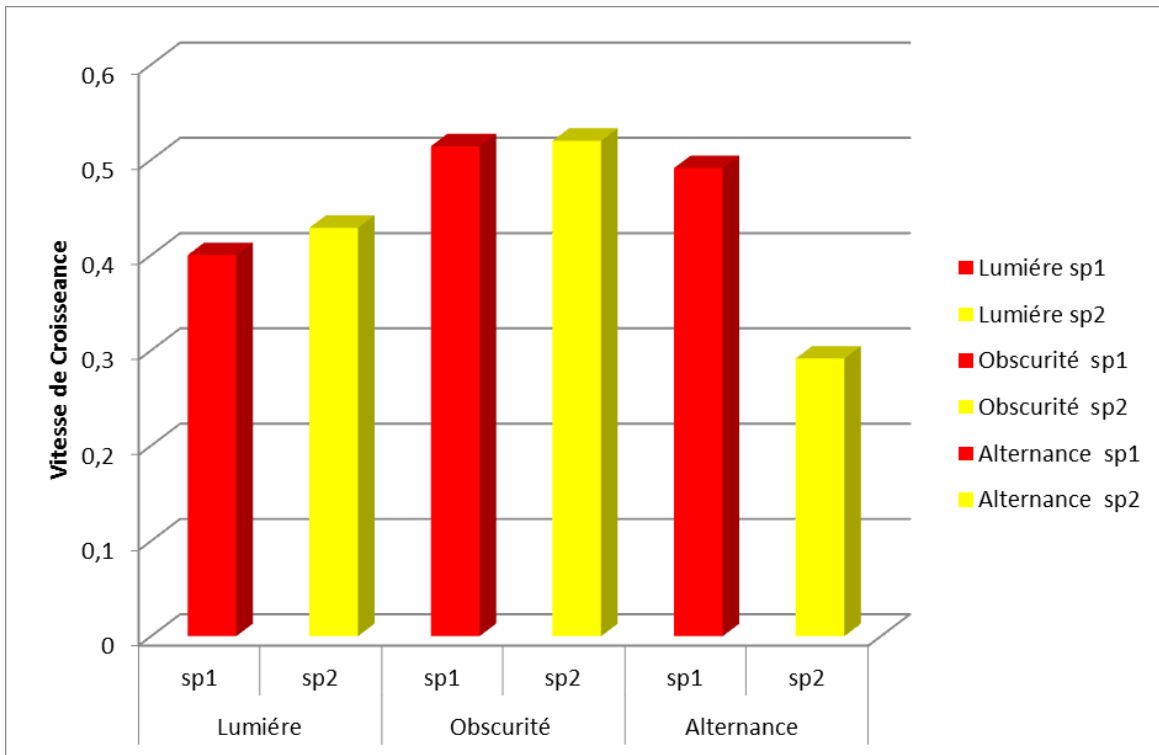


Figure 25 : Influence des 3 niveaux de la lumière sur la vitesse de croissance (cm/j) de l'isolat *Fusarium sp2*

Le calcul de la vitesse de croissance, représenté sur la figure 25, démontre que la croissance de *Fusarium sp* à 25C° est plus rapide dans l'obscurité pour les deux isolats. On remarque qu'en alternance l'isolat *Fusarium sp1*, est nettement plus rapide que *Fusarium sp2*.

Le tableau 15, représente l'effet des 3 modalités de lumière sur la sporulation des deux isolats de *Fusarium sp*, testés. Il fait ressortir que la sporulation est nettement supérieure dans l'obscurité et même dans les autres niveaux. On remarque également que *Fusarium sp1* sporule mieux que *Fusarium sp2*.

Tableau 15 : Influence des 3 niveaux de la lumière sur la sporulation (spores.10⁶/ml) des deux isolats de *Fusarium sp*. (Spores/ ml)

	Lumière	Obscurité	Alternance
Fusarium sp1	5,9	14,2	6,6
Fusarium sp2	2,4	5	1,4

II-2-5- Influence du pH

Les résultats obtenus à la suite de ce test sont représenté sur les figure 26 et 27 Ces derniers montrent que nos isolats ont montré une croissance mycélienne remarquable dans la gamme de pH testé. L'analyse de variance ($p < 0.05$) de l'ensemble des résultats a montré que la croissance mycélienne diffère significativement entre les deux isolats et d'un niveau de pH à l'autre (Annexe 04).

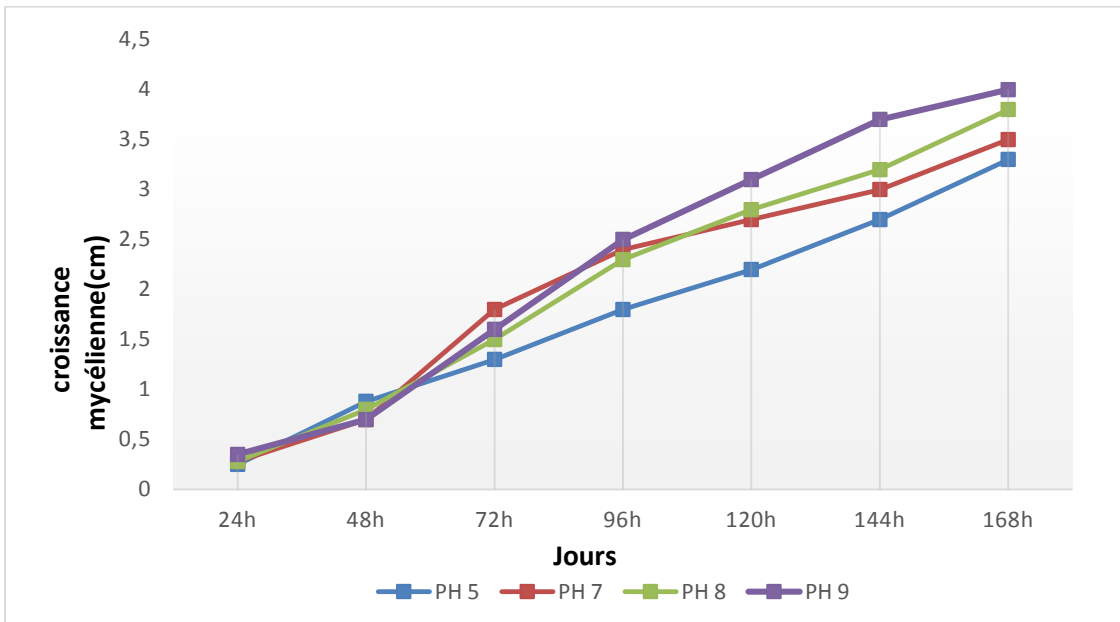


Figure 26 : Influence du pH sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp1*

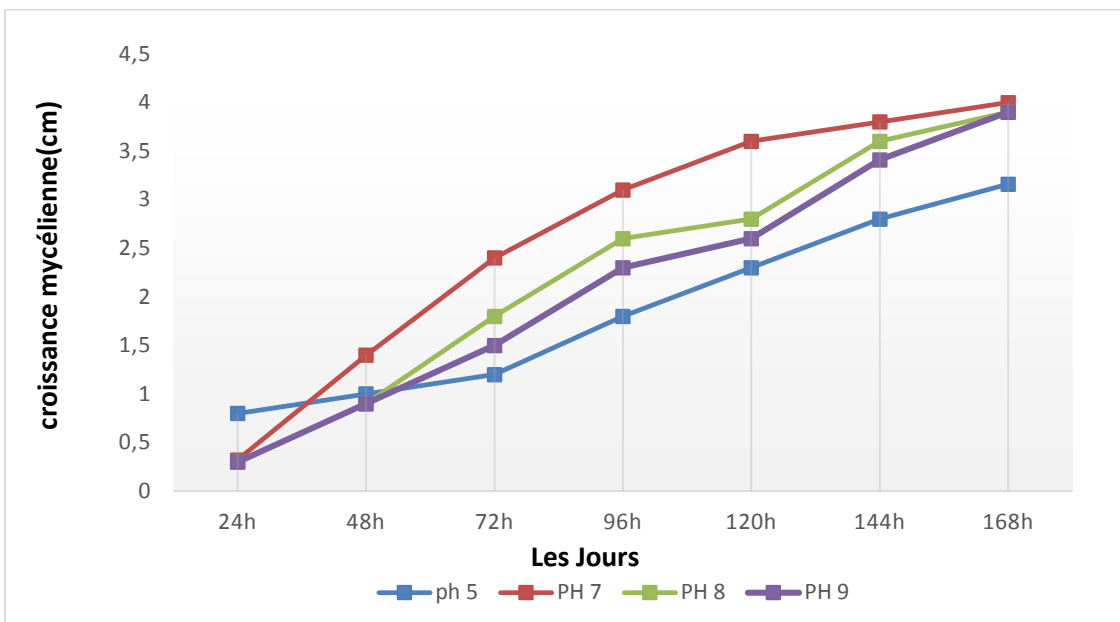


Figure 27: Influence du pH sur la croissance mycélienne de l'isolat *Fusarium sp2*

D'après la figure 26, on remarque que *Fusarium* sp1 se développe à tous les pH, avec une meilleure croissance mycélienne sur le milieu de culture à pH 9. Au pH 5 (acide) la croissance était moins importante.

La figure 25 montre que l'isolat *Fusarium* sp2 se développent mieux dans les milieux à pH neutre (pH 7), et diminue dans les milieux plus au moins alcalins. Par ailleurs la croissance est moins importante dans le milieu acide a pH 5. Croissance mycélienne(cm)

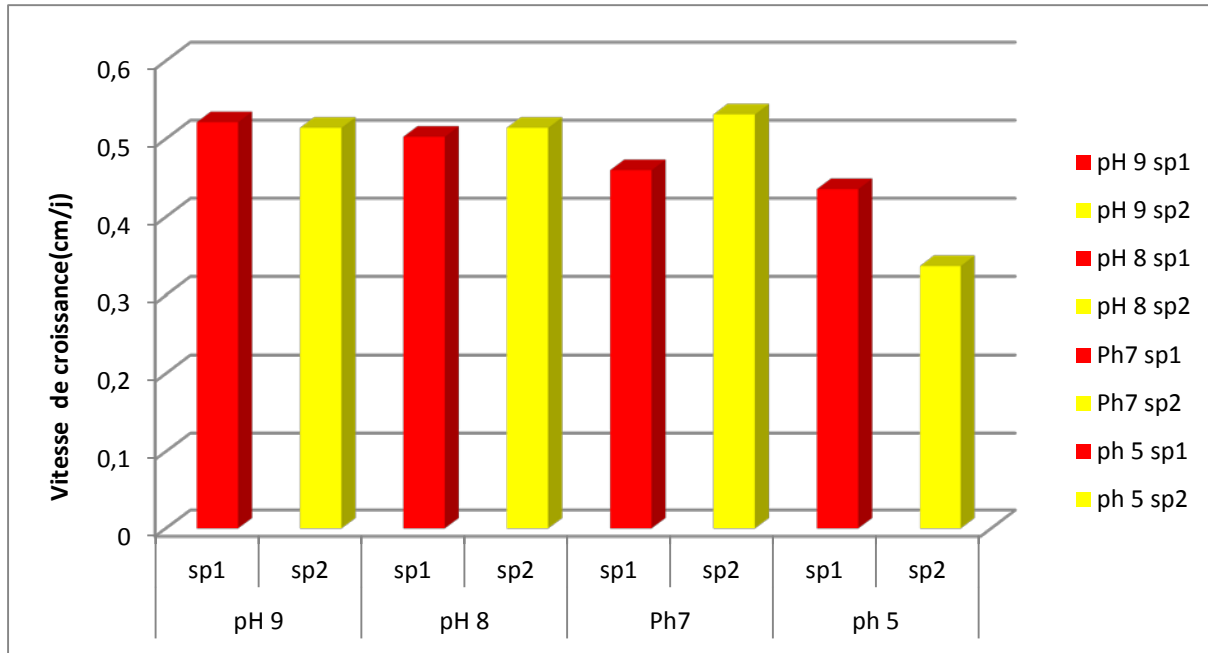


Figure 28 : Influence du pH sur la vitesse de croissance d'isolat *Fusarium* sp

Le calcul de la vitesse de croissance, représenté sur la figure 28, démontre que cette dernière suit la croissance mycélienne. En effet, pour *Fusarium* sp1 à 25C° la croissance est remarquable pour l'ensemble des pH, avec une vitesse plus rapide dans un milieu à pH 9.

La vitesse de *Fusarium* sp2, la plus rapide est enregistré dans le milieu à pH 7 elle est aussi élevée dans les milieux alcalins pH 8 pH 9 mais plus au moins lente dans le milieu à pH 5.

Le tableau 17, représente effet du pH sur la sporulation des deux isolats de *Fusarium* sp, testés. Il nous a enregistré que la sporulation est nettement supérieure dans un milieu largement acide pH 5 et diminue dans les milieux alcalins. On remarque également que *Fusarium* sp1 sporule mieux que *Fusarium* sp2.

Tableau 16 : Influence du pH sur la sporulation (spores.10⁶/ml) des deux isolats de *Fusarium* sp. (Spores/ ml)

	pH 9	pH 8	pH 7	pH 5
<i>Fusarium sp1</i>	2,9	3,7	4,4	5,3
<i>Fusarium sp2</i>	0,3	0,5	1,7	4,2

II-3-Test de pathogénicité

II-3-1 Sur Tubercules

Les figures 29 et 30 démontrent les symptômes de la fusariose suite au test de pathogénéité des deux isolats de *Fusarium* sp sur tubercules de pomme de terre.

Nous avons remarqué l'apparition de taches de pourriture brun pâle, aux limites mal définies, 7 jours après l'inoculation.

Après 2 semaines ces taches se développent et forment des pustules rosâtres ou blanc-bleuâtres.

Après 20 jours de l'inoculation on remarque le développement du mycélium sur la surface. Il est alors entouré de rides concentriques, bordées de tâches couleur brun clair ou vert.

Les tubercules inoculés par *Fusarium* sp2 sont totalement pourris après 15 jours. Alors que ceux inoculés par *Fusarium* sp1 sont détruites qu'après 20 jours. Alors. On peut donc avancé que le *Fusarium* sp2 est plus virulente que *Fusarium* sp1 sur les tubercules de la pomme de terre.



Figure 29 : Symptômes sur tubercules de pomme de terre inoculés par l'isolat *Fusarium* sp1



Figure 30 : Symptômes sur tubercules de pomme de terre inoculés par l'isolat *Fusarium* sp2

II-3-2 Sur plants de pomme de terre

Les figures 31 et 32 représentent les résultats du test de pathogénicité effectué sur des plants de pomme terre âgées de deux mois inoculés le 22/05/2017 par injection de 1ml de solution conidienne concentrée à 10^6 spores/ml, à l'aide d'une seringue au niveau du collet. La lecture finale du test a été faite le 13/06/2017.

L'examen de la partie aérienne des plants a démontré que l'ensemble des plants inoculé ont présenté les symptômes d'une fusariose vasculaire, en effet toutes sont atteintes de flétrissement, bi latérale ou dans les meilleurs des cas latérale. Nous avons également relevé un dessèchement complet de quelques plantes. Des chloroses sur quelques feuilles, des nécroses au niveau du collet et en bas des tiges sont observées.

Aucun symptômes de fusariose n'a été décelé lors de l'examen de la partie souterraine des plants de pomme de terre. En effet, toutes les racines étaient saines et ne présentés ni brunissement ni pourriture.

Par ailleurs, les résultats obtenus ont servi a calculé les indices de gravités relatif à chaque traitement, ces derniers sont représenté sur la figure 33.

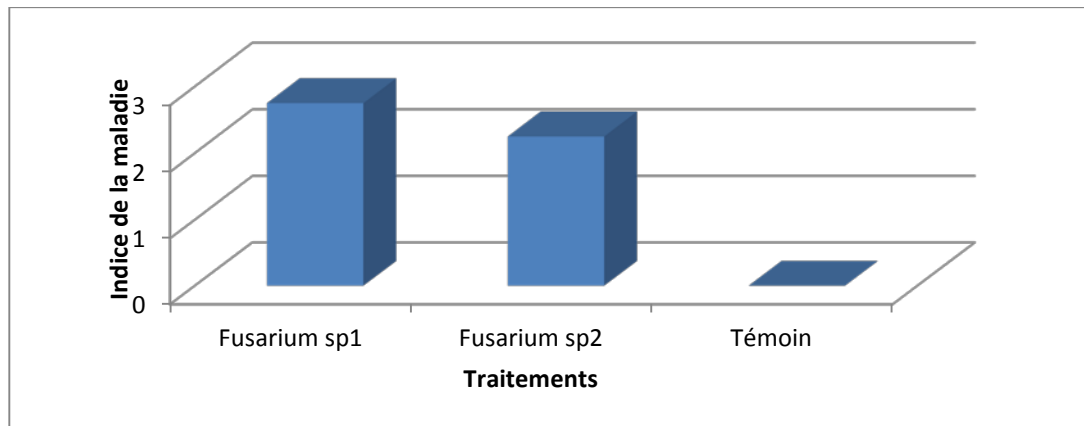


Figure 33. Réaction moyenne globale de la variété spunta vis-à-vis des deux isolats de *Fusarium* sp.

Ces résultats nous indiquent que *Fusarium* sp1 a présenté un indice de maladie de 2.75 alors que *Fusarium* sp2 a donné un indice de maladie égale à 2.25. A l'opposé aucun symptôme n'a été décelé chez les plants témoins.

D'après Lechappe et *al.* (1988), nous pouvons classer les isolats en fonction de l'indice de gravité calculée sur la base de l'échelle de notation utilisée :

- Si $IM < 1$ souche non virulente
- Si $1 < IM < 2$ souche peu virulente
- Si $IM > 2$ souche virulente
- Si $IM > 3$ souche très virulente.

Il en ressort, que les deux isolats de *Fusarium* sp testé sont classé dans la catégorie d'isolats virulents. Avec une virulence plus prononcé chez *Fusarium* sp1.

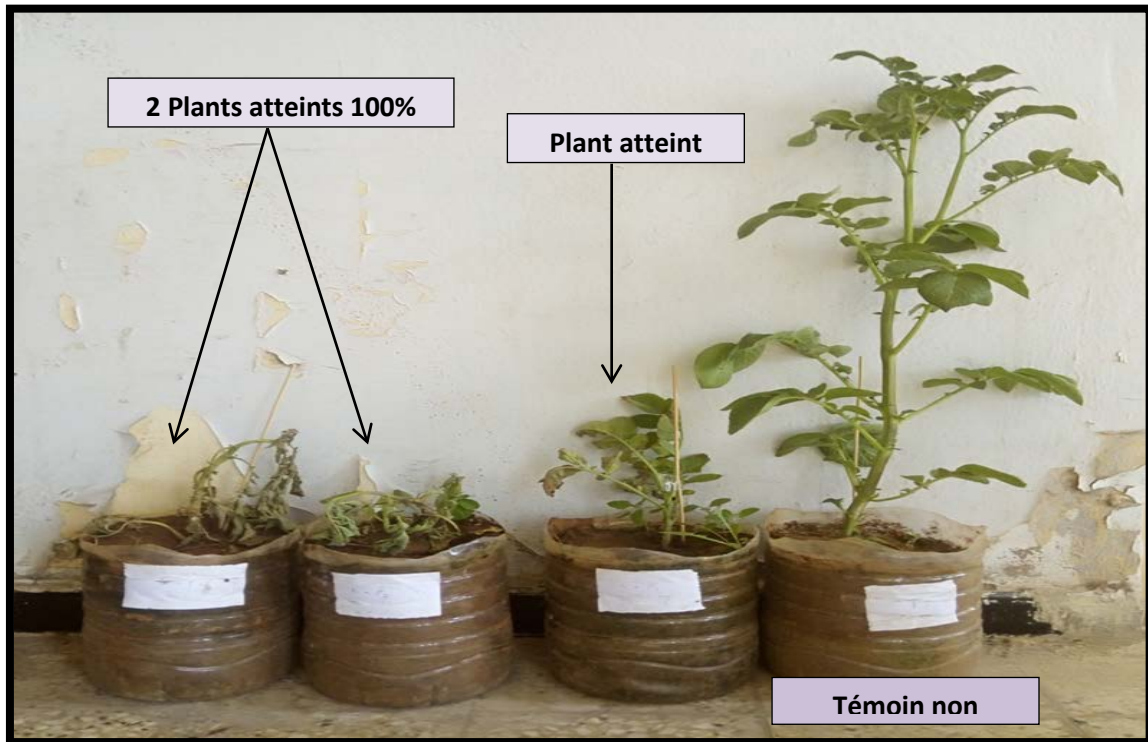


Figure 31 : Influence d'isolat *Fusarium* sp1 sur Plants de la Pomme de Terre

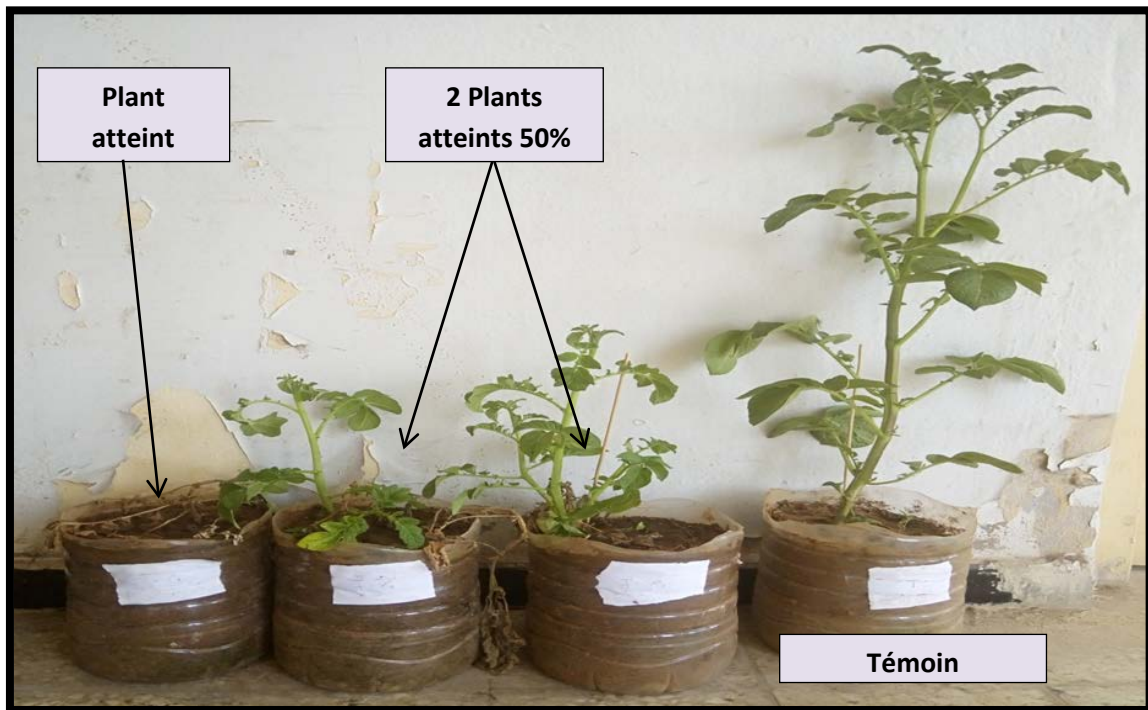


Figure 32 : Influence d'isolat *Fusarium* sp2 sur Plants de la Pomme de Terre

II-4- Influence "in vitro" de l'extrait méthanoïque de *Marrubium vulgare* sur *Fusarium* sp. agent de la fusariose de la pomme de terre.

Ce test est une étude préliminaire afin d'évaluer l'effet « in vitro » de l'extrait méthanoïque des feuilles et tiges du *Marrubium vulgare* sur la croissance mycélienne et la sporulation des deux isolats de *Fusarium* sp. pour cela nous n'avons retenus que l'extrait pur, avec deux témoins, positif (avec Tween) et négatif (sans Tween).

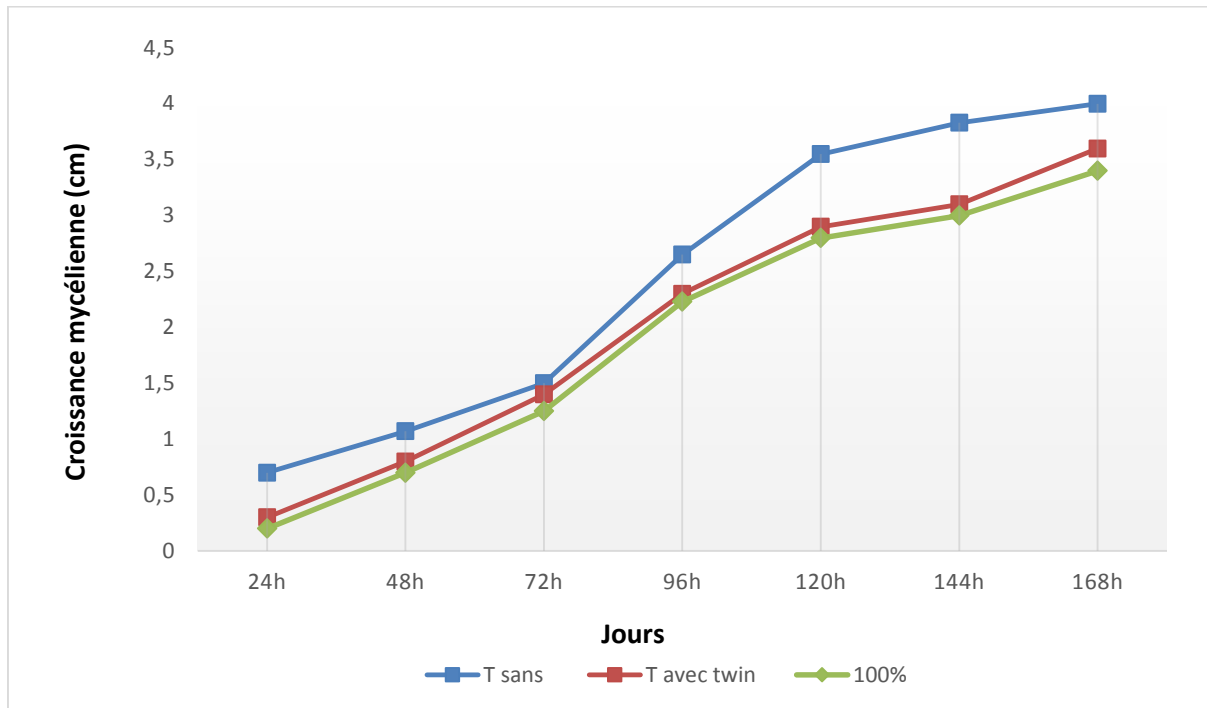


Figure 33 : Influence de l'extrait du *Marrubium vulgare* sur *Fusarium* sp1

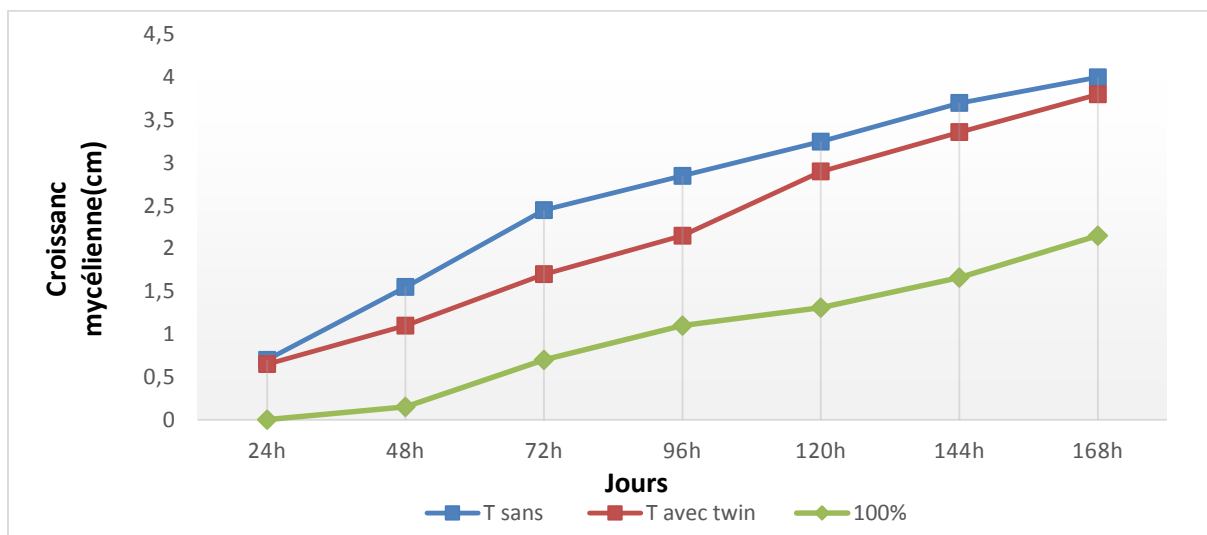


Figure 34 : Influence de l'extrait du *Marrubium vulgare* sur *Fusarium* sp2

Les Figures 33 et 34 illustrent l'effet de l'extrait méthanoïque de *Marrubium vulgare* sur les isolats de *Fusarium* sp, les résultats nous indiquent que l'extrait a réussi à ralentir la croissance mycélienne des champignons, mais n'a pas réussi à la stoppé. Ce qui démontre que l'extrait des feuilles et tiges de *Marrubium vulgare* n'a pas la capacité d'inhibé complètement la croissance mycélienne des deux isolats de *Fusarium* sp

En comparant la croissance des deux isolats on remarque que l'extrait testé à un effet plus important sur *Fusarium* sp2 que sur *Fusarium* sp1. L'analyse de la variance de « $p < 0,05$ » de l'ensemble des résultats a montré que la croissance mycélienne diffère significativement entre les deux isolats et entre les trois modalités de traitement (extrait de *Marrubium vulgare* et les témoins) (Annexe 05).

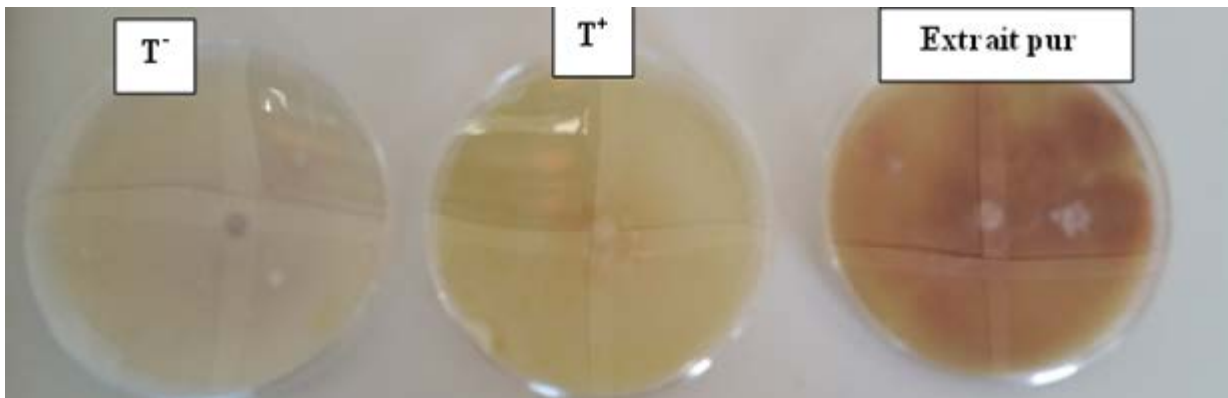


Figure 35 : Effet de l'extrait méthanoïque des feuilles et tiges de *Marrubium vulgare* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp.1

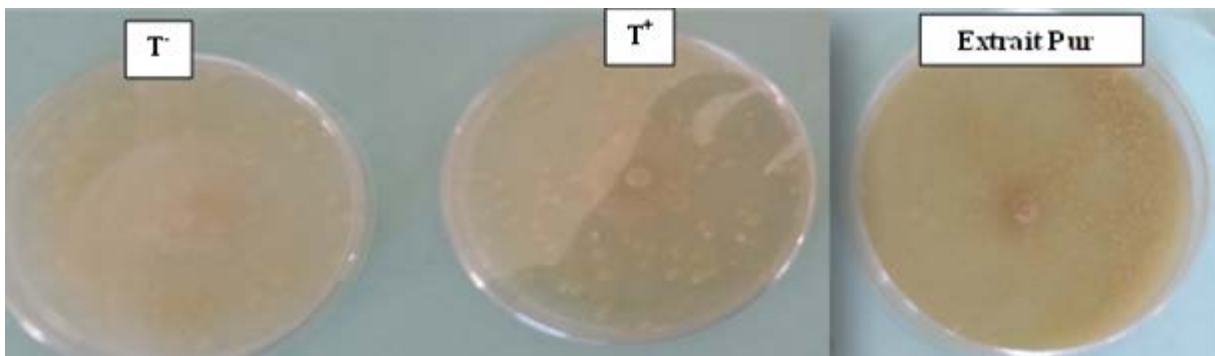


Figure 36 : Effet de l'extrait méthanoïque des feuilles et tiges de *Marrubium vulgare* sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp.2

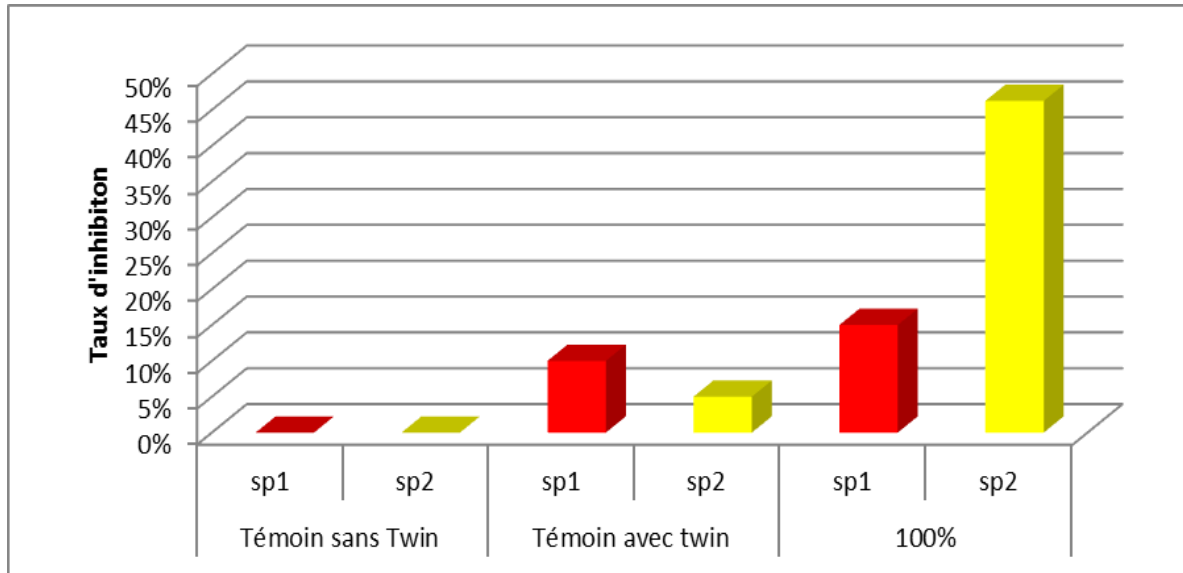


Figure 37 : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium* sp.1 et *Fusarium* sp.2 sous l'effet de l'extrait méthanoïque de *Marrubium vulgare*

Les résultats des taux d'inhibitions de la croissance mycélienne par l'extrait méthanoïque des feuilles et tige du *Marrubium vulgare* sont représentés sur la figure 37. Ils démontrent clairement que cet extrait a présenté une certaine efficacité à inhiber la croissance mycélienne de *Fusarium* sp2 (50%). On remarque également que cet extrait a démontré l'incapacité à inhiber l'isolat *Fusarium* sp2

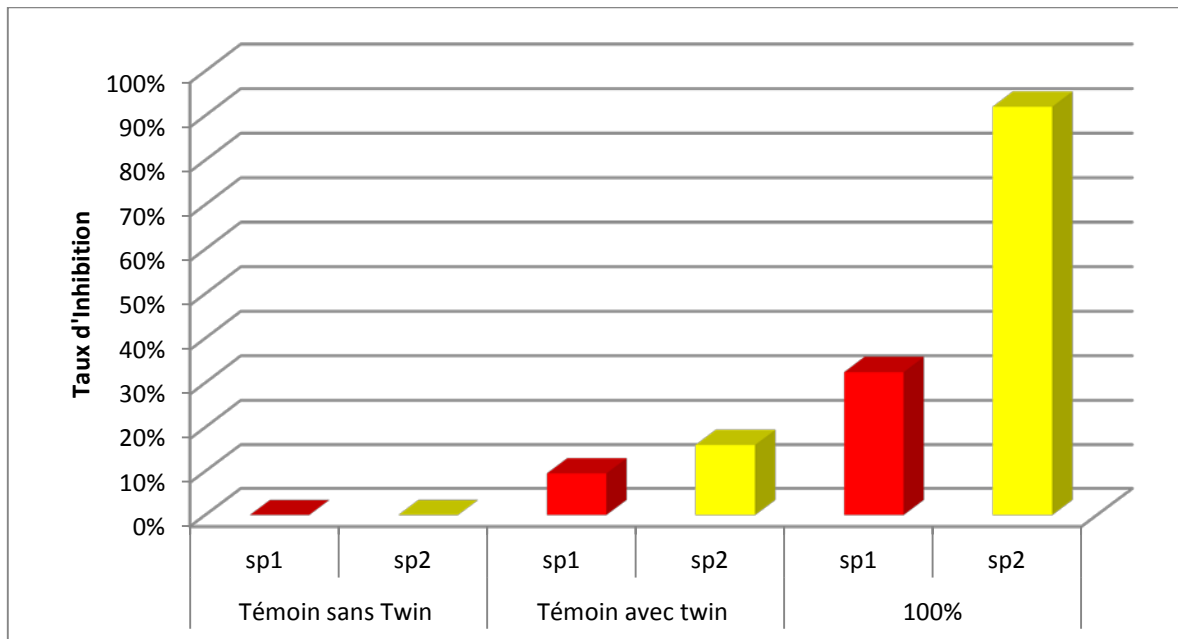


Figure 38 : Taux d'inhibition de la sporulation de *Fusarium* sp.1 et *Fusarium* sp.2

La figure 38, illustre l'effet de l'extrait méthanoïque des feuilles et tiges du *Marrabium vulgare* sur la sporulation des deux isolats. Il en ressort, que l'extrait n'a aucun effet sur la sporulation de *Fusarium* sp.1, par contre il a réussi à inhiber 80% de la sporulation de *Fusarium* sp.2.

Annexe 02**Tableau 01:** Résultats de l'analyse de la variance d'Influence de quelques milieux de culture sur la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	60,71	55	1,104				
VAR.FACTEUR 1	0,572	1	0,572	15,704	0,00098		
VAR.FACTEUR 2	6,227	3	2,076	56,979	0		
VAR.FACTEUR 3	50,05	6	8,342	228,98	0		
VAR.INTER F1*2	0,655	3	0,218	5,996	0,00519		
VAR.INTER F1*3	0,051	6	0,008	0,232	0,95943		
VAR.INTER F2*3	2,499	18	0,139	3,811	0,00354		
VAR.RESIDUELLE 1	0,656	18	0,036			0,191	11,45%

Tableau 02 : Résultats du test de Newman et keuls au seuil de 5%.**FACTEUR 1** : Isolats

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	F1n1	1,768	A	
2.0		1,566		B

FACTEUR 2 : Milieux

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
2.0		2,136	A			
4.0		1,769		B		
1.0	F2n1	1,542			C	
3.0		1,221				D

FACTEUR 3 : Temps (Jours)

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
7.0		3,249	A						
6.0		2,778		B					
5.0		1,839			C				
4.0		1,342				D			
3.0		1,121					E		
2.0		0,897						F	
1.0	F3n1	0,444							G

Annexe 03**Tableau 03:** Résultats de l'analyse de la variance d'Influence de la température de différents degrés sur la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	107,87	69	1,563				
VAR.FACTEUR 1	0,62	1	0,62	22,807	0,0001		
VAR.FACTEUR 2	40,833	4	10,208	375,265	0		
VAR.FACTEUR 3	51,84	6	8,64	317,614	0		
VAR.INTER F1*2	0,499	4	0,125	4,59	0,00685		
VAR.INTER F1*3	0,29	6	0,048	1,775	0,1465		
VAR.INTER F2*3	13,134	24	0,547	20,117	0		
VAR.RESIDUELLE 1	0,653	24	0,027			0,165	10,33%

Tableau 04 : Résultats du test de Newman et keuls au seuil de 5%.**FACTEUR 1** : Isolats

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	F1n1	1,691	A	
2.0		1,502		B

FACTEUR 2 : Températures

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0		2,369	A			
4.0		1,917		B		
2.0		1,849		B		
1.0	F2n1	1,714			C	
5.0		0,134				D

FACTEUR 3 : Temps (Jours)

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
7.0		2,907	A						
6.0		2,476		B					
5.0		1,984		C					
4.0		1,575		D					
3.0		1,175			E				
2.0		0,736				F			
1.0	F3n1	0,322							G

Annexe 01**Composition des milieux de culture utilisés dans l'étude physiologique de *Fusarium sp*****• Milieu PDA (Pomme de terre Dextrose Agar) g/l**

Pomme de terre.....	200 gr
Dextrose.....	20 gr
Agar.....	15 gr
Eau distillée q.s.p.....	1000 ml

• Milieu Gzapeck g/l

KH ₂ PO ₄	1.0 g
Na ₂ NO ₃	2.0 g
Kcl.....	0.5 g
FeSO ₄ , 7H ₂ O.....	0.1 g
Glucose.....	30.0 g
Gélose.....	20.0g
Eau distillée q.s.p.....	1000 ml

• Milieu Malt-agar

Extrait de Malt.....	20 g
Glucose.....	20 g
Peptone.....	1 g
MgSO ₄ 7H ₂ O.....	1,23 g
Glucose.....	2,8 g
Agar.....	20 g
Eau Distillée q.s.p.....	1000 ml

• Milieu Petit pois PEA (g/ l)

Petit pois.....	200 g
Glucose.....	20 g
Agar agar.....	20 g
Eau Distillée q.s.p.	1000 ml

Annexe 04**Tableau 05:** Résultats de l'analyse de la variance d'Influence de différents niveaux de pH la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	78,769	55	1,432				
VAR.FACTEUR 1	0,455	1	0,455	14,912	0,00121		
VAR.FACTEUR 2	2,172	3	0,724	23,713	0		
VAR.FACTEUR 3	72,596	6	12,099	396,19	0		
VAR.INTER F1*2	1,041	3	0,347	11,358	0,00023		
VAR.INTER F1*3	0,057	6	0,009	0,31	0,92297		
VAR.INTER F2*3	1,898	18	0,105	3,454	0,00606		
VAR.RESIDUELLE 1	0,55	18	0,031			0,175	8,16%

Tableau 06 : Résultats du test de Newman et keuls au seuil de 5%.**FACTEUR 1** : Isolats

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0		2,232	A	
1.0	F1n1	2,051		B

FACTEUR 2 : pH

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0		2,357	A		
4.0		2,204		B	
3.0		2,184		B	
1.0	F2n1	1,821			C

FACTEUR 3 : Temps (Jours)

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
7.0		3,695	A						
6.0		3,276		B					
5.0		2,763			C				
4.0		2,35				D			
3.0		1,638					E		
2.0		0,91						F	
1.0	F3n1	0,36							G

Annexe 05**Tableau 07:** Résultats de l'analyse de l'effet d'extrait méthanoïque du *Marrubium vulgare* la croissance mycélienne de *Fusarium sp.*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	67,638	41	1,65				
VAR.FACTEUR 1	1,05	1	1,05	22,309	0,00054		
VAR.FACTEUR 2	7,441	2	3,721	79,07	0		
VAR.FACTEUR 3	53,345	6	8,891	188,951	0		
VAR.INTER F1*2	3,168	2	1,584	33,666	0,00002		
VAR.INTER F1*3	1,647	6	0,274	5,834	0,00493		
VAR.INTER F2*3	0,422	12	0,035	0,748	0,68908		
VAR.RESIDUELLE 1	0,565	12	0,047			0,217	10,23%

Tableau 08 : Résultats du test de Newman et keuls au seuil de 5%.**FACTEUR 1** : Isolats

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	F1n1	2,28	A	
2.0		1,963		B

FACTEUR 2 : Les Doses

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	F2n1	2,555	A	
2.0		2,258		B
3.0		1,551		C

FACTEUR 3 : Temps (Jours)

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
7.0		3,602	A						
6.0		3,262		B					
5.0		2,903			C				
4.0		2,263				D			
3.0		1,5					E		
2.0		0,895						F	
1.0	F3n1	0,425							G

Conclusion

La fusariose est l'une des maladies les plus importantes sur différentes cultures, de part les dégâts qu'elle occasionne. Elle l'est encore plus lorsque les conditions climatiques sont favorables au développement des épidémies. Afin d'apporter notre contribution dans la lutte contre cette maladie, nous nous sommes proposés d'étudier l'efficacité de l'extrait méthanoïque d'une plante médicinale répandu en Algérie *Marrubium vulgare*.

Les essais réalisés sur le comportement « *in vitro* » sur différents milieux de cultures, à des étages de température distinctes, à divers niveau d'humidité, et à des pH différents, ont permis de déterminer les conditions abiotiques favorables au développement des deux isolats de *Fusarium sp* agent causal de la fusariose sur pomme de terre.

Les essais réalisés « *in vivo* » illustre la virulence du *Fusarium sp* sur la culture de la pomme de terre et sur les tubercules de cette denrée dans les lieux stockages.

L'étude de l'effet biofongicide de l'extrait méthanoïque des feuilles et tiges du *Marrubium vulgare* a démontré que ce dernier est capable de réduire considérablement la croissance mycélienne et surtout la sporulation de *Fusarium sp*2. parcontre son action sur *Fusarium sp*1 est réduite.

Ce travail doit être poursuivi, pour une éventuelle confirmation des résultats. Ces derniers seront d'une importance capitale pour l'élaboration d'un plan de lutte intégrée contre cette maladie mais avant tout il est nécessaire d'identifier avec précision ces espèces de *Fusarium sp*.

Pour ce qui est du test d'efficacité du *Marrubium vulgare*, il faudrait étudier "*in vitro*" et "*in vivo*", l'activité antifongique d'autres extraits de la plante à différentes doses.

Aussi ces résultats méritent une étude plus approfondie sur le plan toxicologique pour pouvoir exploiter ces propriétés antifongiques dans le domaine du phytosanitaire à l'échelle industrielle.

III. Discussion

Les résultats de l'étude de l'influence des facteurs abiotiques (milieux de culture, températures, humidité, pH, lumière et l'obscurité) nous ont permis d'identifier les conditions optimum pour une bonne croissance mycélienne et sporulation. La connaissance de ces facteurs peut être utilisée comme un moyen de prévention contre la maladie du flétrissement. En modifiant l'un de ces facteurs, on devrait mettre le parasite dans des conditions défavorables à son développement (Mandjar, 2015).

Les tests de pathogénéicité, sur tubercules et sur plantules de pomme de terre ont démontré la virulence des deux isolats de *Fusarium* sp sur la variété Spunta. Selon McLean et Walker (1941), la fusariose de la pomme de terre peut engendrer des pertes de rendement élevé.

Le test de l'effet de l'extrait méthanoïque pur, des feuilles et tiges sur la croissance mycélienne et la sporulation de *Fusarium* sp, a démontré que ce dernier arrive à inhiber la croissance et la sporulation de *Fusarium* sp.2, mais pas celle du *Fusarium* sp.1. Ce qui met en évidence la sensibilité du premier isolat et la résistance de l'autre.

Les résultats obtenus pour le *Fusarium* sp.2 confirment ceux présenté par Grainge et Ahmed (1988), qui ont montré que de nombreux champignons se sont révélés sensibles aux lamiacées et à leurs extraits tels que *Alternaria tenuis*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* et *Verticillum albo-atrum*. Ils ont montré également que les lamiacées possèdent une activité antibactérienne et antifongique grâce à la multitude de composés phénoliques qu'ils contiennent. En effet dans une étude menée par Boutlelis Djahra, et al. (2011) sur l'effet des extraits polyphénoliques de *marrubium vulgare* ont démontré que ces derniers sont capables d'inhiber la croissance des micro-organismes phytopathogènes. D'autre part sur l'ensemble des recherches menées sur les extraits de *Marrubium vulgare* (Boudjelal, 2013) a énoncé que ce sont les flavonoïdes et les tanins qui détiennent cette activité antibactérienne et antifongique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ❖ **Abdessalem F. (1990).** Contribution a l'étude de trois amendements organiques (fumier fermes, fientes de volailles, compost urbain).
- ❖ **Al kadi 1989 :** A. Usage de quelques plantes dans la médecine populaire en libie, Vol1-2.
- ❖ **Ali Boutlelis Djahra, Ouahiba Bordjiba et Salah Benkherara, 2011.** Activité antibactérienne des flavonoïdes d'une plante médicinale spontanée *Marrubium vulgare* L. de la région d'El Tarf (Nord-Est Algérien)
- ❖ **Anonyme 1. 2017** <http://plantdepommeeterre.org/index/le-cycle-de-vie-de-la-pomme-de-terre>
- ❖ **Anonyme 2. 2017** <http://users.skynet.be/cerclehorticolantoing/avrilpdt.html>
- ❖ **Anonyme 3. 2017** https://fr.wikipedia.org/wiki/Marrube_blanco
- ❖ **Aoki T., ODonnel K. (1999).** Morphological and molecular characterisation of *Fusarium pseudograminearum* sp. nov., formerly recognized as the Group 1 population of *F. graminearum*. Mycologia 91, 597-609.
- ❖ **Aouadhi S., 2010:** mémoire Atlas des risques de la phytothérapie traditionnelle étude de 57 plantes recommandées par les herboristes.
- ❖ **Baba aïssa F., 1999 :** Encyclopédie des plantes utiles, Flore d'Algérie, Ed. Librairie moderne- Ruiba.p.46-47-194-195-231.
- ❖ **Bamouh H. (1999).** Technique de production la culture de pomme de terre, bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, N° 58, PP1-15
- ❖ **Bellabaci H.et Cherfouh R. (2004).** Développement de la culture de pomme de terre dans la région saharienne, séminaire sur la culture de pomme de terre, wilaya d'El-Oued du 11 au 13 janvier 2004, PP. 7-8

- ❖ **Bellakhdar. J., 1997:** Médecine Arabe Ancienne et Savoirs Populaires, La pharmacopée marocaine traditionnelle. Ed. Le Fennecet Ibio Press, impression : Dunes France. p 341.
- ❖ **Benyon F.H.L., Burgess L.W. et Sharp P.J. (2000).** Molecular genetic investigations and reclassification of *Fusarium* species in sections *Fusarium* and *Roseum*. Mycol.Res. 104, 1164-1174.
- ❖ **Bissati-bouafia S. (1996).** Optimisation de la cryoconservation d'apex de *Solanum phureja* par enrobage-déshydratation, en présence de saccharose. Etude sur l'effet de différentes substances cryoprotectrices. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes1. France. 107P
- ❖ **Bonnier G., 1990 :** La grande Flore française Ed.Bllin ; Complète. Tome : 09. 25-26.La Végétation de la France, Suisse et Belgique.
- ❖ **Boudjelal Amel. 2013** Extraction, identification et détermination des activités biologiques de quelques extraits actifs de plantes spontanées (*Ajuga iva*, *Artemisia herba alba* et *Marrubium vulgare*) de la région de M'Sila, Algérie
- ❖ **Brewer D. 1960.** Studies in Ascomycota pisi. Canadian journal de la végétale philosophie mathématique. Classique Hachette.
- ❖ **Burgess L. W., Summerell B.A., Bullock S., Gott K.P., Backhouse D. (1994).** Laboratory manual for *Fusarium* research, 3rd ed. University of Sydney, Sydney, Australia.
- ❖ **Carter J.P., Rezanoor H.N., Desjardins A.E., Nicholson P. (2000).** Variation in *Fusarium graminearum* isolates from Nepal associated with their host of origin. Plant Pathology 49, 452-460.
- ❖ **Doumbouya M., ABO K., Lepengue A.N., Camara B., Kanko K., Aidara D., Kone D., 2012.** Activités comparées *in vitro* de fongicides de synthèse et deux huiles

essentielles, sur des champignons telluriques des cultures maraichères en côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 50. P: 3520-3532.

- ❖ **Emmond, G.S., et R.J. Ledingham. 1972.** Effects of crop rotation on some soil-borne pathogen of potato. *Cano 1. Plant Sei.* 52:605-611. Goss, R.W. A dry rot of potato stems caused by *Fusarium solan!*. *Phytopathology* 30: 160-165.
- ❖ **Goss, R.W.1940** .A dry rot of potato stems caused by *Fusarium solan!* *Phytopathology* 30: 160-165.
- ❖ **Gossen, B.D. & R.A.A. Morrall, 1986.** Transmission of *Ascochyta lentis* from infected lentil seed and plant residue. *Can J Plant Pathol* 8: 28–32.
- ❖ **Grainge, M. and S. Ahmed. 1988.** Handbook of Plants with Pest-Control Properties. Wiley, New York
- ❖ **Hwang, S.F., et I.R. Evans. 1985.** Eumartii wilt of potato in Alberta. *Cano Plant Dis. Sun;* 65:57-59.
- ❖ **Jordan M.J., Martinez R.M., Martí'nez C., Mon'ino I., Sotomayor J. A., 2009.** Polyphenolic extract and essential oil quality of *Thymus zygis* ssp. *gracilis* shrubs cultivated under different watering levels. *Industrial crops and products* 2 9; 145–153.
- ❖ **Kaiser S.A.K.M. 1972.** Physical factors that influence the growth and spread of charcoal rot pathogen (*Macrophomina phaseolina*) infecting maize. *J. phytopathol.*, 123: 47-51.
- ❖ **Lahouel Z, 2015** ETUDE DIAGNOSTIQUE DE LA FILIERE POMME DE TERRE DANS LA REGION DE TLEMCEN, Cas de deux fermes pilotes : Hamadouche et Belaidouni.
- ❖ **Leach C.M. 1962.** The quantitative relationship of UV and visible radiation to the induction of reproduction in *Ascochyta pisi*. *Can. J. Bot.*, 40 : 1577-1602.

- ❖ **Leslie J.F., Summerell B.A. (2006).** The *Fusarium* Laboratory Manual, Blackwell Publishing.
- ❖ **Loubelo A.C. 1992.** Contribution à l'étude de la pourriture noir des racines de pois chiche causée par *Fusarium solani* (Mart) Appel UJR caractérisation et pathogénicité thèse ing. Agr Chelef 97p.
- ❖ **Madec et Perennec. (1962).** Les relations entre l'induction de la tubérisation et la croissance chez la pomme de terre. Ann. Phsio. Veg PP.05-83.
- ❖ **Madec P. (1966).** Croissance et tubérisation de la pomme de terre. Ed Bull. Soc. Fr .Physio. Veg. (12), PP.159- 173.
- ❖ **Mandjar I, 2015 ;** Etude de l'influence de quelques facteurs abiotiques sur le comportement « in vitro » de *Fusarium oxysporum. fsp. radices- lycopersici*. Mémoire Master université de Mostaganem.60p
- ❖ **McLean, J. and J.C. Walker. 1941.** A comparison of *Fusarium avenaceum*, *F. oxysporum*, and *F. solani. var. eumartii* in relation to potato wilt in Wisconsin. Journal of Agricultural Research 63(9):495-525
- ❖ **McLean, J.G., et J.c. Walker. 1941.** A comparison of *Fusarium al enaeum*, *F.ox.\sporom*, and *F. solan! var. cwnartlĪ* in relation to potato wilt in Wisconsin. *J. Agrie. Res. 63:495-525.*
- ❖ **Moule c. (1972).** Plantes sarclées et déverses. J-B. Baillièrre et fils, Editeurs. Paris. 246P.
- ❖ **N. Ghedadba, H. Bousselfela, L. Hambaba, S. Benbia, Y. Mouloud. 2014.** Évaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des feuilles et des sommités fleuries de *Marrubium vulgare L.*

- ❖ **Nelson P. E., Toussoun T.A., Marasas W.F.O. (1983).** *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park, PA.
- ❖ **Novak, I.; Buzas, G.; Minker, E.; Kolfai, M. et Szendrei, K.** *Planta med.* **1966**, 14, p: 57.
- ❖ **Patric T., 2003.** L'importance d'une irrigation adéquate pour la culture de la pomme de terre. Colloque sur la pomme de terre à CRAAQ
- ❖ **Quezel. F et Santa. S., 1963 :** Nouvelle Flore de L'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales, Vol. 1-2, 801-802, Ed. CNRS, Paris France, 1962,1963.
- ❖ **Randy Ploetz C., 2006.** *Fusarium Wilt of banana is caused by several pathogens referred to as Fusarium oxysporum f. sp. cubense. Phytopathology*, 6: 653-656.
- ❖ **Rappily F. 1969.** Techniques de mycologie en pathologie végétales. Ann epiphyties ; 102p.
- ❖ **Saiah F. 1996.** Etude de la résistance des sols à la fusariose causée par *Fusarium oxysporum* fsp mélonis dans la plaine du Chellif.
- ❖ **SARL Benzaza, 2017.** Ferme Benzaza Ain-Nouissy Mostaganem
- ❖ **Soloman M.E, 1951.** Control of humidity's with Potassium hydroxide sulphuric acid and others solutions. Bull.Ent.Res, pp543-554
- ❖ **Soltner D. (1979).** Les grandes productions végétales. Phytotechnie spéciale. 10ème Edition. 427P.
- ❖ **Valnet J., 1983 :** Phytothérapie, traitement des maladies par les plantes, Ed. Maloine S. A. Paris.
- ❖ **Yacoubi-soussae M.; Oumen M., Khiati D.et Najih A. (1999).** Economie de l'eau d'irrigation .bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, N° 58, PP. 1

Résumé

Le flétrissement Fusarien causé par *Fusarium* sp. est la plus grave maladie cryptogamique affectant la pomme de terre *Solanum tuberosum* L. cette dernière cause des pertes de rendements pouvant atteindre 100 % quand les conditions climatiques nécessaires au développement de la maladie sont réunies.

Nous avons testé (*in vitro*) l'étude de l'influence des facteurs abiotiques (milieux de culture, température, la lumière, pH, humidité), ce qui nous a permis de déterminer les conditions optimales pour une bonne croissance mycélienne ainsi la sporulation. La connaissance de l'influence de ces facteurs permet de créer un équilibre biologique défavorable à l'expression de la maladie.

Deux tests de pathogénéicité des isolats de *Fusarium* sp l'un sur tubercules et l'autre sur plants de pomme de terre, ont confirmé la virulence des deux isolats sur la variété Spunta.

Le Marrube blanc est une plante médicinale et aromatique *Marrubium vulgare* appartenant à la famille des Lamiacées, l'extrait méthanoïque de ses feuilles et tiges a fait l'objet d'un test (*in vitro*) sur deux isolats de *Fusarium* sp prélevés à partir de tubercules de pomme de terre infectés. Les résultats du test sur la croissance mycélienne et la sporulation montrent une efficacité remarquable de cet extrait sur *Fusarium* sp2, mais pas sur *Fusarium* sp1

Mots clés : *Marrubium vulgare*, croissance mycélienne, sporulation, *Fusarium* sp., extrait méthanoïque.

Abstract

Our work focused on two parts. The first is the study of the influence of abiotic factors (environment, temperature, humidity, pH & light) on mycelia growth and sporulation. The second concerns the study of the activity of the poly-phenolic extract from a medicinal plant and aromatic *Marrubium vulgare* (Lamiaceae), "*in vitro*"

The results of the study of the influence of abiotic factors have enabled us to finish the optimum conditions for good growth and sporulation of mycelia *Fusarium* sp.

The test results "*in vitro*" effect of the extract on the mycelia growth and sporulation shows that the extract have not a remarkable efficiency against the rates of sporulation inhibition and mycelia growth. A single test was performed (*in vivo*), showed the aggressiveness of the pathogen isolates on the potato both on tubers and on older plants.

Key words: *Marrubium vulgare*, mycelial growth, sporulation, *Fusarium* sp, méthanoic extract.