

# UNIVERSITÉ DE BLIDA 1

Faculté des Sciences de la nature et de la vie

Département de Biotechnologies

Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master

*Option : Phytopharmacie appliquée*

## EFFETS DE DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS MINÉRAUX SUR LA CROISSANCE ET LE DÉVELOPPEMENT DU *Verticillium dahliae*

Par

**Ouattara Rokiatou Salif**

Soutenu le 28 -06-2017

Devant le jury composé de :

I. DJEMAI	M.A.A	U.Blida 1	Présidente
F. BOUCHENAK	M.C.B	U.Blida 1	Promotrice
H. DEGAÏCHIA	Doc.	U.Blida 1	Co-promoteur
S. MOUMEN MESGOU	M.C.B	U.Blida 1	Examinatrice

Blida, JUIN 2017

## DEDICACE

Je dédie ce travail à celle qui a fait de moi une femme et qui m'a transmis les valeurs humaines... au pilier de la famille ... le symbole de la tolérance, de la bonté et de la patience...À ma *mère*.

A mon *père*... l'encre sur le papier n'exprime en rien ma gratitude envers toi pour tous ce que tu as fait et tu continues à faire pour moi !

A mes *frères* Ismael salif Ouattara, Aboubacar salif Ouattara, Cheick mohamed salif Ouattara ainsi qu'à mon tonton Modibo Ouattara

A toute ma famille,

A mon future mon époux youba keita qui n'a ménager aucun effort avec ses soutiens aux moments les plus difficiles, conseils, encouragements et confiance placée en moi

A ceux et celles qui ont partagés ses années de formation avec moi, merci à vous ma famille de Blida.

A ceux qui sont restés debout et qui ont refusés de se plier jusqu'à me voir réussir.

# Rémerciements

J'ai le plaisir d'exprimer ma profonde gratitude à Mme Bouchnak Fatima et Mr Degaichia Hocem pour avoir accepté la direction de mes travaux lors de cette recherche, pour leur rigueur, leur assistance, leur confiance et le temps qu'ils ont consacré à la lecture et correction du dit-travail.

J'adresse mes sincères remerciements à Mme Bouchnak Fatima promotrice de ma recherche pour son soutien, ses conseils et suggestions. Ses nombreux conseils directives, encadrements, corrections ont menés au bon déroulement de ce travail. Toutes mes reconnaissances vont à son égard de l'aide précieuse et de son temps qu'elle m'a accordée pour la réalisation du dit-travail.

Mes remerciements à Mr Degaichia aussi pour son soutien, ses conseils et le temps consacré pour me diriger lors de ce travail.

Mes sincères remerciements aux membres du jury, à la présidente Mme I DJEMAI et à l'examinatrice Mme S. MOUMEN MESGOU

Je tiens à remercier Dr Aroun, chef d'option de la section phytopharmacie appliquée qui a été un père pour toute la promotion avec ses encouragements, conseils et soutien. Mes sincères remerciements à l'ensemble des profs qui nous ont encadrés.

## Résumé

L'objectif de cette étude est d'examiner *in vitro* l'effet d'azote, du calcium, du potassium et du magnésium à différentes concentrations sur trois stades de développement : la croissance diamétrale mycélienne, la sporulation (nombres de conidies produites) et la germination des conidies (nombres de conidies viables) de *Verticillium dahlia* (Agent de dépérissement des cultures maraichères et Pérennes). Les différentes sources d'éléments minéraux sont incorporées séparément à des concentrations croissantes sur un milieu de culture gélosé pendant 1, 2, 8 semaines d'incubation à 27°C et à l'obscurité.

L'augmentation des concentrations du chlorure de nitrate (NH<sub>4</sub>Cl) diminue de façon significative la croissance mycélienne après 1 et 2 semaines d'incubation et la production de conidies produites et viables après 8 semaines d'incubation. A la concentration témoin (C0), nous observons la production de conidies qui est de  $(2,22 \cdot 10^4 \text{ conidies /cm}^2)$  elle atteint la plus faible valeur à la concentration C4 (3,3 PPM) qui est de  $(4,3 \cdot 10^3 \text{ conidies /cm}^2)$ . Par contre le nombre de conidies viables passe de la concentration témoin C0 de  $(1,26 \cdot 10^2 \text{ UFC /ml})$  à  $0,62 \cdot 10^2 \text{ UFC/ml}$  pour la concentration C4.

L'augmentation des concentrations des différentes sources de calcium, potassium et magnésium n'influe pas la croissance diamétrale mais diminue significativement le nombre de conidies produites et viables après huit semaines d'incubation.

À la lumière des résultats obtenus, il apparaît évident que ces travaux pourraient trouver des applications dans la mise au point de substrats répressifs défavorables au développement de cette maladie.

**Mots clés :** croissance, éléments minéraux, *in vitro*, *Verticillium dahliae*,

## Summary

The objective of this study is to examine *in vitro* the effect of nitrogen, calcium, potassium and magnesium at different concentrations on three stages of development: mycelial growth diametrical, sporulation (number of produced conidia) and conidial germination (viable conidia numbers) *Verticillium dahlia* (wasting agent of vegetable crops and perennial) .The various sources of minerals are incorporated separately at increasing concentrations on an agar culture medium for 1, 2, 8 Weeks of incubation at 27 ° C and in the dark.

Increased concentrations of nitrate chloride (NH<sub>4</sub>CL) significantly reduced mycelial growth after 1 and 2 weeks of incubation and the production of conidia produced and viable after 8 weeks of incubation. A control concentration (C<sub>0</sub>), we observed the production of conidia which is (2,22.10<sup>4</sup> conidia / cm<sup>2</sup>) it reaches the lowest value at the C<sub>4</sub> concentration (3.3 PPM) which is (4,3.10<sup>3</sup> conidia / cm<sup>2</sup>). By against the number of viable conidia passes from the concentration control of C<sub>0</sub> (1,26.10<sup>2</sup> CFU / ml) at 0,62.10<sup>2</sup> CFU / ml for the C<sub>4</sub> concentration.

Increased concentrations of different sources of calcium, potassium and magnesium did not affect diametral growth but significantly reduced the number of conidia produced and viable after eight weeks of incubation.

In the light of the results obtained, it is evident that this work could find applications in the development of repressive substrates which are unfavorable to the development of this disease.

**Keywords:** growth, mineral elements, *in vitro*, *Verticillium dahliae*,

## ملخص

والهدف من هذه الدراسة هو فحص في المختبر تأثير النيتروجين والكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم بتركيزات مختلفة على ثلاثة مراحل التنمية: قطري نمو فطر، تبوغ (عدد غبيرات المنتجة) و إنبات بوغي (أرقام غبيرات قابلة للحياة) الكبوكبية *الداليا* (الهزال وكيل محاصيل الخضر والدائمة). وتدرج مصادر مختلفة من المعادن بشكل منفصل إلى زيادة تركيزات على مستنبت أجار ل1 و 2 و 8 الأسبوع حضانة ° C 27 A في الظلام.

زيادة تركيزات الكلوريد نترات (NH<sub>4</sub>Cl) يقلل إلى حد كبير من نمو فطر بعد 1 و 2 أسابيع من الحضانة وإنتاج غبيرات المنتجة وقابلة للحياة بعد 8 أسابيع من الحضانة. وهناك تركيز التحكم (CO<sub>2</sub>)، لاحظنا إنتاج غبيرات وهو (22.10، 2<sup>4</sup> غبيرات / سم<sup>2</sup>) يصل إلى أدنى قيمة في تركيز (3.3 PPM C<sub>4</sub>) وهو (3.10، 4<sup>3</sup> غبيرات / سم<sup>2</sup>). بواسطة ضد عدد من غبيرات قابلة للحياة يمر من سيطرة تركيز (1،26.10 CO<sub>2</sub> كفو / مل) في (0،62.10 كفو / مل تركيز C<sub>4</sub>).

زيادة تركيزات من مصادر مختلفة من الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم لا يؤثر على نمو diametric لكن يقلل بشكل كبير من عدد من غبيرات قابلة للحياة المنتجة وبعد ثمانية أسابيع من الحضانة.

في ضوء هذه النتائج، يبدو واضحا أن هذا العمل يمكن أن تجد تطبيقات في تطوير ركائز القمعية تطوير السلبية للمرض.

**كلمات البحث:** النمو، والعناصر المعدنية، في المختبر، الكبوكبية *dahliae*

Introduction Générale -----	1
<b>CHAPITRE I :SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	
<b>I –1.GENERALITES SUR CULTURES MARAICHERES-----</b>	<b>3</b>
I. 2. cultures maraîchères des pleins champs -----	3
1 .3 les cultures maraîchères abritées -----	4
1.3.1 Les cultures hâtées -----	4
1.3.2 Les cultures forcées -----	4
<b>I.4.Généralités sur Tomate-----</b>	<b>4</b>
<b>II  IMPORTANCE DES CULTURES MARAICHERES -----</b>	<b>4</b>
II.1  IMPORTANCE DES CULTURES MARAICHERES EN ALGERIE-----	4
II-  IMPORTANCE DU MARAICHAGE AU MALI-----	5
<b>III- PRINCIPALES MALADIES DES CULTURES MARAICHERES-----</b>	<b>6</b>
<b>IV- GENERALITES SUR LA VERTICILLIOSE-----</b>	<b>6</b>
IV .1 TAXONOMIE-----	7
IV- 2 spécificité parasitaire-----	8
IV-3 symptômes de la verticilliose observés sur cultures maraichères-----	9
v. Biologie du <i>Verticillium dahliae</i> -----	10
V-1Cycle biologique du <i>Verticillium dahliae</i> -----	10
V- 2 Facteurs influençant sur le développement du <i>Verticillium- dahliae</i> -----	11
<b>VI. LUTTE-----</b>	<b>12</b>
VI-1.Lutte chimique-----	12
VI -2.Lutte biologique-----	12
V .3. Variétés résistantes-----	13
<b>CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES</b>	
1-Matériau Fongique-----	14

2-Activité des éléments minéraux sur la croissance et le développement de <i>Verticillium-dahlia</i> -----	14
3-Etude de la croissance mycélienne-----	16
4-Etude de la Sporulation conidienne-----	16
5-Etude de la germination conidienne-----	16
6-Dispositif expérimental et analyse statistique-----	17
 <b>CHAPITRE III RÉSULTATS</b>	
1. EFFET DE LA VARIATION DE LA SOURCE D'AZOTE SUR LA CROISSANCE DIAMETRALE MYCELIENNE APRES UNE, deux et huit SEMAINES D'INCUBATION -----	18
2.Effet de la variation des sources de potassium sur la croissance mycélienne après une, et deux semaines et huit d'incubation-----	20
3. Effet de la variation des sources du calcium sur la croissance mycélienne après une, deux et huit semaine d'incubation-----	22
4. Effet de la variation des sources de magnésium sur la croissance mycélienne après une, deux, et huit semaine d'incubation-----	23
1. Effet de la variation des sources d'azote sur la sporulation et germination conidienne de <i>Verticillium dahliae</i> -----	25
2. Effet de la variation des sources de potassium sur la sporulation et germination conidienne par <i>Verticillium dahliae</i> -----	26
3. Effet de la variation des sources du calcium sur la sporulation et germination de conidienne par <i>Verticillium dahliae</i> -----	28
4.-Effet de la variation des sources du magnésium sur la sporulation et germination conidienne par <i>Verticillium dahliae</i> -----	29
 <b>DISCUSSION</b> -----	32
<b>CONCLUSION</b> -----	38
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> -----	40



## LISTE DES FIGURES

Figure1 : Vues microscopiques de <i>Verticillium dahliae</i> -----	8
FIGURE : 2A-Brunissement des feuilles-----	9
Figure :2B- et symptômes sur racines de plantes atteintes par la verticilliose-----	9
Figure :3 Cycle de développement de la <i>V. dahliae</i> .(Berlanger et Powelson, 2000).-----	11
Figure :4 Aspect macroscopique (a) et microscopique (X500) du <i>Verticillium dahliae</i> (b :conidiophore et conidies ; c : microsclérotés) photo originale 2017-----	14
Figure 5 : Effet des sources d'azote sur la croissance mycélienne du <i>Verticillium dahliae</i> après 1,2 et 8 semaines d'incubation-----	18
Figure 5.a: Aspect du mycélium C0=témoin Figure 5.b: Aspect du mycélium à la concentration C4=3,3ppm de NH4CL -----	20
Figure 6 : Effets des sources de potassiums sur la croissance mycélienne du <i>Verticillium dahliae</i> après 1, 2 et 8 semaines-----	20
Figure 7 : Effets des sources de calcium sur la croissance mycélienne du <i>Verticillium dahliae</i> après 1 ,2 et 8 semaines-----	22
Figure 8 : Effets des sources de magnésiums sur la croissance mycélienne sur le <i>Verticillium dahliae</i> après 1,2, et 8semaine d'incubation-----	23
Figure 9 :Effet des sources d'azotes sur la sporulation et germination conidienne par le <i>Verticillium dahliae</i> -----	25
Figure 10 : Effet des sources de potassium sur la sporulation et germination conidienne par le <i>Verticillium dahliae</i> -----	26
Figure 11 : Effets des sources de calcium sur la sporulation et germination conidienne du <i>Verticillium dahliae</i> -----	28
Figure 12 : Effets des sources de magnésium sur la sporulation et germination conidienne par <i>Verticillium dahliae</i> -----	29

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau 1 : Concentrations utilisées pour la préparation des milieux sur les différentes sources d'azote, de phosphore, de potassium, de calcium et de magnésium-----15

Tableau 2 : Sources des éléments minéraux testés-----15

## INTRODUCTION

*Verticilliumdahliae*, champignon très polyphage, a été signalé sur tomate dans de nombreux pays producteurs des zones tempérées et subtropicales. Il affecte plusieurs centaines de plantes hôtes herbacées et ligneuses, et notamment plusieurs autres solanacées : le tabac, la pomme de terre, le poivron et surtout l'aubergine, qui est particulièrement sensible. Sur tomate, son incidence a pu être importante. Pourtant de nos jours la tomate est parmi les cultures maraichères les plus utilisées dans le monde. A cela s'ajoute l'olivier qui est aussi atteint par ce champignon. Il est noté que l'impact de cette maladie est sévère sur l'oliveraie au cours de la première année de son installation, (Bellahcene, 2004). Il en résulte une baisse de production proportionnelle à l'intensité d'attaque. En Algérie, la verticilliose est considérée comme un sérieux problème pour les cultures maraichères et surtout pour la tomate et l'olivier car les dégâts occasionnés sont énormes (Belhassen2000, 2004,) Actuellement, il n'existe aucune méthode permettant de lutter efficacement contre cette maladie en Algérie. Elle est toujours au stade prospection notamment sur olivier (INPV 2009)

Une étude menée par (Martinez et al., 2002 ) sur les sols suppressifs envers la gale argentée de la pomme de terre causée par *Helminthosporium solani*. Cet effet suppressif pourrait selon cette étude être attribuable aux propriétés chimiques du sol.

À cet effet, plusieurs études ont montré que la sévérité de certaines maladies des plantes cultivées peut être affectée par certains éléments minéraux essentiels à la croissance de la plante (Ruber et Watson, 1974; Huber, 1978; 1980) et que ces derniers peuvent être exploités pour limiter le développement d'une grande variété de maladies (Engel hard, 1989). Des exemples remarquables sont ceux des flétrissements fusariens causés par *Fusarium oxysporum* avec des travaux qui datent des années (1920 ) et qui décrivent l'effet bénéfique de l'utilisation des amendements en chaux (Jones et al, 1989). Le développement d'un grand nombre de maladies des cultures maraichères comme la gale commune (*Streptomyces scabies*), le Rhizoctone brun (*Rhizoctonia solani*), la gale poudreuse (*Spongopora subterranea*),

la Verticilliose (*Verticilliumdahliae* et *V.albo-atrum*), l'alternariose (*AlternariasolanietA.alternata*), brûlure tardive (*Phytophthorainfestans*) est affecté par les éléments minéraux présents dans le sol (Lambert et al. , 2005).

L'effet de ces éléments sur le développement des maladies peut engendrer des changements structuraux ou physiologiques au niveau de la Plante, d'une augmentation de l'activité des antagonistes microbiens ou d'une toxicité directe envers l'agent pathogène (Lambert et al., 2005).

Ainsi, la manipulation ou la modification des propriétés chimiques du sol apparaît comme une pratique culturale intéressante pour le contrôle des maladies des plantes notamment la verticilliose (Huber, 1989) (Davis et al, 1986).

Davis et al., (1986) constatent également que la sévérité et l'incidence de la maladie de la verticilliose sur pomme de terre est en corrélation négative avec certains facteurs agronomiques comme la fertilisation azotée sous forme de chlorure d'ammonium.

D'autres auteurs ont montré que l'association de ces éléments minéraux comme le chlorure de calcium aux fongicides systémiques permet de renforcer leur efficacité contre les agents de pourritures des fruits comme *Alternariaalternata* et *Penicillium expansum* (Biggs et al., 1994 ; Attrassi et al., 2007).

Dans le présent travail, cette étude *in vitro* a été réalisée afin d'évaluer l'effet de l'azote, du potassium, du calcium et du magnésium sur la croissance diamétrale mycélienne, le nombre de conidies total et viables produites par le champignon *Verticilliumdahlia*. Les résultats préliminaires obtenus pourront servir aux travaux futurs destinés à élaborer des plans spécifiques de gestion des propriétés du sol dans la culture de la pomme de terre ou tomate (cultures les plus importantes en Algérie) pour mieux lutter contre le développement de la verticilliose.

## CHAPITRE I : SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES

### I.1.GENERALITES SUR LES CULTURES MARAICHERES

Le maraîchage ou cultures maraîchères, est la culture des légumes et celui qui cultive les légumes s'appelle un maraîcher. C'est en effet du mot marais que vient le mot maraîchage : qui est un terrain qui s'étend des marécages (d'abord en un lieu bas et humide où les masses d'air ont des variations de pression très faibles) consacré à la culture des légumes, il est très humifère, tourbeux, riche en azote et convient très bien aux légumes et surtout les légumes feuilles.

### I .2. CULTURES MARAICHERES DES PLEINS CHAMPS :

Elles se distinguent des cultures légumières par leur intensification ; en effet elles se caractérisent par :

- Des exploitations spécialisées dans la production des cultures maraîchères.
- Les investissements élevés.
- Des terres de bonnes qualités.
- Situation dans un climat favorable.
- Large emploi des fumures, produits phytosanitaires et technicité.

(service agrolevage,2011)

**1 .3 Les cultures maraîchères abritées :** ce sont des cultures qui se font à des époques anormales en utilisant des matériaux destinés à transformer le micro climat local en un climat plus proche des exigences de la plante .Ces matériaux peuvent être des serres, des tunnels ou des châssis. On distingue deux grands groupes de cultures sous abris :

**1.3.1 Les cultures hâtées** : ce sont des cultures abritées qui n'utilisent pas de sources de chaleur artificielles (presque 100%des cultures abritées)

**1.3.2. Les cultures forcées** : ce sont des cultures abritées qui utilisent des sources de chaleur artificielles.

#### **I.4.Généralités sur Tomate**

La tomate est une légume avec une grande valeur économique dans le monde, c'est pourquoi il est tellement important de prévoir les maladies de la culture de cette culture et plus particulièrement les maladies causées par les champignons. Les traitements existants pour telles maladies sont principalement préventifs. Dans une culture de tomate malade, où le pathogène est un champignon, les symptômes qu'on observe sont très similaires entre eux. La plupart de champignons attaquent la plante de la tomate en commençant par les feuilles. Ce qui peut provoquer une défoliation dans la plante, en laissant les fruits exposés à l'escalade. Certains champignons peuvent aussi attaquer les autres parties de la plante, comme : la tige, la fleur, le pétiole, la racine et les fruits comme le cas du *Verticilliumdahliae* qui fait l'objet de notre étude. ((Argerich, C. ; Troilo, L. ; Rodriguez Fazzone, M. ; et al. ,(2010). Manuel de bonnes pratiques agricoles e).

Parmi les deux espèces de *Verticillium* susceptibles d'attaquer la tomate, *V. dahliae* est la plus signalée, particulièrement en France.

Une autre espèce, *V. albo-atrum*, est également rapportée. Contrairement à la précédente espèce, elle ne forme pas de microsclérotés et ses optimums thermiques sont plus bas. Des isolats de ce dernier *Verticillium*auraient cependant révélé en Tunisie des optimums thermiques plus élevés. Des isolats de *V. tricorpus*, pathogènes sur pomme de terre et particulièrement agressifs sur tomate et aubergine ont été mis en évidence en Tunisie. Cette espèce produit des chlamydospores et du mycélium de conservation assez sombre, en plus de microsclérotés.(D. Blancard INRA 2014).

## **II IMPORTANCE DES CULTURES MARAICHERES**

### **II.1 IMPORTANCE DES CULTURES MARAICHERES EN ALGERIE**

Les cultures maraîchères sont cultivées dans toutes les régions d'Algérie, on les trouve aux alentours des centres urbains et là où il y a possibilité d'irrigation (barrages, oueds, sources ou moyens de pompage).

Le maraîchage a une grande importance dans l'économie nationale car il permet :

- La création d'un grand nombre d'emploi chaque année.
- La satisfaction des besoins en légumes des populations du pays.
- L'entrée de devises par le biais des exportations.
- L'approvisionnement de l'industrie agroalimentaire et la transformation en matière première (service agro élevage, 2011)

Elles ont connu un développement important au cours des dernières années. La production totale est passée de 6 millions de tonnes en 2007/2008 à 9,5 millions en 2010/2012, soit une augmentation de 58 %. La pomme de terre, produit de grande consommation, est l'espèce la plus représentée avec une production de 3,8 millions de tonnes.

### **II- 2 IMPORTANCE DU MARAICHAGE AU MALI**

Le maraîchage est un bon moyen d'améliorer la nutrition des populations, de s'assurer de leur autosuffisance alimentaire, d'apporter des revenus complémentaires mais aussi de promouvoir des activités sociales et communautaires. Ce type d'activité peut être financièrement rentable et améliorer considérablement la situation économique des communautés concernées, mais il n'est pas toujours simple à mettre en place et demande un certain travail de réflexion préalable. En effet, les cultures maraîchères contribuent à améliorer l'alimentation des populations, à leur fournir des revenus complémentaires et à leur conférer une plus grande autonomie alimentaire) (Luc Arnaud et Bernard Gay ,1994).

Le Mali possède des atouts très importants pour la production de la tomate tels que :

- La disponibilité des terres productives
- L'expérience des paysans dans la culture de la tomate dans les différentes zones de production
- L'existence de services d'appui qui encadrent les paysans dans la culture de cette spéculacion.
- L'existence d'un programme de recherche qui s'intéresse à l'amélioration variétale. ( Arnaud et Gay, (1994))

### III- PRINCIPALES MALADIES DES CULTURES MARAICHÈRES

Les cultures maraichères sont affectées par de nombreuses maladies fongiques, bactériennes et virales qui affectent la plante en totalité ou en parties (racines, tiges, feuilles et tubercules) pendant la phase de culture au champ et/ou pendant la phase de conservation des tubercules (Gaucher,1998). Les principales maladies fongiques sont la brûlure tardive (*Phytophthora infestans*), le rhizoctone brun (*Rhizoctonia solani*), la gale argentée (*Helminthosporium solani*), la pourriture sèche (*Fusarium sambucinum*), l'altémariose (*A. solani*, *A. alternata*), la pourriture à sclérotés (*Sclerotinia sclerotium*), la verticilliose (*Verticillium spp.*), la pourriture aqueuse (*Pythium ultimum*), la pourriture rose (*Pythium erythroseptica*). Les principales maladies bactériennes sont la jambe noire (*Erwinia carotovora*), la gale commune (*Streptomyces scabies*) et la pourriture brune (*Ralstonia solanacearum*). Les principales maladies virales sont les mosaïques bénignes (Gaucher,1998).

### IV- GENERALITES SUR LA VERTICILLIOSE

La verticilliose, causée par *Verticillium dahliae* est l'une des maladies vasculaires les plus importantes rapportée sur des plantes appartenant à 45 familles botaniques (Harrington et Dobinson 2000). Cette espèce est d'une importance économique majeure (Mc Cain et al., 1981) et est distribuée dans le monde entier (Pegg, 1984). La



verticilliose ou flétrissement verticillien est une maladie cryptogamique vivant majoritairement dans le sol et se propage par les racines lors de la montée de sève. Longtemps considérée comme une maladie d'importance secondaire la verticilliose est devenue une maladie économiquement importante suite au développement du *Verticillium*.

Le champignon de *V.dahliae* est un parasite facultatif, saprophyte du sol et biotope des plantes (Hiemstra et Harris 1998). Son développement *in vivo* nécessite un sol humide. Son développement *in vitro* a un taux de croissance relativement lent. Il se développe différemment sur les milieux communs aussi bien organiques (Richards, Czapek) que synthétiques (PDA, MEA) (Malick 2008). Sa croissance *in vitro* est optimale aux températures de l'ordre 21 à 27°C (Bejarano- Alcazar et al., 1996) ; Avec un pH compris entre 6 et 9 (Pegg et Brady 2002). La croissance est inhibée par des températures extrêmes telles que 5 ou 35 °C (Malick 2008) et des pH en dessous de 5 (Pegg et Brady 2002).

#### IV .1 TAXONOMIE

L'agent infectieux *Verticillium dahliae* a été décrit pour la première fois comme une espèce distincte par Klebhan (1913). C'est un champignon imparfait, haploïde et dimorphe, (Pegg et Brady, 2002, Klosterman et al., 2009).

La classification de ce champignon est établie par Agrios 1988 ; puis Botton 1990 est la suivante :

Division	Amastigomycota
Groupe	Deutéromycètes
Classe	Hyphomycètes
Ordre	Hyphales ou Moniliales
Famille	Moniliaceae
Genre	<i>verticilium</i>
Espèce	<i>dahliae</i> (Kleb)

Du point de vue morphologique, le champignon porte des conidiophores disposés en verticilles autour de l'axe principal de l'hyphe. Une phialide se trouve à l'extrémité de chacune de ces branches et les conidies sont formées une par une à l'extrémité de la phialide. Les conidies peuvent s'agglomérer à l'extrémité des phialides. Par ailleurs, *V. dahliae* produit sous certaines conditions des microsclérotos. Cette particularité permet de le distinguer de *Verticillium albo-atrum*, un autre pathogène causant des symptômes similaires sur les plantes (Pegg et Brady, 2002).

Les microsclérotos sont des structures de survie formées par l'agglomération d'hyphe contigus dont les parois sont épaissies et mélanisées. Les agglomérats formés ont l'aspect de petites boules noires (entre 20 et 200 picomètre de diamètre) pouvant être séparées des hyphes. Leur germination peut être induite artificiellement sur certains milieux sélectifs. Leur persistance dans le sol varie de 4 à 15 ans (Hawke et Lazarovits, 1994; Pegg et Brady, 2002).

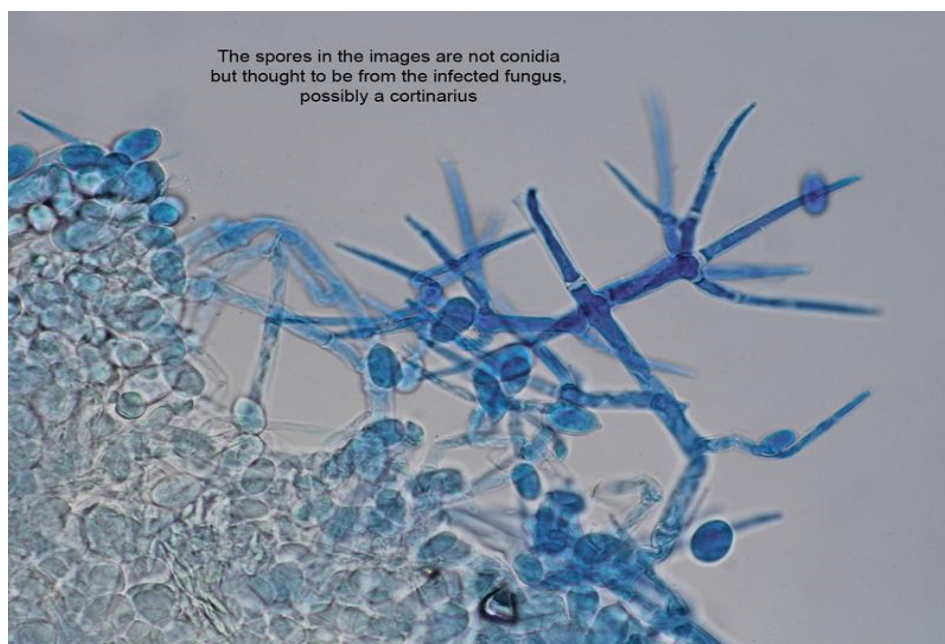


Figure1 : Vues microscopiques de *Verticillium dahliae*,

#### IV.2- Spécificité parasitaire

Le dahlia fut la première plante hôte attaquée par *Verticillium dahliae* (Isaac, 1976). Originaire des hauts plateaux du Mexique, les Aztèques le cultivent aussi comme une plante ornementale. Le dahlia a été découverte par des botanistes espagnols dans la "Nueva España", le Mexique actuel.

Cette fleur à bulbe héliophile appartient à la famille des Composées et était appelée par les indigènes "Acocotli et Chichipatli". Le Dahlia doit son nom à Andreas Dahl, botaniste du XVIIIème siècle. C'était un élève du célèbre botaniste suédois Carl von Linné, qui a établi la classification moderne des plantes.

A Versailles, le Dahlia était présenté comme un légume racine, consommé par les indigènes ! Le goût étant acre, on a cultivé cette fleur à bulbe pour ses coloris.(Rhizomes 2008).

Ce parasite est extrêmement polyphage puisqu'il peut attaquer plus de 400 espèces de plantes appartenant à des genres et familles différentes dont beaucoup ont un intérêt agricoles et économique(Martin-Lapierre,2011) comme des arbres fruitiers (l'olivier, l'amandier,l'abricotier(Tjamos1989),des plantes herbacées aussi bien maraichères(pommes de terres , poivron ,tomates, aubergines) qu'ornementales(Chrysanthèmes ,rosier et lychnis)(Fradin et Thomma 2006,Wang et al.,2012),des légumes(chou-fleur,artichaut (jamos.,2000).

#### **IV.3-SYMPTOMES DE LA VERTICILIOSE OBSERVES SUR CULTURES MARAICHES**

*Verticilliumdahliae* est un des champignons responsables de la verticilliose (*Verticilliumwilt*) sur plusieurs légumes, dont la tomate. Cette maladie est signalée dans de nombreuses zones de production du monde et peut occasionner des dégâts importants. Elle affecte aussi bien les cultures de plein champ que sous abri.Comme de nombreuses autres maladies vasculaires, les attaques de verticilliose sur tomate se traduisent par le flétrissement des plantes au moment les plus chauds de la journée. Les folioles ne tardent pas à présenter un jaunissement internervaire du limbe, qui prend la forme d'un « V ». Progressivement, les tissus foliaires se nécrosent et se dessèchent dans la partie centrale des décolorations. Au fur et à mesure de la progression de la maladie, plusieurs folioles et feuilles montrent des symptômes comparables. Une coupe longitudinale dans la tige permet de constater que les vaisseaux sont plus ou moins bruns, les brunissements vasculaires sont observés (figure 2B) (.Blancard,2013).

L'obstruction des vaisseaux provoque des flétrissements rapides. Chez les légumes, deux familles de champignons sont en cause : les fusarioses et la verticilliose. Pour

cette dernière, le coupable est *Verticillium dahlia*, qui s'en prend surtout aux solanacees : tomates, aubergines et parfois poivrons. La verticilliose peut aussi s'attaquer aux artichauts et aux melons.(Terre vivante 2008)

Les symptômes sont variables selon les plantes-hôtes. Les plus caractéristiques chez toutes les espèces sensibles sont une chlorose foliaire précoce suivie de nécrose(figure2A), puis par la chute prématurée des feuilles atteintes, ainsi que la décoloration vasculaire des tiges et des racines.(Figure2-B) .



Figure 2-A Brulure et jaunissement des feuilles Figure 2-B Brunissement sur racines de racines atteintes par le *Verticillium dahlia* Kleb

Figure 2 : Symptômes de la maladie de Verticilliose sur plante (Blancard 2013)

#### **IV.4. Biologie du *Verticillium dahliae***

##### **IV.4.1 Cycle biologique du *Verticillium dahliae* Kleb**

Le cycle biologique du *V. dahliae* se déroule en deux phases (Hiemstra et Harris, 1998), une phase saprophytique comprenant une période d'activité, et une phase parasitaire qui se déroule dans la plante hôte.

Pendant la phase saprophytique, le champignon pérennise sous sa forme de micro sclérote plus de 14ans dans le sol au dépens des débris végétaux et matériaux organiques (Wilhelm,1955,Triki et al.,2006).C'est ainsi qu'il se dissémine par le mouvement des sols infectés, des débris végétaux infectés ,de l'eau d'irrigation,l'équipement agricole, le vent, les insectes telluriques,prédateurs,pollinisateurs (Klosterman et al.,2009 ;Chawla et al.,2012).Il résiste bien au froid qu' à la chaleur et supporte des écarts thermiques allant de 30 °C à 55°C(Schnathorst et Mathre,1966).Le saprophyte s'active et redevient agressif au rétablissement de bonnes conditions de température et d'humidité du sol.

La phase parasitaire du champignon se débute par la germination de micro sclérote en réponse aux exsudats racinaires de la plante hôte. Il en résulte une émission des hyphes qui colonisent le cortex des racines ,s'y introduit par l'extrémité ou par les cellules épidermiques(Garber,1966) et puis gagne via la sève les vaisseaux du xylème ;infection primaire(Fradin et Thomma,2006 ; Vallad et Subbarao, 2008)(figure 3).Le parasite se reproduit asexuellement dans les vaisseaux à l'intérieur desquels il progresse ,grâce au transport de conidies par le flux de la sève ascendante aux pièces aériennes de la plante(Vallad et Subbarao,2008) où elles constituent des foyers secondaires d'infection(figure 3).La poursuite ainsi de l'infection du systèmes vasculaire et les toxines émises par le parasite font que la plante produise des dépôts gommeuses qui obstruent les vaisseaux conducteurs y entravant ainsi le transport d'eau (Klosterman et al.,2009) et donc des symptômes de flétrissement se déclenchent sur les parties aériennes atteintes(Tombesi et al.,2007 ;Laoune et al.,2011).(figure3)

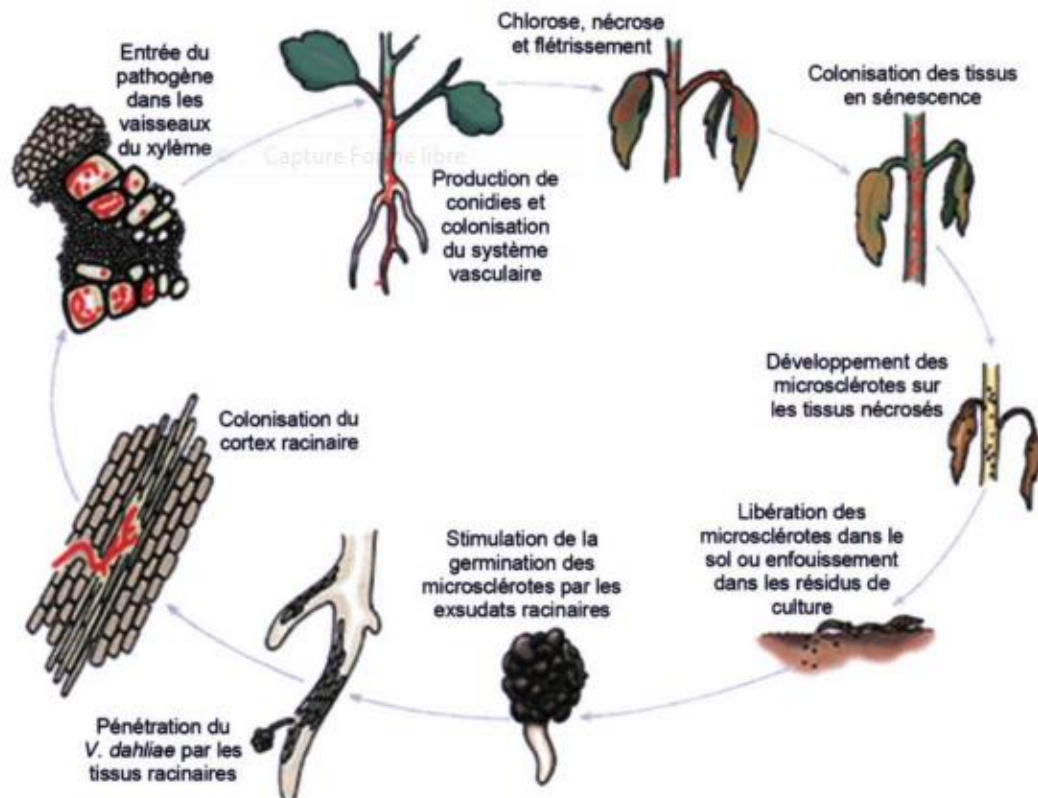


Figure :3Cycle de développement de *Verticilliumdahliae*Kleb(Berlanger et Powelson, 2000).

#### IV.4.2.FACTEURS INFLUENÇANT SUR LA BIOLOGIE DU *Verticilliumdahliae*

La croissance et la fructification du *Verticillium* sur les racines sont étroitement liées aux conditions de température et d'humidité (Jouan et al,1974).Sa croissance in vitro dépend du pH qui doit être acide et de la composition du milieu de culture(Singh,1973). Lorsque le microsclérote entre en contact avec les racines d'une plante hôte et lorsque les conditions sont favorables (température avoisinant 20°C et sol humide), il germe et produit le mycélium qui se propage dans la plante. *Verticilliumdahliae* produit ensuite de nouveaux microsclérotos dans les parties contaminées de la plante. Lorsque celle-ci meurt et se décompose, ces nouveaux microsclérotos sont relâchés dans le sol.

Autres facteurs possibles de contamination : les excréments d'animaux ayant consommé des plantes malades, la diffusion des semences de plantes malades, la présence de « mauvaises herbes » hôtes (chénopodes, plantains, amarantes, séneçons), les nématodes et pucerons (vecteurs) (C, 2016.)

Le *Verticillium* se développe sur un sol hydromorphe, irrigation, humidité régulière, température douce 20-30 (INRA 2013).

## V. LUTTE

### V.1. LUTTE CHIMIQUE

En pratique la lutte chimique constitue et de loin le type de méthode le plus utilisé pour la gestion de la verticilliose (Yangui et al., 2010, Alfano et al., 2011). Elle se fait par stérilisation du sol à l'aide de fumigants chimiques (le bromure méthylique) (Fravel et Larkin 2000, Martin Lapierre 2011) ou l'utilisation des fongicides systémiques (méthyl-thiophanate, thiabendazole, bénomyl et carbendazime) (Henni 1982, Boukenadel, 2001; Kumar et al., 2012). Ce recours aux produits chimiques, toujours valables dans certaines situations, engendrent cependant des coûts élevés et des impacts sur l'environnement (Nannipierri et al., 1990). Actuellement aucun traitement curatif n'a prouvé son efficacité (Arsaland et Dervis, 2010).

*In vivo*, le compost utilisé comme amendement du sol réduit le rabougrissement et l'altération foliaire des plants de tomate inoculés par *V. dahliae*. La correction du sol avec le compost a permis l'inhibition de la pénétration et de la colonisation des tissus vasculaires des plants de tomate par *V. dahliae* (Mouira et al., 2014)

### V.2. LUTTE BIOLOGIQUE

La lutte biologique peut offrir de nombreuses méthodes de lutte alternative aux traitements chimiques (Uppal et al., 2008). Ce moyen de lutte met en œuvre différents organismes vivants appelés auxiliaires ou leur produits pour prévenir ou réduire les dégâts. Il s'agit d'utiliser surtout les microorganismes tels que *Pseudomonas sp* et *Bacillus sp* (Mercado-Blanco et al., 2004; Bounoua 2008; Lang et

al.,2012),*Streptomycesplicatus* ,*Frankiasp*(Bonjar et Aghighi,2005) ,*Serratiaplymuthica*(Muller et al.,2007).Ce moyen de lutte a malheureusement dévoilé un succès limité contre la verticilliose (Sanei et al.,2010).

### **V.3. Variétés résistantes**

Intercalez des cultures résistantes : haricot, laitue, oignon, ail, poireau, engrais verts...

- Pour les tomates, en dernier recours la solution de renoncer aux variétés anciennes et d'utiliser des variétés tolérantes.

Pour les aubergines, l'utilisation de plants greffés sur tomates permet à la fois d'augmenter vigueur et productivité tout en résistant beaucoup mieux à la verticilliose. Les plants greffés se trouvent de plus en plus fréquemment sur les marchés, y compris en bio.(C. Galinet 1987).

- La variété de tomate Roma vf est résistante aux maladies comme le mildiou, mais aussi au *Verticilium* et au fusarium, d'où l'abréviation « vf ». Sa croissance est déterminée, ce qui signifie que la plante peut se cultiver sans taille et sans tuteurage. Dans ce cas, elle se développe au ras du sol et stoppe spontanément sa croissance des qu'elle atteint une longueur de 1 m a 1,50 m (5 à 6 grappes florales). Dotées de cinq pétales, les fleurs sont jaunes ; les feuilles sont découpées et poilues.( 2007-2016, Fine Media )



## CHAPITRE II MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1- Matériels Fongiques

Le *Verticilliumdahliae*, objet de notre expérimentation, provient de la collection du laboratoire de physiologie végétale et a été isolé à partir d'une culture de tomate présentant des symptômes de flétrissement et de brunissement au niveau du collet, caractéristiques de la verticilliose. Sur la base des structures morphologiques et microscopiques (Figure 3) du champignon retrouvé sur le milieu de culture, et la clé de détermination de Rieuf, P. (1985) on peut confirmer la présence de *VerticilliumSp* par la production de microsclérotés (Figure c). Cette souche a été conservée à 25°C à l'obscurité sur milieu de culture PDA (ANNEXE 1).

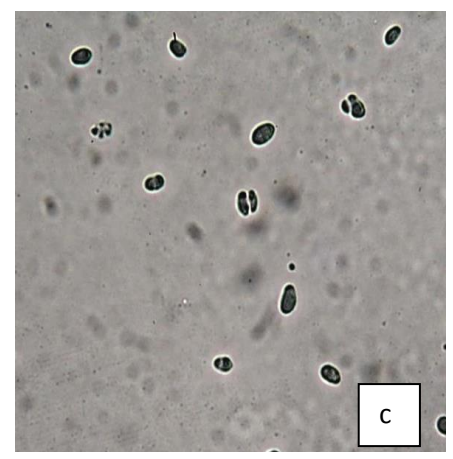
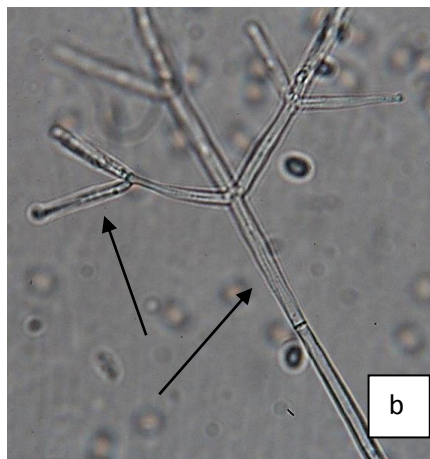


Figure 4: Aspect macroscopique (a) et microscopique (X500) du *Verticilliumdahliae*(b :conidiophore et conidies ; c : microsclérotés) photo originale 2017

## 2- ACTIVITES DES ELEMENTS MINERAUX SUR LE DEVELOPPEMENT ET LA CROISSANCE DU *Verticillium*

Pour évaluer l'effet des éléments minéraux sur la croissance et le développement du *Verticilliumdahliae*, le champignon a été cultivé en boîte de Pétri sur gélose nutritive (milieu de base) dont la composition en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium variait. Le milieu développé par Singh(1968) légèrement modifié a été utilisé comme milieu de base pour nos travaux (ANNEXE). Les concentrations et les sources de minéraux testées sont respectivement présentées dans les tableaux 1 et 2. Les différentes géloses ont été inoculées avec une pastille(0,7cm de diamètre) de PDA portant le Mycélium de *Verticilliumdahliae* en croissance active et incubées à l'obscurité à 25°C pour une Période de 08semaines.

Tableau 1 : Concentrations utilisées pour la préparation des milieux sur les différentes sources d'azote, de phosphore, de potassium, de calcium et de magnésium(Nyiransengiyumva, C ,2007)

Éléments minéraux	Concentrations (ppm)				
	C0	C1	C2	C3	C4
Azote	0	0,0033	0,033	0,33	3,3
Potassium	0	0,0071	0,0711	0,71118	7,1118
Calcium	0	0,000272	0,0027 2	0,02721	0,2721
Magnésium	0	0,0005	0,005	0,05	0,5

**Tableau 2 : Sources d'éléments minéraux testées**

**Le choix de ses sources est fait par rapport à leurs usages en Algérie et disponibilités.**

Éléments minéraux	Sources
Azote	NaNO <sub>3</sub> (Laboratoire Mat)
	NH <sub>4</sub> Cl (Laboratoire Mat)
	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (Laboratoire Mat)
Potassium	KCl (Sigma Chemical Co.)
	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Sigma Chemical Co.)
Calcium	CaSO <sub>4</sub> -2H <sub>2</sub> O (Sigma Chemical Co.)
	CaCl <sub>2</sub> -2H <sub>2</sub> O (Sigma Chemical Co.)
Magnésium	MgSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O (Sigma-Aldrich)
	MgCl <sub>2</sub> -2H <sub>2</sub> O (Sigma Chemical Co.)

### 3- ETUDE DE LA CROISSANCE MYCELIENNE :

La croissance mycélienne (CM) a été évaluée après une, deux et 8 Semaines en mesurant la surface de gélose couverte par le mycélium. Elle a été calculée selon la formule préconisée par (Nyiransengiyumva, C, 2007) et exprimée en cm<sup>2</sup>. Cette formule est destinée à évaluer la surface du thalle mycélien a été retenue car elle tient compte de la forme elliptique de la colonie mycélienne.

$$CM = S_{mycélium} - S_{pastille}$$

OÙ

$$S_{mycélium} = \text{Surface totale du mycélium (cm}^2\text{)} = \frac{1}{2} C \times \frac{1}{2} L \times \pi$$

$$S_{pastille} = \text{Surface de la pastille (cm}^2\text{)} = (r_{pastille}^2 \times \pi) = 0,38465$$

C: diamètre court du thalle mycélien (cm)

L: diamètre long du thalle mycélien (cm)

### 4- Etude de la Sporulation Conidienne (NCP)

La sporulation, ou le dénombrement des conidies produites a été effectué après la période de culture de huit semaines. Les conidies ont été récupérées avec 2ml d'eau distillée stérile par grattage du mycélium à l'aide d'une pipette pasteur stérile

courbée sous forme de bâton de hockey. La suspension conidienne a été récupérée dans un tube stérile, ensuite 3ml d'eau distillée stérile ont été ajoutées dans le tube. Suite à une agitation de la suspension au vortex, les conidies ont été dénombrées à l'aide de la cellule de Malassez. La sporulation conidienne a été exprimée en nombre de conidies par unité de surface mycélienne (conidies/cm<sup>2</sup>). (Nyiransengiyumva, C, 2007)

#### **5- Etude de la germination Conidienne (NCV)**

La suspension conidienne ainsi obtenue a été étalée sur un milieu de culture solide (PDA) (ANNEXE 1) pour dénombrer le nombre d'unités formatrices de colonies (UFC). Ainsi, après agitation au vortex, 250 µl, de la suspension ont été prélevés et étalés sur le milieu PDA. Le dénombrement des UFC a été effectué quatre Jours après l'étalement par comptage des colonies mycéliennes visibles à l'œil nu. Le nombre de conidies viables a été exprimé en UFC par millilitre (UFC/ml). (Nyiransengiyumva, C, 2007)

#### **6- ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES**

L'analyse statistique des résultats obtenus a été réalisée par le logiciel SPSS® version 20.0.0 pour Windows™.

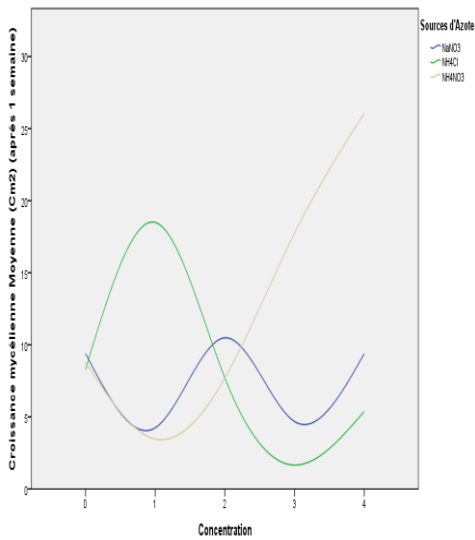
Les expériences ont été répétées cinq fois et les résultats montrent les mêmes tendances.

- Le test MANOVA a été réalisée au seuil de 5% afin d'apprécier l'effet de la source des éléments minéraux et leurs concentration sur les différents paramètres étudiés (Croissance diamétrale, sporulation et germination conidienne) (ANNEXE 2)
- La corrélation de *Pearson* a été étudiée entre la concentration des éléments et la croissance fongique au seuil 1%. Et ainsi entre le nombre de conidie produite et viable selon la concentration (ANNEXE 3)

## CHAPITRE III. RESULTATS

### III.1.Effet de la variation des sources d'azote sur la croissance diamétrale mycélienne après une, deux et huit semaine d'incubation

Les courbes indiquent que la croissance mycélienne du *Verticilliumdahliae* diffère selon la source et la concentration des éléments étudiés.



1Semaine

8Semaine

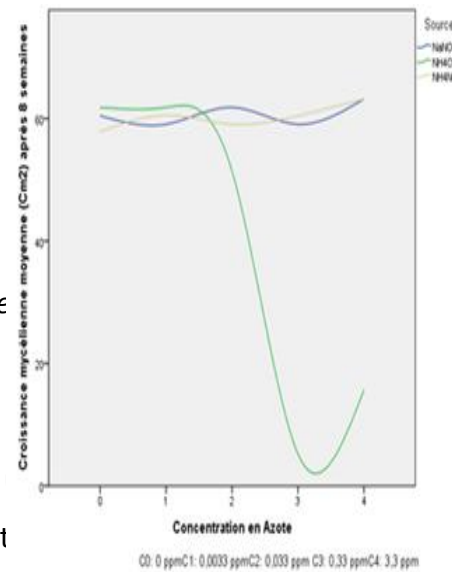
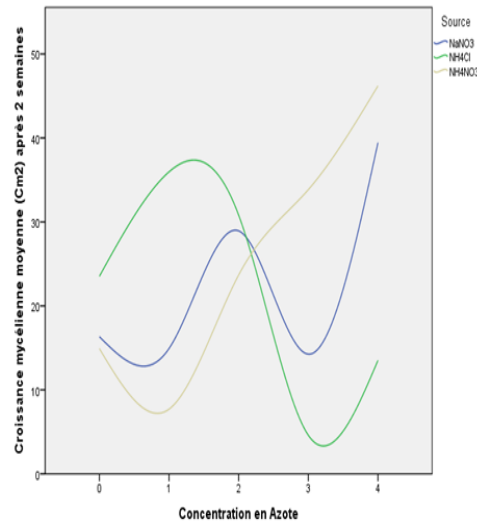


Figure 5 :Effet des sources d'azote sur la croissance mycélienne du *V* après 1,2 et 8 semaines d'incubation

- ❖ Concernant le  $\text{NaNO}_3$ , Le témoin (0ppm) enregistre importante(9.39 $\text{cm}^2$ )qui chute progressivement à la concent ppm) où on note la plus faible (4.25 $\text{cm}^2$ )La croissance du *Verticilliumdahliaes*'élève ensuite jusqu'à atteindre le pic maximal(10.49) à concentration 2(0.033 ppm).De ce fait on voit que cette source d'azoteengendre une variabilité dans la croissance du *Verticilliumdahliae* et cela si on observe aussi son développement à la concentration 3(0.33 ppm).À ce niveau nous notons une baisse de croissance(4.68 $\text{cm}^2$ ), la courbe de croissance augmente(9.39 $\text{cm}^2$ ) a la concentration 4(3.3 g/l) .Chez la source  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  Chez le témoin, nous observons une croissance mycélienne importante (8.80 $\text{cm}^2$ ), mais cette croissance chute (3.46 $\text{cm}^2$ ) considérable à la concentration(1).A la concentration(2) nous observons une légère augmentation de croissance (7.70 $\text{cm}^2$ ) qui continue jusqu'à la concentration(4) jusqu'à atteindre (26.07 $\text{cm}^2$ ).Le  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et ses concentrations provoquent une variabilité sur la croissance mycélienne. L'analysemultivariée de la variance (MANOVA) ressort une différence

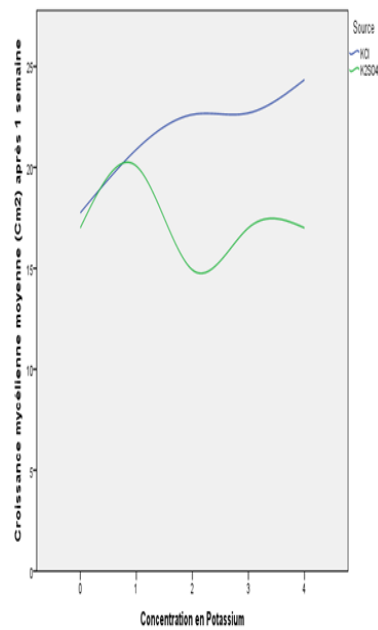
significative au entre la concentration (0) et (4), la concentration (4) et (1),(4) et (2) (4) et (3). Ainsi de même pour la concentration (2) et la concentration (3)(annexe2).Le test de corrélation de Pearson indique l'absence d'une corrélation ( $p= 0,93$ ) entre les concentrations en  $\text{NaNO}_3$  et la croissance mycélienne (annexe3) et une absence de de différence significative entre la concentration(0,1),la concentration(2,3),la concentration(2,4),la concentration(3,4).Par contre cette différence est significative aux autres concentrations de la source. Le test de corrélation de Pearson nous informe qu'il existe une très forte corrélation entre les concentrations  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et la croissance mycélienne ( $r=0.832,p=0.00$ )(annexe3)

- ❖ Au niveau de la concentration témoin(0) de la source  $\text{NH}_4\text{Cl}$  le graphe nous indique un développement important(8.29cm<sup>2</sup>) de la surface mycélienne qui continue jusqu'à atteindre son maximum (18.49cm<sup>2</sup>) à la concentration (1).Nous observons également une baisse de cette croissance (7.70cm<sup>2</sup>) à la concentration (2) qui continue (1.66cm<sup>2</sup>) à la concentration (3). À cette dernière la croissance est faiblement notéemais qui s'élève brusquement(5.339cm<sup>2</sup>) à la concentration (4).Nous observons de cet fait que le  $\text{NH}_4\text{Cl}$  au fur et à mesure que la concentration augmente ,provoque une inhibition de la croissance mycélienne. L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) nous montre qu'il existe une différence statistiquement significative entre la croissance du *Verticilliumdahliae* à la concentration 0 et 1.(annexe2).Le test de corrélation de Pearson nous indique qu'il existe une corrélation significativement forte respectivement ( $r=-0.554, p=0.04$ ) inversement proportionnelle entre les concentrations en  $\text{NH}_4\text{Cl}$  et la croissance mycélienne (annexe3).

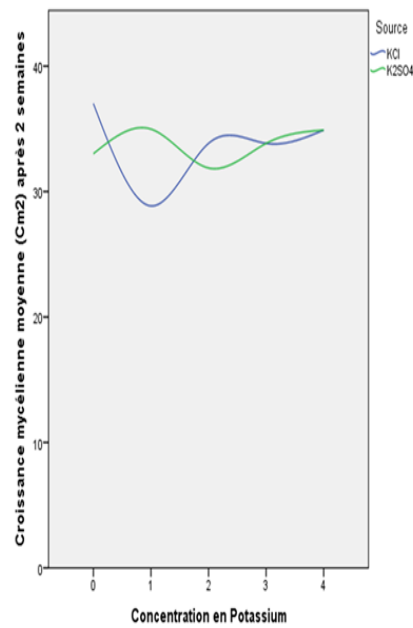


Figure 5.a Aspect du mycélium C0=témoin Figure 5.b :Aspect du mycélium à la concentration C4=3,3ppm de NH<sub>4</sub>CL

### III.2.Effet de la variation des sources de potassium sur la croissance mycélienne après une, et deux semaines et huit d'incubation



1Semaine



2Semaine

8Semaines

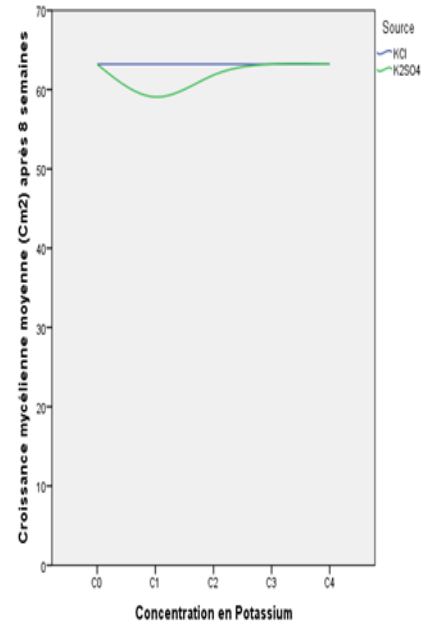


Figure 6 : Effets des sources de potassiums sur la croissance mycélienne du *Verticilliumdahliae* après 1, 2 et 8 semaines



- ❖ Chez le témoin (17.75cm<sup>2</sup>), les courbes indiquent une extension de la surface mycélienne qui continue à augmenter progressivement (20.89cm<sup>2</sup>) de la concentration (1) à la concentration (2)(22.62cm<sup>2</sup>) et se stabilise légèrement (22.69cm<sup>2</sup>) à la concentration (3) puis augmente pour atteindre le maximum(24.34cm<sup>2</sup>) à la concentration (4). Partant du témoin, selon la source K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on dénote une croissance qui progresse pour atteindre son maximum (17cm<sup>2</sup>) à la concentration(1). Cette dernière fluctue avec l'augmentation de la concentration en K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. De ce fait, on remarque que la plus faible valeur(14.92cm<sup>2</sup>) correspondante à la croissance de l'organisme test est enregistrée à la concentration 2. Ceci étant, la surface mycélienne s'étend à la concentration 4 pour enregistrer une valeur de (17 cm<sup>2</sup>). L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) révèle qu'il existe une différence statistiquement significative de la croissance de l'organisme test entre Les concentrations (0et2),(0et1),les concentrations(1et4),les concentrations(2et3) (annexe2). Le test de corrélation de Pearson nous expose la présence d'une corrélation significative forte ( $r=0.562, p=0.00$ ) proportionnelle entre les concentrations en KCl et la croissance mycélienne (annexe3) et Partant du témoin, on dénote une croissance qui progresse pour atteindre son maximum (17cm<sup>2</sup>) à la concentration(1). Cette dernière fluctue avec l'augmentation de la concentration en K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. De ce fait, on remarque que la plus faible valeur(14.92cm<sup>2</sup>) correspondante à la croissance de l'organisme test est enregistrée à la concentration 2. Ceci étant, la surface mycélienne s'étend à la concentration 4 pour enregistrer une valeur de (17 cm<sup>2</sup>).

### III.3.Effet de la variation des sc

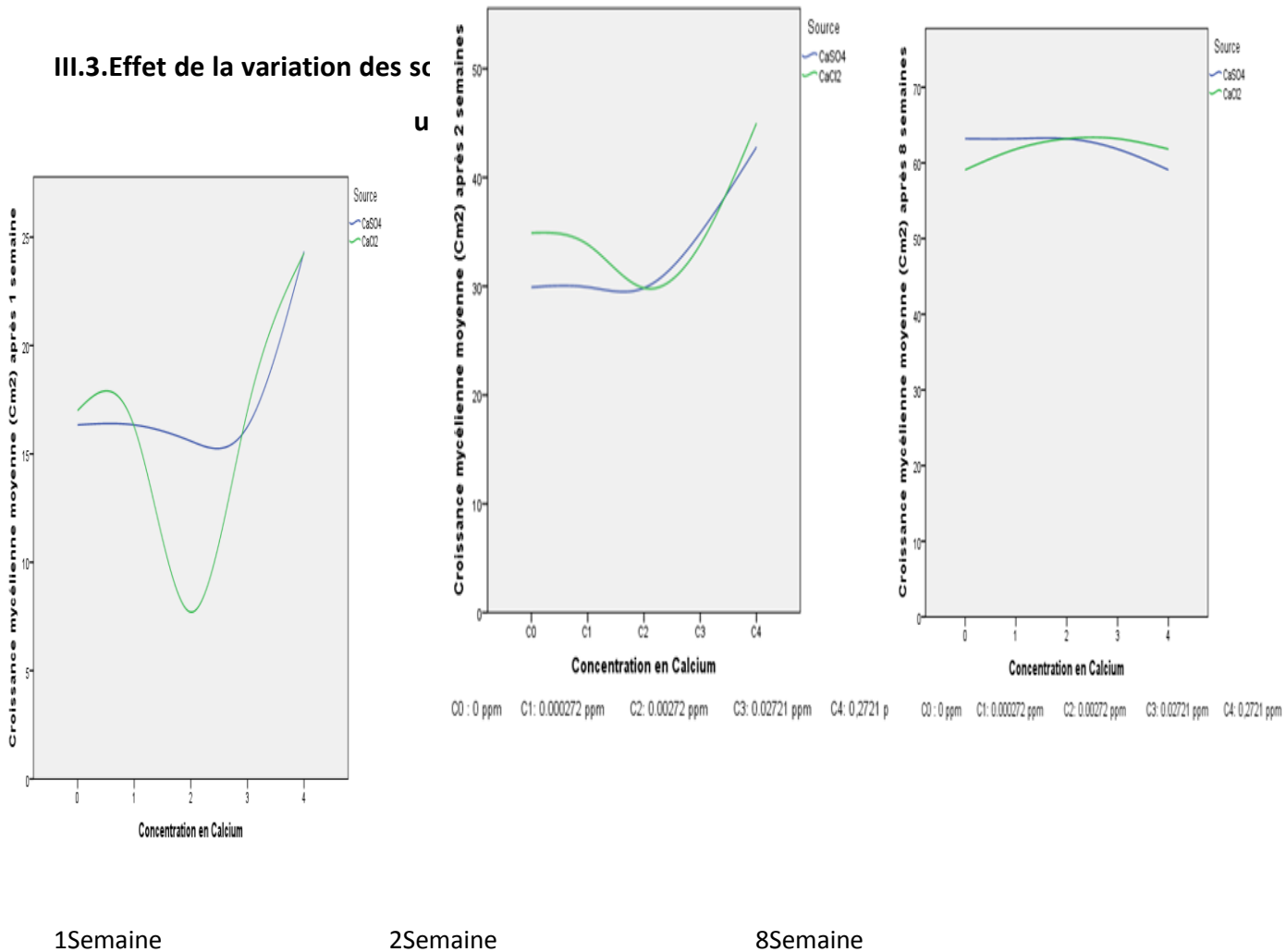
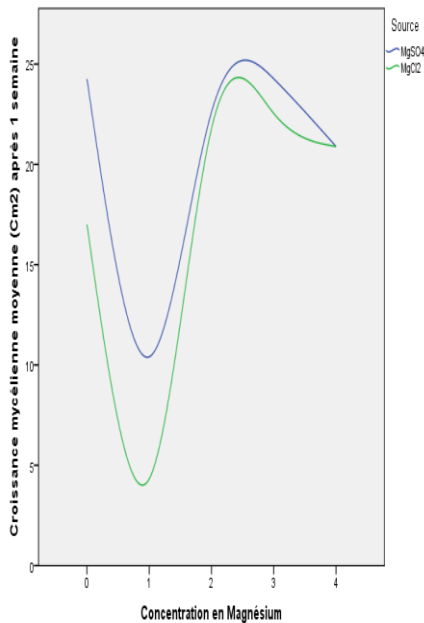


Figure 7 : Effets des sources de calcium sur la croissance mycélienne du *Verticillium dahliae* après 1 ,2 et 8 semaine

- ❖ Les courbes indiquent que le CaSO4 et ses concentrations engendrent des variabilités différentes pour la croissance mycélienne. Chez le témoin, on note que la surface mycélienne (16.34cm<sup>2</sup>) reste stable avec l'augmentation de la concentration jusqu'à C3 (16.26cm<sup>2</sup>). Ensuite, la surface du champignon augmente jusqu'à atteindre son maximum à la C4 (24.34cm<sup>2</sup>). La courbe nous permet d'observer pour la source CaCl2 une baisse de croissance a la concentration C1 par rapport au

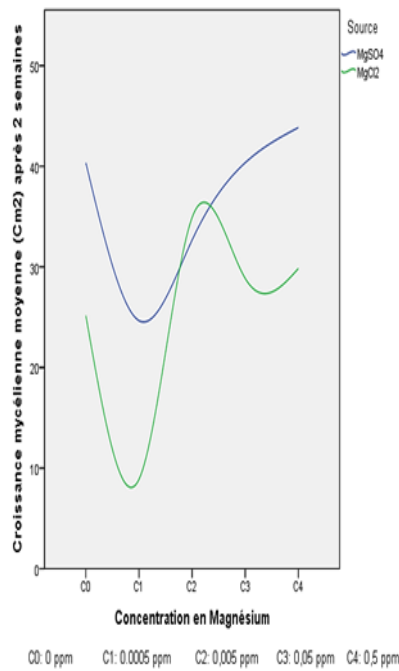
témoin(16.26cm<sup>2</sup>),qui était (17cm<sup>2</sup>)a la concentration témoin .Cette baisse de croissance progresse jusqu'à la concentration 2 (7.70cm<sup>2</sup>).A la C3, on enregistre une hausse de croissance(17cm<sup>2</sup>) qui continue jusqu'à la concentration C4 pour atteindre le maximum de (24.26Cm<sup>2</sup>). L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) indique la présence d'une différence statistiquement significative (p=0.01) entre C0 et C1, C3 et C4 et entre C1 et C2.(annexe2).Le teste de corrélation de Pearson nous indique l'existence d'une corrélation significative forte (r=0.542,p=0.01) et proportionnelle entre les concentrations en CaSO<sub>4</sub> et la croissance mycélienne (p =0,42).Et L'analyse statistique multi variée de la variance (MANOVA) révèle qu'il n'existe pas de différences statistiques significatives (p=0.05) entre la C0d'un part et C1 etC2 d'autre part ; puis entre C4 et C2, C3.(annexe2).Le test de corrélation de Pearson indique l'absence d'une corrélation significative entre la croissance mycélienne

### III.4.Effet de la variation des concentrations en CaCl<sub>2</sub> et MgSO<sub>4</sub> sur la croissance mycélienne après une, deux, et huit semaines



1Semaine

8Semaine

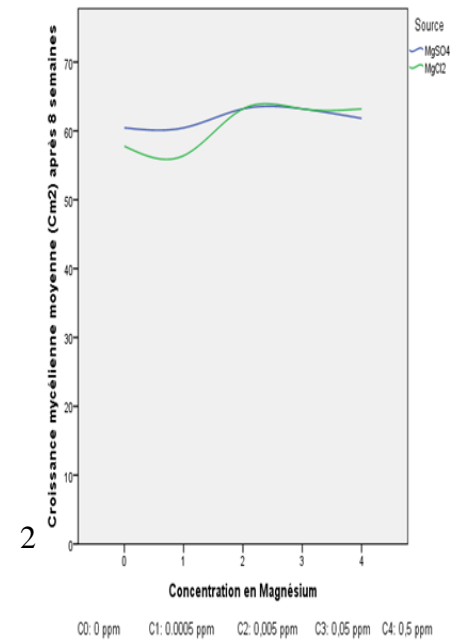


1Semaine

8Semaine

atations en CaCl<sub>2</sub> et

issance mycélienne



2Semaine

Figure 8 : Effets des sources de magnésiums sur la croissance mycélienne sur le *Verticilliumdahliae* après 1,2, et 8 semaines d'incubation

La surface mycélienne du *Verticilliumdahliae* (10.41cm<sup>2</sup>) subit une baisse à la concentration C1 qui était (24.26cm<sup>2</sup>) du MgSO<sub>4</sub> en la comparant avec celle du témoin (C0). Cette baisse continue à la C2 pour atteindre son minimum à la C2 (22.62cm<sup>2</sup>). À la concentration C3, la croissance mycélienne augmente considérablement (0.05) puis baisse à la concentration C4 (20.89cm<sup>2</sup>). La courbe de croissance du *Verticilliumdahliae* en présence des différentes concentrations du Chlorure de magnésium (MgCl<sub>2</sub>) présente la même tendance que celle du Sulfate de magnésium (MgSO<sub>4</sub>). Avec un minimum à la C1 d'une valeur de (4.33cm<sup>2</sup>). Et un maximum à la C3 d'une valeur de (22.54cm<sup>2</sup>). L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) indique qu'il ya une différence statistiquement significative entre la concentration C0 et C2 ; puis entre C2 d'une part et C4, C3 d'autre part. (annexe2). D'après le test de corrélation de Pearson, il n'y aucune corrélation entre les concentrations en MgSO<sub>4</sub> et la croissance mycélienne (annexe3). Et L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) indique qu'il existe une différence statistiquement significative entre la C0 et C1 , ainsi entre C1, d'une part et C2 et C4 d'autre part. (annexe2). Selon le test de corrélation de Pearson, nous observons une corrélation forte et proportionnelle ( $r=0.515, p=0.01$ ) entre les concentrations en MgCl<sub>2</sub> et la croissance mycélienne (annexe3)

#### **IV. Influence des sources minérales et de leurs concentrations sur la sporulation de conidies et germination conidienne de *Verticilliumdahliae* après huit semaines d'incubation**

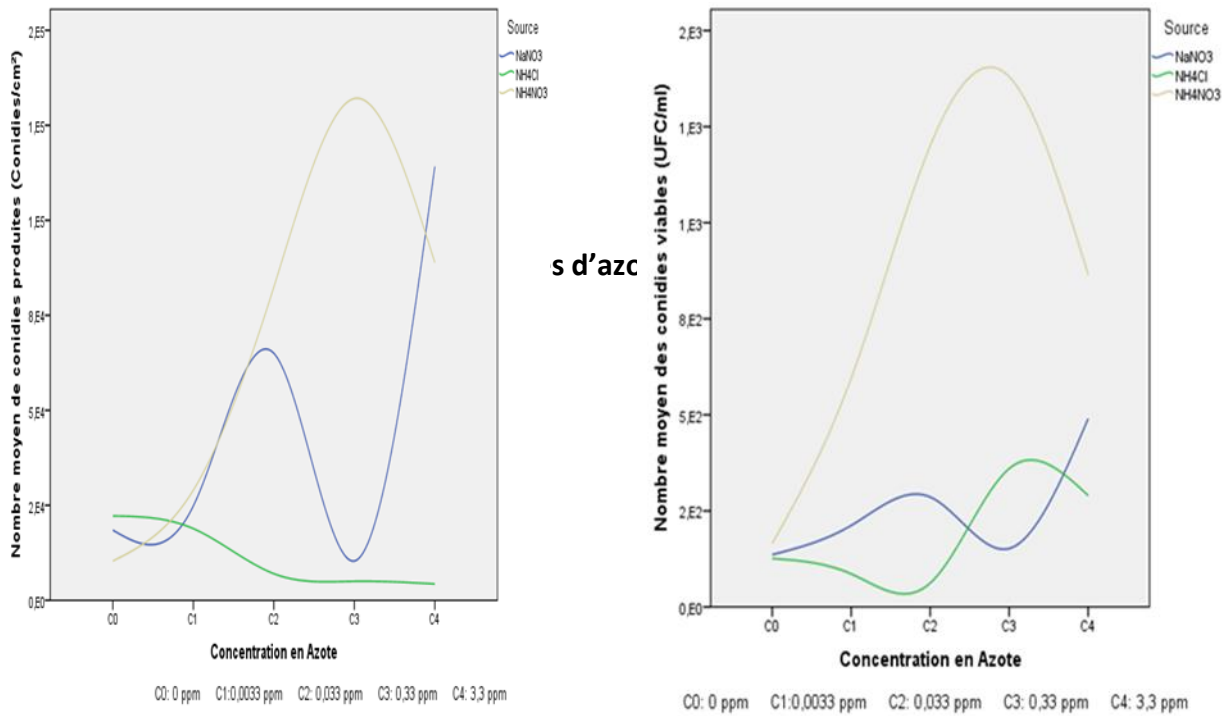


Figure 9 :Effet des sources d'azotes sur la sporulation et germination conidienne par le *Verticillium dahliae*

- ❖ A la concentration C0 (témoin), pour les sources (NaNO<sub>3</sub>) et (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), nous remarquons une légère production de conidies et viabilité des conidies ( $1,85 \cdot 10^4$  conidies/cm<sup>2</sup>) et ( $1,04 \cdot 10^4$ ). La sporulation et germination conidienne augmente à la concentration C2. Au fur et à mesure que la concentration augmente, il y a une hausse de la sporulation et germination conidienne. L'analyse multi variée de la variance (MANOVA) indique qu'il existe une différence significative entre la concentration C4 d'une part et C0,

C1, C3 d'autre part. Aussi de même, entre la C2 et C3(annexe2).Le test de corrélation de Pearson révèle qu'il existe une corrélation forte( $r=0.636$ ),et proportionnelle ( $p=0.05$ ) entre la concentration en  $\text{NaNO}_3$  et le nombre de conidies produites (NCP).Et L'analyse multi variée de la variance (MANOVA) indique qu'il existe une différence significative de la production des conidies à la concentration C0 d'une part et C2,C3 et C4 d'autre part. Il est de même pour la concentration C1 d'une part et C2, C3, et C4 d'autre part.(annexe2)La corrélation de Pearson révèle l'existence d'une corrélation forte ( $r=0.808,p=0.00$ ) qui est proportionnelle entre la concentration en  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et le nombre de conidies produites (NCP) pour la source ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) .(annexe3).

- ❖ Concernant la sporulation et germination conidienne, a la concentration témoin, nous observons pour la source ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) la production la plus élevée des conidies ( $2,22.10^4$ conidies / $\text{cm}^2$ ) .Ensuite à la concentration C1, cette production baisse ( $1,89.10^4$ conidies / $\text{cm}^2$ ) et se poursuit pour les différentes concentrations jusqu'à atteindre la plus faible valeur à la concentration C4 ( $4,3.10^3$ conidies / $\text{cm}^2$ ).Ainsi nous dirons que le  $\text{NH}_4\text{Cl}$  n'est favorable ni à la sporulation, ni à la viabilité conidienne L'analyse multi variée de la variance (MANOVA) révèle qu'il n'existe aucune différence significative aux différentes concentrations de cette source.(annexe2).La corrélation de Pearson a révélé l'existence d'une corrélation très forte inversement proportionnelle entre la concentration et le nombre de conidies produites (NCP) ( $r=-0.915,p=0.00$ ). (annexe3).

#### **IV.2.Effet de la variation des sources de potassium sur la sporulation et germination conidienne par *Verticilliumdahliae***

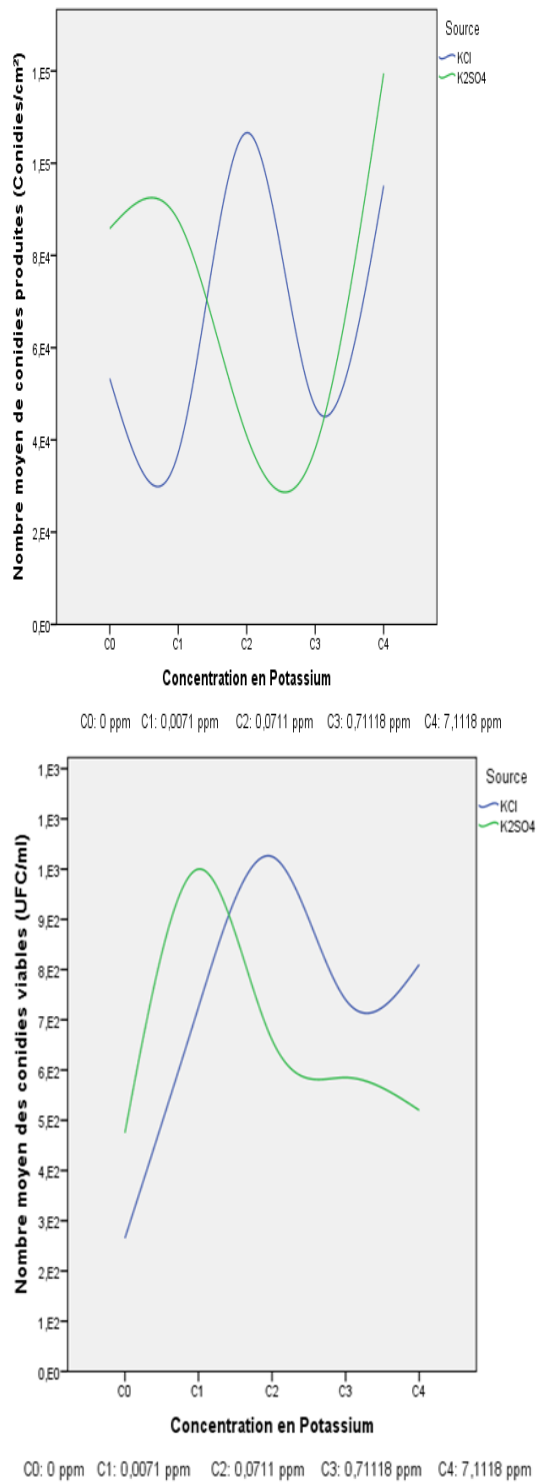


Figure 10 : Effet des sources de potassium sur la sporulation et germination conidienne par le *Verticilliumdahliae*

### Sporulation conidienne

La sporulation conidienne à une concentration nulle (C0) pour les sources (KCl) et (K2SO4), nous observons une sporulation et considérable qui baisse au fur et mesure que les concentrations augmentent. Ce qui nous permet de déduire que peu

importe la source de potassium elle n'est favorable à la sporulation conidienne. L'analyse multi variée de la variance (MANOVA) révèle qu'il existe une différence significative entre le NCP à la concentration C1 et C4, aussi de même entre la concentration C2, d'une part et les concentrations C0, C1, C3 d'autre part (annexe2). Le test de corrélation de Pearson nous démontre qu'il n'existe aucune corrélation entre la concentration et les nombres de conidies produites et les concentrations en KCl. Et L'analyse multi variée de la variance (MANOVA) révèle qu'il existe une différence significative entre le NCP à la concentration C4 d'une part et les concentrations C2 et C3, d'autre part ( $p=0,00$ ). (annexe2). Le test de corrélation de Pearson nous démontre qu'il n'existe aucune corrélation entre la concentration et les nombres de conidies produites et les concentrations en  $K_2SO_4$ . (annexe3)

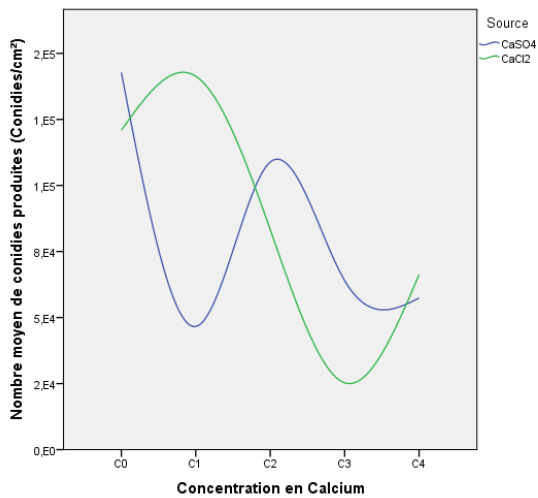
### **Germination conidienne**

A la concentration témoin nous observons une germination minime ( $2,65 \cdot 10^2 / \text{cm}^2$ ) par rapport aux autres concentrations en KCl et ( $4,75 \cdot 10^2 / \text{cm}^2$ ) pour  $K_2SO_4$ . Ces chiffres baissent au fur et à mesure que les concentrations augmentent. L'analyse multi variée de la variance (MANOVA) indique qu'il existe une différence significative entre le NCV au milieu témoin et les milieux avec les différentes concentrations du KCl. Le test de corrélation de Pearson nous démontre qu'il n'existe aucune corrélation entre la concentration et les nombres de conidies viables et les concentrations en KCl. Et indique qu'il existe une différence significative entre le NCV à la concentration C1, d'une part le NCV aux concentrations C3 et C4, d'autre part (annexe2). Le test de corrélation de Pearson nous démontre qu'il n'existe aucune corrélation entre la concentration et les nombres de conidies viables et les concentrations en  $K_2SO_4$  (annexe3).

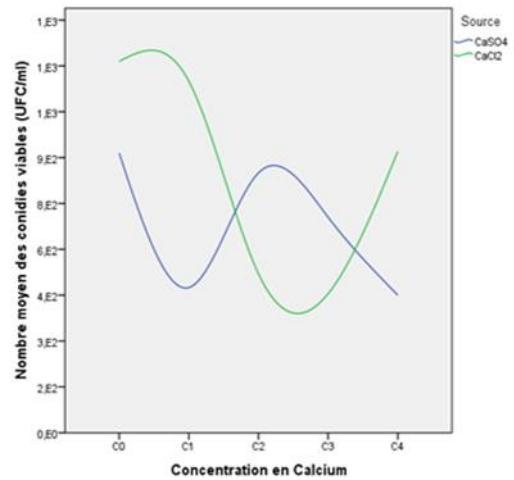
Ceci nous permet de déduire que les sources de potassiums sont favorables à la croissance mycélienne mais par contre elles inhibent la sporulation et germination conidienne.

### **IV.3. Effet de la variation des sources du calcium sur la sporulation et germination de conidienne par *Verticillium dahliae***





C0: 0 ppm C1: 0,000272 ppm C2: 0,00272 ppm C3: 0,02721 ppm C4: 0,2721 ppm



C0: 0 ppm C1: 0,000272 ppm C2: 0,00272 ppm C3: 0,02721 ppm C4: 0,2721 ppm

a spc

### ❖ Sporulation conidienne

A la concentration témoin, on observe le maximum des conidies produites ( $1,43 \cdot 10^5$  conidies/cm<sup>2</sup>). Cette sporulation chute considérablement à la concentration C1 est noter pour les deux sources de Calcium. On remarque que au fur et mesure que la concentration augmente il y a diminution de la sporulation conidienne peu importe la source de calcium. L'analyse multi variée de la variance(MANOVA) révèle qu'il existe une différence significative entre le NCP sur le milieu témoin (C0) d'une part et les concentrations C1, C3, C4, d'autre part ; il est de même pour la concentration C1 et C2.(annexe2).Le test de corrélation de Pearson, nous révèle l'absence de corrélation entre les concentrations de CaSO<sub>4</sub> et le nombre de conidie produites. Cette analyse révèle aussi qu'il existe une différence significative entre le NCP à la concentration C0 d'une part et la C3 et C4 d'autre part. Il est de même pour la concentration C1 d'une part et les concentrations C2, C3, C4 d'autre part. Ainsi entre C2 et C3(annexe2).

Le test de corrélation de Pearson, nous révèle l'absence de corrélation entre les concentrations de CaCl<sub>2</sub> et le nombre de conidie produites(annexe3).

#### ❖ Germination conidienne

La germination la plus élevée est noté chez le témoin. Ce nombre diminue considérablement à la concentration C1 pour les deux sources. Cette baisse s'accroît à chaque augmentation de concentration peu importe la source de calcium. L'analyse statistique multi variée de la variance (MANOVA) indique qu'il y'a une différence significative entre la germination chez le témoin C0 et celui à la concentration C1 et C4. Aussi entre la concentration C2 d'une part et C1 et C4 d'autre part. (annexe2) Le test de corrélation de Pearson, nous révèle une corrélation très forte ( $r=0.826, p=0.00$ ) qui est proportionnelle entre le nombre de conidies produites (sporulation) et le nombre de conidies viables (germination). Tandis qu'on note une absence de corrélation entre les concentrations de  $\text{CaSO}_4$  et le nombre de conidie et qu'il existe une différence significative entre la sporulation à la concentration C0 d'une part et la C3 et C4 d'autre part. Il est de même pour la concentration C1 d'une part et les concentrations C2, C3, C4 d'autre part. Ainsi entre C2 et C3 (annexe2).

Le test de corrélation de Pearson, nous révèle l'absence de corrélation entre les concentrations de  $\text{CaCl}_2$  et le nombre de conidie produites (annexe3).

Ainsi nous remarquons que les sources de calcium testé sont favorables à la croissance mycélienne et non à la sporulation et germination conidienne.

#### **IV.4.-Effet de la variation des sources du magnésium sur la sporulation et germination conidienne par *Verticillium dahliae***

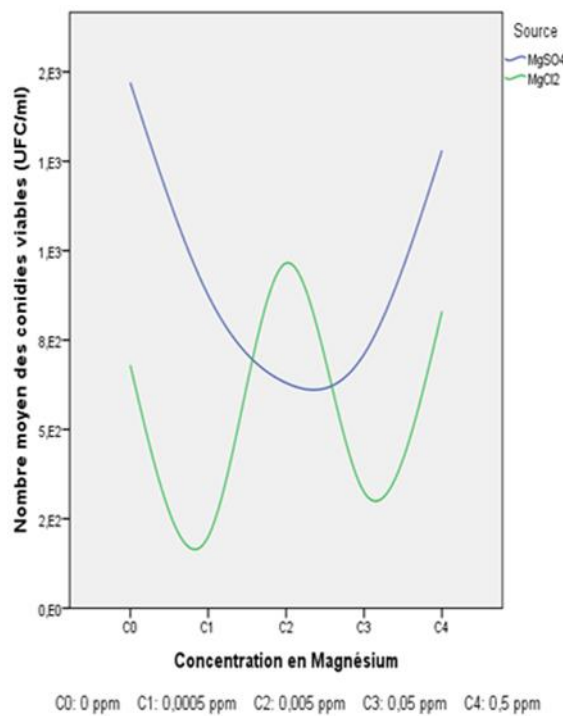
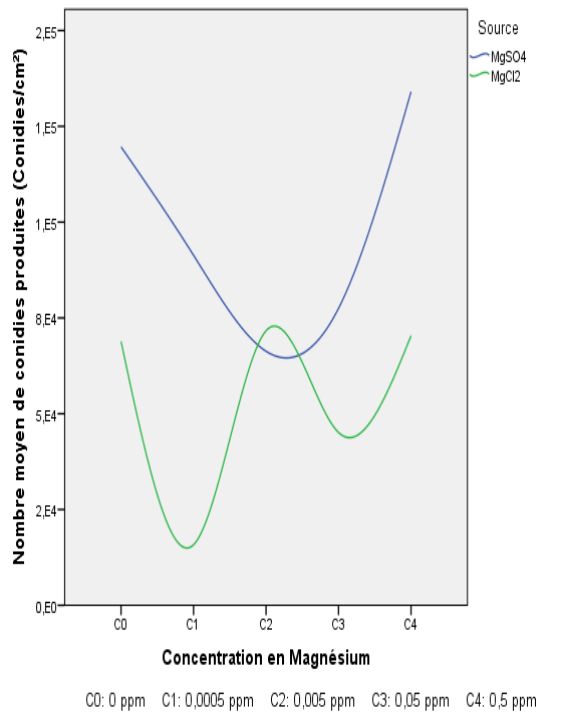


Figure 12 : Effets des sources de magnésium sur la sporulation et germination conidienne par *Verticillium dahliae*

### ❖ Sporulation conidienne

On observe une production du nombre de conidies élevée au niveau de la concentration témoin ( $1,2 \cdot 10^5$  conidies/cm<sup>2</sup>) et à la concentration C4 ( $1,34 \cdot 10^5$  conidies/cm<sup>2</sup>). On remarque une baisse de sporulation conidienne aux

concentrations médianes où le plus faible nombre est enregistré à la C2 ( $6,63.10^4$  /cm<sup>2</sup>) pour MgCl<sub>2</sub> et La courbe démontrant que l'évolution de la sporulation conidienne selon les concentrations en Chlorure de magnésium (MgCl<sub>2</sub>) subit une fluctuation importante. En effet le témoin de MgSO<sub>4</sub> enregistre une valeur de  $6,89.10^4$  conidies/cm<sup>2</sup> ; cette valeur diminue et atteint son minimum à la concentration C1 ( $1,58.10^4$  conidies/cm<sup>2</sup>). Un pic représentant la sporulation la plus élevée est noté à la concentration C2 ( $7,17.10^4$  conidies/cm<sup>2</sup>). L'analyse multi variée de la variance (MANOVA) révèle qu'il existe une différence significative entre la sporulation à la C0 et la C2, entre la C2 et la C4 et entre la C3 et la C4. (annexe2). Le test de corrélation de Pearson, nous révèle l'absence de corrélation entre les concentrations de MgSO<sub>4</sub> et la sporulation conidienne (annexe3). L'analyse multi variée de la variance (MANOVA) révèle qu'il existe une différence significative entre le NCP à la C0 et C1 ; entre C1 d'une part et C2 et C4 d'autre part. (annexe2). Le test de corrélation de Pearson, nous révèle l'absence de corrélation entre les concentrations de MgCl<sub>2</sub> et le nombre de conidie produites. (annexe3)

#### ❖ Germination conidienne

Le maximum de nombre de conidies germé est noté chez les témoins (MgSO<sub>4</sub> et MgCl<sub>2</sub>). Ce nombre diminue considérablement jusqu'à la concentration C3 avec une valeur de  $7,10.10^2$ /cm<sup>2</sup>. Ensuite à la concentration C4, la courbe indique une hausse de germination de l'ordre de  $1,28.10^3$  /cm<sup>2</sup>. L'analyse multi variée de la variance (MANOVA) indique que l'ensemble des concentrations engendrent des différences significatives. Mis à part entre la concentration C0 et C4 ; entre C1 d'une part et C2 et C3 d'autre part et entre la C2 et C3. (annexe2) Le test de corrélation de Pearson nous indique la présence d'une corrélation très forte ( $r=0.910, p=0.00$ ) et proportionnelle entre la sporulation conidienne (Nombre de conidies produites) et le nombre de conidies germé (Nombre de conidies viable). Mais cette corrélation est absente entre la concentration et le nombre de conidies pour MgSO<sub>4</sub> et L'analyse multi variée de la variance (MANOVA) indique qu'il existe une différence significative entre le NCV à la concentration C0, d'une part le NCV aux concentrations C1 et C3, d'autre part. De même pour les concentrations C1 d'une part et C2 et C4, d'autre

part. Entre C2 et C3 et entre C3 et C4(annexe2).Selon le test de corrélation de Pearson il existe une corrélation très forte ( $r=0.859,p=0.00$ ) proportionnelle entre le nombre de conidies produites(NCP) et le nombre de conidies viable(NCV). Mais la corrélation est absente entre la concentration et les nombres de conidies(annexe3).

## DISCUSSION

Les éléments minéraux sont essentiels à la croissance et au développement des Champignons(Nyiransengiyumva,2007)et peuvent avoir aussi des effets néfastes sur le développement de certaines maladies fongiques)

L'impact des éléments minéraux sur la croissance, la sporulation et la germination des conidies in vitro de *Verticilliumdahliae* a été étudié dans ce travail.

L'apport d'azote sous forme de nitrate d'ammonium ( $NH_4NO_3$ ) et nitrate de sodium ( $NANO_3$ )au milieu de culture gélose augmente significativement la croissance diamétrale du mycélium lorsque ces concentrations sont élevées après une et deux semaines d'incubation. Après 8 semaines nous n'observons aucune augmentation significative.

Le test de corrélation de Pearson nous informe qu'il existe une très forte corrélation entre les concentrations  $NH_4NO_3$  et  $NANO_3$  et la croissance mycélienne après une semaine d'incubation ( $r=0.832,p=0.00$ ) et 2 semaines d'incubation ( $r=0,89 ; p=0,02=(annexe3)$ )

Le comportement de cet agent pathogène selon les différents niveaux et source d'azote, peut expliquer les résultats obtenus. En effet, l'excès de chlorure d'ammonium dans le milieu de culture gélose diminue la croissance mycélienne de cette espèce ;

Le test de corrélation de Pearson nous indique qu'il existe une corrélation significativement forte ( $r=-0.623, p=0.01$ ) et inversement proportionnelle entre les concentrations en  $\text{NH}_4\text{Cl}$  et la croissance mycélienne après deux semaines d'incubation(annexe3).

Il semble donc que la présence d'azote en excès dans le milieu de culture n'est pas nécessaire au développement du champignon testé, ceci est confirmé par Jalal et Sarhane (1988), qui ont signalé que les concentrations élevés du chlorure d'ammonium réduisent significativement la croissance diamétrale mycélienne de *Cochliobolussativus*. Ceci est en parfaite concordance avec notre résultat en ce qui concerne le chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). De même Imrani et al., 2014 constatent que L'addition de l'azote au milieu PDA a permis de réduire la croissance mycélienne *Helminthosporium sativum* et *H. australiensis*, au fur et à mesure que la concentration en chlorure d'ammonium augmente

Les conidies produites et viables de *verticillium dahlia* augmente de façon significative ;le test de Pearson montre une corrélation positive que lorsque les concentrations s'élèvent en  $\text{NaNO}_3$  et  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dans le milieu de culture après 8 semaines. Par contre le nombre de conidies produites diminue de façon significative avec l'augmentation de la concentration  $\text{NH}_4\text{Cl}$  après 8 semaines d'incubation. La corrélation de Pearson révéle l'existence d'une corrélation très forte inversement proportionnelle entre la concentration et le nombre de conidies produites (NCP) ( $r=-0.915, p=0.00$ ). Nous constatons également l'absence de corrélation entre la concentration et le nombre de conidies viables (annexe3).

Le tes de Pearson ne nous permet pas d'observé une corrélation positive entre le nombre de conidies produites et le nombre de conidies viables (annexe3).

Nos résultats concordent avec Les travaux d'Imrani et al., 2014 ;ces auteurs constatent que L'addition de l'azote sous forme de Nitrate d'ammonium au milieu PDA a permis de réduire la sporulation *Helminthosporium sativum* et *H. australiensis* (agents pathogènes foliaires du Riz), au fur et à mesure que la concentration en chlorure d'ammonium augmente. Ces auteurs concluent que la fertilisation azotée sous forme de nitrate d'ammonium pourrait contribuer à la lutte contre ces agents phytopathogènes du riz .Les résultats de (Chantal 2007) vont dans un sens opposé à nos résultats où l'auteur a remarqué qu'il y a en général, une diminution de la croissance mycélienne et une augmentation du nombre de conidies produites en présence de concentrations plus élevéesde nitrate d'ammonium.Cette Diminution de la croissance mycélienne combinée à la diminution du nombre de conidies Viables produites avec des concentrations élevées de  $\text{NaNO}_3$  pourrait revêtir un intérêt Particulier dans le contexte de la lutte contre le champignon *Helminthosporium solani* (Chantal 2007)

La plupart des champignons peuvent utiliser les nitrates comme source d'azote. La seule voie du métabolisme d'assimilation de l'azote sous forme des nitrates est leur réduction en nitrites en présence de l'enzyme nitrate réductase, suivie d'une réduction en ammonium (Deacon, 2006).. Certains groupes de champignons comme les basidiomycètes sont incapables d'utiliser les nitrates comme source d'azote puisqu'ils sont incapables de synthétiser la nitrate réductase (Whitaker, 1976). Ceci ne semble pas être le cas de *verticillium* qui croît relativement bien sur un milieu contenant des nitrates (nitrates d'ammonium) ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

L'ammonium peut généralement être utilisé comme source d'azote par la majorité des champignons. On attribue à l'ion ammonium un rôle de régulateur de croissance. Par exemple, la présence de l'ammonium en milieu de culture est très importante pour la formation des fructifications sexuées chez *Calonectriacamelliae* (Shipton, 1977). Par contre, la sporulation chez *Saccharomyces cerevisiae* est inhibée par l'ion ammonium. Ceci semble être le cas de *Verticillium dahlia* où le chlorure d'ammonium inhibe de façon significative sa croissance diamétrale,la sporulation (nombres de conidies viables) à de forte concentration en  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ( $\text{C}_4 = 3.3 \text{ PPM}$ ). Ce stade est important pour l'infection.

Par ailleurs, la suppression ou l'inhibition in vitro de la croissance et de la sporulation par les milieux préparés à base de chlorure d'ammonium, suggèrerait l'aptitude de cet élément à supprimer in vivo la verticilliose sur les plantes attaquées

Davis et al.,1986 constatent également que la sévérité et l'incidence de la maladie de la verticilliose sur pomme de terre est en corrélation négative avec la fertilisation azotée sous forme de chlorure d'ammonium.

Nos résultats suggèrent que la fertilisation azotée sous forme de chlorure d'ammonium à des concentrations élevées pourrait contribuer à la diminution de la sévérité du *Verticillium dahlia* (agent du flétrissement des cultures maraichères).

L'effet de deux sources de potassium (KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et de différentes concentrations (0 à 7.11PPM) a été évalué hebdomadairement pendant une période de huit semaines sur la croissance mycélienne de *Verticillium dahlia*. Les résultats obtenus ont montré que les fortes concentrations de KCl et de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> stimulaient de façon significative la croissance mycélienne du champignon après une semaine d'incubation ( $r=0,56, p=0,00$ ) (Annexe 3). Après 2 semaines et 8 semaines, il y a absence de corrélation entre les concentrations des deux sources de potassium et la croissance mycélienne (annexe 3). Concernant le nombre de conidies produites et viables la concentration n'a aucune influence, c'est à dire à certaines concentrations élevées ( $C_3=0.711$ ), il y a une baisse significative du nombre de conidies tandis que ce nombre est important à une concentration faible ( $C_1= 0.0071$ ). L'augmentation de la concentration du Potassium peu importe la source est favorable à la croissance mycélienne mais diminue la production des conidies. Ces résultats vont à l'encontre de ceux de IMRANI et al.,2014 qui stipulent qu'en générale, l'excès de potassium augmente la croissance mycélienne et la sporulation de *Helminthosporium sativum* et *Helminthosporium. australiensis* donc un meilleur développement des pathogènes est accompagné d'un haut niveau en potassium, ce constat est confirmé par Hervieux (2002) qui a noté une stimulation de la croissance mycélienne d'*Helminthosporium solani*, suite à un apport élevé de chlorure de potassium (KCl) sur le milieu PDA.



Par contre NYIRANSENGIYUMVA, 2007 remarque que Le Potassium sous forme de KCl et de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> augmente la croissance mycélienne et diminue la Production de conidies totales et la production de conidies viables de *Helminthosporium solani* (agent de la gale argentée de la pomme de terre) à des concentrations élevées C<sub>4</sub> = 7,11 PPM du chlorure de potassium (KCl) et sulfate de potassium (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Contrairement à *H. solani*, la croissance mycélienne de *Fusarium solani* (Mart) Sacc. f. sp. *glycines* n'a pas été favorisée par le KCl et le K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Sanogo et Yang, 2001). Ces mêmes auteurs ont également montré que la germination in vitro n'a pas été affectée de façon significative par des éléments nutritifs potassiques.

La croissance diamétrale mycélienne de *Verticillium dahlia* augmente de façon est significative peu importe la concentration ou la source de calcium après 1 semaine d'incubation. Nous remarquons que plus la concentration (C<sub>1</sub> = 0.00027 PPM) augmente de façon significative) plus le nombre de conidies produites et viables baissent, (TEST MANOVA (annexe 2)). Nous concluons que le calcium n'est favorable qu'à la croissance mycélienne et non à la production des conidies et leurs viabilités. Parce qu'avec des concentrations élevées nous constatons une baisse de production des conidies mais par contre la croissance mycélienne est considérable avec des concentrations élevées (Test de MANOVA ; Annexe 2)

Nyiransengiyumva 2007 rapporte que la croissance mycélienne du champignon *H. solani* diminue avec l'augmentation de la concentration de calcium. La production totale de Conidies et la production de conidies viables ont, quant à elles augmenté avec une Augmentation de la concentration peu importe la source de calcium. Nos résultats sont en contradiction avec ceux rapportés par cet auteur.

Les effets du calcium ont été examinés sur la croissance mycélienne, la germination et la viabilité des sclérotes de *Sclerotium rolfsii* en utilisant différentes sources à savoir, le Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Punja et Grogan, 1981 ; 1982), le Ca(OH)<sub>2</sub> (Davey et Leach, 1941), le CaCb (Punja et Grogan, 1982)). le calcium sous ces différentes formes n'a eu aucun effet significatif sur la croissance du champignon pathogène par contre sur l'inhibition de la germination des sclérotes (Punja, 1989) nos résultats concordent

avec ces derniers. Les différentes sources de calcium stimulent la croissance mycélienne et inhibent la sporulation des conidies ce qui a été observé chez *Verticillium dahlia*; Les sels de calcium ont par ailleurs montré un effet significatif sur la croissance de *Leucostoma personii*, agent responsable du chancre du pêcher. Biggs et al., (1997) ont montré que tous les sels de calcium testés (excepté le formate, le panthothénate et le phosphate dibasique de calcium) ont réduit la croissance de cet agent responsable de la pourriture brune du pêcher sur le milieu PDA enrichi. La croissance in vitro du *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium expansum* et *Alternaria sp* (champignons responsables de la pourriture des fruits et légumes en post-récolte) a été inhibée par le chlorure de calcium (Tian et al, 2002, Attrassi et al., 2006). L'ajout de calcium dans le milieu de culture liquide à base de dextrose de pomme de terre (PDB) a provoqué une réduction de la germination des spores et un ralentissement de la croissance du tube germinatif de *R. stolonifer* (Tian et al., 2002). Nos résultats sont en accord avec ces auteurs.

Comme on peut le constater et selon les différentes études réalisées, l'effet du calcium sur la sporulation et la germination des conidies dépend de la source de calcium utilisée et du pathogène à l'étude.

La croissance mycélienne du *verticillium* augmente au fur et à mesure que la concentration augmente en sulfate de magnésium ( $MgSO_4$ ) et chlorure de magnésium ( $MgCl_2$ ) après 1 semaine et 2 semaines d'incubation (Test MANOVA, Annexe 2). Mais le nombre de conidies produites ou viables n'est pas influencé par la concentration des différentes sources de magnésium (Test MANOVA, Annexe 2). L'augmentation des concentrations provoque une diminution significative du nombre de conidies produites et viables peu importe la source de magnésium. Test de Pearson nous indique la présence d'une corrélation très forte ( $r=0,910, p=0,00$ ) et proportionnelle entre le nombre de conidies produites et le nombre de conidies viables. Mais cette corrélation est absente entre la concentration et le nombre de conidies (Annexe 3).

NYIRANSENGIYUMVA 2007 rapporte que Le magnésium sous Forme de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  diminue le nombre de conidies viables à des concentrations supérieures à

5ppm sans toute fois affecter la croissance mycélienne et la production totale de conidies *Helminthosporium solani*. Nos résultats concordent avec ceux de NYIRANSENGIYUMVA 2007. Tout comme les travaux de Wisniewski et al. (1995) montrant que le chlorure de Magnésium (25-175mM) n'a pas d'effet significatif sur la croissance du tube germinatif de *Botrytis cinerea* et de *Penicillium expansum*, les résultats obtenus de (Chantal 2007) ont montré que ce sel n'a pas eu d'effet sur la croissance mycélienne de *Helminthosporium solani*.

## CONCLUSION

Ce travail s'inscrit dans un programme de recherche destiné à combattre le *Verticillium dahlia* (agent redoutable des cultures maraichères). Il avait pour objectif d'évaluer in vitro l'effet des différentes sources et concentrations d'azote, du potassium, du calcium et du magnésium sur la croissance mycélienne et le nombre de conidies produites et viables chez cette espèce.

Les résultats obtenus ont démontré que la source et la concentration d'éléments minéraux comme azote, le calcium, le magnésium étudiés après 8 semaines d'incubation de *Verticillium dahlia* sur milieu gélosé à 27°C influencent la croissance diamétrale mycélienne, la production totale de conidies et la production de conidies viables chez cette espèce (Agent redoutable responsable des maladies de dépérissement sur cultures Maraichères et pérennes).

Les résultats obtenus ont permis de démontrer l'influence de ces éléments minéraux sur le développement de ce champignon. L'azote, sous forme de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) nous remarquons que la croissance mycélienne diminue de façon significative à la concentration C4 (=0,33PPM) ainsi que le nombre de conidies produites et viables. Par contre avec la source  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et  $\text{NaNO}_3$ , nous observons que plus la concentration augmente plus la croissance est considérable au niveau des concentrations (C2,C3,C4) et les nombres de conidies augmentent de façon significative avec l'augmentation de leur concentration. Avec le calcium aussi nous remarquons que l'augmentation de la concentration provoque l'augmentation significative de la croissance mycélienne et une diminution du nombre de conidies. À cet effet, d'une part l'azote ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) avec son fort effet inhibiteur sur la croissance mycélienne ; la sporulation et la germination des conidies et d'autre part le Magnésium sous forme de sulfate de magnésium ( $\text{MgSO}_4$ ) et chlorure de magnésium ( $\text{MgCl}_2$ ) ainsi que le calcium sous forme de ( $\text{KCl}$  et  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) ont des effets inhibiteurs sur le nombre de conidies produites et le nombre de conidies viables, ceci semble particulièrement intéressant du fait que le test de Pearson nous montre des corrélations positives entre NCP (nombre de conidies produites) et le NCV (nombre de conidies viables).

Dans les travaux futurs, il serait intéressant de faire une étude plus approfondie en utilisant d'autres concentrations sélectionnées et de tester d'autres sources des éléments minéraux. Il serait également intéressant d'évaluer l'effet de ces éléments sur la croissance pondérale et le stade formation de sclérotés (stade de conservation au niveau du sol) chez ce champignon tellurique en culture in vitro et sur le développement et la sévérité de cette maladie de dépérissement des cultures maraichère in vivo.

Ainsi, les informations qui en découleront et celles obtenues in vitro pourront éventuellement servir pour élaborer des plans stratégiques de fertilisation ou de modification des propriétés telluriques afin de mieux contrôler le développement de cette maladie. Ainsi la source  $\text{NH}_4\text{Cl}$  avec son fort effet inhibiteur à concentration élevée peut être un facteur important pour le contrôle de cette maladie

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **(AGROELEVAGE,2011)**. Généralités sur les cultures maraîchères et les cultures légumières.
2. **BIGGS,A.R.,1999**.Effects of calcium salts on apple bitter rot caused by two colletotrichum spp.plantdis.83:1001-1005.
3. **BTISSAM ,M., TOUHAMI A ,O ET DOUIRA. A. ,2014**. Effets *in vitro et in vivo* du compost sur *Verticilliumdahliae*, agent causal de la verticilliose de la tomate. Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, Université Ibn Tofail, faculté dessciences, kénitra, maroc ,vol. 83, p. 10-34
4. **D. BLANCARD.(2014)***Verticillium dahlia* kleb., (1913) *Verticilliumalbo-atrum* reinke&berthold,
5. **DEACON,J.W.,2006**.Fungal biology.4th edition. Institute of cell and molecular biology, university of edinburgh, blackwell publishing,u.k.,371pages.
6. **DICK, J.B. ET TISDALE, H.B., 1938**.Fertilizers in relation to incidence of wilt as affecting a resistant and a susceptible variety. Phytopathology 28:666-667(abstr.).
7. **DUFFY, B.K.ET DÉFAGO,G.,1999**.Macro-and microelements fertilizers influence the severity of fusarium crown and root rot of tomato in a soilless production system. Hort.sci.34:287-291.
8. **ENGELHARD, A.W.,** Red.apspress,theamericanphytopathological society, st.paul, mn,Pp18-32.
9. **G. F. PEGG, B L BRADY,2002**. *Verticillium*wilts, cab international, 552 p.
10. **GARRAWAY, M,O. EtEVANS, R.C ,1984**. Fungal nutrition and physiology. Wiley-interscience publication. John wiley& sons, new york, ny,401pages.
11. **GARRAWAY, M.O.Et EVANS, R.C ,1991**. Fungal nutrition and physiology. Krieger publishingcompany, malabar, fl,pages71-211.
12. **GAUCHER,D.,1998**.Maladies de la pomme de terre. Institut technique des céréales et des fourrages.paris,48pages.

13. **GRIFFIN, D.H., 1994.** Fungal physiology. Wiley-liss, John Wiley & Sons, New York, NY, Pp 130-157
14. **HARZ, I., 1871.** Spondylocladium atrovirens. Bulletin of Society Imperial, Moscow 44:42
15. **HERVIEUX, V., 2000.** Stratégies de lutte contre la tache argentée de la pomme de terre: traitements fongicides de la semence et application post récolte de sels organiques et Inorganiques. Mémoire de maîtrise, faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, 125 pages
16. **HOFFLAND, E., VAN BEUSICHEM, M.L. ET JEGER, M.J., 1999.** Nitrogen availability and susceptibility of tomato leaves to Botrytis cinerea. Plant Soil 210:263-272.
17. **HOFFLAND, E., JEGER, M.J. ET VAN BEUSICHEM, M.L., 2000.** Effect of nitrogen supply rate on disease resistance in tomato depends on the pathogen. Plant Soil 218:239-247.
18. **HUBER, D.M., 1978.** Disturbed mineral nutrition. Dans Plant Pathology, and advanced treatise. Vol. lii. Horsfall, J.G. et Cowling, E.B., reds. Academic Press, New York, NY, pages 163-181.
19. **HUBER, D.M., 1980.** Role of nutrients in defense. Dans Plant Pathology, an advanced treatise. Vol. v. Horsfall, J.G. et Cowling, E.B., reds. Academic Press, New York, NY, pages 381-406.
20. **HUBER, D.M., 1989.** Dans Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro- and Microelements. Engelhard, A.W., red. APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, MN, pages 1-8.
21. **HUBER, D.M. ET WATSON, R.D., 1974.** Nitrogen form and plant disease. Annu. Rev. Phytopathol. 12:139-165.
22. **IMRANI N, CHAHDI OA, CHLIYEH M, TOUATI J, TOUHAMI OA, BENKIRANE R, ET DOUIRA A. 2014.** Effet in vitro de différents niveaux NPK sur la croissance mycélienne et la sporulation de cinq pathogènes foliaires du riz : Helminthosporium sp. et Curvularia lunata. Université Ibn Tofail, faculté des sciences, laboratoire de botanique et de protection des plantes, B.P. 133, Kenitra, Maroc. Pp 72-80.
23. **JONES, J.P., ENGELHARD, A.W. ET WOLTZ, S.S., 1989.** Management of Fusarium wilt of vegetables and ornamentals by macro- and microelement

nutrition.danssoilborne plant pathogens :management of diseases with macro-and microelements.

24. **KHALED ATTRASSI, RACHID BENKIRANE, BENAÏSSA ATTRASSI ET ALLAL DOUIRA( 2007) ;** Effet de l'association de certains fongicides avec le chlorure de calcium sur le développement d'un complexe fongique responsable de la pourriture des pommes en conservation p17.
25. **LAMBERT,D.H., POWELSON,M.L. ET STEVENSON,W.R., 2005.** Nutrition al interactions influencing diseases of potato. Am. J. Potato res.82:309-319.
26. **LUC ARNAUD ET BERNARD GAY,**de l'eau pour le maraichage. Editions du gret guide(1994),p16.
27. **MARTINEZ,C, MICHAUD, M.,BELANGER,R.R. ET TWEDDELL,R.J.,2002.** Identification of soils suppressive against *helminthosporiumsolani*, the causal agent of potato silver scurf .soilbiol.biochem.34:1861-1868p.
28. **MATALLAH-BOUTIBA A.,BELLACÈNE M.,GEIGER J.P.1997.**Defense reponses of inoculated olive tree seedlings to *Verticiliumdahliae* 7th international*Verticilium*symposium.athens(gr).
29. **MULLER H.,TEJEDOR –GONZALEZ E.,MERCADO-BLANCO J.,RODRIGUEZ-JURADO D.,JIMÉNEZ-DIAZ R.M.,BERG G.2007.**Effet of the biological control strain serratiaplymuthicahro c48 on *Verticilium* wilt of olive trees cv.arbequina .bulletin oilb/srop.,Pp30:173-177
30. **NYIRANSENGIYUMVA, C ,2007.** Effet de différents éléments minéraux sur la croissance et le développement du champignon *helminthosporium solani*, agent responsable de la gale argentée de la pomme de terre.p58.
31. **PEGG G.F.,BRADY B.L.2002.***Verticilium* wilts(editeur: cab international).cabi publishing,wallingford,uk.552p
32. **PHILLIPS, DH & BURDEKIN, DA (1992).**Diseases of forest and ornamental trees. Phillips, dh&burdekin, da (1992). Maladies des forêts et des arbres d'ornement. Macmillan.
33. **SANOGO,S. ET YANG, X.B., 2001.**Relation of and content, ph and potassium and phosphorus nutrition to the development of sudden death syndrome in soybean. Can. J.plant pathol.23:174-180p.



**34.RHIZOMES 2008.** Au Jardin » Plantes » Fleurs annuelles et bulbes d'été »

**35. C. GALINET 1987.** LA VERTICILLIOSE DE LA TOMATE

**36.FINE MEDIA 2007-2016.** Les 7 engagements des experts Devenir expert Ooreka.

## ANNEXES

### 1- Composition des milieux de culture(Annexe 1)

- **Milieux PDA (Rapilly 1968)**

Pomme de terre	200 g
Glucose	20 g
Agar	20 g
Eau distillée q.s.p	1000 ml

- Peler, laver, couper en tranches minces les pommes de terre. Cuire 15 à 20 minutes dans 200 ml d'eau distillée, filtré sur mousseline et presser. Ajouter le glucose au filtrat, compléter le volume à 1000 ml, ajouter l'agar, le dissoudre. Autoclaver 30 min à 120°C

- **Milieu Singh (1968)**

Cop	
Saccharose	30
NaNO <sub>3</sub>	2
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	0,5
KCl	0,5
FeSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	0,01
Acide citrique anhydre	4,6 mg
ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	5 mg
CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	0,391 mg
MnSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	0,05 mg

H3BO4	0,05 mg
Na2MoO4 2H2O	0,05 mg
Vitamine B1 (Thiamine)	500 µg ajoutée stérilement après autoclavage
pH	6,8
Agar	15

## 2- Analyses statistiques

- **Test MANOVA pour la croissance diamétrale (Annexe 2)**

Variable dépendante	Variable indépendante		Sig. <sup>b</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>		
	SOURCE	DOSE		Borne inférieure	Limite supérieure	
DIAMETRE 1	NaNO3	0	1	0,00	2,15	8,13
			2	0,47	-4,09	1,89
			3	0,00	1,72	7,70
			4	1,00	-2,99	2,99
		1	0	0,00	-8,13	-2,15
			2	0,00	-9,23	-3,25
			3	0,78	-3,42	2,56
			4	0,00	-8,13	-2,15
		2	0	0,47	-1,89	4,09
			1	0,00	3,25	9,23
			3	0,00	2,82	8,80
			4	0,47	-1,89	4,09
		3	0	0,00	-7,70	-1,72
			1	0,78	-2,56	3,42
			2	0,00	-8,80	-2,82
			4	0,00	-7,70	-1,72
	4	0	1,00	-2,99	2,99	
		1	0,00	2,15	8,13	
		2	0,47	-4,09	1,89	
		3	0,00	1,72	7,70	
	NH4Cl	0	1	0,00	-13,20	-7,21
			2	0,70	-2,40	3,58
			3	0,00	3,64	9,63
			4	0,06	-0,09	5,90
		1	0	0,00	7,21	13,20
			2	0,00	7,80	13,79

		3	0,00	13,85	19,83
		4	0,00	10,12	16,10
	2	0	0,70	-3,58	2,40
		1	0,00	-13,79	-7,80
		3	0,00	3,05	9,04
		4	0,13	-0,68	5,31
	3	0	0,00	-9,63	-3,64
		1	0,00	-19,83	-13,85
		2	0,00	-9,04	-3,05
		4	0,01	-6,72	-0,74
	4	0	0,06	-5,90	0,09
		1	0,00	-16,10	-10,12
		2	0,13	-5,31	0,68
		3	0,01	0,74	6,72
NH4NO3	0	1	0,00	2,35	8,33
		2	0,47	-1,89	4,09
		3	0,00	-11,94	-5,96
		4	0,00	-20,26	-14,28
	1	0	0,00	-8,33	-2,35
		2	0,01	-7,23	-1,25
		3	0,00	-17,28	-11,29
		4	0,00	-25,60	-19,62
	2	0	0,47	-4,09	1,89
		1	0,01	1,25	7,23
		3	0,00	-13,04	-7,06
		4	0,00	-21,36	-15,38
	3	0	0,00	5,96	11,94
		1	0,00	11,29	17,28
		2	0,00	7,06	13,04
		4	0,00	-11,31	-5,33
	4	0	0,00	14,28	20,26
		1	0,00	19,62	25,60
		2	0,00	15,38	21,36
		3	0,00	5,33	11,31
KCl	0	1	0,04	-6,13	-0,15
		2	0,00	-7,86	-1,87
		3	0,00	-7,94	-1,95
		4	0,00	-9,59	-3,60
	1	0	0,04	0,15	6,13
		2	0,26	-4,72	1,27
		3	0,24	-4,80	1,19
		4	0,02	-6,45	-0,46
	2	0	0,00	1,87	7,86
		1	0,26	-1,27	4,72
		3	0,96	-3,07	2,91

		4	0,26	-4,72	1,27	
	3	0	0,00	1,95	7,94	
		1	0,24	-1,19	4,80	
		2	0,96	-2,91	3,07	
		4	0,28	-4,64	1,34	
	4	0	0,00	3,60	9,59	
		1	0,02	0,46	6,45	
		2	0,26	-1,27	4,72	
		3	0,28	-1,34	4,64	
K2SO4	0	1	0,05	-6,05	-0,07	
		2	0,17	-0,91	5,07	
		3	1,00	-2,99	2,99	
		4	1,00	-2,99	2,99	
		1	0	0,05	0,07	6,05
			2	0,00	2,15	8,13
			3	0,05	0,07	6,05
			4	0,05	0,07	6,05
		2	0	0,17	-5,07	0,91
			1	0,00	-8,13	-2,15
			3	0,17	-5,07	0,91
			4	0,17	-5,07	0,91
		3	0	1,00	-2,99	2,99
			1	0,05	-6,05	-0,07
			2	0,17	-0,91	5,07
			4	1,00	-2,99	2,99
		4	0	1,00	-2,99	2,99
			1	0,05	-6,05	-0,07
			2	0,17	-0,91	5,07
			3	1,00	-2,99	2,99
CaSO4	0	1	1,00	-2,99	2,99	
		2	0,62	-2,25	3,74	
		3	0,96	-2,91	3,07	
		4	0,00	-11,00	-5,01	
		1	0	1,00	-2,99	2,99
			2	0,62	-2,25	3,74
			3	0,96	-2,91	3,07
			4	0,00	-11,00	-5,01
		2	0	0,62	-3,74	2,25
			1	0,62	-3,74	2,25
			3	0,66	-3,66	2,33
			4	0,00	-11,75	-5,76
		3	0	0,96	-3,07	2,91
			1	0,96	-3,07	2,91
			2	0,66	-2,33	3,66
			4	0,00	-11,08	-5,09

	4	0	0,00	5,01	11,00
		1	0,00	5,01	11,00
		2	0,00	5,76	11,75
		3	0,00	5,09	11,08
CaCl2	0	1	0,62	-2,25	3,74
		2	0,00	6,31	12,30
		3	1,00	-2,99	2,99
		4	0,00	-10,25	-4,27
	1	0	0,62	-3,74	2,25
		2	0,00	5,56	11,55
		3	0,62	-3,74	2,25
		4	0,00	-11,00	-5,01
	2	0	0,00	-12,30	-6,31
		1	0,00	-11,55	-5,56
		3	0,00	-12,30	-6,31
		4	0,00	-19,56	-13,57
	3	0	1,00	-2,99	2,99
		1	0,62	-2,25	3,74
		2	0,00	6,31	12,30
		4	0,00	-10,25	-4,27
	4	0	0,00	4,27	10,25
		1	0,00	5,01	11,00
		2	0,00	13,57	19,56
		3	0,00	4,27	10,25
MgSO4	0	1	0,00	10,86	16,85
		2	0,28	-1,34	4,64
		3	1,00	-2,99	2,99
		4	0,03	0,38	6,37
	1	0	0,00	-16,85	-10,86
		2	0,00	-15,20	-9,21
		3	0,00	-16,85	-10,86
		4	0,00	-13,47	-7,49
	2	0	0,28	-4,64	1,34
		1	0,00	9,21	15,20
		3	0,28	-4,64	1,34
		4	0,26	-1,27	4,72
	3	0	1,00	-2,99	2,99
		1	0,00	10,86	16,85
		2	0,28	-1,34	4,64
		4	0,03	0,38	6,37
	4	0	0,03	-6,37	-0,38
		1	0,00	7,49	13,47
		2	0,26	-4,72	1,27
		3	0,03	-6,37	-0,38
MgCl2	0	1	0,00	9,68	15,67

			2	0,00	-7,78	-1,80
			3	0,00	-8,53	-2,54
			4	0,01	-6,88	-0,89
		1	0	0,00	-15,67	-9,68
			2	0,00	-20,46	-14,47
			3	0,00	-21,20	-15,22
			4	0,00	-19,56	-13,57
		2	0	0,00	1,80	7,78
			1	0,00	14,47	20,46
			3	0,62	-3,74	2,25
			4	0,55	-2,09	3,90
		3	0	0,00	2,54	8,53
			1	0,00	15,22	21,20
			2	0,62	-2,25	3,74
			4	0,28	-1,34	4,64
		4	0	0,01	0,89	6,88
			1	0,00	13,57	19,56
			2	0,55	-3,90	2,09
			3	0,28	-4,64	1,34
DIAMETRE 2	NaNO3	0	1	0,63	-4,29	7,12
			2	0,00	-18,30	-6,90
			3	0,47	-3,62	7,78
			4	0,00	-28,82	-17,42
		1	0	0,63	-7,12	4,29
			2	0,00	-19,71	-8,31
			3	0,82	-5,04	6,37
			4	0,00	-30,23	-18,83
		2	0	0,00	6,90	18,30
			1	0,00	8,31	19,71
			3	0,00	8,98	20,38
			4	0,00	-16,22	-4,82
		3	0	0,47	-7,78	3,62
			1	0,82	-6,37	5,04
			2	0,00	-20,38	-8,98
			4	0,00	-30,90	-19,50
		4	0	0,00	17,42	28,82
			1	0,00	18,83	30,23
			2	0,00	4,82	16,22
			3	0,00	19,50	30,90
	NH4Cl	0	1	0,00	-18,14	-6,74
			2	0,01	-13,00	-1,60
			3	0,00	13,22	24,62
			4	0,00	4,31	15,71
		1	0	0,00	6,74	18,14
			2	0,08	-0,56	10,84

		3	0,00	25,66	37,06
		4	0,00	16,75	28,15
	2	0	0,01	1,60	13,00
		1	0,08	-10,84	0,56
		3	0,00	20,52	31,92
		4	0,00	11,61	23,01
	3	0	0,00	-24,62	-13,22
		1	0,00	-37,06	-25,66
		2	0,00	-31,92	-20,52
		4	0,00	-14,61	-3,21
	4	0	0,00	-15,71	-4,31
		1	0,00	-28,15	-16,75
		2	0,00	-23,01	-11,61
		3	0,00	3,21	14,61
NH4NO3	0	1	0,01	1,52	12,92
		2	0,00	-14,46	-3,05
		3	0,00	-24,62	-13,22
		4	0,00	-36,98	-25,58
	1	0	0,01	-12,92	-1,52
		2	0,00	-21,68	-10,27
		3	0,00	-31,84	-20,44
		4	0,00	-44,21	-32,80
	2	0	0,00	3,05	14,46
		1	0,00	10,27	21,68
		3	0,00	-15,87	-4,46
		4	0,00	-28,23	-16,83
	3	0	0,00	13,22	24,62
		1	0,00	20,44	31,84
		2	0,00	4,46	15,87
		4	0,00	-18,07	-6,66
	4	0	0,00	25,58	36,98
		1	0,00	32,80	44,21
		2	0,00	16,83	28,23
		3	0,00	6,66	18,07
KCl	0	1	0,01	2,46	13,87
		2	0,27	-2,52	8,88
		3	0,27	-2,52	8,88
		4	0,46	-3,58	7,82
	1	0	0,01	-13,87	-2,46
		2	0,09	-10,69	0,72
		3	0,09	-10,69	0,72
		4	0,04	-11,75	-0,34
	2	0	0,27	-8,88	2,52
		1	0,09	-0,72	10,69
		3	1,00	-5,70	5,70



		4	0,71	-6,76	4,64	
	3	0	0,27	-8,88	2,52	
		1	0,09	-0,72	10,69	
		2	1,00	-5,70	5,70	
		4	0,71	-6,76	4,64	
	4	0	0,46	-7,82	3,58	
		1	0,04	0,34	11,75	
		2	0,71	-4,64	6,76	
		3	0,71	-4,64	6,76	
K2SO4	0	1	0,50	-7,67	3,74	
		2	0,69	-4,56	6,84	
		3	0,78	-6,53	4,88	
		4	0,52	-7,59	3,82	
		1	0	0,50	-3,74	7,67
			2	0,28	-2,60	8,80
			3	0,69	-4,56	6,84
			4	0,98	-5,62	5,78
		2	0	0,69	-6,84	4,56
			1	0,28	-8,80	2,60
			3	0,50	-7,67	3,74
			4	0,30	-8,72	2,68
		3	0	0,78	-4,88	6,53
			1	0,69	-6,84	4,56
			2	0,50	-3,74	7,67
			4	0,71	-6,76	4,64
		4	0	0,52	-3,82	7,59
			1	0,98	-5,78	5,62
			2	0,30	-2,68	8,72
			3	0,71	-4,64	6,76
CaSO4	0	1	1,00	-5,70	5,70	
		2	0,98	-5,62	5,78	
		3	0,09	-10,69	0,72	
		4	0,00	-18,58	-7,17	
		1	0	1,00	-5,70	5,70
			2	0,98	-5,62	5,78
			3	0,09	-10,69	0,72
			4	0,00	-18,58	-7,17
		2	0	0,98	-5,78	5,62
			1	0,98	-5,78	5,62
			3	0,08	-10,77	0,64
			4	0,00	-18,66	-7,25
		3	0	0,09	-0,72	10,69
			1	0,09	-0,72	10,69
			2	0,08	-0,64	10,77
			4	0,01	-13,59	-2,19

CaCl <sub>2</sub>	4	0	0,00	7,17	18,58
		1	0,00	7,17	18,58
		2	0,00	7,25	18,66
		3	0,01	2,19	13,59
	0	1	0,71	-4,64	6,76
		2	0,08	-0,64	10,77
		3	0,71	-4,64	6,76
		4	0,00	-15,79	-4,38
	1	0	0,71	-6,76	4,64
		2	0,17	-1,70	9,71
		3	1,00	-5,70	5,70
		4	0,00	-16,85	-5,44
	2	0	0,08	-10,77	0,64
		1	0,17	-9,71	1,70
		3	0,17	-9,71	1,70
		4	0,00	-20,85	-9,45
3	0	0,71	-6,76	4,64	
	1	1,00	-5,70	5,70	
	2	0,17	-1,70	9,71	
	4	0,00	-16,85	-5,44	
4	0	0,00	4,38	15,79	
	1	0,00	5,44	16,85	
	2	0,00	9,45	20,85	
	3	0,00	5,44	16,85	
MgSO <sub>4</sub>	0	1	0,00	10,00	21,40
		2	0,01	1,99	13,40
		3	1,00	-5,70	5,70
		4	0,23	-9,20	2,21
	1	0	0,00	-21,40	-10,00
		2	0,01	-13,71	-2,30
		3	0,00	-21,40	-10,00
		4	0,00	-24,90	-13,49
	2	0	0,01	-13,40	-1,99
		1	0,01	2,30	13,71
		3	0,01	-13,40	-1,99
		4	0,00	-16,89	-5,48
	3	0	1,00	-5,70	5,70
		1	0,00	10,00	21,40
		2	0,01	1,99	13,40
		4	0,23	-9,20	2,21
	4	0	0,23	-2,21	9,20
		1	0,00	13,49	24,90
		2	0,00	5,48	16,89
		3	0,23	-2,21	9,20
MgCl <sub>2</sub>	0	1	0,00	10,59	21,99

			2	0,00	-15,44	-4,03
			3	0,20	-9,39	2,01
			4	0,11	-10,37	1,03
		1	0	0,00	-21,99	-10,59
			2	0,00	-31,73	-20,32
			3	0,00	-25,68	-14,28
			4	0,00	-26,66	-15,26
		2	0	0,00	4,03	15,44
			1	0,00	20,32	31,73
			3	0,04	0,34	11,75
			4	0,08	-0,64	10,77
		3	0	0,20	-2,01	9,39
			1	0,00	14,28	25,68
			2	0,04	-11,75	-0,34
			4	0,73	-6,68	4,72
		4	0	0,11	-1,03	10,37
			1	0,00	15,26	26,66
			2	0,08	-10,77	0,64
			3	0,73	-4,72	6,68
DIAMETRE 8	NaNO3	0	1	0,70	-5,64	8,39
			2	0,70	-8,39	5,64
			3	0,70	-5,64	8,39
			4	0,44	-9,76	4,27
		1	0	0,70	-8,39	5,64
			2	0,44	-9,76	4,27
			3	1,00	-7,01	7,01
			4	0,25	-11,14	2,89
		2	0	0,70	-5,64	8,39
			1	0,44	-4,27	9,76
			3	0,44	-4,27	9,76
			4	0,70	-8,39	5,64
		3	0	0,70	-8,39	5,64
			1	1,00	-7,01	7,01
			2	0,44	-9,76	4,27
			4	0,25	-11,14	2,89
		4	0	0,44	-4,27	9,76
			1	0,25	-2,89	11,14
			2	0,70	-5,64	8,39
			3	0,25	-2,89	11,14
	NH4Cl	0	1	1,00	-7,01	7,01
			2	0,00	3,39	17,42
			3	0,00	49,62	63,65
			4	0,00	39,10	53,13
		1	0	1,00	-7,01	7,01
			2	0,00	3,39	17,42

		3	0,00	49,62	63,65	
		4	0,00	39,10	53,13	
	2	0	0,00	-17,42	-3,39	
		1	0,00	-17,42	-3,39	
		3	0,00	39,22	53,25	
		4	0,00	28,70	42,73	
	3	0	0,00	-63,65	-49,62	
		1	0,00	-63,65	-49,62	
		2	0,00	-53,25	-39,22	
		4	0,00	-17,53	-3,50	
	4	0	0,00	-53,13	-39,10	
		1	0,00	-53,13	-39,10	
		2	0,00	-42,73	-28,70	
		3	0,00	3,50	17,53	
	NH4NO3	0	1	0,45	-9,68	4,35
			2	0,73	-8,23	5,80
			3	0,47	-9,60	4,42
			4	0,13	-12,35	1,68
		1	0	0,45	-4,35	9,68
			2	0,68	-5,56	8,47
			3	0,98	-6,94	7,09
			4	0,45	-9,68	4,35
		2	0	0,73	-5,80	8,23
			1	0,68	-8,47	5,56
			3	0,70	-8,39	5,64
			4	0,25	-11,14	2,89
		3	0	0,47	-4,42	9,60
			1	0,98	-7,09	6,94
			2	0,70	-5,64	8,39
			4	0,44	-9,76	4,27
		4	0	0,13	-1,68	12,35
			1	0,45	-4,35	9,68
			2	0,25	-2,89	11,14
			3	0,44	-4,27	9,76
	KCl	0	1	1,00	-7,01	7,01
			2	1,00	-7,01	7,01
			3	1,00	-7,01	7,01
			4	1,00	-7,01	7,01
		1	0	1,00	-7,01	7,01
			2	1,00	-7,01	7,01
			3	1,00	-7,01	7,01
			4	1,00	-7,01	7,01
		2	0	1,00	-7,01	7,01
			1	1,00	-7,01	7,01
			3	1,00	-7,01	7,01

		4	1,00	-7,01	7,01
	3	0	1,00	-7,01	7,01
		1	1,00	-7,01	7,01
		2	1,00	-7,01	7,01
		4	1,00	-7,01	7,01
	4	0	1,00	-7,01	7,01
		1	1,00	-7,01	7,01
		2	1,00	-7,01	7,01
		3	1,00	-7,01	7,01
K2SO4	0	1	0,25	-2,89	11,14
		2	0,70	-5,64	8,39
		3	1,00	-7,01	7,01
		4	1,00	-7,01	7,01
	1	0	0,25	-11,14	2,89
		2	0,44	-9,76	4,27
		3	0,25	-11,14	2,89
		4	0,25	-11,14	2,89
	2	0	0,70	-8,39	5,64
		1	0,44	-4,27	9,76
		3	0,70	-8,39	5,64
		4	0,70	-8,39	5,64
	3	0	1,00	-7,01	7,01
		1	0,25	-2,89	11,14
		2	0,70	-5,64	8,39
		4	1,00	-7,01	7,01
	4	0	1,00	-7,01	7,01
		1	0,25	-2,89	11,14
		2	0,70	-5,64	8,39
		3	1,00	-7,01	7,01
CaSO4	0	1	1,00	-7,01	7,01
		2	1,00	-7,01	7,01
		3	0,70	-5,64	8,39
		4	0,25	-2,89	11,14
	1	0	1,00	-7,01	7,01
		2	1,00	-7,01	7,01
		3	0,70	-5,64	8,39
		4	0,25	-2,89	11,14
	2	0	1,00	-7,01	7,01
		1	1,00	-7,01	7,01
		3	0,70	-5,64	8,39
		4	0,25	-2,89	11,14
	3	0	0,70	-8,39	5,64
		1	0,70	-8,39	5,64
		2	0,70	-8,39	5,64
		4	0,44	-4,27	9,76

	4	0	0,25	-11,14	2,89
		1	0,25	-11,14	2,89
		2	0,25	-11,14	2,89
		3	0,44	-9,76	4,27
CaCl <sub>2</sub>	0	1	0,44	-9,76	4,27
		2	0,25	-11,14	2,89
		3	0,25	-11,14	2,89
		4	0,44	-9,76	4,27
	1	0	0,44	-4,27	9,76
		2	0,70	-8,39	5,64
		3	0,70	-8,39	5,64
		4	1,00	-7,01	7,01
	2	0	0,25	-2,89	11,14
		1	0,70	-5,64	8,39
		3	1,00	-7,01	7,01
		4	0,70	-5,64	8,39
	3	0	0,25	-2,89	11,14
		1	0,70	-5,64	8,39
		2	1,00	-7,01	7,01
		4	0,70	-5,64	8,39
	4	0	0,44	-4,27	9,76
		1	1,00	-7,01	7,01
		2	0,70	-8,39	5,64
		3	0,70	-8,39	5,64
MgSO <sub>4</sub>	0	1	1,00	-7,01	7,01
		2	0,44	-9,76	4,27
		3	0,44	-9,76	4,27
		4	0,70	-8,39	5,64
	1	0	1,00	-7,01	7,01
		2	0,44	-9,76	4,27
		3	0,44	-9,76	4,27
		4	0,70	-8,39	5,64
	2	0	0,44	-4,27	9,76
		1	0,44	-4,27	9,76
		3	1,00	-7,01	7,01
		4	0,70	-5,64	8,39
	3	0	0,44	-4,27	9,76
		1	0,44	-4,27	9,76
		2	1,00	-7,01	7,01
		4	0,70	-5,64	8,39
	4	0	0,70	-5,64	8,39
		1	0,70	-5,64	8,39
		2	0,70	-8,39	5,64
		3	0,70	-8,39	5,64
MgCl <sub>2</sub>	0	1	0,70	-5,64	8,39

		2	0,13	-12,43	1,60
		3	0,13	-12,43	1,60
		4	0,13	-12,43	1,60
	1	0	0,70	-8,39	5,64
		2	0,06	-13,80	0,22
		3	0,06	-13,80	0,22
		4	0,06	-13,80	0,22
	2	0	0,13	-1,60	12,43
		1	0,06	-0,22	13,80
		3	1,00	-7,01	7,01
		4	1,00	-7,01	7,01
	3	0	0,13	-1,60	12,43
		1	0,06	-0,22	13,80
		2	1,00	-7,01	7,01
		4	1,00	-7,01	7,01
	4	0	0,13	-1,60	12,43
		1	0,06	-0,22	13,80
		2	1,00	-7,01	7,01
		3	1,00	-7,01	7,01

- **Test MANOVA pour le nombre de conidies**

Variable dépendante				Sig. <sup>b</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
Nombre de Conidies Produites (UFC/ml)	NaNO3	0	1	0,81	-59443,58	46643,58
			2	0,08	-99593,58	6493,58
			3	0,76	-44943,58	61143,58
			4	0,00	-148743,58	-42656,42
		1	0	0,81	-46643,58	59443,58
			2	0,13	-93193,58	12893,58
			3	0,58	-38543,58	67543,58
			4	0,00	-142343,58	-36256,42
		2	0	0,08	-6493,58	99593,58
			1	0,13	-12893,58	93193,58
			3	0,04	1606,42	107693,58
			4	0,07	-102193,58	3893,58
		3	0	0,76	-61143,58	44943,58
			1	0,58	-67543,58	38543,58
			2	0,04	-107693,58	-1606,42
			4	0,00	-156843,58	-50756,42
		4	0	0,00	42656,42	148743,58
			1	0,00	36256,42	142343,58
			2	0,07	-3893,58	102193,58

		3	0,00	50756,42	156843,58
NH4Cl	0	1	0,90	-49693,58	56393,58
		2	0,57	-37843,58	68243,58
		3	0,52	-35843,58	70243,58
		4	0,50	-35143,58	70943,58
	1	0	0,90	-56393,58	49693,58
		2	0,65	-41193,58	64893,58
		3	0,60	-39193,58	66893,58
		4	0,58	-38493,58	67593,58
	2	0	0,57	-68243,58	37843,58
		1	0,65	-64893,58	41193,58
		3	0,94	-51043,58	55043,58
		4	0,92	-50343,58	55743,58
	3	0	0,52	-70243,58	35843,58
		1	0,60	-66893,58	39193,58
		2	0,94	-55043,58	51043,58
		4	0,98	-52343,58	53743,58
	4	0	0,50	-70943,58	35143,58
		1	0,58	-67593,58	38493,58
		2	0,92	-55743,58	50343,58
		3	0,98	-53743,58	52343,58
NH4NO3	0	1	0,48	-71693,58	34393,58
		2	0,01	-125143,58	-19056,42
		3	0,00	-174743,58	-68656,42
		4	0,00	-131593,58	-25506,42
	1	0	0,48	-34393,58	71693,58
		2	0,05	-106493,58	-406,42
		3	0,00	-156093,58	-50006,42
		4	0,03	-112943,58	-6856,42
	2	0	0,01	19056,42	125143,58
		1	0,05	406,42	106493,58
		3	0,07	-102643,58	3443,58
		4	0,81	-59493,58	46593,58
	3	0	0,00	68656,42	174743,58
		1	0,00	50006,42	156093,58
		2	0,07	-3443,58	102643,58
		4	0,11	-9893,58	96193,58
	4	0	0,00	25506,42	131593,58
		1	0,03	6856,42	112943,58
		2	0,81	-46593,58	59493,58
		3	0,11	-96193,58	9893,58
KCl	0	1	0,54	-36943,58	69143,58
		2	0,05	-106343,58	-256,42
		3	0,82	-46943,58	59143,58
		4	0,12	-94893,58	11193,58



	1	0	0,54	-69143,58	36943,58
		2	0,01	-122443,58	-16356,42
		3	0,71	-63043,58	43043,58
		4	0,03	-110993,58	-4906,42
	2	0	0,05	256,42	106343,58
		1	0,01	16356,42	122443,58
		3	0,03	6356,42	112443,58
		4	0,67	-41593,58	64493,58
	3	0	0,82	-59143,58	46943,58
		1	0,71	-43043,58	63043,58
		2	0,03	-112443,58	-6356,42
		4	0,08	-100993,58	5093,58
	4	0	0,12	-11193,58	94893,58
		1	0,03	4906,42	110993,58
		2	0,67	-64493,58	41593,58
		3	0,08	-5093,58	100993,58
K2SO4	0	1	0,95	-54793,58	51293,58
		2	0,09	-8093,58	97993,58
		3	0,08	-5293,58	100793,58
		4	0,21	-86693,58	19393,58
	1	0	0,95	-51293,58	54793,58
		2	0,08	-6343,58	99743,58
		3	0,07	-3543,58	102543,58
		4	0,23	-84943,58	21143,58
	2	0	0,09	-97993,58	8093,58
		1	0,08	-99743,58	6343,58
		3	0,92	-50243,58	55843,58
		4	0,00	-131643,58	-25556,42
	3	0	0,08	-100793,58	5293,58
		1	0,07	-102543,58	3543,58
		2	0,92	-55843,58	50243,58
		4	0,00	-134443,58	-28356,42
4	0	0,21	-19393,58	86693,58	
	1	0,23	-21143,58	84943,58	
	2	0,00	25556,42	131643,58	
	3	0,00	28356,42	134443,58	
CaSO4	0	1	0,00	43106,42	149193,58
		2	0,20	-19093,58	86993,58
		3	0,00	25756,42	131843,58
		4	0,00	32356,42	138443,58
	1	0	0,00	-149193,58	-43106,42
		2	0,02	-115243,58	-9156,42
		3	0,51	-70393,58	35693,58
		4	0,69	-63793,58	42293,58
	2	0	0,20	-86993,58	19093,58

		1	0,02	9156,42	115243,58
		3	0,10	-8193,58	97893,58
		4	0,06	-1593,58	104493,58
	3	0	0,00	-131843,58	-25756,42
		1	0,51	-35693,58	70393,58
		2	0,10	-97893,58	8193,58
		4	0,80	-46443,58	59643,58
	4	0	0,00	-138443,58	-32356,42
		1	0,69	-42293,58	63793,58
		2	0,06	-104493,58	1593,58
		3	0,80	-59643,58	46443,58
CaCl2	0	1	0,44	-73493,58	32593,58
		2	0,16	-15443,58	90643,58
		3	0,00	42556,42	148643,58
		4	0,04	1606,42	107693,58
	1	0	0,44	-32593,58	73493,58
		2	0,03	5006,42	111093,58
		3	0,00	63006,42	169093,58
		4	0,01	22056,42	128143,58
	2	0	0,16	-90643,58	15443,58
		1	0,03	-111093,58	-5006,42
		3	0,03	4956,42	111043,58
		4	0,52	-35993,58	70093,58
	3	0	0,00	-148643,58	-42556,42
		1	0,00	-169093,58	-63006,42
		2	0,03	-111043,58	-4956,42
		4	0,13	-93993,58	12093,58
	4	0	0,04	-107693,58	-1606,42
		1	0,01	-128143,58	-22056,42
		2	0,52	-70093,58	35993,58
		3	0,13	-12093,58	93993,58
MgSO4	0	1	0,29	-24743,58	81343,58
		2	0,05	306,42	106393,58
		3	0,12	-10893,58	95193,58
		4	0,59	-67443,58	38643,58
	1	0	0,29	-81343,58	24743,58
		2	0,35	-27993,58	78093,58
		3	0,60	-39193,58	66893,58
		4	0,11	-95743,58	10343,58
	2	0	0,05	-106393,58	-306,42
		1	0,35	-78093,58	27993,58
		3	0,67	-64243,58	41843,58
		4	0,01	-120793,58	-14706,42
	3	0	0,12	-95193,58	10893,58
		1	0,60	-66893,58	39193,58

		2	0,67	-41843,58	64243,58	
		4	0,04	-109593,58	-3506,42	
	4	0	0,59	-38643,58	67443,58	
		1	0,11	-10343,58	95743,58	
		2	0,01	14706,42	120793,58	
		3	0,04	3506,42	109593,58	
	MgCl2	0	1	0,05	56,42	106143,58
			2	0,92	-55793,58	50293,58
			3	0,37	-29243,58	76843,58
			4	0,96	-54493,58	51593,58
		1	0	0,05	-106143,58	-56,42
			2	0,04	-108893,58	-2806,42
			3	0,27	-82343,58	23743,58
			4	0,04	-107593,58	-1506,42
		2	0	0,92	-50293,58	55793,58
			1	0,04	2806,42	108893,58
			3	0,32	-26493,58	79593,58
			4	0,96	-51743,58	54343,58
		3	0	0,37	-76843,58	29243,58
			1	0,27	-23743,58	82343,58
			2	0,32	-79593,58	26493,58
			4	0,34	-78293,58	27793,58
		4	0	0,96	-51593,58	54493,58
			1	0,04	1506,42	107593,58
			2	0,96	-54343,58	51743,58
			3	0,34	-27793,58	78293,58
Nombre de Conidies Viables (UFC/ml)	NaNO3	0	1	0,66	-418,89	266,89
			2	0,38	-492,89	192,89
			3	0,93	-358,89	326,89
			4	0,04	-696,89	-11,11
		1	0	0,66	-266,89	418,89
			2	0,67	-416,89	268,89
			3	0,73	-282,89	402,89
			4	0,11	-620,89	64,89
		2	0	0,38	-192,89	492,89
			1	0,67	-268,89	416,89
			3	0,44	-208,89	476,89
			4	0,24	-546,89	138,89
		3	0	0,93	-326,89	358,89
			1	0,73	-402,89	282,89
			2	0,44	-476,89	208,89
			4	0,05	-680,89	4,89
		4	0	0,04	11,11	696,89
			1	0,11	-64,89	620,89
			2	0,24	-138,89	546,89

		3	0,05	-4,89	680,89
NH4Cl	0	1	0,82	-302,89	382,89
		2	0,71	-278,89	406,89
		3	0,18	-576,89	108,89
		4	0,34	-506,89	178,89
	1	0	0,82	-382,89	302,89
		2	0,89	-318,89	366,89
		3	0,11	-616,89	68,89
		4	0,24	-546,89	138,89
	2	0	0,71	-406,89	278,89
		1	0,89	-366,89	318,89
		3	0,09	-640,89	44,89
		4	0,19	-570,89	114,89
	3	0	0,18	-108,89	576,89
		1	0,11	-68,89	616,89
		2	0,09	-44,89	640,89
		4	0,68	-272,89	412,89
	4	0	0,34	-178,89	506,89
		1	0,24	-138,89	546,89
		2	0,19	-114,89	570,89
		3	0,68	-412,89	272,89
NH4NO3	0	1	0,02	-772,89	-87,11
		2	0,00	-1377,89	-692,11
		3	0,00	-1557,89	-872,11
		4	0,00	-1042,89	-357,11
	1	0	0,02	87,11	772,89
		2	0,00	-947,89	-262,11
		3	0,00	-1127,89	-442,11
		4	0,12	-612,89	72,89
	2	0	0,00	692,11	1377,89
		1	0,00	262,11	947,89
		3	0,30	-522,89	162,89
		4	0,06	-7,89	677,89
	3	0	0,00	872,11	1557,89
		1	0,00	442,11	1127,89
		2	0,30	-162,89	522,89
		4	0,00	172,11	857,89
	4	0	0,00	357,11	1042,89
		1	0,12	-72,89	612,89
		2	0,06	-677,89	7,89
		3	0,00	-857,89	-172,11
KCl	0	1	0,01	-802,89	-117,11
		2	0,00	-1102,89	-417,11
		3	0,01	-817,89	-132,11
		4	0,00	-887,89	-202,11

	1	0	0,01	117,11	802,89
		2	0,08	-642,89	42,89
		3	0,93	-357,89	327,89
		4	0,62	-427,89	257,89
	2	0	0,00	417,11	1102,89
		1	0,08	-42,89	642,89
		3	0,10	-57,89	627,89
		4	0,21	-127,89	557,89
	3	0	0,01	132,11	817,89
		1	0,93	-327,89	357,89
		2	0,10	-627,89	57,89
		4	0,68	-412,89	272,89
	4	0	0,00	202,11	887,89
		1	0,62	-257,89	427,89
		2	0,21	-557,89	127,89
		3	0,68	-272,89	412,89
K2SO4	0	1	0,00	-867,89	-182,11
		2	0,28	-527,89	157,89
		3	0,52	-452,89	232,89
		4	0,79	-387,89	297,89
	1	0	0,00	182,11	867,89
		2	0,05	-2,89	682,89
		3	0,02	72,11	757,89
		4	0,01	137,11	822,89
	2	0	0,28	-157,89	527,89
		1	0,05	-682,89	2,89
		3	0,66	-267,89	417,89
		4	0,42	-202,89	482,89
	3	0	0,52	-232,89	452,89
		1	0,02	-757,89	-72,11
		2	0,66	-417,89	267,89
		4	0,70	-277,89	407,89
4	0	0,79	-297,89	387,89	
	1	0,01	-822,89	-137,11	
	2	0,42	-482,89	202,89	
	3	0,70	-407,89	277,89	
CaSO4	0	1	0,01	97,11	782,89
		2	0,70	-277,89	407,89
		3	0,22	-132,89	552,89
		4	0,01	122,11	807,89
	1	0	0,01	-782,89	-97,11
		2	0,03	-717,89	-32,11
		3	0,18	-572,89	112,89
		4	0,88	-317,89	367,89
	2	0	0,70	-407,89	277,89

		1	0,03	32,11	717,89
		3	0,40	-197,89	487,89
		4	0,02	57,11	742,89
	3	0	0,22	-552,89	132,89
		1	0,18	-112,89	572,89
		2	0,40	-487,89	197,89
		4	0,14	-87,89	597,89
	4	0	0,01	-807,89	-122,11
		1	0,88	-367,89	317,89
		2	0,02	-742,89	-57,11
		3	0,14	-597,89	87,89
CaCl2	0	1	0,70	-277,89	407,89
		2	0,00	352,11	1037,89
		3	0,00	417,11	1102,89
		4	0,09	-47,89	637,89
	1	0	0,70	-407,89	277,89
		2	0,00	287,11	972,89
		3	0,00	352,11	1037,89
		4	0,18	-112,89	572,89
	2	0	0,00	-1037,89	-352,11
		1	0,00	-972,89	-287,11
		3	0,70	-277,89	407,89
		4	0,02	-742,89	-57,11
	3	0	0,00	-1102,89	-417,11
		1	0,00	-1037,89	-352,11
		2	0,70	-407,89	277,89
		4	0,01	-807,89	-122,11
	4	0	0,09	-637,89	47,89
		1	0,18	-572,89	112,89
		2	0,02	57,11	742,89
		3	0,01	122,11	807,89
MgSO4	0	1	0,00	252,11	937,89
		2	0,00	497,11	1182,89
		3	0,00	417,11	1102,89
		4	0,27	-152,89	532,89
	1	0	0,00	-937,89	-252,11
		2	0,16	-97,89	587,89
		3	0,34	-177,89	507,89
		4	0,02	-747,89	-62,11
	2	0	0,00	-1182,89	-497,11
		1	0,16	-587,89	97,89
		3	0,64	-422,89	262,89
		4	0,00	-992,89	-307,11
	3	0	0,00	-1102,89	-417,11
		1	0,34	-507,89	177,89

		2	0,64	-262,89	422,89	
		4	0,00	-912,89	-227,11	
		4	0	0,27	-532,89	152,89
		1	0,02	62,11	747,89	
		2	0,00	307,11	992,89	
		3	0,00	227,11	912,89	
	MgCl2	0	1	0,01	137,11	822,89
			2	0,10	-627,89	57,89
			3	0,04	12,11	697,89
			4	0,38	-492,89	192,89
		1	0	0,01	-822,89	-137,11
			2	0,00	-1107,89	-422,11
			3	0,47	-467,89	217,89
			4	0,00	-972,89	-287,11
		2	0	0,10	-57,89	627,89
			1	0,00	422,11	1107,89
			3	0,00	297,11	982,89
			4	0,43	-207,89	477,89
		3	0	0,04	-697,89	-12,11
			1	0,47	-217,89	467,89
			2	0,00	-982,89	-297,11
			4	0,00	-847,89	-162,11
		4	0	0,38	-192,89	492,89
			1	0,00	287,11	972,89
			2	0,43	-477,89	207,89
			3	0,00	162,11	847,89

- **Corrélation de Pearson : Annexe3**

- **NaNO3**

**Corrélations entre la croissance et les concentrations**

		concentration	CM1	CM2	CM3
concentration	Corrélation de Pearson	1,00	0,02	0,604**	0,24
	Sig. (bilatérale)		0,93	0,00	0,26
	N	25,00	25,00	25,00	25,00

- **Corrélation entre le NCP, NCV et la concentration**

		Concentration	NCP (UFC/ml)	NCV (UFC/ml)
Concentration	Corrélation de Pearson	1,00	,636*	0,63
	Sig. (bilatérale)		0,05	0,05

NCP (UFC/ml)	N	10,00	10,00	10,00
	Corrélation de Pearson	,636*	1,00	,936**
	Sig. (bilatérale)	0,05		0,00
	N	10,00	10,00	10,00
NCV (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	0,63	,936**	1,00
	Sig. (bilatérale)	0,05	0,00	
	N	10,00	10,00	10,00

○ **NH4CL**

		concentration	CM1	CM2	CM3
concentration	Corrélation de Pearson	1	-,554**	-,623**	-,769**
	Sig. (bilatérale)		,004	,001	,000
	N	25	25	25	25

		Concentration	NCP (UFC/ml)	NCV (UFC/ml)
Concentration	Corrélation de Pearson	1,00	-,915**	0,52
	Sig. (bilatérale)		0,00	0,12
	N	10,00	10,00	10,00
NCP (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	-,915**	1,00	-0,39
	Sig. (bilatérale)	0,00		0,27
	N	10,00	10,00	10,00
NCV (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	0,52	-0,39	1,00
	Sig. (bilatérale)	0,12	0,27	
	N	10,00	10,00	10,00

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).



○ **NH4NO3**

		concentration	CM1	CM2	CM3
concentration	Corrélation de Pearson	1,00	,832**	,894**	0,32
	Sig. (bilatérale)		0,00	0,00	0,12
	N	25,00	25,00	25,00	25,00

		Concentration	NCP (UFC/ml)	NCV (UFC/ml)
Concentration	Corrélation de Pearson	1,00	,808**	,709*
	Sig. (bilatérale)		0,00	0,02
	N	10,00	10,00	10,00
NCP (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	,808**	1,00	,918**
	Sig. (bilatérale)	0,00		0,00
	N	10,00	10,00	10,00
NCV (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	,709*	,918**	1,00
	Sig. (bilatérale)	0,02	0,00	
	N	10,00	10,00	10,00

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

\* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

- **KCl**

**Corrélations**

		concentration	CM1	CM2	CM3
concentration	Corrélation de Pearson	1,00	,562**	0,03	. <sup>b</sup>
	Sig. (bilatérale)		0,00	0,89	
	N	25,00	25,00	25,00	25,00

**Corrélations**

		Concentration	NCP (UFC/ml)	NCV (UFC/ml)
Concentration	Corrélation de Pearson	1,00	0,41	0,62
	Sig. (bilatérale)		0,24	0,06
	N	10,00	10,00	10,00
NCP (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	0,41	1,00	0,53
	Sig. (bilatérale)	0,24		0,12
	N	10,00	10,00	10,00
NCV (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	0,62	0,53	1,00
	Sig. (bilatérale)	0,06	0,12	
	N	10,00	10,00	10,00

- **K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

**Corrélations**

		concentration	CM1	CM2	CM3
concentration	Corrélation de Pearson	1,00	-0,17	0,09	0,23
	Sig. (bilatérale)		0,42	0,66	0,27
	N	25,00	25,00	25,00	25,00

### Corrélations

		Concentration	NCP (UFC/ml)	NCV (UFC/ml)
Concentration	Corrélation de Pearson	1,00	0,07	-0,17
	Sig. (bilatérale)		0,85	0,65
	N	10,00	10,00	10,00
NCP (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	0,07	1,00	0,37
	Sig. (bilatérale)	0,85		0,29
	N	10,00	10,00	10,00
NCV (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	-0,17	0,37	1,00
	Sig. (bilatérale)	0,65	0,29	
	N	10,00	10,00	10,00

### • CaSO4

### Corrélations

		concentration	CM1	CM2	CM3
concentration	Corrélation de Pearson	1,00	,542**	,676**	-,540**
	Sig. (bilatérale)		0,01	0,00	0,01
	N	25,00	25,00	25,00	25,00

		Concentration	NCP (UFC/ml)	NCV (UFC/ml)
Concentration	Corrélation de Pearson	1,00	-0,56	-0,47
	Sig. (bilatérale)		0,09	0,17
	N	10,00	10,00	10,00
NCP (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	-0,56	1,00	,826**
	Sig. (bilatérale)	0,09		0,00
	N	10,00	10,00	10,00
NCV (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	-0,47	,826**	1,00
	Sig. (bilatérale)	0,17	0,00	
	N	10,00	10,00	10,00

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

- **CaCl2**

		concentration	CM1	CM2	CM3
concentration	Corrélation de Pearson	1,00	0,39	,512**	0,35
	Sig. (bilatérale)		0,05	0,01	0,08
	N	25,00	25,00	25,00	25,00

		Concentration	NCP (UFC/ml)	NCV (UFC/ml)
Concentration	Corrélation de Pearson	1,00	-0,58	-0,50
	Sig. (bilatérale)		0,08	0,14
	N	10,00	10,00	10,00
NCP (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	-0,58	1,00	,796**
	Sig. (bilatérale)	0,08		0,01
	N	10,00	10,00	10,00
NCV (UFC/ml)	Corrélation de Pearson	-0,50	,796**	1,00
	Sig. (bilatérale)	0,14	0,01	
	N	10,00	10,00	10,00

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

# Introduction générale

# Synthèse bibliographique

# Matériels et méthodes

# Résultats



# Discussion générale

# Conclusion

# Références

# Annexes