

EFFET DES MICROORGANISMES ISOLÉS À PARTIR DES BIOTOPES MAROCAINS SUR LES PHYTOPATHOGENES : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

ZAHIR Ilham^{1*}, BABOUCHE Meryem¹, BOULANOUR Hajar¹ et EL LOUYTI Mustapha¹

1. Université Sultan Moulay Slimane, Faculté Polydisciplinaire Béni Mellal. Département de Biologie. Laboratoire Polyvalent en Recherche et Développement. Mghila, Béni Mellal, 23030, Maroc

Reçu le 07/10/2018, Révisé le 24/11/2018, Accepté le 26/11/2018

Résumé

L'agriculture contribue principalement en grande portion dans l'économie marocaine, soit 50% de la population vivant de ce secteur. Néanmoins, ce domaine est menacé par les phytopathogènes qui attaquent les plantes cultivées menant ainsi à leur altération et à des grandes pertes économiques. A l'heure actuelle, le contrôle chimique reste la principale mesure pour le traitement des plantes infectées par l'utilisation des pesticides. Cependant, cette méthode conventionnelle est polluante à l'environnement et présente un effet néfaste sur la santé humaine ainsi que les agents pathogènes développent des mécanismes de résistances vis-à-vis les pesticides chimiques utilisés d'une manière irrationnelle et répétée. Devant cette situation, la recherche d'autres alternatives non nuisibles et capables d'éliminer les phytopathogènes est devenue une nécessité parmi lesquelles figurent la lutte biologique par l'usage des microorganismes, considérés comme une source très intéressante des principes actifs à effet antimicrobien. Ainsi la présente revue bibliographique est réalisée en citant 23 microorganismes isolés à partir des biotopes marocains et inhibant la croissance des phytopathogènes grâce à l'analyse des publications scientifiques menées entre 2007 et 2018.

En définitif, plusieurs microorganismes tels que *Bacillus subtilis* méritent d'être appliqués sur le terrain pour évaluer leur utilisation éventuelle en tant que bio-pesticides.

Mots clés: Control biologique ; phytopathogènes ; activité antimicrobienne ; microorganismes ; niches écologiques marocaines.

EFFECT OF MICROORGANISMS ISOLATED FROM MOROCCAN BIOTOPES AGAINST PHYTOPATHOGENS. A REVIEW

Abstract

Agriculture contributes mainly to the Moroccan economy, with 50% of the population living in this sector. Nevertheless, this area is threatened by phytopathogens that attack cultivated plants leading to their alteration and great economic losses. At present, chemical control remains the main measure for the treatment of plants infected by the use of pesticides. However, this conventional method is polluting the environment and has a detrimental effect on human health as well as phytopathogens develop resistance mechanisms vis-à-vis the chemical pesticides used irrationally and repeatedly. In view of this situation, the search for other non-harmful alternatives capable of eliminating phytopathogens has become a necessity among which biological control by the use of microorganisms, considered as a very interesting source of antimicrobial active substances. Thus, the present review is carried out by citing 23 microorganisms isolated from Moroccan biotopes and inhibiting the growth of phytopathogens through the analysis of scientific publications carried out between 2007 and 2018. Thus, several microorganisms such as *Bacillus subtilis* deserve to be applied in the field to evaluate their potential use as bio-pesticides.

Keywords: Biological control; phytopathogens; antimicrobial activity ; microorganisms; Moroccan ecological niches

* Auteur correspondant: ZAHIR Ilham, E-mail: ilham_biologie@hotmail.fr.

INTRODUCTION

L'agriculture au Maroc est un secteur économique important du pays [1]. Il contribue à hauteur de 14 à 15% du Produit intérieur brut national [2]. Cependant, face aux grands efforts déployés par le Maroc afin de faire prospérer l'agriculture, celle-ci souffre, entre autres, d'une grande problématique à savoir l'attaque des champs cultivés par les phytopathogènes. En effet, il s'agit, généralement, des organismes vivants ou molécules susceptibles d'infecter les végétaux et d'y déclencher des maladies. Les pertes économiques sont énormes dues à ces phytopathologies qui réduisent de 12 à 14% la production agricole mondiale [3, 4]. A l'échelle nationale, ces maladies présentent également un problème majeur qui cause de sérieux dégâts dans la culture des plantes économiquement importantes [4]. Incontestablement, en 2006, le feu bactérien causé par *Erwinia amylovora* a été observé pour la première fois dans la culture des poires dans la région d'Ain Orma de Meknès [4, 5]. Dès lors, la maladie a progressé dans la région précitée affectant une superficie totale d'environ 4000 ha en provoquant ainsi de lourdes pertes économiques et menaçant la production nationale des plantes résineuses [5]. Un autre exemple à citer est celui de la région Sous-Massa-Daraa, dans laquelle toutes les zones de production de tomates ont été contaminées par *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. Ce pathogène, lié au chancre bactérien, est devenu, par la suite, la principale cause des tomates prématurées [5].

Du plus, il existe d'autres bactéries phytopathogènes nommées les phytoplasmes. Ce sont des parasites obligatoires se multipliant dans le phloème des plantes et dans les organes de leurs insectes vecteurs, principalement des cicadelles [5, 6]. Au niveau mondial, ces microorganismes sont responsables de plus de 300 maladies des végétaux [7] incluant, entre autres, virescence de l'hortensia au Japon induite par *Candidatus Phytoplasma japonicum* et jaunisse létale du cerisier en Chine causée par *Candidatus Phytoplasma ulmi* subsp. *chinensis* [8].

A côté les bactéries, les champignons représentent les agents pathogènes qui affectent le plus les plantes à feuillage ornemental en leur causant des sérieuses maladies [9]. Effectivement, 10 à 30% des pertes économiques annuelles dans l'agriculture mondiale, avant et après la récolte, sont dues aux champignons [10, 11]. Entre autres, *Penicillium digitatum*, agent de la pourriture verte d'agrumes [12] et *Mycosphaella fijiensis*, responsable de la maladie des raies noires du bananier [13].

Par ailleurs, il existe également des virus qui attaquent les végétaux [14]. A titre d'exemple de ces phytovirus, on cite, le virus Y de la pomme de terre (PVY) qui provoque diverses anomalies de coloration se traduisant par la présence sur les jeunes feuilles de marbrures d'abord discrètes, évoluant progressivement en mosaïque verte [15].

Le tableau ci-dessous présente d'autres exemples des différents phytopathogènes préalablement discutés:

Tableau 1 : Exemples des différents phytopathogènes

Phytopathogènes	Type	Phytopathologie	Références
<i>Bacillus subtilis</i>	Bactérie	Pourriture molle de la mangue	[16]
<i>Eruinia chrysanthemi</i>	Bactérie	Pourriture molle et jambe noire	[17]
<i>Mycobacterium sp</i>	Bactérie	Maladie bactérienne de luzerne	[18]
<i>Pseudomonas savastanoi</i>	Bactérie	Tuberculose des arbres d'olives	[19]
Virus de la maladie bronzée de la tomate (TSWV)	Virus	Tâches nécrotiques sur les tiges et pétioles et une décoloration des feuilles de tomates	[15]
Virus X de la pomme de terre (PVX)	Virus	Mosaïque de la pomme de terre	[14]
Virus de la nécrose du tabac	Virus	Nécrose du tabac	[20]
Virus de la veine jaune nécrotique de la betterave	Virus	Rhizomanie	[21]
<i>Candidatus Phytoplasma cynodontis</i>	Phytoplasme	Jaunissement et retard de croissance de blé	[22]
<i>Candidatus Phytoplasma oryzae</i>	Phytoplasme	Nanisme jaune du riz	[23]
<i>Candidatus Phytoplasma pruni</i>	Phytoplasme	Balai de sorcière de la pomme de terre	[23]
<i>Candidatus Phytoplasma zizphi</i>	Phytoplasme	Balai de sorcière du jujubier	[23]
<i>Alternaria alternate</i>	Champignon	Pourriture noire	[24]

Phytopathogènes	Type	Phytopathologie	Références
<i>Botrytis cinerea</i>	Champignon	Pourriture grise de la vigne et de la tomate	[25]
<i>Chondrosterum purpureum</i>	Champignon	Agent de plomb des arbres fruitiers	[25]
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Champignon	Anthraxnose du poivre de Cayenne	[26]
<i>Colletotrichum orbiculare</i>	Champignon	Anthraxnose de concombre	[26]
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Ciceris</i>	Champignon	Maladie de flétrissement du pois chiche	[26]
<i>Fusarium solani</i>	Champignon	Fusariose des fruits	[27]
<i>Geotrichum candidum</i> .	Champignon	Pourriture amère de l'agrumes après la récolte	[28]
<i>Gleospodium limeticola</i> .	Champignon	Anthraxnose de citron vert.	[24]
<i>Guignardia citricarpa</i> .	Champignon	Points noirs d'agrumes	[24]
<i>Penicillium expansum</i> .	Champignon	Pourriture bleue dans les pommes entreposées	[29]
<i>Penicillium italicum</i>	Champignon	Pourriture bleue d'agrumes	[30]
<i>Phytophthora fragariae</i> var. <i>rubi</i>	Champignon	Pourriture des racines de framboisier	[31]
<i>Rhizoctonia solani</i>	Champignon	Fonte de semis	[25]
<i>Sclerotium rolfsii</i> .	Champignon	Feu du sud de la tomate	[26]
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .	Champignon	Flétrissement et pourriture chez le pois chiche	[32]
<i>Sphaerotheca macularis</i>	Champignon	Oïdium des fraisiers	[33]
<i>Thielaviopsis basicola</i> .	Champignon	Pourriture noire des racines du tabac	[26]

Pour faire face à ces dégâts, plusieurs moyens de lutte sont employés dont la lutte chimique par les pesticides. Néanmoins, cette méthode a un impact négatif sur la santé humaine et l'environnement. Effectivement, l'organisation mondiale de la santé a estimé qu'il y a chaque année dans le monde un million de graves empoisonnements par les pesticides. Chez l'enfant, par exemple, certains cancers comme les tumeurs cérébrales, leucémies et les néphroblastomes sont plus fréquemment associés à une exposition chronique aux pesticides [1]. Quand à l'échelle environnementale, les pesticides ont été mis en évidence dans tous les milieux tels que les eaux des rivières, les nappes phréatiques, l'air et les sols [34]. Ainsi, ces molécules peuvent perturber l'équilibre des écosystèmes dans les zones d'application [5, 34]. Indubitablement, il a été mis en évidence que les propriétés phytotoxiques des pesticides peuvent entraîner la destruction du phytoplancton et briser la chaîne trophique dans des écosystèmes aquatiques [34].

Un autre problème qui s'ajoute est celui du développement de pathogènes résistants à un ou plusieurs pesticides chimiques dû à la pression de sélection provoquée par les applications continues ou répétées de pesticides [1, 5]. Du ce fait, le monde s'est mobilisée pour chercher d'autres alternatives pour la protection des cultures qui sont non nuisibles à la santé, respectueuses à l'environnement et qui peuvent limiter les apports des pesticides [5, 35].

Parmi ces techniques, figurent la lutte biologique par l'emploi d'antagonistes bactériens et fongiques efficaces [21]. Effectivement, ces micro-organismes contrôlent généralement leurs agents pathogènes cibles par différents mécanismes, y compris l'antibiose, le mycoparasitisme, la compétition pour l'espace et les nutriments, la production des enzymes lytiques ainsi que des métabolites secondaires, l'induction des systèmes de résistance des plantes et l'inactivation des enzymes des agents pathogènes [4, 21, 36]. Ainsi, les effets inhibiteurs des microorganismes vis-à-vis les phytopathogènes sont du plus en plus explorées [19, 21, 36, 37]. Prenant par exemple le cas de certaines espèces appartenant au genre *Trichoderma* spp à savoir *Trichoderma harzianum*, *T. atroviride*, *T. virens* et *T. asperellum* [36]. Ces champignons ont été largement appelés pour leur effet antagoniste contre un large spectre de pathogènes aussi bien telluriques que foliaires à savoir : *Pythium ultimum*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahlia*, *Rhizoctonia solani* et *Chondrosterum purpureum* [4, 21, 25, 36].

Par ailleurs, les bactéries sont également employées dans le bio control. Parmi ces bactéries, les souches de *Bacillus subtilis* sont les plus étudiées [4].

Leur effet inhibiteur a été démontré contre *Erwinia amylovora* [19, 37], *Ralstonia solanacearum* [38], *Agrobacterium tumefaciens*, *Streptomyces scabies*,

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis*, *Xanthomonas campestris* pv *vesicatoria*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani* [39] et *Colletotrichum gloeosporioides* [40].

Les levures ont montré aussi leur efficacité contre différentes maladies des végétaux, notant par exemple, le cas de *Aureobasidium pullulans* qui montre une activité antagoniste contre plusieurs phytopathogènes à savoir *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum acutatum*, *Penicillium expansum*, *P. digitatum*, *P. italicum*, *Pectobacterium carotovorum* et *Phytophthora infestans* [19, 41].

C'est dans ce cadre que s'inscrit la suite de la présente revue qui vise à mettre le point sur la valorisation des microorganismes isolés à partir des biotopes marocains en analysant la littérature du 2007 à 2018 d'un ensemble de publications de recherches effectuées à l'échelle nationale ciblant l'étude de l'effet des antagonistes microbiens sur les phytopathogènes.

Le choix de la thématique n'était pas aléatoire pour maintes raisons : premièrement, le Maroc n'est pas épargnée de la problématique discutée ; deuxièmement, il s'agit d'un pays très riche en niches écologiques et il est caractérisé par une vaste biodiversité à explorer; finalement, évaluer les progrès réalisés par les laboratoires de recherche marocains dans le domaine de lutte biologique considéré comme un choix judicieux pour protéger à la fois l'environnement, la santé et l'économie.

Les bases de données pour effectuer la recherche bibliographique sont ScienceDirect, Pubmed, Scopus, Google Scholars.

EFFET DES MICROORGANISMES ISOLÉS À PARTIR DES BIOTOPES MAROCAINS SUR LES PHYTOPATHOGÈNES

Vu sa localisation biogéographique [42], le Maroc est très riche en niches écologiques à savoir les écosystèmes terrestres, les écosystèmes marins et côtiers ainsi que les écosystèmes des eaux continentales [43]. L'ensemble de ces biotopes marocains sont caractérisés par une vaste biodiversité et, par conséquent, constituent un réservoir de la faune, la flore et de microorganismes à exploiter [44].

En tenant en compte de la capacité exceptionnelle des microorganismes à inhiber les phytopathogènes comme il a été déjà mentionné, plusieurs investigations ont été menées, ainsi, pour rechercher des bio-pesticides à partir des niches écologiques marocaines.

Prenant par exemple l'étude effectuée par Barakate et Errakhi (2007), durant laquelle 195 bactéries actinomycètes ont été isolées à partir de la rhizosphère de la betterave à sucre et elles ont été criblées pour leur activité antagoniste vis-à-vis de *Sclerotium rolfsii*, agent prédominant de la fonte de semis et de la pourriture de la racine de la betterave à sucre au Maroc. Dix isolats ayant la plus grande capacité d'inhibition du pathogène ont été sélectionnés et testés par la suite pour leur capacité d'inhiber *in vitro* la germination des sclérotés et la croissance mycélienne de *Sclerotium rolfsii*. Les pourcentages d'inhibition les plus importants ont été obtenus avec les filtrats de la culture des isolats B-5, B-40, J2 et B-11 et ils étaient de l'ordre de 90% et de 80% respectivement pour la germination des sclérotés et la croissance mycélienne. Par ailleurs, ces quatre isolats ont fait l'objet de l'étude de leur rôle dans la lutte biologique contre la fonte de semis et la pourriture molle de la betterave à sucre dans les conditions du sol non stérile prélevé d'une région marocaine connue par son incidence élevée pour ces deux maladies. Ainsi, le traitement du sol infesté par le mélange de la biomasse et le filtrat de la culture des actinomycètes antagonistes sélectionnés réduit considérablement l'indice des maladies évoquées par rapport au témoin [45].

Le tableau suivant illustre des exemples recensés de partir l'analyse des résultats des études réalisées entre 2007 et 2018 concernant l'effet des microorganismes isolés à partir des biotopes marocains sur les phytopathogènes.

Tableau 2. Liste des microorganismes ayant une activité antimicrobienne isolés à partir des biotopes marocains

Exemple 1 : <i>Alcaligenes faecalis</i> [46]	
1	Fleur de coing (Maroc)
2	Tester l'activité sur support solide (test diffusion- agar)
3	Inhibe la croissance d' <i>Erwinia amylovora</i> (A.I : 13.7 mm)
4	ND
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i> , l'inoculation des feuilles de tabac, des poires, ainsi que des fleurs de pommier avec l'antagoniste à raison de 5×10^8 UFC/ml ne révèle pas des symptômes de pathogénicité vis-à-vis du tissu végétal testé. Des suspensions préparées d'antagoniste dans un tampon phosphate (20 mM) à raison de 5×10^8 UFC/ml et pulvérisées sur des fleurs de poires et de pommes ont la capacité de réduire l'incidence de la maladie provoquée par <i>Erwinia amylovora</i> à 90% après une semaine post inoculation. Le traitement des fruits de poires lésés par une suspension de l'antagoniste (10^8 UFC/ml) pendant 24 h puis inoculés par une suspension du pathogène (10^7 UFC/ml) montre que <i>Al. faecalis</i> inhibe complètement le suintement bactérien et la nécrose à la surface des poires après 15 j post inoculation. A l'échelle du champ, l'application de pathogène sur des fleurs d'arbres de pommes matures (cultivar 'Golden Parsi') préalablement pulvérisées par l'antagoniste montre que <i>A. faecalis</i> réduit l'incidence de la maladie à 100% après 15 jours post inoculation durant deux campagnes successives.
Exemple 2 : <i>Acinetobacter</i> 2077-7 [19]	
1	Arbre d'olive (My Driss Zarhoun)
2	Antibiose est testée sur support solide par la méthode des disques
3	Inhibe la croissance d' <i>Erwinia amylovora</i> (A.I : 24.8 mm)
4	ND
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i> , l'inoculation des feuilles de tabac avec l'antagoniste ne révèle pas des symptômes de pathogénicité vis-à-vis du tissu végétal testé.
Exemple 3 : <i>Aureobasidium pullulans</i> Ach2-1 [19]	
1	Arbre de pomme (Institut national de la recherche agronomique)
2	Antibiose est testée sur support solide par la méthode des disques
3	Inhibe la croissance d' <i>Erwinia amylovora</i> (A.I : 30.5 mm)
4	ND
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i> , l'inoculation des feuilles de tabac avec l'antagoniste ne révèle pas des symptômes de pathogénicité vis-à-vis du tissu végétal testé.
Exemple 4 : <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> C1 [47]	
1	Rhizosphère de la pomme de terre (Marrakech)
2	Co-culture côte à côte sur le milieu PDA.
3	ND
4	Inhibition de 23% de la croissance mycélienne du <i>F. osysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i>
5	ND
6	ND
7	<i>In vitro</i> , <i>B. amyloliquefaciens</i> C1 réduit significativement la sporulation à $4,57 \times 10^5$ conidies/cm ² de <i>Foa</i> par rapport au control négatif ($55,11 \times 10^5$) après 10j d'incubation au milieu PDA. Dans la zone d'inhibition, une coagulation du cytoplasme de <i>Foa</i> est détectée au microscope optique à l'aide d'un hémacytomètre.
Exemple 5 : <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> Ag [48]	
1	Rhizosphère de l'amandier
2	Co-culture côte à côte sur le milieu PDA.
3	ND
4	L'antagoniste inhibe significativement la croissance (70%) et de la conidiogénèse du <i>Foa</i> . Il agit en engendrant des altérations morphologiques au niveau du mycélium du <i>Foa</i> .
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i> , le traitement des racines du palmier dattier par l'antagoniste a montré que la taille de la zone du brunissement développée au niveau du site d'inoculation du <i>Foa</i> , a été réduite.

Exemple 6 : <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> CP2 [46]	
1	Fleur de coing (Maroc)
2	Tester l'activité sur support solide (test diffusion- agar)
3	Inhibe la croissance d' <i>Erwinia amylovora</i> (A.I : 16 mm)
4	ND
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i>, l'inoculation des feuilles de tabac, des poires, ainsi que des fleurs de pommier avec l'antagoniste à raison de 5×10^8 UFC/ml ne révèle pas des symptômes de pathogénicité vis-à-vis du tissu végétal testé. Des suspensions préparées d'antagoniste dans un tampon phosphate (20 mM) à raison de 5×10^8 UFC/ml et pulvérisées sur des fleurs de poires et de pommes ont la capacité de réduire l'incidence de la maladie provoquée par <i>Erwinia amylovora</i> à 90% après une semaine post inoculation. Le traitement des fruits de poires lésés par une suspension de l'antagoniste (10^8 UFC/ml) pendant 24 h puis inoculés par une suspension du pathogène (10^7 UFC/ml) montre que <i>B. amyloliquefaciens</i> réduit significativement l'incidence de feu bactérien à 90% après 15 j post inoculation. A l'échelle du champ, l'application de pathogène sur des fleurs d'arbres de pommes matures (cultivar 'Golden Parsi') préalablement pulvérisées par l'antagoniste montre que <i>B. amyloliquefaciens</i> réduit l'incidence de la maladie à 99,9% après 15 jours post inoculation durant deux campagnes successives
Exemple 7 : <i>Bacillus mojavensis</i> SF16 [46]	
1	Sols (Forêt de la région d'Ifran ; ferme expérimentale de ENA Meknès ; champ irrigué par les rejets de l'aire industrielle de Sidi Sliman Moul El Kifane)
2	Tester l'activité sur support solide (test diffusion- agar)
3	Inhibe la croissance d' <i>Erwinia amylovora</i> (A.I : 18.3 mm)
4	ND
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i>, l'inoculation des feuilles de tabac, des poires, ainsi que des fleurs de pommier avec l'antagoniste à raison de 5×10^8 UFC/ml ne révèle pas des symptômes de pathogénicité vis-à-vis du tissu végétal testé. Des suspensions préparées d'antagoniste dans un tampon phosphate (20 mM) à raison de 5×10^8 UFC/ml et pulvérisées sur des fleurs de poires et de pommes ont la capacité de réduire l'incidence de la maladie provoquée par <i>Erwinia amylovora</i> à 90% après une semaine post inoculation. Le traitement des fruits de poires lésés par une suspension de l'antagoniste (10^8 UFC/ml) pendant 24 h puis inoculés par une suspension du pathogène (10^7 UFC/ml) montre que <i>B. mojavensis</i> réduit l'incidence de la maladie à 80% après 15 jours post inoculation. A l'échelle du champ, l'application de pathogène sur des fleurs d'arbres de pommes matures (cultivar 'Golden Smoothee') préalablement pulvérisées par l'antagoniste montre que <i>B. mojavensis</i> réduit l'incidence de feu bactérien du 94,1% à 100% après 15 jours post inoculation durant deux campagnes successives 2015 et 2016, respectivement.
Exemple 8 : <i>Bacillus pumilus</i> W1 [47]	
1	Rhizosphère de la pomme de terre (Marrakech)
2	Co-culture côte à côte sur le milieu PDA
3	ND
4	Inhibition de 75% de la croissance mycélienne du <i>F. osysporum</i> f. sp. <i>Albedinis</i>
5	ND
6	ND
7	<i>In vitro</i>, <i>B. pumilus</i> W1 réduit la sporulation à $7,48 \times 10^5$ conidies/cm² de <i>Foa</i> par rapport au control négatif ($55,11 \times 10^5$) après 10j d'incubation au milieu PDA. Dans la zone d'inhibition, une coagulation du cytoplasme de <i>Foa</i> est décelée au microscope optique à l'aide d'un hémacytomètre. <i>In vivo</i>, l'inoculation de racines de palmier dattier avec 10 µL de l'antagoniste à raison du 10^8 UFC/ml induit les réactions de défenses sans causer la mortalité des racines ou des semis.
Exemple 9 : <i>Bacillus</i> sp 2026-2 [19]	
	Compost (Institut national de la recherche agronomique)
	Antibiose est testée sur support solide par la méthode des disques
	Inhibe la croissance de <i>Erwinia amylovora</i> (A.I : 21 mm)
	ND
	ND
	ND
	<i>In vivo</i> , l'inoculation des feuilles de tabac avec l'antagoniste ne révèle pas des symptômes de pathogénicité vis-à-vis du tissu végétal testé.

Exemple 10 : <i>Bacillus subtilis</i> B1 [47]	
1	Rhizosphère de la pomme de terre (Marrakech)
2	Co-culture côte à côte sur le milieu PDA.
3	ND
4	Inhibition de 15% de la croissance mycélienne du <i>F. osyosporum</i> f. sp. <i>albedinis</i>
5	ND
6	ND
7	<i>In vitro</i> , <i>B. subtilis</i> B1 réduit significativement la sporulation à $2,38 \times 10^5$ conidies/cm ² de <i>Foa</i> par rapport au control négatif ($55,11 \times 10^5$) après 10 j d'incubation au milieu PDA. Dans la zone d'inhibition, une coagulation du cytoplasme de <i>Foa</i> est observée au microscope optique à l'aide d'un hémacytomètre. <i>In vivo</i> , l'inoculation de racines de palmier dattier avec 10 µL de l'antagoniste à raison du 10 ⁸ UFC/ml induit les réactions de défenses sans causer la mortalité des racines ou des semis.
Exemple 11 : <i>Brevibacterium halotolerans</i> SF 3 [46]	
1	Sols (Forêt de la région d'Ifran ; ferme expérimentale de ENA Meknès ; champ irrigué par les rejets de l'aire industrielle de Sidi Sliman Moul El Kifanes)
2	Tester l'activité sur support solide (test diffusion- agar)
3	Inhibe la croissance d' <i>Erwinia amylovora</i> (A.I : 16,3 mm)
4	ND
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i> , l'inoculation des feuilles de tabac, des poires, ainsi que des fleurs de pommier avec l'antagoniste à raison du 5×10^8 UFC/ml ne révèle pas des symptômes de pathogénicité vis-à-vis du tissu végétal testé. Des suspensions préparées d'antagoniste dans un tampon phosphate (20 mM) à raison de 5×10^8 UFC/ml et pulvérisées sur des fleurs de poires et de pommes ont la capacité de réduire l'incidence de la maladie provoquée par <i>Erwinia amylovora</i> à 87% après une semaine post inoculation. Le traitement des fruits de poires lésés par une suspension de l'antagoniste (10^8 UFC/ml) pendant 24 h puis inoculés par une suspension du pathogène (10^7 UFC/ml) montre que <i>Brevibacterium halotolerans</i> réduit l'incidence de la maladie à 57.9% après 15 jours post inoculation. A l'échelle du champ, l'application de pathogène sur des fleurs d'arbres de pommes matures (cultivars 'Gala', 'Golden Parsi' et 'Golden Smoothee') préalablement pulvérisées par l'antagoniste montre que <i>Brevibacterium halotolerans</i> réduit l'incidence de feu bactérien du 98% à 100% après 15 jours post inoculation durant deux campagnes successives 2015 et 2016, respectivement.
Exemple 12 : <i>Burkholderia cepacia</i> Cs5 [48]	
1	Rhizosphère de l'amandier
2	Co-culture côte à côte sur le milieu PDA.
3	ND
4	L'antagoniste inhibe significativement la croissance (70%) et de la conidiogénèse du <i>Foa</i> . Il agit en engendrant des altérations morphologiques au niveau du mycélium du <i>Foa</i> .
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i> , le traitement des racines du palmier dattier par l'antagoniste a montré que la taille de la zone du brunissement développée au niveau du site d'inoculation du <i>Foa</i> , a été réduite.
Exemple 13 : <i>Pantoea agglomerans</i> ACBC2 [46]	
1	Fleurs de coing (Maroc)
2	Tester l'activité sur support solide (test diffusion- agar)
3	Inhibe la croissance de <i>Erwinia amylovora</i> (A.I : 10 mm)
4	ND
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i> , l'inoculation des feuilles de tabac, des poires, ainsi que des fleurs de pommier avec l'antagoniste à raison du 5×10^8 UFC/ml ne révèle pas des symptômes de pathogénicité vis-à-vis du tissu végétal testé. Des suspensions préparées d'antagoniste dans un tampon phosphate (20 mM) à raison de 5×10^8 UFC/ml et pulvérisées sur des fleurs de poires et de pommes ont la capacité de réduire l'incidence de la maladie provoquée par <i>Erwinia amylovora</i> à 90% après une semaine post inoculation. Le traitement des fruits de poires lésés par une suspension de l'antagoniste (10^8 UFC/ml) pendant 24 h puis inoculés par une suspension du pathogène (10^7 UFC/ml) montre que <i>Pantoea agglomerans</i> inhibe complètement le suintement bactérien et la nécrose à la surface des poires après 15 j post inoculation. A l'échelle du champ, l'application de pathogène sur des fleurs d'arbres de pommes matures (cultivar 'Golden Parsi') préalablement pulvérisées par l'antagoniste montre que <i>Pantoea. agglomerans</i> réduit totalement

	l'incidence de feu bactérien après 15 jours post inoculation durant deux compagnes successives.
Exemple 14 : <i>Pichia guilliermondii</i> Z1 [49]	
1	Oranges saines de Valencia (Elgharb Chrarda Beni Hssen)
2	La méthode n'a pas été indiquée
3	ND
4	Inhibe la croissance de <i>Penicillium italicum</i>
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i> , le traitement des fruits d'agrumes lésés par 50 µl de la souche Z1 à une concentration de 10 ⁸ UFC/ml, puis infectés, après 24 heures d'inoculation, par 50 µl de <i>Penicillium italicum</i> à une concentration de 10 ⁵ spores/ml a réduit l'incidence de la maladie provoquée par le pathogène à 85% à différentes conditions environnementales à savoir la température (5, 10, 15, 20 et 25°C) et l'humidité relative (45%, 75%, 85%, 98%, et 100%), indiquant ainsi que l'activité antifongique de la levure antagoniste est indépendante de ces conditions.
Exemple 15 : <i>Pseudomonas aeruginosa</i> [50]	
1	Le sol d'un rejet d'une source chaude Moulay Yakoub (Fès)
2	Tester l'activité sur support solide et par la méthode des puits
3	Inhibe la croissance de : <i>Mycobacterium smegmatis</i> (A.I : 12 mm), <i>M. aurum</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. haemolyticus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>B. amyloliquefaciens</i> , <i>Escherichia coli</i> DH5a et <i>Erwinia chrysanthemi</i> .
4	ND
5	Extraction par l'acétate d'éthyle suivie par CCM et test d'élution
6	Pyocyanine
7	NAAF
Exemple 16 : <i>Pseudomonas moraviensis</i> SP9 [46]	
1	Sols (Forêt de la région d'Ifran ; ferme expérimentale de ENA Meknès ; champ irrigué par les rejets de l'aire industrielle de Sidi Sliman Moul El Kifane
2	Tester l'activité sur support solide (test diffusion- agar)
3	Inhibe la croissance d' <i>Erwinia amylovora</i> (A.I : 12,8 mm)
4	ND
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i> , l'inoculation des feuilles de tabac, des poires, ainsi que des fleurs de pommier avec l'antagoniste à raison du 5x10 ⁸ UFC/ml ne révèle pas des symptômes de pathogénicité vis-à-vis du tissu végétal testé. Des suspensions préparées d'antagoniste dans un tampon phosphate (20 mM) à raison de 5x10 ⁸ UFC/ml et pulvérisées sur des fleurs de poires et de pommes ont la capacité de réduire l'incidence de la maladie provoquée par <i>Erwinia amylovora</i> à 90% après une semaine post inoculation. Le traitement des fruits de poires lésés par une suspension de l'antagoniste (10 ⁸ UFC/ml) pendant 24 h puis inoculés par une suspension du pathogène (10 ⁷ UFC/ml) montre que <i>P. moraviensis</i> réduit significativement l'incidence de feu bactérien à 90% après 15 j post inoculation. A l'échelle du champ, l'application de pathogène sur des fleurs d'arbres de pommes matures (cultivar 'Golden Smoothee') préalablement pulvérisées par l'antagoniste montre que <i>P. moraviensis</i> réduit l'incidence de la maladie à 91,2% après 15 jours post inoculation durant la compagne 2015.
Exemple 17 : <i>Pseudomonas</i> sp. P1 [47]	
1	Rhizosphère de la pomme de terre (Marrakech)
2	Co-culture côte à côte sur le milieu PDA.
3	ND
4	Inhibition de 15% de la croissance mycélienne du <i>F. osysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i>
5	ND
6	ND
7	<i>In vitro</i> , <i>Pseudomonas</i> sp. P1 réduit la sporulation à 7,48x10 ⁵ conidies/cm ² de <i>Foa</i> par rapport au control négatif (55,11x10 ⁵) après 10j d'incubation au milieu PDA. Dans la zone d'inhibition, des altérations cytologiques de <i>Foa</i> sont observées au microscope optique à l'aide d'un hémacytomètre. <i>In vivo</i> , l'inoculation de racines de palmier dattier avec 10 µl de l'antagoniste à raison du 10 ⁸ UFC/ml induit les réactions de défenses sans causer la mortalité des racines ou des semis.
Exemple 18 : <i>Rahnella aquatilis</i> W2 [47]	
1	Rhizosphère de la pomme de terre (Marrakech)
2	Co-culture côte à côte sur le milieu PDA.

3	ND
4	Inhibition de 77% de la croissance mycélienne du <i>F. osysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> (Foa)
5	ND
6	ND
7	<i>In vitro</i> , <i>R. aquatilis</i> W2 réduit significativement la sporulation à $2,23 \times 10^5$ conidies/cm ² de <i>Foa</i> par rapport au control négatif ($55,11 \times 10^5$) après 10j d'incubation au milieu PDA. Dans la zone d'inhibition, une coagulation du cytoplasme de <i>Foa</i> est observée au microscope optique à l'aide d'un hémacytomètre. <i>In vivo</i> , l'inoculation de racines de palmier dattier avec 10 µl de l'antagoniste à raison du 10 ⁸ UFC/ml active les réactions de défense avec une accumulation des dérivés de l'acide hydroxycinnamique, connu par son rôle crucial dans la résistance de palmier contre <i>Foa</i> , 10j après l'injection. Cette application n'entraîne pas de mortalité des racines ou des semis après 2 mois d'incubation.
Exemple 19 : <i>Serratia nematodiphila</i> HC4 [46]	
1	Compost (Maroc)
2	Tester l'activité sur support solide (test diffusion- agar)
3	Inhibe la croissance d' <i>Erwinia amylovora</i> (A.I : 12,6 mm)
4	ND
5	ND
6	ND
7	<i>In vivo</i> , l'inoculation des feuilles de tabac, des poires, ainsi que des fleurs de pommier avec l'antagoniste à raison du 5×10^8 UFC/ml ne révèle pas des symptômes de pathogénicité vis-à-vis du tissu végétal testé. Des suspensions préparées d'antagoniste dans un tampon phosphate (20 mM) à raison de 5×10^7 UFC/ml et pulvérisées sur des fleurs de poires et de pommes ont la capacité de réduire totalement l'incidence de la maladie provoquée par <i>Erwinia amylovora</i> après une semaine post inoculation. Le traitement des fruits de poires lésés par une suspension de l'antagoniste (10 ⁸ UFC/ml) pendant 24 h puis inoculés par une suspension du pathogène (10 ⁷ UFC/ml) montre que <i>Serratia nematodiphila</i> inhibe complètement le suintement bactérien et la nécrose à la surface des poires après 15 j post inoculation. A l'échelle du champ, l'application de pathogène sur des fleurs d'arbres de pommes matures (cultivar 'Golden Smoothee') préalablement pulvérisées par l'antagoniste montre que <i>Serratia nematodiphila</i> réduit l'incidence de feu bactérien du 80.4% à 84,8% après 15 jours post inoculation durant deux campagnes successives 2015 et 2016, respectivement.
Exemple 20 : <i>Streptomyces barakatei</i> J2 [51]	
1	Rhizosphère d'un jardin de la palmeraie (Marrakech)
2	Tester de l'activité sur support solide par diffusion- agar avec la méthode des cylindres
3	Inhibition de la croissance de <i>Micrococcus luteus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>B. cereus</i> , <i>Streptomyces scabies</i>
4	Inhibe la germination des sclérotés et la croissance hyphale de <i>Sclerotium rolfsii</i> de 93% et 80%, respectivement. Il inhibe également la croissance de <i>Foa</i> , <i>Botrytis cineria</i> , <i>Phythium ultimum</i> , <i>Verticillium dahliae</i> , <i>Phaeomoniella chlamydospora</i> , <i>Phaeomoniella aleophilum</i> , <i>Etya lata</i> , <i>Fomitiporia mediterranea</i> et <i>Botryospheria obtusa</i> .
5	Extraction par l'acétate d'éthyle. L'extrait brut obtenu est suspendu dans le méthanol puis élué par HPLC en phase inverse. Les fractions obtenues sont testées contre <i>B. subtilis</i> et <i>Mucore ramanniamus</i> . Les pics les plus actifs sont caractérisés davantage par spectroscopie à résonance magnétique nucléaire
6	La dite souche produit 8 antibiotiques dont seulement 4 sont identifiés appartenant à la famille des cyclopeptides.
7	<i>Streptomyces barakatei</i> J2 inhibe 93% des sclérotés de <i>Sclerotium rolfsii</i> dans le sol. La pré-inoculation des pots en plastique remplis du sol avec les sclérotés de même phytopathogène puis l'ensemencement avec des graines de betterave à sucre traitées avec la souche J-2 à raison de 10 ⁸ spores/graines montrent que la souche en question a permis de réduire de plus de 60% de la maladie de fonte de semis causée par <i>Sclerotium rolfsii</i> . <i>Streptomyces barakatei</i> J2 permet également de réduire 66% de l'indice de la pourriture racinaire chez <i>Arabidopsis thaliana</i> dans des pots contenant un sol infesté avec des sclérotés de <i>Sclerotium rolfsii</i> et ajoutés de la souche J-2 à raison de 10 ⁸ UFC/g de sol puis plantés par des plants d' <i>Arabidopsis thaliana</i> . Le traitement des entre nœuds de vitro-plants de vigne (cépage sauvignon et cépage colombard) avec des spores de l'antagoniste puis inoculés après 5 semaine d'incubation par une suspension du <i>Eutypia lata</i> montre que la souche J-2 est capable de protéger la vigne contre le phytopathogène après 15 j post d'infection. Le traitement des racines de plantules d' <i>Arabidopsis thaliana</i> par la souche J-2 et par deux de ses composés actifs puis leur réensemencement sur le milieu de culture Gamgorg B5 gélosé déjà inondé par une suspension de spores de <i>Sclerotium rolfsii</i> (10 ⁵ UFC/ml) active l'expression des gènes liés à la défense des plantes à savoir : <i>PR1</i> (gène responsable de la synthèse des molécules antifongiques des plantes) et <i>PDF1.2a</i> (gène responsable de l'activation des voies éthylène et jasmonate, deux voies importantes de la défense des plantes).
Exemple 21 : <i>Trichoderma afro-harzanium</i> T3.2 [36]	

1	Sol sableux de la culture des fraises (Allal Tazi, Kénitra)
2	Méthode de confrontation sur boîtes de Pétrie
3	ND
4	Selon l'échelle antagoniste de Korsten, <i>Trichoderma guizhouense</i> inhibe entre 75% et 100% la croissance de <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Verticillium dahlia</i> et <i>Fusarium oxysporum</i>
5	ND
6	ND
7	L'étude <i>in vitro</i> de l'activité antagoniste est évaluée par le pourcentage d'inhibition de la croissance radiale du mycélium des trois champignons phytopathogènes après 14 j d'incubation. Les pourcentages PRIG% égalant à 99,1%, 93,6%, 89,7% sont observés pour la confrontation entre l'antagoniste et <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Verticillium dahlia</i> et <i>Fusarium oxysporum</i> , respectivement.
Exemple 22 : <i>Trichoderma guizhouense</i> T4,1 [36]	
1	Sol sableux de la culture des fraises (Allal Tazi, Kénitra)
2	Méthode de confrontation sur boîtes de Pétrie
3	ND
4	Selon l'échelle antagoniste de Korsten, <i>Trichoderma guizhouense</i> inhibe entre 75% et 100% la croissance de <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Verticillium dahlia</i> et <i>Fusarium oxysporum</i>
5	ND
6	ND
7	L'étude <i>in vitro</i> de l'activité antagoniste est évaluée par le pourcentage d'inhibition de la croissance radiale du mycélium des trois champignons phytopathogènes après 14 j d'incubation. Les pourcentages PRIG% égalant à 100%, 93,6%, 86,9% sont observés pour la confrontation entre l'antagoniste et <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Verticillium dahlia</i> et <i>Fusarium oxysporum</i> , respectivement.
Exemple 23 : <i>Trichoderma longibrachiatum</i> T9i12 [36]	
1	Sol sableux d' <i>Argania spinosa</i> (réserves naturelles d'arganier à Agadir)
2	Méthode de confrontation sur boîtes de Pétrie
3	ND
4	Selon l'échelle antagoniste de Korsten, <i>Trichoderma guizhouense</i> inhibe entre 75% et 100% la croissance de <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Verticillium dahlia</i> et <i>Fusarium oxysporum</i>
5	ND
6	ND
7	L'étude <i>in vitro</i> de l'activité antagoniste est évaluée par le pourcentage d'inhibition de la croissance radiale du mycélium des trois champignons phytopathogènes après 14 j d'incubation. Les pourcentages PRIG% égalant à 97,4%, 89,3%, 93,9% sont observés pour la confrontation entre l'antagoniste et <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Verticillium dahlia</i> et <i>Fusarium oxysporum</i> , respectivement.

1 : biotope et région d'isolement - *biotope and isolation region*; **2 :** méthode (s) utilisée (s) pour détecter l'activité antimicrobienne - *method (s) used to detect the antimicrobial activity*; **3 :** activité antibactérienne - *antibacterial activity*; **4 :** activité antifongique - *antifungal activity*; **5 :** type de purification utilisée pour purifier le (s) principe (s) actif (s) - *type of purification used to purify the active substance (s)*; **6 :** composés (s) actif (s) - *active compound (s)*; **7 :** application; **Al :** *Alcaligenes*; **A.I :** auréole d'inhibition - *halo of inhibition*; **B. :** *Bacillus*; **CCM :** chromatographie sur couche mince - *Thin layer chromatography*; **E. :** *Escherichia*; **F. :** *Fusarium*; **Foa :** *F. oxysporum* f. sp. *albedinis*; **j :** jour; **M. :** *Mycobacterium*; **NAAF :** non application a été faite - *no application has been made*; **ND :** non déterminé - *not determined*; **PDA :** Potato Dextrose Agar; **PRIG :** pourcentage d'inhibition de la croissance radiale du mycélium - *Pourcentage of Radial Inhibition Growth*; **R. :** *Rahnella*; **S. :** *Staphylococcus*; **UFC :** unité formant une colonie - *colony forming unit*.

CONCLUSION

Les maladies causées par les phytopathogènes ont des répercussions graves sur l'économie mondiale. A l'instar des autres pays, les pesticides chimiques polluant l'environnement restent la principale mesure pour traiter les cultures infectées au Maroc. Afin de pallier ce problème, des microorganismes peuvent être utilisés comme des agents de lutte biologique potentiels pour combattre les phytopathogènes. Ainsi, plusieurs

études marocaines ont mis l'accent sur leur activité antimicrobienne.

Effectivement, à travers notre synthèse bibliographique, nous avons pu recenser 23 microorganismes isolés à partir des biotopes marocains et capables d'inhiber la croissance des phytopathogènes. À cet égard, d'autres enquêtes sont nécessaires pour purifier les métabolites bioactifs responsables d'effets antimicrobiens de ces microorganismes et d'évaluer leur impact sur un large éventail de phytopathogènes sur le terrain, couplées à d'autres investigations ciblant l'évaluation des

coûts et la sécurité d'application des microorganismes trouvés pour la protection des cultures en tant que bio-pesticides.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Debbab M. (2014).** Contribution à l'étude de résidus d'une formulation de cyperméthrine dans certains légumes et leur effet sur l'activité antioxydant de ces denrées. Thèse de doctorat : Université Mohammed V, Faculté des Sciences Rabat, (Maroc). 140 p
- [2]. **PNUE : programme des nations unies pour l'environnement (2016).** Rapport d'agriculture et alimentation durables, 66p.
- [3]. **Fiala I. et Fèvre F. (1992).** Dictionnaire des agents pathogènes des plantes cultivées, Éditions Quae, 136 p.
- [4]. **Anouar L. (2012).** Isolement et identification des actinomycètes antagonistes des microorganismes phytopathogènes. Thèse de doctorat : Université Mentouri-Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, (Algérie). 218 p.
- [5]. **Zahir I. (2016).** Effect of Moroccan Plants against Phytopathogenic Microorganisms: A Review. *Br Biotechnol J*, 10(1): 1-36.
- [6]. **Olivier C, Galka B, Julien Saguez J, Vincent C, Lowery T, Stobbs L, Whybourne K, Lori Bittner L, Xiansheng C. (2011).** Les jaunisses à phytoplasmes dans les vignobles canadiens – Passés, présents et futurs projets de recherche. *Entomol. faun. – Faun. Entomol*, 63 (3) : 87-90.
- [7]. **Labroussaa F. (2010).** Interactions entre *Spiroplasma citri* et son insecte vecteur *Circulifer haematocaps* : La phosphoglycérate kinase de *S. citri* : une « actin-binding protein » impliquée dans la transmission du spiroplasma par la cicadelle. Thèse de doctorat : Université Bordeaux 2, (France), 141 p.
- [8]. **Cousin M.T. et Boudon-Padieu É. (2001).** Phytoplasmes et phytoplasmoses caractéristiques, symptômes et diagnostic. *Cah Agric*, 10: 361-76.
- [9]. **Meddah N., Ouazzani Touhami A., Benkirane R. et Douira A. (2006).** Caractérisation de la mycoflore pathogène d'*Hibiscus rosasinensis* L. et d'*Acalypha wilkesiana* J. Mueller de la ville de Kenitra (Maroc). A Review. *Bulletin de l'Institut scientifique*, 28 : 7-11.
- [10]. **Batsch D. (2011).** L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de doctorat : Université Henri Poincaré, Nancy 1, Faculté de pharmacie, (France). 164 p.
- [11]. **Javier F., Acero F., Carbu M. and Garrido C. (2014).** Inmaculada Vallejo et Jesus Manuel Cantoral, Proteomic Advances in *Phytopathogenic Fungi*, *Curr Proteomic*, 2, 79-88.
- [12]. **Fadel F., Ben Hmamou D., Salghi R., Ben Ali O., Zarrpok A., Ebenso E.E., Chakir A., Chebli A. and Hammouti B. (2013).** Antifungal activity and anti-corrosion inhibition of *Origanum compactum* extracts. *Int J Electrochem Sci.*, 8: 11019-11032.
- [13]. **Churchill AC. (2011).** *Mycosphaerella fijiensis*, the black leaf streak pathogen of banana: progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development, and the challenges of control. *Mol Plant Pathol*. 12(4):307-28.
- [14]. **Scholthof K.-B., Adkins S., Czosnek H. and Palukaitis P. (2011).** Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Mol Plant Pathol*, 12 (9): 938-954.
- [15]. **Hadjer ZT. (2013).** Contribution à l'étude des maladies bactériennes de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivée en serres dans l'Est Algérien, Thèse de doctorat : Université Constantine-1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, (Algérie), 66 p.
- [16]. **Patel MK, Kamat MN, Padhye YA. (1991).** *Bacillus subtilis* causing soft rot of mango. *Indian Phytopath*, 3(2): 153-154.
- [17]. **Pérombelon MCM. (2002).** Potato diseases caused by soft rot *erwinias*. An overview of pathogenesis. *Plant Pathol*, 51, 1-12.
- [18]. **Deljo A., Mousaviehzad M., Ghasemi A. and Rahimien H. (2010).** Identification of *Mycobacterium* sp. As an alfalfa root bacterial endophytes using 16s RNA gene sequence analysis. *Int J Pharm Bio Sci*, 1(2) : 1-7.
- [19]. **Ameur A., Rhallabi N., Epiphane Doussomo M., Benbouazza A., Ennaji M.M. and Achbani EH. (2017).** Selection and efficacy biocontrol agents *in vitro* against fire blight (*Erwinia amylovora*) of the rosacea. *Int. Res. J. Eng. Tech*, 4 (7) : 539- 545.
- [20]. **Murphy J.F., Zehnder G.W., Schuster D.J., Sikora E.J., Polston J.E. and Klepper J.W.(2000).** Plant growth - promoting rhizobacterial mediated protection in tomato against *Tomato mottle virus*. *Plant Dis.*, 84: 779-784.
- [21]. **Nouayti F, Madani I, Tahiri A, Blenzar A, Lahlali R. (2018).** Ability of Non-Pathogenic *Fusarium oxysporum* Strain Fo47 to Suppress Rhizomania Disease of Sugar Beets in Morocco, *Not Sci Biol*, 10 (1): 137-142.
- [22]. **Rao G.P., Prakasha T.L., Priya M., Thorat V., Kumar M., Baranwal V.K., Mishra AN. and Yadav A. (2017).** First Report of Association of *Candidatus Phytoplasma cynodontis* (16SrXI-B Group) With Streak, Yellowing, and Stunting Disease in Durum and Bread Wheat Genotypes From Central India. *Plant Dis.*, 101: 1314.

- [23]. Naejima K., Oshima K. and Namba S. (2014). Exploring the phytoplasmas, Plant pathogenic bacteria. *J. Gen. Plant Pathol.*, 80: 210-221.
- [24]. Talibi I., Boubaker H., Boudyach E.H. and Ait Ben Aoumar A. (2014). Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. *J Appl Microbiol*, 117: 1-17.
- [25]. Essalmani H. et Lahlou H. (2012). Etude *in vitro* de l'activité antagoniste de quelques microorganismes à l'encontre de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*. *Cryptogam., Mycol*, 23 (2) : 1-15.
- [26]. Bouyazgarne B. and Maheshwari D.K. (2013). Chapter 2: Bacteria for plant growth promotion and diseases management, Bacteria in Agrobiologia, Disease management. (Ed), 12:495. ISBN: 978-3-642-33638-6.
- [27]. Hossain M.A., Ismail Z., Rahman A. and Kang SC. (2008). Chemical composition and anti-fungal properties of the essential oils and crude extracts of *Orthosiphon stamineus* benth. *Ind Corps Prod.*, 27: 328-334.
- [28]. Talibi I., Askarne L., Boubaker H., Boudyach E.H., Msanda-Saadi B. and Ait Ben Aoumar A. (2012). Anti-fungal activity of some Moroccan plants against *Geotrichum candidum*, causal agent of postharvest citrus sour rot. *Corps Prot*, 35: 41-46.
- [29]. Alilou H., Akssira M., Hassani L., Chebli El hakmoui A., Melloki F., Rouhi R., Boira H. and Blazquez M.A. (2008). Chemical composition and antifungal activity of *Budonium imbricatum* volatile oil. *Phytopathol Mediterr*, 47:3e10.
- [30]. Askarne L., Talibi I., Boubaker H., Boudyach E.H., Msanda F., Saadi B., Sarghini M.A. and Ait Ben Aoumar A. (2012). *In vitro* and *in vivo* antifungal activity of several Moroccan plants against *Penicillium italicum*. The causal agent of citrus blue mold. *Crop Prot*, 40 : 53-58.
- [31]. Valois D., Fayad K., Barasubiye T., Garon T., Dery C., Brzezinski R. and Beaulieu C. (1996). Glucanolytic actinomycetes antagonistic to *Phytophthora fragariae* var. *rubi*, the causal agent of raspberry root rot. *Appl Environ Microbiol*, 62: 1630-1635.
- [32]. Dissanayak MLMC and Jayasinghe JAN. (2013). Antifungal activity of selected medicinal plants extracts against plant pathogenic fungi *Rhizoctonia solan*, *Collettrichum musea* and *Fusarium oxysporum*. *Int. J. Sci. Invent. today*, 5: 421-431.
- [33]. Mouden N., Benkirane R., Ouazzani Touhami A. and Douira A. (2013). Mycoflore de quelques variétés du fraisier (*Fragaria ananassa* L.), cultivées dans la région du Gharb et le Loukkos (Maroc). *J. Appl. Biosci*, 61 : 4490 – 4514.
- [34]. Errami M. (2012). Devenir atmosphérique de bupirimate et transfert de ses Métabolites (Les diazines) dans l'atmosphère, sa dissipation dans les fruits de tomate et sa dégradation électrochimique. Thèse de doctorat : Université Ibn Zohr, (Maroc), 201 p
- [35]. Ajouz S. (2009). Estimation du potentiel de résistance de *Botrytis cinerea* à des biofongicides. Thèse de doctorat : Université d'Avignon et des pays de Vaucluse (France). 179 p
- [36]. Mokhtari W., Chtaina N., Halmschlager E., Volgmayr H., Stauffer C. and Jaklitsch W. (2017). Potential antagonism of some *Trichoderma* strains isolated from Moroccan soil against three phytopathogenic fungi of great economic importance. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét*, 5 (3) : 248-254
- [37]. Ait Bahadou S., Ouijja A., Boukhari MA. and Tahiri A. (2017). Development of field strategies for fire blight control integrating biocontrol agents and plant defense activators in Morocco. *J Plant Pathol.*, 99: 51-58.
- [38]. Chen Y., Yan F., Chai Y., Liu H., Kolter R., Losick R. and Guo JH. (2013). Biocontrol of tomato wilt disease by *Bacillus subtilis* isolates from natural environments depends on conserved genes mediating biofilm formation. *Environ Microbiol*, 15(3): 848–864.
- [39]. Krebs B., Hoding B., Kubart S., Alemayehu Workie M., Junge H., Schmiede Knecht G., Grosch R., Bochow H. and Hevesi M. (1998). Use of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent. I. Activities and characterization of *Bacillus subtilis* strains. *J Plant Dis Protect*, 105 (2), 181-197.
- [40]. Ashwini N. and Srividya S. (2014). Potentiality of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent for management of anthracnose disease of Chilli caused by *Colletotrichum gloeosporioides* OGC1. *3 Biotech*, 4: 127–136.
- [41]. Mounir R., Durieux A., Bodo E., Allard C., Simon JP., Achbani EH., El-Jaafari S., Douira A. and Jijakli MH. (2007). *Aureobasidium pullulans* (1113-5) microbial antagonist for the control of post-harvest decay on apple fruit: development of active biomass formulation at a lab scale. *Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens*, 30 (6): 575-578
- [42]. Bouyahya A., , Abrini J., Talbaoui A., Et-Touys A., Chatoui K., Harhar H., Bakri Y. and Dakka N. (2017). Phytochemical Screening, Antiradical and Antibacterial Activities of *Cistus crispus* from Morocco. *J Mater Environ Sci*, 8 (5): 1560-1566.

- [43]. **Anonyme (2009).** Quatrième Rapport National sur la Biodiversité. Royaume au Maroc Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement, ISBN : 978 - 9954 - 475 - 39 - 3.
- [44]. **Moussadi Y. (2015).** Contribution à la recherche et l'isolement de *Dickeya* sp. (*Erwinia chrysanthemi*) et à la caractérisation des bactéries productrices d'enzymes hydrolytiques et à effet antagoniste de *Dickeya* sp. Thèse de doctorat : Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, (Maroc), 71p.
- [45]. **Barakate M. et Errakhi R. (2007).** Utilisation des actinomycètes comme agents de lutte biologique contre la fonte de semis et la pourriture molle chez la betterave à sucre causées par *Sclerotium rolfsii*. 70^e Congrès de l'I.R.B., 11-13 Avril, 2007, Marrakech, Maroc : 26.
- [46]. **Ait Bahadou S., Ouijja A., Karfach A., Tahiri A. and Lahlali R. (2018).** New potential bacterial antagonists for the biocontrol of fire blight disease (*Erwinia amylovora*) in Morocco. *Microb Pathogenesis*, 117 : 7–15.
- [47]. **El Hassni M., El Hadrami A., Daayf F., Chérif M., Ait Barka E. and El Hadrami I. (2007).** Biological control of bayoud disease in date palm: Selection of microorganisms inhibiting the causal agent and inducing defense reactions. *Environ Exp Bot*, 59: 224–234.
- [48]. **Dihazi A. (2012).** Interaction Palmier dattier-*Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*: induction des réactions de défense par l'acide salicylique et rôles de quelques microorganismes antagonistes de l'agent dans le contrôle de la maladie du Bayoud. Thèse de doctorat : Université Ibn Zohr, Centre des Études Doctorales, Faculté des Sciences Agadir, (Maroc). 186p
- [49]. **Lahlali R., Hamadi Y., El guilli M. and Haissam Jijakli M. (2010).** Efficacy assessment of *Pichia guilliermondii* strain Z1, a new biocontrol agent, against Citrus blue mould in Morocco under the influence of temperature and relative humidity: *Biol Control*, doi:10.1016/j.biocontrol.2010.12.001
- [50]. **Zahir I., Houari A. and Ibnsouda S. (2014).** Antibacterial Effect of *Pseudomonas aeruginosa* Isolated from a Moroccan Hot Spring Discharge and Partial Purification of its Extract. *Br Biotechnol J.*, 4(10): 1123-1140.
- [51]. **Lebrihi A., Errakhir R. and Barakate M. (2009).** Nouvelle souche *Streptomyces barakatei*, ses composés actifs dérivés et leur utilisation dans le traitement des plantes. N° de publication FR 2932817.