|  |  |
| --- | --- |
| **Table des matières**  |  |
| Résumé………………………………………………………………………………… |  |
| Abstract………………………………………………………………………………… |  |
| Liste des abréviations………………………………………………………………….. |  |
| 1-Introduction générale………………………………………………………………... | 1 |
| 2-Revue Bibliographique ……………………………………………………………… | 3 |
| 2.1- Aperçu sur l’agriculture dans le monde: Bref historique…………………………. | 3 |
| 2.2- Dangers de l’emploi intensif des pesticides à usage agricole…………………….. | 5 |
| 2.2.1- Dangers liés à la santé humaine………………………………………………… | 5 |
| 2.2.2- Effet des pesticides sur la biodiversité ………………………………………… | 6 |
| 2.3- Gestion des problèmes liés aux pesticides……………………………………….. | 7 |
| 2.3.1- Conventions et codes du droit international à l’environnement………………… | 7 |
| 2.3.2- Législations régissant les pesticides …………………………………………… | 8 |
| 2.3.2.1- L’union Européenne ………………………………………………………….. | 8 |
| 2.3.2.1- L’Algérie ……………………………………………………………………... | 9 |
| 2.4- De la lutte chimique à la production intégrée…………………………………….. | 10 |
| 2.5 - Maladies des plantes……………………………………………………………... | 11 |
| 2.5.1- Définition……………………………………………………………………….. | 11 |
| 2.5.2- Pathologies fongiques des plantes………………………………………………. | 12 |
| 2.5.3- Principaux symptômes de maladies fongiques…………………………………. | 13 |
| 2.5.3.1- Dépérissement………………………………………………………………… | 13 |
| 2.5.3.2- Flétrissement………………………………………………………………….. | 13 |
| 2.5.3.3- Nécrose, macération et pourriture…………………………………………….. | 14 |
| 2.5.3.4- Taches ………………………………………………………………………... | 15 |
| 2.6- Interactions plantes- pathogènes………………………………………………….. | 15 |
| 2.7- Biopesticides et alimentation bio…………………………………………………. | 18 |
| 2.7.1- Les biopesticides……………………………………………………………….. | 18 |
| 2.7.1.1-Définition et classification…………………………………………………….. | 18 |
| 2.7.1.2- Marché des biopesticides……………………………………………………... | 19 |
| 2.7.1.3- Les biopesticides à base de *Bacillus* …………………………………………. | 20 |
| 2.7.1.4- Avantages et inconvénients des biopesticides microbiens……………………. | 23 |
| 2.7.1.5- Utilisation efficace des biopesticides……………………………………….. | 24 |
| 2.7.2- Bref aperçu sur l’alimentation biologique………………………………………. | 25 |
| 2.8- Les lipopeptides: Structure, classification et rôles dans le phénomène du biocontrôle……………………………………………………………………………… | 29 |
| 2.8.1-Structure des lipopeptides………………………………………………………... | 29 |
| 2.8.2- Rôles des lipopeptides liés au biocontrôle………………………………………. | 31 |
| 2.8.2.1- Colonisation des racines des plantes………………………………………….. | 31 |
| 2.8.2.2- Antagonisme…………………………………………………………………... | 32 |
| 2.8.2.3- Induction du système de défense des plantes…………………………………. | 33 |
| 3- Matériel et méthodes ………………………………………………………………... | 34 |
| 3.1- Échantillonnage…………………………………………………………………… | 34 |
| 3.2- Analyses physicochimiques des échantillons prélevés……………………………. | 34 |
| 3.3- Isolement des bactéries du genre *Bacillus*………………………………………… | 34 |
| 3.4- Sélection de souches antifongiques……………………………………………….. | 35 |
| 3.5- Identification des souches de *Bacillus* sélectionnées…………………………..….. | 35 |
| 3.5.1- Extraction de l’ADN……………………………………………………………. | 35 |
| 3.5.2- Amplification des gens étudiés par PCR………………………………………... | 36 |
| 3.5.3- Purification de l’ADN…………………………………………………………… | 36 |
| 3.5.4- Séquençage des gènes amplifiés et traitement des séquences…………………... | 37 |
| 3.6- Détermination du taux de sporulation……………………………………………. | 37 |
| 3.7- Détection de l’activité enzymatique………………………………………………. | 38 |
| 3.8- Analyse des lipopeptides (LPs) par spectrométrie de masse couplée à l’HPLC….. | 38 |
| 3.9- Identification de nouvelles molécules de fengycines……………………………... | 39 |
| 3.10- Détection de la phytohormone, acide indole 3 acétique (IAA)…………………. | 39 |
| 3.11- Test de production des sidérophores…………………………………………….. | 40 |
| 3.12- Test d’antagonisme sur milieu gélosé à base d’exsudats racinaires……………... | 40 |
| 3.13- Production industrielle des spores de *Bacillus………………………………………..* | 41 |
| 3.14-Effet in situ des souches de *Bacillus……………………………………………………* | 41 |
| 3.14.1- Dans des conditions de pots…………………………………………….……. | 41 |
| 3.14.2- Etude au champ ………………………………………………………………. | 42 |
| 3.14.3- Analyses statistiques…………………………………………………………… | 42 |
| 4- Résultats ……………………………………………………………………………. | 43 |
| 4.1- Analyses physicochimiques des échantillons explorés……………………….……  | 43 |
| 4.1.1- Echantillons de l’eau…………………………………………………………….. | 43 |
| 4.1.2- Echantillons du sol………………………………………………………………. | 43 |
| 4. 2- Recherche et isolement des bactéries du genre  *Bacillus* à activité antifongique…………………………………………………………………..  | 44 |
| 4.3- Taux d’inhibition de la croissance fongique développé par les isolats de *Bacillus………………………………………………………………………* | 45 |
| 4.4- Identification des isolats bactériens à activité antifongique………………………. | 46 |
| 4.5- Evaluation du taux de sporulation des souches sélectionnées…………………….. | 47 |
| 4.6- Production des substances antifongiques…………………………………………. | 48 |
| 4.6.1- Enzymes dégradant la paroi des cellules fongiques…………………………….. | 48 |
| 4.6.1- Enzymes dégradant la paroi des cellules fongiques……………………………. | 49 |
| 4.6.3- Détermination de la nature de nouvelles variantes de fengycines………………. | 53 |
| 4.7-Tests de production de l’IAA et des siderophores…………………………………. | 61 |
| 4.8- L’activité antifongique développée par les bactéries sélectionnées sur les exsudats racinaires…………………………………....................................................... | 62 |
| 4.9- Production des souches de *Bacillus* à l’échelle industrielle……………………… | 64 |
| 4.10.1- Dans les conditions de pots……………………………………………………. | 64 |
| 4.10.1.1-Variété : *CV. Flipe 13 90……………………………...……………………………..* | 64 |
| 4.10.1.2- Variété : *Mega grain tradind CO. (P) : Kabuli………………………………….* | 66 |
| 4.10.2- En plein champ………………………………………………………………… | 67 |
| 5- Discussion …………………………………………………………………………... | 71 |
| 8- Conclusion et perspectives…………………………………………….……………. | 79 |
| Références bibliographiques…………………………………………………………… | 81 |
| Annexe………………………………………………………………………………… | 95 |
| Articles publiés ………………………………………………………………………… |  |
| Articles projets…………………………………………………………………………. |  |