

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة -الحراش -الجزائر-
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL HARRACH-ALGER

Thèse

**En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat LMD en Sciences
Agronomiques**

Option: Agro-écosystèmes et stress biologiques

Thème

**Champignons à potentiel mycoherbicide : identification,
efficacité et formulation.**

Préparée par : M^{lle} ABDESSEMED Nesma

Soutenue le xx /yy/zz devant le jury composé de :

Président :	M. BOUZNAD Z.	Professeur (ENSA).
Directeur de thèse:	M ^{me} ZERMANE N.	Professeur (Univ., Alger 1).
Examineurs :	M ^{me} KRIMI Z.	Professeur (USD, Blida).
	M. TAOUTAOU A.	Maître de Conférences A (ENSA).

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Cette thèse a été développée au sein du laboratoire de Phanérogames Parasites affilié au laboratoire de Phytopathologie et Biologie Moléculaire de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et partiellement au laboratoire de l'Institut de la Protection Durable des Végétaux, Centre National de Recherches, Portici, Italie.

Je tiens à exprimer ma gratitude en premier lieu à la personne qui m'a encadré et formé durant ces cinq années de thèse, en l'occurrence Madame Zermane Nadja Professeur à l'université d'Alger 1. Je la remercie pour sa patience, ses conseils et ses orientations qui m'ont permis de réaliser ce travail.

Je remercie M. Vinale Francesco pour la confiance qu'il m'a accordée en m'offrant l'opportunité d'effectuer une partie de ce travail sous sa direction et au sein de son équipe.

Je tiens à remercier le Professeur Bouznd Zouaoui d'avoir accepté de présider mon jury.

Mes remerciements vont aussi au Pr. Krimi Zhoulkha et au Dr. Taotaou Abdelmoumen pour avoir bien voulu faire partie du jury et d'examiner mon travail de recherche.

Je tiens aussi à remercier tous mes enseignants de l'ENSA grâce à qui je suis devant vous aujourd'hui, je cite particulièrement messieurs Traikia Hamide et Abdelkrim Hacène.

Je remercie M. Lallouchi Mohamed pour la prise de photos, ainsi que messieurs Lahad Arezeki et Latati Mourad de m'avoir orienté en bioinformatique et en statistiques

Mes remerciements s'adressent également à :

- *mes chers amis Sara et Sabri pour leur présence, aide, soutien, conseils.....etc et sans qui je n'aurais pas pu terminer ce travail.*
- *tous mes amis et camarades, particulièrement Bilal, Ghilès, Massi, Imen et Khawla.*
- *mes chères amies ; Sara et Betty*

Enfin, je souhaite remercier les familles Abdessemed et Chergui pour leur soutien constant. Cette thèse, est l'aboutissement de longues années d'études, je la dois beaucoup à mes parents pour leur soutien indéfectible, et qui ont toujours su me redonner confiance afin

de mener à bon port cette thèse. A ma tante Khadidja, je ne saurais te remercier car tu es mon ange gardien, Un GRAND MERCI à ma tante Amina pour son soutien, tu es la meilleure. Enfin, je remercie mes deux chères sœurs Farah et Khouloud pour leur patience et leur compréhension.

Après avoir présenté mes remerciements à toutes les personnes que je viens de citer, je veux dédier ce travail à mes chers grands-parents, qui nous ont quitté il n'y a pas longtemps.

Tables des matières

Introduction

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Généralités sur les adventices et notion de mycoherbicide	4
1.1. Biologie des adventices	4
1.2. Principales caractéristiques des adventices	4
1.3. Répartition géographique des adventices en Algérie	5
1.4. Lutte biologique avec les champignons	6
1.5. Potentiel mycoherbicide	6
1.6. Formulation.....	7
1.6.1. Formulation solide	7
1.6.2. Formulation liquide	7
1.7. Commercialisation des mycoherbicides	7
2. Données sur les adventices et champignons étudiés	9
2.1. Les adventices étudiées	9
2.1.1. <i>Xanthium strumarium</i> L.	9
2.1.1.1. Position systématique.....	9
a. Classification classique	9
b. Classification phylogéniques	9
2.1.1.2. Description botanique et biologique	10
2.1.1.3. Caractères écologiques.....	11
2.1.1.4. Distribution géographique.....	11
2.1.1.5. Cultures infestées.....	11
2.1.1.6. Nuisibilité de <i>Xanthium strumarium</i>	11
a.Nuisibilité primaire	11
a.1. Nuisibilité directe.....	11
a.1.1. Compétition	11

a.1.2. Allélopathie	12
a.2. Nuisibilité indirecte.....	12
b. Nuisibilité secondaire	12
b.1. Stock semencier.....	12
2.1.2. <i>Sonchus oleraceus</i> L.	12
2.1.2.1. Position systématique.....	13
b. Classification phylogénique	13
2.1.2.2. Description botanique et biologique	13
Figure 2. Aspect de <i>Sonchus oleraceus</i> L. (Asteraceae).	14
2.1.2.3. Caractères écologiques.....	14
2.1.2.4. Distribution géographique.....	15
2.1.2.5. Cultures infestées.....	15
2.1.2.6. Nuisibilité du <i>Sonchus oleraceus</i>	15
a. Nuisibilité primaire	15
a.1. Nuisibilité directe.....	15
a.1.1. Allelopathie	15
a.2. Nuisibilité indirecte.....	15
b. Nuisibilité secondaire	16
2.1.3. <i>Convolvulus arvensis</i> L.	16
2.1.3.1. Position systématique.....	16
b. Classification phylogéniques	17
2.1.3.2. Description botanique et biologique	17
2.1.3.3. Caractères écologiques.....	18
2.1.3.4. Distribution géographique.....	18
2.1.3.5. Cultures infestées.....	19
2.1.3.6. Nuisibilité de <i>Convolvulus arvensis</i>	19
a. Nuisibilité primaire	19

a.1.Nuisibilité directe.....	19
a.1.1. Compétition	19
a.1.2. Allélopathie	19
a.2. Nuisibilité indirecte.....	19
b. Nuisibilité secondaire	20
b.1. Stock semencier.....	20
2.2. <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	21
2.2.1. Généralités sur les <i>Alternaria</i>	21
2.2.2. Position systématique	22
2.2.3. Biologie des <i>Alternaria</i>	22
2.2.4. Processus infectieux des <i>Alternaria</i>	22
2.2.4.1. Conservation.....	22
2.2.4.2. Pénétration et invasion	23
2.2.4.3. Dissémination	23
2.2.5. Métabolites produits par les <i>Alternaria</i>	23
2.2.6. Potentiel mycoherbicide des <i>Alternaria</i>	24
Chapitre II. Identification morphologique et moléculaire des champignons associés aux maladies dominantes sur les trois adventices : <i>Xanthium strumarium</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L. et <i>Convolvulus arvensis</i> L.	
I. Introduction	25
II. Matériel et méthodes	26
1. Matériel utilisé	26
1.1. Matériel végétal.....	26
1.2. Matériel fongique	26
1.2.1. Isolement	26
1.2.2. Repiquage.....	27
1.2.3. Monospore des isolats fongiques.....	27
1.2.4. Sélection des isolats fongiques.....	27

2. Identification des isolats fongiques sélectionnés	27
2.1. Identification morphologique	27
2.2. Identification moléculaire	28
3. Tests de pathogénicité	29
3.1. Préparation de la suspension de spores	29
3.2. Test <i>in-vitro</i>	29
3.3 Test <i>in-vivo</i>	29
III. Résultats	30
1. Symptomatologie et aspect cultural et morphologique des conidies	30
1.1. <i>Alternaria alternata</i> isolat X3	30
1.2. <i>Alternaria alternata</i> isolat S1.....	31
1.3. <i>Alternaria alternata</i> isolat C1	31
2. Identification moléculaire.....	34
3. Pathogénicité.....	34
IV. Discussion	35
Chapitre III. Évaluation du potentiel herbicide de trois isolats d'<i>Alternaria alternata</i> et de leurs formulations à l'égard de leurs adventices cibles.	
I. Introduction	37
II. Matériel et méthodes	38
1. Matériel végétal	38
2. Matériel fongique.....	39
2.1. Préparation de la suspension de spores.....	39
2.2. Préparation des formulations.....	39
2.2.1. Formulation liquide	39
2.2.2. Formulation solide	39
3. Herbicide «Mustang»	40
3.1. Estimation de la quantité d'herbicide utilisée et le choix de la dose	40

4. Évaluation de l'effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3, S1 et C1 à l'égard de leurs adventices cibles.	41
4.1. Essais <i>in-vitro</i>	41
4.1.1. Évaluation de l'effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3 et S1 sur le taux de germination de graines de <i>Xanthium strumarium</i> et <i>Sonchus oleraceus</i> , respectivement.....	41
L'évaluation de l'effet d'<i>A. alternata</i> a porté seulement sur les graines de <i>Xanthium strumarium</i> et de <i>Sonchus oleraceus</i> du fait de la difficulté de trouver les graines de <i>C. arvensis</i>. 41	
4.1.1.1. Graines de <i>X. strumarium</i> et de <i>S. oleraceus</i>	41
4.1.1.2. Enrobage des graines de <i>X. strumarium</i> et <i>S. oleraceus</i> et test de germination.	41
4.1.2. Évaluation de l'effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3, S1 et C1 sur les feuilles détachées de <i>X. strumarium</i> , <i>S. oleraceus</i> et <i>C. arvensis</i> , respectivement <i>in-vitro</i>	42
4.1.3. Évaluation de l'effet d' <i>A. alternata</i> isolat C1 sur deux autres espèces de la famille des Convolvulacées (<i>Convolvulus althaeoides</i> L. et <i>Cuscuta campestris</i> Yunker).	42
4.1.3.1. Essai sur les feuilles détachées de <i>Convolvulus althaeoides</i>	42
4.1.3. 2. Essai sur la germination des graines de <i>Cuscuta campestris</i>	42
a. Levée de la dormance tégumentaire	42
b. Test sur la germination des graines de <i>Cuscuta campestris</i>	43
4.2. Essais <i>in-vivo</i>	43
4.2.1. Évaluation de l'effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3 et S1 et de leurs formulations sur les plantules de <i>X. strumarium</i> et <i>S. oleraceus</i> en pots.	43
4.3. Essai <i>in-situ</i>	44
4.3.1. Évaluation de l'effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3 et C1 et de leurs formulations sur les plantules de <i>X. strumarium</i> et <i>S. oleraceus</i> au champ	44
4.3.1.1. Dispositif expérimental	44
4.3.1.2. Application des traitements	46
5. Gamme d'hôtes	47
6. Traitements statistiques	48
III. Résultats	48

1. Essais <i>in-vitro</i>	48
1.1. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3 et S1 sur la germination des graines de <i>X. strumarium</i> et de <i>S. oleraceus</i> , respectivement.....	48
1.2. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3, S1 et C1 et de leurs formulations sur les feuilles détachées de <i>Xanthium strumarium</i> , <i>Sonchus oleraceus</i> et <i>Convolvulus arvensis</i> , respectivement.....	49
1.3. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolat C1 sur les feuilles détachées de <i>Convolvulus althaeoides</i> et sur la germination des graines de <i>Cuscuta campestris</i> Yunker	49
1.3.1. Effet d' <i>A. alternata</i> isolat C1 sur les feuilles détachées de <i>Convolvulus althaeoides</i>	49
1.3.2. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolat C1 sur la germination des graines de <i>Cuscuta campestris</i>	50
2. Essais <i>in-vivo</i>	50
2.1. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3 et S1, de leurs formulations et de l'herbicide Mustang® sur la croissance de <i>Xanthium strumarium</i> et de <i>Sonchus oleraceus</i> en pots.....	50
3. Essais <i>in-situ</i>	55
3.1. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3 et S1, de leurs formulations et de l'herbicide Mustang® à dose réduite sur la croissance de <i>Xanthium strumarium</i> et de <i>Sonchus oleraceus</i> achamp.....	55
4. Gamme d'hôte.....	59
VI. Discussion	59
Chapitre IV. Évaluation du potentiel herbicide de trois isolats d'<i>Alternaria alternata</i> et de leurs formulations à l'égard de leurs adventices cibles.	
I. Introduction	62
II. Matériel et Méthodes	63
1. Obtention des métabolites secondaires	63
1.1 Cultures liquides.....	63
1.2. Filtration.....	63
1.3. Extraction et concentration des extraits organiques	63

1.4 Fractionnement des extraits bruts.....	64
1.4.1 Fractionnement des extraits bruts dans la colonne chromatographique	64
2. Méthode d'HPLC-MS utilisée pour l'identification des composants des filtrats de culture des trois isolats fongiques et de leurs fractions obtenues.....	65
3. Évaluation de l'effet des extraits bruts d' <i>A. alternata</i> isolats X3, S1 et C1 et de leurs fractions sur les feuilles détachées de leurs adventices cibles.....	66
4. Traitements statistiques	67
III. Résultats	67
1. Comparaison biochimique des trois isolats C1, S1 et X3 d' <i>Alternaria alternata</i>	67
1.1. Identification des métabolites par HPLC-MS.....	68
1.1.1. Composition biochimique des filtrats de cultures	68
1.1.2. Composition biochimique des fractions récupérées à partir des extraits bruts des filtrats de cultures des trois isolats d' <i>Alternaria alternata</i>	70
2. Effet des extraits bruts d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3, S1 et C1 et de leurs fractions sur les feuilles détachées des trois adventices cibles.	74
IV. Discussion	77
Conclusion générale et perspectives.....	80
Références bibliographiques.....	82

Liste des figures

Figure 1. Aspect de <i>Xanthium strumarim</i> L. (Asteraceae).	10
Figure 2. Aspect de <i>Sonchus oleraceus</i> L. (Asteraceae).....	14
Figure 3. Aspect de <i>Convolvulus arvensis</i> L. (Convolvulaceae).	18
Figure 4. Taches foliaires de <i>Xanthium strumarium</i> (a), <i>Sonchus oleraceus</i> (b) et <i>Convolvulus arvensis</i> (c) causées par l'isolat X3, S1 et C1 d' <i>Alternaria alternata</i> . a1, b1, c1 / Symptômes sur feuilles prélevées au champ, a2, b2, c2 / Croissance des colonies sur milieu PDA (faces supérieure et inférieure), a3, b3, c3 / Chainettes de conidies (Gr. × 100), a4, b4, c4 / Conidies (Gr. × 400). Échelle = 5 µm.	33
Figure 5. Granules d'alginate ; a/ avec les spores d' <i>Alternaria alternata</i> , b/ sans les spores d' <i>Alternaria alternata</i>	40
Figure 6. Dispositif expérimental. 1: Suspension de spores (S.S.), 2: Formulation liquide (F.L.), 3: Formulation solide (F.S.), 4: Témoin EDS, 5: Témoin F.L., 6: Témoin F.S., 7: Mustang Herbicide.	46
Figure 7. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3, S1 et C1 appliqués sous forme de suspension de spores (S.S.), de formulation liquide (F.L.) et de formulation solide (F.S.) sur les feuilles détachées de <i>Xanthium strumarium</i> , <i>Sonchus oleraceus</i> et <i>Convolvulus arvensis</i> comparativement à leurs témoins (Tém.) respectifs non inoculés.	49
Figure 8. Symptômes sur les feuilles des plantules de <i>Xanthium strumarium</i> commençant par l'apex et la périphérie, suite à l'inoculation par la suspension de spores d' <i>Alternaria alternata</i> isolat X3.....	52
Figure 9. Symptômes sur les feuilles des plantules de <i>Sonchus oleraceus</i> suite à l'inoculation par la suspension de spores d' <i>Alternaria alternata</i> isolat S1.	53
Figure 10. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3 et S1 appliqués sous forme de suspension de spores (S.S.), de formulation liquide (F.L.), et de formulation solide (F.S.), sur les feuilles des plantules de <i>Xanthium strumarium</i> et de <i>Sonchus oleraceus</i> comparativement à leurs Témoins (Tém.) respectifs non inoculés.	53
Figure 11. Aspect des plantules et des racines de <i>Xanthium strumarium</i> après inoculation par la suspension de spores (a), la formulation liquide (b), la formulation solide (c) et l'herbicide Mustang® à dose réduite (d). Les témoins sont les plantules à droite de chaque photo et sont respectivement (de a à c) : Eau distillée stérile, Formulation liquide sans spores, Formulation solide sans spores.	54
Figure 12. Aspect des plantules de <i>Sonchus oleraceus</i> après inoculation par la suspension de spores (a), la formulation liquide (b), la formulation solide (c) et l'herbicide Mustang® à dose	

réduite (d). Les témoins sont les plantules à droite de chaque photo et sont respectivement (de a à c) : Eau distillée stérile, Formulation liquide sans spores, Formulation solide sans spores.

.....54

Figure 13. Effet d'*Alternaria alternata* isolats X3 et S1 appliqués sous forme de suspension de spores (S.S.), de formulation liquide (F.L.) et de formulation solide (F.S.) sur les feuilles des plantules de *Xanthium strumarium* et de *Sonchus oleraceus* comparativement à leurs témoins (Tém.) respectifs non inoculés.57

Figure 14. Aspect des plantules de *Xanthium strumarium* après inoculation par la suspension de spores (a), la formulation liquide (b), la formulation solide (c) et l'herbicide Mustang® à dose réduite (d). Les témoins (de e à g) sont : (e) Eau distillée stérile, (f) Formulation liquide sans spores, (g) Formulation solide sans spores.....58

Figure 15. Aspect des plantules de *Sonchus oleraceus* après inoculation par la suspension de spores (a), la formulation liquide (b), la formulation solide (c) et l'herbicide Mustang® à dose réduite (d). Les témoins (de e à g) sont : (e) Eau distillée stérile, (f) Formulation liquide sans spores, (g) Formulation solide sans spores.58

Figure 16. Chromatogrammes présentant la quantité d'ions détectés en fonction du temps de rétention des filtrats de culture des trois isolats d'*A. alternata* X3, S1 et C1.....70

Figure 17. Chromatogrammes présentant la quantité d'ions détectés en fonction du temps de rétention des neuf fractions issues de l'extrait brut d'*Alternaria alternata* isolat C1.....73

Figure 18. Chromatogrammes présentant la quantité d'ions détectés en fonction du temps de rétention des sept fractions issues de l'extrait brut d'*Alternaria alternata* isolat S1.....73

Figure 19. Chromatogrammes présentant la quantité d'ions détectés en fonction du temps de rétention des huit fractions issues de l'extrait brut d'*Alternaria alternata* isolat X3.....74

Figure 20. Effet de l'extrait brut et des fractions du filtrat de culture de l'isolat C1 sur les feuilles détachées de *Convolvulus arvensis*. E : Extrait, F. : Fraction, Tém.: Témoin, EDS : Eau Distillé Stérile, Méth : Méthanol.75

Figure 21. Aspect des feuilles détachées de *Convolvulus arvensis* après le traitement par l'extrait brut et les fractions du filtrat de culture de l'isolat C1 : d₁, e₁, h₁ et i₁. E : Extrait, Frac : Fraction, Tém.: Témoin, EDS : Eau Distillé Stérile, Méth. : Méthanol. La première rangée de photos représente les symptômes après un jour de traitement, la seconde représente les symptômes à la fin du test (4 jours après le traitement).76

Figure 22. Effet de l'extrait brut et des fractions du filtrat de culture de l'isolat S1 sur les feuilles détachées de *Sonchus oleraceus*. E : Extrait, F. : Fraction, Tém.: Témoin, EDS : Eau Distillé Stérile, Méth : Méthanol.77

Figure 23. Aspect des feuilles détachées de *Sonchus oleraceus* après le traitement par l'extrait brut et les fractions a₂ et f₂. E : Extrait, F. : Fraction, Tém. : Témoin, EDS : Eau Distillé Stérile, Méth : Méthanol.77

Liste des tableaux

Tableau 1. Nombre de graines par plant d'adventice et leur longévité.	5
Tableau 2. Exemple de mycoherbicides commercialisés et leurs adventices cibles.	8
Tableau 3. Séquences des amorces utilisées.	29
Tableau 4. Tableau comparatif des symptômes et des caractéristiques morphologiques et microscopiques des trois isolats d' <i>Alternaria alternata</i>	32
Tableau 5. Taux de similitude de chaque séquence des trois marqueurs génétiques des trois isolats fongiques avec les séquences des trois marqueurs génétiques de la souche type CBS 916.96.	34
Tableau 6. Numéros d'accèsion de chaque séquence des trois marqueurs génétiques ITS, rpb2 et gapdh des trois isolats fongiques.	34
Tableau 7. Températures et précipitations pendant les périodes des essais au champ.	44
Tableau 8. Les paramètres physico-chimiques du sol des parcelles expérimentales.	45
Tableau 9. Echelle de notation de la sévérité des attaques par <i>Alternaria alternata</i> et <i>Alternaria solani</i>	47
Tableau 10. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolats X3 et S1 sur le taux de germination de graines de <i>Sonchus oleraceus</i> et <i>Xanthium strumarium</i> , respectivement.	48
Tableau 11. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolat X3, ses formulations et l'herbicide Mustang® à dose réduite sur les plantules de <i>Xanthium strumarium</i> en pots.	51
Tableau 12. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolat S1, ses formulations et l'herbicide Mustang® à dose réduite sur la croissance des plantules de <i>Sonchus oleraceus</i> en pots.	52
Tableau 13. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolat X3, de ses formulations et de l'herbicide Mustang® à dose réduite sur la croissance des plantules de <i>Xanthium strumarium</i> au champ.	56
Tableau 14. Effet d' <i>Alternaria alternata</i> isolat S1, de ses formulations et de l'herbicide Mustang® à dose réduite sur la croissance des plantules de <i>Sonchus oleraceus</i> au champ. ...	56
Tableau 15. Proportions de solvants utilisées comme éluant dans le fractionnement des trois extraits bruts par la colonne chromatographique.	65
Tableau 16. Poids des extraits bruts et fractions des filtrats de cultures des trois isolats d' <i>Alternaria alternata</i>	68
Tableau 17. Les composants des filtrats de cultures des isolats C1, S1 et X3 d' <i>Alternaria alternata</i>	69
Tableau 18. Composants des fractions d' <i>Alternaria alternata</i> isolats C1, S1 et X3.	72

Liste des abréviations

ACR : Acrosin

ACT : Alpha 1-antichymotrypsin

ACTG : Tricycloalternarènes

ADN : Acide désoxyribonucléique

AK- : Adenylate Kinase

BLAST : Basic Local Alignment Search Tool

CAB : Centre for Agriculture and Bioscience International

CBS : Central bureau voor Schimmel cultures

CCM : Chromatographie sur Couche Mince

CE : Conductivité Électrique

DAD : Diode Array Detectors

dNTP : désoxy Adénine Tri-Phosphate

dS : deci-Siemens

E. : Extrait

E : Est

EDS : Eau Distillée Stérile

ENSA : Ecole Nationale Supérieure agronomique

ESI : Ionisation par Électrospray

F. : Fraction

F.L. : Formulation liquide

F.S. : Formulation solide

Gapdh : Glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase

Gr. : Grossissement

HGT : Horizontal Gene Transfer

HPLC-MS : High pressure liquid Chromatography-mass spectrométry

HR : Humidité relative

HSTs : Host-specific toxins

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

ITS: Internal Transcribed Spacer

LC/MS : Liquid chromatography–mass spectrometry

Long. : Longitudinale

Méth. : Méthanol

MO : Matière organique

N : Nord

NCBI : National Center for Biotechnology Information

nHSTs : non Host-specific toxins

P : Probabilité

PCR : Polymerase Chain Reaction

PDA : Potato Dextrose Agar

PDB : Potato Dextrose Broth

pH : Potentiel hydrogène

rpb2 : RNA polymerase II subunit 2

S.S. : Suspension de spores

S : Sud

SM : Spectromètre de Masse

SMTP-7 : Stachybotrys microspora Triphenyl Phenol-7

TeA : Aide ténuazonique

Tém. : Témoin

TR : Temps de rétention

Trans. : Transversale

USA : United State of America

UV : Ultraviolet

v : Volume

V : Volt

Avec l'augmentation de la population mondiale, la sécurité alimentaire est devenue l'ultime priorité de l'homme. En conséquence, maximaliser les rendements est devenu le principal objectif de l'agriculture moderne. Bien que cette approche arrive à satisfaire la demande de nourriture à un degré acceptable, elle a néanmoins, directement ou indirectement, un impact négatif sur la qualité sanitaire du produit, sur l'environnement ainsi que sur la santé de l'être humain, en raison de la panoplie de produits chimiques qu'elle implique (Bhadoria, 2011).

L'agriculture intensive moderne se caractérise par une demande élevée et continue d'approvisionnement en produits de haute qualité (Gamliel, 2010). L'expansion significative des systèmes de production visant le maintien de l'approvisionnement continu a eu pour conséquence une augmentation inévitable des dégâts dus à l'infestation par divers parasites (Gamliel, 2010). En plus des facteurs (abiotiques et biotiques) responsables de la diminution des rendements agricoles, les adventices contribuent à une perte de 45 % (Misra, 2005). Il y'aurait dans le monde environ 1800 espèces d'adventices ayant un impact économique négatif sur les cultures, 300 d'entre elles seraient considérées comme un véritable fléau pour l'agriculture (Doucet, 2013). Selon Misra (2005), 200 espèces d'adventices sont responsables de 95% de pertes économiques dues aux adventices dans le monde. Par ailleurs, les adventices représentent le tiers de toutes les pertes de production agricole réunies, ce qui représente une valeur de 150 milliards de dollars. Les dépenses utilisées pour lutter contre les adventices présentent 12 milliards de dollars à elles seules, l'équivalent de toutes les dépenses (insecticides, fongicides et autres) octroyées aux autres pesticides (Agrios, 2005).

En Algérie, les pertes en rendement dues à la présence des adventices dans les cultures de blé varient de 25 à 50 % selon les régions, les années, les espèces cultivées, les variétés et le degré d'infestation des systèmes de cultures (Hamadache, 2013 ; Fellah, 2017). Pour la culture de pois-chiche d'hiver (*Cicer arietinum* L.), les adventices et particulièrement *Sinapis arvensis* engendrent une réduction de gousses de 72 % et une perte de rendement de 76,4 % (Melakhessou, 2007).

Toutes ces caractéristiques rendent difficile l'élimination de ces plantes nuisibles et leur gestion devient comme le plus grand défi à l'adoption d'une agriculture durable (Bajwa, 2014). L'indisponibilité et le coût de la main d'œuvre et l'insuffisance de la force mécanique de sarclage obligent les agriculteurs à appliquer des herbicides chimiques ou à abandonner carrément leurs cultures et accepter les pertes (Misra, 2005).

Les herbicides produits depuis la fin de la deuxième guerre mondiale sont en grande partie responsables de la bonne productivité agricole (Boyette et al., 1996). Au cours des 50 dernières années, la protection des rendements s'est fondée fortement sur les pesticides chimiques (Chandler et al., 2011). La lutte contre les adventices est habituellement faite par l'emploi des produits chimiques du fait de leur efficacité à l'égard de la plupart d'entre elles, malheureusement, ces produits ont des effets néfastes sur l'homme et l'animal (Evidente et al., 1998 ; Zargar et al., 2016), ils polluent l'environnement et dans certains cas leur utilisation répétée provoque la résistance chez les adventices (Abbas & Barrentine, 1995 ; Asif et al., 2014). La tolérance des adventices vivaces aux herbicides et la non sélectivité de ces derniers s'ajoutent aux problèmes précités (Evidente et al., 2009 ; 2011). De surcroît, la présence des résidus des herbicides sur le feuillage des cultures devient un vrai problème dans la gestion des adventices (Wilson, 2016), par conséquent, la recherche de méthodes alternatives de lutte devient nécessaire (Chandler et al., 2011). Par ailleurs, la lutte biologique constitue une alternative prometteuse à utiliser en agriculture (Défago et al., 2001). Cette lutte a l'avantage d'être entièrement compatible avec l'environnement par sa spécificité élevée, sa longévité et aussi par sa capacité à détruire les adventices résistantes aux herbicides chimiques (Evidente et al., 1998 ; 2009).

L'une des stratégies les plus efficaces pour la gestion des adventices est le contrôle biologique avec les champignons phytopathogènes (Boyette et al., 1996). L'utilisation des champignons phytopathogènes dans la gestion des adventices représente un moyen innovateur qui peut contribuer au développement des agroécosystèmes (Stubbs & Kennedy, 2012 ; Adetunji et al., 2017). Selon Charudattan (2001), la lutte biologique par l'utilisation des champignons phytopathogènes a acquis une bonne réputation comme pratique car elle est bénéfique pour l'environnement et applicable aux agroécosystèmes. Les mycoherbicides ont pour but de résoudre le problème de la résistance aux herbicides, de réduire le coût de la production et d'augmenter le rendement (Cai & Gu, 2016). Les qualités d'un mycoherbicide sont : sa longévité, son application facile, son efficacité et son coût réduit (Bailey et al., 1997 ; Auld et al., 2003). En outre, certains champignons ont la capacité de produire des métabolites secondaires qui peuvent être utilisés pour lutter contre les adventices (Frisvad et al., 2008).

Puisque les mycoherbicides sont des organismes vivants, ils sont fortement influencés par les conditions environnementales (Boyette et al., 1996). Ils ont besoin particulièrement de longues périodes d'humidité afin que les spores puissent germer, pénétrer et infecter les adventices cibles (Boyette et al., 1996 ; Babu et al., 2003), d'où la nécessité de formulations adéquates. L'objectif principal des formulations des bioherbicides, qui peuvent se présenter

sous forme liquide ou solide, est de diminuer la dépendance des organismes à l'humidité (Auld et al., 2003).

Objectifs du travail :

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'approche mycoherbicide de lutte contre les adventices et vise les objectifs spécifiques suivants :

- Recherche des maladies dominantes sévissant sur trois des adventices des plus redoutables en Algérie, à savoir *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus* et *Convolvulus arvensis* par des prospections au niveau de la station expérimentale et la ferme centrale de l'ENSA, ainsi que la station expérimentale de l'ITCG de Oued Semar.
- l'isolement des champignons présentant le symptôme dominat sur ces trois adventices.
- la vérification du postulat de Koch.
- la sélection des isolats fongiques isolés.
- la caractérisation morphologique et moléculaire des isolats fongiques sélectionnés.
- l'évaluation du potentiel mycoherbicide des isolats fongiques sélectionnés à l'égard de leurs adventices cibles.
- l'extraction et l'identification des métabolites secondaires produits par les isolats fongiques sélectionnés.
- l'évaluation du potentiel herbicide des extraits bruts et de leurs fractions à l'égard des adventices cibles.

Pour répondre à ces objectifs, ce travail, préparé dans le cadre d'une thèse de doctorat est subdivisé en introduction générale et quatre chapitres. Le premier concerne des données bibliographiques récentes sur le sujet et se subdivise en deux volets : le 1^{er} présente des généralités sur les adventices et leur importance dans le monde et en Algérie, ainsi que sur la notion de mycoherbicides. Le second volet présente les trois adventices étudiées (*Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus* et *Convolvulus arvensis*) ainsi que le champignon *Alternaria alternata* (Fries.) Kiessler. Le deuxième chapitre, porte sur l'identification morphologique et moléculaire des trois isolats d'*A. alternata*. Le troisième porte sur l'évaluation du potentiel herbicide des suspensions de spores des trois isolats fongiques d'*A. alternata*, de leurs formulations et de l'herbicide Mustang® à dose réduite à l'égard des adventices étudiées. Le quatrième et dernier chapitre porte sur l'évaluation du potentiel herbicide des extraits bruts et fractions des trois isolats fongiques d'*A. alternata* à l'égard de *X. strumarium*, de *S. oleraceus* et de *C. arvensis*. Enfin, une conclusion générale récapitule l'essentiel des résultats et présente les perspectives pour les recherches ultérieures.

1. Généralités sur les adventices et notion de mycoherbicide

1.1. Biologie des adventices

La flore adventice est étroitement liée aux modifications que l'homme a provoquées. En effet, cette flore, comme son nom l'indique est étrangère aux lieux où elle s'installe (Abdelkrim, 1995).

Les adventices ont trois modes de vie : annuelles, bisannuelles et vivaces, ces dernières étant les plus redoutables ; elles repoussent année après année et peuvent se reproduire végétativement par des organes de réserve (les racines, les rhizomes, les tubercules, les stolons ou les tiges souterraines) qui leur permettent de repousser après la destruction de leurs parties végétales aériennes (Caussanel, 1989 ; McCully et al., 2004 ; Weill & Duval, 2009).

1.2. Principales caractéristiques des adventices

Les adventices sont en continuelle compétition avec les cultures pour les nutriments, l'humidité du sol, les radiations solaires et l'espace. Elles peuvent aussi constituer un hôte alternatif pour les insectes et les maladies (Asif et al., 2014 ; Mishra et al., 2016). De surcroît, les adventices sont caractérisées par une croissance rapide qui leur permet d'affecter la croissance des cultures et la qualité du rendement, en épuisant les nutriments et l'eau destinés aux cultures, ainsi que par leur capacité à diffuser des substances chimiques qui peuvent interférer avec la croissance de ces dernières (Cai & Gu, 2016). Ces médiateurs chimiques sont principalement des métabolites secondaires (terpènes, alcaloïdes, molécules aromatiques...) (Valantin-Morison et al., 2008). Les adventices ont la capacité de coloniser l'horizon travaillé (0 à 30 cm) et former un stock semencier qui est caractérisé par une longévité importante (Surault et al., 2012) (**Tableau 1**), la dormance est la principale caractéristique de la survie des semences d'adventices dans le sol et de ce fait, de l'infestation prolongée des cultures par les adventices (Chadoeuf-Hnnel, 1985).

Tableau 1. Nombre de graines par plant d'adventice et leur longévité.

Adventices	Mode de reproduction	Nombre de graines par pied	Longévité des graines
<i>Galium aparine</i>	Graines	50 à 3000	40 ans
<i>Avena sterilis</i>	Graines	500 à 2000	15 ans
<i>Papaver rhoeas</i>	Graines	50000 à 200000	40 ans
<i>Lolium multiflorum</i>	Graines	3000 à 20 000	/
<i>Veronica persica.</i>	Graines	1500 à 8000	10 ans
<i>Elytrigia repens</i>	Rhizomes et graines	Faible quantité de semences	4-10 ans
<i>Sonchus arvensis</i>	Rhizomes et graines	500 à 13000	5 ans
<i>Cirsium arvense</i>	Drageons	1500 à 5000	20 ans

Source : ACTA (2010) et Agricultures & territoires (2017)

1.3. Répartition géographique des adventices en Algérie

La distribution des espèces adventices est la conséquence des conditions pédoclimatiques, géomorphologiques et surtout du type d'entretien du sol, en Algérie, même le type de culture a un effet sur la distribution (Lonchamp & Barralis, 1988 ; Boudjedjou & Fenni, 2011).

Plusieurs études ont porté sur la distribution des adventices dans certaines régions algériennes. Les zones céréalières et leurs jachères dans le secteur Algérois comporte 168 espèces adventices telles que : *Bromus sterilis*, *Bromus macrostachys*, *Ammi visnaga*, *Adonis aestivalis*, *Convolvulus tricolor*, *Erodium triangulare*. Par contre, la zone des cultures pérennes (vigne et verger) et annuelles (navet, artichauts ...etc) est infestée principalement par : *Calendula suffruticosa*, *Arum italicum*, *Urtica urens*, *Urtica membranacea*, *Fumaria capreolata*, *Veronica arvensis* (Abdelkrim, 1995).

Selon une étude faite sur le secteur oranais par Kazi-Tani et al. (2010 a), la richesse de cette région est représentée par 425 espèces d'adventices, réparties sur trois sous-secteurs ; le sous-secteur de l'Atlas Tellien est celui qui héberge le lot le plus important avec 409 espèces, vient ensuite le sous-secteur des plaines littorales avec 400 espèces, puis en dernier celui des sahels littoraux avec 390 espèces. La totalité des espèces recensées sont des Angiospermes se rattachant à 51 familles botaniques et 217 genres différents dont les Asteraceae, les Fabaceae et les Poaceae dominant nettement la flore adventice oranaise.

Hannachi & Fenni (2013) ont recensé 120 espèces d'adventices dans la région de Batna, où les dicotylédones sont largement dominantes avec 98 espèces, soit 81,66 % des espèces. Les Asteraceae y sont majoritaires avec 23 espèces, soit 19,16 % de la flore adventice. Les monocotylédones, comportent 22 espèces, soit 18,33 % de la flore adventice, principalement représentées par les Poaceae qui comptent à elles seules 17 espèces, soit 14,16 % de la flore adventice.

Dans le travail de Boudjedjou & Fenni (2011) portant sur la caractérisation de la flore adventice des cultures maraîchères de la région de Jijel, 191 espèces d'adventices ont été observées et se répartissent en 44 familles et 111 genres. Les sept familles botaniques les mieux représentées sont les Asteraceae (16,23 %, 31 espèces), les Fabaceae (13,61 %, 26 espèces), les Poaceae (7,32 %, 14 espèces), les Brassicaceae (5,23 %, 10 espèces), les Geraniaceae (4,18 %, 8 espèces), les Polygonaceae (4,18 %, 8 espèces) et les Chenopodiaceae. La famille des Asteraceae est la famille botanique la plus importante en Algérie, puisqu'elle renferme 408 espèces réparties en 109 genres (Quezel & Santa, 1963).

1.4. Lutte biologique avec les champignons

Il existe deux approches de contrôle biologique avec les champignons à l'égard des adventices : 1) l'approche classique : selon laquelle l'agent pathogène (exotique) est introduit dans une population d'adventices afin de réduire leur distribution, cet agent doit être spécifique à l'hôte car son utilisation peut être limitée à certaines zones. 2) l'approche mycoherbicide : réalisée par l'application des champignons pathogènes (inoculation massive) sur les adventices hôtes en procédant avec les mêmes techniques et méthodes que celles des herbicides chimiques. Contrairement aux champignons généralement utilisés dans la lutte biologique classique, les agents pathogènes exploités comme mycoherbicides sont souvent indigènes à la région où ils sont utilisés et ne doivent pas être spécialement importés. Ces mycoherbicides peuvent être appliqués de plusieurs façons ; par pulvérisation aérienne, par application "en coupe et en pâte" ou en poudre appliquée sur le sol (Hasan & Ayres, 1990). Cette approche convient le mieux dans la lutte contre les adventices grâce à son efficacité rapide et élevée (Boyette et al., 1996).

1.5. Potentiel mycoherbicide

Plusieurs études ont montré l'efficacité des champignons à l'égard des adventices. Ainsi, Kadir et al. (2000) ont montré que le champignon *Dactylaria higginsii* (Luttrell) pouvait affecter le *Cyperus rotundus* et causer une mortalité proche de 100%. Une autre étude

faite par Evidente et al. (1998) a montré que l'application de pycnidiospores de *Ascochyta caulina* Lib. sur *Chenopodium album* (*Chenopodiaceae*) pouvait causer des nécroses sur les feuilles et la tige suivies d'un retard de croissance et la mort de la plante. Une souche d'*Ulocladium botrytis* Preuss, isolée à partir des tiges d'*Orobanche crenata* (*Orobanchaceae*), s'est montrée pathogène à l'égard de cette mauvaise herbe parasite (Müller-Stöver & Kroschel, 2005).

1.6. Formulation

La formulation permet d'augmenter la stabilité de l'activité biologique et perfectionner l'homogénéité du mycoherbicide pour une meilleure pulvérisation et une meilleure intégration dans le système de gestion (Boyette et al., 1996).

1.6.1. Formulation solide

les formulations solides offrent une meilleure protection vis à vis des conditions environnementales extrêmes, elles servent comme nutriment aux microorganismes, ce qui leur donne une longue longévité et diminue la possibilité de lessivage des spores (Boyette et al., 1996). Les formulations solides peuvent être préparées à base de plusieurs matières inertes telles que la semoule, le kaolin et l'alginate (Connick et al., 1991 ; Shabana et al., 2003 ; Kinay & Yildiz, 2007).

1.6.2. Formulation liquide

Les formulations liquides dont les matières actives sont incorporées dans des huiles végétales ou minérales (Klein et al., 1995) ont pour rôle l'initiation rapide de l'infection (Boyette et al., 1996). L'huile offre une résistance à la dessiccation à court terme, ce qui est un aspect important de l'aptitude d'un organisme à se multiplier dans un champ (El-Morsy et al., 2006). On pense également que l'huile fournit une grande dispersion de l'inoculum sur la surface foliaire et exerce un effet sur la cuticule (suppression des éliciteurs de défense des plantes) (Amsellem et al., 1991).

1.7. Commercialisation des mycoherbicides

La commercialisation des biopesticides en général, représente une partie infime du marché mondial des produits phytosanitaires avec un montant de 3 milliards de dollars, soit l'équivalent de 5 % du marché mondial (Damalas & Koutroubas, 2018). Selon Bailey & Falk (2011), plusieurs travaux ont été réalisés sur les bioherbicides et leurs potentiels mais seulement 8,1 % ont atteint le stade de la commercialisation (**Tableau 2**). Ainsi, seulement 15 produits mycoherbicides ont été commercialisés dans le monde (Ash, 2010). Selon

Charudattan (2001), les bioherbicides commercialisés n'ont été utilisés qu'à une échelle réduite (quelques hectares, dans quelques pays).

Tableau 2. Exemple de mycoherbicides commercialisés et leurs adventices cibles.

Adventice Cible	Agent de lutte	Nom commercial	Culture cible	Pays	Références
<i>Aeschynomene virginica</i>	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> f.sp. <i>aeschynomene</i>	Collego	Riz et soja	USA	TeBeest & Templeton, 1985.
<i>Morrenia odorata</i>	<i>Phytophthora palmivora</i>	DeVine	Citrus	USA	TeBeest & Templeton, 1985.
<i>Malva pusilla</i> et <i>Malva</i> spp.	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> f.sp. <i>malvae</i>	BioMal	Plusieurs cultures	USA; Canada	Singh et al., 2006
<i>Cyperus esculentus</i>	<i>Puccinia canaliculata</i>	Dr. BioSedge	Plusieurs cultures	USA	Hajek, 2004.
Adventices ligneuses	<i>Chondrostereum purpureum</i>	BioChon	verger	Hollande	Singh et al., 2006
<i>Hakea sericea</i>	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Hakatak	Espace non cultivé	USA	Singh et al., 2006

2. Données sur les adventices et champignons étudiés

2.1. Les adventices étudiées

2.1.1. *Xanthium strumarium* L.

Xanthium strumarium appartient à la famille des Asteracées qui comprend 1600 à 1700 genres et 24000 espèces cosmopolites. Les espèces de *Xanthium* sont autochtones de la région méditerranéenne (Bozic et al., 2013), parmi lesquelles *X. strumarium* est la plus redoutable dans les agrosystèmes (Zhu et al., 2011).

2.1.1.1. Position systématique

a. Classification classique

Selon Doucet (2013), la position taxonomique de cette espèce est comme suit :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Superdivision : Spermatophyta

Division : Dicotylédones

Classe : Sympétalées

Ordre : Astérales

Famille : Astéraceae

Genre : *Xanthium*

Espèce : *Xanthium strumarium* L.

b. Classification phylogéniques

La classification phylogénique positionne *X. strumarium* comme suit (Selosse, 2013) :

Clade : Eukaryota

Clade : Viridiplantae

Clade : Streptophyta

Clade : Tracheophyta

Clade : Euphyllophyta

Clade : Spermatophyta

Clade : Eudicotyledones

Clade : Asteridae

Clade : Campanulidae

2.1.1.2. Description botanique et biologique

Selon Doucet (2013), *X. strumarium*, appelé communément « la lampourde glouteron », est une annuelle d'été de grande taille (30 à 150 cm). Elle regroupe plus d'une vingtaine de populations. La tige dressée est souvent très ramifiée, rugueuses, tachetées de pourpre, surtout chez les grandes plantes ; elle se propage par la graine. A la base du plant se trouvent deux cotylédons persistants, même chez les plantes matures, longs, étroits et lisses. La floraison s'étale d'août à octobre. La fleur mâle de la lampourde est minuscule en épis éphémère et brune à la fructification, la fleur femelle de forme ovoïde, hérissée et de couleur verte, se présente en bouquets axillaires à l'aisselle des feuilles (**Figure 1**) (Weaver & Lechowicz, 1982 ; Doucet, 2013).

Xanthium strumarium se reconnaît par ses larges feuilles concolores, rugueuses, vertes, simplement dentées et ses fruits sous forme de capsules formées à partir de l'involucre (Jauzein, 2011). La capsule est terminée par deux aiguillons à crochets très durs, elle contient deux graines, l'une plus petite que l'autre. La paroi de la capsule épaisse et hermétique (5 à 7 mm) et doit se dégrader et s'user afin de permettre à l'oxygène d'y pénétrer et permettre ainsi à la graine, qui réussit à en capter le plus, de germer ; l'autre graine doit attendre l'année suivante pour germer. C'est ce qui rend la plante difficile à éradiquer (Doucet, 2013). Cette adventice à une dormance potentielle dont la germination se produit dans la deuxième saison de croissance (Abbas et al., 1999).



Figure 1. Aspect de *Xanthium strumarim* L. (Asteraceae).

2.1.1.3. Caractères écologiques

La lampourde est une espèce subméditerranéenne, originaire de l'Amérique du nord, elle est assez rare mais on la rencontre dans des climats et des sols différents (lourds ou légers, acides, neutres ou basiques) et même dans les sols humides (Mamarot & Rodriguez, 2011; DiTomaso et al., 2013). Difficile à détruire et très concurrentielle, elle peut être abondante localement, elle colonise toutes les cultures estivales (Mamarot & Rodriguez, 2011).

2.1.1.4. Distribution géographique

Xanthium strumarium s'étend entre la latitude 53 °N et la latitude 33 °S (Love & Dansereau, 1959), dans les zones tempérées, subtropicale et méditerranéennes (Weaver & Lechowicz, 1982). Elle se rencontre dans différents types de milieux : les régions pastorales, les bords des routes, le long des berges des rivières, sur les dunes côtières et sur les marges forestières (Love & Dansereau, 1959 ; DiTomaso et al., 2013 ; Haroun et al., 2015). En Algérie, cette plante est particulièrement répandue, à titre d'exemple elle se trouve à Taref, Jijel, Sétif, Béjaïa, Tizi-Ouzou et dans le secteur Oranais (Quezel & Santa, 1963 ; Benhamiche-Hanifi & Riadh Moulai, 2012 ; Kazi-Tani et al., 2012 ; Hamel & Azzouz, 2018 ; Guemaz et al., 2018 ; Dib & Sadoudi Ali Ahmed, 2020).

2.1.1.5. Cultures infestées

Le sésame, le coton, le soja, l'arachide, le tournesol, le maïs et la vigne sont parmi les cultures les plus infestées par cette adventice (Royal et al., 1997 ; Bukun, 2011 ; Hussain et al., 2011 ; Bozic et al., 2013).

2.1.1.6. Nuisibilité de *Xanthium strumarium*

a. Nuisibilité primaire

a.1. Nuisibilité directe

a.1.1. Compétition

Xanthium strumarium est généralement hautement compétitive aux plantes cultivées à l'égard de la lumière et de l'humidité (Bozic et al., 2013). Une étude faite par Bukun (2011) montre que le rendement du sésame, *Sesamum indicum*, est fortement réduit par l'augmentation de la densité de cette plante. Elle s'est également avérée très concurrentielle dans les cultures de coton et de soja et représente un problème sérieux pour l'arachide. Une autre étude faite par Royal et al. (1997) a montré l'impact de la densité de *X. strumarium* sur la production d'arachide. La réduction du rendement d'arachide était de 0 à 88 % pour des

densités de *X. strumarium* allant de 0 à 32 plantes par ligne de culture d'arachide (sur 8 m), respectivement (Royal et al., 1997). Une troisième étude a montré la capacité de cette adventice à diminuer la densité, la biomasse et l'indice de la surface foliaire du maïs fourragé par la compétition (Hussain et al., 2011). Enfin, d'après Bozsa & Oliver (1990), les racines de la lampourde sont plus concurrentielles que celles du soja en affectant le poids sec de la partie aérienne de la culture.

a.1.2. Allélopathie

Selon Benyas et al. (2010), *X. strumarium* a un effet allélopathique sur la germination des graines, la croissance des plantules et le poids sec de la lentille. Pareillement, un effet allélopathique négatif de cette plante a été démontré sur la germination des graines du blé, de l'orge, de l'avoine et sur l'émergence des plantules de le haricot, du poivron, de la courge, de l'oignon et du pois chiche (Kadioglu, 2004).

a.2. Nuisibilité indirecte

Xanthium strumarium sert de réservoir et d'hôte alternatif à un certain nombre de bio-agresseur attaquant un large éventail de cultures tels que *Spilosoma olbliqua*, Mungbean yellow mosaic virus, *Plasmopara halstedii* (Nene et al., 1971 ; Dhaliwal, 1993 ; Haroun et al., 2015 ; Agricultures & territoires, 2019). De surcroit, *X. strumarium* décline certaines cultures d'été car cette plante est toxique pour les animaux et l'Homme (Agricultures & territoires, 2016).

b. Nuisibilité secondaire

b.1. Stock semencier

Xanthium strumarium peut produire de 500 à 5000 graines par plant (Agricultures & territoires, 2016). Le fruit contient deux graines (Doucet, 2013), mais il existe des biotypes contenant 25 graines par fruit et donnant jusqu'à neuf jeunes plantes, rendant le contrôle de cette adventice plus difficile (Abbas et al., 1999).

2.1.2. *Sonchus oleraceus* L.

Sonchus oleraceus appartient à la famille des Asteracées, le genre *Sonchus* comprend 50 espèces réparties en Euroasie, autour de l'Afrique méditerranéenne et tropicale (Joshi & Poudel, 2011). *Sonchus oleraceus* est considéré comme une adventice nuisible dans le monde entier (Lee et al., 2005).

2.1.2.1. Position systématique

a. Classification classique

Selon Doucet (2013), la position taxonomique de *S. oleraceus* est comme suit :

Règne : Plantae

Superdivision : Spermatophyta

Division : Dicotylédones

Classe : Sympétalées

Ordre : Astérales

Famille : Astéraceae

Genre : *Sonchus*

Espèce : *Sonchus oleraceus* L.

b. Classification phylogénique

Selon Selosse (2013), la classification phylogénique de *S. oleraceus* est comme suit :

Clade : Eukaryota

Clade : Viridiplantae

Clade : Streptophyta

Clade : Tracheophyta

Clade : Euphyllophyta

Clade : Spermatophyta

Clade : Eudicotyledones

Clade : Asteridae

Clade : Campanulidae

2.1.2.2. Description botanique et biologique

Sonchus oleraceus, appelé communément le laitron maraîcher, est une plante annuelle naturalisée d'Europe, c'est le lait blanchâtre qui s'écoule de la plantule brisées qui lui vaut le nom de laitron. Cette adventice à racine pivotante à une tige de 30 à 120 cm de hauteur, elle se propage par des graines, à germination printanière ou estivale, rougeâtres ou brunes, côtelées, ridées transversalement et couronnées d'une aigrette blanche à soies simples. Elle est pourvue de latex et de poils glandulaires sur les parties supérieures des tiges. Toutes ses fleurs sont ligulées et de couleur jaune pale. Elles fleurissent de Juin à fin Septembre (Mamarot & Rodreguez, 2011).

La plantule a des feuilles alternes, disposées en rosette et de couleur vert clair à vert bleuté. Les feuilles cotylédonaire du laitron sont de taille moyenne (9-14 mm x 4-6 mm), à limbe arrondi à ovale-arrondi, à sommet un peu tronqué et échancré et à pétiole bien distinct (3-6 mm). Les 2 premières vraies feuilles ont un limbe faiblement denté, ovale à elliptique qui s'atténue en un long pétiole étroitement foliacé. La base du limbe de la troisième feuille s'incurve brutalement et perpendiculairement sur le pétiole amplement foliacé, les feuilles suivantes obovales allongées sont profondément divisées en segments dentés dont les latéraux aplanis ou peu redressés s'étagent sur l'axe foliaire, le segment terminal est triangulaire et de plus grande taille que les latéraux. Les jeunes feuilles sont recouvertes de poils blanchâtres multicellulaires qui disparaîtront rapidement, excepté à la base des pétioles où ils se maintiennent plus durablement, les feuilles du bas sont pétiolées, les autres sont sessiles et ont des expansions latérales (oreillettes) pointues à la base des feuilles (**Figure 2**) (Mamarot & Rodreguez, 2011).



Figure 2. Aspect de *Sonchus oleraceus* L. (Asteraceae).

2.1.2.3. Caractères écologiques

Sonchus oleraceus tolère plusieurs types de sols avec une préférence pour les sols nitrophiles (ITGC, 1976 ; Doucet, 2013). Cette espèce est favorisée par un milieu humide, par conséquent, la germination sur le terrain suit généralement des précipitations importantes à n'importe quel moment de l'année mais peuvent germer dans une large gamme de températures (5 à 35 °C) (Chauhan et al., 2015).

2.1.2.4. Distribution géographique

Sonchus oleraceus est une adventice cosmopolite dont la répartition géographique s'étend entre les latitudes 70 °N et 50 °S, il se trouve dans les zones perturbées par l'homme tel que les bords de routes, les terres cultivées, les gravières et les zones de surpâturage (Hutchinson et al., 1984).

Plusieurs études ont montré la présence remarquable et la grande distribution de *S. oleraceus* dans les cultures céréalières et légumineuses dans différentes régions en Algérie (Guelma, Taref, Sétif, Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Oran, Mostaganem, Mascara, Chlef, le nord de Tiaret et celui de Saida) (Kazi-Tani et al., 2010 b ; Hamel & Azzouz, 2018 ; Nedjar & Ben Loucif, 2018 ; Oudina, 2018).

2.1.2.5. Cultures infestées

Le laiteron maraîcher se rencontre dans les champs de pois-chiches, d'haricot et des grandes cultures, plus particulièrement ceux de colza et de céréales (ITGC, 1976 ; Qasem, 1992 ; Cici et al., 2008 ; Doucet, 2013).

2.1.2.6. Nuisibilité du *Sonchus oleraceus*

a. Nuisibilité primaire

a.1. Nuisibilité directe

a.1.1. Allelopathie

Sonchus oleraceus a un grand potentiel allelopathique grâce à la présence des composés phénoliques; acide cafféique et cathécol (Hassan et al., 2014).

a.2. Nuisibilité indirecte

Sonchus oleraceus est un hôte secondaire de plusieurs déprédateurs tels que les aphides (*Uroleucon sonchi*, *Hyperomyzus lactucae*), les nématodes (*Patylenchus penetrans*) et les lépidoptères (*Helicoverpa armigera*) (Manuel et al., 1980 ; Gu & Walter, 1999 ; Ben Halima et al., 2012 ; Laamari et al., 2012). Ces nématode et ces aphides sont des vecteurs de plusieurs virus parmi lesquels on peut citer : le Sowthistle yellow vein virus (SYVV), le beet yellow stunt virus (BYSV) et le Beet western yellows virus (BWYV) (Wallis, 1967 ; Duffus, 1971).

b. Nuisibilité secondaire

Sonchus oleraceus produit une grande quantité de graines. Ainsi, un plant peut en produire 8000 jusqu'à 25000, ce qui lui vaut sa grande dissémination et son grand stock semencier. Ses graines peuvent avoir une germination de plus de 90 % et contaminent les récoltes des cultures commercialisées (Hutchinson, 1984 ; Chauhan et al., 2006 ; Chauhan et al., 2015) .

2.1.3. *Convolvulus arvensis* L.

Convolvulus arvensis L. appartient à la famille des Convolvulaceae qui est représentée par des herbacés, des ligneux, des plantes rampantes, des arbustes et arbres. Les espèces de cette famille sont réparties dans les régions tempérées et tropicales (Abd El-Gawad et al., 2014). *C. arvensis* est une espèce autochtones de la méditerranée qui comporte au moins 84 noms communs, c'est l'une des adventices les plus nuisibles au monde (Austin, 2000).

2.1.3.1. Position systématique

a. Classification classique

Selon Doucet (2013), la position taxonomique de *C. arvensis* est comme suit :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Superdivision : Spermatophyta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Solanales

Famille : Convolvulaceae

Genre : *Convolvulus*

Espèce : *Convolvulus arvensis* L.

b. Classification phylogéniques

La classification phylogénique positionne *C. arvensis* comme suit (Selosse, 2013) :

Clade : Eukaryota

Clade : Viridiplantae

Clade : Streptophyta

Clade : Tracheophyta

Clade : Euphyllophyta

Clade : Spermatophyta

Clade : Eudicotyledones

Clade : Asteridae

Clade : Lamiidae

2.1.3.2. Description botanique et biologique

Convolvulus arvensis, appelé communément «liseron des champs», est originaire d'Europe (DiTomaso et al., 2013). En Méditerranée, sa germination printanière fréquente, a lieu dès que les températures moyennes atteignent 12 à 13 °C. Selon Mamarot & Rodriguez (2011), *C. arvensis*, est une vivace pourvue de drageons. La plantule a une tige et des feuilles alternes. L'axe hypocotyle, épais, souvent brun rougeâtre, peut atteindre 2 cm. Les cotylédons, assez grands (18 à 22 mm × 8 à 10 mm), ont un limbe quadrangulaire parcouru de fines nervures pennées.

Les premières feuilles sont ovales, à sommet arrondi ou quelquefois aigues, échancrées à la base et se terminant par deux lobes aigues. Les feuilles suivantes sont caractéristiques de l'espèce, elles sont alternes et à nervation pennées. Le limbe est porté par un pétiole canaliculaire, à pilosité faible. Les feuilles ont un sommet obtus, aigu et apiculé. La tige (1,5 à 2 m) est très ramifiée, prostrée ou volubile et anguleuse, vrillée sur elle-même et discrètement pubescente dans sa partie distale (**Figure 3**).

La floraison s'étend de mai à octobre sous les conditions méditerranéennes. Les fleurs, blanches ou roses ou mêlées de blanc et de rose, solitaires ou géminées, de 2 à 3 cm, sont en forme d'entonnoir. Elles sont portées par des pédoncules munies en leur milieu de deux petites bractées linéaires.



Figure 3. Aspect de *Convolvulus arvensis* L. (Convolvulaceae).

2.1.3.3. Caractères écologiques

Le liseron des champs est une espèce mésoxérophile, présente sur tous les types de sols ; elle est plus fréquente sur ceux bien drainés, à pH basique ou neutre. Cette adventice colonise toutes les cultures mais surtout celles à cycle estival, qu'elles soient annuelles ou pérennes. Elle s'accommode bien aux sols secs, chauds et souvent peu fertiles. Elle est tout à la fois nuisible par compétition, gênante pour les cultures, voire par les phénomènes allélopathiques (Mamarot & Rodriguez, 2011).

2.1.3.4. Distribution géographique

Le liseron des champs pousse dans les régions tempérées, on le trouve aux États Unis et au Canada (DiTomaso et al., 2013). En Algérie, *C. arvensis* est partout dans le secteur numidien (la Calle), dans le secteur du Tell constantinois (constantinois au Djebel Ouahch) et dans le sous-secteur littorale (Mitidja) (Quezel & Santa, 1963). Plusieurs études ont montré la présence de *C. arvensis* dans plusieurs cultures (céréales, oliveraies, vergers d'agrumes et de fruits, vignobles) et dans différentes régions d'Algérie (*Sidi Bel Abbès, Oran, Annaba, Skikda*) avec un recouvrement très élevée (Fertout-Mouri, 2018 ; Hanitet, 2012 ; Hamel & Boulemtafes, 2017).

Selon Kazi-Tani et al. (2010 b), le *convolvulus arvensis* est considéré comme l'une des adventices les plus nuisibles du secteur oranais (Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Oran, Mostaganem, Mascara, Chlef, le nord de Tiaret et de Saida) pouvant coloniser pratiquement

tous les milieux écologiques (espèce très fréquente), sa grande adaptation à l'environnement agricole lui confère un potentiel d'envahissement des parcelles très important (espèce très abondante).

2.1.3.5. Cultures infestées

Convolvulus arvensis est une adventice vivace difficile à gérer surtout dans les cultures annuelles (tomate, haricot, courgette, melon, luzerne, blé, maïs et sorgho), dans les vergers, les vignobles et les zones pastorales. Il se trouve aussi aux bords des routes et sur les rives des lacs (Schweizer et al., 1978 ; Packer & Krall, 1989 ; Heering & Peeper, 1991 ; Boydston & Williams, 2004 ; Abd El-Gawad et al., 2014). La densité de *C. arvensis* est conditionnée par la culture. En général, sa densité est plus élevée dans les champs de blés (Jurado-Expósito et al., 2004).

2.1.3.6. Nuisibilité de *Convolvulus arvensis*

a. Nuisibilité primaire

a.1. Nuisibilité directe

a.1.1. Compétition

La croissance rapide de *C. arvensis* lui permet de couvrir les jeunes plantules et les étouffer ce qui entraîne une diminution de rendement (Balicevic et al., 2014). Cette adventice a des capacités concurrentielles dues en grande partie à son système étendu de racines et à sa tolérance aux conditions environnementales. La concurrence de *C. arvensis* réduit considérablement le poids frais et sec de la tomate ainsi que sa teneur en NPK (Kazinczi et al., 2007 ; Abd El-Gawad et al., 2014).

a.1.2. Allélopathie

Balicevic et al. (2014) ont démontré un effet allélopathique de *C. arvensis* sur la germination des graines de tomate.

a.2. Nuisibilité indirecte

Les produits chimiques efficaces contre le liseron des champs peuvent souvent affecter beaucoup d'autres plantes cultivées, ce qui pose des problèmes écologiques (Défago et al., 2001). Le désherbage chimique printanier paraît particulièrement favoriser cette espèce vivace (Boudjedjou & Fenni, 2011).

b. Nuisibilité secondaire

b.1. Stock semencier

Convolvulus arvensis représente un sérieux problème dans les communautés des plantes par sa haute capacité de régénération. Les rhizomes et les racines détachées ont un grand potentiel de production représenté par un large nombre de nouvelles racines (Abd El-Gawad et al., 2014). La profondeur de son enracinement, jusqu'à 2 m, lui permet de ne pas être (ou très peu) affecté par les herbicides à action racinaire, qui agissent habituellement à la surface ou dans les couches superficielles du sol (Boudjedjou & Fenni, 2011).

Le grand nombre de graines produites et leur longévité lui offre sa grande dispersion et sa persistance (Abd El-Gawad et al., 2014). Les graines deviennent mûres environ 3 semaines après la floraison, elles peuvent germer dans les 10 jours qui suivent la maturation. Les graines du liseron des champs ont un tégument dur et imperméable qui leur permet de rester dormantes, mais viables dans le sol pendant de nombreuses années, un seul plant peut produire jusqu'à 500 graines dont la durée de vie peut atteindre 50 ans (Morishita et al., 2005 ; Schaub, 2010).

2.2. *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.

2.2.1. Généralités sur les *Alternaria*

Le genre *Alternaria* contient approximativement 100 espèces réparties dans le monde entier dans des zones agro-climatiques et écosystèmes différents. Les *Alternaria* peuvent être des endophytes, des saprophytes ou des phytopathogènes (Lou et al., 2013 ; Meena et al., 2017 a) comme ils peuvent être associés à une grande variété de substrats, notamment les semences, les plantes, les produits agricoles, les animaux, le sol et l'atmosphère (Saharan et al., 2016).

La majorité des espèces d'*Alternaria* sont totalement dépourvues de sexualités mais certaines ont une reproduction sexuée dans leur cycle de vie (Mamgain et al., 2013).

Plusieurs espèces d'*Alternaria* sont connues par leur production de toxines spécifiques (AAL, AK-, AM-, AF-, ACR- et ACT-) et non spécifiques (brefeldin A, acide tenuazonique, tentoxin et zinniol) qui tuent les cellules hôtes des plantes et en affectent plusieurs fonctions physiologiques de leurs structures cellulaires (mitochondries, chloroplastes, complexe de Golgi, membrane plasmique....) (Akamatsu, 2004 ; Lou et al., 2013 ; Nagrale et al., 2016 ; Meena et al., 2017).

Plusieurs souches d'*A. alternata* sont saprophytes mais certaines sont nécrotrophes et causent des maladies sévères chez les plantes (Salamiah et al., 2001 a). *Alternaria alternata* est un champignon pathogène capable de synthétiser la mélanine (rôle protecteur) et les toxines spécifiques et non spécifiques (Thomma, 2003 ; Kheder et al., 2012 ; Wojciechowska et al., 2014). Les toxines spécifiques de cette espèce sont considérées comme un facteur déterminant de la pathogénicité et de la virulence (Salamiah et al., 2001 b), Les toxines non spécifiques à l'hôte ont des effets phytotoxiques relativement faibles, ils affectent un large spectre d'espèces végétales et sont considérées comme un facteur supplémentaire de pathogénicité en plus des mécanismes de pénétration et des processus enzymatiques (Meena et al., 2017). Les symptômes causés par cette espèce dépendent essentiellement des conditions d'humidité, de l'hôte et des variétés (Malandrakis et al., 2015).

.2.2.2. Position systématique

Selon Mamgain et al. (2013), la position systématique d'*A. alternata* est comme suit :

Règne : Fungi

Phylum : Ascomycota

Sous-phylum : Pezizomycotina

Classe : Dothideomycetes

Ordere : Pleosporales

Famille : Pleosporaceae

Genre : *Alternaria*

Espèce : *A. alternata* (Fr) Keissl.

2.2.3. Biologie des *Alternaria*

Le genre *Alternaria* est caractérisé par la formation de conidies pigmentées multicellulaires polymorphes, isolées ou en chaînes courtes ou longues, les conidies sont dictyspores, elles sont plus larges près de la base et s'effilent progressivement pour former un bec plus ou moins long.

Les conidiophores de la majorité des espèces d'*Alternaria alternata* produisent des spores asexuées (conidies) mesurant entre 30 et 40 µm de longueur. Dans des conditions *in-vitro*, la sporulation se produit à une température comprise entre 8 et 24 °C et les spores matures apparaissent après 14 à 24 h. Les températures optimales se situent entre 16 et 24 °C avec un temps de sporulation compris entre 12 à 14 h (Mamgain et al., 2013).

2.2.4. Processus infectieux des *Alternaria*

Le processus infectieux mis en place par les champignons du genre *Alternaria* pour infecter leurs hôtes peut se dérouler en trois étapes: conservation, pénétration et invasion et enfin dissémination.

2.2.4.1. Conservation

Les champignons du genre *Alternaria* peuvent survivre longtemps sous forme de mycélium ou de spores sur des débris végétaux en décomposition, ou sous forme d'infection latente dans les graines (les semences attaquées peuvent constituer l'inoculum primaire). Ces champignons n'ont pas de spores hivernantes (Marchegay, 1990 ; Rotem, 1994).

2.2.4.2. Pénétration et invasion

Une fois les conidies en contact avec le tissu végétal (hôte), elles commencent à germer et à former d tubes germinatifs, cette étape est fortement influencée par les conditions environnementales (les conidies d'*Alternaria* germent dans une large gamme de températures, mais elles nécessitent un taux d'humidité élevé) (Hatzipapas et al., 2002).

La pénétration est assurée par les tubes germinatifs avec des appressoria à différents endroits de la surface de la feuille (pénétration directe). Cependant, la pénétration à travers les stomates et les blessures se fait par les tubes germinatifs sans appressoria (pénétration indirecte) (Gupta et al., 1998).

Le processus enzymatique lytique intervient aussi dans le mécanisme de pénétration à l'aide d'enzymes telles que la polygalacturonase, la pectine lyase, la pectine méthylestérase, cutinase, lipase et la cellulase (Hatzipapas et al., 2002 ; Thomma, 2003).

Les toxines interviennent aussi dans l'infection avec les toxines spécifiques à l'hôte (HST) et les toxines non spécifiques à l'hôte (nHST) (Hatzipapas et al., 2002).

2.2.4.3. Dissémination

La dissémination des spores se fait par le vent, l'eau, les outils et les animaux. *Alternaria* spp. peuvent survivre dans des adventices sensibles ou des cultures pérennes (Maude & Humpherson-Jones, 1980). Les résidus de cultures infectées laissées sur le sol après la récolte constituent également une source d'infection pour la majorité de ces champignons (Mamgain et al., 2016).

2.2..5. Métabolites produits par les *Alternaria*

Les métabolites produits par *Alternaria* spp. peuvent être regroupés en plusieurs catégories : les composés azotés, les stéroïdes, les terpénoïdes, les pyranones (pyrones), les quinones et les phénols. Plusieurs métabolites sont spécifiques à une espèce d'*Alternaria*, mais la plupart des métabolites sont produits par plusieurs espèces. Le métabolite le plus répandu est l'alternariol qui a été isolé de plusieurs espèces d'*Alternaria*. Certains métabolites ont également été isolés à partir d'autres genres de champignons et même de plantes supérieures. Les exemples typiques sont les toxines AAL provenant de *Fusarium*, acide helvolique d'*Aspergillus*, paclitaxel de l'if (*Taxus* spp.) (Saharan et al., 2016). La plupart des toxines spécifiques à l'hôte fongique sont des métabolites (Mamgain et al., 2013).

2.2.6. Potentiel mycoherbicide des *Alternaria*

Plusieurs espèces d'*Alternaria* ont été étudiées pour leur potentiel mycoherbicide à l'égard des adventices. L'étude de Abbas & Barrentine (1995) a confirmé que le *Xanthium strumarium* peut être contrôlé par *Alternaria helianthi*.

Une étude faite par Vurro et al. (1998) a montré que *Alternaria zinniae* est l'agent causal de nécroses du *Xanthium occidentale*, ces nécroses sont dues à la présence de deux métabolites toxiques ; le brefeldin A et le $\alpha\beta$ -dehydrocurvularin.

Dans les expérimentations de Saxena & Kumar (2007 ; 2010), *Alternaria alternata* a causé une mortalité de 100 % chez les plants de *Parthenium hysterophorus*, cette dernière est une adventice invasive considérée comme une menace pour l'agriculture.

Selon l'étude de Kaur & Aggarwal (2015), *Alternaria macrospora* peut être utilisé pour lutter contre *Parthenium hysterophorus*. *Alternaria sonchi* produit des mycotoxines (Alternethanoxins C-E) qui peuvent causer des dommages sur les feuilles de *Sonchus arvensis* (Berestetskiy et al., 2015).

I. Introduction

Les trois adventices étudiées, à savoir *Xanthium strumarium* L., *Sonchus oleraceus* L. et *Convolvulus arvensis* L. ont été rapportées comme étant des plantes hôtes de plusieurs espèces fongiques. Ainsi, plusieurs études ont montré que *X. strumarium* est l'hôte de plusieurs agents pathogènes tels que *Plasmopara angustiterminalis*, *Diaporthe helianthi* (Komjáti et al., 2007 ; Vrandecic et al., 2010). Concernant *S. oleraceus*, l'étude de Scott & McCarren (2012) a révélé la présence de 14 agents phytopathogènes associés à cette adventice dont le plus répandu est *Miyagia pseudosphaeria*. De plus plusieurs travaux se sont focalisés sur le développement des mycoherbicides basés sur *Alternaria sonchi* et *Ascochyta sonchi* et l'identification de leurs métabolites secondaires (Cimmino et al., 2008 ; Evidente et al., 2009).

Convolvulus arvensis a fait également l'objet de plusieurs travaux tels que l'étude réalisée par Pfirter et al. (1997) qui a recensé 268 isolats fongiques appartenant à 28 genres dont les plus répandus sont *Phoma*, *Septoria*, *Stagonospora*, *Alternaria* et *Fusarium*.

Par ailleurs, différentes espèces fongiques du genre *Alternaria* ont été précédemment signalées sur plusieurs adventices des mêmes genres (Siddiqui et al., 2009 ; 2010). *Alternaria zinniae* et *A. hilianti* ont été signalés sur *Xanthium* spp. (Abbas & Barrentine, 1995 ; Vurro et al., 1998), *A. sonchi* et *A. alternata* sur *Sonchus* spp. (Elliott, 1916 ; Evidente et al., 2009 ; Zafari & Razaghi, 2013) et *A. brassicae* et *A. solani* sur *Convolvulus arvensis* (Saharan et al., 1982 ; Akhtar et al., 2011).

De nombreuses souches d'*Alternaria* spp. sont saprophytes mais certaines sont connues par leur pouvoir pathogène (Salamiah et al., 2001a ; Thomma, 2003). L'une des principales caractéristiques des espèces d'*Alternaria* est la production de mélanines et de toxines spécifiques à l'hôte dans le cas des espèces pathogènes. Les *Alternaria* sont des pathogènes foliaires qui causent la destruction des tissus de l'hôte entraînant la formation de lésions nécrotiques (Thomma, 2003). Les symptômes dépendent principalement des conditions climatiques, de la sensibilité de l'hôte et du cultivar (Malandrakis et al., 2015).

L'objectif de la présente étude est: i) d'isoler des champignons à partir de feuilles de *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus* et *Convolvulus arvensis* présentant des symptômes d'attaque collectées de la station expérimentale et de la ferme centrale de l'ENSA, ainsi que de la station expérimentale de l'ITGC de Oued Semar à Alger, ii) d'identifier les principaux isolats fongiques par des analyses morphologiques et moléculaires et iii) de déterminer leur pathogénicité à l'égard des trois adventices dans des conditions contrôlées.

II. Matériel et méthodes

1. Matériel utilisé

1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans ce chapitre consiste en des plantules obtenues par semis de graines et des plantules ainsi que des feuilles détachées collectées de la station expérimentale de l'ENSA. (36°43'19.3"N, 3°08'58.6"E et 36 m au-dessus du niveau de la mer).

Pour la réalisation des tests *in-vitro*, les feuilles (stade 4 à 5 feuilles) de trois adventices à savoir : *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus* et *Convolvulus arvensis* ont été collectées.

Pour la réalisation des tests *in-vivo*, des plantules de *X. strumarium* au stade cotylédonaire ont été collectées et plantées dans un mélange de sol-terreau (2/3: 1/3) réparti dans des pots en plastique (14 cm x 12 cm : diamètre x hauteur), à raison de deux plantules par pot.

Les plantules de *S. oleraceus* ont été obtenues à partir d'un semis dans un mélange sol-terreau (2/3 : 1/3) réparti dans des pots en plastique (9,5 cm x 10,5 cm : diamètre x hauteur). A la levée, cinq plantules ont été gardées par pot.

1.2. Matériel fongique

Les champignons ont été isolés à partir des feuilles des trois adventices (*C. arvensis*, *S. oleraceus* et *X. strumarium*) collectées de la station expérimentale et de la ferme centrale de l'ENSA, ainsi que de la station expérimentale de l'ITGC de Oued Semar à Alger, présentant des symptômes de maladie de taches foliaires.

1.2.1. Isolement

L'isolement a été réalisé selon les étapes suivantes : **1)** découpage des feuilles nécrosées au front d'attaque à l'aide d'un scalpel stérile, **2)** désinfection des fragments coupés avec de l'hypochlorite de sodium (NaClO) à 2 % durant 5 minutes, **3)** 3 rinçages successifs des fragments dans un bain d'EDS durant 5 minutes pour chaque rinçage, **4)** séchage des fragments sur du papier buvard stérile, **5)** dépôt des fragments dans des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA (5 fragments par boîte) dont la constitution est présentée dans l'**annexe 1.1**, **6)** incubation des boîtes dans l'obscurité à 20 °C.

1.2.2. Repiquage

Après 7 jours de développement des colonies, des explants ont été prélevés de la bordure de la colonie puis déposés au centre de la nouvelle boîte contenant le même milieu de culture. Des préparations microscopiques ont été par la suite effectuées pour observer les structures fongiques.

1.2.3. Monospore des isolats fongiques

Afin de purifier les isolats, des monospores ont été effectuées comme suit : **1)** repiquage des trois isolats dans boîte de Pétri contenant le milieu PDA, **2)** après 21 jours d'incubation, prélèvement des spores à l'aide d'une anse stérile et humide, **3)** dépôt des spores collectées dans 1 ml d'eau stérile suivi d'un passage au vortex, **4)** étalement d'une boucle remplie de cette suspension sur une lame gélosée déjà préparée, **5)** après 48 h, repérage de la spore isolée germée sous-microscope et repiquage dans une nouvelle boîte de Pétri contenant le milieu PDA, **6)** incubation des boîtes à une température de 20 °C, **7)** repiquage à partir de la colonie développée (Leyronas et al., 2012).

1.2.4. Sélection des isolats fongiques

Afin de choisir les isolats les plus agressifs, une sélection a été faite avec un test de pathogénicité sur les feuilles détachées des trois adventices tel que décrit dans le paragraphe dédié à cette partie.

2. Identification des isolats fongiques sélectionnés

2.1. Identification morphologique

Cette identification a porté sur l'examen des symptômes sur les feuilles et de l'aspect morphologique et microscopique des isolats sélectionnés.

L'examen morphologique s'est basé sur l'observation de l'aspect et de la couleur de la colonie ainsi que de la diffusion des pigments hydrosolubles sur le milieu.

Quant à l'examen microscopique, il a consisté en l'observation des structures fongiques telles que le mycélium (septé ou siphonné, hyalin ou pigmenté) et les conidies: leur développement (endogènes ou exogènes, solitaires ou en chaînes), leurs caractéristiques (forme, couleur, nombre et leur disposition de séptations : transversales et longitudinales) et leurs mensurations (mesure de 50 conidies pour chaque espèce à l'aide d'un micromètre) (Chabasse et al., 2002).

2.2. Identification moléculaire

L'ADN des isolats fongiques a été extrait à partir de mycéliums cultivé sur PDA à l'aide de kits QIAGEN DNeasy (50), suivant les instructions du fabricant. Les marqueurs génétiques ITS : ITS1 / ITS4 (Internal Transcribed Spacer), rpb2 (RNA polymerase II second largest subunit) et gapdh (glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase) ont été amplifiés par PCR (polymerase chain reaction) en utilisant les amorces appropriées (**Tableau 3**) (Woudenberg et al., 2013 ; 2015). Toutes les amplifications ont été réalisées à l'aide du thermocycleur MyCycler (Biorad, USA) avec un mélange PCR de 50 µl composé de 2 µl d'ADN génomique, 1 µl de chaque amorce (10 µM), 10 µl de 5x tampon Hot Sart Taq ADN polymérase (Promega, France), 0,2 µl Taq ADN polymérase (5 U/ µl) (Promega, France), 3 µl de MgCl (25 mM) et 0,4 µl de mélange dNTP (25 mM). Les amplifications ont été effectuées pendant 35 cycles, chacun consistant en 30 s à 95 °C, 30 s à 55 °C et 45 s à 72 °C, avec une étape d'activation initiale de 5 min à 95 °C et une extension finale de 5 min à 72 °C.

Les produits PCR (10 µl) ont été séparés sur des gels d'agarose à 1,5 % colorés au bromure d'éthidium (0,5 µg/ml), puis séparés à 100 V pendant 25 min et visualisés dans le système Gel Doc (Biorad, USA) pour vérifier si la réaction PCR avait réussi.

Les produits PCR ont été nettoyés avec le Wizard® SV PCR Clean-Up System (Promega, France), en suivant le protocole du fabricant. Les produits purifiés ont été séquencés à l'aide d'amorces (ITS, rpb2 et gapdh) et le séquençage Sanger a été effectué à l'aide du kit de séquençage cyclique de BigDye Terminator v3.1 (Applied Biosystems). Le séquençage a été effectué par Eurofins Genomics, Allemagne.

Les séquences obtenues (ITS, rpb2 et gapdh) ont été comparées aux séquences de la souche type d'*Alternaria alternata* CBS 916.96 (numéro d'accès ; ITS : KF465761, rpb2 : KC584375 et gapdh : AY278808) en utilisant « Align Sequences Nucleotide BLAST, NCBI».

Les séquences des gènes utilisées dans l'identification des isolats ont été déposées en ligne (ITS) ou par le logiciel sequin (rpb2 et gpd2) dans la banque de gènes NCBI.

Tableau 3. Séquences des amorces utilisées.

Amorces	Séquences 5'-3'	Références
ITS1	CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA	Gardes & Bruns, 1993
ITS4	TCCTCCGCTTATTGATATGC	
gpd1	CAACGGCTTCGGTCGCATTG	Berbee et al., 1999
gpd2	GCCAAGCAGTTGGTTGTGC	
fRPB2-5F	GA(T/C)GA(T/C)(A/C)G(A/T)GATCA(T/C)TT(T/C)GG	Liu et al., 1999
fRPB2-7cR	CCCAT(A/G)GCTTG(T/C)TT(A/G)CCCAT	

3. Tests de pathogénicité

3.1. Préparation de la suspension de spores

Les suspensions de spores ont été préparées selon les étapes suivantes : **1)** collecte des spores du champignon âgé de 21 jours de la surface de la boîte de Pétri à l'aide d'un racleur stérile après ajout de 5 ml d'EDS, **2)** filtration de la suspension de spores à l'aide d'une passoire permettant d'éliminer le mycélium et ses débris, **3)** évaluation des concentrations initiales des suspensions en utilisant une cellule de Malassez, et ajustement afin d'obtenir la concentration recherchée (Siddiqui et al., 2010). La concentration de 10^6 spores/ml a été utilisée dans toutes les expérimentations (Babu et al.,).

3.2. Test *in-vitro*

Les feuilles détachées des trois adventices ont été déposées (côté dorsal) sur du papier filtre humidifié stérile dans des boîtes de Pétri ($\varnothing = 9$ mm) et traitées par la suspension de spores (50 μ l), les feuilles détachées témoins ont été traitées avec de l'eau distillée stérile (EDS), (Chrysai-Tokousbalides, 1997). Toutes les boîtes ont été incubées dans les conditions de laboratoire (à 26 °C et 55 % d'humidité relative, HR). Les observations ont été faites à partir du 2ème jour du traitement et jusqu'au quinzième.

L'estimation de la sévérité de la maladie a été effectuée sur la base d'une échelle de notation de 0 à 5 (Bhat et al., 2013), comme suit : 0 = pas d'infection; 1= 0.1-10 % , 2= 10.1-25 % , 3= 25.1-50 % , 4=50.1-75 % , 5= plus de 75 % de la surface foliaire attaquée.

3. 3 Test *in-vivo*

Les plantules des deux adventices *X. strumarium* et *S. oleraceus* (au stade 4-5 feuilles) cultivées en pots ont été inoculées par pulvérisation de la suspension de spores de l'isolat

correspondant. Chez les témoins, les plantules ont été traitées par de l'eau distillée stérile (EDS). Les témoins ont été incubés dans les mêmes conditions que les plantules inoculés.

Sept jours après la première inoculation, une seconde application a été faite afin de mieux favoriser l'expression des symptômes.

Les notations ont été faites à partir du 4^{ème} jour du 1^{er} traitement et jusqu'au 28^{ème} jour.

L'estimation de la sévérité de la maladie a été effectuée avec la même échelle utilisée pour les feuilles détachées.

III. Résultats

Lors des prospections, plusieurs symptômes de maladies ont été observés sur des feuilles attaquées des trois adventices, à savoir des taches nécrotiques, du feutrage blanc sur la face supérieure et des pustules blanches et rouges.

Néanmoins, le symptôme le plus dominant est celui des taches nécrotiques, avec une incidence approximative de 70 % et une sévérité d'attaque allant de 50 à 70 %.

Notre choix s'est porté sur le symptôme des taches nécrotiques en raison de sa prédominance et (incidence et sévérité d'attaque élevées) et la facilité d'isoler les champignons nécrotrophes par rapport aux champignons biotrophes.

Au total, 15 isolats ont été obtenus et soumis à des tests de pathogénicité sur les feuilles détachées des trois adventices. Les trois isolats les plus agressifs ont été retenus (l'isolat 1 codé "X3", l'isolat 2 codé "S1" et l'isolat 3 codé "C1" isolés respectivement des feuilles de *X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis*).

L'identification morphologique et moléculaire de ces trois isolats a montré qu'ils appartiennent tous à *Alternaria alternata*.

1. Symptomatologie et aspect cultural et morphologique des conidies

1.1. *Alternaria alternata* isolat X3

Ce champignon infecte les feuilles de *Xanthium strumarium*, sur lesquelles il produit de nombreuses tâches nécrotiques, brunes circulaires ou irrégulières, entourées d'un halo chlorotique (**Figure 4-a1**). Cultivé sur le milieu PDA, le champignon pousse d'une manière suffisamment rapide. Les colonies sont de couleur vert foncé au centre et vert clair à la périphérie (**Figure 4-a2**). Le mycélium est mélanisé et ras. Les conidies mesurant 15-30 x 5-10 µm sont ellipsoïdes teintées de brun et forment de longues chaînes acropètes (6-12

conidies) (**Figure 4-a3**). Elles sont pourvues de séptations transversales (2-4) et longitudinales (0-3), ainsi que d'un bec court mesurant 2,5-10 μm (**Figure 4-a4**). Ces caractéristiques morphologiques sont semblables à celles d'*Alternaria tenuissima*) (Champion, 1997 ; Simmons, 2007).

1.2. *Alternaria alternata* isolat S1

Ce champignon infecte les feuilles et les tiges de *Sonchus oleraceus* sur lesquelles il forme des tâches nécrotiques apparaissant sous forme d'anneaux concentriques entourés d'un cercle noir (**Figure 4-b1**). La colonie de ce champignon forme sur le milieu PDA des cercles concentriques de couleur brun foncé (**Figure 4-b2**) et possède un mycélium mélanisé et cloisonné. Les conidies de forme ellipsoïdale (20-35 $\times$ 7-13 μm), sont de couleur brun olive pourvues de séptations transversales (2-4) et longitudinales (0-2), ainsi que d'un bec court mesurant 2,5-5 μm (**Figure 4-b4**) et forment de courtes chaînes acropètes (≤ 4) (**Figure 4-b3**). Sur la base de ces caractéristiques, le champignon a été identifié comme étant *Alternaria alternata* (Simmons, 2007).

1.3. *Alternaria alternata* isolat C1

Les symptômes sur les feuilles de *Convolvulus arvensis* apparaissent sous forme d'anneaux concentriques bruns (**Figure 4-c1**). Les colonies fongiques se présentent sous la forme de cercles concentriques de couleur gris-vert entourés d'un cercle vert clair (**Figure 4-c2**). Le champignon possède un mycélium mélanisé aérien plus ou moins dense. Les conidies (15-30 $\times$ 7,5-12,5 μm) forment de courtes chaînes acropètes (≤ 4) (**Figure 4-c3**), elles sont de forme ellipsoïdale ou obclavée, de couleur brun olive foncé et divisées par 2-3 septa transversaux et 1-2 septa longitudinaux, elles sont aussi pourvues d'un bec court mesurant 2,5-10 μm (**Figure 4-c4**). Selon ces caractéristiques, ce champignon a été aussi identifié comme étant *Alternaria alternata* (Simmons, 2007).

Le **tableau 4** présente une comparaison des symptômes de maladie et des caractéristiques morphologiques des trois isolats d'*Alternaria alternata* (X3, S1 et C1).

Tableau 4. Tableau comparatif des symptômes et des caractéristiques morphologiques des trois isolats d'*Alternaria alternata*.

Isolats Caractéristiques	<i>A. alternata</i> X3	<i>A. alternata</i> S1	<i>A. alternata</i> C1
Symptômes	Tâches nécrotiques brunes circulaires ou irrégulières, entourées d'un halo chlorotique.	Tâches nécrotiques sous forme d'anneaux concentriques entourés d'un cercle noir.	Tâches nécrotiques sous forme d'anneaux concentriques bruns.
Aspects cultureux	Couleur vert foncé au centre et vert clair à la périphérie.	Cercles concentriques de couleur brun foncé.	Cercles concentriques de couleur gris-vert entourés d'un cercle vert clair.
Formes et couleurs des conidies	Ellipsoïdes brunes	Ellipsoïdes de couleur brun olive	Ellipsoïdes ou (obclavée), de couleur brun olive foncé
Mesure des conidies	15-30 x 5-10 µm	20-35×7-13 µm	15-30×7,5-12,5 µm
Mesure des becs	2,5-10 µm	2,5-5 um	2,5-10 µm
Type et nombre de séptations	2-4 trans. 0-3 long.	2-4 trans. 0-2 long.	2-3 trans. 1-2 long.
Type de Chainette	Longue	Courte	Courte

Trans.: Transversale, Long.: Longitudinales.

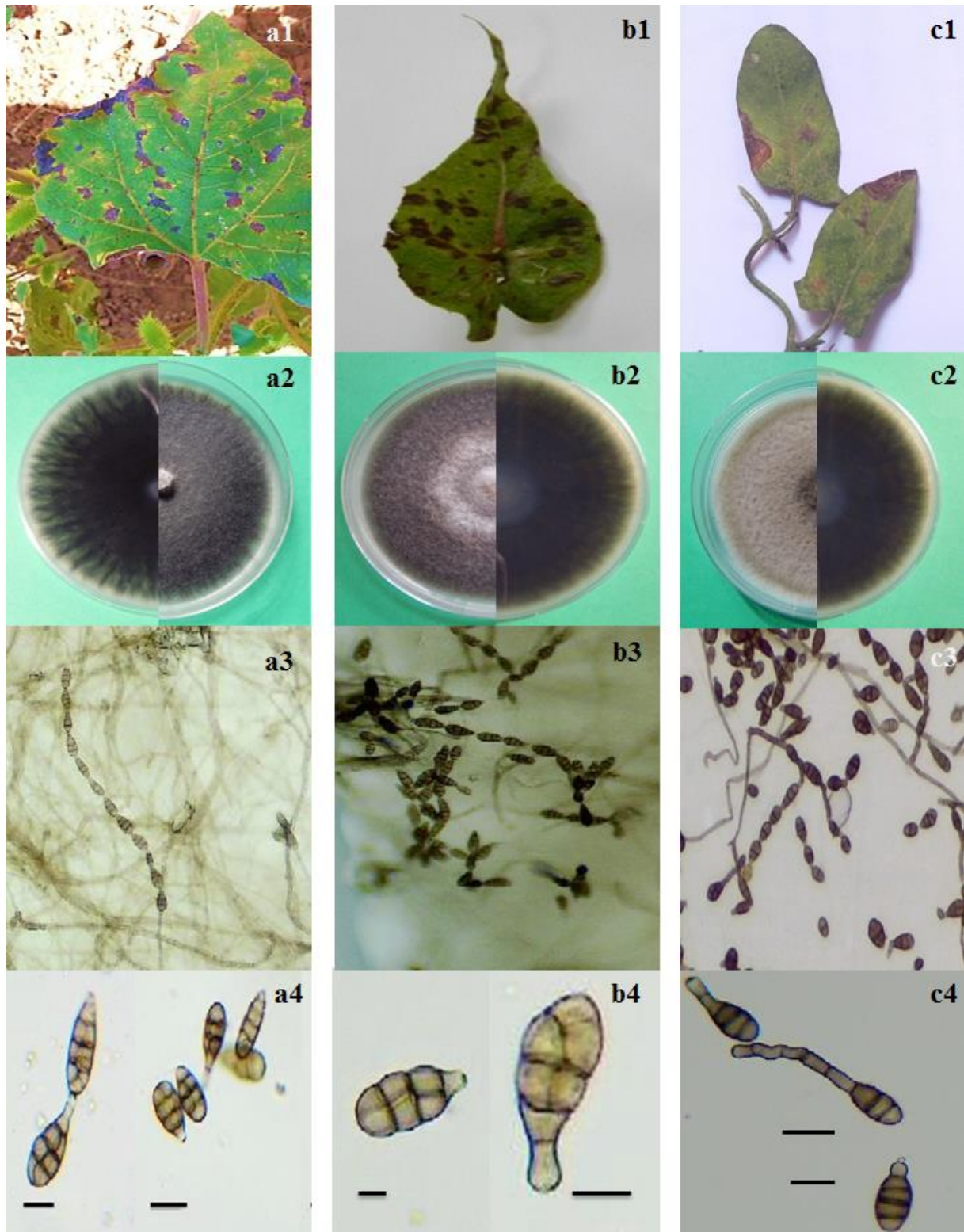


Figure 4. Taches foliaires de *Xanthium strumarium* (a), *Sonchus oleraceus* (b) et *Convolvulus arvensis* (c) causées par l'isolat X3, S1 et C1 d'*Alternaria alternata*. a1, b1, c1 / Symptômes sur feuilles prélevées au champ, a2, b2, c2 / Croissance des colonies sur milieu PDA (faces supérieure et inférieure), a3, b3, c3 / Chainettes de conidies (Gr. $\times 100$), a4, b4, c4 / Conidies (Gr. $\times 400$). Échelle = 5 μm .

2. Identification moléculaire

L'alignement des séquences obtenues des trois marqueurs génétiques ITS1/ITS4, rpd2 et gapdh des trois isolats fongiques avec les séquences d'ITS1/ITS4, rpd2 et gapdh de la souche type CBS 916.96 d'*Alternaria alternata* a montré une grande similarité, les taux de similitude sont mentionnés dans le **Tableau 5**.

Après avoir déposé les séquences dans la banque de gènes NCBI, cette dernière a attribué à son tour des numéros d'accèsion pour chaque séquence des trois marqueurs génétiques ITS1/ITS4, rpb2 et gapdh des trois isolats fongiques (**Tableau 6**).

Tableau 5. Taux de similitude de chaque séquence des trois marqueurs génétiques des trois isolats fongiques avec les séquences des trois marqueurs génétiques de la souche type CBS 916.96.

Marqueurs génétiques Isolats	ITS/ITS	rpb2	Gapdh
<i>Alternaria alternata</i> X3	99%	99%	99%
<i>Alternaria alternata</i> S1	99%	/	/
<i>Alternaria alternata</i> C1	99%	99%	/

Tableau 6. Numéros d'accèsion de chaque séquence des trois marqueurs génétiques ITS, rpb2 et gapdh des trois isolats fongiques.

Marqueurs génétiques Isolats	ITS1/ITS4	Rpb2	Gapdh
<i>Alternaria alternata</i> X3	MH827056	MN922279	MN971577
<i>Alternaria alternata</i> S1	MH879766	/	/
<i>Alternaria alternata</i> C1	MH828350	MN922280	/

3. Pathogénicité

Deux jours après l'inoculation, toutes les feuilles détachées inoculées de *X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis* ont montré des symptômes. À la fin de l'essai, les feuilles ont atteint une sévérité de maladie (nécrose) supérieur à 90 %. Pour ce qui est de l'essai sur les plantules, une semaine après inoculation des plantules, des symptômes de taches foliaires sont apparus sur les feuilles des plantules de *X. strumarium* et *S. oleraceus*, qui étaient similaires à ceux des feuilles infectées naturellement.

À la fin du test, une sévérité de maladie de 69 % a été notée. Les trois champignons ont été systématiquement ré-isolés de feuilles inoculées de *X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis*.

IV. Discussion

Les résultats obtenus ont montré que les trois champignons isolés des trois adventices (*X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis*) appartiennent tous à l'espèce d'*Alternaria alternata*. Ces champignons ont causé les mêmes symptômes mais ils ont montré différents aspects culturels et morphologiques, ceci est en accord avec Pusz (2009) a rapporté que les isolats d'*Alternaria alternata* isolés d'*Amaranthus cruentus*, *A. paniculatus* et *A. retroflexus* ont différentes durées de croissance et différents aspects culturels. Bessadat et al. (2014) ont trouvé aussi que l'aspect culturel (forme, couleur et aspect de mycélium) des isolats d'*Alternaria alternata* obtenus de tomate était différent. Différents aspects culturels et morphologiques ont été également exhibés par les isolats d'*Alternaria mali* et *Alternaria porri* (Sofi et al., 2013 ; Mohsin et al., 2016).

Cette différence morphologique peut être expliquée par la différence d'hôtes, les caractères phénotypiques sont influencés par les conditions environnementales et peuvent être responsables d'une telle variabilité (Sofi et al., 2013).

Afin de vérifier l'existence de travaux signalant l'existence d'*A. alternata* sur ces trois adventices, plusieurs bases de données en ligne ont été consultées (CAB: Centre for Agriculture and Bioscience International, CBS: Centraal bureau voor Schimmel cultures, ARS Culture Collection (NRRL): Agricultural Research Service Culture Collection (Northern Regional Research Laboratory)).

Un peu plus de 60 espèces fongiques ont été signalées sur *X. strumarium*, sur *S. oleraceus* et sur *C. arvensis* (Farr & Rossman, 2018). Les genres les plus communs sont *Oidium* sur *X. strumarium*, *Bremia*, *Puccinia* et *Septoria* sur *S. oleraceus*, *Erysiphe* et *Septoria* sur *C. arvensis*.

Seules quelques espèces d'*Alternaria* ont été signalées sur ces trois adventices. *Alternaria tenuis*, *Alternaria helianthi*, *Alternaria zinniae* et *Alternaria tenuissima* ont déjà été signalés sur *X. strumarium* (Quimby, 1989 ; Abbas & Barrentin, 1995 ; Vurro et al., 1998 ; Farr & Rossman, 2018), seul *Alternaria sonchi* est connu pour infecter naturellement *S. oleraceus* (Simmonds, 1966). *Convolvulus arvensis* a été signalé comme hôte d'*Alternaria*

brassicae, *A. solani*, *A. tenuissima* var. *godetiae* et *A. triticina* (Saleem et al., 2015 ; Farr & Rossman, 2018). *Alternaria alternata* a également été isolé à partir de *C. arvensis* et évalué pour son potentiel herbicide (Pfirter et al., 1997 ; Zeidali, 2011). Il s'agit d'un premier signalement d'*A. alternata* infectant naturellement *X. Strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis* en Algérie.

I. Introduction

La gestion des maladies en agriculture est principalement réalisée par l'application des pesticides chimiques. Cette stratégie de protection est efficace et rentable mais elle présente des risques pour l'homme et l'environnement (Leach & Mumford, 2008), d'où la nécessité de réduire l'utilisation des pesticides de synthèse en faveur de produits alternatifs non chimiques (Manganiello et al., 2018) ou de réduire les doses recommandées (Barros et al., 2011 ; Talgre et al., 2004).

Par conséquent, l'élaboration de stratégies biologiques visant à améliorer la production végétale et la salubrité des aliments est devenue un sujet de recherche de pointe en sciences biologiques et agricoles (Manganiello et al., 2018). De nombreux micro-organismes bénéfiques sont déjà utilisés comme ingrédients actifs dans les bio-pesticides, les bio-fertilisants et les bio-stimulants (Verma et al., 2007). L'une des stratégies les plus efficaces pour lutter contre les adventices est la lutte biologique avec des champignons phytopathogènes (Boyette et al., 1996).

Plusieurs espèces d'*Alternaria* ont été évaluées pour leur potentiel mycoherbicide contre les adventices. À titre d'exemple on peut citer, *A. macrospora* et *A. alternata* utilisées pour contrôler *Parthenium hysterophorus* (Saxena & Kumar, 2007 ; 2010 ; Kaur & Aggarwal, 2015), *A. sonchi* contre *Sonchus arvensis* (Berestetskiy et al., 2015), *A. zinniae* contre *Xanthium occidentale* (Vurro et al., 1998), *A. helianthi* contre *Xanthium strumarium* (Abbas & Barrentine, 1995) et *A. alternata* contre *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Rumex dentatus*, *Eupatorium adenophorum*, *Viscum album*, *Ageratina adenophora* et *Eichhornia crassipes* (Ghorbani et al., 2000 ; Lawrie et al., 2002 ; Babu et al., 2003 ; El-Morsy et al., 2006 ; Qiang et al., 2006 ; Ray et al., 2008 ; Qiang et al., 2010 ; Siddiqui et al., 2010 ; kotan et al., 2012).

Ces champignons peuvent produire des nécroses et des taches entourées de halos. Ces symptômes sont couramment observés dans le processus d'infection des agents pathogènes nécrotrophes (Thomma, 2003), et sont dus soit à l'entrée des champignons, soit à la diffusion de métabolites fongiques dans le tissu végétal, ou les deux (Agarwal et al., 1997 ; Thomma, 2003).

Les mycoherbicides sont cependant toujours influencés par les conditions environnementales, en particulier la température et l'humidité et nécessitent donc, une formulation adéquate (Auld et al., 2003). Les formulations liquides de champignons sont généralement les meilleures dans la lutte contre les adventices, ils sont utilisées

principalement pour initier la maladie sur les feuilles et les tiges (Boyette et al., 1996). Une étude menée par Shabana (2005) a montré que la formulation de spores d'*Alternaria eichhorniae* à base d'huile végétale (huile de coton et de tournesol) a augmenté significativement la sévérité de la maladie sur la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) par rapport au témoin non traité. De même, la formulation de spores dans une émulsion d'huile végétale (huile de maïs et de colza) a significativement amélioré l'efficacité d'*A. alternata* dans la lutte contre cette dernière (Babu et al., 2003 ; El-Morsy et al., 2006).

Le but de cette partie du travail est: i) d'évaluer le potentiel mycoherbicide des trois isolats d'*Alternaria alternata* et de leurs formulations liquide et solide à l'égard de leurs adventices cibles, à savoir *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus* et *Convolvulus arvensis* dans des conditions contrôlées et au champ.

II. Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

Des plantules, des feuilles détachées, des graines et des capsules collectées de la station expérimentale de l'ENSA, ainsi que des plantules issues de semis de graines représentent le matériel végétal utilisé dans ce chapitre.

Pour la réalisation des tests *in-vitro*, les feuilles saines de *X. strumarium*, *S. oleraceus*, *C. arvensis* et *Convolvulus althaeoides*, les graines de *S. oleraceus* et de *Cuscuta campestris* Yunker et les capsules de *X. strumarium* ont été utilisées.

Pour la réalisation des essais *in-vivo*, les plantules de *X. strumarium* et de *S. oleraceus* utilisées dans ce chapitre ont été obtenues comme précédemment décrit dans le chapitre 2.

Afin d'évaluer la spécificité des isolats X3, C1 et S1 d'*A. alternata*, un test de pathogénicité a été réalisé sur une gamme d'hôtes comportant quatre cultures (tomate, blé, fève et courgette) représentant les familles les plus cultivées en Algérie. Les plantules de la tomate (*Solanum lycopersicum* var. Saint Pierre, Romavif, Heinz et Marmande, Solanaceae) et de la courgette (*Cucurbita pepo* var. Quarantaine, Cucurbitaceae) ont été obtenues à partir de semis de graines dans des plaques alvéolées placées sous abri-serre. Après un mois de croissance, les plantules (1 plantule de tomate et deux plantules de courgette, respectivement par pot) ont été transplantées dans des pots en plastique (14 cm x 12 cm : diamètre x hauteur) contenant un mélange sol-terreau (2/3 : 1/3).

Les plantules de la fève (*Vicia faba* var. Aquadulce, Fabaceae) et du blé (*Triticum aestivum* var. Vitron, Poaceae) ont été obtenues à partir de semis de graines directement dans un mélange sol-terreau (2/3 : 1/3) dans des pots en plastique (14 cm x 12 cm et 9,5 cm x 10,5

cm : diamètre x hauteur, respectivement), seules trois plantules de fève et de blé ont été gardé par pot. Les pots ont été placés sous serre à des températures allant de 20 à 32 °C et une humidité relative (HR) variant de 32 à 61%.

Pour la conduite des tests *in-vitro*, le matériel végétal (graines, feuilles détachées) a été désinfecté par trempage dans l'hypochlorite de sodium à 2° pendant 5 minutes, puis rinçage 3 fois avec de l'eau distillée stérile (EDS) pendant 5 min, et enfin par séchage sur du papier buvard stérile.

2. Matériel fongique

2.1. Préparation de la suspension de spores

Les suspensions de spores des trois isolats X3, S1 et C1 ont été préparées comme décrit dans le chapitre 2.

2.2. Préparation des formulations

2.2.1. Formulation liquide

La préparation de la formulation liquide a nécessité les étapes suivantes :**1)** mélange de 0,1 ml de Tween 80 avec 10 ml d'huile de colza pure légèrement chauffée, **2)** agitation du mélange huile-Tween 80 puis l'ajout de 90 ml de la suspension de spores, **3)** émulsion de la solution avec un agitateur magnétique pendant 3 minutes à une vitesse réduite (Babu et *al.*, 2003).

2.2.2. Formulation solide

La formulation solide a été préparée comme suit :**1)** versement de 3 g de poudre d'alginate de sodium dans 100 ml de la suspension de spores, **2)** agitation du mélange alginate-suspension de spores pendant 30 min, **3)** préparation d'une solution de chlorure de calcium (CaCl_2) à 0,25 M (7,4 g / 500 ml), **4)** prélèvement du mélange à l'aide d'une seringue stérile et injection dans la solution de chlorure de calcium pour l'obtention des granules (**Figure 5**), **5)** rinçage des granules formées avec de l'eau distillée dans une passoire et séchage sur papier buvard, **6)** stockage des granules à 4 °C jusqu'à leur utilisation. Les granules d'alginates sans champignon ont été utilisées comme témoin (Abdel-Fattah, 2002 modifié).

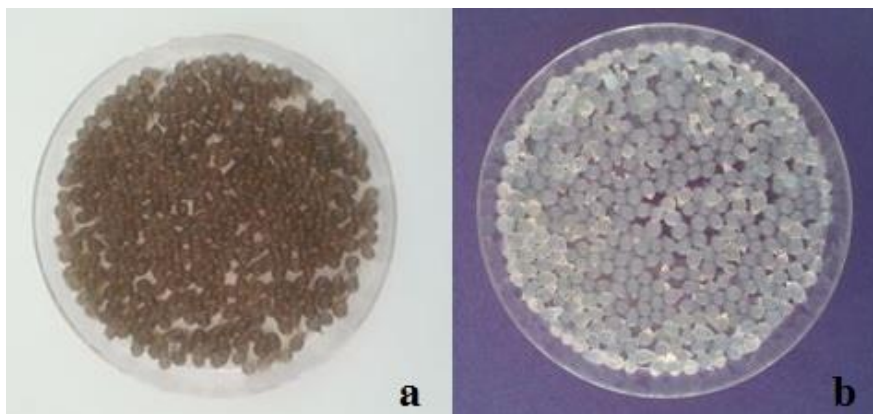


Figure 5. Granules d'alginate ; a/ avec les spores d'*Alternaria alternata*, b/ sans les spores d'*Alternaria alternata*.

3. Herbicide «Mustang»

Le choix de l'herbicide a été fait selon l'efficacité de la matière active (2,4-D) à l'égard des trois adventices testées (*C. arvensis*, *S. oleraceus* et *X. strumarium*) et la disponibilité du produit (Hutchinson et al., 1984 ; Mamarot & Bouchet, 1988).

Le nom commercial de l'herbicide utilisé est «Mustang® 360 SE», efficace contre les adventices dicotylédones. Le produit est homologué en Algérie par la Direction de la Protection des Végétaux et des Contrôles Techniques (N° d'homologation : 14 54 031).

La matière active est FLORASULAM+2,4 D (avec une concentration de 6,25 g/L + 300 g/L).

La formule chimique est: 1) Florasulam : N-(2,6-Difluorophényl)-8-fluoro-5méthoxy [1,2,4] triazolo [1,5-c] pyrimidine-2-sulfonamide , 2) 2,4-D : Acide 2,4dichlorophénoxy-acétique).

La formulation est sous forme de solution liquide et la dose préconisée au champ est de 0,6 L/ha. Dans la présente étude la dose utilisée est de 0,45 L/ha (soit 75 % de la dose préconisée). Cette dose s'est révélée très efficace pour le contrôle des adventices (Auskalnis & Kadzys, 2006).

3.1. Estimation de la quantité d'herbicide utilisée et le choix de la dose

L'estimation de la quantité d'herbicide utilisé dans les tests est en relation avec la surface foliaire de l'adventice et le nombre de feuilles utilisées dans chaque essai.

Une moyenne de la surface d'une dizaine de feuilles de chaque adventice a été calculée, la surface des feuilles a été estimée à l'aide d'un scanner et le logiciel «image J ».

Pour quantifier la dose d'herbicide nécessaire pour traiter une seule feuille, la règle de trois a été utilisée en se basant sur la dose réduite choisie. Pour le traitement de l'ensemble des feuilles utilisées dans l'essai, la quantité nécessaire pour une seule feuille a été multipliée par le nombre de feuilles de l'adventice utilisées.

La quantité du produit nécessaire pour chaque essai a été diluée dans une quantité d'eau (quantité d'eau = quantité nécessaire pour pulvériser les plantules de l'essai - quantité du produit nécessaire pour l'essai).

4. Évaluation de l'effet d'*Alternaria alternata* isolats X3, S1 et C1 à l'égard de leurs adventices cibles.

4.1. Essais *in-vitro*

4.1.1. Évaluation de l'effet d'*Alternaria alternata* isolats X3 et S1 sur le taux de germination de graines de *Xanthium strumarium* et *Sonchus oleraceus*, respectivement.

L'évaluation de l'effet d'*A. alternata* a porté seulement sur les graines de *Xanthium strumarium* et de *Sonchus oleraceus* du fait de la difficulté de trouver les graines de *C. arvensis*.

4.1.1.1. Graines de *X. strumarium* et de *S. oleraceus*

Les fruits de *X. strumarium* se présentent sous forme de capsules dures, ligneuses, et hérissées de nombreuses épines. Pour extraire les graines, les épines ont été coupées à l'aide de ciseaux et le péricarpe ligneux, à l'aide de scalpel. Les fruits de *S. oleraceus* se présentent sous forme d'akènes secs, indéhiscents à graine unique surmonté d'une aigrette. Les akènes sans aigrettes ont été utilisés dans le semis.

4.1.1.2. Enrobage des graines de *X. strumarium* et *S. oleraceus* et test de germination

Les graines désinfectées de *X. strumarium* et *S. oleraceus* ont été trempées dans la suspension de spores (1×10^6 conidies / ml) de l'isolat correspondant et dans l'EDS pendant 24h.

Dans des boîtes de Pétri ($\varnothing = 5$ mm), les graines enrobées de *X. strumarium* (4 graines par boîte) et de *S. oleraceus* (50 graines par boîte) ont été éparpillées sur du papier filtre humidifié. Le taux de germination des graines a été calculé après 9 jours d'incubation à 30 °C pour *X. strumarium*, et après 6 jours d'incubation à une température de 25 °C pour *S. oleraceus*.

4.1.2. Évaluation de l'effet d'*Alternaria alternata* isolats X3, S1 et C1 sur les feuilles détachées de *X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis*, respectivement *in-vitro*.

Les feuilles détachées des trois adventices ont été déposées (côté dorsal) sur du papier filtre humidifié stérile dans des boîtes de Pétri ($\varnothing = 9$ mm) et traitées par : la suspension de spores (50 μ l, 10^6 conidies / ml), la formulation liquide (50 μ l, 10^6 conidies / ml) et la formulation solide (0,1 g de granules déposées sur la surface ventrale de chaque feuille). Les témoins ont été traités avec de l'eau distillée stérile (EDS), l'huile de colza ou les granules d'alginate sans champignons (Chrysai-Tokousbalides, 1997). Toutes les boîtes ont été incubées dans les conditions de laboratoire (à 26 °C et 55% d'humidité relative, HR). Les notations ont été faites à partir du 2ème jour du traitement et jusqu'au quinzième jour. L'estimation de la sévérité des différents traitements testés a été effectuée avec la même échelle de notation utilisée pour les feuilles détachées dans le chapitre 2.

4.1.3. Évaluation de l'effet d'*A. alternata* isolat C1 sur deux autres espèces de la famille des Convolvulacées (*Convolvulus althaeoides* L. et *Cuscuta campestris* Yunker).

Alternaria alternata isolat C1 a été testé également sur deux autres espèces de la famille des Convolvulacées, à savoir *C. althaeoides* et *Cuscuta campestris* afin d'évaluer le spectre d'action de cet isolat.

4.1.3.1. Essai sur les feuilles détachées de *Convolvulus althaeoides*

Les feuilles détachées de *C. althaeoides* ont été étendues (côté dorsal) sur du papier filtre humidifié stérile dans des boîtes de Pétri ($\varnothing = 9$ mm) et traitées par 50 μ l de la suspension de spores (1×10^6 conidies / ml) d'*A. alternata* isolat C1, Les feuilles traitées par la même quantité d'EDS servent de témoin. Les boîtes ont été incubées à 25 °C et 47 % d'humidité relative dans les conditions du laboratoire (25 °C et 47% d'HR). Les notations ont été faites à partir du 2ème jour de l'inoculation et jusqu'au 15ème jour en utilisant l'échelle de Bhat et al., 2013).

4.1.3. 2. Essai sur la germination des graines de *Cuscuta campestris*

a. Levée de la dormance tégumentaire

Afin de lever la dormance tégumentaire des graines de *C. campestris*, les étapes suivantes ont été suivies: **1)** trempage des graines de la cuscute dans l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré pur avec agitation pendant 15 min à l'aide d'un agitateur magnétique, **2)** filtration à travers une grille métallique, **3)** rinçage des graines traitées abondamment à l'EDS pour éliminer les débris des téguments, **4)** séchage des graines sur du papier filtre stérile, **5)**

conservation des graines dans des tubes Eppendorf® stériles dans les conditions de laboratoire.

b. Test sur la germination des graines de *Cuscuta campestris*

Les graines de la cuscute ont été trempées dans la suspension de spores (1×10^6 conidies / ml) de l'isolat C1 et dans l'EDS pendant 24h.

Les graines enrobées de la cuscute ont été éparpillées sur du papier filtre stérile humidifié dans des boîtes de Pétri ($\varnothing = 5$ mm). Après 6 jours d'incubation à 20 °C, le taux de germination des graines a été déterminé.

4.2. Essais *in-vivo*

L'essai *in-vivo* a été réalisé seulement sur les plantules de *X. strumarium* et de *S. oleraceus* du fait de la difficulté de faire pousser les plantules de *C. arvensis* en pot.

4.2.1. Évaluation de l'effet d'*Alternaria alternata* isolats X3 et S1 et de leurs formulations sur les plantules de *X. strumarium* et *S. oleraceus* en pots.

Les plantules des deux adventices *X. strumarium* et *S. oleraceus* (au stade 4-5 feuilles) cultivées en pots (14 cm x 12 cm et 9,5 cm x 10,5 cm : diamètre x hauteur, respectivement) ont été inoculées par pulvérisation de la suspension de spores (1×10^6 conidies / ml), de la formulation liquide ou de l'herbicide à dose réduite. Les plantules ont été également traitées par la formulation solide, à raison de 0.1 g de granules déposées sur chaque feuille. Chez les témoins, les plantules ont été traitées par de l'eau distillée stérile (EDS), par l'huile de colza ou des granules d'alginates sans champignons. Les témoins ont été placés dans les mêmes conditions que les traitements inoculés.

Sept jours après la première inoculation, une seconde application a été faite afin de mieux favoriser l'expression des symptômes (Siddiqui et al., 2010).

Les notations ont été faites à partir du 4^{ème} jour du 1^{er} traitement et jusqu'au 45^{ème} jour.

L'estimation de la sévérité des différents traitements testés *in vivo* a été effectuée avec la même échelle utilisée pour les feuilles détachées dans le chapitre 2.

Les paramètres mesurés à la fin de l'essai sont : la longueur des tiges, la longueur des racines et le poids sec.

4.3. Essai *in-situ*

4.3.1. Évaluation de l'effet d'*Alternaria alternata* isolats X3 et C1 et de leurs formulations sur les plantules de *X. strumarium* et *S. oleraceus* au champ

4.3.1.1. Dispositif expérimental

L'essai a été mené à la station expérimentale de l'ENSA durant le printemps (mars à juin) de 2017 et répété en 2018. Les conditions de températures et des précipitations prévalant durant les périodes de l'essai sont données dans le **tableau 7**. L'essai a été conduit sur deux parcelles au sol limoneux (**Tableau 8**) de 34.79 m² (7.1 x 4.9 m) (une parcelle pour chaque adventice). chacune des parcelles a été divisée en 35 micro-parcelles de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), les micro-parcelles ont été disposées en cinq blocs entièrement randomisés (cinq répétitions), chaque bloc contenant sept micro-parcelles dans lesquelles les 7 traitements suivants ont été distribués de façon aléatoire : 3 traitements avec chacun des champignons testés: suspensions des spores (S.S.), formulation liquide (F.L.), formulation solide (F.S.), avec leur trois témoins respectifs : EDS (Tém. S.S.), la formulation liquide sans champignon (Tém. F.L.), formulation solide sans champignon (Tém. F.S.), ainsi que l'herbicide Mustang® à dose réduite. Des micro-parcelles nues (0,6m x 0,5m) ont été utilisées entre chaque deux blocs ou chaque 2 micro-parcelles plantées pour éviter toute interaction possible entre les différents traitements (**Figure 6**).

Dans la parcelle de *X. strumarium*, 09 plants au stade cotylédonaire ont été plantés par micro-parcelle (trois plants par ligne). Dans la parcelle de *S. oleraceus*, 30 g de graines ont été semées en trois lignes par micro-parcelle.

Tableau 7. Températures et précipitations pendant les périodes des essais au champ.

Période du test	2017		2018	
Mois	Températures moyennes (°C)	Précipitations totales (mm)	Températures moyennes (°C)	Précipitations totales (mm)
Mars	14,3	55,0	14,1	38,8
Avril	15,9	21,3	16,3	42,4
Mai	19,9	08,4	18,5	24,0
Juin	24,4	08,8	23,1	08,5
	18,6	93,5	18,0	113,7

* Source: Office National de Météorologie (ONM-Alger)

Tableau 8. Les paramètres physico-chimiques du sol des parcelles expérimentales.

Paramètres du sol	Parcelle de <i>Xanthium strumarium</i>	Parcelle de <i>Sonchus oleraceus</i>
Paramètres physiques	Valeurs	
Argile (%)	09,17	16,15
Limon (%)	69,50	64,55
Sable (%)	21,33	19,30
	*Texture limoneuse	
pH	07,15	07,20
CE (dS/m)	0,68	0,81
Paramètres chimiques		
CaCO ₃ (%)	0,00	4,15
MO (%)	1,63	1,14
Azote (%)	0,008	0,016
Phosphore (PPm)	57,4	140,3
Potassium (mg/100 g)	0,54	0,50

* Déterminé par le triangle de texture du sol basé sur les pourcentages d'argile, de limon et de sable.
MO: Matière Organique. CE: Conductivité Électrique exprimée en déci-Siemens par mètre (dS/m).

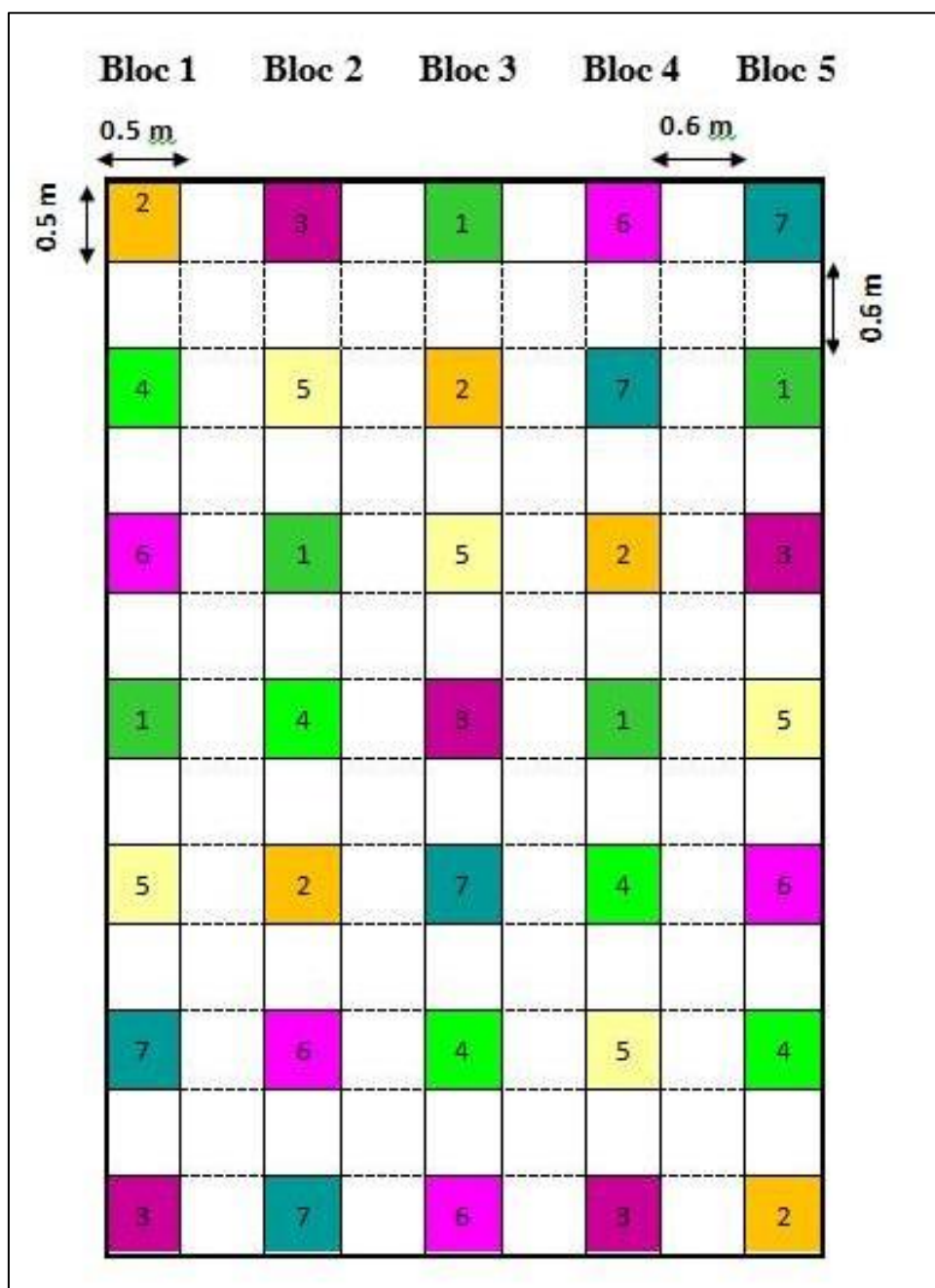


Figure 6. Dispositif expérimental. 1: Suspension de spores (S.S.), 2: Formulation liquide (F.L.), 3: Formulation solide (F.S.), 4: Témoin EDS, 5: Témoin F.L., 6: Témoin F.S., 7: Mustang Herbicide.

4.3.1.2. Application des traitements

Les plantules des deux adventices ont été traitées au stade 4-5 feuilles par la suspension de spores de l'isolat correspondant (1×10^6 conidies / ml), ou la formulation liquide (1×10^6 conidies / ml), ou par l'herbicide à dose réduite (10 ml par micro-parcelle et par traitement). Pour les plantules traitées par la formulation solide, 0,1 g de granules ont été posés sur chaque

feuille. Chez les témoins les mêmes quantités d'EDS, de l'huile de colza, ou des granules d'alginate sans champignons ont été utilisées. Sept jours après les premiers traitements, une seconde application a été faite afin de mieux favoriser l'expression des symptômes.

Les notations ont été faites à partir du 6ème jour du traitement et jusqu'au 45ème jour. L'estimation de la sévérité des différents traitements testés *in situ* a été effectuée sur la base d'une échelle de notation de 1 à 9 (EPPO, 2008 -**Tableau 9**).

Les paramètres de croissance pris en considération la fin de l'essai sont : la longueur des tiges, la longueur des racines et le poids sec des plantes.

Tableau 9. Echelle de notation de la sévérité des attaques par *Alternaria alternata* et *Alternaria solani* proposée par (EPPO, 2008).

Description des feuilles attaquées par <i>Alternaria alternata</i> et <i>Alternaria solani</i> .	Sévérité (%)
Pas d'infestation visible	00
100 lésions par plant	02.50
10 % du feuillage nécrosé par bloc	10.00
25 % du feuillage nécrosé par bloc	25.00
50 % du feuillage nécrosé par bloc	50.00
75 % du feuillage nécrosé par bloc	75.00
90 % du feuillage nécrosé par bloc	90.00
97,5 % du feuillage nécrosé par bloc	97.50
Destruction totale des plants	100

5. Gamme d'hôtes

Les feuilles détachées et désinfectées des quatre plantes cultivées ainsi que leurs plantules cultivées en pots ont été inoculées par pulvérisation de la suspension de spores (1×10^6 conidies / ml) des trois isolats d'*A. alternata*. Les feuilles détachées des trois adventices (*X. strumarium* et *S. oleraceus* et *C. arvensis*) et les plantules des deux adventices (*X. strumarium* et *S. oleraceus*) cultivées en pots ont été également traitées en même temps et dans les mêmes conditions.

Chacune des adventices a été inoculée par son propre isolat fongique. Après une semaine, une 2^{ème} inoculation a été faite. Les témoins ont été traités avec l'EDS.

L'observation des éventuels symptômes a été faite durant toute la période d'essai (un mois).

6. Traitements statistiques

Toutes les expérimentations ont été menées selon un dispositif en blocs aléatoires complets. 5 répétitions ont été réalisées pour chaque traitement, et chaque expérimentation (essai) a été répétée deux fois dans le temps. Les données des essais menés au laboratoire et sous serre ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA uni-factorielle) et les résultats d'une seule répétition dans le temps sont présentés en raison de la tendance similaire des réponses champignons-plantes. Les données des expérimentations au champ ont été analysées pour chaque période d'essai, soit 2017 et 2018 (ANOVA bi-factorielles). Les moyennes ont été comparées en utilisant le HSD de Tukey à $P \leq 0,05$ en utilisant le logiciel STATISTICA (Statistica version 8,5, année 2014).

III. Résultats

1. Essais *in-vitro*

1.1. Effet d'*Alternaria alternata* isolats X3 et S1 sur la germination des graines de *X. strumarium* et de *S. oleraceus*, respectivement

Les analyses statistiques du taux de germination des graines de *S. oleraceus* enrobées par la suspension de spores d'*A. alternata* S1 ont montré une réduction significative par rapport aux graines traitées à l'EDS (80,48 % d'inhibition de la germination). Par contre, les graines de *X. strumarium* enrobées par la suspension de spores d'*A. alternata* X3 ont présenté un taux de germination similaire à celui des graines traitées à l'EDS (**Tableau 10**).

Tableau 10. Effet d'*Alternaria alternata* isolats X3 et S1 sur le taux de germination de graines de *Sonchus oleraceus* et *Xanthium strumarium*, respectivement.

Traitements	Taux de germination (%)	
	<i>Xanthium strumarium</i>	<i>Sonchus oleraceus</i>
Suspension de spores (S.S.)	62,5 a	14,4 b
Témoin (EDS)	62,5 a	73,8 a

Les valeurs de la même colonne suivies de lettres différentes sont significativement différentes selon le test du Tukey au seuil de 5 %. E.D.S. : Eau Distillée Stérile.

1.2. Effet d'*Alternaria alternata* isolats X3, S1 et C1 et de leurs formulations sur les feuilles détachées de *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus* et *Convolvulus arvensis*, respectivement

Les analyses de la variance à un seul facteur ont montré un effet très hautement significatif ($P < 0,001$) de la suspension de spores d'*A. alternata* isolats X3, S1 et C1 et de leurs formulations liquide et solide sur la sévérité de maladie sur les feuilles détachées de *X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis*, respectivement. La formulation liquide a causé la sévérité de maladie la plus élevée sur les feuilles détachées des trois adventices (98,4-99,5 %), suivies de la suspension de spores (90-95 %), puis de la formulation solide (35 à 55 %) (**Figure 7**). Les feuilles détachées chez les témoins sont restées saines. Les symptômes sont toujours apparus en premier chez les feuilles traitées par la formulation liquide.

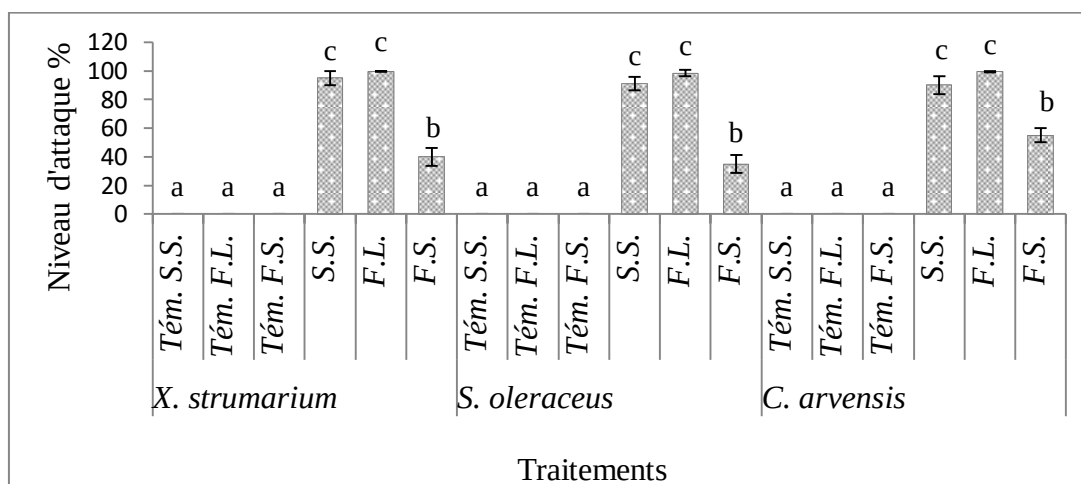


Figure 7. Effet d'*Alternaria alternata* isolats X3, S1 et C1 appliqués sous forme de suspension de spores (S.S.), de formulation liquide (F.L.) et de formulation solide (F.S.) sur les feuilles détachées de *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus* et *Convolvulus arvensis* comparativement à leurs témoins (Tém.) respectifs non inoculés.

1.3. Effet d'*Alternaria alternata* isolat C1 sur les feuilles détachées de *Convolvulus althaeoides* et sur la germination des graines de *Cuscuta campestris* Yunker

1.3.1. Effet d'*A. alternata* isolat C1 sur les feuilles détachées de *Convolvulus althaeoides*

L'analyse de la variance ANOVA à un seul facteur a montré un effet très hautement significatif ($P < 0,001$) de la suspension de spores d'*A. alternata* isolat C1 sur les feuilles détachées de *C. althaeoides* qui ont montré une sévérité de maladie très importantes (98,2 %). Par contre, les feuilles détachées traitées avec l'EDS sont restées saines.

1.3.2. Effet d'*Alternaria alternata* isolat C1 sur la germination des graines de *Cuscuta campestris*

Le taux de germination des graines de *C. campestris* enrobées par la suspension de spores d'*A. alternata* isolat C1 (74,93%) ne diffère pas statistiquement du taux de germination des graines traitées avec l'EDS (77,11%). De même, la longueur des plantules de cuscute développées des graines inoculées par le champignon (4,31 cm) ne présente pas de différence significative avec celles des graines du témoin traitées avec l'EDS (4,79 cm).

2. Essais *in-vivo*

2.1. Effet d'*Alternaria alternata* isolats X3 et S1, de leurs formulations et de l'herbicide Mustang® sur la croissance de *Xanthium strumarium* et de *Sonchus oleraceus* en pots.

Les feuilles des plantules des deux adventices ont montré des symptômes de maladie 4 jours après leur inoculation avec la suspension de spores des isolats correspondant et de leurs formulations. Les symptômes sur les feuilles de *X. strumarium* sont sous forme de taches nécrotiques entourées de halos chlorotiques débutant à l'apex et à la périphérie des feuilles de la base (**Figure 8**). Quant aux feuilles de *S. oleraceus*, les symptômes se présentent sous forme de taches nécrotiques arrondies entourées d'un cercle noir qui s'élargit par la suite constituant une forme irrégulière (**Figure 9**).

L'analyse de la variance à un seul facteur a montré un effet très hautement significatif de la suspension de spores des deux isolats et de leurs formulations liquides ($P < 0,001$) sur la sévérité de la maladie des feuilles des deux adventices. De même, les suspensions de spores des deux isolats, de leurs formulations liquides, et de l'herbicide Mustang® à dose réduite ont eu un effet très hautement significatif sur les paramètres de croissance (longueur des plantes, longueur des racines et poids sec) de *X. strumarium* et de *S. oleraceus*. Les feuilles des deux adventices traitées à la suspension de spores et à la formulation liquide ont montré des niveaux élevés d'attaque par rapport aux feuilles traitées à la formulation solide (**Figure 10**).

Chez *X. strumarium* : l'herbicide Mustang® à dose réduite a montré la plus grande efficacité sur tous les paramètres de croissance (longueur des plantes, longueur des racines, et poids sec) suivi de la formulation liquide, puis la suspension de spores, mais statistiquement, le traitement l'herbicide Mustang® à dose réduite et le traitement formulation liquide appartiennent au même groupe (**Tableau 11; Figure 11**). Les résultats du traitement des plants avec la formulation solide ne sont pas significativement différents par rapport à leurs témoins respectifs concernant les trois paramètres de croissance. 24h après l'application de

l'herbicide Mustang® à dose réduite, les plants de cette adventice se courbent et commencent à se dessécher avec le temps.

Chez *S. oleraceus* : L'analyse de la variance à un seul facteur a montré que la suspension de spores, la formulation liquide et l'herbicide Mustang® à dose réduite ont eu un effet très hautement significatif ($P < 0,001$) sur tous les paramètres de croissance. L'effet sur la sévérité de maladie est plus marqué dans la formulation liquide suivi de la suspension de spores, ces deux derniers traitements appartiennent au même groupe mais leurs taux de réduction des paramètres de croissance par rapport à la formulation liquide varient : entre 42-45 % de réduction pour la longueur des tiges, 17-33 % pour la longueur des racines, et 68-73 % pour le poids sec (**Tableau 12; Figure 12**), le traitement avec la formulation solide ne présente pas de différence significative avec le témoin pour la longueur des racines. Les plants traités avec l'herbicide Mustang® à dose réduite présentent une croissance anormale se traduisant par une production élevée de feuilles sans élancement.

Tableau 11. Effet d'*Alternaria alternata* isolat X3, ses formulations et l'herbicide Mustang® à dose réduite sur les plantules de *Xanthium strumarium* en pots.

Traitements	Paramètres de croissance de <i>Xanthium strumarium</i>		
	Longueur des plants (cm)	Longueur des racines (cm)	Poids Sec (g)
Témoin S.S.	24,11±2,42 b	6,32±0,64 bc	1,62±0,11 bc
Témoin F.L.	26,07±1,70 b	7,11± 0,34 c	2,59±0,43 cd
Témoin F.S.	23,09±2,74 b	6,79±0,27 bc	2,53±0,45 cd
Suspension de spores (S.S.)	13,44±0,70 a	5,46±0,24 ab	0,98±0,16 ab
Formulation liquide (F.L.)	10,61±0,64 a	4,53±0,24 a	0,86±0,13 ab
Formulation solide (F.S.)	21,69±0,91 b	6,84±0,28 bc	1,72±0,20 c
Herbicide Mustang®	10,82±1,03 a	4,42±0,11 a	0,56±0,06 ab

Les valeurs de la même colonne suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes selon le test du Tukey au seuil de 5%. Les valeurs avec ± représentent l'erreur standard.

Tableau 12. Effet d'*Alternaria alternata* isolat S1, ses formulations et l'herbicide Mustang® à dose réduite sur la croissance des plantules de *Sonchus oleraceus* en pots.

Traitements	Paramètres de croissance de <i>Sonchus oleraceus</i>		
	Longueur des plants (cm)	Longueur des racines (cm)	Poids Sec (g)
Témoin S.S.	64,64±1,07 c	6,12±0,20 b	1,78±0,51 b
Témoin F.L.	60,31±0,71 c	5,74± 0,16 b	1,86±0,16 b
Témoin F.S.	62,28±2,96 c	6,18±0,20 b	3,44±0,23 c
Suspension de spores (S.S.)	10,85±1,35 a	2,72±0,27 a	1,16±0,17 ab
Formulation liquide (F.L.)	07,92±0,11 a	1,88±0,02 a	0,34±0,02 a
Formulation solide (F.S.)	28,04±2,35 b	4,86±0,45 b	1,88±0,39 b
Herbicide Mustang®	10,95±0,48 a	2,84±0,35 a	1,30±0,29 ab

Les valeurs de la même colonne suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes selon le test du Tukey au seuil de 5%. Les valeurs avec $\pm$ représentent l'erreur standard.

**Figure 8.** Symptômes sur les feuilles des plantules de *Xanthium strumarium* commençant par l'apex et la périphérie, suite à l'inoculation par la suspension de spores d'*Alternaria alternata* isolat X3.

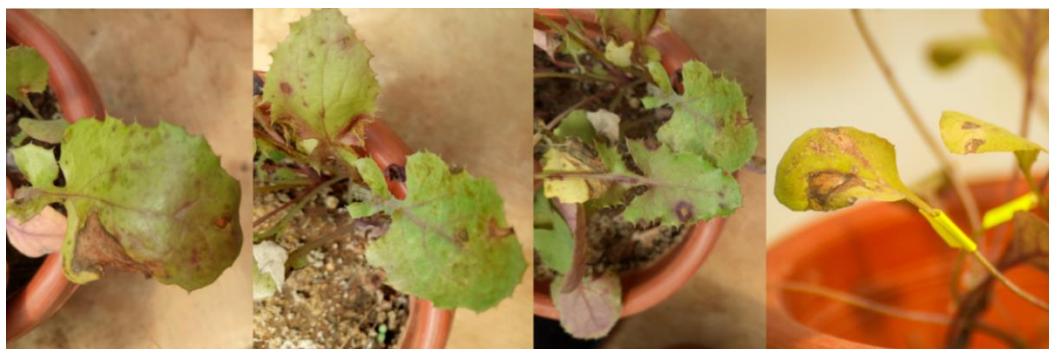


Figure 9. Symptômes sur les feuilles des plantules de *Sonchus oleraceus* suite à l'inoculation par la suspension de spores d'*Alternaria alternata* isolat S1.

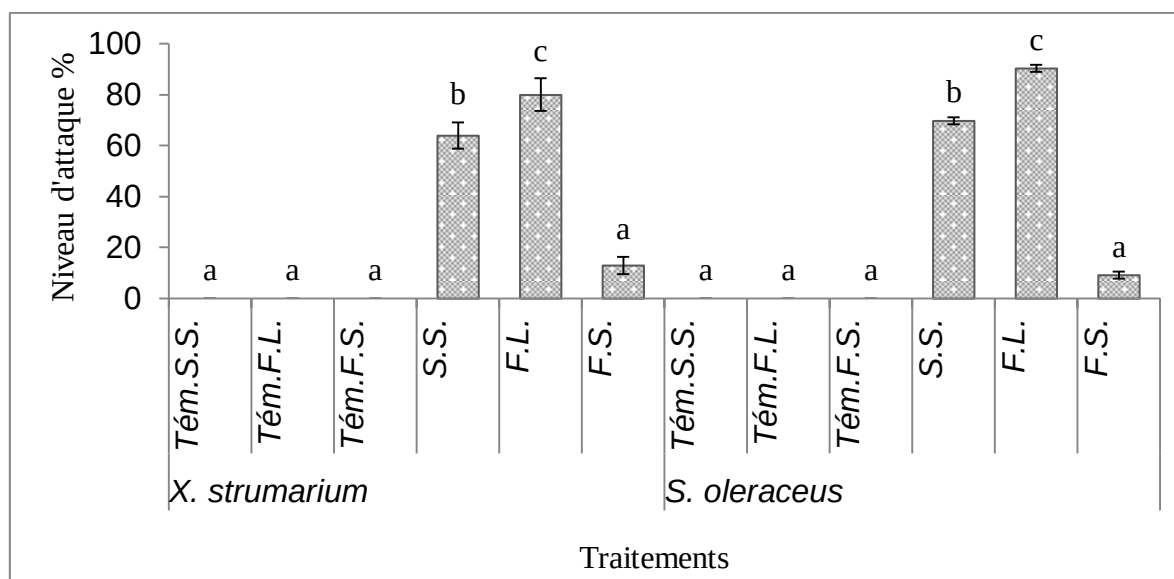


Figure 10. Effet d'*Alternaria alternata* isolats X3 et S1 appliqués sous forme de suspension de spores (S.S.), de formulation liquide (F.L.), et de formulation solide (F.S.), sur les feuilles des plantules de *Xanthium strumarium* et de *Sonchus oleraceus* comparativement à leurs Témoins (Tém.) respectifs non inoculés.

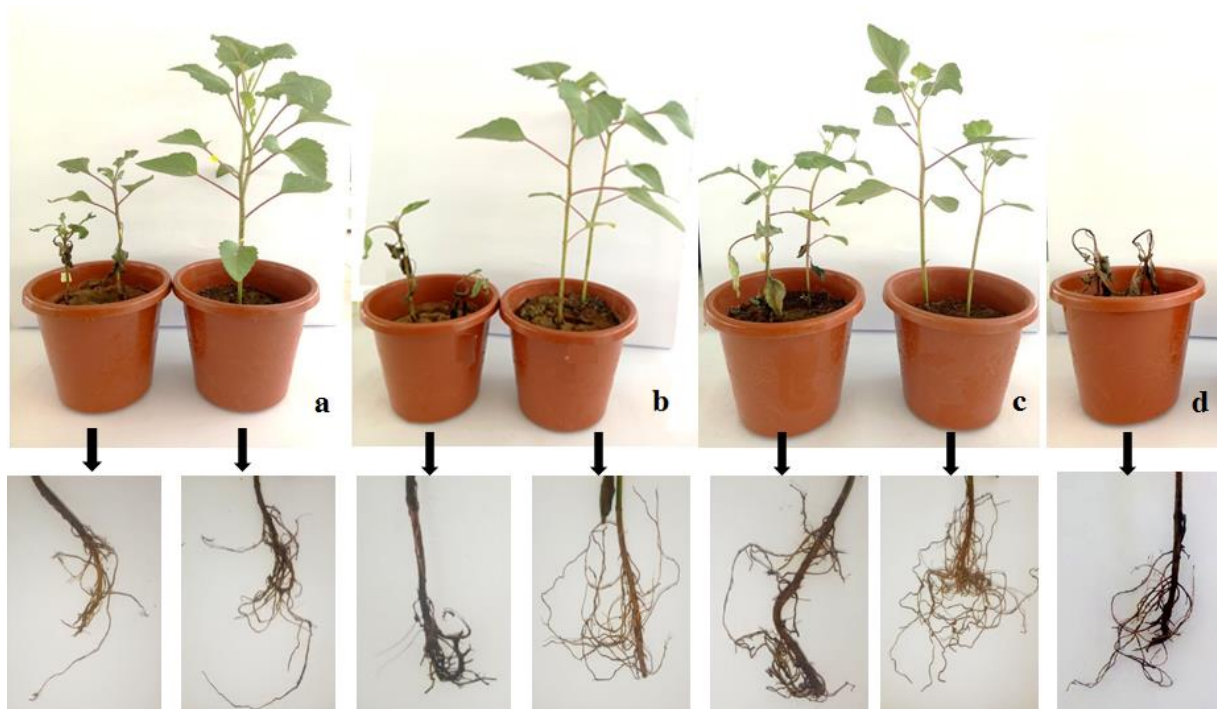


Figure 11. Aspect des plantules et des racines de *Xanthium strumarium* après inoculation par la suspension de spores (a), la formulation liquide (b), la formulation solide (c) et l'herbicide Mustang® à dose réduite (d). Les témoins sont les plantules à droite de chaque photo et sont respectivement (de a à c) : Eau distillée stérile, Formulation liquide sans spores, Formulation solide sans spores.



Figure 12. Aspect des plantules de *Sonchus oleraceus* après inoculation par la suspension de spores (a), la formulation liquide (b), la formulation solide (c) et l'herbicide Mustang® à dose réduite (d). Les témoins sont les plantules à droite de chaque photo et sont respectivement (de a à c) : Eau distillée stérile, Formulation liquide sans spores, Formulation solide sans spores.

3. Essais *in-situ*

3.1. Effet d'*Alternaria alternata* isolats X3 et S1, de leurs formulations et de l'herbicide Mustang® à dose réduite sur la croissance de *Xanthium strumarium* et de *Sonchus oleraceus* au champ.

Les feuilles des plantules des deux adventices ont montré des symptômes de maladie 5 jours après leur inoculation avec la suspension de spores des deux isolats et leurs formulations correspondantes. L'analyse de la variance a montré un effet très hautement significatif ($P < 0,001$) de la suspension de spores des deux isolats et de leurs formulations liquides sur la sévérité de la maladie des feuilles des deux adventices (**Figure. 13**). Les suspensions de spores, leurs formulations liquide et solide ainsi que l'herbicide à dose réduite ont eu un effet très hautement significatif sur les paramètres de croissance : longueur des plantes, longueur des racines et poids sec de *X. strumarium* et de *S. oleraceus*.

Concernant *X. strumarium* l'analyse de la variance a montré que la sévérité de la maladie a été modérément élevée chez les feuilles des plantules traitées avec la formulation liquide et la suspension de spores durant les deux périodes d'essais en champ (**Figure 13**).

L'herbicide Mustang® à dose réduite a montré la plus grande efficacité sur les paramètres de croissance (longueur des plantes, longueur des racines et poids sec), suivi de la formulation liquide, de la suspension de spores puis de la formulation solide durant les deux périodes d'essais au champ (2017 et 2018) (**Tableau 13; Figure 14**). Un jour après l'application de l'herbicide Mustang®, les plants de cette adventice se courbent et commencent à se dessécher avec le temps.

Les paramètres de croissance et la sévérité de la maladie étaient significativement différents entre les périodes d'essai (2017 et 2018) pour tous les traitements avec le champignon. Par contre, la différence n'était pas significative pour l'herbicide Mustang® à dose réduite.

Dans le cas de *S. oleraceus*, l'analyse de la variance a montré que tous les traitements ont eu un effet très hautement significatif, la sévérité de la maladie a été élevée dans les trois traitements : la formulation liquide puis la suspension de spores et la formulation solide.

L'herbicide Mustang® à dose réduite a montré la plus grande efficacité sur les paramètres de croissance (longueur des plantes, longueur des racines et poids sec), suivi de la formulation liquide, de la suspension de spores puis de la formulation solide (**Tableau 14 ; Figures 15**).

Tableau 13. Effet d'*Alternaria alternata* isolat X3, de ses formulations et de l'herbicide Mustang® à dose réduite sur la croissance des plantules de *Xanthium strumarium* au champ.

Traitements	Année	Paramètres de croissance		
		Longueur des plants (cm)	Longueur des racines (cm)	Poids Sec (g)
Témoin S.S.	2017	21,31±0,42 d	09,79±0,32 e	53,34±5,84 bc
	2018	52,56±0,87 h	12,28±0,20 f	133,49±1,00 g
Témoin F.L.	2017	20,52±1,27 d	10,14±0,33 e	53,85±2,69 bc
	2018	51,76±0,24 h	12,07±0,23 f	131,25±1,32 g
Témoin F.S.	2017	21,26±0,61 d	09,72±0,31 e	53,34±1,91 bc
	2018	53,31±0,92 h	12,42±0,49 f	117,35±15,66 fg
Suspension de spores (S.S.)	2017	16,57±0,38 bc	05,89±0,10 bc	41,71±0,92 b
	2018	35,85±0,66 f	07,44±0,22 d	82,98±1,61 de
Formulation liquide (F.L.)	2017	15,12±0,35 b	05,19±0,23 ab	32,80±0,80 b
	2018	31,00±0,49 e	05,88±0,42 bc	72,66±0,37 cd
Formulation solide (F.S.)	2017	19,84±1,19 cd	06,80±0,33 cd	46,54±0,45 b
	2018	41,46±0,72 g	10,20±0,27 e	100,65±1,77 ef
Herbicide Mustang®	2017	05,73±0,30 a	03,92±0,25 a	08,03±0,88 a
	2018	07,10±0,41 a	03,87±0,19 a	09,48±0,53 a

Les valeurs d'une même colonne suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes selon le test du Tukey au seuil de 5%. Les valeurs avec ± représentent l'erreur standard.

Tableau 14. Effet d'*Alternaria alternata* isolat S1, de ses formulations et de l'herbicide Mustang® à dose réduite sur la croissance des plantules de *Sonchus oleraceus* au champ.

Traitements	Paramètres de croissance		
	Longueur des plants (cm)	Longueur des racines (cm)	Poids Sec (g)
Témoin S.S.	70,22±1,65 e	13,94±0,90 e	1,90±0,01 e
Témoin F.L.	68,31±1,65 e	14,80±0,40 e	1,94±0,06 e
Témoin F.S.	75,76±1,65 e	13,89±0,46 e	1,98±0,06 e
Suspension de spores (S.S.)	50,48±1,65 c	08,08±0,32 c	1,31±0,02 b
Formulation liquide (F.L.)	40,76±1,65 b	07,16±0,27 bc	1,22±0,01 b
Formulation solide (F.S.)	58,12±1,65 d	11,61±0,25 d	1,62±0,02 c
Herbicide Mustang®	23,66±1,65 a	05,74±0,17 ab	0,62±0,02 a

Les valeurs d'une même colonne suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes selon le test de Tukey au seuil de 5%. Les valeurs avec ± représentent l'erreur standard.

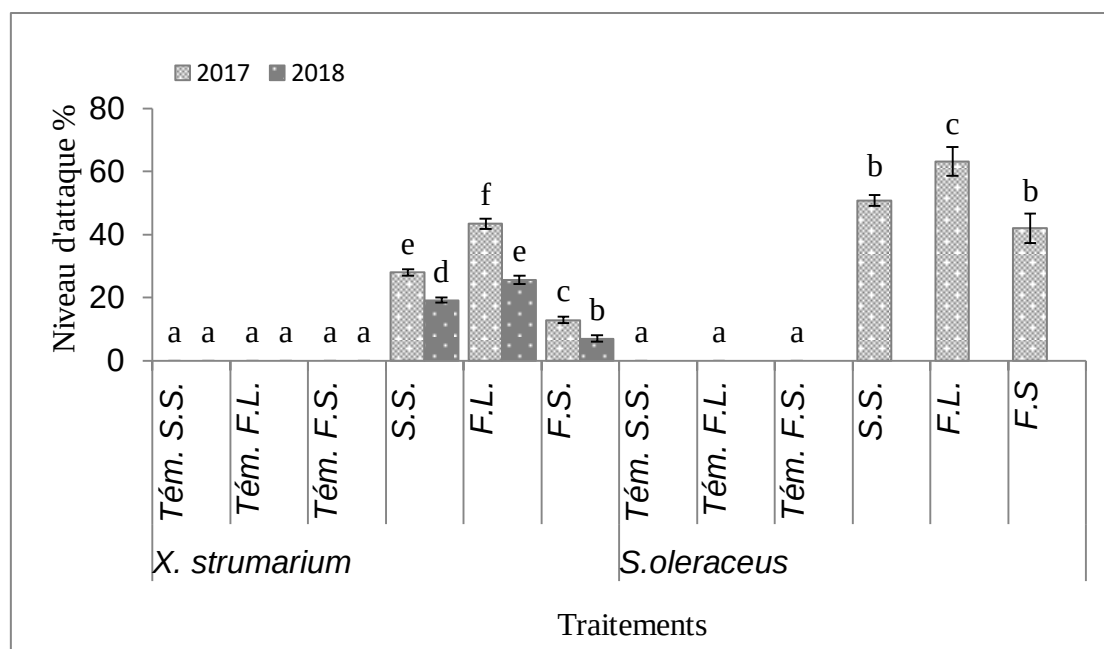


Figure 13. Effet d'*Alternaria alternata* isolats X3 et S1 appliqués sous forme de suspension de spores (S.S.), de formulation liquide (F.L.) et de formulation solide (F.S.) sur les feuilles des plantules de *Xanthium strumarium* et de *Sonchus oleraceus* comparativement à leurs témoins (Tém.) respectifs non inoculés.



Figure 14. Aspect des plantules de *Xanthium strumarium* après inoculation par la suspension de spores (a), la formulation liquide (b), la formulation solide (c) et l'herbicide Mustang® à dose réduite (d). Les témoins (de e à g) sont : (e) Eau distillée stérile, (f) Formulation liquide sans spores, (g) Formulation solide sans spores.



Figure 15. Aspect des plantules de *Sonchus oleraceus* après inoculation par la suspension de spores (a), la formulation liquide (b), la formulation solide (c) et l'herbicide Mustang® à dose réduite (d). Les témoins (de e à g) sont : (e) Eau distillée stérile, (f) Formulation liquide sans spores, (g) Formulation solide sans spores.

4. Gamme d'hôte

Toutes les feuilles détachées et les plantules de la gamme d'hôtes (tomate, blé, fève et courgette) inoculées par la suspension de spores des trois isolats d'*A. alternata* X3, S1 et C1 n'ont présenté aucun symptôme de maladie. Par contre, et à titre comparatif, les feuilles détachées de *X. strumarium*, de *S. oleraceus*, de *C. arvensis* ainsi que les plantules de *X. strumarium* et de *S. oleraceus* traitées en même temps et dans les mêmes conditions que la gamme d'hôtes ont été affectées par leurs isolats correspondants.

VI. Discussion

Les résultats obtenus ont montré que la formulation liquide à base d'huile de colza a augmenté l'efficacité des spores dans les conditions contrôlées ainsi qu'au champ. Ceci est en accord avec l'effet rapporté dans des études antérieures (Babu et al., 2003 ; Siddiqui et al., 2010) où une émulsion à base d'huile de colza a été utilisée avec les spores d'*Alternaria alternata* contre *Chenopodium album* et *Eichhornia crassipes*. Auld (1999) a testé une série d'huiles végétales (colza, arachide, carthame, soja, maïs et tournesol) comme formulations liquides pour *Colletotrichum orbiculare* contre *Xanthium spinosum* et a constaté que la meilleure formulation était celle à base d'huile de colza.

Inversement, la formulation solide des trois champignons dans la présente étude n'a pas augmenté leur efficacité à l'égard de leurs adventices cibles sous serre et en plein champ, contrairement à l'effet significatif d'*A. solani* contre *Chenopodium murale* obtenu par Abdel-Fattah (2002).

Dans les expérimentations au champ, les paramètres de croissance de *X. strumarium* (en particulier la hauteur et le poids sec de la plante) ainsi que la sévérité de la maladie ont été dans l'ensemble beaucoup plus élevés pendant l'essai mené en 2018 qu'en 2017, que ce soit dans les traitements inoculés ou non inoculés. Les données climatiques présentées dans le tableau 8 montrent des températures moyennes similaires pendant les deux périodes d'essai, mais des conditions pluviométriques plus favorables en 2018 qu'en 2017 (20 mm de pluie supplémentaire). Ces conditions climatiques favorables ont très probablement eu un effet positif sur la croissance des plantes pendant la période d'essai en 2018. Les conditions climatiques pourraient également avoir amélioré la performance du champignon sachant que la plupart des pathogènes évalués comme mycoherbicides ont besoin d'humidité libre pour germer, pénétrer, infecter et tuer l'adventice cible (Boyette et al., 1996).

Dans l'ensemble, pour le travail décrit ici, nous n'avons obtenu qu'un contrôle partiel des deux adventices puisque le traitement avec la formulation à base d'huile des isolats X3 et

S1 d'*A. alternata* a réduit la biomasse sèche de *X. strumarium* et *S. oleraceus* à environ la moitié de celle du témoin non traité. Ce potentiel peut toutefois être accru par l'utilisation d'inoculum et de formulations plus efficaces ou par la combinaison de l'agent pathogène avec d'autres méthodes de lutte. Il a été démontré que le type d'inoculum influence l'efficacité de l'agent du biocontrôle. Dans la plupart des études menées sur l'évaluation d'*A. alternata* comme agent de biocontrôle contre plusieurs adventices, les conidies ont été utilisées comme inoculum. Cependant, dans une étude menée par Qiang et al. (2006), il a été trouvé que le mycélium de la souche 501 d'*A. alternata* causait plus de dégâts à l'adventice envahissante *Eupatorium adenophorum* que les conidies. Il a été suggéré que le mycélium est plus approprié comme propagules d'infection pour ce champignon (*A. alternata*) pour le contrôle des adventices.

D'autres évaluations peuvent également inclure des essais de formulations plus efficaces pour améliorer le potentiel de lutte biologique contre les champignons. Boyette et al. (1993) ont découvert que le potentiel du mycoherbicide à base de *Colletotrichum truncatum* pour contrôler la sesbanie du chanvre (*Sesbania exaltata*) dans les conditions de terrain pouvait être augmenté en formulant l'agent pathogène sous forme d'émulsion inversée. Cette émulsion est constituée d'eau en suspension dans l'huile, contrairement à une émulsion standard, comme celle utilisée dans la présente étude, dans laquelle l'huile est en suspension dans l'eau. Les formulations inversées présentent de plus grandes propriétés de rétention d'eau et devraient donc améliorer le potentiel de biocontrôle des champignons mycoherbicides en réduisant les besoins en humidité.

Les champignons évalués dans la présente étude peuvent également nécessiter des essais plus complets pour s'assurer qu'aucun effet néfaste sur l'environnement, y compris la toxicité pour les animaux et les autres plantes non cibles, ne peut se produire. L'évaluation de la spécificité parasitaire dans des conditions contrôlées a révélé que les isolats X3, S1 et C1 d'*A. alternata* n'affectent pas les espèces végétales testées, à savoir le blé, la tomate, la fève et la courgette, c'est également le cas de plus de 50 espèces de plantes cultivées dont des céréales, des légumineuses, des oléagineux, des légumes et des arbres fruitiers testés avec d'autres isolats d'*A. alternata* par d'autres auteurs (**Annexe 02**). Des formes spécifiques à l'hôte d'*A. alternata* ont été signalées et désignées comme pathotypes (Nishimura & Kohmoto, 1983 ; Takao et al., 2016). Leur spécificité a été attribuée aux toxines spécifiques de l'hôte (HST) qu'elles produisent. Nous pouvons donc supposer que les isolats testés, y

compris les nôtres, pourraient produire des HST spécifiques à leurs hôtes cibles. La question nécessite néanmoins des recherches complémentaires.

Cependant, même si l'infection non ciblée des agents mycoherbicides est indésirable, les isolats à large spectre capables de supprimer de multiples adventices auront des meilleures chances d'être développés en mycoherbicides. La spécificité à l'hôte de nombreux pathogènes des adventices est considérée comme un obstacle à la commercialisation des bioherbicides (Auld & Morin, 1995 ; Kremer, 2005). L'une des stratégies permettant de surmonter ce problème est la "stratégie des agents pathogènes multiples" (Chandramohan & Charudattan, 2003 ; Charudattan, 2001) qui consiste à combiner deux ou plusieurs agents pathogènes pour contrôler plusieurs espèces d'adventice. Un exemple de tentatives réussies, est l'utilisation d'un mélange de trois champignons indigènes de Floride, *Drechslera gigantea*, *Exserohilum longirostratum* et *Exserohilum rostratum* isolés de trois adventices hôtes différentes, pour lutter contre sept adventices des vergers d'agrumes en Floride (Chandramohan et al., 2002).

Dans la présente étude, les isolats X3 et S1 d'*A. alternata* ont été évalués principalement sur les adventices à partir desquelles ils ont été isolées. Une évaluation complémentaire sur d'autres espèces d'adventices du même genre et/ou de la même famille est nécessaire, ainsi que la combinaison du champignon avec d'autres pathogènes spécifiques à leurs hôtes.

L'élargissement du spectre de lutte contre les adventices peut également nécessiter l'intégration d'autres méthodes de lutte. Kremer (2005) a affirmé que les bioherbicides pourraient être plus efficaces en tant que composante d'un programme de gestion global plutôt que comme approche unique, et a examiné plusieurs scénarios de combinaisons, y compris l'intégration avec les doses recommandées ou réduites d'herbicides. Dans la présente étude, l'effet d'une dose réduite de l'herbicide Mustang® a été testé dans la perspective de sa combinaison avec les champignons dans nos travaux ultérieurs, l'application d'une dose réduite (0,45 L/ha, soit 75 % de la dose préconisée) de l'herbicide Mustang® sur les plantules de *X. strumarium* et *S. oleraceus* a fortement réduit leurs paramètres de croissance, ce qui est conforme aux résultats d'Auskalnis & Kadzys (2006) qui ont montré que le Mustang® à la même dose était très efficace contre les adventices. Plusieurs études ont déjà suggéré la combinaison d'herbicides à dose réduite et de pathogènes végétaux pour améliorer l'activité des mycoherbicides sur les adventices et pour minimiser les impacts chimiques sur l'environnement et les espèces non ciblées (Hoagland, 1996 ; Nelson & Shearer, 2005 ; Peng & Byer, 2005).

I. Introduction

Alternaria est un genre fongique cosmopolite largement répandu dans le sol et la matière organique. Il comprend des espèces saprophytes, endophytes et pathogènes (Lou et al., 2013 ; Meena et al., 2017 a). Les espèces d'*Alternaria* ont la capacité de produire une variété de métabolites secondaires (Andersen et al., 2015) où quelques 268 métabolites ont été signalés au cours des dernières décennies. Les métabolites d'*Alternaria* peuvent être regroupés en plusieurs catégories, notamment les composés azotés, les stéroïdes, les terpénoïdes, les pyranones (pyrones), les quinones, les substances phénoliques, etc. Nombre de ces métabolites secondaires sont soit des mycotoxines, soit des phytotoxines (Patriarca et al., 2019).

Les espèces d'*Alternaria* produisent plus de 70 mycotoxines (Meena & Samal, 2019), plusieurs d'entre-elles produisent également diverses phytotoxines qui sont spécifiques à l'hôte (HST) et non spécifiques à l'hôte (nHST) selon leurs stades physiologiques et morphologiques (Thomma, 2003 ; Meena & Samal, 2019). Plusieurs études ont démontré que le profil biochimique des métabolites était un outil fiable pour caractériser et différencier les champignons phytopathogènes (Siciliano et al., 2018). Les métabolites secondaires microbiens peuvent être exploités comme herbicides (Kenfield et al., 1988 ; Abbas & Duke, 1995 ; Saxena & Pandey, 2001 ; Evidente et al., 2011) et leur utilisation pourrait constituer une approche alternative prometteuse pour concevoir des herbicides sans danger pour l'environnement. Leur utilisation peut également résoudre les problèmes de limitation de l'utilisation des microorganismes vivants tels que : la spécificité des microorganismes qui induit une limitation de la commercialisation, le problème de stockage, la difficulté d'application, le temps d'action, la viabilité et l'influence des conditions environnementales.

Plusieurs études ont été menées pour évaluer le potentiel herbicide des métabolites secondaires d'origine fongique sur les adventices (Vurro et al., 1998 ; Evidente et al., 2009 ; Sanodiya et al., 2010). Certains métabolites secondaires d'*Alternaria alternata* sont dotés d'un potentiel herbicide (Davis et al., 1977 ; Sanodiya et al., 2009). Les effets de ces phytotoxines se font principalement sur différentes parties des cellules végétales comme les mitochondries, le chloroplaste, la membrane plasmique, le complexe de Golgi, le noyau, etc (Meena et al., 2017). L'acide ténuazonique (TeA) est l'un des principaux composés produits par certaines espèces d'*Alternaria* (Alexander et al., 2011) et il est le plus toxique (Yun et al., 2015). Le TeA présente des propriétés biologiques, notamment les activités anti-tumorales,

antibactériennes, antivirales et phytotoxiques (Miller, 1963 ; Gitterman, 1965 ; Lebrun, 1988). Il est également connu pour son activité herbicide à large spectre (Chen & Qiang, 2017).

Le but de cette étude est : i) d'identifier (au moyen de la HPLC-MS) et de comparer les profils biochimiques des métabolites secondaires obtenus à partir des trois isolats d'*Alternaria alternata* (isolats X3, S1, C1) isolés de feuilles malades prélevées de leurs adventices cibles, à savoir *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus* et *Convolvulus arvensis* (Abdessemed et al., 2019 a, b) et, ii) d'évaluer leur potentiel mycoherbicide sur les feuilles détachées des trois adventices hôtes.

II. Matériel et Méthodes

1. Obtention des métabolites secondaires

L'obtention des fractions de métabolites secondaires a été réalisée selon les étapes suivantes :

1.1 Cultures liquides

Les cultures liquides ont été réalisées comme suit : **1)** préparation de deux quantités de bouillon de pomme de terre (PDB) dont la composition est en **annexe 1.2**, **2)** 2000 ml et 20 ml de PDB, respectivement placés dans des Erlen-Meyer de 5000 ml et 50 ml, **3)** inoculation des deux milieux liquides avec des explants d'*A. alternata* âgées de 7 jours, **4)** incubation statique des cultures fongiques pendant 21 jours sous les conditions du laboratoire (Wang et al., 2014 ; Kaur et al., 2015).

1.2. Filtration

Après 21 jours d'incubation, chaque quantité de culture a été filtrée à travers un entonnoir muni d'une passoire et d'un tissu à mailles serrées (pour éliminer le mycélium), puis à l'aide de micro-filtre stériles de 0,20 µm, une seconde filtration a été réalisée, seulement pour les filtrats de cultures issus des cultures de 20 ml (destinés à l'analyse chimique par HPLC/MS). Les filtrats de culture récupérés ont été placés dans des bocaux et conservés à une température de -20 °C au réfrigérateur jusqu'à utilisation.

1.3. Extraction et concentration des extraits organiques

Les étapes suivantes ont été réalisées : **1)** Extraction des métabolites secondaires à partir des filtrats de culture à l'aide d'éthyle d'acétate (solvant organique) en trois fois et à volumes égaux (filtrats de culture et éthyle d'acétate) dans une ampoule à décompter, **2)** récupération de la phase organique (solvant-métabolites secondaires) dans des Erlen-Meyer après la

décantation des deux phases (organique et aqueuse), **3)** Addition d'une petite quantité de sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4) au mélange solvant-métabolites secondaires pour éliminer l'eau, **4)** concentration des extraits organiques et évaporation du solvant à l'aide du rotavapor sous pression normale et à 40 °C (Qiang et al., 2010), **5)** transfert des extraits bruts obtenus après l'évaporation du solvant dans de petits flacons de chromatographie, propres et pesés, après leur avoir ajouté une petite quantité d'éthyle acétate ou du méthanol, **6)** séchage des extraits bruts par évaporation du solvant avec l'azote gazeux, et pesage des flacons contenant les métabolites secondaires.

1.4 Fractionnement des extraits bruts

Pour le fractionnement, les étapes suivantes ont été effectuées : **1)** dépôt des extraits bruts sur plusieurs petites plaques de chromatographie à couche mince en aluminium (la plaque de CCM a été coupée en plusieurs petits fragments), **2)** dépôt des petites plaques dans de petits bacs de chromatographie en verre contenant une série de mélanges de solvants (éluant), **3)** après migration, visualisation des plaques sous lampe UV afin de choisir les meilleurs éluants qui seront par la suite utilisés pour fractionner les extraits bruts dans la colonne de chromatographie.

1.4.1 Fractionnement des extraits bruts dans la colonne chromatographique

Le fractionnement sur colonne chromatographique s'est déroulé selon les étapes suivantes : **1)** solubilisation de l'extrait brut avec une petite quantité d'éthyle acétate et de méthanol ou avec une petite quantité de silice et de solvants (si l'extrait n'est pas soluble dans l'un des constituants de l'éluant), **2)** préparation des mélanges de solvants avec des proportions différentes et convenables pour l'extrait brut de chaque isolat (**Tableau 15**), **3)** choix de la taille de la colonne en fonction de la quantité des métabolites et du nombre de bandes visualisées sous lumière UV (la colonne utilisée pour le fractionnement des trois isolats est de 60 cm de longueur et de 0,5 cm de diamètre), **4)** remplissage de la colonne avec le premier mélange solvants-silice, **5)** versement de l'extrait brut dans la colonne chromatographique à l'aide d'une pipette de Pasteur s'il s'agit du solvant-métabolites secondaires ou avec du papier aluminium s'il s'agit de silice-métabolites secondaires, **6)** collection des fractions métaboliques avec des volumes plus ou moins égaux dans des tubes collecteurs.

Toutes les fractions récupérées ont été déposées sur une ligne sur une plaque de CCM en aluminium et mises dans une cuve contenant le même éluant utilisé dans la colonne chromatographique afin de voir leur profil chromatographique et rassembler celles qui se

trouvent au même niveau de migration (chloroforme/méthanol (95 : 5) pour les isolats d'*A. alternata* X3 et S1 et éthyle acétate /éther de pétrole (3 : 7) pour *A. alternata* isolat C1).

Les fractions de même niveau de migration obtenues de l'extrait brut issu de filtrat de culture d'*A. alternata* isolats X3 et S1 ont été mises une seconde fois sur une plaque CCM en aluminium dans une cuve contenant le premier éluant, certaines fractions d'*A. alternata* isolat C1 dont le rapport de migration était faible ont été immergées dans un mélange d'éthyle acétate /éther de pétrole (3 : 7) et d'autres dans un mélange de chloroforme/méthanol (95 : 5). Le poids de chaque fraction a été noté.

Tableau 15. Proportions de solvants utilisées comme éluant dans le fractionnement des trois extraits bruts par la colonne chromatographique.

Éluents utilisés pour le fractionnement	Volume (ml)	Isolats d' <i>Alternaria alternata</i>		
		X3	S1	C1
Chloroforme/méthanol (95 : 5)	100	+	+	
Chloroforme/méthanol (90 : 10)	100	+	+	
Chloroforme/méthanol (80 : 20)	100	+	+	
Méthanol	50	+	+	
Acétate d'éthyle/éther de pétrole (1 : 9)	50			+
Acétate d'éthyle/éther de pétrole (2 : 8)	50			+
Acétate d'éthyle/éther de pétrole (1 : 1)	100			+
Acétate d'éthyle/éther de pétrole (8 : 2)	100			+
Acétate d'éthyle/éther de pétrole (9 : 1)	100			+
Acétate d'éthyle	100			+
Méthanol	100			+

2. Méthode d'HPLC-MS utilisée pour l'identification des composants des filtrats de culture des trois isolats fongiques et de leurs fractions obtenues

La méthode d'HPLC-MS utilisée pour l'identification des composants des filtrats de culture des trois isolats fongiques et de leurs fractions obtenues a été développée à l'aide d'une HPLC 1260 Infinity Series (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) couplée à un spectromètre de masse Q-TOF modèle G6540B (Agilent Technologies) avec une source à double ionisation par électrospray (ESI) et équipé d'un système DAD (Agilent Technologies). Une colonne Ascentis® Express C18 (2,7 µm, 50 mm x 3,0 mm de diamètre intérieur, Supelco®, Bellefonte, PA, USA) a été utilisée pour les séparations. Le débit a été réglé à 0,40 mL/min. Les métabolites ont été élués à température constante de 37 °C, en utilisant un gradient linéaire composé de A : 0,1 % (v/v) d'acide formique (FA) dans H₂O et B : 0,1 %

(v/v) de FA dans l'acétonitrile (ACN). La pente était la suivante : condition de départ 95 A% et 5% B, 0 min, 0 % A et 100 % B en 6 min et 8 min, maintenue à 95 % A et 5 % B pendant 9 min et 10 min. Les spectres UV ont été collectés par DAD toutes les 0,4 s de 190 à 750 nm avec une résolution de 2 nm. Les paramètres MS ont été réglés avec le logiciel d'acquisition de données (Agilent MassHunter, rév. B.05.01). L'instrument fonctionnait en mode positif, sous forme d'ions $[M+H]^+$; les spectres de SM ont été enregistrés en mode centroïde, avec une plage de masse m/z de 50-1700. Le volume de l'échantillon injecté était de 7 μ L. Afin d'effectuer une correction de masse de verrouillage en temps réel, une pompe Isocratic (1260 Infinity Series, Agilent Technologies) a été utilisée pour infuser une solution standard composée de deux composés de masse de référence : purine ($C_5H_4N_4$, m/z 121.050873, 10 μ mol/L) et hexakis (1H, 1H, 3H-tetrafluoropentoxy)-phosphazene ($C_{18}H_{18}O_6N_3P_3F_{24}$, m/z 922.009798, 2 μ mol/L). Le débit a été réglé à 0,06 mL/min tandis que la fenêtre de détection et la hauteur minimale ont été réglées à 1000 ppm et 10000 points, respectivement, pour la correction de la masse de référence.

3. Évaluation de l'effet des extraits bruts d'*A. alternata* isolats X3, S1 et C1 et de leurs fractions sur les feuilles détachées de leurs adventices cibles

Le matériel végétal utilisé dans ce chapitre consiste en des feuilles détachées des trois adventices (*Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus* et *Convolvulus arvensis*) collectées de la station expérimentale de l'ENSA.

Les tests sur les feuilles détachées des trois adventices ont été effectués comme suit : **1)** les feuilles désinfectées (comme décrit dans le chapitre 2) ont été placées dans des boîtes de Pétri (9 cm de diamètre, 2 feuilles par boîte), **2)** Pour chaque adventice, les feuilles blessées (dix petites blessures ont été réalisées à l'aide d'une aiguille fine et stérile sur toute la surface du limbe) et non blessées ont été traitées chacune avec 50 μ L de l'extrait brut et des fractions de l'isolat correspondant à une concentration de 0,1 mg/mL (l'extrait brut et les fractions ont été dilués dans une quantité de méthanol dont la concentration est de 2 %), **3)** les feuilles traitées à l'EDS et au méthanol à 2 % sont utilisées comme témoins (Evidente et al., 2011), **4)** les feuilles ont été par la suite incubées à une température de 25 °C et à une humidité relative (HR) de 60 % dans les conditions du laboratoire, **5)** Les notations ont été faites dès l'apparition des symptômes et jusqu'à la fin du test (4^{ème}, 7^{ème} et 9^{ème} jours pour les feuilles de *C. arvensis*, *S. oleraceus* et *X. strumarium* respectivement), **6)** L'estimation de la sévérité des extraits bruts et des fractions testés est basée sur une échelle de notation de 0 à 5 comme suit: 0 : 0 – 4 %: aucun effet, 2 – 19 %: chlorose légère, 20 – 49 %: chlorose marquée

et légère nécrose, 50 – 79 % : chlorose aiguë et nécrose marquée, 80 – 94 %: chlorose et nécrose élevées, 95 – 100 % : chlorose et nécrose aiguë (Sanodiya et al., 2010).

Après le premier test avec les trois extraits bruts et toutes les fractions sur les feuilles détachées blessé et non blessés des adventices cibles, une sélection de fractions a été faite sur la base de l'apparition des symptômes sur les feuilles détachées ; ces fractions ont fait l'objet d'un 2^{ème} test de confirmation en augmentant les répétitions à 3 (avec 2 feuilles par boîte).

4. Traitements statistiques

Les essais ont été menés selon un dispositif en blocs aléatoires complets. 3 répétitions ont été réalisées pour chaque traitement, Les données des essais menés au laboratoire ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA uni-factorielle) Les moyennes ont été comparées en utilisant le HSD de Tukey à $P \leq 0,05$ en utilisant le logiciel STATISTICA (Statistica version 8,5, année 2014).

III. Résultats

1. Comparaison biochimique des trois isolats C1, S1 et X3 d'*Alternaria alternata*

Les extraits bruts des filtrats de cultures des trois isolats d'*A. alternata* ont montré des différences en termes de poids, de nombre de fractions récupérées et de profil biochimique. Ainsi, le nombre de composés détectés dans les extraits bruts était de 30, 31, 21 composés (identifiés et non identifiés) détectés respectivement dans les isolats d'*A. alternata* C1, S1 et X3.

Le fractionnement des extraits bruts des isolats d'*A. alternata* C1, S1 et X3 a donné respectivement 10, 7 et 8 fractions de métabolites (**Tableau 16**).

Tableau 16. Poids des extraits bruts et fractions des filtrats de cultures des trois isolats d'*Alternaria alternata*.

Poids (mg)	Isolats d' <i>Alternaria alternata</i>		
	C1	S1	X3
Extraits bruts	93,0	171,0	70,2
Fractions	$a_1 = 17,5$ $b_1 = 01,7$ $c_1 = 00,5$ $d_1 = 01,3$ $e_1 = 01,9$ $f_1 = 01,4$ $g_1 = 02,0$ $h_1 = 04,1$ $i_1 = 38,8$ $j_1 = 03,8$	$a_2 = 03,0$ $b_2 = 17,5$ $c_2 = 68,2$ $d_2 = 68,6$ $e_2 = 01,0$ $f_2 = 13,5$ $g_2 = 01,5$	$a_3 = 08,8$ $b_3 = 01,8$ $c_3 = 24,3$ $d_3 = 00,9$ $e_3 = 00,7$ $f_3 = 02,4$ $g_3 = 08,2$ $h_3 = 22,5$

1.1. Identification des métabolites par HPLC-MS

1.1.1. Composition biochimique des filtrats de cultures

L'analyse biochimique des filtrats de culture des isolats d'*A. alternata* C1, S1 et X3 par HPLC-SM a révélé la présence de 15 composants répartis différemment dans les filtrats de cultures des trois isolats (**Tableau 17**). D'après le chromatogramme de la figure 16, on peut voir que l'acide ténuazonique (TeA) (temps de rétention = 5,5 min) représente le principal composant dans les filtrats de culture des trois isolats avec des quantités plus ou moins différentes.

La Cyclo-l-Prolylglycine (TR = 0,90 min), le Verrol (TR = 5,46 min), le Brassicène F (TR = 5,54 et 5,66 min) et la Rezishanone C (TR = 5,69 min) sont également des composants communs aux trois filtrats de cultures mais en petites quantités. Le Brassicène D est un composant commun aux filtrats de culture des isolats C1 et S1 d'*A. alternata*. Les composants: 12-Méthoxycitromycine (TR = 4,89 min), Erythroglaucine (TR = 4,90 min), Acide Alternarian (TR = 5,16 min), TAN 913 (TR = 4,97 min), Chaetoquadrin E (TR = 6,71 min) et Acide Tanzawaic F (TR = 7, 41 min) ne se trouvent que dans le filtrat de culture de l'isolat C1; tandis que la Cytosporine C (TR = 6,46 min) et la Striatosporine A (TR = 6,461 min) ne se trouvent que dans le filtrat de culture de l'isolat S1 d'*A. alternata*. De même, le

Cyclo-(Pro-Ala) n'est présent que dans le filtrat de culture de l'isolat X3 d'*A. alternata* (Tableau 17).

Tableau 17. Les composants des filtrats de cultures des isolats C1, S1 et X3 d'*Alternaria alternata*.

Composants	C1	S1	X3
Cyclo-l-Prolylglycine	+	+	+
12Methoxycitromycin	+		
Erythroglauicin	+		
Alternarian acid	+		
TAN 913	+		
Verrol(Terpene)	+	+	+
Tenuazonic acid	+	+	+
Brassicicene F	+	+	+
Rezishanone C (=sorbivinetone)	+	+	+
Brassicicene D	+	+	
Chaetoquadrin E	+		
Tanzawaic acid F	+		
Cytosporin C		+	
Striatisorin		+	
Cyclo-(Pro-Ala)			+

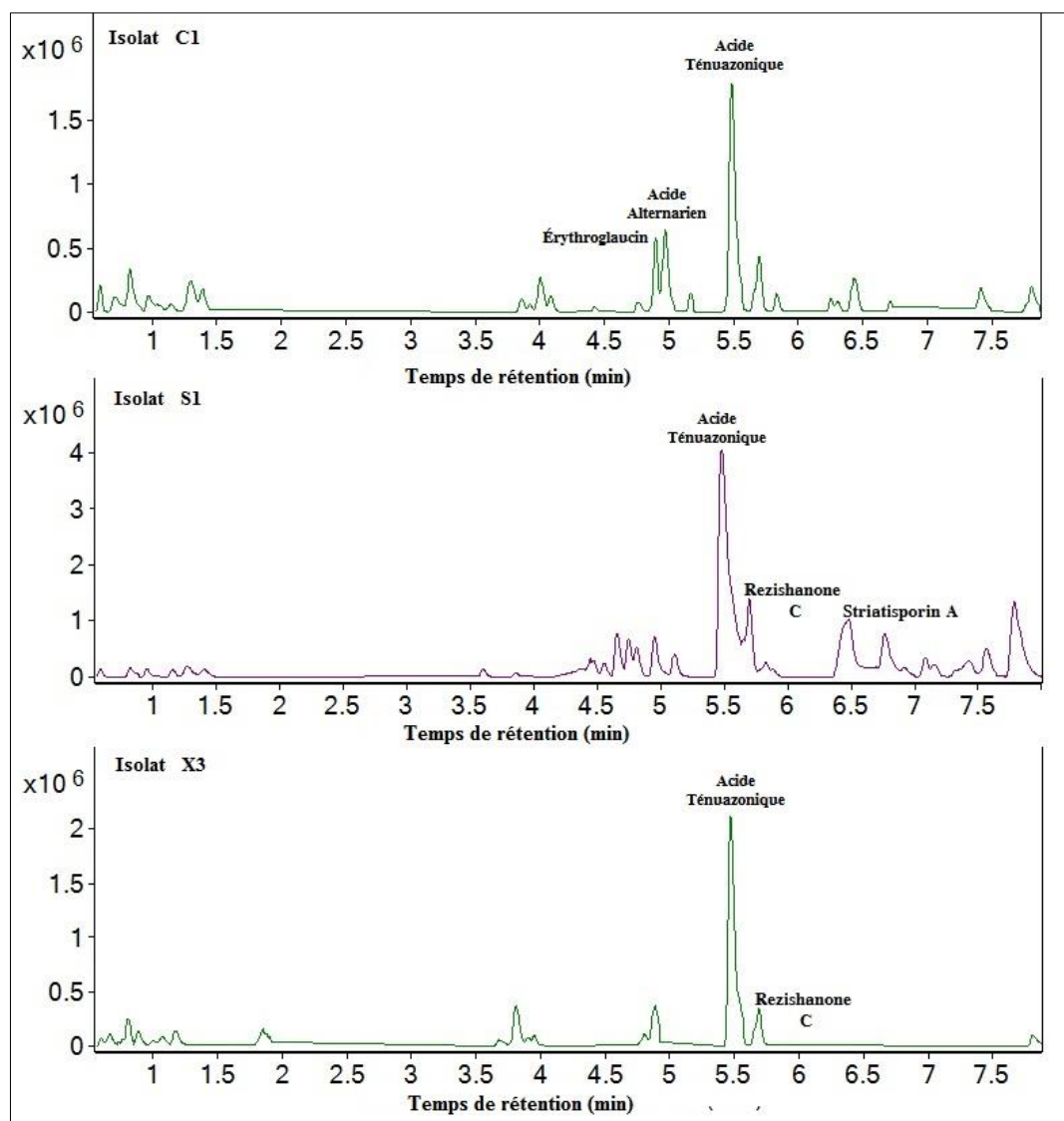


Figure 16. Chromatogrammes présentant la quantité d'ions détectés en fonction du temps de rétention des filtrats de culture des trois isolats d'*A. alternata* X3, S1 et C1.

1.1.2. Composition biochimique des fractions récupérées à partir des extraits bruts des filtrats de cultures des trois isolats d'*Alternaria alternata*

- **Isolat C1** : L'analyse des fractions obtenues à partir de l'extrait brut de filtrat de culture de l'isolat C1 de *A. alternata* a montré que le *Stachybotrys microspora* triprenyl phenol-7 (SMTP-7) (TR = 4,78 min) se trouve en quantité moyenne dans les fractions b₁, c₁, d₁, e₁, f₁, g₁, i₁, j₁ et en quantité élevée dans la fraction h₁. Les fractions contiennent également de l'acide ténuazonique (TeA) (TR= 5,5 min), (6 fractions sur 10 : b₁, f₁, g₁, h₁, i₁, j₁ avec de faibles quantités). Cinq fractions (b₁, c₁, e₁, f₁, g₁) contiennent de la Décarestricine N en faible quantité et seule la fraction g₁ contient des tricycloalternarènes (ACTG) toxine A (TR= 6,6 min) en faible quantité (**Figure 17**).

- **Isolat S1** : En ce qui concerne l'isolat S1 d'*A. alternata*, 2 des 7 fractions de l'extrait brut contiennent de la SMTP-7 en quantité modérée et de l'acide ténuazonique en quantité moyenne. La fraction b est la seule à contenir du Virescénoside M et de la Phénistatine (TR= 4,54 et 4,59 min, respectivement) en grande quantité, elle contient également la toxine A de l'ACTG (TR= 6,60) en faible quantité (**Figure 18**).

-**Isolat X3** : Quant à la composition de l'extrait brut de l'isolat X3 d'*A. alternata*, les 8 fractions contiennent de la SMTP-7 (TR= 4,78 min) en quantité modérée, 6 d'entre-elles (sauf les fractions b et d) contiennent de la Décarestricine N (TR= 0,69 min) en faible quantité, la fraction d contient une faible quantité de Botrydial. Cinq des 8 fractions contiennent de l'acide ténuazonique (sauf les fractions c, d et e), les quantités d'acide ténuazonique dans ces fractions varient de moyennes à faibles. L'acide benzoïque (TR= 6,16 min) est présent dans les fractions a et b avec de faibles quantités. Le cyclo-(L-Phe-L-Pro) est présent exclusivement dans la fraction b de l'isolat X3 et en grande quantité (TR= 4,60 min) (**Tableau 18**). Par ailleurs, plusieurs fractions contiennent des composants en quantités très élevées mais qui n'ont pas pu être identifiées (**Figure 19**).

Tableau 18. Composants des fractions d'*Alternaria alternata* isolats C1, S1 et X3

Composants	Fraction a			Fraction b			Fraction c			Fraction d			Fraction e			Fraction f			Fraction g			Fraction h			Fraction i			Fraction j		
	C1	S1	X3	C1	S1	X3	C1	S1	X3	C1	S1	X3	C1	S1	X3	C1	S1	X3	C1	S1	X3	C1	S1	X3	C1	S1	X3	C1	S1	X3
Decarestrictin N			+	+			+		+				+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+					
Cyclo-(L-Phe-L-Pro)			+																											
SMTP-7		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+			+		
Acide tenuazonique			+	+	+	+		+			+			+		+	+	+	+	+	+	+		+			+			
2-(4-Hydroxyazobenzene) Acide benzoïque			+	+		+																								
(+)-Phomopsidin				+						+			+						+											
Viresenoside M					+																									
Phoenistatin					+																									
ACTG toxin A					+														+											
Wortmannilactones (F-H)									+																					
Fumagillin methyl ester									+																					
Acide viridominique C									+																					
Botrydial											+																			
Acide Ganoderique B															+															
Acide viridominique B															+															
Acide picolinique																						+								

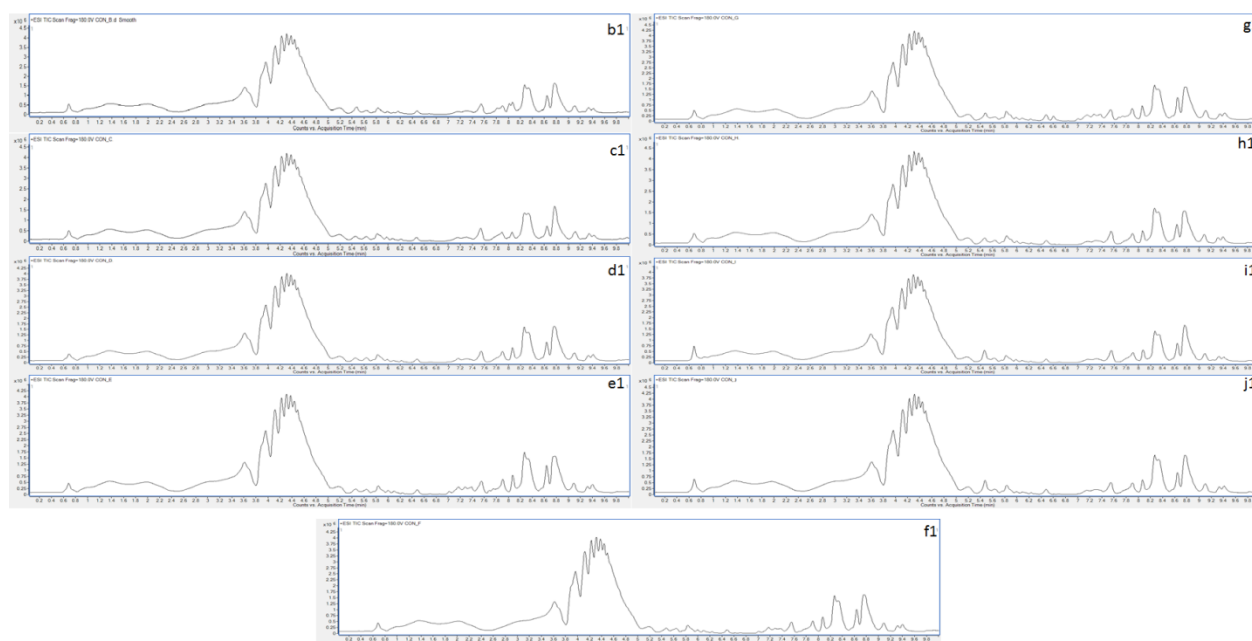


Figure 17. Chromatogrammes présentant la quantité d'ions détectés en fonction du temps de rétention des neuf fractions issues de l'extrait brut d'*Alternaria alternata* isolat C1.

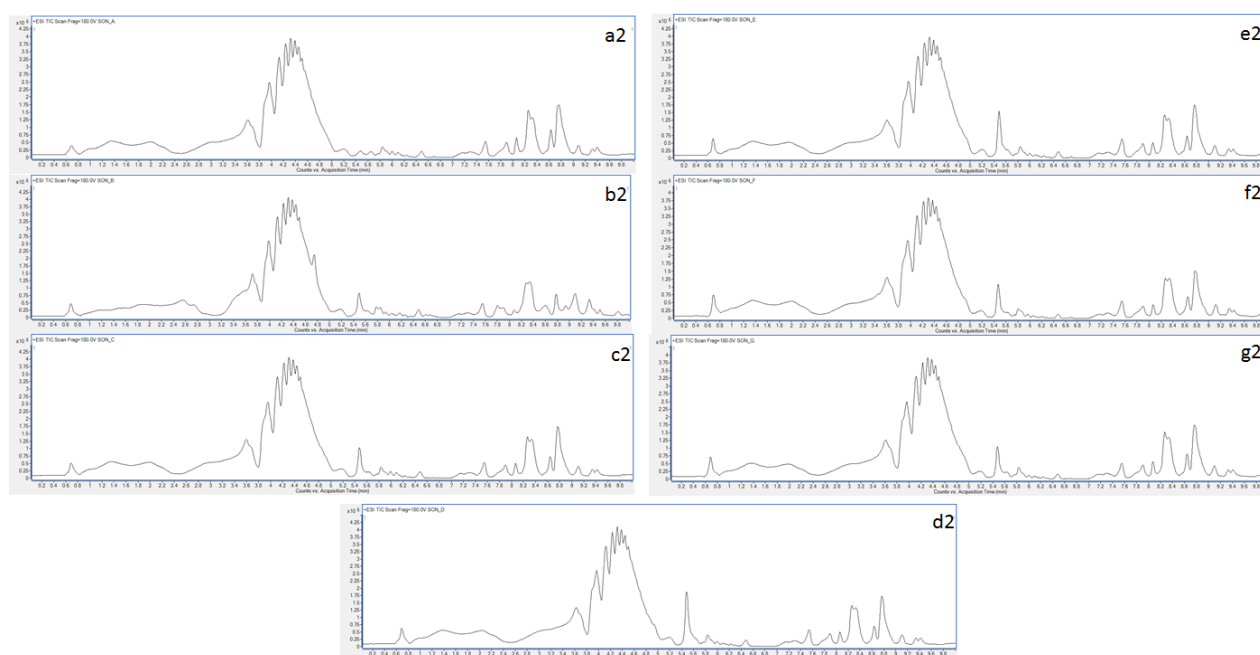


Figure 18. Chromatogrammes présentant la quantité d'ions détectés en fonction du temps de rétention des sept fractions issues de l'extrait brut d'*Alternaria alternata* isolat S1.

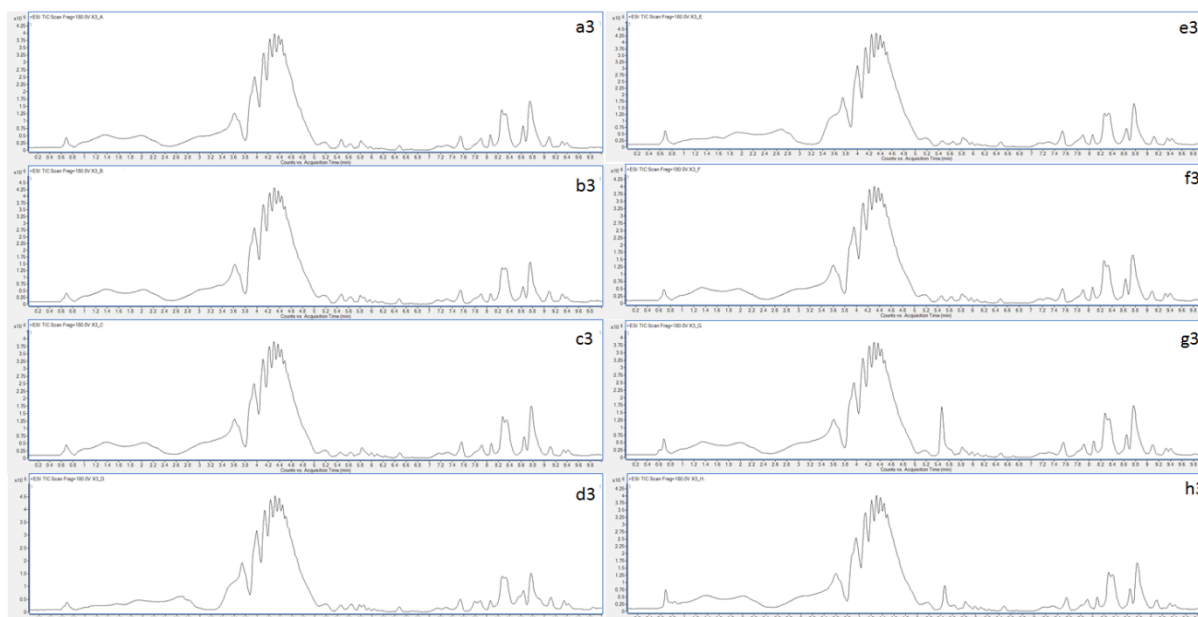


Figure 19. Chromatogrammes présentant la quantité d'ions détectés en fonction du temps de rétention des huit fractions issues de l'extrait brut d'*Alternaria alternata* isolat X3.

2. Effet des extraits bruts d'*Alternaria alternata* isolats X3, S1 et C1 et de leurs fractions sur les feuilles détachées des trois adventices cibles.

- Effet sur les feuilles détachées de *C. arvensis* :

L'extrait brut et seules les fractions d₁, e₁, h₁ et i₁ ont pu causer des symptômes mais uniquement sur les feuilles blessées. L'analyse de la variance a montré un effet très significatif de l'extrait brut et des fractions d₁, e₁, i₁ sur la sévérité des symptômes sur les feuilles blessées ($P \leq 0.001$). La phytotoxicité la plus élevée a été enregistrée sur les feuilles traitées avec les fractions d₁, e₁ et i₁ (**Figure 20**). L'extrait brut et les fractions d₁, e₁ ont causé de petites nécroses entourées de chloroses, les deux fractions ont causé la destruction totale des feuilles à la fin de l'essai, c'est-à-dire au 4^{ème} jour. La fraction h₁ a causé des nécroses plus importantes que les deux autres (d₁, e₁) mais n'a pas entraîné la destruction totale des feuilles, la fraction i₁ a causé des taches noires qui ont ensuite envahi toute la surface de la feuille. Les deux témoins n'ont développés aucun symptôme (**Figure 21**).

- Effet sur les feuilles détachées de *S. oleraceus* :

Seules les fractions a₂ et f₂ de l'isolat S₁ ont causé des symptômes uniquement sur les feuilles blessées. L'analyse de la variance a montré un effet significatif de la fraction a₂ sur la sévérité des symptômes sur les feuilles détachées blessées ($P = 0,002$). Les deux fractions n'ont pas montré un effet phytotoxique élevé (**Figure 22**). Les symptômes causés par les deux fractions se présentaient sous la forme de zones brunes (**Figure 23**). L'extrait brut n'a causé aucun symptôme.

- Effet sur les feuilles détachées de *X. strumarium* :

L'extrait brut et ses huit fractions n'ont montré aucun effet sur les feuilles détachées, qu'elles soient blessées ou non.

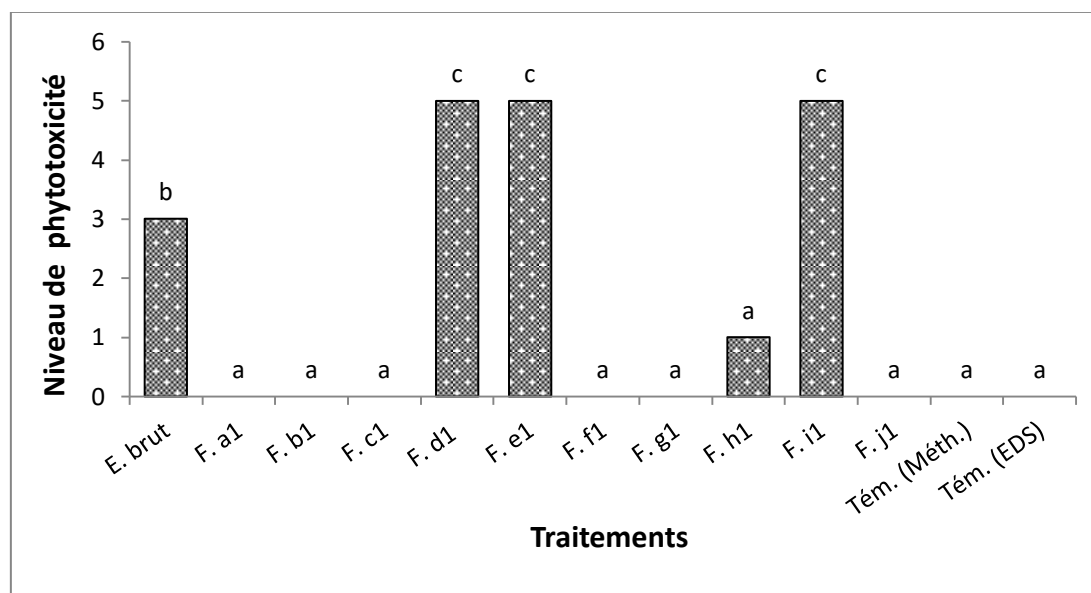


Figure 20. Effet de l'extrait brut et des fractions du filtrat de culture de l'isolat C1 sur les feuilles détachées de *Convolvulus arvensis*. E : Extrait, F. : Fraction, Tém.: Témoin, EDS : Eau Distillé Stérile, Méth : Méthanol.

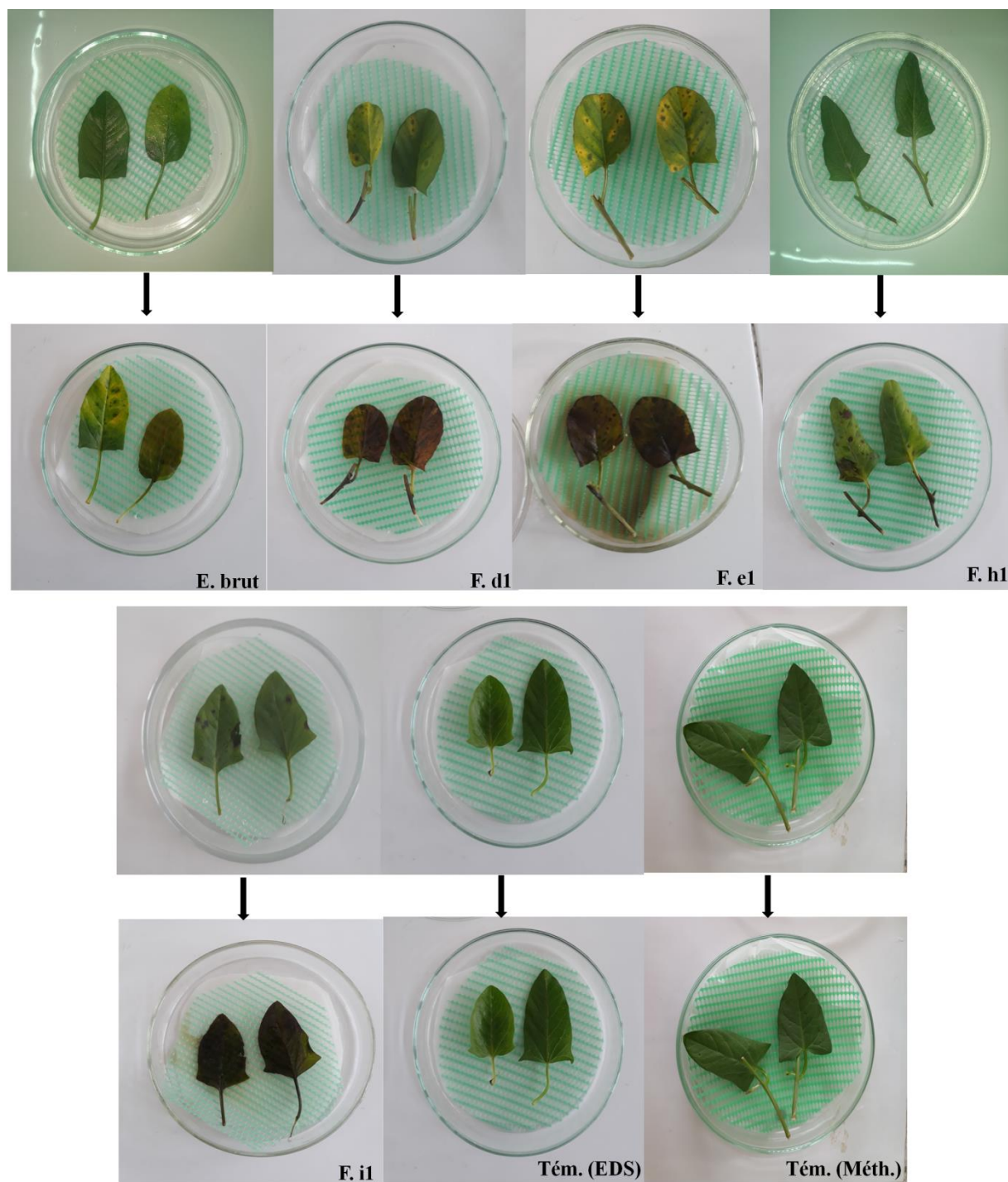


Figure 21. Aspect des feuilles détachées de *Convolvulus arvensis* après le traitement par l'extrait brut et les fractions du filtrat de culture de l'isolat C1 : d₁, e₁, h₁ et i₁. E : Extrait, Frac : Fraction, Tém.: Témoin, EDS : Eau Distillé Stérile, Méth. : Méthanol. La première rangée de photos représente les symptômes après un jour de traitement, la seconde représente les symptômes à la fin du test (4 jours après le traitement).

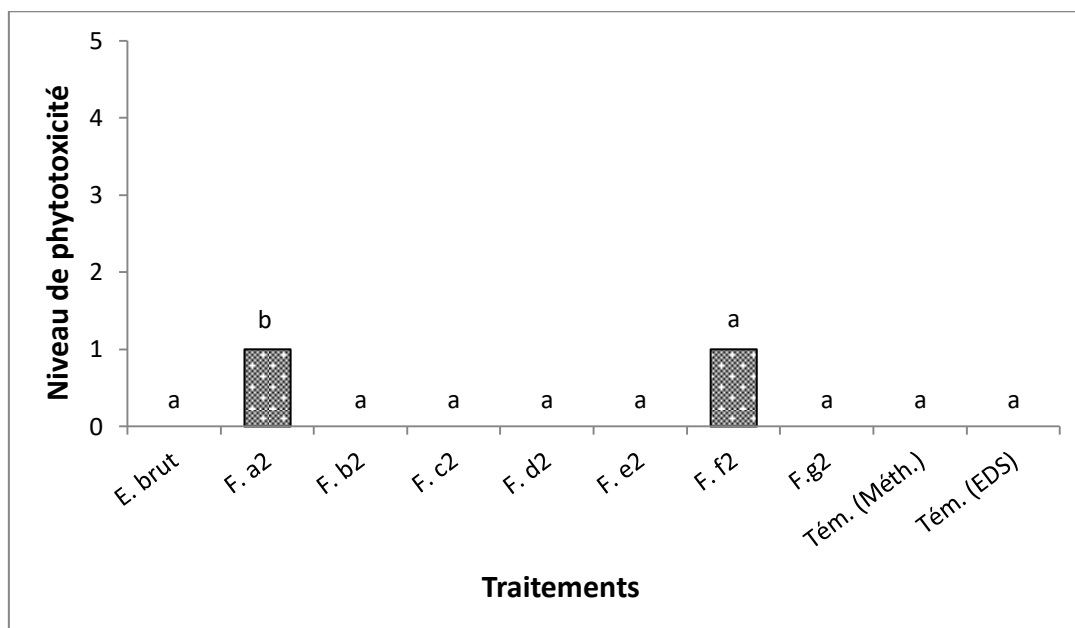


Figure 22. Effet de l'extrait brut et des fractions du filtrat de culture de l'isolat S1 sur les feuilles détachées de *Sonchus oleraceus*. E : Extrait, F. : Fraction, Tém.: Témoin, EDS : Eau Distillé Stérile, Méth : Méthanol.

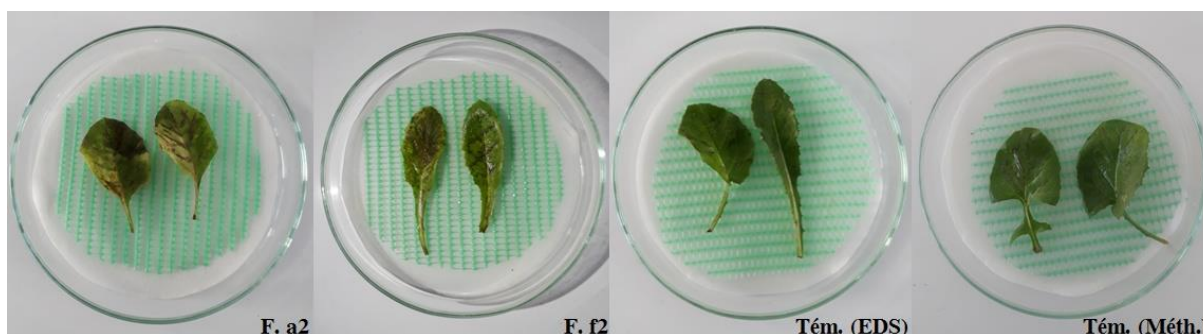


Figure 23. Aspect des feuilles détachées de *Sonchus oleraceus* après le traitement par l'extrait brut et les fractions a₂ et f₂. E : Extrait, F. : Fraction, Tém. : Témoin, EDS : Eau Distillé Stérile, Méth : Méthanol.

IV. Discussion

Le profil biochimique des trois filtrats de culture des trois isolats d'*A. alternata* a montré une composition différente, cependant avec certains composés en commun. Ainsi, l'acide ténuazonique et le SMT-7 sont présents dans presque toutes les fractions des trois extraits bruts. Ces résultats sont en accord avec ceux de Sottor et al. (2019), qui ont constaté que les souches de *Streptomyces* étroitement apparentées par le marqueur génétique de l'ARNr 16S produisaient un ensemble commun de substances chimiques et un autre ensemble unique pour chaque souche, ils ont considéré les métabolites secondaires communs comme

des métabolites secondaires principaux et les métabolites spécifiques pour chaque souche comme des métabolites secondaires accessoires. Uka et al. (2019) ont également constaté que *Aspergillus flavus* présente une grande diversité intra-spécifique de métabolites secondaires. Cette différence biochimique des souches peut s'expliquer par le transfert horizontal de gènes (HGT) des voies de biosynthèse entières (Khaldi et al., 2008 ; Ziemert et al., 2014). Cette différence peut également s'expliquer par la concurrence environnementale, les besoins de survie de la souche, la nécessité de s'adapter et de se spécialiser dans leur niche écologique particulière et les différences d'hôtes (Sottor et al., 2019 ; Uka et al., 2019).

Dans notre étude, l'acide ténuazonique s'est avéré être le principal composé des trois filtrats de cultures, il est présent dans la plupart des fractions mais en quantités différentes. Cette constatation est en accord avec les résultats de Meronuck et al. (1972) et Davis et al., (1977) qui ont également constaté que l'acide ténuazonique était le principal composé des isolats d'*A. alternata* étudiés et également en différentes quantités. L'acide ténuazonique a été isolé pour la première fois à partir d'*Alternaria tenuis* par Rosett et al. (1957). Il a été détecté dans les filtrats de culture de plusieurs champignons, en particulier, ceux du genre *Alternaria* (*Pyricularia oryzae*, *phoma sorghina*, *Alternaria longiceps*, *A. kikuchiana*, *A. mali*, *A. alternata* et *A. tenuissima*) (Devi et al., 2010 ; Alexander et al., 2011). De surcroît, l'acide ténuazonique est connu pour son potentiel comme herbicide naturel (Davis et al., 1977 ; Sanodiya et al., 2009 ; 2010).

Le deuxième composé important détecté était le SMTP-7 (*Stachybotrys microspora* triprenyl phenol-7) qui est un composant de faible poids moléculaire qui a un effet thrombolytique, anti-inflammatoire et des activités antioxydantes, il est généralement sécrété par l'espèce fongique *Stachybotrys microspora*, il a également une excellente activité thérapeutique contre l'infarctus cérébral de plusieurs espèces de rongeurs (Hashimoto et al., 2010 ; Shibata et al., 2010 ; Sawada et al., 2014).

Certaines fractions, à savoir d_1 , e_1 , h_1 , i_1 , a_2 et f_2 , ont provoqué des symptômes (nécrose et chlorose) sur des feuilles détachées blessées de *S. oleraceus* et *C. arvensis*. Les quatre fractions (d_1 , e_1 , h_1 et i_1) qui ont donné un effet sur les feuilles détachées blessées de *C. arvensis* contiennent toutes de la SMTP-7 en quantités moyennes et de l'acide ténuazonique ou de la (+)-Phomopsidine en petites quantités, ainsi que d'autres composants non identifiés, ces composants sont également présents dans deux autres fractions (g_1 et j_1) qui n'ont pas donné d'effet. Les deux fractions (a_2 et f_2) qui ont montré un effet sur les feuilles détachées blessées de *S. oleraceus* contiennent du SMTP-7, la fraction f_2 contient de l'acide

ténuazonique, de l'acide benzoïque et de la décarestricine N, ces deux fractions contiennent également des composants non identifiés. Les composants identifiés sont également présents dans d'autres fractions qui n'ont pas donné d'effet. Ce résultat peut s'expliquer par la différence entre les composants non identifiés. Cet effet est confirmé par les résultats de plusieurs études qui ont montré l'efficacité des métabolites secondaires d'*Alternaria* contre les adventices (*Xanthium occidentale*, *Parthenium hysterophorus* et *Lantana camara*) (Vurro et al., 1998 ; Sanodiya et al., 2009 ; Sanodiya et al., 2010). Ces effets peuvent être dus à la présence de substances phytotoxiques à potentiel herbicide (Evidente et al., 1998 ; Evidente et al., 2011 ; Cimmino et al., 2013).

De façon inattendue, l'extrait brut et ses fractions issus du filtrat de culture de l'isolat X3 n'ont montré aucun effet sur les feuilles détachées (blessées ou non) de *X. strumarium*, ce résultat peut être dû à la faible dose utilisée dans ce test. La dose utilisée était la même pour tous les extraits bruts et leurs fractions des trois isolats d'*A. alternata*, le pouvoir toxicogène des espèces d'*Alternaria* et l'effet de chaque composant toxique varient d'un isolat à un autre (Meena et al., 2016 ; 2017 b). Zhou et al. (2019), ont constaté que l'effet des métabolites secondaires d'*Alternaria alternata* sur les plantes augmente avec la concentration de ces métabolites et que cet effet diffère selon les espèces.

Les métabolites secondaires ne peuvent pas pénétrer la feuille, c'est pourquoi Evidente et al. (1998) et Vurro et al. (1998) ont recommandé la combinaison des métabolites secondaires avec l'agent pathogène lui-même (l'agent pathogène pourrait être aidé par la toxine, pendant la phase de pénétration et de colonisation, pour augmenter le niveau d'attaque sur l'adventice, sans aucun effet sur la plante non hôte), ainsi qu'avec d'autres méthodes de lutte dans la gestion intégrée des adventices.

L'utilisation de certains champignons à pouvoir phytopathogène à l'égard des adventices constitue une approche de biocontrôle prometteuse pour la régulation et la maîtrise de la densité croissante des adventices en milieu agricole.

C'est dans ce contexte que s'est inscrit l'objectif de notre travail visant la recherche des champignons à potentiel mycoherbicide. Ceci a impliqué également leur identification morphologique et par outils moléculaires, leur formulation et l'évaluation de leur pouvoir mycoherbicide à l'égard de leurs adventices cibles.

Des prospections ont été faites au niveau de la station expérimentale et la ferme centrale de l'ENSA, ainsi qu'au niveau de la station expérimentale de l'ITGC de Oued Semar afin de détecter les maladies dominantes sévissant sur trois des adventices des plus redoutables en Algérie, à savoir *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus* et *Convolvulus arvensis*.

Plusieurs symptômes de maladies ont été observés sur ces adventices, cependant les maladies des taches foliaires (leaf spot) étaient les plus dominantes avec une incidence approximative de 70 % et une sévérité d'attaque allant de 50 à 70 %.

Des feuilles des trois adventices collectées qui présentaient des symptômes de taches nécrotiques ont été utilisées pour l'isolement. Au total, 15 isolats ont été obtenus mais seulement les trois les plus agressifs ont été retenus (l'isolat 1 codé "X3", l'isolat 2 codé "S1" et l'isolat 3 codé "C1" isolés respectivement, des feuilles de *X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis*).

L'identification moléculaire de ces trois isolats a montré qu'ils appartiennent tous à *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. puisqu'ils présentent une analogie de 99 % avec la souche type CBS 916.96 de ce champignon déposée dans la banque de gènes NCBI. Il est à préciser que l'identification morphologique de l'isolat X3 répondait parfaitement à la description d'*Alternaria tenuissima* que la classification actuelle rattache à *A. alternata*.

D'après les résultats d'identification obtenus et les recherches bibliographiques y compris dans les bases de données sur les champignons infectant *X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis*, il s'agit d'un premier signalement d'*A. alternata* infectant naturellement *X. Strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis* en Algérie.

L'évaluation du potentiel mycoherbicide des trois isolats a été conduite *in-vitro*, *in-vivo* et *in-situ* par l'utilisation de leurs suspensions de spores et de leurs formulations liquides, à base de l'huile de colza, et solides, à base d'Alginate de Sodium. La formulation liquide s'est révélée la plus efficace parmi les traitements fongiques testés. Son efficacité, néanmoins, ne dépassait pas celle de l'herbicide Mustang® même utilisé à 75 % de la dose recommandée.

Par ailleurs, et dans l'ensemble, nous avons obtenu un contrôle partiel des deux adventices, *X. strumarium* et *S. oleraceus*, puisque le traitement avec la formulation à base d'huile de colza d'*A. alternata* isolats X3 et S1 a réduit à environ de moitié la biomasse sèche de *X. strumarium* et *S. oleraceus in-vivo* et *in-situ* comparativement au témoin sain (non traité). Ce potentiel mycoherbicide peut toutefois être accru par l'utilisation d'inoculum et de formulations plus efficaces ou par la combinaison de plusieurs agents pathogènes ou bien encore la combinaison avec d'autres méthodes de lutte.

La composition biochimique des filtrats de cultures des trois isolats d'*A. alternata* et des fractions de leurs extraits bruts a montré une grande hétérogénéité biochimique entre les trois isolats avec la présence remarquable de l'acide ténuaonique et *Stachybotrys microspora* triprenyl phenol-7 (SMTP-7). D'après les recherches bibliographiques, il s'avère que très probablement notre étude est la première à avoir trouvé que le *Stachybotrys microspora* triprenyl phenol-7 est produit par *Alternaria alternata*.

Cette hétérogénéité biochimique se traduit par la différence dans le nombre de fractions issues et par la présence de certains composés ne se trouvant que dans un filtrat de culture d'un isolat donné. Ainsi, Chaetoquadrin E et l'Acide Tanzawaic F ne se trouvent que dans le filtrat de culture de l'isolat C1 associé à *C. arvensis*; tandis que la Cytosporine C et la Striatosporine A ne se trouvent que dans le filtrat de culture de l'isolat S1 associé à *S. oleraceus*. De même, le Cyclo-(Pro-Ala) n'est présent que dans le filtrat de culture de l'isolat X3 associé à *X. strumarium*.

Testés sur les feuilles détachées des deux adventices, *C. arvensis* et *S. oleraceus*, les extraits bruts et certaines fractions issus des filtrats de cultures des deux isolats (C1 et S1) ont induit des symptômes (nécroses et chloroses) dont la sévérité pouvait aller jusqu'à la destruction totale des feuilles.

En conclusion, il serait intéressant, d'élargir le spectre des recherches pour mettre en évidence :

- L'interaction *A. alternata*-hôte (*X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis*)
- Les hôtes possibles pour ces souches (plantes cultivées et non cultivées)
- Toute la composition biochimique active de ces champignons et leurs effets sur certains fléaux.
- La combinaison de ces souches avec des doses réduites d'herbicide ou avec d'autre méthode de lutte.

Abbas H. K., Barrentine W. L., 1995. *Alternaria helianthi* and imazaquin for control of imazaquin susceptible and resistant cocklebur (*Xanthium strumarium*) biotypes. *Weed Science*, **43** : 425-428.

Abbas H. K., Dan J., Pantone D. J., et al., 1999. Characteristics of multiple seeded cocklebur: a biotype of common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.). *Weed Technology*, **13** : 257-263.

Abbas H. K., Duke S. O., 1995. Phytotoxins from plant pathogens as potential herbicides. *Journal of toxicology, Toxin reviews*, **14** : 523-543.

Abdel-Fattah G. M., 2002. Biological control of some serious weeds in Akahlia district. II. Mycoherbical production and physiological host responses. *Mycobiology*, **30 (2)** : 96-101.

Abd El-Gawad A. M., El-Habashy I. E., El-Halawany E. F. et al., 2014. Ecology of some species of family *Convolvulaceae* at Nile delta, Egypt. *Journal of Environmental Sciences*, **43** : 431-445.

Abdelkrim H., 1995. Contribution à la connaissance des groupements de mauvaises herbes des cultures du secteur algérois : approches syntaxonomique et phénologique. Thèse Doctorat en science, paris-sud, 151 p.

Abdessemed N., Kerroum A., Bahet Y. A., et al., 2019 ^(a). First report of *Alternaria alternata* leaf spot on *Xanthium strumarium* L. in Algeria. *Journal of Plant Pathology*, **101 (3)** : 781.

Abdessemed N., Kerroum A., Bahet Y. A. et al., 2019 ^(b). First report of *Alternaria* leaf spot caused by *Alternaria alternata* (Fries.) Kiessler on *Sonchus oleraceus* L. and *Convolvulus arvensis* L. in Algeria. *Journal of Phytopathology*, **167 (6)** : 321-325.

Adetunji C. O., Oloke J. K., Prasad G. S., et al., 2017. Effect of *Lasiodiplodia pseudotheobromae* isolates, a potential bioherbicide for *Amaranthus hybridus* L. in Maize Culture. *Notulae Scientia Biologicae*, **9 (1)** : 131-137.

ACTA, 2010. Eléments de biologie des mauvaises herbes. France, 170 p.

Agarwal A., Garg G. K., Devi S., et al., 1997. Ultrastructural changes in *Brassica* leaves caused by *Alternaria brassicae* and Destruxin B. *Plant Biochemistry & Biotechnology*, **6** : 25-28.

Agriculture et territoires, 2016. Bulletin technique Agriculture biologique Grandes Cultures. France, 16 p.

Agriculture et territoires, 2017. Bulletin technique Agriculture biologique Grandes Cultures. France, 21 p.

Agriculture et territoires, 2019. Bulletin technique Agriculture biologique Grandes Cultures. France, 8 p.

Agrios G. N., 2005. Plant pathology. 5ème Ed., Elsevier Academic Press, USA, 922 p.

Akamatsu H., 2004. Molecular biological studies on the pathogenicity of *Alternaria alternata* tomato pathotype. *Journal of General Plant Pathology*, **70** : 389-389.

Akhtar K. P., Sarwar N., Saleem M. Y., et al., 2011. *Convolvulus arvensis*, a new host for *Alternaria solani* causing early blight of *Solanum lycopersicum* in Pakistan. *Australasian Plant Disease Notes*, **6** : 84-86.

Alexander J., Benford D., Boobis A., et al., 2011. Scientific opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food. EFSA panel on contaminants in the food chain. *European Food Safety Authority Journal*, **9 (10)** : 2407-2503.

Amsellem Z., Sharon A., Gressel J., 1991. Abolition of selectivity of two mycoherbicidal organisms and enhanced virulence of avirulent fungi by an invert emulsion. *Phytopathology*, **81 (9)** : 985-988.

Andersen B., Nielsen K. F., Pinto V. F., et al., 2015. Characterization of *Alternaria* strains from Argentinean blueberry, tomato, walnut and wheat. *International Journal of Food Microbiology*, **196** : 1-10.

Ash G. J., 2010. The science, art and business of successful bioherbicides. *Biological Control*, **52** : 230-240.

Asif M., Iqbal M., Randhawa H., et al., 2014. Managing and breeding wheat for organic systems: enhancing competitiveness against weeds. Springer Briefs in Agriculture, 76 p.

Auld A. B., 1999. Vegetable oil suspension emulsions reduce dew dependence of a mycoherbicide. *Crop Protection*, **12 (6)** : 477-479.

Auld A. B., Morin L., 1995. Constraints in the development of bioherbicides. *Weed Technology*, **9** : 638-652.

Auld A. B., Shane D., Hetherington S. D., et al., 2003. Advances in bioherbicide formulation. *Weed Biology and Management*, **3** :61-67.

Auskalnis A., Kadzys A., 2006. Effect of timing and dosage in herbicide application on weed biomass in spring wheat. *Agronomy Research*, **4** : 133-136.

Austin D. F., 2000. Bindweed (*Convolvulus arvensis*, *Convolvulaceae*) in North America-from medicine to menace. *Journal of the Torrey Botanical Society*, **127 (2)** : 172-177.

Babu R. M., Sajeena A., Seetharaman K., 2003. Bioassay of the potentiality of *Alternaria alternata* (Fr.) keissler as a bioherbicide to control waterhyacinth and other aquatic weeds. *Crop Protection*, **22** : 1005-1013.

Bailey K. L., Boyetchko S. M., Mortensen K., et al., 1997. Biological control of weeds using plant pathogens. *Agriculture Agri-Food*, **1** : 1-6.

Bailey K. L., Falk S., 2011. Turning research on microbial bioherbicides into commercial products – a *Phoma* story. *Pest Techenology*, **5** : 73-79.

Bajwa A. A., 2014. Sustainable weed management in conservation agriculture. *Crop protection*, **65** : 105-113.

Balicevic R., Ravlic M., Knezevic M., et al., 2014. Allopathic effect of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) water extracts on germination and initial growth of maize. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **24 (6)** : 1844-1848.

Barros J. C., Basch G., Calado J. G., et al., 2011. Reduced doses of herbicides to control weeds in barley crops under temperate climate conditions. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, **6 (2)** : 197-202.

Ben Halima M. k., 2012. Aphid fauna (*Hemiptera Aphididae*) and their host association of chott mariem, coastal area of Tunisia. *Annals of Biological Research*, **3 (2)** : 746-754.

Benhamiche-Hanifi S., Moulai R., 2012. Analyse des phytocénoses des systèmes insulaires des régions de Béjaia et de Jijel (Algérie) en présence du Goéland leucophaea (*Larus michahellis*). *Revue d'Écologie (Terre Vie)*, **67** : 375-397.

Benyas E., Hassanpouraghdam M. B., Salmasi S. Z., 2010. Allelopathic effects of *Xanthium strumarium* L. shoot aqueous extract on germination, seedling growth and chlorophyll content of lentil (*Lens culinaris* Medic.). *Romanian Biotechnological Letters*, **15 (3)** : 5223-5228.

Berbee M. L., Pirseyedi M., Hubbard S., 1999. Cochliobolus phylogenetics and the origin of known, highly virulent pathogens, inferred from ITS and glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase gene sequences. *Mycologia*, **91 (6)** : 964-977.

Berestetskiy A., Cimmino A., Sofronova J., et al., 2015. Alternethanoxins C–E, further polycyclic ethanones produced by *Alternaria sonchi*, a potential mycoherbicide for *Sonchus arvensis* biocontrol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **63** : 1196-1199.

Bessadat N., Simoneau P., Benichou S., et al., 2014. Morphological, physiological and pathogenic variability of small-spore *Alternaria* sp. causing leaf blight of solanaceous plants in Algeria. *African journal of microbiology research*, **8 (37)** : 3422-3434.

Bhadoria P. B. S., 2011. Allelopathy: a natural way towards weed management. *American Journal of Experimental Agriculture*, **1 (1)** : 7-20.

Bhat H. A., Ahmed K., Ahanger R. A., et al., 2013. Status and symptomatology of *Alternaria* leaf blight (*Alternaria alternata*) of gerbera (*Gerbera jamisonii*) in Kashmir valley. *African journal of agricultural research*, **8 (9)** : 819-823.

Boudjedjou L., Fenni M., 2011. Caractérisation de la flore adventice des cultures maraichère de la région de Jijel (Algérie). *Agriculture*, **2** : 24-32.

Boydston R. A., Williams M.M., 2004. Combined effects of *Aceria malherbae* and herbicides on field bindweed (*Convolvulus arvensis*) growth. *Weed Science*, **52** : 297-301.

Boyette C. D., Quimby Jr. P. C., Bryson C. T., et al., 1993. Biological control of hemp sesbania (*Sesbania exaltata*) under field conditions with *Colletotrichum truncatum* formulated in an invert emulsion. *Weed Science*, **41 (3)** : 497-500.

Boyette C. D., Quimby Jr. P. C., Caesar A. J., et al., 1996. Adjuvants, Formulations, and Spraying Systems for Improvement of Mycoherbicides. *Weed Technology*, **10** : 637-644.

Bozic D., Krsmanovic M. S., Pavlovic D. et al., 2013. Effect of nicosulfuron on plant traits of *Xanthium strumarium*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, **120** : 233-237.

Bozsa R. C., Oliver L. R., 1990. Competitive mechanisms of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and soybean (*Glycine max*) during seedling growth. *Weed Science*, **38** : 344-350.

Bukun B., 2011. Sesame (*Sesamum indicum* L.) yield loss estimation with common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) interference. *African Journal of Biotechnology*, **10 (71)** : 15953-15958.

Cai X., Gu M., 2016. Bioherbicides in organic horticulture. *Horticulturae*, **2** : 1-6.

Caussanel J. P., 1989. Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle : situation de concurrence bispécifique. *Agronomie*, **9** : 219-240.

Chabasse D., Bouchara J. P., De Gentile L., 2002. Cahier de formation biologie médicale: Les moisissures d'intérêt médicale. Biofarma, Paris, 161p.

Chadoeuf-Hnnel R., 1985. La dormance chez les semences de mauvaises herbes. *Agronomie*, **8** : 761-772.

Champion R., 1997. Identifier les champignons transmis par les semences. Quae, France, 398 p.

Chandler D., Bailey A. S., Tatchell G. M., et al., 2011. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical transactions*, **366** : 1987-1998.

Chandramohan S., Charudattan R., 2003. A multiple-pathogen system for bioherbicidal control of several weeds. *Biocontrol Science and Technology*, **13** : 199-205.

Chandramohan S., Charudattan R., Sonoda R. M., et al., 2002. Field evaluation of a fungal pathogen mixture for the control of seven weedy grasses. *Weed Science*, **50 (2)** : 204-213.

Charudattan R., 2001. Biological control of weeds by means of plant pathogens: Significance for integrated weed management in modern agro-ecology. *BioControl*, **46** : 229-260.

Chauhan B. S., Gill G., Preston C., al., 2006. Factors affecting seed germination of annual sow thistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. *Weed Science*, **54** : 854-860.

Chauhan B. S., Widderick M., Werth J., et al., 2015. Common sowthistle (*Sonchus oleraceus* L.): ecology and management. *University of Queensland*, **3 (15)** : 1-4.

Chen S., Qiang S., 2017. Recent advances in tenuazonic acid as a potential herbicide. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **143** : 252-257.

Chrysai-Tokousbalides M., 1997. *Phoma* metabolites toxic to *Convolvulus* spp.. *Phytopathologia Mediterranea*, **36 (1)** : 19-23.

Cici S. Z., Adkins S., Hanani J., 2008. A canopy architectural model to study the competitive ability of chickpea with sow thistle. *Annals of Botany*, **101** : 1311-1318.

Cimmino A., Andolfi A., Berestetskiy A. et al., 2008. Production of phytotoxins by *Phoma exigua* var. *exigua*, a potential mycoherbicide against perennial thistles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56** : 6304-6309.

Cimmino A., Andolfi A., Zonno M. C., et al., 2013. Chenopodolans A–C: phytotoxic furofurans produced by *Phoma chenopodiicola*, a fungal pathogen of *Chenopodium album*. *Phytochemistry*, **96** : 208-213.

Connick Jr. W. J., Boyette C. D., Mcalpine J. R., 1991. Formulation of mycoherbicides using a pasta-like process. *Biological Control*, **1** : 281-287.

Damalas C. I., Koutroubas S. D., 2018. Current status and recent developments in biopesticide use. *Agriculture*, **8 (13)** : 1-6.

Davis N. D., Diener U. L., Morgan-Jones G., 1977. Tenuazonic acid production by *Alternaria alternata* and *Alternaria tenuissima* isolated from cotton. *Applied and environmental microbiology*, **34 (2)** : 155-157.

Défago G., Ammon H. U., Cagan L., 2001. Towards the biocontrol of bindweeds with a mycoherbicide. *BioControl*, **46** : 157-173.

Devi P. S., Reddy M. N., Devamma M. N., et al., 2010. Identification and characterization of tenuazonic acid as the causative agent of *Alternaria alternata* toxicity towards groundnut. *African Journal of Microbiology Research*, **4 (20)** : 2184-2190.

Dhaliwal J. S., 1993. Role of some weeds in the carryover of *Spilosoma obliqua* (Walker) to Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Journal of research*, **30** : 168-170.

Dib D., Sadoudi Ali Ahmed D., 2020. Influence of diesel fuel contamination on *Xanthium strumarium* L. germination and growth. *International Journal of Phytoremediation*, **22 (3)** : 236-240.

DiTomaso J. M., Kyser G. B., Oneto S. R., et al., 2013. Weed control in natural areas in the western united states. Weed Research and Information Center, California, 544 p.

Doucet R., 2013. Les mauvaises herbes agricoles. 1ère Ed., Berger, Canada, 367 p.

Duffus J. E., 1971. Role of weeds in the incidence of virus diseases. *Annual Review of Phytopathology*, **9** : 320-340.

Elliott J. A. 1916. An *Alternaria* on *Sonchus*. *Bot Gazette*, **62** : 414-416.

El-Morsy E. M., Dohlob S. M., Hyde K. D., 2006. Diversity of *Alternaria alternata* a common destructive pathogen of *Eichhornia crassipes* in Egypt and its potential use in biological control. *Fungal Diversity*, **23** : 139-158.

EPPO, 2008. *Alternaria solani* and *Alternaria alternata* on potato and outdoor production of tomato. *European and Mediterranean Plant Protection Organization Bulletin*, **38** : 319-321.

Evidente A., Capasso R., Cutignano A., et al., 1998. Ascaulitoxin, a phytotoxique bis-amino acid N-glucoside from *Ascochyta caulina*. *Phytochemistry*, **48** : 1131-1137.

Evidente A., Cimmino A., Andolfi A., et al., 2011. Phomachalasin A-D, 26-oxa [16] and [15] cytochalasins produced by *Phoma exigua* var. *exigua*, a potential mycoherbicide for *Cirsium arvense* biocontrol. *Tetrahedron*, **67** : 1557-1563.

Evidente A., Punzo B., Andolfi A., 2009. Alternethanoxins A and B, polycyclic ethanones produced by *Alternaria sonchi*, potential mycoherbicides for *Sonchus arvensis* biocontrol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **57** : 6656-6660.

Farr D. F., Rossman A. Y., 2018. Fungal databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. Retrieved from <https://nt.ars-grin.gov/fungal-databases/> October 15, 2018.

Fellah M., 2017. Algérie: La campagne céréalière 2016-2017 s'annonce "prometteuse". Algérie presse service, **1429** : 1-25.

Fertout-Mouri N., 2018. Étude phytoécologique de la flore adventice des agrosystèmes céréaliers de la région de Tessala (Algérie nord-occidentale). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **87** : 70-99.

Frisvad J. C., Andersen B., Thrane U., 2008. The use of secondary metabolite profiling in chemotaxonomy of filamentous fungi. *Mycological research*, **112** : 231-240.

Gamliel A., 2010. Application aspects of integrated pest management. *Journal of Plant Pathology*, **92** : 23-26.

Gardes M., Bruns T. D., 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular ecology*, **2** (2) : 113-118.

Ghorbani R., Seel W., Litterick A., et al., 2000. Evaluation of *Alternaria alternata* for biological control of *Amaranthus Retroflexus*. *Weed Science*, **48** (4) : 474-480.

Gitterman C. O., 1965. Antitumor, cytotoxic, and antibacterial activities of tenuazonic acid and congeneric tetramic acids1. *Journal of medicinal chemistry*, **8** (4) : 483-486.

Gu H., Walter G. H., 1999. Is the common sowthistle (*Sonchus oleraceus*) a primary host plant of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lep., Noctuidae)? Oviposition and larval performance. *Journal of Applied Entomology*, **123** : 99-105.

Guemmaz T., Zerargui F., Boumerfeg S., et al., 2018. Anti-hemolytic, anti-lipid peroxidation, antioxidant properties and acute toxicity of *Xanthium strumarium* leaves extracts. *Annual Research & Review in Biology*, **24 (3)** : 1-12.

Gupta V. P., Raju H. V., Kumar V., et al., 1998. Surface ultrastructure of infection process of *Alternaria alternata* and *Fusarium pallidoroseum* on mulberry. *Archives of Phytopathology & Plant Protection*, **31 (5)** : 429-434.

Hajek A. E., 2004. Naturel enemies: An introduction in biological control. Cambridge university press, England United Kingdom, 379 p.

Hamadache A., 2013. Gestion des mauvaises herbes: Eléments de la phytotechnie générale-grandes cultures-Tome I: le blé, Alger, 107 p.

Hamel T., Boulemtafes A., 2017. Plantes butinées par les abeilles à la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *Livestock Research for Rural Development*, **29 (9)**: 1-13.

Hamel T., Azzouz Z., 2018. Découverte de *Gamochaeta antillana* (Asteraceae) en Numidie orientale (El Tarf-Algérie). *Flora Mediterranea*, **28** : 155-164.

Hanitet K., 2012. Les groupements des adventices des cultures dans la région d'Oran. Thèse Magistère, Oran, 92 p.

Hannachi A., Fenni M., 2013. Etude floristique et écologique des mauvaises herbes des cultures de la région de Batna (Algérie). *Revue Agriculture*, **5** : 24-36.

Haroun N. E., Elamin S. E., Mahgoub B. M., et al., 2015. Leaf Blight: a new disease of *Xanthium strumarium* L. caused by *Curvularia lunata* and *Drechslera spicifera* in Sudan. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **4 (1)** : 511-515.

Hashimoto T., Shibata K., Nobe K., et al., 2010. A novel embolic model of cerebral infarction and evaluation of *Stachybotrys microspora* triprenyl phenol-7 (SMTP-7), a novel fungal triprenyl phenol metabolite. *Journal of Pharmacological Sciences*, **114** : 41-49.

Hasan S., Ayres P. G., 1990. The control of weeds through fungi; principles and prospects. *New Phytologist*, **115 (2)** : 201-222.

Hassan M. O., Gomaa N. H., Fahmy G. M., et al., 2014. Interactions between *Sonchus oleraceus* L. and some weeds in agroecosystems in Egypt. *Annal of agricultural science*, **59 (2)** : 221-228.

Hatzipapas P., Kalosaka K., Dara A., et al., 2002. Spore germination and appressorium formation in the entomopathogenic *Alternaria alternata*. *Mycological Research*, **106 (11)** : 1349-1359.

Heering D. C., Peeper T. F., 1991. Field bindweed (*Convolvulus arvensis*) control in winter wheat (*Triticum aestivum*) with herbicides. *Weed Technology*, **5 (2)** : 411-415.

Hoagland R. E., 1996. Chemical interaction with bioherbicides to improve efficacy. *Weed Technology*, **10 (3)** : 651-674.

Hussain Z., Marwat K. B., Cardina J., 2011. Common cocklebur competition in forage maize. *Weed Technology*, **25** : 151-158.

Hutchinson I., Colosi J., Lewin R. A., 1984. The biology of Canadian weeds. 63. *Sonchus asper* (L.) Hill and *S. oleraceus* L. *Canadian Journal of Plant Science*, **64** : 731-744.

I.T.G.C., 1976. Les mauvaises herbes des céréales d'hiver en Algérie. Tourisme, Alger, 152 p.

Jauzein P., 2011. Flore des champs cultivés. Quae, Paris, 898 p.

Joshi S., Poudel T. N., 2011. Isolation and characterization of the chemical constituents of *Sonchus wightianus* of Nepalese origin. *Journal of Nepal Chemical Society*, **28**: 115-120.

Jurado-Expósito M., López-Granados F., González-Andújar J. L., et al., 2004. Spatial and temporal analysis of *Convolvulus arvensis* L. populations over four growing seasons. *European Journal Agronomy*, **21** : 287-296.

Kadioglu I., 2004. Effects of heartleaf cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) extract on some crops and weeds. *Asian journal of plant sciences*, **3 (6)** : 696-700.

Kadir J. B., Charudattan R., Berger R. D., 2000. Effects of some epidemiological factors on levels of disease caused by *Dactylaria higginsii* on *Cyperus rotundus*. *Weed Science*, **48** : 61-68.

Kaur M., Aggarwal N. K., 2015. Biocontrol potential of four deadly strains of *Alternaria Amacrospora* isolated from *Parthenium* weed. *Plant Pathology Journal*, **14 (2)** : 72-78.

Kaur H., Singh B., Thakur A., et. al., 2015. Studies on immunomodulatory effect of endophytic fungus *Alternaria alternata* on *Spodoptera litura*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, **18** : 67-75.

Kazinczi G., Varga P., Takacs A., 2007. Early competition between tomato and *convolvulus arvensis* in additive experiment. *Cereal Research Communications*, **35** : 601-604.

Kazi-Tani C., Le Bourgeois T., Munoz F., 2010 ^(b). Contribution à l'étude des communautés d'adventices des cultures du secteur phytogéographique oranais (Nord-ouest algérien) : aspects botanique, agronomique et phyto-écologique. AFPP – 21 ème Conférence du COLUMA-Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon, France, 1-10 p.

Kazi-Tani C., Le Bourgeois T., Munoz F., 2010 ^(a). Aspects floristiques de la flore des champs du domaine phytogéographique oranais (Nord-Ouest algérien) et persistance d'espèces rares et endémiques. *Flora Mediterranea*, **20** : 5-22.

Kazi-Tani C., Le Bourgeois T., Munoz F., 2012. Alien versus native weeds present in crops of Oranie (North West Algeria): A comparative study of their life-history traits. *Flora Mediterranea*, **22** : 33-44.

Kenfield D., Bunkers G., Strobel G. A., et al., 1988. Potential new herbicides - phytotoxins from plant pathogens. *Weed Technology*, **2(4)** : 519-524.

Khaldi N., Collemare J., Lebrun M. H., et al., 2008. Evidence for horizontal transfer of a secondary metabolite gene cluster between fungi. *Genome biology*, **9 (1)** : 1-10.

Kheder A. A., Akagi Y., Akamatsu H., 2012. Functional analysis of the melanin biosynthesis genes ALM1 and BRM2-1 in the tomato pathotype of *Alternaria alternata*. *Journal of General Plant Pathology*, **78** : 30-38.

Kinay P., Yildiz M., 2007. The shelf life and effectiveness of granular formulation of *Metschnikowia pulcherrima* and *Pichia guilliermondii* yeast isolates that control postharvest decay of *Citrus* fruit. *Biological Control*, **45** : 433-440.

Klein T. A., Auld B. A., Fang W., 1995. Evaluation of oil suspension emulsions of *Colletotrichum orbiculare* as a mycoherbicide in field trials. *Crop protection*, **14 (3)** : 193-197.

Komjáti H., Walcz I., Virányi F., et al., 2007. Characteristics of a *Plasmopara angustiterminalis* isolate from *Xanthium strumarium*. *European Journal of Plant Pathology*, **119 (4)** : 421-428.

Kotan R., Okutucu A., Gormez A. A., et al., 2012. Parasitic bacteria and fungi on common mistletoe (*Viscum album* L.) and their potential application in biocontrol. *Journal of Phytopathology*, **161** : 165-171.

Kremer R. J., 2005. The role of bioherbicides in weed management. *Biopesticides International*, **1** : 127-141.

Laamari M., Chaouche S. T., Halimi C. W., et al., 2012. A review of aphid parasitoids and their associations in Algeria (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae; Hemiptera: Aphidoidea). *BioOne*, **20 (1)** : 161-170.

Lawrie J., Greaves M. P., Down V. M., et al., 2002. Outdoor studies of the efficacy of *Alternaria alternata* in controlling *Amaranthus retroflexus*. *Biocontrol Science and Technology*, **12** : 83-94.

Leach A.W., Mumford J. D., 2008. Pesticide environmental accounting: a method for assessing the external costs of individual pesticide applications. *Environmental Pollution*, **151** : 139-147.

Lebrun M. H., Nicolas L., Boutar M., et al., 1988. Relationships between the structure and the phytotoxicity of the fungal toxin tenuazonic acid. *Phytochemistry*, **27 (1)** : 77-84.

Lee C., Kim S. C., Lundy K., Santos-Guerra A., 2005. Chloroplast DNA phylogeny of the woody *Sonchus* alliance (*Asteraceae*: *Sonchinae*) in the Macaronesian Islands. *American Journal of Botany*, **92 (12)** : 2072-2085.

Leyronas C., Duffaud M., Nicot P. C., 2012. Compared efficiency of the isolation methods for *Botrytis cinerea*. *Mycology*, **3 (4)** : 221-225.

Liu Z., Macias M. J., Bottomley M. J., et al., 1999. The three-dimensional structure of the HRDC domain and implications for the Werner and Bloom syndrome proteins. *Structure*, **7 (12)** : 1557-1566.

Lonchamp J. P., Barralis G., 1988. Caractéristiques et dynamique des mauvaises herbes en région des grandes cultures : le Noyonnais (Oise). *Agronomie*, **8 (9)** : 757-766.

Lou J., Fu L., Peng Y., et al., 2013. Metabolites from *Alternaria* Fungi and their bioactivities. *Molecules*, **18** : 5891-5935.

Löve D., Dansereau P., 1959. Biosystematic studies on *Xanthium*: Taxonomic appraisal and ecological status. *Canadien Journal of Botany*, **37 (2)** : 173-208.

Malandrakis A. A., Apostolidou Z. A., Markoglou A., et al., 2015. Fitness and cross-resistance of *Alternaria alternata* field isolates with specific or multiple resistance to single site inhibitors and mancozeb. *European Journal of Plant Pathology*, **142** : 489-499.

Mamarot J., Bouchet C., 1988. Sensibilité des mauvaises herbes aux herbicides. 3ème Ed., ACTA, Paris, 295 p.

Mamarot J., Rodriguez A., 2011. Mauvaises herbes des cultures. 3ème Ed., ACTA, Paris, 569 p.

Mamgain A., Roychowdhury R., Tah J., 2013. *Alternaria* pathogenicity and its strategic controls. *Research Journal of Biology*, **1** : 1-9.

Manganiello G., Sacco A., Ercolano M. R., et al., 2018. Modulation of tomato response to *Rhizoctonia solani* by *Trichoderma harzianum* and its secondary metabolite harzianic acid. *Frontiers in Microbiology*, **9** : 1-19.

Manuel J. S., Bendixen L. E., Reynolds D. A., et al., 1980. Weeds as hosts of *Pratylenchus*. *Research Bulletin*, **1123** : 1-26.

Marchegay P., Thorin N., Schiavon M., 1990. Effets des facteurs climatiques sur l'émission aérienne des spores d'*Alternaria brassicae* (Berk) Sacc et sur l'épidémiologie de l'alternariose dans une culture de colza. *Agronomie*, **10** : 831-839.

Maude R. B., Humpherson-Jones F. M., 1980. Studies on the seed-borne phases of dark leaf spot *Alternaria brassicicola* and grey leaf spot *Alternaria brassicae* of brassicas. *Annals of applied biology*, **95 (3)** : 311-319.

McCully K., Jensen K., Kentville N. E., 2004. Guide de lutte intégrée contre les mauvaises herbes dans les cultures de fraises. Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Aquaculture du Nouveau- Brunswick, Canada, 29 p.

Meena M., Zehra A., Dubey M. K., et al., 2016. Comparative evaluation of biochemical changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) infected by *Alternaria alternata* and its toxic metabolites (TeA, AOH, and AME). *Frontiers in plant science*, **7** : 1-14.

Meena M., Gupta S. K., Swapnil P. et al., 2017^(b). *Alternaria* toxins: potential virulence factors and genes related to pathogenesis. *Frontiers in Microbiology*, **8** : 1451-1451.

Meena M., Samal S., 2019. *Alternaria* host-specific (HSTs) toxins: An overview of chemical characterization, target sites, regulation and their toxic effects. *Toxicology Reports*, **6** : 745-758.

Meena M., Swapnil P., Upadhyay R. S., 2017^(a). Isolation, characterization and toxicological potential of *Alternaria*-mycotoxins (TeA, AOH and AME) in different *Alternaria* species from various regions of India. *Scientific Reports*, **7** : 1-19.

Melakhessou Z., 2007. Etude de la nuisibilité directe des adventices sur la culture de pois- chiche d'hiver (*Cicer arietinum* L.) variété ILC 3279, cas de *Sinapis arvensis* L.. Thèse de magister en science agronomique, Batna, 78 p.

Meronuck R. A., Steele J. A., Mirocha C. J., et al., 1972. Tenuazonic acid, a toxin produced by *Alternaria alternata*. *Applied microbiology*, **23 (3)** : 613-617.

Miller F. A., Rightsel W. A., Sloan B. J., et al., 1963. Antiviral activity of tenuazonic acid. *Nature*, **200** : 1338-1339.

Mishra J. S., Rao A. N., Singh V. P., et al., 2016. Advances in weed management: Weed management in major field crops. Indian Society of Agronomy, India, 405 p.

Misra H. P., 2005. Weed Management through fungal herbicides. *Orissa Review*, 53-56.

Mohsin S. M., Islam M. R., Ahmmed A. N. F., 2016. Cultural, morphological and pathogenic characterization of *Alternaria porri* causing purple blotch of onion. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, **44 (1)** : 222-227.

Morishita D. W., Callihan R. H., Eberlein C. V., et al., 2005. Field bindweed *Convolvulus arvensis* L.: *Convolvulaceae*. *Weeds*, **580** : 1-12.

Müller-Stöver D., Kroschel J., 2005. The potential of *Ulocladium botrytis* for biological control of *Orobancha* spp. *Biological Control*, **33** : 301-306.

Nagrale D. T., Sharma L., Kumar S., et al., 2016. Recent diagnostics and detection tools: Implications for plant Pathogenic *Alternaria* and their disease management. In *Current Trends in Plant Disease Diagnostics and Management Practices*. Springer, 111-163.

Nedjar F., Ben Loucif B., 2018. Etude des populations des plantes adventices du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans deux régions de la wilaya de Guelma. Thèse Master, Guelma, 68 p.

Nelson L. S., Shearer J. F., 2005. 2, 4-D and *Mycoleptodiscus terrestris* for control of Eurasian watermilfoil. *Journal of Aquatic Plant Management*, **43** : 29-34.

Nene Y. L., Naresh J. S., Nair N. G., 1971. Additional hosts of mungbean yellow mosaic virus. *Indian Phytopathology*, **24** : 415-417.

Nishimura S., Kohmoto K., 1983. Host-specific toxins and chemical structures from *Alternaria* species. *Annual Review of Phytopathology*, **21** : 87-116.

Oudina C., 2018. Suivi de la dynamique des adventices dans les rotations culturales conduites en semis direct dans la région de Sétif. Thèse Master académique, M'sila, 115 p.

Packer D. S., Krall J. M., 1989. Desiccation of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) in alfalfa (*Medicago sativa*) seed fields with glyphosate. *Weed Technology*, **3 (1)** : 99-101.

Patriarca A., Cabrala L. D. C., Pavicicha M. A., et al., 2019. Secondary metabolite profiles of small-spored *Alternaria* support the new phylogenetic organization of the genus. *International Journal of Food Microbiology*, **29** : 135-143.

Peng G., Byer K. N., 2005. Interactions of *Pyricularia setariae* with herbicides for control of green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Technology*, **19** : 589-598.

Pfirter H. A., Ammon H. U., Guntli D., et al., 1997. Towards the management of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) and hedge bindweed (*Calystegia sepium*) with fungal pathogens and cover crops. *Integrated Pest Management Reviews*, **2 (2)** : 61-69.

Pusz W., 2009. Morpho-physiological and molecular analyses of *Alternaria alternata* isolated from seeds of *Amaranthus*. *Phytopathologia*, **54** : 5-14.

Qasem J. R., 1992. Nutrient accumulation by weeds and their associated vegetable crops. *Journal of Horticultural Science*, **67 (2)** :189-195.

Qiang S., Wang L., Wei R., et al., 2010. Bioassay of the herbicidal activity of AAC-toxin produced by *Alternaria alternata* isolated from *Ageratina adenophora*. *Weed Technology*, **24** : 197-201.

Qiang S., Zhu Y., Summerell B. A., et al., 2006. Mycelium of *Alternaria alternata* as a potential biological control agent for *Eupatorium adenophorum*. *Biocontrol Science and Technology*, **16 (7)** : 653-668.

Quezel P., Santa S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Centre Nationale de la Recherche Scientifique, Paris. Tome II, 1170 p.

Quimby Jr P. C., 1989. Response of Common Cocklebur (*Xanthium strumarium*) to *Alternaria helianthi*. *Weed Technology*, **3** : 177-181.

Ray P., Sushil k., Pandey A. K., 2008. Deleterious effect of herbicides on water hyacinth biocontrol agents *Neochetina bruchi* and *Alternaria alternata*. *Biocontrol Science and Technology*, **18 (5)** : 517-526.

Rosett T., Sankhala R. H., Stickings C. E., et al., 1957. Studies in the biochemistry of micro-organism : Metabolites of *Alternaria tenuis* Auct.: culture filtrate products. *Biochemical Journal*, **67 (3)** : 390-400.

Rotem J., 1994. The genus *Alternaria*: biology, epidemiology, and pathogenicity. American Phytopathological Society, USA, 326 p.

Royal S. S., Brecke B. J., Colvin D. L., 1997. Common cocklebur (*Xanthium strumarium*) interference with peanut (*Arachis hypogaea*). *Weed Science*, **45** : 38-43.

Saharan G. S., Kaushik J. C., Kaushik C. D., 1982. Two new host records of *Alternaria brassicae*. *Indian Phytopathology*, **35** : 172-172.

Saharan G. S., Mehta D. N., Meena P. D., et al., 2016. *Alternaria* diseases of crucifers: biology, ecology and disease management, Springer, Singapore, 51 p.:

Salamiah, Akamatsu H., Fukumasa-Nakav Y., et al., 2001^(a). Construction and Genetic Analysis of Hybrid Strains between Apple and Tomato Pathotypes of *Alternaria alternata* by Protoplast Fusion. *Journal of General Plant Pathology*, **67** : 97-105.

Salamiah, Fukumasa-Nakav Y., Akamatsu H., et al. 2001^(b). Genetic Analysis of Pathogenicity and Host-specific Toxin Production of *Alternaria alternata* Tomato Pathotype by Protoplast Fusion. *Journal of General Plant Pathology*, **67** : 7-14.

Saleem K., Arshad H. M. I., Babar M. M., 2015. First report of foliar blight of *Convolvulus arvensis* from Pakistan. *Mycopath*, **13 (1)** : 67-69.

Sanodiya B. S., Thakur G. S., Baghel R. K., 2010. Isolation and characterization of tenuazonic acid by *Alternaria alternata*, a potential bioherbicidal agent for control of *Lantana camara*. *Journal of plant protection research*, **50 (2)** : 133-139.

Sanodiya B. S., Thakur G. S., Debnath M., et al., 2009. Characterization of herbicidal potential of tenuazonic acid isolated from a *Alternaria alternata* for the management of *Parthenium hysterophorus*. *Romanian Journal of Plant Protection*, **2** : 41-49.

Sawada H., Nishimura N., Suzuki E., et al., 2014. SMTP-7, a novel small-molecule thrombolytic for ischemic stroke: a study in rodents and primates. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, **34 (2)** : 235-241.

Saxena S., Kumar M., 2010. Evaluation of *Alternaria alternata* ITCC4896 for use as mycoherbicide to control *Parthenium hysterophorus*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, **43 (12)** : 1160-1164.

Saxena S., Kumar M., 2007. Mycoherbicidal potential of *Alternaria alternata* ITCC4896 for the control of *Parthenium Hysterophorus*. *Journal of Plant Protection Research*, **47 (2)** : 214-218.

Saxena S., Pandey A. K., 2001. Microbial metabolites as eco-friendly agrochemicals for the next millennium. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **55** : 395-403.

Schaub C., 2010. Mieux connaître les mauvaises herbes pour mieux maîtriser le désherbage. AgriMieux et chambre d'agriculture, France, 32 p.

Schweizer E. E., Swink J. F., Heikes P. E., 1978. Field bindweed (*Convolvulus arvensis*) control in corn (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) with dicamba and 2,4D1. *Weed Science Society of America*, **26 (6)** : 665-668.

Scott J. K., McCarren K., 2012. *Sonchus oleraceus* L. sowthistle. *Biological control of weeds in Australia*, 563-567.

Selosse M. A., 2013. Une classification phylogenetique des eucaryotes?. *Version*, **17** : 1-24.

Shabana Y. M., 2005. The use of oil emulsion for improving the efficacy of *Alternaria eichhorniae* as mycoherbicde for waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Biological control*, **32** : 78-89.

Shabana Y. M., Muller-Stover D., Sauerbornb J., 2003. Granular pesta formulation of *Fusarium oxysporum f. sp. orthoceras* for biological control of sunflower broomrape: Efficacy and shelf-life. *Biological Control*, **26** :189-201.

Shibata K., Hashimoto T., Nobe K., et al., 2010. A novel finding of a low-molecular-weight compound, SMTP-7, having thrombolytic and anti-inflammatory effects in cerebral infarction of mice. *Naunyn-Schmiedeberg's archives of pharmacology*, **382 (3)** : 245-253.

Siciliano I., Ortega S. F., Gilardi G., et al., 2018. Molecular phylogeny and characterization of secondary metabolite profile of plant pathogenic *Alternaria* species isolated from basil. *Food Microbiology*, **73** : 264-274.

Siddiqui I., 2010. Mycoherbicidal potential of *Alternaria alternata* for management of *Chenopodium album* under field condition. *African Journal of Biotechnology*, **9 (49)** : 8308-8312.

Siddiqui I., Bajwa R., Javaid A., 2009. Some Factors Affecting the Pathogenicity of *Alternaria alternata* Against the Weed *Rumex dentatus*. *Philippine Agricultural Scientist*, **92 (3)** : 282-289.

Simmons E. G., 2007. *Alternaria*: an identification manual. CBS Biodiversity, Pays-Bas, 775p.

Simrnonds J. H., 1966. *Host index of plant diseases in Queensland*. Department of Primary Industries, Brisbane. 111p.

Singh H. P., Batish D. R., Kohli R. K., 2006. *Handbook of sustainable weed management*. CRC press, United States, 946 p.

Sofi T. A., Beig M. A., Dar G. H., et al., 2013. Cultural, morphological, pathogenic and molecular characterization of *Alternaria mali* associated with *Alternaria* leaf blotch of apple. *African Journal of Biotechnology*, **12 (4)** : 370-381.

Sottor I., Wiese J., Lipfert M., et al., 2019. Different secondary metabolite profiles of phylogenetically almost identical *Streptomyces griseus* strains originating from geographically remote locations. *Microorganisms*, **7 (6)**: doi: 10.3390/microorganisms7060166.

Stubbs T. S., Kennedy A. C., 2012. Microbial weed control and microbial herbicides. In *Environmental impact studies and management approaches*. Ruben Alvarez-Fernandez, Londre, 135-166.

Surault F., Veron R., Julier B., et al., 2012. Evolution du stock semencier d'un sol sous un couvert de fétuque élevée. *Fourrages*, **210** : 167-175.

Takao K., Akagi Y., Tsuge T., et al., 2016. The global regulator LaeA controls biosynthesis of host-specific toxins, pathogenicity and development of *Alternaria alternata* pathotypes. *Journal of General Plant Pathology*, **82** : 121-131.

Talgre L., Lauringson E., Koppel M., et al., 2004. Weed control in spring barley by lower doses in Estonia. *Agronomijas Vestis*, **7** : 171-175.

TeBeest D. O., Templeton G. E., 1985. Mycoherbicides: Progress in the biologic control weeds. *Plant Disease*, **69(1)** : 6-10.

Thomma B. H. J., 2003. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant Pathology*, **4 (4)** : 225-236.

Uka V., Moore G. G., Arroyo-Manzanares N., et al., 2019. Secondary metabolite dereplication and phylogenetic analysis identify various emerging mycotoxins and reveal the high intra-species diversity in *Aspergillus flavus*. *Frontiers in Microbiology*, **10** : 1-20.

Valantin-Morison M., Guichard L., Jeuffroy M. H., 2008. Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ?. *Innovations Agronomiques*, **3** : 27-41.

Verma M., Brar S. K., Tyagi R. D., et al., 2007. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*, **37** : 1-20.

Vrandecic K., Jurkovic D., Riccioni L., et al., 2010. *Xanthium italicum*, *Xanthium strumarium* and *Arctium lappa* as new hosts for *Diaporthe helianthi*. *Mycopathologia*, **170** (1) : 51-60.

Vurro M., Evidente A., Andolfi A., et al., 1998. Brefeldin A and α,β dehydrocurvularin, two phytotoxins from *Alternaria zinniae*, a biocontrol agent of *Xanthium occidentale*. *Plant Science*, **138** : 67-79.

Wallis R. L., 1967. Some host plants of the green peach aphid and beet western yellows virus in the Pacific Northwest. *Journal of Economic Entomology*, **60** (4) : 904-907.

Wang Y., Yang M., Wang X., et al., 2014. Bioactive metabolites from the endophytic fungus *Alternaria alternata*. *Fitoterapia*, **99** : 153-158.

Weaver S. E., Lechowicz M. J., 1982. The biology of Canadian weeds. 56. *Xanthium strumarium* L.. *Canadian Journal of Plant Science*, **63** : 211-225.

Wiell A., Duval J., 2009. Guide de gestion globale de la ferme maraichère biologique et diversifiée : Répression des ennemies des cultures «Mauvaises herbes». Equiterre, Canada, 25 p.

Wilson A. D., 2016. Identification and discrimination of herbicide residues using a conducting polymer electronic nose. Proceedings of the VII International Conference on Sensor Device Technologies and Applications, Nice, France, 2-7.

Wojciechowska E., Weinert C. H., Egert B., 2014. Chlorogenic acid, a metabolite identified by untargeted metabolome analysis in resistant tomatoes, inhibits the colonization by *Alternaria alternata* by inhibiting alternariol biosynthesis. *European Journal of Plant Pathology*, **139** : 735-747.

Woudenberg J. H. C., Groenewald J. Z., Binder M., et al., 2013. *Alternaria* redefined. *Studies in Mycology*, **75** (1) : 171-212.

Woudenberg J. H. C., Seidl M. F., Groenewald J. Z., et al., 2015. *Alternaria* section *Alternaria*: Species, formae speciales or pathotypes?. *Studies in Mycology*, **82** : 1-21.

Yun C. S., Motoyama T., Osada H., 2015. Biosynthesis of the mycotoxin tenuazonic acid by a fungal NRPS–PKS hybrid enzyme. *Nature communications*, **6 (1)** : 1-9.

Zafari D., Razaghi P., 2013. *Septoria sonchi* causes *Sonchus oleraceus* leaf spot in Iran. *Australasian Plant Disease*, **8** : 55-57.

Zargar M., Plushyko V. G., Pakina E. N., et al., 2016. Optimizing weed control by integrating the best herbicide rate and bio-agents in wheat field. *Indian Journal of Science and Technology*, **9 (1)** : 2-10.

Zeidali E., 2011. Effect of different growth stages and dew period length on disease development of *Alternaria alternata* as a biological control agent for *Convolvulus arvensis*. *Iranian Journal of Field Crops Research*, **9 (1)** : 12-18.

Zhou B., Wang H., Meng B., et al., 2019. An evaluation of tenuazonic acid, a potential biobased herbicide in cotton. *Pest Management Science*, **75** : 2482-2489.

Zhu S., Yilin C., Yousheng C., et al., 2011. *Asteraceae* (Compositae). Flora of China, 877 p.

Ziemert N., Lechner A., Wietz M., et al., 2014. Diversity and evolution of secondary metabolism in the marine actinomycete genus *Salinispora*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **111** : 1-10.

Annexe 1. Composition des milieux de culture utilisés.

Annexe 1.1. Composition du milieu de culture P.D.A. (Potato Dextrose Agar).

Pommes de terre	200 g;
Glucose.....	20 g;
Agar.....	20 g;
Eau distillée.....	1000 ml.

Annexe 1.2. Composition du milieu de culture P.D.B. (Potato Dextrose Brouth).

Pommes de terre	200 g;
Glucose.....	20 g;
Eau distillée.....	1000 ml.

Annexes

Annexe 2. Gamme d'hôtes de différents isolats d'*Alternaria alternata*.

Isolats	Effet des isolats d' <i>Alternaria alternata</i>						
	<i>A. alternata</i> isolat A (El Morsy et <i>al.</i> , 2006)	<i>A. alternata</i> isolats VAS-202, VAS-205, VAS-217 (Kotan et <i>al.</i> , 2012)	<i>A. alternata</i> (Babu et <i>al.</i> , 2003)	<i>A. alternata</i> (Siddiqui et <i>al.</i> , 2010)	<i>A. alternata</i> isolat X3	<i>A. Alternaa</i> isolat S1	<i>A. Alternata</i> isolat C1
Hôtes cibles							
<i>Chenopodium album</i>				+			
<i>Eichhornia crassipes</i>	+		+				
<i>Viscum album</i>		+					
<i>Xanthium strumarium</i>					+		
<i>Sonchus oleraceus</i>						+	
<i>Convolvulus arvensis</i>							+
Espèces végétales non ciblées (gamme d'hôtes)							
<i>Allium cepa</i>	-		-				
<i>Allium sativum</i>	-						
<i>Amaranthus viridis</i>			-				
<i>Arachis hypogaea</i>			-				
<i>Arka anamika</i>			-				
<i>Brassica juncea</i>			-				

Annexes

<i>Cajanus cajan</i>			-				
<i>Capsicum annuum</i>	-		-				
<i>Cicer arietinum</i>			-				
<i>Cucumis sativus</i>	-						
<i>Cucurbita pepo</i>	-				-	-	-
<i>Curcuma longa</i>			-				
<i>Daucus carota</i>	-						
<i>Duranta plumieri</i>	-						
<i>Eleusine corocana</i>			-				
<i>Echinochloa frumentacea</i>			-				
<i>Ficus carica</i>	-						
<i>Glycine max</i>			-				
<i>Gossypium barbadense</i>	-						
<i>Gossypium hirsutum</i>			-				
<i>Helianthus annuus</i>	-		-	-			
<i>Hibiscus esculentus</i>	-		-				
<i>Ipomoea</i>	-						

Annexes

<i>batatas</i>							
<i>Ipomoea tricolor</i>	-						
<i>Lemna gibba</i>	-						
<i>Lycopersicon esculentum</i>	-		-		-	-	-
<i>Morus alba</i>	-						
<i>Morus nigra</i>	-						
<i>Nicotiana tabacum</i>			-				
<i>Nymphaea lotus</i>	-						
<i>Oryza sativa</i>	-		-				
<i>Paspalum scrobiculatum</i>			-				
<i>Pennisetum typhoides</i>			-				
<i>Phaseolus vulgaris</i>	-						
<i>Phragmites australis</i>	-						
<i>Pinus sylvestris</i>		-					
<i>Potamogeton nodosus</i>	-						
<i>Prunus armeniaca</i>		-					
<i>Prunus cerasus</i>		-					
<i>Raphanus sativus</i>	-						

Annexes

<i>Ricinnus communis</i>	-		-				
<i>Saccharum officinarum</i>			-				
<i>Sesamum indicum</i>	-		-				
<i>Setaria italica</i>			-				
<i>Solanum melongena</i>			-				
<i>Solanum tuberosum</i>	-						
<i>Sorghum biocolor</i>			-				
<i>Sorghum vulgare</i>	-						
<i>Spinacea oleracea</i>	-						
<i>Triticum aestivum</i>					-	-	-
<i>Triticum durum</i>				-			
<i>Typha domingensis</i>	-						
<i>Vicia fabae</i>	-				-	-	-
<i>Vigna mungo</i>			-				
<i>Vigna radiata</i>			-				
<i>Vigna unguiculata</i>			-				
<i>Zea mays</i>	-		-	-			

-: indemne de maladie / + : malade

Annexe 3. Composition biochimique des trois filtrats de culture des trois isolats et leurs fractions.

Annexe 3. 1. Composition biochimique du filtrat de culture de l'isolat X3.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 2: C6 H15 N O2	0,663	133,1096		C6 H15 N O2
Cpd 3: C11 H17 N O7	0,791	275,0996		C11 H17 N O7
Cpd 4: C11 H15 N O6	0,794	257,0895		C11 H15 N O6
Cpd 5: C12 H19 N O7	0,807	289,1154		C12 H19 N O7
Cpd 6: C12 H20 N2 O3	0,811	240,1466		C12 H20 N2 O3
Cpd 8: cyclo-L-Prolylglycine	0,891	154,0745	cyclo-L-Prolylglycine	C7 H10 N2 O2
Cpd 9: C10 H14 N2 O3	1	210,1003		C10 H14 N2 O3
Cpd 11: C15 H13 N9 O4	1,175	383,109		C15 H13 N9 O4
Cpd 13: C13 H22 N2 O6	1,864	302,1485		C13 H22 N2 O6
Cpd 15: C24 H34 N6 O10	3,8	566,2338		C24 H34 N6 O10
Cpd 16: C11 H18 N2 O3	3,821	226,1321		C11 H18 N2 O3
Cpd 17: C11 H18 N2 O3	3,901	226,1323		C11 H18 N2 O3
Cpd 18: C17 H22 N6 O3	3,951	358,175		C17 H22 N6 O3
Cpd 19: C23 H32 N6 O7	4,795	504,2329		C23 H32 N6 O7
Cpd 20: C17 H28 N16 O S	4,88	504,2351		C17 H28 N16 O S
Cpd 21: Verrol (terpene)	5,456	378,2052	Verrol (terpene)	C21 H30 O6
Cpd 23: Tenuazonic acid	5,473	197,106	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 25: Brassicene F	5,537	364,2259	Brassicene F	C21 H32 O5
Cpd 26: C16 H28 N6 O3	5,649	352,2235		C16 H28 N6 O3
Cpd 27: Brassicene F	5,653	364,226	Brassicene F	C21 H32 O5
Cpd 28: rezishanone C (=sorbivinetone)	5,688	320,1645	rezishanone C (=sorbivinetone)	C18 H24 O5

Annexe 3.1.1. Composition biochimique de la fraction 'a' issu de l'extrait brut de l'isolat X3.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: Decarestrictin N	0,691	216,0983	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 2: C12 H26 O7	3,605	282,1684		C12 H26 O7
Cpd 3: C13 H20 N4 O4	3,702	296,148		C13 H20 N4 O4
Cpd 5: C15 H26 N4 O4	3,886	326,1952		C15 H26 N4 O4
Cpd 6: C15 H24 N4 O5	4,019	340,1746		C15 H24 N4 O5
Cpd 7: C14 H29 N O10	4,052	371,1792		C14 H29 N O10
Cpd 8: C16 H34 O9	4,111	370,221		C16 H34 O9
Cpd 10: C17 H28 N4 O6	4,162	384,2006		C17 H28 N4 O6
Cpd 11: C17 H31 N5 O6	4,167	401,2273		C17 H31 N5 O6
Cpd 13: C18 H38 O10	4,225	414,247		C18 H38 O10
Cpd 14: C19 H32 N4 O7	4,266	428,2268		C19 H32 N4 O7
Cpd 16: C16 H22 N14 O2	4,286	442,2051		C16 H22 N14 O2
Cpd 17: C21 H38 N4 O7	4,31	458,2735		C21 H38 N4 O7
Cpd 18: C15 H32 O8	4,318	340,2096		C15 H32 O8
Cpd 19: C21 H36 N4 O8	4,347	472,2536		C21 H36 N4 O8
Cpd 20: C15 H22 N4 O4	4,369	322,164		C15 H22 N4 O4
Cpd 21: C18 H26 N14 O3	4,371	486,2313		C18 H26 N14 O3
Cpd 24: C18 H40 O4 S2	4,416	384,2363		C18 H40 O4 S2
Cpd 25: C23 H40 N4 O9	4,418	516,2798		C23 H40 N4 O9

Annexes

Cpd 27: C24 H50 O13	4,445	546,3256		C24 H50 O13
Cpd 28: C25 H44 N4 O10	4,478	560,3057		C25 H44 N4 O10
Cpd 29: C17 H28 N14	4,5	428,262		C17 H28 N14
Cpd 30: C27 H50 N4 O10	4,5	590,3522		C27 H50 N4 O10
Cpd 32: C22 H34 N14 O5	4,507	574,2835		C22 H34 N14 O5
Cpd 33: C26 H52 O15	4,535	604,331		C26 H52 O15
Cpd 34: C29 H54 N4 O11	4,55	634,3785		C29 H54 N4 O11
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,566	618,3099		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C21 H44 O11	4,569	472,2885		C21 H44 O11
Cpd 37: C28 H56 O16	4,585	648,3571		C28 H56 O16
Cpd 38: C31 H58 N4 O12	4,597	678,4051		C31 H58 N4 O12
Cpd 39: C18 H37 N O10	4,604	427,2419		C18 H37 N O10
Cpd 40: cyclo-(L-Phe-L-Pro)	4,605	244,1211	cyclo-(L-Phe-L-Pro)	C14 H16 N2 O2
Cpd 41: C23 H34 N24 O	4,617	662,3358		C23 H34 N24 O
Cpd 42: C30 H60 O17	4,63	692,3834		C30 H60 O17
Cpd 43: C23 H48 O12	4,631	516,3143		C23 H48 O12
Cpd 44: C32 H66 O17	4,641	722,431		C32 H66 O17
Cpd 46: C32 H64 O18	4,671	736,4101		C32 H64 O18
Cpd 47: C35 H66 N4 O14	4,68	766,4571		C35 H66 N4 O14
Cpd 48: C22 H44 N10 O7	4,685	560,3401		C22 H44 N10 O7
Cpd 49: C18 H26 N14 O	4,693	454,2417		C18 H26 N14 O
Cpd 51: C34 H68 O19	4,711	780,4359		C34 H68 O19
Cpd 52: C36 H74 O19	4,717	810,4824		C36 H74 O19
Cpd 53: C24 H48 N10 O8	4,734	604,3658		C24 H48 N10 O8
Cpd 54: C37 H68 N4 O16	4,747	824,4625		C37 H68 N4 O16
Cpd 57: C20 H33 N15 O2	4,765	515,2943		C20 H33 N15 O2
Cpd 58: C16 H26 N4 O9	4,766	418,1695		C16 H26 N4 O9
Cpd 59: C26 H55 N11 O9	4,779	665,419		C26 H55 N11 O9
Cpd 60: SMTP-7	4,783	868,4888	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 61: C38 H68 N14 O12	4,814	912,5134		C38 H68 N14 O12
Cpd 63: C40 H72 N14 O13	4,844	956,541		C40 H72 N14 O13
Cpd 64: C43 H75 N19 O10	4,873	1017,5943		C43 H75 N19 O10
Cpd 65: C45 H79 N19 O11	4,899	1061,6198		C45 H79 N19 O11
Cpd 66: C21 H37 N15 O	4,976	515,3302		C21 H37 N15 O
Cpd 67: C23 H41 N15 O2	5,021	559,3565		C23 H41 N15 O2
Cpd 70: Tenuazonic acid	5,483	197,1054	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 71: C17 H37 N O2	5,732	287,2825		C17 H37 N O2
Cpd 72: C17 H37 N O2	5,809	287,2828		C17 H37 N O2
Cpd 73: C17 H37 N O2	5,885	287,2826		C17 H37 N O2
Cpd 74: C15 H33 N	5,899	227,2612		C15 H33 N
Cpd 75: C15 H33 N	5,977	227,2615		C15 H33 N
Cpd 76: C15 H33 N	6,075	227,261		C15 H33 N
Cpd 77: 2-(4-Hydroxyazobenzene) benzoic acid	6,165	210,0791	2-(4-Hydroxyazobenzene) benzoic acid	C13 H10 N2 O
Cpd 78: C19 H41 N O2	6,216	315,3132		C19 H41 N O2
Cpd 81: C19 H38 N10 O	7,533	422,3237		C19 H38 N10 O
Cpd 82: C17 H34 N10	7,551	378,2975		C17 H34 N10
Cpd 83: C18 H38 O5	7,566	334,2714		C18 H38 O5
Cpd 84: C23 H42 N16 O2	7,831	574,3678		C23 H42 N16 O2
Cpd 86: C18 H31 N O	7,857	277,24		C18 H31 N O
Cpd 87: C19 H34 N16	7,878	486,3162		C19 H34 N16

Annexe 3.1.2. Composition biochimique de la fraction ‘b’ issu de l’extrait brut de l’isolat X3.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C6 H15 N O3	0,635	149,1053		C6 H15 N O3
Cpd 3: C8 H14 N6 O5	2,258	274,1031		C8 H14 N6 O5
Cpd 4: C13 H20 N4 O4	3,702	296,1482		C13 H20 N4 O4
Cpd 5: C11 H14 N10 O2	3,707	318,1296		C11 H14 N10 O2
Cpd 7: C14 H30 O8	3,884	326,1947		C14 H30 O8
Cpd 8: C15 H24 N4 O5	4,016	340,1745		C15 H24 N4 O5
Cpd 9: C14 H26 O10	4,048	354,1528		C14 H26 O10
Cpd 10: C16 H34 O9	4,108	370,221		C16 H34 O9
Cpd 12: C17 H28 N4 O6	4,159	384,2007		C17 H28 N4 O6
Cpd 13: C17 H31 N5 O6	4,164	401,2271		C17 H31 N5 O6
Cpd 15: C18 H38 O10	4,223	414,2471		C18 H38 O10
Cpd 16: C18 H36 O11	4,264	428,2262		C18 H36 O11
Cpd 17: C15 H26 N10 O6	4,283	442,2046		C15 H26 N10 O6
Cpd 18: C20 H42 O11	4,309	458,273		C20 H42 O11
Cpd 19: C15 H32 O8	4,315	340,2093		C15 H32 O8
Cpd 20: C20 H40 O12	4,346	472,2522		C20 H40 O12
Cpd 21: C15 H22 N4 O4	4,367	322,164		C15 H22 N4 O4
Cpd 22: C18 H26 N14 O3	4,369	486,2308		C18 H26 N14 O3
Cpd 24: C17 H36 O9	4,414	384,236		C17 H36 O9
Cpd 25: C23 H40 N4 O9	4,416	516,2791		C23 H40 N4 O9
Cpd 27: C24 H50 O13	4,444	546,3255		C24 H50 O13
Cpd 29: C25 H44 N4 O10	4,478	560,3054		C25 H44 N4 O10
Cpd 30: C19 H40 O10	4,5	428,2618		C19 H40 O10
Cpd 31: C24 H42 N14 O4	4,5	590,3516		C24 H42 N14 O4
Cpd 33: C22 H34 N14 O5	4,511	574,2835		C22 H34 N14 O5
Cpd 34: C26 H52 O15	4,535	604,3312		C26 H52 O15
Cpd 35: C29 H54 N4 O11	4,551	634,3788		C29 H54 N4 O11
Cpd 36: C21 H30 N24	4,567	618,3096		C21 H30 N24
Cpd 37: C21 H44 O11	4,57	472,2887		C21 H44 O11
Cpd 38: C28 H56 O16	4,586	648,3571		C28 H56 O16
Cpd 39: C31 H58 N4 O12	4,598	678,4047		C31 H58 N4 O12
Cpd 40: C18 H34 O10	4,605	410,2153		C18 H34 O10
Cpd 41: C23 H34 N24 O	4,618	662,336		C23 H34 N24 O
Cpd 42: C23 H48 O12	4,632	516,3145		C23 H48 O12
Cpd 43: C30 H60 O17	4,632	692,3827		C30 H60 O17
Cpd 44: C33 H62 N4 O13	4,642	722,4312		C33 H62 N4 O13
Cpd 45: C25 H38 N24 O2	4,665	706,3621		C25 H38 N24 O2
Cpd 46: C32 H64 O18	4,673	736,4096		C32 H64 O18
Cpd 47: C32 H58 N14 O8	4,681	766,4564		C32 H58 N14 O8
Cpd 48: C25 H52 O13	4,686	560,3403		C25 H52 O13
Cpd 49: C20 H38 O11	4,694	454,2413		C20 H38 O11
Cpd 51: C34 H68 O19	4,713	780,4359		C34 H68 O19
Cpd 52: C36 H74 O19	4,719	810,4826		C36 H74 O19
Cpd 53: C27 H56 O14	4,736	604,3669		C27 H56 O14
Cpd 55: C37 H68 N4 O16	4,75	824,4627		C37 H68 N4 O16
Cpd 57: C16 H26 N4 O9	4,76	418,1692		C16 H26 N4 O9
Cpd 58: C20 H30 N14 O2	4,767	498,268		C20 H30 N14 O2
Cpd 59: C27 H51 N15 O5	4,782	665,4196		C27 H51 N15 O5

Cpd 60: SMTP-7	4,785	868,4892	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 62: C39 H67 N19 O8	4,817	929,5418		C39 H67 N19 O8
Cpd 65: C41 H71 N19 O9	4,847	973,5678		C41 H71 N19 O9
Cpd 66: C16 H33 N11 O3	4,868	427,2778		C16 H33 N11 O3
Cpd 67: C42 H79 N15 O14	4,876	1017,5934		C42 H79 N15 O14
Cpd 68: C44 H80 N14 O15	4,902	1044,5928		C44 H80 N14 O15
Cpd 69: C46 H84 N14 O16	4,927	1088,6184		C46 H84 N14 O16
Cpd 70: C19 H33 N15	4,927	471,3042		C19 H33 N15
Cpd 71: C50 H100 O27	4,95	1132,6457		C50 H100 O27
Cpd 72: C21 H37 N15 O	4,978	515,3301		C21 H37 N15 O
Cpd 73: C16 H35 N11 O3	5,004	429,2935		C16 H35 N11 O3
Cpd 74: C23 H41 N15 O2	5,024	559,3566		C23 H41 N15 O2
Cpd 75: C19 H35 N15	5,057	473,3197		C19 H35 N15
Cpd 76: C25 H45 N15 O3	5,064	603,3826		C25 H45 N15 O3
Cpd 78: C27 H49 N15 O4	5,1	647,4087		C27 H49 N15 O4
Cpd 79: C21 H39 N15 O	5,102	517,3458		C21 H39 N15 O
Cpd 80: C31 H45 N9 O3 S	5,126	623,3361		C31 H45 N9 O3 S
Cpd 81: C23 H43 N15 O2	5,143	561,3723		C23 H43 N15 O2
Cpd 82: C33 H49 N9 O4 S	5,156	667,3624		C33 H49 N9 O4 S
Cpd 83: C28 H53 N15 O3 S2	5,183	711,3889		C28 H53 N15 O3 S2
Cpd 84: Tenuazonic acid	5,484	197,1054	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 85: C17 H37 N O2	5,722	287,2826		C17 H37 N O2
Cpd 86: C17 H37 N O2	5,8	287,2827		C17 H37 N O2
Cpd 87: C17 H37 N O2	5,875	287,2826		C17 H37 N O2
Cpd 88: C15 H33 N	5,965	227,2615		C15 H33 N
Cpd 89: C15 H33 N	6,062	227,2611		C15 H33 N
Cpd 90: 2-(4-Hydroxyazobenzene) benzoic acid	6,165	210,079	2-(4-Hydroxyazobenzene) benzoic acid	C13 H10 N2 O
Cpd 91: C19 H41 N O2	6,204	315,3133		C19 H41 N O2
Cpd 93: C21 H42 N10 O2	7,515	466,3502		C21 H42 N10 O2
Cpd 94: C22 H46 O7	7,535	422,3243		C22 H46 O7
Cpd 95: C20 H42 O6	7,552	378,2979		C20 H42 O6
Cpd 96: C18 H38 O5	7,568	334,2718		C18 H38 O5

Annexe 3.1.3. Composition biochimique de la fraction 'c' issu de l'extrait brut de l'isolat X3.

Composats	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C6 H15 N O3	0,635	149,1055		C6 H15 N O3
Cpd 2: Decarestrictin N	0,694	216,0983	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 3: C10 H20 O7	2,759	252,121		C10 H20 O7
Cpd 4: C8 H14 N6 O5	2,765	274,1032		C8 H14 N6 O5
Cpd 5: C13 H20 N4 O4	3,785	296,1486		C13 H20 N4 O4
Cpd 6: C11 H14 N10 O2	3,791	318,1302		C11 H14 N10 O2
Cpd 7: C12 H22 O9	3,841	310,1266		C12 H22 O9
Cpd 8: C15 H29 N5 O4	3,96	343,2215		C15 H29 N5 O4
Cpd 9: C14 H31 N O9	3,965	357,2003		C14 H31 N O9
Cpd 10: C14 H30 O8	3,975	326,1948		C14 H30 O8
Cpd 11: C15 H24 N4 O5	4,031	340,1742		C15 H24 N4 O5
Cpd 12: C13 H26 N6 O2 S2	4,042	362,1568		C13 H26 N6 O2 S2
Cpd 13: C15 H27 N5 O5	4,042	357,2011		C15 H27 N5 O5
Cpd 14: C14 H29 N O10	4,07	371,1794		C14 H29 N O10

Annexes

Cpd 15: C16 H34 O9	4,124	370,2202		C16 H34 O9
Cpd 16: C12 H22 O7	4,169	278,1365		C12 H22 O7
Cpd 17: C17 H28 N4 O6	4,174	384,2006		C17 H28 N4 O6
Cpd 18: C13 H28 O7	4,191	296,1833		C13 H28 O7
Cpd 19: C15 H30 N10 O4	4,233	414,2455		C15 H30 N10 O4
Cpd 20: C15 H28 N10 O5	4,273	428,2246		C15 H28 N10 O5
Cpd 21: Wortmannilactones (F-H)	4,316	458,2688	Wortmannilactones (F-H)	C27 H38 O6
Cpd 23: Fumagillin methyl ester	4,354	472,2432	Fumagillin methyl ester	C27 H36 O7
Cpd 25: C25 H38 N6 O5	4,387	502,2914		C25 H38 N6 O5
Cpd 32: Viridominic acid C	4,508	590,3485	Viridominic acid C	C33 H50 O9
Cpd 35: C18 H30 N20 O3	4,516	574,2808		C18 H30 N20 O3
Cpd 37: C24 H54 N6 O13	4,558	634,3752		C24 H54 N6 O13
Cpd 38: C20 H34 N20 O4	4,575	618,3066		C20 H34 N20 O4
Cpd 40: C24 H52 N6 O14	4,594	648,3537		C24 H52 N6 O14
Cpd 41: C24 H46 N20 O4	4,606	678,4014		C24 H46 N20 O4
Cpd 43: C22 H38 N20 O5	4,627	662,3329		C22 H38 N20 O5
Cpd 46: C24 H50 N12 O13	4,641	714,3616		C24 H50 N12 O13
Cpd 47: C26 H59 N7 O15	4,642	709,4066		C26 H59 N7 O15
Cpd 48: C28 H62 N6 O15	4,65	722,4269		C28 H62 N6 O15
Cpd 49: C24 H42 N20 O6	4,673	706,3596		C24 H42 N20 O6
Cpd 50: C28 H60 N6 O16	4,681	736,4068		C28 H60 N6 O16
Cpd 51: C30 H66 N6 O16	4,69	766,4534		C30 H66 N6 O16
Cpd 52: C21 H48 N6 O11	4,694	560,3387		C21 H48 N6 O11
Cpd 54: C26 H46 N20 O7	4,717	750,386		C26 H46 N20 O7
Cpd 55: C27 H56 N16 O11	4,722	780,431		C27 H56 N16 O11
Cpd 56: C26 H54 N26 O5	4,728	810,477		C26 H54 N26 O5
Cpd 57: C20 H44 N16 O6	4,744	604,3626		C20 H44 N16 O6
Cpd 58: C29 H60 N16 O12	4,758	824,4583		C29 H60 N16 O12
Cpd 61: C19 H37 N11 O6	4,776	515,2929		C19 H37 N11 O6
Cpd 62: C23 H47 N21 O3	4,79	665,4163		C23 H47 N21 O3
Cpd 63: SMTP-7	4,793	868,4853	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 64: C34 H64 N20 O10	4,825	912,5107		C34 H64 N20 O10
Cpd 65: C38 H60 N28 O3	4,855	956,5397		C38 H60 N28 O3
Cpd 66: C37 H79 N17 O16	4,883	1017,5881		C37 H79 N17 O16
Cpd 67: C17 H37 N O2	5,739	287,2815		C17 H37 N O2
Cpd 68: C17 H37 N O2	5,815	287,2823		C17 H37 N O2
Cpd 69: C17 H37 N O2	5,889	287,2815		C17 H37 N O2
Cpd 70: C15 H33 N	5,977	227,2615		C15 H33 N
Cpd 71: C15 H33 N	6,072	227,2628		C15 H33 N
Cpd 72: C19 H41 N O2	6,213	315,3142		C19 H41 N O2
Cpd 73: C25 H44 N10 O3	7,489	532,36		C25 H44 N10 O3
Cpd 74: C23 H40 N10 O2	7,51	488,334		C23 H40 N10 O2
Cpd 75: C23 H42 N4 O3	7,53	422,3258		C23 H42 N4 O3
Cpd 76: C21 H38 N4 O2	7,546	378,2996		C21 H38 N4 O2
Cpd 77: C19 H34 N4 O	7,563	334,2737		C19 H34 N4 O
Cpd 78: C27 H46 N10 O4	7,827	574,3707		C27 H46 N10 O4
Cpd 79: C25 H42 N10 O3	7,852	530,3448		C25 H42 N10 O3
Cpd 80: C23 H38 N10 O2	7,875	486,3185		C23 H38 N10 O2
Cpd 81: C21 H34 N10 O	7,892	442,2923		C21 H34 N10 O
Cpd 82: C14 H29 N O	7,901	227,2267		C14 H29 N O

Annexe 3.1.4. Composition biochimique de la fraction 'd' issu de l'extrait brut de l'isolat X3.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C6 H15 N O3	0,63	149,1053		C6 H15 N O3
Cpd 2: C8 H18 O5	0,695	194,1156		C8 H18 O5
Cpd 3: C10 H20 O7	2,832	252,1209		C10 H20 O7
Cpd 4: C12 H26 O7	3,732	282,1681		C12 H26 O7
Cpd 5: C13 H20 N4 O4	3,798	296,1481		C13 H20 N4 O4
Cpd 7: C11 H18 N2 O3	3,869	226,1318		C11 H18 N2 O3
Cpd 8: C14 H30 O8	3,97	326,1946		C14 H30 O8
Cpd 9: C15 H24 N4 O5	4,037	340,1742		C15 H24 N4 O5
Cpd 10: C15 H27 N5 O5	4,041	357,2008		C15 H27 N5 O5
Cpd 11: C14 H29 N O10	4,072	371,1793		C14 H29 N O10
Cpd 12: C16 H34 O9	4,125	370,2209		C16 H34 O9
Cpd 14: C16 H32 O10	4,173	384,2002		C16 H32 O10
Cpd 15: C13 H28 O7	4,19	296,1831		C13 H28 O7
Cpd 16: C18 H38 O10	4,232	414,2469		C18 H38 O10
Cpd 17: C18 H36 O11	4,272	428,2264		C18 H36 O11
Cpd 18: C21 H38 N4 O7	4,314	458,2735		C21 H38 N4 O7
Cpd 19: C15 H32 O8	4,328	340,2097		C15 H32 O8
Cpd 20: C20 H40 O12	4,352	472,2521		C20 H40 O12
Cpd 21: C22 H46 O12	4,385	502,2993		C22 H46 O12
Cpd 22: C15 H22 N4 O4	4,387	322,1639		C15 H22 N4 O4
Cpd 23: C23 H40 N4 O9	4,422	516,2793		C23 H40 N4 O9
Cpd 24: C17 H36 O9	4,422	384,2364		C17 H36 O9
Cpd 25: C25 H46 N4 O9	4,449	546,3259		C25 H46 N4 O9
Cpd 26: C20 H30 N14 O4	4,451	530,2574		C20 H30 N14 O4
Cpd 28: C25 H44 N4 O10	4,483	560,3057		C25 H44 N4 O10
Cpd 29: C26 H54 O14	4,505	590,3519		C26 H54 O14
Cpd 30: C17 H28 N14	4,506	428,2617		C17 H28 N14
Cpd 31: C16 H30 O9	4,513	366,1893		C16 H30 O9
Cpd 32: C22 H34 N14 O5	4,517	574,2832		C22 H34 N14 O5
Cpd 33: C26 H52 O15	4,541	604,3309		C26 H52 O15
Cpd 34: C29 H54 N4 O11	4,556	634,3788		C29 H54 N4 O11
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,573	618,3099		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C21 H44 O11	4,575	472,2888		C21 H44 O11
Cpd 37: C28 H56 O16	4,592	648,3573		C28 H56 O16
Cpd 38: C31 H58 N4 O12	4,603	678,4055		C31 H58 N4 O12
Cpd 39: C18 H34 O10	4,613	410,2157		C18 H34 O10
Cpd 40: C26 H42 N14 O7	4,624	662,3359		C26 H42 N14 O7
Cpd 41: C23 H48 O12	4,638	516,3146		C23 H48 O12
Cpd 42: C30 H60 O17	4,638	692,3826		C30 H60 O17
Cpd 43: C33 H62 N4 O13	4,648	722,4312		C33 H62 N4 O13
Cpd 44: C25 H38 N24 O2	4,671	706,3617		C25 H38 N24 O2
Cpd 45: C32 H64 O18	4,679	736,4095		C32 H64 O18
Cpd 46: C34 H70 O18	4,687	766,4562		C34 H70 O18
Cpd 47: C22 H47 N11 O7	4,692	577,3672		C22 H47 N11 O7
Cpd 48: C18 H26 N14 O	4,7	454,2417		C18 H26 N14 O
Cpd 50: C34 H68 O19	4,719	780,4359		C34 H68 O19
Cpd 51: C17 H35 N5 O4 S	4,725	405,2421		C17 H35 N5 O4 S
Cpd 52: C35 H61 N19 O5	4,727	827,5088		C35 H61 N19 O5

Cpd 53: C27 H56 O14	4,742	604,3668		C27 H56 O14
Cpd 55: C37 H68 N4 O16	4,756	824,4631		C37 H68 N4 O16
Cpd 57: C20 H30 N14 O2	4,773	498,2679		C20 H30 N14 O2
Cpd 58: C27 H51 N15 O5	4,787	665,4195		C27 H51 N15 O5
Cpd 59: SMTP-7	4,79	868,4889	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 61: C41 H79 N5 O18	4,823	929,5416		C41 H79 N5 O18
Cpd 63: C42 H87 N O23	4,853	973,5674		C42 H87 N O23
Cpd 65: C42 H76 N14 O14	4,881	1000,5675		C42 H76 N14 O14
Cpd 66: C44 H80 N14 O15	4,907	1044,5933		C44 H80 N14 O15
Cpd 67: C43 H76 N24 O10	4,932	1088,6179		C43 H76 N24 O10
Cpd 68: C21 H37 N15 O	4,984	515,33		C21 H37 N15 O
Cpd 69: C23 H41 N15 O2	5,028	559,3564		C23 H41 N15 O2
Cpd 70: C25 H45 N15 O3	5,068	603,3828		C25 H45 N15 O3
Cpd 73: C26 H49 N15 O2 S2	5,161	667,363		C26 H49 N15 O2 S2
Cpd 74: C17 H37 N O2	5,705	287,2824		C17 H37 N O2
Cpd 75: C17 H37 N O2	5,78	287,2828		C17 H37 N O2
Cpd 76: C17 H37 N O2	5,853	287,2824		C17 H37 N O2
Cpd 77: C15 H33 N	5,938	227,2614		C15 H33 N
Cpd 78: C15 H33 N	6,032	227,261		C15 H33 N
Cpd 79: C19 H41 N O2	6,175	315,3132		C19 H41 N O2
Cpd 80: Botrydial	6,499	310,1777	Botrydial	C17 H26 O5
Cpd 81: C21 H45 N11 O2	7,506	483,377		C21 H45 N11 O2
Cpd 82: C22 H44 N6 O6	7,506	488,3323		C22 H44 N6 O6
Cpd 83: C22 H46 O7	7,525	422,3243		C22 H46 O7
Cpd 84: C20 H42 O6	7,544	378,2982		C20 H42 O6
Cpd 85: C18 H38 O5	7,559	334,272		C18 H38 O5
Cpd 87: C8 H4 O3	7,793	148,0161		C8 H4 O3
Cpd 89: C23 H42 N16 O2	7,826	574,3686		C23 H42 N16 O2
Cpd 91: C22 H42 N6 O6	7,873	486,3162		C22 H42 N6 O6
Cpd 92: C20 H38 N6 O5	7,891	442,2902		C20 H38 N6 O5
Cpd 93: C14 H29 N O	7,899	227,2249		C14 H29 N O

Annexe 3.1.5. Composition biochimique de la fraction ‘e’ issu de l’extrait brut de l’isolat X3.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C6 H15 N O3	0,632	149,1052		C6 H15 N O3
Cpd 2: Decarestrictin N	0,687	216,0984	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 3: C10 H20 O7	2,828	252,1211		C10 H20 O7
Cpd 4: C8 H14 N6 O5	2,834	274,1034		C8 H14 N6 O5
Cpd 5: C13 H20 N4 O4	3,807	296,1484		C13 H20 N4 O4
Cpd 6: C11 H14 N10 O2	3,814	318,1303		C11 H14 N10 O2
Cpd 7: C13 H26 O4 S2	3,861	310,1265		C13 H26 O4 S2
Cpd 8: C14 H28 O9	3,984	340,1735		C14 H28 O9
Cpd 9: C15 H24 N4 O5	4,049	340,1741		C15 H24 N4 O5
Cpd 10: C13 H18 N10 O3	4,055	362,1568		C13 H18 N10 O3
Cpd 11: C15 H27 N5 O5	4,055	357,2012		C15 H27 N5 O5
Cpd 12: C16 H34 O9	4,133	370,22		C16 H34 O9
Cpd 13: C16 H32 O10	4,183	384,1994		C16 H32 O10
Cpd 14: C13 H28 O7	4,2	296,1834		C13 H28 O7
Cpd 15: C18 H38 O10	4,242	414,246		C18 H38 O10

Annexes

Cpd 16: C15 H28 N10 O5	4,281	428,2248		C15 H28 N10 O5
Cpd 17: C20 H42 O11	4,324	458,2725		C20 H42 O11
Cpd 18: C15 H32 O8	4,338	340,2095		C15 H32 O8
Cpd 21: C20 H34 N14 O2	4,396	502,2985		C20 H34 N14 O2
Cpd 22: C15 H22 N4 O4	4,398	322,1636		C15 H22 N4 O4
Cpd 24: C14 H36 N6 O2 S2	4,432	384,235		C14 H36 N6 O2 S2
Cpd 29: C17 H28 N14	4,516	428,2616		C17 H28 N14
Cpd 30: C13 H22 N10 O3	4,524	366,1884		C13 H22 N10 O3
Cpd 31: C21 H38 N10 O9	4,527	574,282		C21 H38 N10 O9
Cpd 32: Viridominic acid B	4,551	604,3279	Viridominic acid B	C33 H48 O10
Cpd 33: C24 H54 N6 O13	4,566	634,375		C24 H54 N6 O13
Cpd 34: C20 H34 N20 O4	4,582	618,3065		C20 H34 N20 O4
Cpd 36: C24 H52 N6 O14	4,602	648,3537		C24 H52 N6 O14
Cpd 37: C24 H46 N20 O4	4,614	678,4011		C24 H46 N20 O4
Cpd 39: Ganoderic acid B	4,648	516,3112	Ganoderic acid B	C30 H44 O7
Cpd 40: C23 H48 N16 O9	4,648	692,3789		C23 H48 N16 O9
Cpd 41: C25 H54 N16 O9	4,658	722,4261		C25 H54 N16 O9
Cpd 42: C25 H52 N16 O10	4,689	736,405		C25 H52 N16 O10
Cpd 43: C27 H58 N16 O10	4,697	766,4519		C27 H58 N16 O10
Cpd 44: C21 H48 N6 O11	4,702	560,3378		C21 H48 N6 O11
Cpd 46: C27 H56 N16 O11	4,728	780,4309		C27 H56 N16 O11
Cpd 47: C29 H62 N16 O11	4,735	810,4773		C29 H62 N16 O11
Cpd 48: C20 H44 N16 O6	4,752	604,3633		C20 H44 N16 O6
Cpd 49: C28 H64 N12 O16	4,765	824,4558		C28 H64 N12 O16
Cpd 52: C22 H51 N17 O7	4,797	665,4155		C22 H51 N17 O7
Cpd 53: SMTP-7	4,8	868,4847	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 54: C33 H68 N16 O14	4,832	912,5095		C33 H68 N16 O14
Cpd 55: C35 H72 N16 O15	4,862	956,5365		C35 H72 N16 O15
Cpd 56: C34 H68 N26 O10	4,89	1000,5613		C34 H68 N26 O10
Cpd 59: C22 H45 N11 O6	5,038	559,355		C22 H45 N11 O6
Cpd 61: C17 H37 N O2	5,743	287,2814		C17 H37 N O2
Cpd 62: C17 H37 N O2	5,817	287,2822		C17 H37 N O2
Cpd 63: C17 H37 N O2	5,89	287,2816		C17 H37 N O2
Cpd 64: C15 H33 N	5,976	227,262		C15 H33 N
Cpd 65: C15 H33 N	6,073	227,2627		C15 H33 N
Cpd 66: C19 H41 N O2	6,212	315,3149		C19 H41 N O2
Cpd 67: C27 H50 N4 O5	7,485	510,3777		C27 H50 N4 O5
Cpd 68: C25 H46 N4 O4	7,506	466,3516		C25 H46 N4 O4
Cpd 69: C23 H42 N4 O3	7,526	422,3251		C23 H42 N4 O3
Cpd 70: C21 H38 N4 O2	7,544	378,2998		C21 H38 N4 O2
Cpd 71: C19 H34 N4 O	7,559	334,2733		C19 H34 N4 O
Cpd 72: C27 H46 N10 O4	7,824	574,3703		C27 H46 N10 O4
Cpd 73: C25 H42 N10 O3	7,848	530,3442		C25 H42 N10 O3
Cpd 74: C23 H38 N10 O2	7,871	486,3182		C23 H38 N10 O2
Cpd 75: C21 H34 N10 O	7,889	442,2921		C21 H34 N10 O
Cpd 76: C14 H29 N O	7,897	227,2266		C14 H29 N O

Annexe 3.1.6. Composition biochimique de la fraction 'f' issu de l'extrait brut de l'isolat X3.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: Decarestrictin N	0,693	216,0983	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 2: C12 H26 O7	3,594	282,1683		C12 H26 O7
Cpd 3: C12 H24 O8	3,69	296,148		C12 H24 O8
Cpd 5: C15 H26 N4 O4	3,877	326,1953		C15 H26 N4 O4
Cpd 6: C15 H24 N4 O5	4,012	340,1746		C15 H24 N4 O5
Cpd 7: C14 H26 O10	4,046	354,1528		C14 H26 O10
Cpd 8: C16 H34 O9	4,106	370,2209		C16 H34 O9
Cpd 10: C17 H28 N4 O6	4,157	384,2006		C17 H28 N4 O6
Cpd 11: C17 H31 N5 O6	4,162	401,2271		C17 H31 N5 O6
Cpd 13: C18 H38 O10	4,222	414,2472		C18 H38 O10
Cpd 14: C19 H32 N4 O7	4,263	428,2266		C19 H32 N4 O7
Cpd 15: C16 H22 N14 O2	4,281	442,2051		C16 H22 N14 O2
Cpd 16: C21 H38 N4 O7	4,308	458,2738		C21 H38 N4 O7
Cpd 17: C15 H32 O8	4,314	340,2099		C15 H32 O8
Cpd 18: C21 H36 N4 O8	4,345	472,2531		C21 H36 N4 O8
Cpd 19: C16 H18 N8	4,363	322,1652		C16 H18 N8
Cpd 20: C18 H26 N14 O3	4,368	486,2314		C18 H26 N14 O3
Cpd 22: C18 H40 O4 S2	4,414	384,2364		C18 H40 O4 S2
Cpd 23: C23 H40 N4 O9	4,416	516,2796		C23 H40 N4 O9
Cpd 24: C20 H30 N14 O4	4,443	530,2575		C20 H30 N14 O4
Cpd 25: C25 H46 N4 O9	4,444	546,3262		C25 H46 N4 O9
Cpd 27: C25 H44 N4 O10	4,478	560,3053		C25 H44 N4 O10
Cpd 28: C15 H37 Cl N8 O4	4,499	428,2623		C15 H37 Cl N8 O4
Cpd 30: C25 H38 N18	4,5	590,3523		C25 H38 N18
Cpd 31: C22 H34 N14 O5	4,508	574,2835		C22 H34 N14 O5
Cpd 33: C26 H52 O15	4,535	604,3311		C26 H52 O15
Cpd 34: C29 H54 N4 O11	4,551	634,3786		C29 H54 N4 O11
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,567	618,3101		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C19 H32 N14 O	4,569	472,2879		C19 H32 N14 O
Cpd 37: C28 H56 O16	4,586	648,3572		C28 H56 O16
Cpd 38: C31 H58 N4 O12	4,598	678,4056		C31 H58 N4 O12
Cpd 39: C16 H22 N14	4,605	410,2152		C16 H22 N14
Cpd 40: C23 H34 N24 O	4,618	662,3359		C23 H34 N24 O
Cpd 41: C23 H48 O12	4,632	516,3143		C23 H48 O12
Cpd 42: C30 H60 O17	4,632	692,3824		C30 H60 O17
Cpd 43: C30 H54 N14 O7	4,642	722,4309		C30 H54 N14 O7
Cpd 44: C25 H38 N24 O2	4,665	706,3621		C25 H38 N24 O2
Cpd 45: C32 H64 O18	4,673	736,4098		C32 H64 O18
Cpd 46: C32 H58 N14 O8	4,682	766,4569		C32 H58 N14 O8
Cpd 47: C22 H47 N11 O7	4,687	577,3675		C22 H47 N11 O7
Cpd 48: C18 H26 N14 O	4,694	454,2419		C18 H26 N14 O
Cpd 50: C34 H68 O19	4,714	780,4356		C34 H68 O19
Cpd 51: C36 H74 O19	4,72	810,4821		C36 H74 O19
Cpd 54: C37 H68 N4 O16	4,75	824,4627		C37 H68 N4 O16
Cpd 56: C33 H61 N25 O4	4,756	871,5329		C33 H61 N25 O4
Cpd 57: C20 H30 N14 O2	4,766	498,2676		C20 H30 N14 O2
Cpd 58: C26 H55 N11 O9	4,781	665,4188		C26 H55 N11 O9
Cpd 59: SMTP-7	4,785	868,4888	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 61: C38 H68 N14 O12	4,817	912,5142		C38 H68 N14 O12

Cpd 64: C40 H75 N15 O13	4,847	973,5671		C40 H75 N15 O13
Cpd 65: C43 H72 N18 O10	4,876	1000,5674		C43 H72 N18 O10
Cpd 66: C45 H76 N18 O11	4,901	1044,5938		C45 H76 N18 O11
Cpd 67: C44 H72 N28 O6	4,927	1088,6192		C44 H72 N28 O6
Cpd 68: C19 H33 N15	4,927	471,3038		C19 H33 N15
Cpd 69: C21 H37 N15 O	4,978	515,3303		C21 H37 N15 O
Cpd 70: C16 H35 N11 O3	5,004	429,2934		C16 H35 N11 O3
Cpd 71: C23 H41 N15 O2	5,024	559,3564		C23 H41 N15 O2
Cpd 72: C19 H35 N15	5,057	473,3201		C19 H35 N15
Cpd 73: C25 H45 N15 O3	5,064	603,3831		C25 H45 N15 O3
Cpd 74: C27 H49 N15 O4	5,1	647,4088		C27 H49 N15 O4
Cpd 75: C21 H39 N15 O	5,103	517,346		C21 H39 N15 O
Cpd 77: C23 H43 N15 O2	5,142	561,3721		C23 H43 N15 O2
Cpd 79: Tenuazonic acid	5,475	197,1051	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 80: C17 H37 N O2	5,734	287,2824		C17 H37 N O2
Cpd 81: C17 H37 N O2	5,813	287,2832		C17 H37 N O2
Cpd 82: C17 H37 N O2	5,888	287,2826		C17 H37 N O2
Cpd 83: C15 H33 N	5,976	227,2615		C15 H33 N
Cpd 84: C15 H33 N	6,072	227,2611		C15 H33 N
Cpd 85: C19 H41 N O2	6,214	315,3138		C19 H41 N O2
Cpd 87: C21 H42 N10 O2	7,512	466,35		C21 H42 N10 O2
Cpd 88: C19 H38 N10 O	7,533	422,3239		C19 H38 N10 O
Cpd 89: C20 H42 O6	7,55	378,2981		C20 H42 O6
Cpd 90: C18 H38 O5	7,566	334,272		C18 H38 O5
Cpd 92: C22 H42 N6 O6	7,881	486,3167		C22 H42 N6 O6

Annexe 3.1.7. Composition biochimique de la fraction ‘g’ issu de l’extrait brut de l’isolat X3.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 3: Decarestrictin N	0,691	216,098	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 4: C12 H24 O8	3,69	296,1472		C12 H24 O8
Cpd 6: C15 H26 N4 O4	3,875	326,1953		C15 H26 N4 O4
Cpd 7: C14 H28 O9	3,924	340,1737		C14 H28 O9
Cpd 8: C15 H24 N4 O5	4,006	340,1745		C15 H24 N4 O5
Cpd 9: C14 H26 O10	4,042	354,1526		C14 H26 O10
Cpd 10: C16 H34 O9	4,101	370,221		C16 H34 O9
Cpd 12: C17 H28 N4 O6	4,15	384,2005		C17 H28 N4 O6
Cpd 13: C15 H30 N6 O3 S2	4,155	406,1823		C15 H30 N6 O3 S2
Cpd 14: C17 H31 N5 O6	4,157	401,227		C17 H31 N5 O6
Cpd 16: C18 H38 O10	4,216	414,2474		C18 H38 O10
Cpd 17: C19 H32 N4 O7	4,257	428,2268		C19 H32 N4 O7
Cpd 18: C16 H22 N14 O2	4,275	442,2053		C16 H22 N14 O2
Cpd 19: C20 H42 O11	4,301	458,2731		C20 H42 O11
Cpd 20: C15 H32 O8	4,308	340,2098		C15 H32 O8
Cpd 21: C21 H36 N4 O8	4,339	472,2532		C21 H36 N4 O8
Cpd 23: C18 H26 N14 O3	4,361	486,2312		C18 H26 N14 O3
Cpd 25: C17 H36 O9	4,407	384,236		C17 H36 O9
Cpd 26: C23 H40 N4 O9	4,409	516,2795		C23 H40 N4 O9
Cpd 27: C20 H30 N14 O4	4,436	530,2573		C20 H30 N14 O4
Cpd 28: C25 H46 N4 O9	4,437	546,3263		C25 H46 N4 O9
Cpd 29: C25 H44 N4 O10	4,47	560,3056		C25 H44 N4 O10
Cpd 30: C17 H28 N14	4,491	428,2619		C17 H28 N14

Annexes

Cpd 31: C17 H26 N4 O5	4,492	366,19		C17 H26 N4 O5
Cpd 32: C27 H50 N4 O10	4,493	590,3521		C27 H50 N4 O10
Cpd 33: C22 H34 N14 O5	4,5	574,2835		C22 H34 N14 O5
Cpd 35: C26 H52 O15	4,528	604,3312		C26 H52 O15
Cpd 36: C29 H54 N4 O11	4,543	634,3789		C29 H54 N4 O11
Cpd 37: C24 H38 N14 O6	4,558	618,3101		C24 H38 N14 O6
Cpd 38: C19 H32 N14 O	4,561	472,2889		C19 H32 N14 O
Cpd 39: C28 H56 O16	4,578	648,3574		C28 H56 O16
Cpd 40: C31 H58 N4 O12	4,59	678,4056		C31 H58 N4 O12
Cpd 41: C18 H34 O10	4,596	410,2156		C18 H34 O10
Cpd 42: C26 H42 N14 O7	4,61	662,3361		C26 H42 N14 O7
Cpd 43: C23 H48 O12	4,624	516,3146		C23 H48 O12
Cpd 44: C30 H60 O17	4,625	692,3838		C30 H60 O17
Cpd 45: C32 H66 O17	4,634	722,4305		C32 H66 O17
Cpd 46: C28 H46 N14 O8	4,657	706,3621		C28 H46 N14 O8
Cpd 47: C32 H64 O18	4,665	736,4098		C32 H64 O18
Cpd 48: C34 H70 O18	4,673	766,4566		C34 H70 O18
Cpd 49: C25 H52 O13	4,678	560,3409		C25 H52 O13
Cpd 50: C18 H26 N14 O	4,686	454,2419		C18 H26 N14 O
Cpd 52: C34 H68 O19	4,706	780,4362		C34 H68 O19
Cpd 53: C36 H74 O19	4,712	810,4827		C36 H74 O19
Cpd 54: C24 H48 N10 O8	4,728	604,3659		C24 H48 N10 O8
Cpd 55: C37 H68 N4 O16	4,742	824,463		C37 H68 N4 O16
Cpd 58: C20 H30 N14 O2	4,759	498,2677		C20 H30 N14 O2
Cpd 59: C26 H55 N11 O9	4,773	665,4193		C26 H55 N11 O9
Cpd 60: SMTP-7	4,777	868,4888	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 61: C39 H64 N18 O8	4,808	912,5154		C39 H64 N18 O8
Cpd 63: C43 H83 N5 O19	4,838	973,5684		C43 H83 N5 O19
Cpd 65: C43 H75 N19 O10	4,868	1017,5939		C43 H75 N19 O10
Cpd 67: C42 H71 N29 O5	4,894	1061,62		C42 H71 N29 O5
Cpd 71: Tenuazonic acid	5,469	197,1054	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 72: C17 H37 N O2	5,734	287,2825		C17 H37 N O2
Cpd 73: C17 H37 N O2	5,812	287,2831		C17 H37 N O2
Cpd 74: C17 H37 N O2	5,889	287,2827		C17 H37 N O2
Cpd 75: C15 H33 N	5,98	227,2615		C15 H33 N
Cpd 76: C15 H33 N	6,077	227,2613		C15 H33 N
Cpd 77: C19 H41 N O2	6,222	315,3136		C19 H41 N O2
Cpd 79: C21 H45 N11 O2	7,522	483,3762		C21 H45 N11 O2
Cpd 80: C19 H36 N16	7,522	488,3318		C19 H36 N16
Cpd 81: C19 H38 N10 O	7,542	422,3239		C19 H38 N10 O
Cpd 82: C17 H34 N10	7,56	378,2976		C17 H34 N10
Cpd 83: C18 H38 O5	7,575	334,2716		C18 H38 O5
Cpd 84: C23 H42 N16 O2	7,844	574,3686		C23 H42 N16 O2
Cpd 85: C24 H46 N6 O7	7,869	530,3426		C24 H46 N6 O7
Cpd 86: C18 H31 N O	7,871	277,2403		C18 H31 N O
Cpd 87: C19 H34 N16	7,892	486,316		C19 H34 N16

Annexe 3.1.8. Composition biochimique de la fraction 'h' issu de l'extrait brut de l'isolat X3.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C4 H8 N6 O2	0,669	172,0712		C4 H8 N6 O2
Cpd 2: Decarestrictin N	0,687	216,0978	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 3: Picolinic acid	0,821	123,0322	Picolinic acid	C6 H5 N O2
Cpd 4: C16 H18 O2 S	2,221	274,1029		C16 H18 O2 S
Cpd 5: C13 H20 N4 O4	3,688	296,148		C13 H20 N4 O4
Cpd 6: C12 H22 O9	3,759	310,1263		C12 H22 O9
Cpd 7: C15 H26 N4 O4	3,87	326,1953		C15 H26 N4 O4
Cpd 8: C15 H24 N4 O5	4,005	340,1746		C15 H24 N4 O5
Cpd 9: C14 H26 O10	4,038	354,1525		C14 H26 O10
Cpd 10: C16 H34 O9	4,098	370,2209		C16 H34 O9
Cpd 11: C12 H22 O7	4,132	278,1365		C12 H22 O7
Cpd 12: C17 H28 N4 O6	4,148	384,2006		C17 H28 N4 O6
Cpd 13: C17 H31 N5 O6	4,154	401,2274		C17 H31 N5 O6
Cpd 15: C18 H38 O10	4,213	414,2472		C18 H38 O10
Cpd 16: C18 H36 O11	4,254	428,2263		C18 H36 O11
Cpd 17: C21 H38 N4 O7	4,299	458,2737		C21 H38 N4 O7
Cpd 18: C15 H32 O8	4,305	340,2096		C15 H32 O8
Cpd 19: C21 H36 N4 O8	4,336	472,2531		C21 H36 N4 O8
Cpd 20: C15 H22 N4 O4	4,354	322,1646		C15 H22 N4 O4
Cpd 21: C18 H26 N14 O3	4,36	486,2314		C18 H26 N14 O3
Cpd 23: C18 H40 O4 S2	4,405	384,2364		C18 H40 O4 S2
Cpd 24: C23 H40 N4 O9	4,407	516,2797		C23 H40 N4 O9
Cpd 25: C20 H30 N14 O4	4,434	530,2574		C20 H30 N14 O4
Cpd 26: C24 H50 O13	4,435	546,3259		C24 H50 O13
Cpd 27: C25 H44 N4 O10	4,469	560,3059		C25 H44 N4 O10
Cpd 28: C17 H28 N14	4,488	428,2621		C17 H28 N14
Cpd 30: C27 H50 N4 O10	4,491	590,3522		C27 H50 N4 O10
Cpd 31: C22 H34 N14 O5	4,501	574,2837		C22 H34 N14 O5
Cpd 32: C26 H52 O15	4,526	604,3314		C26 H52 O15
Cpd 33: C29 H54 N4 O11	4,542	634,3782		C29 H54 N4 O11
Cpd 34: C24 H54 N6 O4 S4	4,555	618,3082		C24 H54 N6 O4 S4
Cpd 35: C19 H32 N14 O	4,56	472,2876		C19 H32 N14 O
Cpd 36: C28 H56 O16	4,576	648,357		C28 H56 O16
Cpd 37: C31 H58 N4 O12	4,589	678,405		C31 H58 N4 O12
Cpd 38: C16 H22 N14	4,595	410,2151		C16 H22 N14
Cpd 39: C26 H42 N14 O7	4,609	662,3361		C26 H42 N14 O7
Cpd 40: C21 H36 N14 O2	4,622	516,3143		C21 H36 N14 O2
Cpd 41: C30 H60 O17	4,623	692,3834		C30 H60 O17
Cpd 42: C33 H62 N4 O13	4,633	722,4311		C33 H62 N4 O13
Cpd 43: C28 H46 N14 O8	4,656	706,3622		C28 H46 N14 O8
Cpd 44: C32 H64 O18	4,664	736,4099		C32 H64 O18
Cpd 45: C35 H66 N4 O14	4,673	766,4573		C35 H66 N4 O14
Cpd 46: C23 H40 N14 O3	4,677	560,3404		C23 H40 N14 O3
Cpd 47: C18 H26 N14 O	4,684	454,2419		C18 H26 N14 O
Cpd 49: C34 H68 O19	4,704	780,436		C34 H68 O19
Cpd 50: C36 H74 O19	4,711	810,4824		C36 H74 O19
Cpd 51: C24 H48 N10 O8	4,727	604,3658		C24 H48 N10 O8
Cpd 52: C35 H56 N18 O6	4,741	824,4628		C35 H56 N18 O6
Cpd 54: C20 H30 N14 O2	4,758	498,2674		C20 H30 N14 O2

Cpd 55: C26 H55 N11 O9	4,773	665,419		C26 H55 N11 O9
Cpd 56: SMTP-7	4,776	868,4879	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 57: C38 H68 N14 O12	4,809	912,5138		C38 H68 N14 O12
Cpd 58: C38 H60 N28 O3	4,838	956,5404		C38 H60 N28 O3
Cpd 59: C43 H72 N18 O10	4,867	1000,5674		C43 H72 N18 O10
Cpd 60: C42 H71 N29 O5	4,894	1061,6198		C42 H71 N29 O5
Cpd 61: C19 H33 N15	4,919	471,304		C19 H33 N15
Cpd 62: C21 H34 N14 O	4,97	498,3035		C21 H34 N14 O
Cpd 63: C23 H41 N15 O2	5,016	559,3567		C23 H41 N15 O2
Cpd 64: C25 H45 N15 O3	5,057	603,3827		C25 H45 N15 O3
Cpd 66: Tenuazonic acid	5,469	197,1053	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 68: C17 H37 N O2	5,74	287,2825		C17 H37 N O2
Cpd 69: C17 H37 N O2	5,819	287,2831		C17 H37 N O2
Cpd 70: C17 H37 N O2	5,896	287,2827		C17 H37 N O2
Cpd 71: C15 H33 N	5,912	227,2613		C15 H33 N
Cpd 72: C15 H33 N	5,988	227,2615		C15 H33 N
Cpd 73: C15 H33 N	6,086	227,2612		C15 H33 N
Cpd 74: C19 H41 N O2	6,23	315,314		C19 H41 N O2
Cpd 76: C19 H36 N16	7,524	488,3318		C19 H36 N16
Cpd 77: C19 H38 N10 O	7,545	422,3239		C19 H38 N10 O
Cpd 78: C20 H42 O6	7,56	378,2977		C20 H42 O6
Cpd 79: C18 H38 O5	7,575	334,2714		C18 H38 O5
Cpd 81: C22 H42 N6 O6	7,893	486,3161		C22 H42 N6 O6

Annexe 3. 2. Composition biochimique du filtrat de culture de l'isolat S1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 3: C12 H20 N2 O3	0,83	240,146		C12 H20 N2 O3
Cpd 4: cyclo-L-Prolylglycine	0,956	154,0747	cyclo-L-Prolylglycine	C7 H10 N2 O2
Cpd 6: C5 H9 N O	1,273	99,0687		C5 H9 N O
Cpd 7: C15 H13 N9 O4	1,404	383,1089		C15 H13 N9 O4
Cpd 8: C19 H26 N8 O3	3,599	414,2126		C19 H26 N8 O3
Cpd 9: C11 H18 N2 O3	3,853	226,1325		C11 H18 N2 O3
Cpd 10: C29 H57 N5 O11	4,332	651,4062		C29 H57 N5 O11
Cpd 12: C25 H57 N15 O6 S	4,467	695,4334		C25 H57 N15 O6 S
Cpd 13: C32 H60 O16	4,468	700,388		C32 H60 O16
Cpd 14: C34 H58 N8 O9	4,557	722,4331		C34 H58 N8 O9
Cpd 15: C48 H73 N9 O	4,657	791,5932		C48 H73 N9 O
Cpd 16: C54 H84 N10 O2	4,75	904,6777		C54 H84 N10 O2
Cpd 17: C45 H91 N23 O4	4,814	1017,7619		C45 H91 N23 O4
Cpd 19: rezishanone C (=sorbivinetone)	5,107	320,1643	rezishanone C (=sorbivinetone)	C18 H24 O5
Cpd 20: Verrol (terpene)	5,465	378,2052	Verrol (terpene)	C21 H30 O6
Cpd 23: Tenuazonic acid	5,49	197,1061	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 24: Brassicene F	5,541	364,226	Brassicene F	C21 H32 O5
Cpd 25: Brassicene F	5,658	364,2267	Brassicene F	C21 H32 O5
Cpd 26: rezishanone C (=sorbivinetone)	5,698	320,164	rezishanone C (=sorbivinetone)	C18 H24 O5
Cpd 27: Brassicene D	5,833	362,2108	Brassicene D	C21 H30 O5
Cpd 28: C17 H37 N O2	5,843	287,2833		C17 H37 N O2
Cpd 29: Cytosporin C	6,46	310,1797	Cytosporin C	C17 H26 O5
Cpd 30: Striatosporin A	6,461	254,1165	Striatosporin A	C13 H18 O5

Cpd 31: C13 H20 O2	6,678	208,147		C13 H20 O2
Cpd 32: C19 H41 N	6,77	283,3253		C19 H41 N
Cpd 33: C22 H47 N	6,922	325,3722		C22 H47 N
Cpd 34: C18 H35 N5 O2	7,085	353,279		C18 H35 N5 O2
Cpd 35: C19 H34 O6	7,085	358,235		C19 H34 O6
Cpd 36: C16 H28 N4	7,16	276,2315		C16 H28 N4
Cpd 40: C17 H30 N4	7,567	290,247		C17 H30 N4
Cpd 41: C12 H24 N6 O	7,568	268,2021		C12 H24 N6 O

Annexe 3.2.1. Composition biochimique de la fraction 'a' issu de l'extrait brut de l'isolat S1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C6 H15 N O3	0,636	149,1053		C6 H15 N O3
Cpd 2: C6 H12 N6 O3	0,694	216,0977		C6 H12 N6 O3
Cpd 3: C16 H18 O2 S	2,209	274,1029		C16 H18 O2 S
Cpd 4: C13 H20 N4 O4	3,697	296,148		C13 H20 N4 O4
Cpd 5: C11 H14 N10 O2	3,702	318,1298		C11 H14 N10 O2
Cpd 6: C12 H22 O9	3,773	310,1263		C12 H22 O9
Cpd 7: C15 H26 N4 O4	3,888	326,1952		C15 H26 N4 O4
Cpd 8: C14 H31 N O9	3,936	357,2001		C14 H31 N O9
Cpd 9: C15 H24 N4 O5	4,022	340,1743		C15 H24 N4 O5
Cpd 10: C15 H27 N5 O5	4,026	357,201		C15 H27 N5 O5
Cpd 11: C16 H34 O9	4,118	370,2209		C16 H34 O9
Cpd 12: C17 H28 N4 O6	4,169	384,2006		C17 H28 N4 O6
Cpd 13: C17 H31 N5 O6	4,175	401,2276		C17 H31 N5 O6
Cpd 14: C13 H28 O7	4,185	296,1831		C13 H28 O7
Cpd 15: C18 H38 O10	4,234	414,2472		C18 H38 O10
Cpd 16: C19 H32 N4 O7	4,275	428,2266		C19 H32 N4 O7
Cpd 17: C21 H38 N4 O7	4,321	458,2736		C21 H38 N4 O7
Cpd 18: C15 H32 O8	4,327	340,2096		C15 H32 O8
Cpd 19: C21 H36 N4 O8	4,359	472,2527		C21 H36 N4 O8
Cpd 20: C16 H18 N8	4,377	322,165		C16 H18 N8
Cpd 21: C18 H26 N14 O3	4,382	486,2312		C18 H26 N14 O3
Cpd 23: C18 H40 O4 S2	4,427	384,2361		C18 H40 O4 S2
Cpd 24: C23 H40 N4 O9	4,43	516,279		C23 H40 N4 O9
Cpd 26: C24 H50 O13	4,458	546,3256		C24 H50 O13
Cpd 27: C25 H44 N4 O10	4,492	560,3056		C25 H44 N4 O10
Cpd 28: C17 H28 N14	4,513	428,2623		C17 H28 N14
Cpd 29: C17 H26 N4 O5	4,514	366,1902		C17 H26 N4 O5
Cpd 30: C27 H50 N4 O10	4,515	590,3524		C27 H50 N4 O10
Cpd 31: C22 H34 N14 O5	4,522	574,2839		C22 H34 N14 O5
Cpd 32: C27 H48 N4 O11	4,55	604,3316		C27 H48 N4 O11
Cpd 33: C29 H54 N4 O11	4,566	634,3787		C29 H54 N4 O11
Cpd 34: C24 H38 N14 O6	4,581	618,3097		C24 H38 N14 O6
Cpd 35: C21 H44 O11	4,584	472,2883		C21 H44 O11
Cpd 36: C28 H56 O16	4,601	648,3573		C28 H56 O16
Cpd 37: C31 H58 N4 O12	4,614	678,4053		C31 H58 N4 O12
Cpd 38: C18 H37 N O10	4,62	427,2421		C18 H37 N O10
Cpd 39: C26 H42 N14 O7	4,633	662,3357		C26 H42 N14 O7
Cpd 40: C23 H48 O12	4,646	516,3145		C23 H48 O12
Cpd 41: C30 H60 O17	4,648	692,3831		C30 H60 O17
Cpd 42: C30 H54 N14 O7	4,658	722,4297		C30 H54 N14 O7

Cpd 43: C28 H46 N14 O8	4,68	706,3623		C28 H46 N14 O8
Cpd 44: C32 H64 O18	4,689	736,4099		C32 H64 O18
Cpd 45: C34 H70 O18	4,697	766,4562		C34 H70 O18
Cpd 46: C25 H52 O13	4,702	560,3406		C25 H52 O13
Cpd 47: C18 H26 N14 O	4,71	454,2415		C18 H26 N14 O
Cpd 48: C34 H68 O19	4,73	780,4354		C34 H68 O19
Cpd 49: C36 H74 O19	4,736	810,482		C36 H74 O19
Cpd 50: C24 H48 N10 O8	4,752	604,3661		C24 H48 N10 O8
Cpd 51: C36 H72 O20	4,766	824,462		C36 H72 O20
Cpd 54: C20 H33 N15 O2	4,783	515,294		C20 H33 N15 O2
Cpd 56: C27 H48 N14 O5	4,798	648,3928		C27 H48 N14 O5
Cpd 57: SMTP-7	4,801	868,4889	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 58: C41 H76 N4 O18	4,833	912,5155		C41 H76 N4 O18
Cpd 59: C38 H80 N6 O21	4,861	956,5369		C38 H80 N6 O21
Cpd 60: C40 H75 N15 O13	4,864	973,5668		C40 H75 N15 O13
Cpd 61: C42 H79 N15 O14	4,892	1017,5935		C42 H79 N15 O14
Cpd 62: C45 H79 N19 O11	4,919	1061,6208		C45 H79 N19 O11
Cpd 63: C21 H37 N15 O	4,995	515,33		C21 H37 N15 O
Cpd 64: C17 H37 N O2	5,758	287,2826		C17 H37 N O2
Cpd 65: C17 H37 N O2	5,835	287,2831		C17 H37 N O2
Cpd 66: C17 H37 N O2	5,91	287,2828		C17 H37 N O2
Cpd 67: C15 H33 N	5,924	227,2613		C15 H33 N
Cpd 68: C15 H33 N	5,999	227,2617		C15 H33 N
Cpd 69: C15 H33 N	6,096	227,2613		C15 H33 N
Cpd 70: C19 H41 N O2	6,237	315,3138		C19 H41 N O2
Cpd 72: C22 H44 N6 O6	7,511	488,3319		C22 H44 N6 O6
Cpd 73: C19 H38 N10 O	7,531	422,3236		C19 H38 N10 O
Cpd 74: C20 H42 O6	7,548	378,298		C20 H42 O6
Cpd 75: C18 H38 O5	7,564	334,2717		C18 H38 O5
Cpd 76: C26 H50 N6 O8	7,826	574,3687		C26 H50 N6 O8
Cpd 77: C24 H46 N6 O7	7,85	530,3425		C24 H46 N6 O7
Cpd 78: C18 H31 N O	7,852	277,2403		C18 H31 N O
Cpd 79: C22 H42 N6 O6	7,873	486,3164		C22 H42 N6 O6
Cpd 80: C20 H38 N6 O5	7,89	442,2904		C20 H38 N6 O5
Cpd 81: C14 H29 N O	7,899	227,2256		C14 H29 N O

Annexe 3.2.2. Composition biochimique de la fraction ‘b’ issu de l’extrait brut de l’isolat S1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C6 H15 N O3	0,633	149,1052		C6 H15 N O3
Cpd 2: C14 H30 O8	0,683	326,1939		C14 H30 O8
Cpd 3: C6 H12 N6 O3	0,696	216,0976		C6 H12 N6 O3
Cpd 4: C10 H20 O7	2,734	252,1209		C10 H20 O7
Cpd 5: C13 H20 N4 O4	3,787	296,1478		C13 H20 N4 O4
Cpd 6: C11 H14 N10 O2	3,792	318,1303		C11 H14 N10 O2
Cpd 7: C13 H26 O4 S2	3,848	310,1264		C13 H26 O4 S2
Cpd 8: C15 H29 N5 O4	3,951	343,2217		C15 H29 N5 O4
Cpd 9: C12 H24 N6 O6	3,955	348,1765		C12 H24 N6 O6
Cpd 10: C15 H24 N4 O5	4,032	340,1744		C15 H24 N4 O5
Cpd 11: C13 H18 N10 O3	4,043	362,1562		C13 H18 N10 O3
Cpd 12: C14 H31 N O9	4,043	357,2003		C14 H31 N O9
Cpd 13: C16 H34 O9	4,124	370,2203		C16 H34 O9

Annexes

Cpd 14: C12 H22 O7	4,167	278,1365		C12 H22 O7
Cpd 15: C17 H28 N4 O6	4,173	384,2006		C17 H28 N4 O6
Cpd 16: C14 H32 O2 S2	4,188	296,1842		C14 H32 O2 S2
Cpd 17: C18 H38 O10	4,23	414,2462		C18 H38 O10
Cpd 18: C18 H36 O11	4,271	428,2258		C18 H36 O11
Cpd 19: C20 H42 O11	4,313	458,2725		C20 H42 O11
Cpd 20: C12 H24 N10 O2	4,325	340,2087		C12 H24 N10 O2
Cpd 21: C20 H40 O12	4,351	472,2522		C20 H40 O12
Cpd 22: C19 H38 N10 O6	4,382	502,298		C19 H38 N10 O6
Cpd 24: C14 H28 N10 O3	4,418	384,2344		C14 H28 N10 O3
Cpd 26: C11 H18 N2 O2	4,435	210,1359		C11 H18 N2 O2
Cpd 33: C13 H22 N10 O3	4,509	366,1874		C13 H22 N10 O3
Cpd 34: C18 H30 N20 O3	4,513	574,2817		C18 H30 N20 O3
Cpd 36: Virescenoside M	4,544	496,2685	Virescenoside M	C26 H40 O9
Cpd 37: C26 H46 N14 O5	4,552	634,3771		C26 H46 N14 O5
Cpd 38: C21 H30 N24	4,572	618,3089		C21 H30 N24
Cpd 39: C18 H36 N10 O5	4,572	472,2874		C18 H36 N10 O5
Cpd 40: C25 H48 N10 O10	4,589	648,3562		C25 H48 N10 O10
Cpd 41: Phoenistatin	4,597	540,2958	Phoenistatin	C29 H40 N4 O6
Cpd 42: C30 H62 O16	4,6	678,4038		C30 H62 O16
Cpd 43: C16 H22 N14	4,61	410,2153		C16 H22 N14
Cpd 44: C21 H36 N14 O2	4,633	516,314		C21 H36 N14 O2
Cpd 45: C30 H60 O17	4,635	692,3829		C30 H60 O17
Cpd 46: C30 H54 N14 O7	4,643	722,4295		C30 H54 N14 O7
Cpd 47: C18 H32 N24	4,644	584,3228		C18 H32 N24
Cpd 48: C32 H47 N9 O5	4,647	637,37		C32 H47 N9 O5
Cpd 49: C32 H64 O18	4,676	736,4094		C32 H64 O18
Cpd 50: C35 H66 N4 O14	4,683	766,4569		C35 H66 N4 O14
Cpd 51: C23 H40 N14 O3	4,688	560,3406		C23 H40 N14 O3
Cpd 52: C18 H26 N14 O	4,697	454,2408		C18 H26 N14 O
Cpd 53: C34 H68 O19	4,715	780,4352		C34 H68 O19
Cpd 55: C25 H44 N14 O4	4,736	604,367		C25 H44 N14 O4
Cpd 56: C17 H22 N8 O5	4,75	418,1711		C17 H22 N8 O5
Cpd 57: C27 H60 N20 O8 S	4,752	824,4626		C27 H60 N20 O8 S
Cpd 58: C38 H68 N14 O12	4,819	912,5137		C38 H68 N14 O12
Cpd 59: C39 H76 N10 O17	4,848	956,5389		C39 H76 N10 O17
Cpd 60: Tenuazonic acid	5,494	197,1055	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 61: C17 H37 N O2	5,7	287,2824		C17 H37 N O2
Cpd 62: C17 H37 N O2	5,776	287,2823		C17 H37 N O2
Cpd 63: C17 H37 N O2	5,852	287,2819		C17 H37 N O2
Cpd 64: C15 H33 N	5,939	227,2606		C15 H33 N
Cpd 65: C15 H33 N	6,036	227,2606		C15 H33 N
Cpd 66: C12 H14 S2	6,168	222,0554		C12 H14 S2
Cpd 67: C19 H41 N O2	6,18	315,3126		C19 H41 N O2
Cpd 68: C21 H28 O3	6,491	328,203		C21 H28 O3
Cpd 69: ACTG toxin A	6,607	348,2292	ACTG toxin A	C21 H32 O4
Cpd 71: C19 H38 N10 O	7,535	422,3232		C19 H38 N10 O
Cpd 72: C17 H34 N10	7,553	378,2975		C17 H34 N10
Cpd 73: C18 H38 O5	7,569	334,2711		C18 H38 O5
Cpd 76: C19 H42 N2 O9	7,902	442,2892		C19 H42 N2 O9

Annexe 3.2.3. Composition biochimique de la fraction ‘c’ issu de l’extrait brut de l’isolat S1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 2: C6 H10 N6 O4	0,705	230,0766		C6 H10 N6 O4
Cpd 3: C13 H20 N4 O4	3,684	296,148		C13 H20 N4 O4
Cpd 4: C11 H14 N10 O2	3,691	318,1298		C11 H14 N10 O2
Cpd 5: C12 H22 O9	3,76	310,1265		C12 H22 O9
Cpd 6: C14 H28 O9	3,923	340,1734		C14 H28 O9
Cpd 7: C15 H24 N4 O5	4,007	340,1745		C15 H24 N4 O5
Cpd 8: C17 H33 N5 O5	4,098	387,2473		C17 H33 N5 O5
Cpd 9: C16 H34 O9	4,105	370,2207		C16 H34 O9
Cpd 11: C17 H28 N4 O6	4,155	384,2005		C17 H28 N4 O6
Cpd 12: C17 H31 N5 O6	4,159	401,2274		C17 H31 N5 O6
Cpd 13: C13 H28 O7	4,17	296,1834		C13 H28 O7
Cpd 14: C18 H38 O10	4,219	414,2471		C18 H38 O10
Cpd 15: C18 H36 O11	4,26	428,2264		C18 H36 O11
Cpd 16: C20 H42 O11	4,305	458,2733		C20 H42 O11
Cpd 17: C15 H32 O8	4,311	340,2096		C15 H32 O8
Cpd 18: C21 H36 N4 O8	4,342	472,2529		C21 H36 N4 O8
Cpd 19: C15 H22 N4 O4	4,361	322,1643		C15 H22 N4 O4
Cpd 20: C18 H26 N14 O3	4,365	486,231		C18 H26 N14 O3
Cpd 22: C18 H40 O4 S2	4,411	384,236		C18 H40 O4 S2
Cpd 23: C23 H40 N4 O9	4,413	516,279		C23 H40 N4 O9
Cpd 24: C25 H46 N4 O9	4,441	546,3263		C25 H46 N4 O9
Cpd 25: C20 H30 N14 O4	4,442	530,2575		C20 H30 N14 O4
Cpd 26: C25 H44 N4 O10	4,475	560,3054		C25 H44 N4 O10
Cpd 27: C17 H28 N14	4,497	428,262		C17 H28 N14
Cpd 28: C27 H50 N4 O10	4,498	590,3518		C27 H50 N4 O10
Cpd 29: C16 H30 O9	4,498	366,1884		C16 H30 O9
Cpd 30: C22 H34 N14 O5	4,508	574,2838		C22 H34 N14 O5
Cpd 31: C27 H48 N4 O11	4,533	604,3319		C27 H48 N4 O11
Cpd 32: C27 H42 N18 O	4,549	634,3792		C27 H42 N18 O
Cpd 33: C21 H30 N24	4,564	618,3096		C21 H30 N24
Cpd 34: C21 H44 O11	4,567	472,2884		C21 H44 O11
Cpd 35: C28 H56 O16	4,584	648,3573		C28 H56 O16
Cpd 36: C28 H50 N14 O6	4,596	678,4045		C28 H50 N14 O6
Cpd 37: C16 H22 N14	4,602	410,2153		C16 H22 N14
Cpd 38: C23 H48 O12	4,63	516,3148		C23 H48 O12
Cpd 39: C30 H60 O17	4,631	692,3835		C30 H60 O17
Cpd 40: C32 H66 O17	4,64	722,4312		C32 H66 O17
Cpd 41: C28 H46 N14 O8	4,664	706,3622		C28 H46 N14 O8
Cpd 42: C32 H64 O18	4,672	736,4093		C32 H64 O18
Cpd 43: C34 H70 O18	4,681	766,4558		C34 H70 O18
Cpd 44: C22 H44 N10 O7	4,685	560,3398		C22 H44 N10 O7
Cpd 45: C20 H38 O11	4,692	454,2413		C20 H38 O11
Cpd 46: C34 H68 O19	4,713	780,4357		C34 H68 O19
Cpd 47: C36 H74 O19	4,719	810,4823		C36 H74 O19
Cpd 48: C24 H48 N10 O8	4,735	604,3658		C24 H48 N10 O8
Cpd 49: C36 H72 O20	4,749	824,4621		C36 H72 O20
Cpd 50: C36 H62 N20 O3 S	4,754	854,5048		C36 H62 N20 O3 S
Cpd 51: C20 H30 N14 O2	4,766	498,2676		C20 H30 N14 O2
Cpd 52: C26 H52 N10 O9	4,781	648,3927		C26 H52 N10 O9

Annexes

Cpd 53: SMTP-7	4,785	868,4892	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 54: C38 H68 N14 O12	4,816	912,5146		C38 H68 N14 O12
Cpd 55: C40 H72 N14 O13	4,847	956,5409		C40 H72 N14 O13
Cpd 56: C42 H76 N14 O14	4,876	1000,5669		C42 H76 N14 O14
Cpd 57: C21 H34 N14 O	4,978	498,3039		C21 H34 N14 O
Cpd 58: C23 H41 N15 O2	5,024	559,3563		C23 H41 N15 O2
Cpd 59: C25 H45 N15 O3	5,065	603,3827		C25 H45 N15 O3
Cpd 61: Tenuazonic acid	5,478	197,1054	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 62: C17 H37 N O2	5,752	287,2826		C17 H37 N O2
Cpd 63: C17 H37 N O2	5,83	287,2831		C17 H37 N O2
Cpd 64: C17 H37 N O2	5,903	287,2825		C17 H37 N O2
Cpd 65: C15 H33 N	5,918	227,2613		C15 H33 N
Cpd 66: C15 H33 N	5,991	227,2614		C15 H33 N
Cpd 67: C15 H33 N	6,086	227,2612		C15 H33 N
Cpd 68: C19 H41 N O2	6,229	315,3137		C19 H41 N O2
Cpd 70: C21 H42 N10 O2	7,513	466,3499		C21 H42 N10 O2
Cpd 71: C19 H38 N10 O	7,533	422,324		C19 H38 N10 O
Cpd 72: C20 H42 O6	7,551	378,298		C20 H42 O6
Cpd 73: C18 H38 O5	7,566	334,2716		C18 H38 O5
Cpd 74: C26 H50 N6 O8	7,832	574,3691		C26 H50 N6 O8
Cpd 75: C24 H46 N6 O7	7,856	530,3426		C24 H46 N6 O7
Cpd 76: C22 H42 N6 O6	7,879	486,3162		C22 H42 N6 O6
Cpd 77: C20 H38 N6 O5	7,896	442,2901		C20 H38 N6 O5

Annexe 3.2.4. Composition biochimique de la fraction 'd' issu de l'extrait brut de l'isolat S1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 3: C16 H18 O2 S	2,254	274,103		C16 H18 O2 S
Cpd 4: C13 H20 N4 O4	3,707	296,1481		C13 H20 N4 O4
Cpd 5: C12 H27 N O8	3,71	313,1738		C12 H27 N O8
Cpd 6: C11 H14 N10 O2	3,714	318,1299		C11 H14 N10 O2
Cpd 7: C12 H22 O9	3,781	310,1265		C12 H22 O9
Cpd 8: C15 H26 N4 O4	3,887	326,1952		C15 H26 N4 O4
Cpd 9: C15 H24 N4 O5	4,019	340,1744		C15 H24 N4 O5
Cpd 10: C13 H18 N10 O3	4,024	362,1564		C13 H18 N10 O3
Cpd 11: C16 H34 O9	4,114	370,2208		C16 H34 O9
Cpd 12: C12 H22 O7	4,153	278,1363		C12 H22 O7
Cpd 13: C16 H32 O10	4,166	384,2001		C16 H32 O10
Cpd 14: C17 H31 N5 O6	4,171	401,2272		C17 H31 N5 O6
Cpd 15: C13 H28 O7	4,181	296,1833		C13 H28 O7
Cpd 16: C18 H38 O10	4,229	414,247		C18 H38 O10
Cpd 17: C18 H36 O11	4,27	428,2262		C18 H36 O11
Cpd 18: C20 H42 O11	4,315	458,2733		C20 H42 O11
Cpd 19: C15 H32 O8	4,323	340,2095		C15 H32 O8
Cpd 20: C21 H36 N4 O8	4,353	472,2529		C21 H36 N4 O8
Cpd 21: C15 H22 N4 O4	4,375	322,1643		C15 H22 N4 O4
Cpd 22: C18 H26 N14 O3	4,377	486,2312		C18 H26 N14 O3
Cpd 24: C18 H40 O4 S2	4,422	384,2362		C18 H40 O4 S2
Cpd 25: C23 H40 N4 O9	4,424	516,2795		C23 H40 N4 O9
Cpd 26: C25 H46 N4 O9	4,451	546,326		C25 H46 N4 O9
Cpd 27: C20 H30 N14 O4	4,452	530,2575		C20 H30 N14 O4
Cpd 28: C25 H44 N4 O10	4,485	560,3055		C25 H44 N4 O10

Annexes

Cpd 29: C17 H28 N14	4,507	428,2622		C17 H28 N14
Cpd 30: C27 H50 N4 O10	4,508	590,3522		C27 H50 N4 O10
Cpd 31: C16 H30 O9	4,508	366,1886		C16 H30 O9
Cpd 32: C22 H34 N14 O5	4,518	574,284		C22 H34 N14 O5
Cpd 33: C27 H48 N4 O11	4,542	604,3321		C27 H48 N4 O11
Cpd 34: C27 H42 N18 O	4,558	634,379		C27 H42 N18 O
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,574	618,31		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C21 H44 O11	4,577	472,2885		C21 H44 O11
Cpd 37: C28 H56 O16	4,594	648,3572		C28 H56 O16
Cpd 38: C28 H50 N14 O6	4,606	678,4043		C28 H50 N14 O6
Cpd 39: C16 H22 N14	4,613	410,2151		C16 H22 N14
Cpd 40: C23 H34 N24 O	4,625	662,3359		C23 H34 N24 O
Cpd 41: C23 H48 O12	4,639	516,3145		C23 H48 O12
Cpd 42: C30 H60 O17	4,641	692,3832		C30 H60 O17
Cpd 43: C30 H54 N14 O7	4,65	722,4299		C30 H54 N14 O7
Cpd 44: C32 H64 O18	4,681	736,4094		C32 H64 O18
Cpd 45: C35 H66 N4 O14	4,689	766,4569		C35 H66 N4 O14
Cpd 46: C25 H52 O13	4,694	560,3408		C25 H52 O13
Cpd 47: C20 H38 O11	4,702	454,2415		C20 H38 O11
Cpd 48: C34 H68 O19	4,721	780,436		C34 H68 O19
Cpd 49: C36 H74 O19	4,727	810,4827		C36 H74 O19
Cpd 50: C24 H48 N10 O8	4,744	604,3662		C24 H48 N10 O8
Cpd 51: C36 H75 N O20	4,754	841,4884		C36 H75 N O20
Cpd 52: C37 H68 N4 O16	4,757	824,4627		C37 H68 N4 O16
Cpd 55: C20 H30 N14 O2	4,775	498,2677		C20 H30 N14 O2
Cpd 56: C26 H52 N10 O9	4,789	648,3917		C26 H52 N10 O9
Cpd 57: SMTP-7	4,792	868,4888	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 58: C39 H64 N18 O8	4,824	912,515		C39 H64 N18 O8
Cpd 59: C41 H68 N18 O9	4,854	956,5409		C41 H68 N18 O9
Cpd 60: C38 H72 N20 O12	4,883	1000,5646		C38 H72 N20 O12
Cpd 61: C9 H13 N O3	4,948	183,0896		C9 H13 N O3
Cpd 62: C21 H34 N14 O	4,986	498,3036		C21 H34 N14 O
Cpd 63: C23 H38 N14 O2	5,031	542,3297		C23 H38 N14 O2
Cpd 64: C25 H45 N15 O3	5,071	603,3825		C25 H45 N15 O3
Cpd 66: Tenuazonic acid	5,484	197,1055	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 67: C17 H37 N O2	5,755	287,2825		C17 H37 N O2
Cpd 68: C17 H37 N O2	5,831	287,283		C17 H37 N O2
Cpd 69: C17 H37 N O2	5,905	287,2828		C17 H37 N O2
Cpd 70: C15 H33 N	5,993	227,2613		C15 H33 N
Cpd 71: C15 H33 N	6,09	227,2612		C15 H33 N
Cpd 72: C19 H41 N O2	6,229	315,3139		C19 H41 N O2
Cpd 73: C24 H48 N6 O7	7,488	532,3583		C24 H48 N6 O7
Cpd 74: C24 H50 O8	7,508	466,3502		C24 H50 O8
Cpd 75: C22 H46 O7	7,528	422,3242		C22 H46 O7
Cpd 76: C20 H42 O6	7,546	378,2982		C20 H42 O6
Cpd 77: C18 H38 O5	7,561	334,2719		C18 H38 O5
Cpd 78: C26 H50 N6 O8	7,826	574,3688		C26 H50 N6 O8
Cpd 79: C24 H46 N6 O7	7,851	530,3425		C24 H46 N6 O7
Cpd 80: C22 H42 N6 O6	7,874	486,3164		C22 H42 N6 O6
Cpd 81: C20 H38 N6 O5	7,891	442,2901		C20 H38 N6 O5
Cpd 82: C14 H29 N O	7,9	227,225		C14 H29 N O

Annexe 3.2.5. Composition biochimique de la fraction 'e' issu de l'extrait brut de l'isolat S1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: Decarestrictin N	0,688	216,098	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 2: C6 H10 N6 O4	0,699	230,0767		C6 H10 N6 O4
Cpd 3: C12 H26 O7	3,597	282,1684		C12 H26 O7
Cpd 4: C12 H24 O8	3,695	296,1473		C12 H24 O8
Cpd 5: C12 H22 O9	3,77	310,1265		C12 H22 O9
Cpd 6: C15 H26 N4 O4	3,883	326,1952		C15 H26 N4 O4
Cpd 7: C15 H24 N4 O5	4,019	340,1745		C15 H24 N4 O5
Cpd 8: C15 H27 N5 O5	4,023	357,2008		C15 H27 N5 O5
Cpd 9: C17 H33 N5 O5	4,109	387,2474		C17 H33 N5 O5
Cpd 10: C16 H34 O9	4,116	370,2209		C16 H34 O9
Cpd 11: C12 H22 O7	4,15	278,1366		C12 H22 O7
Cpd 12: C17 H28 N4 O6	4,166	384,2006		C17 H28 N4 O6
Cpd 13: C17 H31 N5 O6	4,17	401,2274		C17 H31 N5 O6
Cpd 14: C13 H28 O7	4,181	296,1834		C13 H28 O7
Cpd 15: C18 H38 O10	4,23	414,2471		C18 H38 O10
Cpd 16: C18 H36 O11	4,271	428,2263		C18 H36 O11
Cpd 17: C16 H22 N14 O2	4,288	442,2048		C16 H22 N14 O2
Cpd 18: C20 H42 O11	4,317	458,2733		C20 H42 O11
Cpd 19: C15 H32 O8	4,323	340,2097		C15 H32 O8
Cpd 20: C21 H36 N4 O8	4,354	472,2528		C21 H36 N4 O8
Cpd 21: C16 H18 N8	4,372	322,1649		C16 H18 N8
Cpd 22: C18 H26 N14 O3	4,379	486,2311		C18 H26 N14 O3
Cpd 24: C17 H36 O9	4,423	384,2363		C17 H36 O9
Cpd 25: C23 H40 N4 O9	4,425	516,2794		C23 H40 N4 O9
Cpd 26: C20 H30 N14 O4	4,452	530,2574		C20 H30 N14 O4
Cpd 27: C24 H50 O13	4,453	546,3258		C24 H50 O13
Cpd 28: C25 H44 N4 O10	4,487	560,3058		C25 H44 N4 O10
Cpd 29: C17 H28 N14	4,509	428,262		C17 H28 N14
Cpd 30: C27 H50 N4 O10	4,509	590,3522		C27 H50 N4 O10
Cpd 31: C17 H29 N5 O5	4,51	383,2169		C17 H29 N5 O5
Cpd 32: C22 H34 N14 O5	4,52	574,2841		C22 H34 N14 O5
Cpd 33: C27 H48 N4 O11	4,544	604,3321		C27 H48 N4 O11
Cpd 34: C29 H54 N4 O11	4,56	634,3787		C29 H54 N4 O11
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,575	618,3096		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C21 H44 O11	4,579	472,2885		C21 H44 O11
Cpd 37: C28 H56 O16	4,595	648,3574		C28 H56 O16
Cpd 38: C28 H50 N14 O6	4,608	678,4046		C28 H50 N14 O6
Cpd 39: C16 H22 N14	4,614	410,2151		C16 H22 N14
Cpd 40: C23 H48 O12	4,641	516,3147		C23 H48 O12
Cpd 41: C30 H60 O17	4,641	692,3833		C30 H60 O17
Cpd 42: C30 H54 N14 O7	4,652	722,4299		C30 H54 N14 O7
Cpd 43: C28 H46 N14 O8	4,674	706,3626		C28 H46 N14 O8
Cpd 44: C32 H64 O18	4,683	736,41		C32 H64 O18
Cpd 45: C34 H70 O18	4,69	766,4565		C34 H70 O18
Cpd 46: C25 H52 O13	4,696	560,3409		C25 H52 O13
Cpd 47: C20 H38 O11	4,703	454,2416		C20 H38 O11
Cpd 48: C34 H68 O19	4,723	780,4357		C34 H68 O19
Cpd 49: C36 H74 O19	4,729	810,4823		C36 H74 O19
Cpd 50: C24 H48 N10 O8	4,745	604,3661		C24 H48 N10 O8

Annexes

Cpd 51: C34 H60 N14 O10	4,759	824,4622		C34 H60 N14 O10
Cpd 53: C20 H30 N14 O2	4,776	498,2675		C20 H30 N14 O2
Cpd 54: C23 H44 N20 O3	4,79	648,3916		C23 H44 N20 O3
Cpd 55: SMTP-7	4,794	868,4887	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 56: C37 H72 N10 O16	4,825	912,5128		C37 H72 N10 O16
Cpd 57: C41 H68 N18 O9	4,856	956,541		C41 H68 N18 O9
Cpd 58: C51 H84 O19	4,882	1000,5617		C51 H84 O19
Cpd 59: C42 H79 N15 O14	4,884	1017,5938		C42 H79 N15 O14
Cpd 60: C45 H79 N19 O11	4,911	1061,6206		C45 H79 N19 O11
Cpd 61: C9 H13 N O3	4,949	183,0895		C9 H13 N O3
Cpd 63: Tenuazonic acid	5,486	197,1052	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 64: C17 H37 N O2	5,759	287,2825		C17 H37 N O2
Cpd 65: C17 H37 N O2	5,835	287,283		C17 H37 N O2
Cpd 66: C17 H37 N O2	5,908	287,2827		C17 H37 N O2
Cpd 67: C15 H33 N	5,924	227,2614		C15 H33 N
Cpd 68: C15 H33 N	5,998	227,2614		C15 H33 N
Cpd 69: C15 H33 N	6,096	227,2611		C15 H33 N
Cpd 70: C19 H41 N O2	6,235	315,3141		C19 H41 N O2
Cpd 72: C21 H45 N11 O2	7,512	483,3765		C21 H45 N11 O2
Cpd 73: C22 H44 N6 O6	7,513	488,3321		C22 H44 N6 O6
Cpd 74: C19 H38 N10 O	7,532	422,3237		C19 H38 N10 O
Cpd 75: C20 H42 O6	7,55	378,2981		C20 H42 O6
Cpd 76: C18 H38 O5	7,566	334,2719		C18 H38 O5
Cpd 77: C23 H42 N16 O2	7,831	574,3684		C23 H42 N16 O2
Cpd 78: C24 H46 N6 O7	7,854	530,3425		C24 H46 N6 O7
Cpd 79: C22 H42 N6 O6	7,878	486,3162		C22 H42 N6 O6
Cpd 80: C20 H38 N6 O5	7,895	442,29		C20 H38 N6 O5

Annexe 3.2.6. Composition biochimique de la fraction 'f' issu de l'extrait brut de l'isolat S1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: Decarestrictin N	0,694	216,0979	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 2: C6 H10 N6 O4	0,707	230,0769		C6 H10 N6 O4
Cpd 3: C12 H24 O8	3,688	296,1472		C12 H24 O8
Cpd 4: C11 H14 N10 O2	3,695	318,1304		C11 H14 N10 O2
Cpd 5: C12 H22 O9	3,764	310,1265		C12 H22 O9
Cpd 6: C15 H26 N4 O4	3,871	326,1952		C15 H26 N4 O4
Cpd 7: C15 H24 N4 O5	4,007	340,1745		C15 H24 N4 O5
Cpd 8: C15 H27 N5 O5	4,009	357,2009		C15 H27 N5 O5
Cpd 9: C17 H33 N5 O5	4,094	387,2476		C17 H33 N5 O5
Cpd 10: C16 H34 O9	4,101	370,221		C16 H34 O9
Cpd 11: C12 H22 O7	4,135	278,1366		C12 H22 O7
Cpd 12: C17 H28 N4 O6	4,151	384,2005		C17 H28 N4 O6
Cpd 13: C17 H31 N5 O6	4,155	401,2273		C17 H31 N5 O6
Cpd 14: C13 H28 O7	4,166	296,1834		C13 H28 O7
Cpd 15: C18 H38 O10	4,214	414,2462		C18 H38 O10
Cpd 16: C18 H36 O11	4,255	428,2262		C18 H36 O11
Cpd 17: C16 H22 N14 O2	4,271	442,2046		C16 H22 N14 O2
Cpd 18: C20 H42 O11	4,3	458,2725		C20 H42 O11
Cpd 19: C15 H32 O8	4,306	340,2091		C15 H32 O8
Cpd 20: C18 H28 N14 O2	4,337	472,2523		C18 H28 N14 O2
Cpd 21: C15 H22 N4 O4	4,356	322,1637		C15 H22 N4 O4

Annexes

Cpd 23: C19 H38 N10 O6	4,371	502,2981		C19 H38 N10 O6
Cpd 24: C14 H36 N6 O2 S2	4,405	384,2353		C14 H36 N6 O2 S2
Cpd 25: C19 H36 N10 O7	4,407	516,2777		C19 H36 N10 O7
Cpd 28: C22 H36 N14 O4	4,469	560,3042		C22 H36 N14 O4
Cpd 29: C16 H32 N10 O4	4,49	428,2614		C16 H32 N10 O4
Cpd 30: C13 H22 N10 O3	4,491	366,1882		C13 H22 N10 O3
Cpd 32: C21 H38 N10 O9	4,502	574,2825		C21 H38 N10 O9
Cpd 33: C26 H52 O15	4,526	604,331		C26 H52 O15
Cpd 34: C27 H42 N18 O	4,542	634,3789		C27 H42 N18 O
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,558	618,3099		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C19 H32 N14 O	4,56	472,2883		C19 H32 N14 O
Cpd 37: C28 H56 O16	4,577	648,3572		C28 H56 O16
Cpd 38: C28 H50 N14 O6	4,589	678,4042		C28 H50 N14 O6
Cpd 39: C18 H34 O10	4,595	410,2151		C18 H34 O10
Cpd 40: C26 H42 N14 O7	4,609	662,336		C26 H42 N14 O7
Cpd 41: C23 H48 O12	4,622	516,3146		C23 H48 O12
Cpd 42: C30 H60 O17	4,623	692,3831		C30 H60 O17
Cpd 43: C32 H66 O17	4,633	722,4311		C32 H66 O17
Cpd 44: C28 H46 N14 O8	4,656	706,3626		C28 H46 N14 O8
Cpd 45: C32 H64 O18	4,664	736,4099		C32 H64 O18
Cpd 46: C34 H70 O18	4,673	766,4569		C34 H70 O18
Cpd 47: C23 H40 N14 O3	4,677	560,3403		C23 H40 N14 O3
Cpd 48: C18 H26 N14 O	4,684	454,2416		C18 H26 N14 O
Cpd 49: C32 H56 N14 O9	4,705	780,4364		C32 H56 N14 O9
Cpd 50: C36 H74 O19	4,711	810,4828		C36 H74 O19
Cpd 51: C25 H44 N14 O4	4,727	604,3673		C25 H44 N14 O4
Cpd 52: C36 H72 O20	4,741	824,4624		C36 H72 O20
Cpd 54: C20 H30 N14 O2	4,758	498,2678		C20 H30 N14 O2
Cpd 55: C27 H51 N15 O5	4,773	665,4194		C27 H51 N15 O5
Cpd 56: SMTP-7	4,776	868,4878	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 57: C41 H76 N4 O18	4,808	912,515		C41 H76 N4 O18
Cpd 58: C50 H76 N4 O14	4,836	956,5361		C50 H76 N4 O14
Cpd 59: C40 H75 N15 O13	4,838	973,5673		C40 H75 N15 O13
Cpd 60: C44 H91 N O24	4,868	1017,5932		C44 H91 N O24
Cpd 61: C45 H79 N19 O11	4,895	1061,6204		C45 H79 N19 O11
Cpd 62: C9 H13 N O3	4,934	183,0895		C9 H13 N O3
Cpd 63: Tenuazonic acid	5,47	197,1054	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 65: C17 H37 N O2	5,728	287,2824		C17 H37 N O2
Cpd 66: C17 H37 N O2	5,803	287,2829		C17 H37 N O2
Cpd 67: C17 H37 N O2	5,876	287,282		C17 H37 N O2
Cpd 68: C15 H33 N	5,964	227,2609		C15 H33 N
Cpd 69: C15 H33 N	6,06	227,2607		C15 H33 N
Cpd 70: C19 H41 N O2	6,203	315,313		C19 H41 N O2
Cpd 72: C21 H42 N10 O2	7,509	466,3497		C21 H42 N10 O2
Cpd 73: C19 H38 N10 O	7,529	422,3238		C19 H38 N10 O
Cpd 74: C20 H42 O6	7,547	378,2977		C20 H42 O6
Cpd 75: C18 H38 O5	7,562	334,2714		C18 H38 O5
Cpd 76: C23 H42 N16 O2	7,83	574,3679		C23 H42 N16 O2
Cpd 79: C20 H38 N6 O5	7,896	442,2895		C20 H38 N6 O5
Cpd 80: C14 H29 N O	7,904	227,2247		C14 H29 N O

Annexe 3.2.7. Composition biochimique de la fraction 'g' issu de l'extrait brut de l'isolat S1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: Decarestrictin N	0,691	216,0984	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 2: C12 H24 O8	3,699	296,1474		C12 H24 O8
Cpd 4: C15 H26 N4 O4	3,882	326,1952		C15 H26 N4 O4
Cpd 5: C15 H24 N4 O5	4,018	340,1744		C15 H24 N4 O5
Cpd 6: C16 H34 O9	4,111	370,221		C16 H34 O9
Cpd 8: C17 H28 N4 O6	4,16	384,2005		C17 H28 N4 O6
Cpd 9: C15 H22 N10 O4	4,165	406,1824		C15 H22 N10 O4
Cpd 10: C17 H31 N5 O6	4,166	401,2275		C17 H31 N5 O6
Cpd 11: C13 H28 O7	4,177	296,1834		C13 H28 O7
Cpd 12: C18 H38 O10	4,226	414,2472		C18 H38 O10
Cpd 13: C19 H32 N4 O7	4,266	428,227		C19 H32 N4 O7
Cpd 14: C18 H34 O12	4,283	442,2053		C18 H34 O12
Cpd 15: C21 H38 N4 O7	4,311	458,2741		C21 H38 N4 O7
Cpd 16: C15 H32 O8	4,317	340,2097		C15 H32 O8
Cpd 17: C21 H36 N4 O8	4,348	472,2532		C21 H36 N4 O8
Cpd 18: C15 H22 N4 O4	4,368	322,1647		C15 H22 N4 O4
Cpd 19: C18 H26 N14 O3	4,37	486,2313		C18 H26 N14 O3
Cpd 21: C18 H40 O4 S2	4,417	384,2366		C18 H40 O4 S2
Cpd 22: C23 H40 N4 O9	4,419	516,2798		C23 H40 N4 O9
Cpd 24: C25 H46 N4 O9	4,447	546,3264		C25 H46 N4 O9
Cpd 25: C25 H44 N4 O10	4,481	560,3061		C25 H44 N4 O10
Cpd 26: C17 H28 N14	4,502	428,2625		C17 H28 N14
Cpd 27: C17 H26 N4 O5	4,503	366,1904		C17 H26 N4 O5
Cpd 28: C27 H50 N4 O10	4,503	590,3528		C27 H50 N4 O10
Cpd 29: C22 H34 N14 O5	4,51	574,2842		C22 H34 N14 O5
Cpd 30: C27 H48 N4 O11	4,538	604,3319		C27 H48 N4 O11
Cpd 31: C29 H54 N4 O11	4,554	634,3793		C29 H54 N4 O11
Cpd 32: C24 H38 N14 O6	4,569	618,3101		C24 H38 N14 O6
Cpd 33: C17 H41 Cl N8 O5	4,571	472,289		C17 H41 Cl N8 O5
Cpd 34: C29 H52 N4 O12	4,589	648,358		C29 H52 N4 O12
Cpd 35: C29 H46 N18 O2	4,602	678,405		C29 H46 N18 O2
Cpd 36: C18 H34 O10	4,607	410,2153		C18 H34 O10
Cpd 37: C26 H42 N14 O7	4,621	662,3367		C26 H42 N14 O7
Cpd 38: C23 H48 O12	4,635	516,3151		C23 H48 O12
Cpd 39: C30 H60 O17	4,635	692,3839		C30 H60 O17
Cpd 40: C33 H62 N4 O13	4,645	722,4312		C33 H62 N4 O13
Cpd 41: C28 H46 N14 O8	4,668	706,3624		C28 H46 N14 O8
Cpd 42: C32 H64 O18	4,676	736,4104		C32 H64 O18
Cpd 43: C33 H54 N18 O4	4,685	766,4575		C33 H54 N18 O4
Cpd 44: C23 H43 N15 O3	4,689	577,3679		C23 H43 N15 O3
Cpd 45: C20 H38 O11	4,697	454,2418		C20 H38 O11
Cpd 47: C34 H68 O19	4,717	780,4363		C34 H68 O19
Cpd 48: C36 H74 O19	4,723	810,4827		C36 H74 O19
Cpd 49: C24 H48 N10 O8	4,74	604,3659		C24 H48 N10 O8
Cpd 50: C37 H68 N4 O16	4,753	824,4631		C37 H68 N4 O16
Cpd 52: C20 H30 N14 O2	4,77	498,268		C20 H30 N14 O2
Cpd 53: C27 H51 N15 O5	4,785	665,4199		C27 H51 N15 O5
Cpd 54: SMTP-7	4,788	868,4898	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 55: C39 H64 N18 O8	4,82	912,5153		C39 H64 N18 O8

Cpd 57: C41 H68 N18 O9	4,851	956,542		C41 H68 N18 O9
Cpd 58: C45 H84 N4 O20	4,878	1000,5679		C45 H84 N4 O20
Cpd 59: C43 H75 N19 O10	4,88	1017,5943		C43 H75 N19 O10
Cpd 60: C44 H83 N15 O15	4,906	1061,62		C44 H83 N15 O15
Cpd 63: Tenuazonic acid	5,48	197,1054	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 64: C17 H37 N O2	5,752	287,2826		C17 H37 N O2
Cpd 65: C17 H37 N O2	5,83	287,2834		C17 H37 N O2
Cpd 66: C17 H37 N O2	5,905	287,2828		C17 H37 N O2
Cpd 67: C15 H33 N	5,999	227,2616		C15 H33 N
Cpd 68: C15 H33 N	6,097	227,2613		C15 H33 N
Cpd 69: C19 H41 N O2	6,238	315,3137		C19 H41 N O2
Cpd 71: C21 H42 N10 O2	7,518	466,3502		C21 H42 N10 O2
Cpd 72: C19 H38 N10 O	7,537	422,3237		C19 H38 N10 O
Cpd 73: C20 H42 O6	7,555	378,2977		C20 H42 O6
Cpd 74: C18 H38 O5	7,57	334,2717		C18 H38 O5
Cpd 75: C26 H50 N6 O8	7,837	574,3687		C26 H50 N6 O8
Cpd 76: C24 H46 N6 O7	7,861	530,3428		C24 H46 N6 O7
Cpd 77: C22 H42 N6 O6	7,884	486,3169		C22 H42 N6 O6
Cpd 78: C20 H38 N6 O5	7,901	442,2905		C20 H38 N6 O5

Annexe 3.3. Composition biochimique du filtrat de culture de l'isolat C1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 3: C12 H19 N O7	0,71	289,1151		C12 H19 N O7
Cpd 4: Pyridoxine	0,821	169,073	Pyridoxine	C8 H11 N O3
Cpd 6: C11 H17 N O7	0,826	275,0996		C11 H17 N O7
Cpd 7: C11 H14 N4 O2	0,826	234,1106		C11 H14 N4 O2
Cpd 8: C12 H20 N2 O3	0,832	240,1462		C12 H20 N2 O3
Cpd 9: cyclo-L-Prolylglycine	0,97	154,0746	cyclo-L-Prolylglycine	C7 H10 N2 O2
Cpd 12: C5 H9 N O	1,288	99,0687		C5 H9 N O
Cpd 14: C15 H13 N9 O4	1,393	383,109		C15 H13 N9 O4
Cpd 15: C11 H18 N2 O3	3,851	226,1322		C11 H18 N2 O3
Cpd 17: C11 H18 N2 O3	3,925	226,1321		C11 H18 N2 O3
Cpd 18: C21 H40 N16 O2 S	3,999	580,3244		C21 H40 N16 O2 S
Cpd 20: C28 H40 N10 O5	4,08	596,3182		C28 H40 N10 O5
Cpd 23: C16 H10 N10 O7	4,869	454,0731		C16 H10 N10 O7
Cpd 25: 12-Methoxycitromycin	4,895	260,0697	12-Methoxycitromycin	C14 H12 O5
Cpd 27: C27 H18 N10 O6	4,899	578,1421		C27 H18 N10 O6
Cpd 28: Erythroglauicin	4,9	300,062	Erythroglauicin	C16 H12 O6
Cpd 29: C9 H13 N O3	4,949	183,0901		C9 H13 N O3
Cpd 31: Alternarian acid	4,97	320,0548	Alternarian acid	C15 H12 O8
Cpd 32: TAN 931	4,971	302,0443	TAN 931	C15 H10 O7
Cpd 33: Alternarian acid	5,163	320,0542	Alternarian acid	C15 H12 O8
Cpd 34: Verrol (terpene)	5,466	378,2051	Verrol (terpene)	C21 H30 O6
Cpd 36: Tenuazonic acid	5,484	197,106	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 37: Brassicene F	5,66	364,2261	Brassicene F	C21 H32 O5
Cpd 38: rezishanone C (=sorbivinetone)	5,698	320,1652	rezishanone C (=sorbivinetone)	C18 H24 O5
Cpd 39: Brassicene D	5,832	362,2102	Brassicene D	C21 H30 O5
Cpd 41: C25 H29 N5 O	6,306	415,2371		C25 H29 N5 O
Cpd 43: C25 H29 N5 O	6,422	415,2374		C25 H29 N5 O

Cpd 44: Brassicene D	6,447	362,2105	Brassicene D	C21 H30 O5
Cpd 45: Chaetoquadrin E	6,71	322,1404	Chaetoquadrin E	C17 H22 O6
Cpd 46: Tanzawaic acid F	7,412	304,169	Tanzawaic acid F	C18 H24 O4

Annexe 3.3.1. Composition biochimique de la fraction 'b' issu de l'extrait brut de l'isolat C1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: Decarestrictin N	0,688	216,0987	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 2: C12 H26 O7	3,604	282,1684		C12 H26 O7
Cpd 3: C13 H20 N4 O4	3,7	296,1482		C13 H20 N4 O4
Cpd 5: C15 H26 N4 O4	3,885	326,1953		C15 H26 N4 O4
Cpd 6: C10 H25 Cl N8 O3	3,934	340,1733		C10 H25 Cl N8 O3
Cpd 7: C15 H24 N4 O5	4,016	340,1743		C15 H24 N4 O5
Cpd 8: C15 H27 N5 O5	4,021	357,201		C15 H27 N5 O5
Cpd 9: C14 H29 N O10	4,051	371,1794		C14 H29 N O10
Cpd 10: C16 H34 O9	4,11	370,2211		C16 H34 O9
Cpd 12: C16 H32 O10	4,162	384,2002		C16 H32 O10
Cpd 13: C17 H31 N5 O6	4,167	401,227		C17 H31 N5 O6
Cpd 14: C13 H28 O7	4,177	296,1833		C13 H28 O7
Cpd 15: C18 H38 O10	4,226	414,2472		C18 H38 O10
Cpd 16: C18 H36 O11	4,266	428,2262		C18 H36 O11
Cpd 17: C16 H22 N14 O2	4,285	442,205		C16 H22 N14 O2
Cpd 18: C21 H38 N4 O7	4,311	458,2735		C21 H38 N4 O7
Cpd 19: C15 H32 O8	4,319	340,2097		C15 H32 O8
Cpd 20: C21 H36 N4 O8	4,349	472,253		C21 H36 N4 O8
Cpd 22: C18 H26 N14 O3	4,372	486,2315		C18 H26 N14 O3
Cpd 24: C18 H40 O4 S2	4,417	384,2365		C18 H40 O4 S2
Cpd 25: C23 H40 N4 O9	4,419	516,2795		C23 H40 N4 O9
Cpd 27: C25 H46 N4 O9	4,447	546,3264		C25 H46 N4 O9
Cpd 28: C25 H44 N4 O10	4,482	560,306		C25 H44 N4 O10
Cpd 29: C15 H37 Cl N8 O4	4,503	428,2629		C15 H37 Cl N8 O4
Cpd 30: C27 H50 N4 O10	4,504	590,3526		C27 H50 N4 O10
Cpd 32: C22 H34 N14 O5	4,512	574,284		C22 H34 N14 O5
Cpd 33: C27 H48 N4 O11	4,539	604,332		C27 H48 N4 O11
Cpd 34: C29 H54 N4 O11	4,555	634,379		C29 H54 N4 O11
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,57	618,3101		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C21 H44 O11	4,573	472,2887		C21 H44 O11
Cpd 37: C28 H56 O16	4,59	648,3576		C28 H56 O16
Cpd 38: C31 H58 N4 O12	4,602	678,4056		C31 H58 N4 O12
Cpd 39: C19 H30 N4 O6	4,608	410,216		C19 H30 N4 O6
Cpd 40: C26 H42 N14 O7	4,622	662,3364		C26 H42 N14 O7
Cpd 41: C23 H48 O12	4,636	516,3148		C23 H48 O12
Cpd 42: C30 H60 O17	4,636	692,3836		C30 H60 O17
Cpd 43: C32 H66 O17	4,646	722,4309		C32 H66 O17
Cpd 44: C28 H46 N14 O8	4,669	706,362		C28 H46 N14 O8
Cpd 45: C32 H64 O18	4,677	736,4096		C32 H64 O18
Cpd 46: C34 H70 O18	4,686	766,4565		C34 H70 O18
Cpd 47: C25 H52 O13	4,691	560,3407		C25 H52 O13
Cpd 48: C20 H38 O11	4,698	454,2416		C20 H38 O11
Cpd 50: C35 H64 N4 O15	4,718	780,4365		C35 H64 N4 O15
Cpd 51: C36 H74 O19	4,724	810,483		C36 H74 O19
Cpd 52: C27 H56 O14	4,74	604,3669		C27 H56 O14

Cpd 53: C37 H68 N4 O16	4,755	824,4637		C37 H68 N4 O16
Cpd 56: C20 H30 N14 O2	4,77	498,2684		C20 H30 N14 O2
Cpd 57: C27 H48 N14 O5	4,785	648,3935		C27 H48 N14 O5
Cpd 58: SMTP-7	4,789	868,4895	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 59: C39 H64 N18 O8	4,821	912,5155		C39 H64 N18 O8
Cpd 61: C41 H68 N18 O9	4,851	956,5418		C41 H68 N18 O9
Cpd 63: C43 H75 N19 O10	4,88	1017,5942		C43 H75 N19 O10
Cpd 64: C45 H76 N18 O11	4,906	1044,5937		C45 H76 N18 O11
Cpd 66: C31 H45 N9 O3 S	5,131	623,3366		C31 H45 N9 O3 S
Cpd 67: C33 H49 N9 O4 S	5,16	667,3625		C33 H49 N9 O4 S
Cpd 68: Tenuazonic acid	5,479	197,1053	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 69: C17 H37 N O2	5,744	287,2825		C17 H37 N O2
Cpd 70: C17 H37 N O2	5,821	287,2829		C17 H37 N O2
Cpd 71: C17 H37 N O2	5,896	287,2826		C17 H37 N O2
Cpd 72: C15 H33 N	5,909	227,2613		C15 H33 N
Cpd 73: C15 H33 N	5,988	227,2615		C15 H33 N
Cpd 74: C15 H33 N	6,088	227,2611		C15 H33 N
Cpd 75: 2-(4-Hydroxyazobenzene) benzoic acid	6,167	210,0792	2-(4-Hydroxyazobenzene) benzoic acid	C13 H10 N2 O
Cpd 76: C19 H41 N O2	6,227	315,3139		C19 H41 N O2
Cpd 77: C24 H48 N6 O7	7,496	532,3582		C24 H48 N6 O7
Cpd 78: C24 H50 O8	7,517	466,3503		C24 H50 O8
Cpd 79: C22 H46 O7	7,535	422,3243		C22 H46 O7
Cpd 80: C20 H42 O6	7,553	378,2982		C20 H42 O6
Cpd 81: C18 H38 O5	7,569	334,2718		C18 H38 O5
Cpd 82: (+)-Phomopsidin	7,814	330,2193	(+)-Phomopsidin	C21 H30 O3
Cpd 83: C23 H42 N16 O2	7,836	574,3686		C23 H42 N16 O2
Cpd 85: C18 H31 N O	7,863	277,2402		C18 H31 N O
Cpd 86: C22 H42 N6 O6	7,883	486,3163		C22 H42 N6 O6
Cpd 87: C20 H38 N6 O5	7,9	442,2901		C20 H38 N6 O5

Annexe 3.3.2. Composition biochimique de la fraction ‘c’ issu de l’extrait brut de l’isolat C1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: Decarestrictin N	0,69	216,0984	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 2: C10 H20 O7	2,219	252,1208		C10 H20 O7
Cpd 3: C12 H26 O7	3,602	282,1683		C12 H26 O7
Cpd 4: C13 H20 N4 O4	3,699	296,1481		C13 H20 N4 O4
Cpd 6: C15 H26 N4 O4	3,883	326,1953		C15 H26 N4 O4
Cpd 7: C14 H28 O9	3,933	340,1735		C14 H28 O9
Cpd 8: C15 H24 N4 O5	4,018	340,1745		C15 H24 N4 O5
Cpd 9: C14 H29 N O10	4,05	371,1794		C14 H29 N O10
Cpd 10: C16 H34 O9	4,11	370,2209		C16 H34 O9
Cpd 12: C17 H28 N4 O6	4,162	384,2005		C17 H28 N4 O6
Cpd 13: C17 H31 N5 O6	4,166	401,227		C17 H31 N5 O6
Cpd 14: C13 H28 O7	4,177	296,1832		C13 H28 O7
Cpd 15: C18 H38 O10	4,226	414,247		C18 H38 O10
Cpd 16: C18 H36 O11	4,266	428,2264		C18 H36 O11
Cpd 17: C16 H22 N14 O2	4,284	442,2048		C16 H22 N14 O2
Cpd 18: C21 H38 N4 O7	4,311	458,2736		C21 H38 N4 O7
Cpd 19: C15 H32 O8	4,318	340,2098		C15 H32 O8
Cpd 20: C21 H36 N4 O8	4,349	472,2532		C21 H36 N4 O8

Annexes

Cpd 21: C16 H18 N8	4,369	322,1649		C16 H18 N8
Cpd 22: C18 H26 N14 O3	4,372	486,2314		C18 H26 N14 O3
Cpd 24: C17 H36 O9	4,418	384,2363		C17 H36 O9
Cpd 25: C23 H40 N4 O9	4,419	516,2794		C23 H40 N4 O9
Cpd 26: C25 H46 N4 O9	4,447	546,3265		C25 H46 N4 O9
Cpd 28: C25 H44 N4 O10	4,481	560,3058		C25 H44 N4 O10
Cpd 29: C19 H40 O10	4,503	428,2622		C19 H40 O10
Cpd 30: C27 H50 N4 O10	4,503	590,352		C27 H50 N4 O10
Cpd 32: C22 H34 N14 O5	4,514	574,2837		C22 H34 N14 O5
Cpd 33: C26 H52 O15	4,538	604,3312		C26 H52 O15
Cpd 34: C29 H54 N4 O11	4,554	634,3783		C29 H54 N4 O11
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,569	618,3096		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C21 H44 O11	4,573	472,2884		C21 H44 O11
Cpd 37: C28 H56 O16	4,589	648,357		C28 H56 O16
Cpd 38: C31 H58 N4 O12	4,601	678,4053		C31 H58 N4 O12
Cpd 39: C16 H22 N14	4,608	410,2151		C16 H22 N14
Cpd 40: C23 H34 N24 O	4,621	662,3358		C23 H34 N24 O
Cpd 41: C30 H60 O17	4,635	692,3831		C30 H60 O17
Cpd 42: C23 H48 O12	4,635	516,3147		C23 H48 O12
Cpd 43: C32 H66 O17	4,645	722,431		C32 H66 O17
Cpd 44: C25 H38 N24 O2	4,668	706,362		C25 H38 N24 O2
Cpd 45: C32 H64 O18	4,676	736,4095		C32 H64 O18
Cpd 46: C34 H70 O18	4,684	766,4564		C34 H70 O18
Cpd 47: C25 H52 O13	4,689	560,3407		C25 H52 O13
Cpd 48: C20 H38 O11	4,697	454,2417		C20 H38 O11
Cpd 50: C34 H68 O19	4,717	780,4359		C34 H68 O19
Cpd 51: C36 H74 O19	4,723	810,4823		C36 H74 O19
Cpd 54: C35 H56 N18 O6	4,752	824,4627		C35 H56 N18 O6
Cpd 56: C40 H69 N15 O5 S	4,759	871,5331		C40 H69 N15 O5 S
Cpd 57: C20 H30 N14 O2	4,77	498,2676		C20 H30 N14 O2
Cpd 58: C27 H48 N14 O5	4,784	648,3928		C27 H48 N14 O5
Cpd 59: SMTP-7	4,787	868,4887	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 60: C40 H80 O22	4,819	912,5144		C40 H80 O22
Cpd 61: C26 H47 N25	4,825	709,4451		C26 H47 N25
Cpd 64: C40 H75 N15 O13	4,85	973,5672		C40 H75 N15 O13
Cpd 65: C43 H75 N19 O10	4,878	1017,5938		C43 H75 N19 O10
Cpd 67: C45 H76 N18 O11	4,904	1044,5937		C45 H76 N18 O11
Cpd 68: C21 H37 N15 O	4,98	515,3301		C21 H37 N15 O
Cpd 69: C23 H41 N15 O2	5,027	559,3564		C23 H41 N15 O2
Cpd 70: C25 H45 N15 O3	5,066	603,3825		C25 H45 N15 O3
Cpd 72: C31 H45 N9 O3 S	5,129	623,3361		C31 H45 N9 O3 S
Cpd 73: C33 H49 N9 O4 S	5,158	667,3624		C33 H49 N9 O4 S
Cpd 74: C35 H53 N9 O5 S	5,185	711,3883		C35 H53 N9 O5 S
Cpd 76: C17 H37 N O2	5,738	287,2825		C17 H37 N O2
Cpd 77: C17 H37 N O2	5,813	287,2833		C17 H37 N O2
Cpd 78: C17 H37 N O2	5,887	287,2826		C17 H37 N O2
Cpd 79: C15 H33 N	5,901	227,2613		C15 H33 N
Cpd 80: C15 H33 N	5,976	227,2615		C15 H33 N
Cpd 81: C15 H33 N	6,071	227,2613		C15 H33 N
Cpd 82: C19 H41 N O2	6,212	315,3138		C19 H41 N O2
Cpd 83: C24 H48 N6 O7	7,486	532,3582		C24 H48 N6 O7
Cpd 84: C21 H42 N10 O2	7,507	466,3501		C21 H42 N10 O2

Cpd 85: C22 H46 O7	7,526	422,3243		C22 H46 O7
Cpd 86: C20 H42 O6	7,544	378,298		C20 H42 O6
Cpd 87: C18 H38 O5	7,559	334,272		C18 H38 O5
Cpd 89: C26 H50 N6 O8	7,827	574,3688		C26 H50 N6 O8
Cpd 90: C24 H46 N6 O7	7,851	530,3427		C24 H46 N6 O7
Cpd 91: C21 H40 N10 O2	7,874	464,3346		C21 H40 N10 O2
Cpd 92: C20 H38 N6 O5	7,892	442,2901		C20 H38 N6 O5
Cpd 93: C14 H29 N O	7,898	227,2249		C14 H29 N O

Annexe 3.3.3. Composition biochimique de la fraction 'd' issu de l'extrait brut de l'isolat C1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C6 H15 N O3	0,636	149,1053		C6 H15 N O3
Cpd 3: C13 H20 N4 O4	3,697	296,1481		C13 H20 N4 O4
Cpd 4: C11 H14 N10 O2	3,702	318,1298		C11 H14 N10 O2
Cpd 6: C15 H26 N4 O4	3,884	326,1953		C15 H26 N4 O4
Cpd 7: C15 H24 N4 O5	4,017	340,1746		C15 H24 N4 O5
Cpd 8: C15 H27 N5 O5	4,02	357,201		C15 H27 N5 O5
Cpd 9: C14 H29 N O10	4,051	371,1793		C14 H29 N O10
Cpd 10: C17 H30 N4 O5	4,111	370,2212		C17 H30 N4 O5
Cpd 11: C12 H22 O7	4,147	278,1364		C12 H22 O7
Cpd 12: C17 H28 N4 O6	4,161	384,2005		C17 H28 N4 O6
Cpd 14: C17 H31 N5 O6	4,167	401,2271		C17 H31 N5 O6
Cpd 15: C13 H28 O7	4,177	296,1834		C13 H28 O7
Cpd 16: C18 H38 O10	4,226	414,2471		C18 H38 O10
Cpd 17: C18 H36 O11	4,267	428,2264		C18 H36 O11
Cpd 18: C16 H22 N14 O2	4,285	442,2049		C16 H22 N14 O2
Cpd 19: C21 H38 N4 O7	4,312	458,2738		C21 H38 N4 O7
Cpd 20: C15 H32 O8	4,319	340,2095		C15 H32 O8
Cpd 21: C21 H36 N4 O8	4,349	472,253		C21 H36 N4 O8
Cpd 22: C15 H22 N4 O4	4,369	322,1646		C15 H22 N4 O4
Cpd 23: C18 H26 N14 O3	4,372	486,2313		C18 H26 N14 O3
Cpd 25: C18 H40 O4 S2	4,418	384,2365		C18 H40 O4 S2
Cpd 26: C23 H40 N4 O9	4,42	516,2797		C23 H40 N4 O9
Cpd 28: C25 H46 N4 O9	4,449	546,3268		C25 H46 N4 O9
Cpd 29: C25 H44 N4 O10	4,482	560,3055		C25 H44 N4 O10
Cpd 30: C17 H28 N14	4,503	428,262		C17 H28 N14
Cpd 31: C27 H50 N4 O10	4,504	590,3522		C27 H50 N4 O10
Cpd 33: C22 H34 N14 O5	4,512	574,2836		C22 H34 N14 O5
Cpd 36: C26 H52 O15	4,538	604,331		C26 H52 O15
Cpd 37: C29 H54 N4 O11	4,555	634,3782		C29 H54 N4 O11
Cpd 38: C24 H38 N14 O6	4,57	618,3096		C24 H38 N14 O6
Cpd 39: C21 H44 O11	4,573	472,2885		C21 H44 O11
Cpd 40: C28 H56 O16	4,59	648,3574		C28 H56 O16
Cpd 41: C31 H58 N4 O12	4,602	678,4053		C31 H58 N4 O12
Cpd 42: C16 H22 N14	4,607	410,2153		C16 H22 N14
Cpd 43: C26 H42 N14 O7	4,622	662,3358		C26 H42 N14 O7
Cpd 44: C23 H48 O12	4,636	516,3145		C23 H48 O12
Cpd 45: C30 H60 O17	4,636	692,383		C30 H60 O17
Cpd 46: C32 H66 O17	4,646	722,43		C32 H66 O17
Cpd 47: C28 H46 N14 O8	4,669	706,3622		C28 H46 N14 O8
Cpd 48: C32 H64 O18	4,677	736,4098		C32 H64 O18

Cpd 49: C34 H70 O18	4,685	766,4565		C34 H70 O18
Cpd 50: C23 H43 N15 O3	4,69	577,3675		C23 H43 N15 O3
Cpd 51: C20 H38 O11	4,697	454,2415		C20 H38 O11
Cpd 53: C34 H68 O19	4,717	780,436		C34 H68 O19
Cpd 54: C36 H74 O19	4,723	810,4824		C36 H74 O19
Cpd 55: C24 H48 N10 O8	4,74	604,3657		C24 H48 N10 O8
Cpd 56: C36 H72 O20	4,753	824,4621		C36 H72 O20
Cpd 58: C20 H30 N14 O2	4,771	498,2673		C20 H30 N14 O2
Cpd 59: C26 H55 N11 O9	4,785	665,4187		C26 H55 N11 O9
Cpd 60: SMTP-7	4,788	868,4884	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 61: C38 H68 N14 O12	4,82	912,5141		C38 H68 N14 O12
Cpd 64: C40 H75 N15 O13	4,851	973,5673		C40 H75 N15 O13
Cpd 66: C43 H75 N19 O10	4,88	1017,5942		C43 H75 N19 O10
Cpd 67: C46 H95 N O25	4,906	1061,6197		C46 H95 N O25
Cpd 69: C31 H45 N9 O3 S	5,13	623,336		C31 H45 N9 O3 S
Cpd 70: C26 H49 N15 O2 S2	5,16	667,3626		C26 H49 N15 O2 S2
Cpd 73: C17 H37 N O2	5,744	287,2825		C17 H37 N O2
Cpd 74: C17 H37 N O2	5,821	287,2834		C17 H37 N O2
Cpd 75: C17 H37 N O2	5,896	287,2828		C17 H37 N O2
Cpd 76: C15 H33 N	5,985	227,2616		C15 H33 N
Cpd 77: C15 H33 N	6,082	227,2614		C15 H33 N
Cpd 78: C19 H41 N O2	6,221	315,3138		C19 H41 N O2
Cpd 79: (+)-Phomopsidin	7,167	330,2195	(+)-Phomopsidin	C21 H30 O3
Cpd 80: C24 H48 N6 O7	7,492	532,3584		C24 H48 N6 O7
Cpd 81: C24 H50 O8	7,513	466,3504		C24 H50 O8
Cpd 82: C22 H46 O7	7,532	422,3245		C22 H46 O7
Cpd 83: C20 H42 O6	7,549	378,2984		C20 H42 O6
Cpd 84: C18 H38 O5	7,565	334,272		C18 H38 O5
Cpd 85: C26 H50 N6 O8	7,833	574,3688		C26 H50 N6 O8
Cpd 86: C24 H46 N6 O7	7,857	530,3425		C24 H46 N6 O7
Cpd 87: C18 H28 O	7,859	260,2138		C18 H28 O
Cpd 88: C22 H42 N6 O6	7,88	486,3168		C22 H42 N6 O6
Cpd 89: C20 H38 N6 O5	7,898	442,2905		C20 H38 N6 O5
Cpd 90: C14 H29 N O	7,906	227,2254		C14 H29 N O

Annexe 3.3.4. Composition biochimique de la fraction ‘e’ issu de l’extrait brut de l’isolat C1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C6 H15 N O3	0,636	149,1053		C6 H15 N O3
Cpd 2: Decarestrictin N	0,69	216,0983	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 3: C6 H10 N6 O4	0,7	230,0768		C6 H10 N6 O4
Cpd 4: C12 H26 O7	3,604	282,1683		C12 H26 O7
Cpd 5: C13 H20 N4 O4	3,696	296,148		C13 H20 N4 O4
Cpd 7: C15 H26 N4 O4	3,883	326,1953		C15 H26 N4 O4
Cpd 8: C15 H24 N4 O5	4,014	340,1746		C15 H24 N4 O5
Cpd 10: C17 H33 N5 O5	4,104	387,2478		C17 H33 N5 O5
Cpd 11: C16 H34 O9	4,111	370,2211		C16 H34 O9
Cpd 13: C17 H28 N4 O6	4,16	384,2005		C17 H28 N4 O6
Cpd 14: C17 H31 N5 O6	4,165	401,2273		C17 H31 N5 O6
Cpd 15: C13 H28 O7	4,176	296,1832		C13 H28 O7
Cpd 16: C18 H38 O10	4,224	414,2472		C18 H38 O10

Annexes

Cpd 17: C19 H32 N4 O7	4,265	428,2267		C19 H32 N4 O7
Cpd 18: C21 H38 N4 O7	4,31	458,2738		C21 H38 N4 O7
Cpd 19: C15 H32 O8	4,317	340,2096		C15 H32 O8
Cpd 20: C21 H36 N4 O8	4,347	472,2533		C21 H36 N4 O8
Cpd 21: C16 H18 N8	4,366	322,1652		C16 H18 N8
Cpd 22: C18 H26 N14 O3	4,369	486,2317		C18 H26 N14 O3
Cpd 24: C18 H40 O4 S2	4,416	384,2363		C18 H40 O4 S2
Cpd 25: C23 H40 N4 O9	4,417	516,2794		C23 H40 N4 O9
Cpd 27: C25 H46 N4 O9	4,446	546,3269		C25 H46 N4 O9
Cpd 28: C25 H44 N4 O10	4,479	560,3063		C25 H44 N4 O10
Cpd 29: C17 H28 N14	4,501	428,2625		C17 H28 N14
Cpd 30: C27 H50 N4 O10	4,502	590,3527		C27 H50 N4 O10
Cpd 31: C17 H26 N4 O5	4,502	366,1903		C17 H26 N4 O5
Cpd 32: C22 H34 N14 O5	4,511	574,2841		C22 H34 N14 O5
Cpd 33: C27 H48 N4 O11	4,537	604,3319		C27 H48 N4 O11
Cpd 34: C29 H54 N4 O11	4,553	634,3791		C29 H54 N4 O11
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,567	618,3103		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C21 H44 O11	4,571	472,2886		C21 H44 O11
Cpd 37: C28 H56 O16	4,587	648,3577		C28 H56 O16
Cpd 38: C31 H58 N4 O12	4,6	678,4052		C31 H58 N4 O12
Cpd 39: C16 H22 N14	4,606	410,2153		C16 H22 N14
Cpd 40: C26 H42 N14 O7	4,619	662,3358		C26 H42 N14 O7
Cpd 41: C21 H36 N14 O2	4,633	516,3145		C21 H36 N14 O2
Cpd 42: C30 H60 O17	4,634	692,3833		C30 H60 O17
Cpd 43: C32 H66 O17	4,644	722,4311		C32 H66 O17
Cpd 44: C28 H46 N14 O8	4,666	706,3623		C28 H46 N14 O8
Cpd 45: C32 H64 O18	4,673	736,4103		C32 H64 O18
Cpd 46: C35 H66 N4 O14	4,683	766,4571		C35 H66 N4 O14
Cpd 47: C25 H52 O13	4,688	560,3409		C25 H52 O13
Cpd 48: C18 H26 N14 O	4,696	454,2417		C18 H26 N14 O
Cpd 49: C34 H68 O19	4,715	780,4363		C34 H68 O19
Cpd 50: C36 H74 O19	4,721	810,4827		C36 H74 O19
Cpd 52: C37 H68 N4 O16	4,751	824,4626		C37 H68 N4 O16
Cpd 54: C20 H30 N14 O2	4,769	498,268		C20 H30 N14 O2
Cpd 55: C27 H48 N14 O5	4,783	648,3931		C27 H48 N14 O5
Cpd 56: SMTP-7	4,786	868,4893	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 57: C41 H76 N4 O18	4,818	912,5154		C41 H76 N4 O18
Cpd 59: C43 H80 N4 O19	4,848	956,5421		C43 H80 N4 O19
Cpd 60: C43 H75 N19 O10	4,877	1017,5945		C43 H75 N19 O10
Cpd 61: C47 H88 N4 O21	4,904	1044,5939		C47 H88 N4 O21
Cpd 62: C19 H33 N15	4,929	471,304		C19 H33 N15
Cpd 63: C21 H34 N14 O	4,98	498,3039		C21 H34 N14 O
Cpd 64: C23 H38 N14 O2	5,026	542,33		C23 H38 N14 O2
Cpd 65: C25 H45 N15 O3	5,067	603,3827		C25 H45 N15 O3
Cpd 66: C31 H45 N9 O3 S	5,129	623,3366		C31 H45 N9 O3 S
Cpd 68: C17 H37 N O2	5,751	287,2826		C17 H37 N O2
Cpd 69: C17 H37 N O2	5,831	287,2829		C17 H37 N O2
Cpd 70: C17 H37 N O2	5,908	287,2829		C17 H37 N O2
Cpd 71: C15 H33 N	6	227,2616		C15 H33 N
Cpd 72: C15 H33 N	6,098	227,2615		C15 H33 N
Cpd 73: C19 H41 N O2	6,24	315,3139		C19 H41 N O2
Cpd 74: C18 H33 N O	7,016	279,2563		C18 H33 N O

Cpd 75: C18 H33 N O	7,112	279,2561		C18 H33 N O
Cpd 76: (+)-Phomopsidin	7,175	330,2194	(+)-Phomopsidin	C21 H30 O3
Cpd 77: C18 H33 N O	7,261	279,2562		C18 H33 N O
Cpd 79: C18 H33 N O2	7,384	295,2512		C18 H33 N O2
Cpd 80: C14 H27 N O	7,394	225,2092		C14 H27 N O
Cpd 81: C24 H48 N6 O7	7,5	532,3582		C24 H48 N6 O7
Cpd 82: C21 H42 N10 O2	7,52	466,3503		C21 H42 N10 O2
Cpd 83: C22 H46 O7	7,54	422,3243		C22 H46 O7
Cpd 84: C20 H42 O6	7,557	378,298		C20 H42 O6
Cpd 85: C18 H38 O5	7,573	334,2719		C18 H38 O5
Cpd 87: C18 H33 N O	7,743	279,2556		C18 H33 N O
Cpd 88: C26 H50 N6 O8	7,838	574,3687		C26 H50 N6 O8
Cpd 89: C24 H46 N6 O7	7,864	530,3427		C24 H46 N6 O7
Cpd 90: C18 H28 O	7,864	260,2138		C18 H28 O
Cpd 91: C22 H42 N6 O6	7,886	486,3168		C22 H42 N6 O6
Cpd 92: C20 H38 N6 O5	7,903	442,2903		C20 H38 N6 O5

Annexe 3.3.5. Composition biochimique de la fraction 'f' issu de l'extrait brut de l'isolat C1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C6 H15 N O3	0,637	149,1053		C6 H15 N O3
Cpd 2: Decarestrictin N	0,689	216,0985	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 3: C6 H10 N6 O4	0,7	230,0768		C6 H10 N6 O4
Cpd 4: C13 H20 N4 O4	3,703	296,1481		C13 H20 N4 O4
Cpd 6: C15 H26 N4 O4	3,887	326,1952		C15 H26 N4 O4
Cpd 7: C15 H24 N4 O5	4,018	340,1743		C15 H24 N4 O5
Cpd 8: C14 H26 O10	4,052	354,1529		C14 H26 O10
Cpd 9: C17 H33 N5 O5	4,107	387,2476		C17 H33 N5 O5
Cpd 10: C16 H34 O9	4,114	370,2209		C16 H34 O9
Cpd 12: C17 H28 N4 O6	4,162	384,2006		C17 H28 N4 O6
Cpd 13: C17 H31 N5 O6	4,168	401,2272		C17 H31 N5 O6
Cpd 14: C13 H28 O7	4,178	296,1831		C13 H28 O7
Cpd 15: C18 H38 O10	4,227	414,2471		C18 H38 O10
Cpd 16: C18 H36 O11	4,268	428,2265		C18 H36 O11
Cpd 17: C16 H22 N14 O2	4,285	442,2052		C16 H22 N14 O2
Cpd 18: C21 H38 N4 O7	4,312	458,2739		C21 H38 N4 O7
Cpd 19: C15 H32 O8	4,32	340,2096		C15 H32 O8
Cpd 20: C21 H36 N4 O8	4,349	472,2532		C21 H36 N4 O8
Cpd 21: C15 H22 N4 O4	4,37	322,1646		C15 H22 N4 O4
Cpd 22: C18 H26 N14 O3	4,373	486,2314		C18 H26 N14 O3
Cpd 24: C18 H40 O4 S2	4,418	384,2361		C18 H40 O4 S2
Cpd 25: C23 H40 N4 O9	4,42	516,2793		C23 H40 N4 O9
Cpd 27: C25 H46 N4 O9	4,448	546,3265		C25 H46 N4 O9
Cpd 28: C25 H44 N4 O10	4,482	560,3063		C25 H44 N4 O10
Cpd 29: C27 H50 N4 O10	4,503	590,3527		C27 H50 N4 O10
Cpd 30: C15 H37 Cl N8 O4	4,503	428,2629		C15 H37 Cl N8 O4
Cpd 33: C22 H34 N14 O5	4,514	574,2838		C22 H34 N14 O5
Cpd 34: C26 H52 O15	4,538	604,3316		C26 H52 O15
Cpd 35: C29 H54 N4 O11	4,555	634,3791		C29 H54 N4 O11
Cpd 36: C24 H38 N14 O6	4,57	618,3098		C24 H38 N14 O6
Cpd 37: C19 H32 N14 O	4,573	472,2881		C19 H32 N14 O
Cpd 38: C28 H56 O16	4,589	648,3575		C28 H56 O16

Cpd 39: C29 H46 N18 O2	4,602	678,4049		C29 H46 N18 O2
Cpd 40: C18 H34 O10	4,609	410,2158		C18 H34 O10
Cpd 41: C26 H42 N14 O7	4,621	662,3364		C26 H42 N14 O7
Cpd 42: C21 H36 N14 O2	4,636	516,3151		C21 H36 N14 O2
Cpd 43: C30 H60 O17	4,636	692,3836		C30 H60 O17
Cpd 44: C32 H66 O17	4,646	722,4306		C32 H66 O17
Cpd 45: C28 H46 N14 O8	4,668	706,3626		C28 H46 N14 O8
Cpd 46: C32 H64 O18	4,677	736,4106		C32 H64 O18
Cpd 47: C35 H66 N4 O14	4,685	766,4573		C35 H66 N4 O14
Cpd 48: C23 H43 N15 O3	4,691	577,3679		C23 H43 N15 O3
Cpd 49: C18 H26 N14 O	4,698	454,2421		C18 H26 N14 O
Cpd 51: C25 H56 N20 O7 S	4,717	780,4363		C25 H56 N20 O7 S
Cpd 52: C36 H74 O19	4,724	810,4829		C36 H74 O19
Cpd 54: C37 H68 N4 O16	4,753	824,4632		C37 H68 N4 O16
Cpd 56: C20 H30 N14 O2	4,771	498,268		C20 H30 N14 O2
Cpd 57: C27 H51 N15 O5	4,786	665,4197		C27 H51 N15 O5
Cpd 58: SMTP-7	4,789	868,4896	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 59: C41 H76 N4 O18	4,82	912,5155		C41 H76 N4 O18
Cpd 61: C41 H68 N18 O9	4,85	956,5415		C41 H68 N18 O9
Cpd 62: C43 H75 N19 O10	4,88	1017,5945		C43 H75 N19 O10
Cpd 63: C47 H88 N4 O21	4,905	1044,5945		C47 H88 N4 O21
Cpd 64: C22 H33 N19 O	5,099	579,3108		C22 H33 N19 O
Cpd 65: C24 H37 N19 O2	5,131	623,3368		C24 H37 N19 O2
Cpd 67: Tenuazonic acid	5,482	197,1052	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 70: C17 H37 N O2	5,748	287,2827		C17 H37 N O2
Cpd 71: C17 H37 N O2	5,826	287,2832		C17 H37 N O2
Cpd 72: C17 H37 N O2	5,903	287,2828		C17 H37 N O2
Cpd 73: C15 H33 N	5,994	227,2617		C15 H33 N
Cpd 74: C15 H33 N	6,092	227,2614		C15 H33 N
Cpd 75: C19 H41 N O2	6,235	315,3141		C19 H41 N O2
Cpd 76: (+)-Phomopsidin	7	330,2194	(+)-Phomopsidin	C21 H30 O3
Cpd 77: (+)-Phomopsidin	7,175	330,2194	(+)-Phomopsidin	C21 H30 O3
Cpd 78: C22 H44 N6 O6	7,521	488,3321		C22 H44 N6 O6
Cpd 79: C19 H38 N10 O	7,54	422,3236		C19 H38 N10 O
Cpd 80: C20 H42 O6	7,558	378,2981		C20 H42 O6
Cpd 81: C18 H38 O5	7,574	334,2718		C18 H38 O5
Cpd 82: C22 H42 N6 O6	7,887	486,3166		C22 H42 N6 O6
Cpd 83: C20 H38 N6 O5	7,904	442,2904		C20 H38 N6 O5

Annexe 3.3.6. Composition biochimique de la fraction ‘g’ issu de l’extrait brut de l’isolat C1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: Decarestrictin N	0,69	216,0985	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 2: C6 H10 N6 O4	0,697	230,0769		C6 H10 N6 O4
Cpd 3: C13 H20 N4 O4	3,7	296,1481		C13 H20 N4 O4
Cpd 4: C12 H22 O9	3,773	310,1264		C12 H22 O9
Cpd 5: C15 H26 N4 O4	3,885	326,1953		C15 H26 N4 O4
Cpd 6: C15 H24 N4 O5	4,015	340,1747		C15 H24 N4 O5
Cpd 7: C17 H33 N5 O5	4,103	387,2479		C17 H33 N5 O5
Cpd 8: C16 H34 O9	4,111	370,2212		C16 H34 O9
Cpd 9: C12 H22 O7	4,147	278,1367		C12 H22 O7
Cpd 10: C17 H28 N4 O6	4,16	384,2005		C17 H28 N4 O6

Annexes

Cpd 11: C17 H31 N5 O6	4,164	401,2273		C17 H31 N5 O6
Cpd 12: C13 H28 O7	4,176	296,1831		C13 H28 O7
Cpd 13: C18 H38 O10	4,224	414,2472		C18 H38 O10
Cpd 14: C18 H36 O11	4,265	428,2264		C18 H36 O11
Cpd 15: C18 H34 O12	4,282	442,2051		C18 H34 O12
Cpd 16: C21 H38 N4 O7	4,31	458,2738		C21 H38 N4 O7
Cpd 17: C15 H32 O8	4,317	340,2097		C15 H32 O8
Cpd 18: C21 H36 N4 O8	4,347	472,2535		C21 H36 N4 O8
Cpd 19: C15 H22 N4 O4	4,367	322,1645		C15 H22 N4 O4
Cpd 20: C18 H26 N14 O3	4,371	486,2317		C18 H26 N14 O3
Cpd 22: C18 H40 O4 S2	4,416	384,2366		C18 H40 O4 S2
Cpd 23: C23 H40 N4 O9	4,417	516,2798		C23 H40 N4 O9
Cpd 24: C25 H46 N4 O9	4,445	546,3267		C25 H46 N4 O9
Cpd 26: C25 H44 N4 O10	4,479	560,3058		C25 H44 N4 O10
Cpd 27: C17 H28 N14	4,501	428,2624		C17 H28 N14
Cpd 28: C27 H50 N4 O10	4,502	590,3527		C27 H50 N4 O10
Cpd 29: C16 H30 O9	4,503	366,189		C16 H30 O9
Cpd 30: C22 H34 N14 O5	4,51	574,2841		C22 H34 N14 O5
Cpd 31: C27 H48 N4 O11	4,537	604,3325		C27 H48 N4 O11
Cpd 32: C29 H54 N4 O11	4,553	634,3791		C29 H54 N4 O11
Cpd 33: C24 H38 N14 O6	4,568	618,3101		C24 H38 N14 O6
Cpd 34: C21 H44 O11	4,571	472,2888		C21 H44 O11
Cpd 35: C29 H52 N4 O12	4,587	648,3581		C29 H52 N4 O12
Cpd 36: C31 H58 N4 O12	4,6	678,4056		C31 H58 N4 O12
Cpd 37: C16 H22 N14	4,606	410,2154		C16 H22 N14
Cpd 38: C26 H42 N14 O7	4,62	662,3365		C26 H42 N14 O7
Cpd 39: C23 H48 O12	4,634	516,3149		C23 H48 O12
Cpd 40: C30 H60 O17	4,634	692,3838		C30 H60 O17
Cpd 41: C33 H62 N4 O13	4,644	722,4318		C33 H62 N4 O13
Cpd 42: C28 H46 N14 O8	4,666	706,3625		C28 H46 N14 O8
Cpd 43: C32 H64 O18	4,675	736,4102		C32 H64 O18
Cpd 44: C35 H66 N4 O14	4,684	766,4571		C35 H66 N4 O14
Cpd 45: C23 H43 N15 O3	4,689	577,3678		C23 H43 N15 O3
Cpd 46: C20 H38 O11	4,696	454,2418		C20 H38 O11
Cpd 47: C34 H68 O19	4,716	780,4364		C34 H68 O19
Cpd 48: C36 H74 O19	4,722	810,4832		C36 H74 O19
Cpd 49: C25 H44 N14 O4	4,739	604,3675		C25 H44 N14 O4
Cpd 50: C37 H68 N4 O16	4,752	824,4633		C37 H68 N4 O16
Cpd 51: C20 H30 N14 O2	4,769	498,2681		C20 H30 N14 O2
Cpd 52: C16 H26 N4 O9	4,776	418,1693		C16 H26 N4 O9
Cpd 53: C27 H51 N15 O5	4,784	665,4199		C27 H51 N15 O5
Cpd 54: SMTP-7	4,788	868,489	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 55: C42 H72 N8 O14	4,819	912,5162		C42 H72 N8 O14
Cpd 56: C41 H68 N18 O9	4,849	956,5413		C41 H68 N18 O9
Cpd 57: C43 H72 N18 O10	4,878	1000,5685		C43 H72 N18 O10
Cpd 58: C45 H79 N19 O11	4,905	1061,6212		C45 H79 N19 O11
Cpd 59: C31 H45 N9 O3 S	5,13	623,3365		C31 H45 N9 O3 S
Cpd 61: Tenuazonic acid	5,485	197,1054	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 62: C17 H37 N O2	5,749	287,2828		C17 H37 N O2
Cpd 63: C17 H37 N O2	5,823	287,2833		C17 H37 N O2
Cpd 64: C17 H37 N O2	5,898	287,2832		C17 H37 N O2
Cpd 65: C15 H33 N	5,987	227,2615		C15 H33 N

Annexes

Cpd 66: C15 H33 N	6,083	227,2613		C15 H33 N
Cpd 67: C19 H41 N O2	6,224	315,3137		C19 H41 N O2
Cpd 68: C21 H28 O3	6,485	328,2039		C21 H28 O3
Cpd 69: ACTG toxin A	6,602	348,2304	ACTG toxin A	C21 H32 O4
Cpd 70: C18 H33 N O	7,005	279,2562		C18 H33 N O
Cpd 71: C18 H33 N O	7,102	279,2562		C18 H33 N O
Cpd 72: C18 H33 N O	7,251	279,2561		C18 H33 N O
Cpd 74: C18 H33 N O2	7,374	295,2514		C18 H33 N O2
Cpd 75: C18 H33 N O2	7,485	295,2511		C18 H33 N O2
Cpd 76: C24 H48 N6 O7	7,489	532,3585		C24 H48 N6 O7
Cpd 77: C22 H44 N6 O6	7,511	488,3325		C22 H44 N6 O6
Cpd 78: C22 H46 O7	7,531	422,324		C22 H46 O7
Cpd 79: C20 H42 O6	7,548	378,298		C20 H42 O6
Cpd 80: C18 H38 O5	7,564	334,272		C18 H38 O5
Cpd 81: C18 H35 N O2	7,675	297,2668		C18 H35 N O2
Cpd 82: C18 H33 N O	7,734	279,2556		C18 H33 N O
Cpd 83: C26 H50 N6 O8	7,83	574,3689		C26 H50 N6 O8
Cpd 84: C24 H46 N6 O7	7,854	530,3426		C24 H46 N6 O7
Cpd 85: C22 H42 N6 O6	7,877	486,3165		C22 H42 N6 O6
Cpd 86: C20 H38 N6 O5	7,894	442,2906		C20 H38 N6 O5
Cpd 87: C14 H29 N O	7,903	227,2257		C14 H29 N O

Annexe 3.3.7. Composition biochimique de la fraction 'h' issu de l'extrait brut de l'isolat C1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: C6 H15 N O3	0,637	149,1054		C6 H15 N O3
Cpd 2: C10 H9 N O	0,674	159,0684		C10 H9 N O
Cpd 4: C10 H9 N O	0,891	159,0683		C10 H9 N O
Cpd 5: C13 H20 N4 O4	3,695	296,1482		C13 H20 N4 O4
Cpd 6: C11 H14 N10 O2	3,701	318,1298		C11 H14 N10 O2
Cpd 7: C12 H22 O9	3,77	310,1265		C12 H22 O9
Cpd 8: C15 H26 N4 O4	3,881	326,1953		C15 H26 N4 O4
Cpd 9: C15 H24 N4 O5	4,012	340,1741		C15 H24 N4 O5
Cpd 10: C13 H26 N6 O2 S2	4,017	362,1562		C13 H26 N6 O2 S2
Cpd 11: C15 H27 N5 O5	4,018	357,2007		C15 H27 N5 O5
Cpd 13: C17 H33 N5 O5	4,103	387,2477		C17 H33 N5 O5
Cpd 14: C16 H34 O9	4,11	370,221		C16 H34 O9
Cpd 15: C17 H28 N4 O6	4,16	384,2004		C17 H28 N4 O6
Cpd 16: C17 H31 N5 O6	4,164	401,2274		C17 H31 N5 O6
Cpd 17: C13 H28 O7	4,175	296,1834		C13 H28 O7
Cpd 18: C18 H38 O10	4,223	414,2471		C18 H38 O10
Cpd 19: C18 H36 O11	4,264	428,226		C18 H36 O11
Cpd 21: C11 H18 N2 O2	4,414	210,1362		C11 H18 N2 O2
Cpd 22: C17 H36 O9	4,415	384,2351		C17 H36 O9
Cpd 25: C24 H50 O13	4,445	546,3255		C24 H50 O13
Cpd 26: C25 H44 N4 O10	4,478	560,3051		C25 H44 N4 O10
Cpd 27: C17 H28 N14	4,5	428,2619		C17 H28 N14
Cpd 28: C26 H54 O14	4,502	590,3518		C26 H54 O14
Cpd 30: C22 H34 N14 O5	4,509	574,2835		C22 H34 N14 O5
Cpd 31: C27 H48 N4 O11	4,536	604,3321		C27 H48 N4 O11
Cpd 32: C29 H54 N4 O11	4,552	634,3792		C29 H54 N4 O11
Cpd 33: C24 H38 N14 O6	4,567	618,3102		C24 H38 N14 O6

Annexes

Cpd 34: C21 H44 O11	4,571	472,2889		C21 H44 O11
Cpd 35: C28 H56 O16	4,587	648,3579		C28 H56 O16
Cpd 36: C31 H58 N4 O12	4,599	678,4055		C31 H58 N4 O12
Cpd 37: C16 H22 N14	4,606	410,2153		C16 H22 N14
Cpd 38: C26 H42 N14 O7	4,619	662,3364		C26 H42 N14 O7
Cpd 39: C23 H48 O12	4,633	516,3148		C23 H48 O12
Cpd 40: C30 H60 O17	4,633	692,3836		C30 H60 O17
Cpd 41: C32 H66 O17	4,644	722,4311		C32 H66 O17
Cpd 42: C28 H46 N14 O8	4,666	706,3624		C28 H46 N14 O8
Cpd 43: C32 H64 O18	4,674	736,4098		C32 H64 O18
Cpd 44: C26 H54 N24 O2 S	4,683	766,4583		C26 H54 N24 O2 S
Cpd 45: C25 H52 O13	4,688	560,3414		C25 H52 O13
Cpd 46: C20 H38 O11	4,695	454,242		C20 H38 O11
Cpd 47: C25 H56 N20 O7 S	4,715	780,4361		C25 H56 N20 O7 S
Cpd 48: C36 H74 O19	4,721	810,483		C36 H74 O19
Cpd 49: C27 H56 O14	4,737	604,3673		C27 H56 O14
Cpd 50: C37 H68 N4 O16	4,751	824,4629		C37 H68 N4 O16
Cpd 51: C32 H62 N20 O8	4,757	854,5055		C32 H62 N20 O8
Cpd 52: C20 H30 N14 O2	4,768	498,2679		C20 H30 N14 O2
Cpd 53: C27 H51 N15 O5	4,783	665,42		C27 H51 N15 O5
Cpd 54: SMTP-7	4,787	868,4894	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 55: C41 H76 N4 O18	4,819	912,5152		C41 H76 N4 O18
Cpd 56: C22 H34 N14 O3	4,831	542,2944		C22 H34 N14 O3
Cpd 57: C41 H68 N18 O9	4,849	956,5413		C41 H68 N18 O9
Cpd 59: C43 H75 N19 O10	4,878	1017,5946		C43 H75 N19 O10
Cpd 60: C44 H83 N15 O15	4,904	1061,62		C44 H83 N15 O15
Cpd 61: C31 H45 N9 O3 S	5,129	623,3365		C31 H45 N9 O3 S
Cpd 62: Tenuazonic acid	5,481	197,1052	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 63: C17 H37 N O2	5,75	287,2827		C17 H37 N O2
Cpd 64: C17 H37 N O2	5,828	287,2834		C17 H37 N O2
Cpd 65: C17 H37 N O2	5,905	287,2829		C17 H37 N O2
Cpd 66: C15 H33 N	5,919	227,2615		C15 H33 N
Cpd 67: C15 H33 N	5,998	227,2613		C15 H33 N
Cpd 68: C15 H33 N	6,096	227,2613		C15 H33 N
Cpd 69: C19 H41 N O2	6,236	315,3139		C19 H41 N O2
Cpd 70: C23 H46 N10 O3	7,5	510,3764		C23 H46 N10 O3
Cpd 71: C24 H50 O8	7,521	466,3503		C24 H50 O8
Cpd 72: C22 H46 O7	7,54	422,3243		C22 H46 O7
Cpd 73: C20 H42 O6	7,558	378,2985		C20 H42 O6
Cpd 74: C18 H38 O5	7,574	334,2717		C18 H38 O5
Cpd 75: C26 H50 N6 O8	7,839	574,3688		C26 H50 N6 O8
Cpd 76: C24 H46 N6 O7	7,863	530,3426		C24 H46 N6 O7
Cpd 77: C22 H42 N6 O6	7,887	486,3165		C22 H42 N6 O6

Annexe 3.3.8. Composition biochimique de la fraction 'i' issu de l'extrait brut de l'isolat C1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 1: Decarestrictin N	0,686	216,0979	Decarestrictin N	C10 H16 O5
Cpd 2: C6 H10 N6 O4	0,695	230,0768		C6 H10 N6 O4
Cpd 3: C12 H27 N O8	3,68	313,1739		C12 H27 N O8
Cpd 4: C11 H14 N10 O2	3,685	318,1298		C11 H14 N10 O2
Cpd 6: C15 H26 N4 O4	3,865	326,1952		C15 H26 N4 O4

Annexes

Cpd 7: C14 H28 O9	3,914	340,1737		C14 H28 O9
Cpd 8: C15 H24 N4 O5	4,002	340,1745		C15 H24 N4 O5
Cpd 9: C14 H29 N O10	4,034	371,1792		C14 H29 N O10
Cpd 10: C17 H33 N5 O5	4,09	387,2476		C17 H33 N5 O5
Cpd 11: C16 H34 O9	4,097	370,2208		C16 H34 O9
Cpd 13: C17 H28 N4 O6	4,15	384,2004		C17 H28 N4 O6
Cpd 15: C18 H38 O10	4,21	414,247		C18 H38 O10
Cpd 16: C18 H36 O11	4,252	428,2264		C18 H36 O11
Cpd 17: C16 H22 N14 O2	4,271	442,2051		C16 H22 N14 O2
Cpd 18: C20 H42 O11	4,297	458,2733		C20 H42 O11
Cpd 19: C15 H32 O8	4,303	340,2096		C15 H32 O8
Cpd 20: C21 H36 N4 O8	4,334	472,2527		C21 H36 N4 O8
Cpd 21: C16 H18 N8	4,354	322,1647		C16 H18 N8
Cpd 22: C18 H26 N14 O3	4,357	486,2312		C18 H26 N14 O3
Cpd 24: C18 H40 O4 S2	4,403	384,236		C18 H40 O4 S2
Cpd 25: C23 H40 N4 O9	4,405	516,2794		C23 H40 N4 O9
Cpd 27: C24 H50 O13	4,433	546,3258		C24 H50 O13
Cpd 28: C25 H44 N4 O10	4,467	560,3054		C25 H44 N4 O10
Cpd 29: C17 H28 N14	4,488	428,2622		C17 H28 N14
Cpd 30: C17 H26 N4 O5	4,488	366,1901		C17 H26 N4 O5
Cpd 31: C27 H50 N4 O10	4,489	590,3522		C27 H50 N4 O10
Cpd 32: C22 H34 N14 O5	4,497	574,2835		C22 H34 N14 O5
Cpd 33: C26 H52 O15	4,524	604,3312		C26 H52 O15
Cpd 34: C29 H54 N4 O11	4,54	634,379		C29 H54 N4 O11
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,556	618,3101		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C21 H44 O11	4,558	472,2886		C21 H44 O11
Cpd 37: C28 H56 O16	4,575	648,3571		C28 H56 O16
Cpd 38: C31 H58 N4 O12	4,588	678,4048		C31 H58 N4 O12
Cpd 39: C16 H22 N14	4,593	410,2152		C16 H22 N14
Cpd 40: C26 H42 N14 O7	4,607	662,336		C26 H42 N14 O7
Cpd 41: C23 H48 O12	4,621	516,3147		C23 H48 O12
Cpd 42: C30 H60 O17	4,622	692,3832		C30 H60 O17
Cpd 43: C32 H66 O17	4,632	722,4302		C32 H66 O17
Cpd 44: C28 H46 N14 O8	4,654	706,3622		C28 H46 N14 O8
Cpd 45: C32 H64 O18	4,663	736,4095		C32 H64 O18
Cpd 46: C32 H58 N14 O8	4,671	766,4567		C32 H58 N14 O8
Cpd 47: C25 H52 O13	4,676	560,3406		C25 H52 O13
Cpd 48: C20 H38 O11	4,683	454,2414		C20 H38 O11
Cpd 50: C34 H68 O19	4,703	780,4358		C34 H68 O19
Cpd 51: C36 H74 O19	4,71	810,4826		C36 H74 O19
Cpd 53: C34 H60 N14 O10	4,74	824,4623		C34 H60 N14 O10
Cpd 55: C20 H33 N15 O2	4,755	515,2939		C20 H33 N15 O2
Cpd 56: C26 H55 N11 O9	4,771	665,4191		C26 H55 N11 O9
Cpd 57: SMTP-7	4,775	868,4881	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 58: C38 H68 N14 O12	4,807	912,5151		C38 H68 N14 O12
Cpd 61: C41 H71 N19 O9	4,837	973,5676		C41 H71 N19 O9
Cpd 62: C43 H75 N19 O10	4,866	1017,5941		C43 H75 N19 O10
Cpd 63: C42 H71 N29 O5	4,893	1061,6197		C42 H71 N29 O5
Cpd 67: Tenuazonic acid	5,469	197,1058	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 68: C17 H37 N O2	5,739	287,2825		C17 H37 N O2
Cpd 69: C17 H37 N O2	5,817	287,2832		C17 H37 N O2
Cpd 70: C17 H37 N O2	5,893	287,2827		C17 H37 N O2

Cpd 71: C15 H33 N	5,984	227,2614		C15 H33 N
Cpd 72: C15 H33 N	6,081	227,2608		C15 H33 N
Cpd 73: C19 H41 N O2	6,223	315,3137		C19 H41 N O2
Cpd 75: C21 H42 N10 O2	7,52	466,3499		C21 H42 N10 O2
Cpd 76: C19 H38 N10 O	7,539	422,3239		C19 H38 N10 O
Cpd 77: C17 H34 N10	7,557	378,2976		C17 H34 N10
Cpd 78: C18 H38 O5	7,573	334,2715		C18 H38 O5
Cpd 79: C23 H42 N16 O2	7,841	574,3685		C23 H42 N16 O2
Cpd 80: C24 H46 N6 O7	7,865	530,3426		C24 H46 N6 O7
Cpd 81: C18 H31 N O	7,868	277,2403		C18 H31 N O
Cpd 82: C22 H42 N6 O6	7,888	486,3162		C22 H42 N6 O6
Cpd 83: C20 H38 N6 O5	7,907	442,2899		C20 H38 N6 O5

Annexe 3.3.9. Composition biochimique de la fraction 'j' issu de l'extrait brut de l'isolat C1.

Composants	TR	Masses	Noms	Formules
Cpd 2: C6 H10 N6 O4	0,701	230,0766		C6 H10 N6 O4
Cpd 3: C13 H20 N4 O4	3,696	296,1481		C13 H20 N4 O4
Cpd 4: C11 H14 N10 O2	3,702	318,1298		C11 H14 N10 O2
Cpd 6: C15 H26 N4 O4	3,883	326,1952		C15 H26 N4 O4
Cpd 7: C15 H24 N4 O5	4,017	340,1745		C15 H24 N4 O5
Cpd 8: C15 H27 N5 O5	4,02	357,2011		C15 H27 N5 O5
Cpd 9: C15 H29 N5 O4	4,037	343,221		C15 H29 N5 O4
Cpd 11: C16 H34 O9	4,11	370,221		C16 H34 O9
Cpd 12: C17 H28 N4 O6	4,162	384,2003		C17 H28 N4 O6
Cpd 13: C17 H31 N5 O6	4,166	401,2273		C17 H31 N5 O6
Cpd 14: C13 H28 O7	4,177	296,183		C13 H28 O7
Cpd 15: C18 H38 O10	4,226	414,2473		C18 H38 O10
Cpd 16: C19 H32 N4 O7	4,267	428,2268		C19 H32 N4 O7
Cpd 17: C16 H22 N14 O2	4,284	442,2052		C16 H22 N14 O2
Cpd 18: C21 H38 N4 O7	4,312	458,2738		C21 H38 N4 O7
Cpd 19: C15 H32 O8	4,319	340,2096		C15 H32 O8
Cpd 20: C21 H36 N4 O8	4,349	472,2528		C21 H36 N4 O8
Cpd 21: C15 H22 N4 O4	4,369	322,1643		C15 H22 N4 O4
Cpd 22: C18 H26 N14 O3	4,372	486,2313		C18 H26 N14 O3
Cpd 24: C18 H40 O4 S2	4,418	384,2362		C18 H40 O4 S2
Cpd 25: C23 H40 N4 O9	4,419	516,2794		C23 H40 N4 O9
Cpd 27: C25 H46 N4 O9	4,448	546,3265		C25 H46 N4 O9
Cpd 28: C25 H44 N4 O10	4,482	560,3057		C25 H44 N4 O10
Cpd 29: C15 H37 Cl N8 O4	4,503	428,2625		C15 H37 Cl N8 O4
Cpd 30: C27 H50 N4 O10	4,504	590,3523		C27 H50 N4 O10
Cpd 32: C22 H34 N14 O5	4,513	574,284		C22 H34 N14 O5
Cpd 33: C27 H48 N4 O11	4,538	604,3327		C27 H48 N4 O11
Cpd 34: C29 H54 N4 O11	4,554	634,3794		C29 H54 N4 O11
Cpd 35: C24 H38 N14 O6	4,57	618,3101		C24 H38 N14 O6
Cpd 36: C19 H32 N14 O	4,573	472,2885		C19 H32 N14 O
Cpd 37: C28 H56 O16	4,589	648,3577		C28 H56 O16
Cpd 38: C31 H58 N4 O12	4,602	678,4051		C31 H58 N4 O12
Cpd 39: C16 H22 N14	4,608	410,2152		C16 H22 N14
Cpd 40: C26 H42 N14 O7	4,622	662,3361		C26 H42 N14 O7
Cpd 41: C30 H60 O17	4,635	692,3838		C30 H60 O17
Cpd 42: C23 H48 O12	4,635	516,315		C23 H48 O12

Annexes

Cpd 43: C33 H62 N4 O13	4,645	722,432		C33 H62 N4 O13
Cpd 44: C28 H46 N14 O8	4,668	706,3626		C28 H46 N14 O8
Cpd 45: C32 H64 O18	4,676	736,4094		C32 H64 O18
Cpd 46: C34 H70 O18	4,685	766,4562		C34 H70 O18
Cpd 47: C22 H44 N10 O7	4,69	560,3403		C22 H44 N10 O7
Cpd 48: C20 H38 O11	4,698	454,2417		C20 H38 O11
Cpd 49: C34 H68 O19	4,717	780,4362		C34 H68 O19
Cpd 50: C36 H74 O19	4,723	810,4828		C36 H74 O19
Cpd 51: C25 H44 N14 O4	4,74	604,3673		C25 H44 N14 O4
Cpd 52: C36 H72 O20	4,753	824,4627		C36 H72 O20
Cpd 54: C20 H30 N14 O2	4,771	498,2677		C20 H30 N14 O2
Cpd 55: C27 H51 N15 O5	4,785	665,4194		C27 H51 N15 O5
Cpd 56: SMTP-7	4,788	868,489	SMTP-7	C51 H68 N2 O10
Cpd 57: C41 H76 N4 O18	4,82	912,5151		C41 H76 N4 O18
Cpd 59: C40 H72 N14 O13	4,851	956,5404		C40 H72 N14 O13
Cpd 60: C43 H72 N18 O10	4,879	1000,5673		C43 H72 N18 O10
Cpd 61: C45 H79 N19 O11	4,905	1061,6197		C45 H79 N19 O11
Cpd 62: C31 H45 N9 O3 S	5,131	623,3362		C31 H45 N9 O3 S
Cpd 64: Tenuazonic acid	5,48	197,1059	Tenuazonic acid	C10 H15 N O3
Cpd 65: C17 H37 N O2	5,751	287,2827		C17 H37 N O2
Cpd 66: C17 H37 N O2	5,827	287,2832		C17 H37 N O2
Cpd 67: C17 H37 N O2	5,902	287,2827		C17 H37 N O2
Cpd 68: C15 H33 N	5,994	227,2614		C15 H33 N
Cpd 69: C15 H33 N	6,093	227,2611		C15 H33 N
Cpd 70: C19 H41 N O2	6,233	315,3137		C19 H41 N O2
Cpd 72: C22 H44 N6 O6	7,515	488,3321		C22 H44 N6 O6
Cpd 73: C19 H38 N10 O	7,535	422,3237		C19 H38 N10 O
Cpd 74: C20 H42 O6	7,553	378,2977		C20 H42 O6
Cpd 75: C18 H38 O5	7,567	334,2719		C18 H38 O5
Cpd 76: C24 H46 N6 O7	7,858	530,3426		C24 H46 N6 O7
Cpd 77: C22 H42 N6 O6	7,881	486,3166		C22 H42 N6 O6
Cpd 78: C20 H38 N6 O5	7,898	442,2904		C20 H38 N6 O5

Résumé

Des prospections ont été faites au niveau de la station expérimentale et la ferme centrale de l'ENSA, ainsi qu'au niveau de la station expérimentale de l'ITGC de Oued Semar à Alger afin de détecter les maladies dominantes sévissant sur trois des adventices des plus redoutables en Algérie, à savoir *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus*, *Convolvulus arvensis*. Plusieurs symptômes de maladies ont été observés sur des feuilles attaquées des trois adventices, à savoir des taches nécrotiques, du feutrage blanc sur la face supérieure et des pustules blanches et rouges. Néanmoins, le symptôme le plus dominant est celui des taches nécrotiques, avec une incidence approximative de 70 % et une sévérité d'attaque allant de 50 à 70 %. Notre choix s'est porté sur le symptôme des taches nécrotiques en raison de sa prédominance. Au total, 15 isolats ont été obtenus et soumis à des tests de pathogénicité sur les feuilles détachées des trois adventices. Les trois isolats les plus agressifs ont été retenus (l'isolat 1 codé "X3", l'isolat 2 codé "S1" et l'isolat 3 codé "C1" isolés respectivement des feuilles de *X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis*). L'identification des trois isolats s'est basée sur les caractères morphologiques et les caractères moléculaires (ITS, rpb2 et gapdh). Les résultats obtenus ont montré que les trois isolats appartiennent tous à *Alternaria alternata* puisqu'ils présentent une analogie de 99 % avec la souche type CBS 916.96 de ce champignon déposée dans la banque de gènes NCBI. Il est à préciser que l'identification morphologique de l'isolat X3 répondait parfaitement à la description d'*A. tenuissima* que la classification actuelle rattache à *A. alternata*. D'après les résultats d'identification obtenus et les recherches bibliographiques y compris dans les bases de données sur les champignons infectant *X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis*, il s'agit d'un premier signalement d'*A. alternata* infectant naturellement *X. strumarium*, *S. oleraceus* et *C. arvensis* en Algérie. L'évaluation du potentiel mycoherbicide des trois isolats a été conduite *in-vitro*, *in-vivo* et *in-situ* par l'utilisation de leurs suspensions de spores et de leurs formulations liquides, à base de l'huile de colza, et solides, à base d'Alginate de Sodium. La formulation liquide s'est révélée la plus efficace parmi les traitements fongiques testés (des sévérités de maladie de 98,4-99,5 %, 80-98 % et 43-63 % respectivement ont été montrés sur les feuilles détachées des trois adventices et les feuilles des plantules de *X. strumarium* et *S. oleraceus* *in-vivo* et *in situ*). Son efficacité, néanmoins, ne dépassait pas celle de l'herbicide Mustang® même utilisé à 75 % de la dose recommandée. Par ailleurs, et dans l'ensemble, nous avons obtenu un contrôle partiel des deux adventices ; *X. strumarium* et *S. oleraceus*. La composition biochimique des filtrats de cultures des trois isolats d'*A. alternata* et des fractions de leurs extraits bruts a montré une grande hétérogénéité biochimique entre les trois isolats avec la présence remarquable de l'acide ténuazonique et *Stachybotrys microspora* triprenyl phenol-7 (SMTP-7). D'après les recherches bibliographiques, il s'avère que très probablement notre étude est la première à avoir trouvé que le *Stachybotrys microspora* triprenyl phenol-7 est produit par *A. alternata*. Cette hétérogénéité biochimique se traduit par la différence dans le nombre de fractions issues et par la présence de certains composés ne se trouvant que dans un filtrat de culture d'un isolat donné. L'essai sur les feuilles détachées des deux adventices ; *C. arvensis* et *S. oleraceus* avec les extraits bruts et certaines fractions issus des filtrats de cultures des deux isolats (C1 et S1) ont induit des symptômes (nécroses et chloroses) dont la sévérité pouvait aller jusqu'à la destruction totale des feuilles (100 %).

Mots clés : *Alternaria alternata*, *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus*, *Convolvulus arvensis* et mycoherbicide.

Abstract

Surveys were carried out at the ENSA experimental station and central farm, as well as at the ITGC experimental station of Oued Semar in Algiers in order to detect the dominant diseases affecting three of the most formidable weeds in Algeria, namely *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus*, *Convolvulus arvensis*. Several disease symptoms were observed on attacked leaves of the three weeds, namely necrotic spots, white felting on the upper surface and white and red pustules. Nevertheless, the most dominant symptom was necrotic spots, with an approximate incidence of 70 % and a severity of attack ranging from 50 to 70 %. We chose the necrotic spot symptom because of its predominance. A total of 15 isolates were obtained and tested for pathogenicity on the detached leaves of the three weeds. The three most aggressive isolates were selected (isolate 1 coded "X3", isolate 2 coded "S1" and isolate 3 coded "C1" isolated respectively from the leaves of *X. strumarium*, *S. oleraceus* and *C. arvensis*). The identification of the three isolates was based on morphological and molecular characters (ITS, rpb2 and gapdh). The results obtained showed that all three isolates belonged to *Alternaria alternata* since they presented a 99% analogy with the type strain CBS 916.96 of this fungus deposited in the NCBI gene bank. It should be noted that the morphological identification of isolate X3 perfectly matched the description of *A. tenuissima* that the current classification assigns to *A. alternata*. According to the identification results obtained and the bibliographical research including databases on fungi infecting *X. strumarium*, *S. oleraceus* and *C. arvensis*, this is a first report of *A. alternata* naturally infecting *X. strumarium*, *S. oleraceus* and *C. arvensis* in Algeria. The evaluation of the mycoherbicidal potential of the three isolates was conducted *in-vitro*, *in-vivo* and *in-situ* using their spore suspensions and their liquid formulations, based on rapeseed oil, and solid formulations, based on Sodium Alginate. The liquid formulation proved to be the most effective among the fungal treatments tested (disease severities of 98.4-99.5%, 80-98% and 43-63% respectively were shown on the detached leaves of the three weeds and the leaves of *X. strumarium* and *S. oleraceus* seedlings *in-vivo* and *in-situ*). Its efficacy, however, did not exceed that of Mustang® herbicide even when used at 75% of the recommended rate. On the other hand, and overall, we obtained partial control of both weeds; *X. strumarium* and *S. oleraceus*. The biochemical composition of the culture filtrates of the three isolates of *A. alternata* and the fractions of their crude extracts showed great biochemical heterogeneity among the three isolates with the remarkable presence of tenuazonic acid and *Stachybotrys microspora* triphenyl phenol-7 (SMTP-7). Based on the literature search, it appears that our study is most probably the first to have found that *Stachybotrys microspora* triphenyl phenol-7 is produced by *A. alternata*. This biochemical heterogeneity is reflected in the difference in the number of fractions produced and in the presence of certain compounds that are only found in a culture filtrate of a given isolate. The test on the detached leaves of the two weeds ; *C. arvensis* and *S. oleraceus* with the crude extracts and certain fractions from the culture filtrates of the two isolates (C1 and S1) induced symptoms (necrosis and chlorosis) whose severity could go up to total destruction of the leaves (100%).

Mots clés : *Alternaria alternata*, *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus*, *Convolvulus arvensis* et mycoherbicide.

ملخص

ينقسم العمل المُعد في إطار أطروحة الدكتوراه هذه إلى مقدمة عامة وأربعة فصول: يتعلق الفصل الأول بالبيانات الحديثة عن الأعشاب الضارة الثلاثة المدروسة (*Xanthium strumarium* L. و *Sonchus oleraceus* L. و *Convolvulus arvensis* L.) والفطر *Alternaria alternata* (Fries.) Kiessler. يتضمن الفصل الثاني التعريف المورفولوجي والجزيئي للعزلات الثلاثة من *A. alternata*. يتعلق الفصل الثالث بتقييم قوة تأثير مبيدات الأعشاب لمحلول الأبواغ للعزلات الفطرية الثلاثة لـ *A. alternata* وتركيباتها وكذلك تأثير مبيدات الأعشاب Mustang® بتركيز مخفض على الأنواع الأربعة للأعشاب الضارة. يتناول الفصل الرابع والأخير تقييم قدرة المبيدات للمستخلصات الخام وأجزاء العزلات الفطرية الثلاثة فيما يتعلق بـ *X. strumarium* و *S. oleraceus* و *C. arvensis*. أخيراً، يلخص الاستنتاج العام جوهر النتائج ويعرض وجهات النظر لمزيد من الأبحاث. تم إجراء عمليات مسح في المحطة التجريبية والمزرعة المركزية لـ ENSA، وكذلك على مستوى المحطة التجريبية ITGC في واد السمار بالجزائر العاصمة من أجل الكشف عن الأمراض السائدة المنتشرة على ثلاثة أنواع من الأعشاب الضارة الأكثر شيوعاً في الجزائر، وهي *X. strumarium* و *S. oleraceus* و *C. arvensis*. وقد لوحظت العديد من الأعراض المرضية على الأوراق التالفة للأعشاب الثلاثة، وهي بقع نخريه، غبار أبيض على السطح العلوي، وبثور بيضاء وحمر. ومع ذلك، فإن أكثر الأعراض انتشاراً هو البقع النخرية، حيث تبلغ نسبة حدوثها تقريباً 70٪ وتتراوح شدة الإصابة من 50 إلى 70٪. وقع اختيارنا على أعراض البقع النخرية بسبب غلبتها. تم الحصول على 15 عزلة واختبار قابليتها لتسبب لأمراض على الأوراق المنفصلة للأعشاب الضارة الثلاثة. تم اختيار العزلات الثلاثة الأكثر شدة (عزل 1 مشفر "X3"، عزل 2 مشفر "S1" وعزل 3 مشفر "C1" معزول على التوالي من أوراق *X. strumarium*، *S. oleraceus* و *C. arvensis*). استند التعرف على العزلات الثلاثة إلى الصفات المورفولوجية والجزيئية (ITS، *gapdh*، *rpb2*). أظهرت النتائج المتحصل عليها أن العزلات الثلاثة تنتمي جميعها إلى *A. alternata* حيث أن لها تشابه 99٪ مع سلالة النوع CBS 916.96 من هذا الفطر المسجل في بنك الجينات NCBI. تجدر الإشارة إلى أن التعريف المورفولوجي لعزل X3 يتوافق تماماً مع وصف *A. tenuissima* بينما التصنيف الحالي يتعلق بـ *A. alternata*. بناءً على نتائج التعريف التي تم الحصول عليها بالاستناد على البحث البيولوجي بما في ذلك قواعد البيانات عن الفطريات التي تصيب *X. strumarium* و *S. oleraceus* و *C. arvensis*، إن هذا هو التقرير الأول لـ *A. alternata* التي تصيب بشكل طبيعي *X. strumarium* و *S. oleraceus* و *C. arvensis* في الجزائر. تم إجراء تقييم قوة تأثير مبيد الفطريات للعزلات الثلاثة في المختبر (*in vitro*)، وداخل الجسم الحي (*in vivo*) وفي الموقع (*in situ*) باستخدام محلول الأبواغ وتركيباتها السائلة، المرتكز على زيت بذور السلجم، والمواد الصلبة، على أساس ألبيانات الصوديوم. وجد أن التركيبة السائلة هي الأكثر فاعلية بين التركيبات الفطرية المختبرة (شدة المرض 98.4-99.5٪، 80-98٪ و 43-63٪ على التوالي على الأوراق للأعشاب الضارة الثلاثة. وأوراق نباتات: *X. strumarium* و *S. oleraceus* في الجسم الحي (*in vivo*) وفي الموقع (*in situ*). ومع ذلك، لم تتجاوز فعاليته فعالية مبيد الأعشاب Mustang® حتى عند استخدامه بنسبة 75٪ من المعدل الموصى به. بالإضافة إلى ذلك، وعلى العموم، حصلنا على سيطرة جزئية على الأعشاب الضارة التالية: *X. strumarium* et *S. oleraceus*. أظهر التركيب الكيميائي الحيوي لمرشح المنتج للعزلات الثلاثة من *A. alternata* وأجزاء من مستخلصاتها الخام تبايناً كيميائياً كبيراً بين العزلات الثلاثة مع وجود ملحوظ لحمض *tenuazonique* و *Stachybotrys microspora* (7-SMTP) (*microspora triphenyl phenol-7*). استناداً إلى البحث البيولوجي، يبدو أن دراستنا على الأرجح هي الأولى التي وجدت أن *Stachybotrys microspora triphenyl phenol-7* تم إنتاجه بواسطة *A. alternata*. ينعكس عدم التجانس الكيميائي الحيوي هذا في الاختلاف في عدد الأجزاء المنتجة وفي وجود مركبات معينة موجودة فقط في ترشيح منتج لعزلة معينة. الاختبار على الأوراق المنفصلة للعشبتين؛ *C. arvensis* و *S. oleraceus* مع المستخلصات الخام وأجزاء معينة تم الحصول عليها من ترشيح منتج للعزلتين (C1 و IS) يسببان الأعراض (النخر والاصفرار)، والتي يمكن أن تصل شدتها إلى التدمير الكامل لـ الأوراق (100٪).

الكلمات المفتاحية: *Convolvulus - Sonchus oleraceus L- Xanthium strumarium L - Alternaria alternata*
arvensis L – المبيد الفطري للأعشاب الضارة