

POTENTIEL ALLÉLOPATHIQUE DE BIOPRODUITS FORMULÉS À BASE D'HUILES ESSENTIELLES DE *PISTACIA LENTISCUS* (L., 1753) ET DE *CUPRESSUS ARIZONICA* (GREENE, 1882)

MOUSSAOUI Kamel^{1,2*}, BOUCHERF Abdelhamid², ZEKKARI Islam², VERDEGUER SANCHO Mercedes³ et DJAZOULI Zahr-Eddine²

1. Doctorant cotutelle UPV Universitat Politècnica Valencia Spain
2. Université Saad Dahleb de Blida 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales, B.P. 270, route de Soumaa Blida, Algérie.
3. Departamento de Ecosistemas Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural Universitat Politècnica de Valencia Camino de Vera s/n, 46200 Valencia, Spain.

Reçu le 29/10/2017, Révisé le 11/12/2017, Accepté le 31/12/2017

Résumé

Description du sujet: Le désherbage des cultures maraîchères représente une activité consommant beaucoup de temps et d'argent en agriculture biologique. Les composés naturels présents dans certaines plantes pourraient être mis à profit avec succès comme bioherbicides.

Objectif: L'étude a pour but d'évaluer le potentiel allélopathique des bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* (L., 1753) et de *Cupressus arizonica* (Greene, 1882), en termes de réduction et/ou blocage de la capacité germinative des plantes adventices dans les conditions naturelles. L'efficacité temporelle des bioherbicides formulés a été estimée par l'évaluation des taux de germinations du réservoir adventice d'une jachère non travaillée.

Méthodes: L'huile essentielle est extraite par hydrodistillation à partir de feuilles de *P. lentiscus* et de *C. arizonica*. Après formulation, trois doses ont été préconisées (dose faible D1=0,1g/l., dose moyenne D2=0,2g/l. et dose forte D3=0,3g/l.), par pulvérisation sur un sol non travaillé. Les traitements ont été comparés à un témoin (formulation sans matière active) dans le but de mettre en évidence la capacité de la formulation à sécuriser et optimiser l'activité allélopathique des huiles essentielles testées.

Résultats: Les résultats ont montré que les différentes concentrations des deux bioherbicides ont un effet très significatif sur le taux de germination des adventices par comparaison au témoin. L'effet allélopathique a enregistré une gradation temporelle positive suivant la concentration du principe actif D1<D2<D3. Cependant, en revanche, le bioherbicide formulé à base d'huile essentielle de *Cupressus arizonica* s'avère plus efficace à l'encontre de la capacité germinative des adventices par rapport au bioherbicide formulé à base d'huile essentielle de *Pistacia lentiscus*.

Conclusion: La formulation a permis la sécurisation du principe actif et la réduction des doses sans réduire l'activité allélopathique des bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *P. lentiscus* et de *C. arizonica*.

Mots clés: Adventices, Bioformulation, Taux de germination, Huile essentielle, Bioherbicide

POTENTIAL ALLÉLOPATHIQUE OF BIOPRODUCTS FORMULATED WITH ESSENTIAL OIL OF *PISTACIA LENTISCUS* (L., 1753) AND OF *CUPRESSUS ARIZONICA* (GREENE, 1882)

Abstract

Description of the subject: The weeding of truck farmings represents an activity consuming a lot of time and of money in organic farming. The compounds which are present in some plants could be successfully used as bioherbicide.

Objective: The study aims at estimating the allélopathique potential of bioproducts formulated with essential oil of *Pistacia lentiscus* (L., 1753) and of *Cupressus arizonica* (Greene, 1882), in term of reduction and/or blocking of the germinal capacity of adventitious plants in condition natural. The temporal efficiency of formulated bioherbicide was estimated by the evaluation of the rates of seedings of the adventitious reservoir of a not worked fallow.

Methods: The essential oil is of extracted by hydrodistillation from leaves of *P. lentiscus*, and *C. arizonica*. After formulation, three doses were recommended (low dose D1=0.1g/l. Dose averages D2=0.2g/l. and strong dose D3=0.3g/l.), by pulverizing on a not cultivated ground. Treatments were compared with a witness (formulation without active ingredient) with the aim of highlighting the capacity of the formulation to preserve and to optimize the allélopathique activity of the tested essential oil.

Results: The results showed that the various concentrations of both bioherbicide have a very significant effect on the rate of seeding of the adventitious ones as compared to the witness. The effect allélopathique recorded a temporal positive gradation according to the concentration of the active ingredient D1<D2<D3. However, on the other hand, the bioproduct formulated with essential oil of *C. arizonica* more turns out to be effective against the germinal capacity of the adventitious ones with regard to the bioherbicide formulated with essential oil *P.lentiscus*.

Conclusion: The formulation allowed to preserve the efficiency of the active ingredient and the reduction of doses without reducing the allélopathique activity of the bioproducts formulated with essential oil of *P. lentiscus*., of *C. arizonica*.

Keywords: Keywords: adventitious, bioformulation, Rate of seeding, essential oil, Bioherbicial

* Auteur correspondant: MOUSSAOUI Kamel, E-mail: kamou@upvnet.upv.es

INTRODUCTION

Le phénomène de compétition entre les mauvaises herbes et les cultures interviennent également dans les pertes de rendement [1]. La présence de ces mauvaises herbes affecte le rendement de l'ordre de 20 à 30 %. Ceci entraîne un déficit monétaire très important surtout dans les cultures céréalières [2]. Les contraintes environnementales des systèmes de production végétale ont stimulé l'intérêt pour d'autres stratégies de gestion des mauvaises herbes. En fait, l'utilisation continue d'herbicides synthétiques peut menacer la production agricole durable et a entraîné de graves problèmes écologiques et environnementaux, tels que l'augmentation de la résistance des adventices aux herbicides et une pollution environnementale accrue [3]. Plusieurs espèces végétales synthétisent des molécules capables d'inhiber la germination et la croissance des plantes [4 ; 5]. Ce phénomène nommé allélopathie offre des perspectives prometteuses pour la gestion des mauvaises herbes. L'allélopathie peut être directe, par la culture des plantes vivantes, ou indirecte par le dégagement de produits lors de la décomposition des plantes. Les composés naturels présents dans certaines plantes pourraient être mis à profit avec succès comme bioherbicides [6].

Le potentiel d'utilisation de l'allélopathie dans la gestion des mauvaises herbes a été bien documenté [7]. Dans des conditions appropriées, les composés allélochimiques peuvent être libérés en quantité inhibant le développement des mauvaises herbes [8]. L'inhibition allélopathique résulte typiquement de l'action combinée d'un groupe de composés allélochimiques qui interfèrent avec plusieurs interactions biochimiques parmi les plantes, y compris celles qui sont médiées par les microorganismes du sol. Les plantes aromatiques, connues pour être riches en principes actifs, peuvent jouer un rôle important dans les interactions plante-plante et constituer une source primaire d'allélochimiques potentiels [9]. Une variété de composés allélochimiques ont été identifiés, y compris les huiles essentielles qui inhibent la germination des graines et la croissance des plantes [6 ; 10]. En particulier, de nombreuses espèces libèrent des monoterpènes phytotoxiques qui entravent le développement d'espèces herbacées.

Plusieurs espèces produisent des huiles essentielles contenant des composés pouvant agir comme des herbicides naturels [11]. Plusieurs espèces produisent des huiles essentielles contenant des composés pouvant agir comme des herbicides naturels. Cette étude propose une nouvelle stratégie de désherbage en utilisant l'effet allélopathique. Nous présentons les potentialités allélopathiques de bioherbicides formulés à base d'huiles essentielles de la Cupressaceae *Cupressus arizonica* (Greene, 1882) et de l'Anacardiaceae *Pistacia lentiscus* (L., 1753)

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel végétal

Les feuilles de l'Anacardiaceae *Pistacia lentiscus* (L., 1753) et de la Cupressaceae *Cupressus arizonica* (Greene, 1882), ont été prélevées durant la saison hivernale coïncidant avec la phase d'avant floraison, respectivement de la région de Sidi Rached (pleine sublittoral 36° 33' 45" N, 2° 31' 60" E) [12] et de la région de Saida (Haut plateaux 34°49'49" N, 0°09'06" E) [13]. Les échantillons ont été identifiés par référence au spécimen disponible dans l'herbier du Département de Botanique, de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (E.N.S.A.) El Harrach, Alger.

2. Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation

Deux cent grammes de feuilles fraîches de *Pistacia lentiscus* sont immergées dans 400 ml. d'eau distillée dans un alambic. Le mélange est porté à ébullition à température assez basse (< 100°C). Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un refroidisseur (réfrigérant) et l'huile essentielle se sépare par différence de densité. La durée d'extraction est de 3h et l'huile émergée est récupérée. La distillation est répétée 4 fois. Le volume global du distillat est estimé en (ml) est séparé par décantation par élimination de l'hydrolat. La même procédure a été réalisée pour les feuilles de *Cupressus arizonica* [14].

3- Formulation des bioproduits (bioherbicides)

L'activité allélopathique des huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* et de *Cupressus arizonica* a été optimisée par une préparation d'une formulation liquide.

La formulation a été conduite selon le protocole de Moussaoui *et al.* [15]. Il consiste en mélange d'un tensioactif et d'un co-tensioactif d'origine végétale respectivement avec l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* et de *Cupressus arizonica* comme principe actif [15].

Trois doses ont été respectivement préparées à savoir : dose faible (D1) contenant 0,1g de la formulation mère (10% huile essentielle + 90% (bioadjuvants et eau distillé)) diluée dans 1L d'eau courante, dose moyenne (D2) contenant 0,2g de la formulation mère (10% huile essentielle + 90% (bioadjuvants et eau)) diluée dans 1L d'eau courante et une dose forte (D3) composée de 0,3g de la formulation mère (10% huile essentielle + 90% (bioadjuvants et eau)) diluée aussi dans 1 L d'eau. Le témoin étant une formulation à blanc (sans matière active), dont les doses sont aux mêmes concentrations que celles des traités.

4. Dispositif expérimental

L'essai est réalisé en bloc aléatoire complet. Le dispositif expérimental est composé de 45 unités expérimentales relatives aux trois traitements du facteur principe actif (bioherbicide à base d'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* avec trois traitements D1, D2 et D3, bioherbicide à base d'huile essentielle de *Cupressus arizonica* avec trois traitements D1, D2 et D3 et le témoin avec trois traitements D1, D2 et D3) réalisés en cinq répétitions. L'application des bioherbicides a été réalisée par un pulvérisateur manuel à dos de 10 litres.

5. Application des traitements

Les bioessais sont réalisés dans une parcelle jamais travaillée au niveau de la station expérimentale de l'Université de Blida 1. Le dispositif expérimental est installé par traçage des unités expérimentales (25 cm × 25 cm). La distance séparant les unités expérimentales est de 1 mètre et l'effet bordure a été pris en considération lors des applications des traitements. Chaque unité expérimentale a été pulvérisée par 5 litre des doses appropriées de telles sortes que la quantité de bioproduit apportée permet d'humidifier le sol sur une profondeur de 10 cm.

6. Evaluation du taux de germination des adventices

Un suivi quotidien a été réalisé durant 16 jours, afin d'évaluer la capacité germinative du réservoir en plantes adventices des unités expérimentales. Le taux de germination a été évalué sans discrimination entre les espèces végétales poussant dans les unités expérimentales selon les traitements apportés.

7. Analyses statistiques des données

Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%). La description statistique des tendances de la variation temporelle des taux de germination des plantes adventices sous l'effet des différentes doses des bioherbicides formulés a été établie par une présentation en BoxPlot. L'analyse a été conduite par le logiciel (PAST vers. 1.37) [16]. La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test ANOVA et le Test Newman-Keuls). Les contributions significatives et marginalement significatives retenues sont respectivement au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été réalisés par le logiciel SYSTAT vers. 12 [17].

RÉSULTATS

1. Fluctuation des taux de germination des adventices sous l'effet des bioherbicides à base d'huiles essentielles

L'activité allélopathique des huiles essentielles a été estimée dans les conditions naturelles par évaluation du taux de germination du réservoir des adventices dans une jachère non travaillée. La capacité germinative semble être tributaire de la qualité et de la concentration du principe actif de la formulation des bioherbicides (Fig. 1a et b). Les taux de germination enregistrent une gradation temporelle positive selon une loi linéaire avec la concentration des huiles essentielles. L'écart entre les profils temporels des taux de germination pour le témoin et les traités est relativement constant tant que la concentration du principe actif évolue selon une suite arithmétique à raison de 2.

La variation enregistrée au niveau des taux de germination sous l'effet des bioherbicides formulés à base d'huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* et de *Cupressus arizonica*, nous a permis de mettre en évidence que les

caractéristiques chémotypiques des huiles essentielles testées constituent un facteur limitant dans l'expression de l'activité allélopathique.

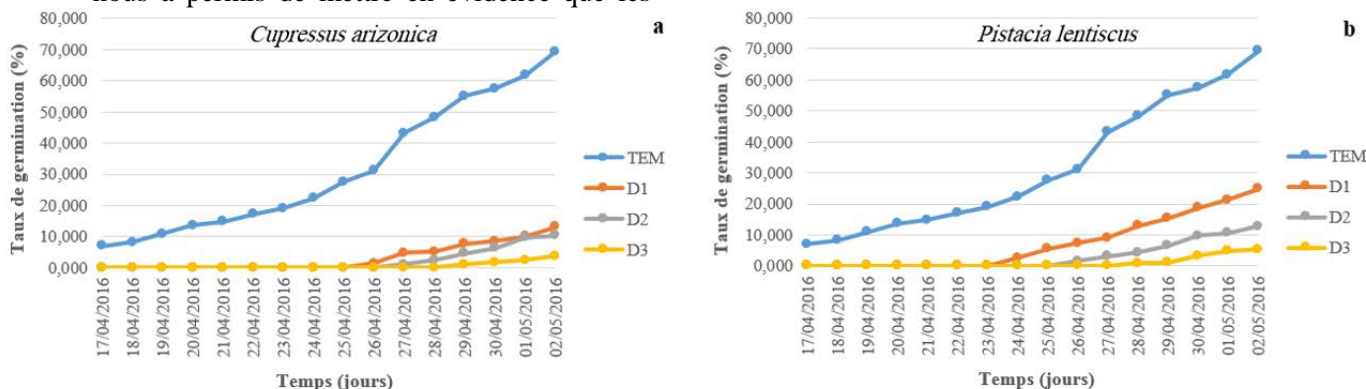


Figure 1 : Fluctuation temporelle des taux de germinations des adventices
TEM : Témoin, D1 : Dose faible (0,1g./l.), D2 : Dose moyenne (0,2g./l.), D3 : Dose forte (0,3g./l.)

2. Profil essentiel des taux de germination des adventices sous l'effet des bioherbicides à base d'huiles essentielles

L'examen détaillé des graphes en présentation graphique BoxPlot, nous a permis de résumer la variabilité des taux de germination des adventices de manière simple et visuel, d'identifier les valeurs extrêmes et de comprendre la répartition de l'effet allélopathique des huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* et de *Cupressus arizonica*. Pour établir la formulation potentiellement allélopathique, nous avons légendé statistiquement la série des observations issues de l'expérimentation. Pour ce fait, nous avons calculé les valeurs de médiane et des quartiles pour chaque traitement (Fig. 2a et b).

La même figure montre clairement que les différentes doses des bioherbicides ont une action plus importante sur le pouvoir germinatif des adventices par comparaison au témoin. Dans la majorité des cas, le potentiel allélopathique s'accroît avec la gradation positive de la concentration d'huile essentielle de *Cupressus arizonica* formulée et de l'huile essentielles de *Pistacia lentiscus* respectivement selon le gradient D1 ($Q_2=0$ et $Q_3=7,02$) < D2 ($Q_2=0$ et $Q_3=4,03$) < D3 ($Q_2=0$ et $Q_3=0,79$) (Fig. 2a) et D1 ($Q_2=4,05$ et $Q_3=14,69$) < D2 ($Q_2=0$ et $Q_3=5,97$) < D3 ($Q_2=0$ et $Q_3=1,01$) (Fig. 2b). Par ailleurs, le bioherbicide formulé à base d'huile essentielle de *Cupressus arizonica* aux différentes concentrations agit le plus efficacement par rapport au bioherbicide formulé à base de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* ((Fig. 2a et b).

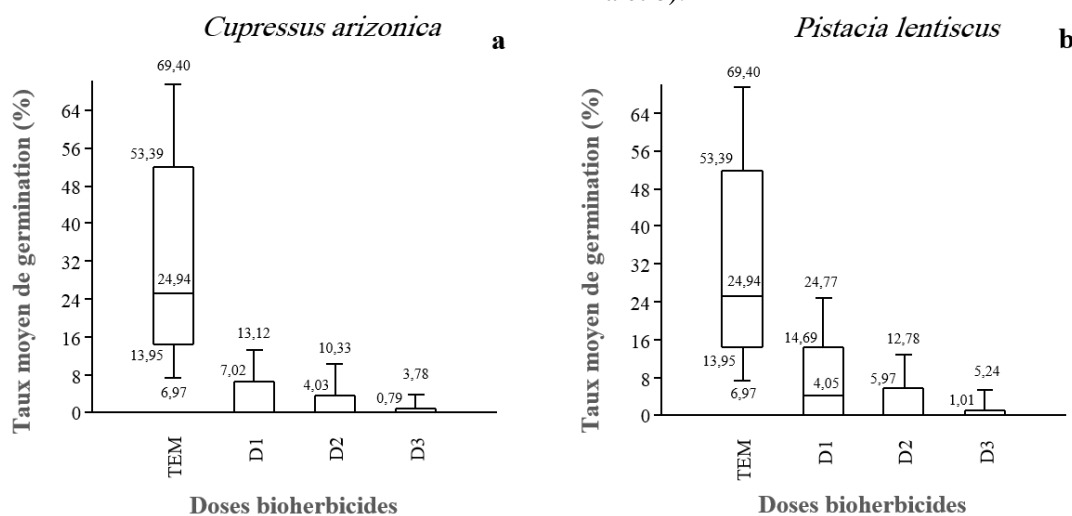


Figure 2 : Présentation statistique des taux de germination des adventices
TEM : Témoin, D1 : Dose faible (0,1g./l.), D2 : Dose moyenne (0,2g./l.), D3 : Dose forte (0,3g./l.)

3. Profil essentiel des taux de germination des adventices sous l'effet des bioherbicides à base d'huiles essentielles

Nous avons comparé l'effet allélopathique des huiles essentielles et des différentes doses, en mesurant les taux de germination des adventices (Tableau 1).

Tableau 1 : Variations des taux de germination des adventices à la dose selon la nature de l'huile essentielle

	<i>Cupressus arizonica</i>				<i>Pistacia lentiscus</i>			
	TEM	D1	D2	D3	TEM	D1	D2	D3
17-avr	6,978	0,000	0,000	0,000	6,978	0,000	0,000	0,000
18-avr	8,167	0,000	0,000	0,000	8,167	0,000	0,000	0,000
19-avr	10,887	0,000	0,000	0,000	10,887	0,000	0,000	0,000
20-avr	13,660	0,000	0,000	0,000	13,660	0,000	0,000	0,000
21-avr	14,859	0,000	0,000	0,000	14,859	0,000	0,000	0,000
22-avr	17,128	0,000	0,000	0,000	17,128	0,000	0,000	0,000
23-avr	19,085	0,000	0,000	0,000	19,085	0,000	0,000	0,000
24-avr	22,339	0,000	0,000	0,000	22,339	2,667	0,000	0,000
25-avr	27,547	0,000	0,000	0,000	27,547	5,437	0,000	0,000
26-avr	31,167	1,335	0,000	0,000	31,167	7,333	1,553	0,000
27-avr	43,207	4,769	1,110	0,000	43,207	9,113	3,121	0,000
28-avr	48,297	5,107	2,467	0,000	48,297	12,973	4,331	0,932
29-avr	55,093	7,667	4,557	1,055	55,093	15,270	6,518	1,038
30-avr	57,433	8,469	6,220	1,679	57,433	18,674	9,682	3,323
01-mai	61,773	10,027	9,679	2,335	61,773	21,232	10,660	4,776
02-mai	69,402	13,124	10,330	3,789	69,402	24,777	12,785	5,248
Moyenne±SE	31,69±4,25	3,16±0,61	2,15±0,10	0,55±0,02	31,69±3,25	7,34±1,17	3,04±0,11	0,96±0,04
p	5,98 × 10⁻¹²***				2,63 × 10⁻¹⁰***			
F	29,9				23,92			
Test Tukey	a	b	b	c	a	b	c	d

* : Significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** : Significative à 0,01%

TEM : Témoin, D1 : Dose faible (0,1g./l.), D2 : Dose moyenne (0,2g./l.), D3 : Dose forte (0,3g./l.)

Le taux de germination le plus précoce est observé au niveau des unités expérimentales témoins. Nous avons comparé aussi la manifestation de la germination des adventices au niveau des unités expérimentales traitées par les bioherbicides (formulés à base d'huiles essentielles de *Cupressus arizonica* de *Pistacia lentiscus*) par rapport au témoin pendant la même période. La lecture des résultats synthétisés dans le tableau 1, montre une accumulation de retard concernant la germination des adventices, plus marquée (1 à 3 jours) sous l'effet du bioherbicide formulé à base d'huile essentielle de *Cupressus arizonica* par comparaison bioherbicide formulé à base d'huile essentielle de *Pistacia lentiscus*.

Nous avons cherché par une ANOVA suivi du test de Tukey si le réservoir des adventices de la jachère non travaillée traitée par les bioherbicides diffère significativement selon le facteur type d'huiles essentielles et le facteur concentration de l'huile essentielle. L'analyse de variance à 2 facteurs (huiles essentielles et concentration de l'huile essentielle) montre que le bioherbicide formulé à base d'huile essentielle de *Cupressus arizonica* agit plus longtemps que le bioherbicide formulé à base d'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* (F=144,72, $p < 0,0001$). Par ailleurs, l'accroissement de la concentration des huiles essentielles a plus d'effet et induit des taux de germination plus faibles (Tableau 1). Enfin, la forte concentration D3 enregistre les taux de germination les plus faibles (Groupe homogène c et d).

4. Effet comparé des concentrations des huiles essentielles formulées sur le taux de germination des adventices

Dans un deuxième contexte, nous avons testé si le même effet allélopathique pouvait être obtenu avec les mêmes doses des deux huiles essentielles. Des comparaisons par paire ont été testées.

Sur les 3 concentrations testées, seule la dose forte D3 (0,3g/l.) (*Cupressus arizonica* et *Pistacia lentiscus*. a induit un effet non significatif sur le taux de germination des adventices (Fig. 3). Dans les mêmes conditions, la dose faible D1 (0,1g/l.) et la dose moyenne D2 (0,2g/l.), ont signalé un effet significatif sur le taux de germination des adventices en faveur de l'huile essentielle de *Cupressus arizonica* (Fig. 3).

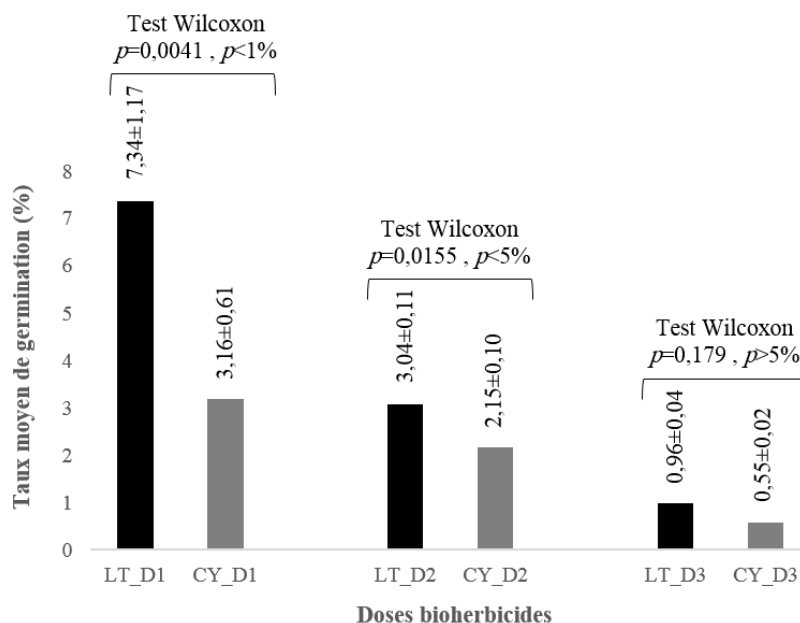


Figure 3 : Taux de germination des adventices par concentration des bioherbicides (Moyennes \pm SE).

LT : *Pistacia lentiscus*, CY : *Cupressus arizonica*, D1 : Dose faible (0,1g/l.),
D2 : Dose moyenne (0,2g/l.), D3 : Dose forte (0,3g/l.)

DISCUSSION

L'aspect d'étude qui a été consacré au pouvoir anti-germinatif de deux bioproduits à base d'huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* et de *Cupressus arizonica* va nous permettre de soulever certaines hypothèses relatives à l'utilisation de l'allélopathie comme moyen de gestion des adventices. Les résultats phares auxquels nous avons abouti vont être discuté en mettant en diapason d'une part, la variabilité des huiles essentielles dans l'expression de l'activité allélopathique, d'autres part, l'optimisation de l'effet allélopathique suivant l'effet dose des huiles essentielles.

En visualisant les taux de germination des adventices, les résultats montrent que les bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de différentes plantes étudiées agissent de manière différente sur la germination des adventices.

Les deux huiles essentielles ont démontré un potentiel de répression de la germination très intéressant. Cependant, l'effet dose est très visible. En effet, les résultats stipulent que le taux de germination le plus faible a été observé sous la dose faible D1. Par contre la dose forte D3, engage des réductions très significatives en termes de germination des adventices pareillement pour les bioherbicides formulés avec les huiles essentielles de *Pistacia lentiscus*, et de *Cupressus arizonica*. L'effet allélopathique des plantes aromatiques a été observé d'une manière très significative sur le bioherbicide à base de l'huile essentielle de *Cupressus arizonica*. En effet l'inhibition de la germination des plantes adventices a été observée sous l'effet des bioherbicides formulés par les huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* et de *Cupressus arizonica* dont les premières levées ont été observées après le septième jour du traitement et la période d'inhibition peut atteindre une durée de quinze jours.

En se basant sur les résultats obtenus, nous estimons que nos conclusions concordent avec les travaux déjà effectués ou en cours d'exécution, est admis que dans les conditions naturelles, la germination des graines est un processus biochimique et physiologique où dès le premier contact de la graine avec le stimulus exogène (eau), une enzyme amylase est synthétisée et sécrétée afin de dégrader l'amidon (albumines) pour fournir à l'embryon l'énergie nécessaire à la germination [18]. Une fois sécrété, la croissance embryonnaire amorcée et intervient par la suite par un autre processus physiologique où les acteurs sont les hormones de croissance végétale dont l'auxine [19]. De ce fait, la capacité d'inhiber la germination des graines est un processus complexe, plusieurs hypothèses peuvent être posées dont la capacité de certaines molécules qui se trouvent dans les huiles essentielles à inhiber l'action de l'enzyme amylase ou bien d'occuper leurs sites membranaires, ou bien à l'action mimétique ou antagoniste de ces molécules vis-à-vis des hormones de croissances ou à l'inhibition de leurs actions tissulaires [20]. Certains métabolites secondaires des végétaux influent sur la germination ou la croissance des plantes par des mécanismes multiples. Selon Fernando *et al.* [21], certains monoterpènes oxygénés ont montré une forte activité inhibitrice sur la germination et l'allongement radiculaire du radis : Il est bien connu que ces composés ont des effets phytotoxiques qui peuvent causer des changements anatomiques et physiologiques dans les plantules : réduisant certains organites tels que les mitochondries, l'accumulation des globules lipidiques dans le cytoplasme, peut être due à l'inhibition de la synthèse de l'ADN ou la rupture des membranes.

Plusieurs études montrent l'action inhibitrice des diverses substances et plantes. L'inhibition de la germination par les terpènes varie considérablement, de même que les sensibilités des différentes espèces. En général, les espèces avec des graines plus grandes (maïs, le soja et le concombre) présentent une plus grande tolérance aux composés par rapport aux espèces à petites graines [22]. Amri *et al.* [23], ont démontré que *Cupressus arizonica* a inhibé la germination et la croissance des semis de *Lolium perenne* L. et *Poa pratensis* L., provoquant des changements anatomiques sur les graines et une modification de la structure de la plante.

Zeghada [24], rapporte que certaines plantes présentent un effet inhibiteur sur la germination comme *T. articulata* (espèces dont l'effet est le plus fort), *G. alypum*, *P. lentiscus* et *R. pentapylla* et aussi sur les grains de *Lactus sativa* et de *Rhaphanus sativus*.

Des propriétés allélopathiques ont été enregistrées chez le pin d'Alep même si celles-ci sont nuancées selon l'espèce cible, les doses utilisées et le mode d'extraction. Les potentialités allélopathiques observées sont plus marquées au niveau des jeunes pins. Comme les effets inhibiteurs sont variables selon les espèces cibles, la libération allélochimiques accompagnant la colonisation par le pin va participer à la transformation de la composition de la pelouse initiale au même titre que d'autres effets liés à sa présence [25]. Mauméne *et al.* [26], ont rapporté que l'origine des bioherbicides est très diverse. Il peut s'agir de substances issues de plantes, de micro-organismes, d'acides ou de produits alimentaires de base, tels que le vinaigre. Le principe d'action des bioherbicides se rapproche de l'allélopathie. Ainsi plusieurs hypothèses peuvent être posées dont la capacité de certaines molécules qui se trouve dans les huiles essentielles à des actions indésirables vis-à-vis de l'environnement, des espèces non cible et même pour l'homme. Certaines molécules contenues dans les huiles essentielles à l'image du limonène, du géraniol, de l'eugénol, de l'iso eugénol, du citral, du citronellol et des monoterpènes spécifiques en tant que structures mères [27]. L'activité bioherbicide des monoterpènes exige des conditions particulières. D'abord, les monoterpènes mère doivent posséder des sites réactifs qui permettent l'addition de substituants. Bien que l'Acinéole soit structurellement semblable à la cinméthylène, il manque des sites réactifs facilement accessibles auxquels les groupes substituants chimiques pourraient être fixé. En second lieu, l'activité et la sélectivité du composé ne doivent pas être perdues après modification chimique. Troisièmement, la modification doit permettre l'application facile sur le terrain et éviter les pertes dues à la volatilisation et/ou lixiviation avant l'absorption par l'espèce cible [22].

CONCLUSION

Les résultats des différentes expériences effectuées au cours de cette étude poussent à affirmer que les bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* et de *Cupressus arizonica* ont été assez efficaces pour entraver le processus de germination des adventices. En effet, il a été démontré sur champ que l'augmentation de la concentration des huiles essentielles dans les traitements a entraîné la diminution significative des taux de germination. De même, la forte dose des deux bioherbicides a agi très efficacement en réduisant pareillement la capacité germinative des adventices. Il semble donc que ce type de formulation permettra d'assurer une lutte optimale contre les adventices tout en diminuant l'épandage de matières actives de synthèse dans l'environnement et pourrait même retarder l'émergence des espèces végétales résistantes au traitement herbicide.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Le Bourgeois T. et Merlier H. (1995).** *Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne*. Ed. CIRAD-CA, 637 p.
- [2]. **Hussain, S S U., Siddiqui, S., Khalid, A., Jamal, A., Qayyum., and Z. Ahmad. (2007)** Allelopathic Potential of Senna (*Cassia Angustifolia* vahl.) on Germination and Seedling Characters of Some Major Cereal Crops and Their Associated Grassy Weeds. *Pakistan Journal of Botany* 39(4) :1145-1153.
- [3]. **Duhoux, A. (2011).** Caractérisation de la résistance non liée à la cible aux herbicides inhibiteurs de l'ACCase et de l'ALS chez le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides*). Master FAGE Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement Spécialité BIPE, Université de Nancy, France, p. 46
- [4]. **Chou, C.H. (1999).** Role of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture. *Critical Rev. in Plant Sciences* 18:609-636.
- [5]. **Bohren Ch. & Delabays N., (2005).** L'allélopathie: du laboratoire aux champs. Fachtagung zur Unkrautregulierung, Tagungsunterlagen, *Agroscope* FAL Reckenholz.
- [6]. **Dudai N., Lewinsohn E., Larkov O., Katzir I., Ravid U. and Putievsky E. (1999).** Dynamics of yield components and essential oil production in a commercial hybrid sage (*Salvia officinalis* x *fruticosa* var. "Newe Ya'ar No 4"). *J. Agr. Food Chem.* 47 (10) : 4341-4345.
- [7]. **Nelson, C.J. (1996).** Allelopathy in cropping systems. *Agron. J.* 88:991-996.
- [8]. **Wu, H., Haig, T., Pratley, J., Lemerle, D. and An, M. (2002).** Biochemical basis for wheat seedling allelopathy on the suppression of annual ryegrass (*Lolium rigidum*). *J. Agric. Food Chem.* 50:4567-4571.
- [9]. **Aliotta, G., Cafiero, G., De Feo, V. and Sacchi, R. (1994).** Potential allelochemicals from *Ruta graveolens* L. and their action on radish seeds. *J. Chem. Ecol.* 20:2761-2775.
- [10]. **Tworkoski, T. (2002).** Herbicide activity of essential oils. *Weed Sci.* 50:425-431.
- [11]. **Katz, D.A., Sneh, B. and Friedman J. (1987).** The allelopathic potential of *Coridothymus capitatus* L. (*Labiatae*): Preliminary studies on the roles of the shrub in the inhibition of annuals germination and/or to or to promote allelopathically active actinomycetes. *Plant Soil* 98:53-66.
- [12]. **Anonyme (2015).** DPSB de la wilaya annuaire 2014, ANDI 2013. <http://monographies.caci.dz>. Consulté le 23 octobre 2017
- [13]. **Anonyme (2015).** <http://www.saidadz.com>. Consulté le 23 octobre 2017
- [14]. **Stashenko E.E., Jaramillo B.E. and Martinez J.R., (2004).** Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant activity. *J.Chroma. A.,* 1025 : 93 – 103.
- [15]. **Moussaoui K., Ahmed Hadjlal O., Zitouni G. et Djazouli Z.E. (2014).** Estimation de la toxicité des huiles essentielles formulées de thym et d'eucalyptus et d'un produit de synthèse sur le parasite de l'abeille tellienne *Varroa destructor* (Arachnida, Varroidae) *Revue Agrobiologia* 4(1) :17-26

- [16]. **Hammer Øyvind, David A.T., Harper, and Paul D. Ryan. (2001).** Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, issue 1, art. 4: 9pp., 178kb. .
- [17]. **SPSS, Inc. (2016)** –SYSTAT 4.00 for windows, statistics and graphics
- [18]. **Regnault-R C., Philogene B JR. et Vincent CH. (2008).** *Bio pesticides d'origine végétale*. Ed. TEC&DOC, Paris : 546p
- [19]. **Lesuffleur F. (2007).** Rhizodéposition à court terme de l'azote et exsudation racinaire des acides aminés par le trèfle blanc (*Trifolium repense L.*). Thèse de doctorat En Physiologie, Biologie des Organismes, Populations, Interactions. Institut de Biologie Fondamentale et Appliquée (IBFA). Université de Caen, Basse-Normandie, France. 260 p.
- [20]. **Fenny P.P. (1976).** Plant appetency and chemical defense. *Recent Advances in Phytochemistry* 10: 1-40.
- [21]. **Fernando L., De Almeida R., Frei F., Mancini E., De Martino L. and De Feo V. (2010).** Phytotoxic Activities of Mediterranean Essential Oils. *Molecules*, 15(6), 4309-4323.
- [22]. **Steven F., Vaughn and Gayland F.S. (1993).** Volatile monoterpenes as potential parent for new herbicides. *Weed science*, 41: 114-119.
- [23]. **Amri I., Mancini E., De Martino L., Hamrouni L., Hanane M., Jamoussi B., Gargouri S., Sougnamigle M. and De feo V. (2014).** Chemical composition and biological activities of Tunisian *Cupressus arizonica* green essential oils. *Chemistry & Biodiversity*, 11(1): 150-160.
- [24]. **Zeghada F.Z. (2009).** Activité allélopathique et analyse phytochimique. Thèse en Biologie, Biochimie Végétal Appliqué, Faculté des Sciences, Université d'Oran Es-Sénia, Algérie, 102p.
- [25]. **Bonin G., Anne B.M., Benjamin L., Sebastien V., Solène N, et Catherine F. (2007).** Expansion du pin d'Alep. Rôle des processus allélopathique dans la dynamique successionnelle. *Forêt Méditerranéenne*, 28(3): 211-218.
- [26]. **Mauméne C., Ludovic B., Catherine V. et Lise G V. (2014).** Bio-herbicides, de futures solutions à l'interculture. *Perspective agricole*, 407 : 72-74.
- [27]. **Joualut S. (2012).** La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité. Thèse de doctorat en Pharmacie, Lorraine, France, 148p.