

POTENTIEL APHICIDE DE *Rosmarinus officinalis* SUR LE PUCERON DES CÉREALES *Rhopalosiphum maidis*

LAKHDARI Wassima^{1,2}, MEKHADMI Nour El-Houda³, DEHLIZ Abderrahmène¹, LEGSAIR Warda³, MLIK Randa¹, BENLAMOUDI Wiam¹, ACHEUK Fatma², HAMMI Hamida¹

¹Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, Touggourt, Algérie.

²Laboratoire de VALCORE, département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie, université de Boumerdes, Algérie.

³Département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie, université d'El Oued, Algérie

Résumé : L'utilisation des produits chimiques contre les insectes nuisibles est plus répandue dans le monde que les alternatives biologiques. Ce groupe de pesticides a montré des effets néfastes sur l'être humain et son environnement. La présente étude est une contribution à la création d'une méthode de lutte biologique contre le puceron des céréales *Rhopalosiphum maidis* par l'application des huiles essentielles extraites du romarin (*Rosmarinus officinalis*) collecté de trois régions d'Algérie (Tébessa, Constantine et El Oued). Afin de tester le pouvoir insecticide de cette plante contre les adultes de ce ravageur, trois concentrations (50µl, 100µl et 200µl) ont été testées. Les résultats révèlent que *R. officinalis* a un effet très important sur les individus de *R. maidis* car la mortalité, qui augmente en fonction du temps et de la concentration, a atteint 100% avec la 3^{ème} dose après 05 jours seulement. Outre, les échantillons de Tébessa semblent plus efficaces que ceux des autres localités car ce taux a été enregistré après 03 jours seulement.

Mots-clés : Lutte Biologique, huiles essentielles, *Rosmarinus officinalis*, *Rhopalosiphum maidis*.

APHICIDAL POTENTIAL OF *Rosmarinus officinalis* ON CEREALS' APHID *Rhopalosiphum maidis*

Abstract: The use of chemicals against crop pests is more popular, in the world, than organic alternatives. These pesticides have shown harmful effects on humans and their environment. The present study aims to contribute in the creation of a biological control method against the cereal aphid *Rhopalosiphum maidis* by the application of extracted essential oils from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) collected from three regions in Algeria (Tebessa, Constantine and El Wadi). In order to test the insecticidal potential of this plant against the adults of this pest, three concentrations (50µl, 100µl and 200µl) were tested. The results reveal that *R. officinalis* has a very important effect on the individuals of *R. maidis* because the mortality, which increases with time and concentration, reached 100% with the 3rd dose after only five days. Besides, the samples from Tebessa seem more efficient than those from other localities because this rate was recorded after only three days.

Keywords: Biological control, essential oils, *Rosmarinus officinalis*, *Rhopalosiphum maidis*.

Introduction

Les céréales détiennent la première place quant à l'occupation des terres agricoles parce qu'elles servent d'aliments de base pour une grande proportion de la population mondiale. En Algérie, tout comme en Afrique du nord, cette culture représente la principale spéculation et draine plusieurs activités de transformation en semoulerie, en boulangerie et en

industrie alimentaire. Elle constitue également la base de l'alimentation humaine et occupe une place privilégiée dans les habitudes alimentaires des populations aussi bien dans les milieux ruraux qu'urbains. En effet, la consommation individuelle en celle-ci est évaluée en 2000 à 205 Kg/ an en Tunisie, 219 Kg/an en Algérie et 240 Kg/an au Maroc [1]. Néanmoins, la céréaliculture est menacée par divers facteurs abiotiques

mais aussi biotiques comme les insectes qui en plus de leur action déprédatrice sont capables de transmettre des agents phytopathogènes aux plantes. D'après la FAO [2], les pertes dues à ces déprédateurs correspondent à 35% de la production mondiale en produits céréaliers. Les pucerons comptent parmi les ravageurs les plus dangereux des céréales [3] vue leur capacité de se reproduire et de se diffuser en un temps très réduit [4]. En plus, les espèces les plus répandues (*Rhopalosiphum padi*, *Rhopalosiphum maidis*, *Schizaphis graminum*) sont vectrices de plusieurs phytovirus [5]. Les insecticides conventionnels constituent à l'heure actuelle le moyen le plus pratiqué pour lutter contre les pucerons des céréales. Cependant, ces produits peuvent être nocifs pour la faune et la flore [6], ils provoquent la pollution de l'environnement [7] et la contamination de la chaîne alimentaire [8, 9]. Ces derniers ont également conduit à des mutations et à l'apparition de souches d'insectes résistantes aux molécules insecticides [10]. Les extraits des plantes ont été utilisés depuis des siècles pour la protection des cultures contre les infestations des insectes [11]. Plusieurs études [12, 14] ont montré que ces substances végétales présentent d'importantes propriétés qui leur permettent de s'inscrire dans les stratégies alternatives visant à limiter l'emploi des pesticides chimiques dans l'agriculture. Ces bio-pesticides sont considérés comme des produits à faible répercussion écologique et ils sont entièrement biodégradables [13]. Parmi ceux-ci, il existe les huiles essentielles qui malgré leur présence en faibles quantités dans les plantes ont montré leur efficacité pour éliminer divers ravageurs. L'Algérie, par sa situation géographique, offre une

végétation riche et diverse. Un grand nombre de plantes aromatiques y poussent spontanément [15] et l'intérêt donné à ces celles-ci n'a pas cessé de croître au cours des dernières années. Le romarin (*R. officinalis* L.) est une plante médicinale qui appartient à la famille des Lamiaceae. Il se distingue, du point de vue chimique, par ses substances phénoliques et phosphatées et ses matériaux à effets anti-inflammatoires qui lui confèrent des propriétés bio-insecticides [16].

L'objectif de ce travail est d'étudier les activités bio-insecticides et répulsives des huiles essentielles extraites de la partie aérienne du romarin sur le puceron vert des céréales (*R. maidis*).

Matériel et méthodes

Matériel végétal

La plante utilisée dans cette étude est le romarin (*Rosmarinus officinalis*). Les échantillons (Fig. 1), constitués de la partie aérienne (Tiges et feuilles), ont été récoltés tôt le matin durant les mois de décembre 2019 et février 2020 des régions d'Ibn Zied (wilaya de Constantine), Hammamet (wilaya de Tébessa) et Hassi Khalifa (wilaya d'El Oued).

Extraction des huiles essentielles

Les échantillons récoltés ont été laissés sécher à la température ambiante pendant 20 jours dans un endroit aéré, sec et ombragé [17]. Ceux-ci sont ensuite réduits en petits fragments pour faciliter l'extraction des huiles essentielles du romarin qui a été effectuée par l'hydrodistillation à l'aide d'un appareil de



Figure 1. Partie aérienne de *R. officianis* de Tébessa, Constantine et El Oued



Figure 2. Séchage des échantillons du romarin et extraction de ses huiles essentielles



Figure 3. Echantillonnage et élevage du puceron des céréales

type Clevenger (Fig. 2). Les substances obtenues ont été conservées à 04° C jusqu'à leur utilisation.

Le rendement en huiles essentielles des échantillons de chaque région a été déterminé par la formule d'AFNOR [18] :

$$\text{Rdt (\%)} = \text{V/M} \times 100$$

Où : V est la masse d'huile essentielle en gramme.

- M est la masse de la plante en gramme.

Matériel animal

Un élevage de *R. maidis* a été établi à la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt. Des individus de ce puceron ont été récoltés des parcelles d'orge et placés sur des fragments de talles de cette même céréale dans des boîtes de Pétri couvertes avec de la tulle de manière à assurer une bonne aération (Fig. 3). Les conditions d'élevage sont constituées d'une température de 25°C, une humidité de 70% et une photopériode de 16 h de lumière et 8 h d'obscurité.

Effet bio-insecticide des huiles essentielles

Trois concentrations (50 µl, 100 µl et 200 µl) d'huiles essentielles de *R. officinalis*, diluées dans 04 ml d'acétone, ont été préparées pour les différents tests. Le témoin a été constitué de l'acétone seulement. Les essais ont été effectués sur des formes aptères de *R. maidis*. Quinze (15) individus ont été placés sur des fragments de talles d'orge. Avant de recevoir les insectes, les feuilles ont été soigneusement nettoyées à l'eau distillée, trempées dans l'huile essentielle et laissées sécher pendant 20 minutes afin d'assurer l'évaporation du solvant. Cinq répétitions ont été utilisées pour chaque dose.

L'élevage de ces pucerons a été réalisé dans les conditions décrites précédemment.

Détermination des taux de mortalité

Les taux de mortalité parmi les pucerons soumis aux différentes doses des huiles essentielles du romarin ont été évalués après 24 heures du traitement. Une loupe binoculaire a été utilisée pour examiner les insectes et dénombrer les individus morts. La mortalité a été calculée et corrigée selon la formule d'Abbott [19] :

$$\text{Mc\%} = [(\text{M0\%} - \text{MT\%}) / (100 - \text{MT\%})] \times 100$$

Où : Mc% est la mortalité corrigée.

- M0% est la mortalité observée après traitement.

- MT% est la mortalité observée dans le témoin.

Détermination de la dose létale 50% (DL₅₀)

La dose létale pour 50% de la population d'insectes (DL₅₀) a été calculée par la méthode des probits [20]. Les pourcentages de mortalité sont transformés en probits, la régression du logarithme de la dose en fonction des probits des mortalités a permis de déterminer la DL₅₀ pour chaque dose des huiles essentielles.

Effet répulsif des huiles essentielles

L'effet répulsif des huiles essentielles du romarin vis-à-vis *R. maidis* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier [21]. Des disques de papier filtre de 09 cm de diamètre ont été découpés en deux parties égales, l'une a été traitée avec les huiles essentielles, en utilisant trois doses (2 µL, 4 µL et 12 µL), et l'autre avec l'acétone seulement. Après 20 minutes de séchage à l'air libre, les deux moitiés des disques ont été

ressoudées au moyen d'une bande adhésive et placés dans une boîte de Pétri. Trois répétitions, chacune contenant 15 individus de *R. maidis*, ont été réalisées. Le nombre d'insectes sur chaque côté a été dénombré après 2 heures du traitement. Le taux de répulsion (PR%) a été obtenu par la formule suivante :

$$PR (\%) = [(Nc - Nt)] / [(Nc + Nt)] \times 100$$

Où : Nc est le nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec l'acétone uniquement.

- Nt est le nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec la solution huileuse.

Analyses statistiques

Les données obtenues dans la présente étude ont été traitées à l'aide du logiciel statistique SPSS (v.20). L'effet insecticide des huiles essentielles a été démontré par la comparaison des moyennes en utilisant le test de Kruskal-Wallis alors que le test de Friedman a servi pour examiner l'effet des huiles essentielles en fonction du temps.

Résultats

Rendement du romarin en huiles essentielles

L'extraction a permis d'obtenir une substance d'une couleur jaune-clair avec une odeur camphrée. Quant au rendement du romarin en huiles essentielles, celui-ci diffère selon l'origine de la plante. En effet, le taux le plus important a été obtenu avec les échantillons de Tébessa où une valeur de 1,5% a été enregistrée suivie par 0,6% pour ceux de Constantine et 0,4% pour ceux d'El Oued.

Effet insecticide des huiles essentielles du romarin

Les taux de mortalité des pucerons traités par les huiles essentielles du romarin collecté de Tébessa, Constantine et El Oued sont représentés dans la figure 4.

Les huiles essentielles du romarin collecté de la région de Tébessa présentent un important effet insecticide contre le puceron des céréales (Fig. 04). En effet, après 48h du traitement, un taux de mortalité de 55,6% a été enregistré par les doses 01 et 02 et 66,7% par la dose 03. Après, les valeurs augmentent avec le temps. La mortalité totale (100 %) des insectes a été notée après 72 h pour la dose 03, 120 h pour la dose 02 et 144 h pour la dose 01. La mortalité enregistrée dans le témoin n'a pas dépassé 13,33 % à la fin de l'expérimentation.

Après 72 h seulement du traitement, les huiles essentielles du romarin de la région de Constantine ont enregistré des mortalités de 82,22%, 93,33% et 97,78% pour les doses D1, D2 et D3 respectivement. La mortalité totale (100 %) des pucerons a été notée après 96 h pour les doses 02 et 03 et 144 h pour la dose 01 (Fig. 5). La mortalité enregistrée dans le témoin n'a pas dépassé 15,55 % à la fin de l'expérimentation.

Les huiles essentielles des échantillons de la région d'El Oued ont permis d'enregistrer des taux de mortalité de 68,9%, 73,3% et 93,3% pour les doses D1, D2 et D3 respectivement (Fig. 6). La mortalité totale des pucerons a été notée après 96 h pour la dose 03 et 144 h pour les doses 01 et 02. La mortalité enregistrée dans le témoin n'a pas dépassé 15,56 % à la fin de l'expérimentation. D'une manière générale, les huiles essentielles de Constantine ont enregistré le taux de mortalité le plus élevé (1^{ère} et la 2^{ème} concentration ; Fig. 7) et celles d'El Oued le taux le plus faible (3^{ème} concentration).

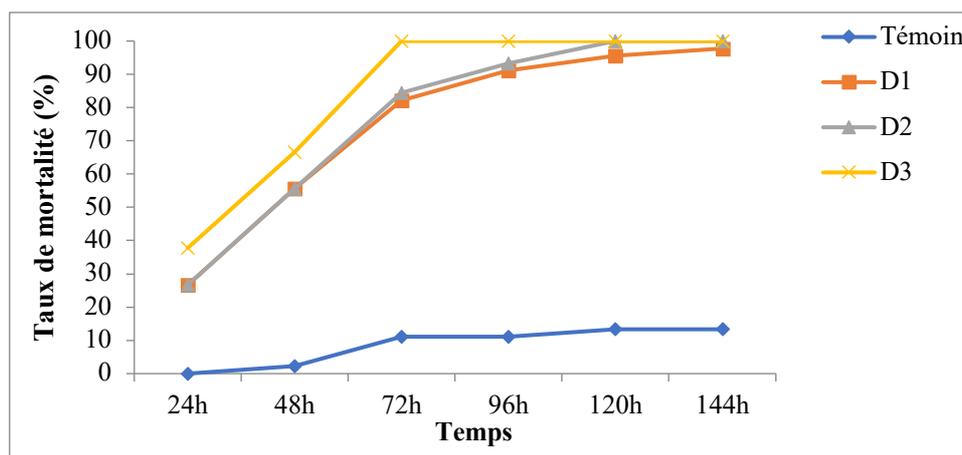


Figure 4. Effet insecticide des huiles essentielles du romarin de Tébessa sur *R. maidis*

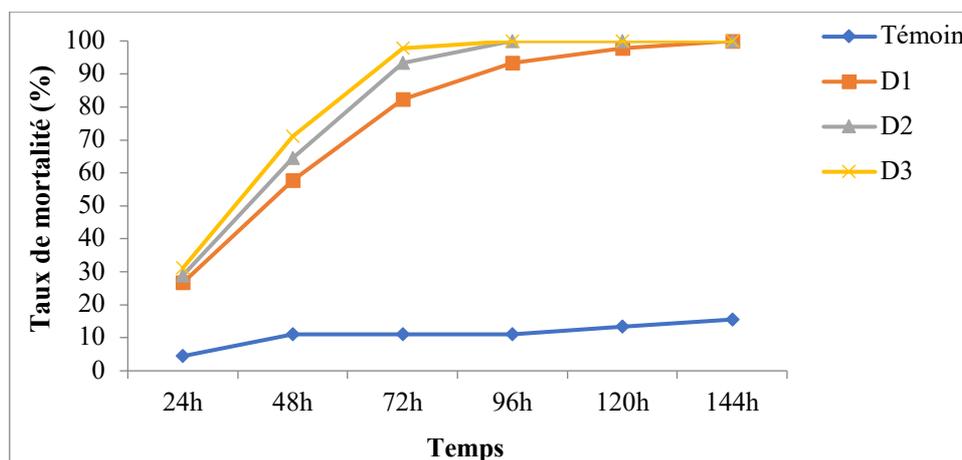


Figure 5. Effet insecticide des huiles essentielles du romarin de Constantine sur *R. maidis*

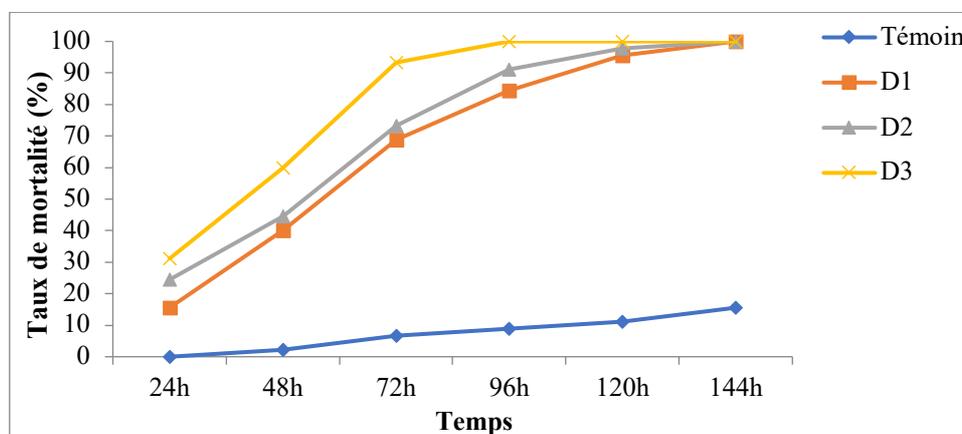


Figure 6. Effet insecticide des huiles essentielles du romarin d'El Oued sur *R. maidis*

Les analyses statistiques confirment la différence très hautement significative entre les mortalités de Tébessa ($p = 0,00008$), Constantine ($p = 0,0001$) et El Oued ($p = 0,005$) (Fig. 7).

Détermination de la DL_{50}

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que la dose létale enregistrée avec les huiles essentielles de Tébessa est de $12,5\mu\text{l}$, celle de Constantine est de $191,04\mu\text{l}$ et celle d'El Oued est de $7,95\mu\text{l}$ (Fig. 8).

Effet répulsif des huiles essentielles du romarin

Les résultats obtenus montrent que les huiles essentielles du romarin des trois régions ont un effet répulsif sur les adultes de *R. maidis*. En effet, des taux de répulsion variant entre 33,3% et 68,9% ont été enregistrés par les échantillons de Tébessa, de 42,3% à 55,6% par ceux de Constantine et de 43,3% et 73,3% par ceux d'El Oued (Fig. 9).

Les analyses statistiques confirment qu'il existe une différence hautement significative entre les taux de répulsion des huiles de Tébessa ($p = 0.001$) et celles de Constantine ($p = 0.003$) et très hautement significative ($p = 0.000$) entre celle d'El Oued. Ces résultats permettent de noter que les huiles essentielles du romarin des trois régions (Tébessa, Constantine et El Oued) ont des propriétés répulsives contre le puceron des céréales *R. maidis*.

Discussions

La présente expérimentation montre que le romarin collecté de la région de Tébessa est le plus riche en huiles essentielles car il a donné un rendement de 1,5%, suivi par celui de Constantine avec 0,6% et celui

d'El Oued avec 0,4%. Les résultats de cette étude sont très proches de ceux obtenus par d'autres auteurs. En effet, [22] et [23] ont noté des rendements entre 1,2% et 1,5%, [24] a enregistré un chiffre de 1,6% avec le romarin de Tébessa et [25] a obtenu 1,8% avec le romarin de Bechar alors que [26] a signalé un rendement variant entre 0,33% et 0,35% avec des échantillons d'Alger. La différence entre les taux de rendements obtenus dans chaque étude peut être liée à la méthode et aux conditions d'extraction au laboratoire. Aussi, l'origine géographique de la plante, les facteurs écologiques notamment climatiques (la température et l'humidité) de la région d'étude, la conservation de l'espèce végétale, le stade de croissance et la période d'échantillonnage peuvent également avoir un effet sur le rendement en huiles essentielles [27, 28, 29].

Pour ce qui concerne l'activité insecticide, les résultats obtenus montrent que les huiles essentielles du romarin collecté des trois régions ont un potentiel toxique important contre les adultes du puceron des céréales *R. maidis*. Ces résultats sont cohérents à ceux notés par plusieurs auteurs. En effet, [30, 31, 32], considère que les huiles essentielles du romarin comme un répulsif puissant contre *Myzus persicae*. [33] ont testé les huiles essentielles de sept plantes contre *Brassicaceae Brevicorine*, celles de *R. officinalis* ont enregistré un taux de mortalité de 24%. [34] a enregistré un taux de mortalité de 50% en utilisant ces composés contre *Sitophilus oryzae*. [35] a noté une mortalité de 89,72% due à l'application de ces mêmes substances contre *Rhizopertha domicades*. D'après [36], les huiles essentielles du romarin

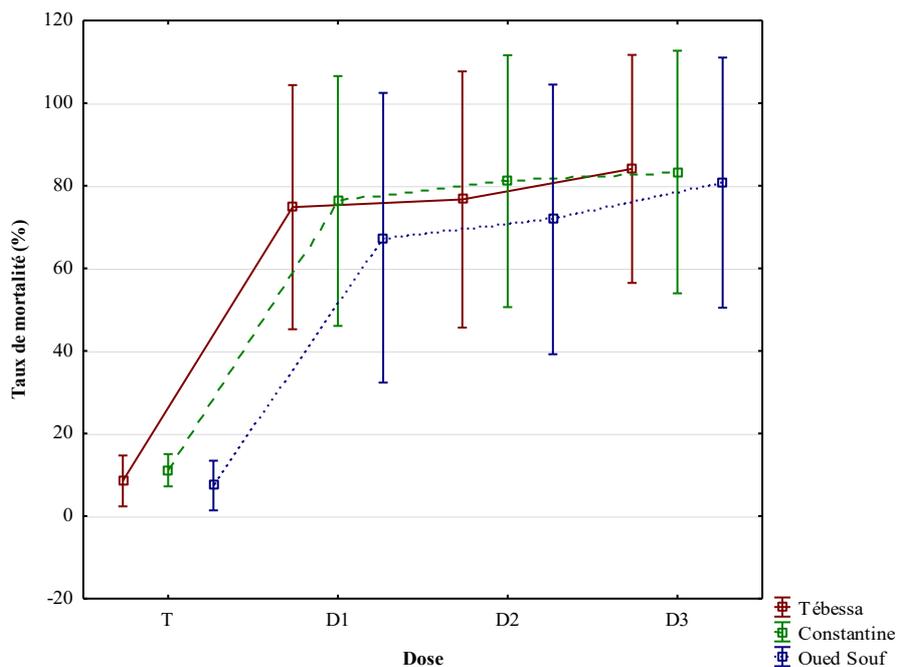


Figure 7. Taux de mortalité des pucerons en fonction des doses et de l'origine des huiles essentielles du romarin

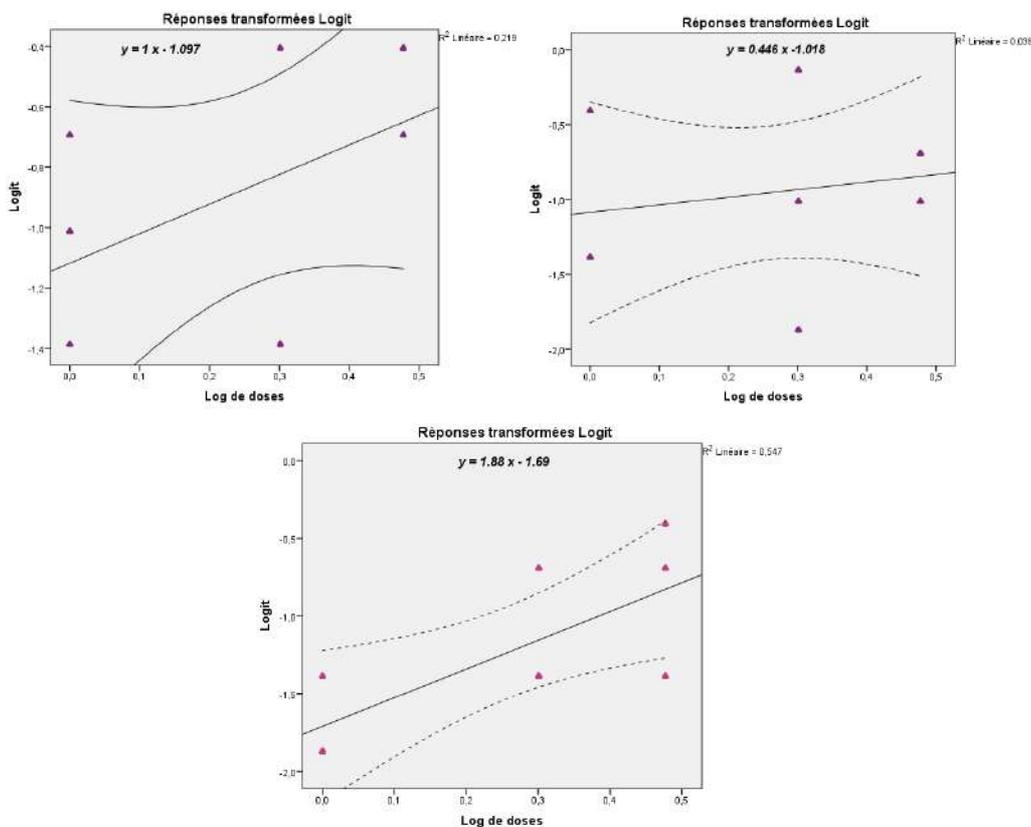


Figure 8. DL₅₀ des huiles essentielles du romarin employées contre le puceron des céréales *R. maidis*

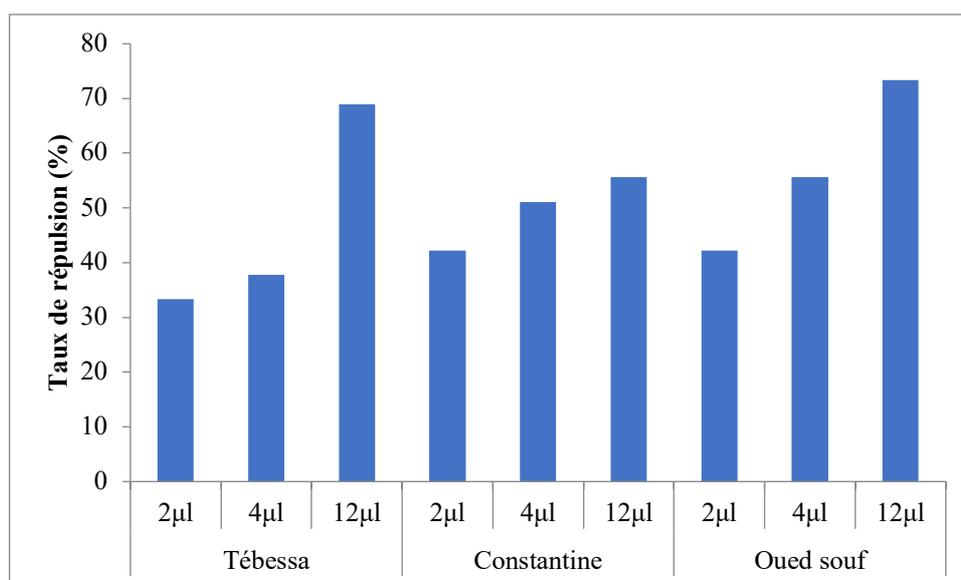


Figure 9. Taux de répulsion des huiles essentielles du romarin vis-à-vis le puceron des céréales *R. maidis* en fonction des doses et de l'origine des échantillons

induisent l'incapacité de se nourrir chez les pucerons.

Concernant les doses létales, nos résultats sont proches de ceux avancés par plusieurs auteurs. En effet, [37] ont noté que la DL_{50} des huiles essentielles du romarin essayées contre des pucerons a été de 19,9 µl/L, la DL_{90} a été de 27,6µl/L et la DL_{100} a été de 28,7µl/L. Dans une autre étude sur l'effet de ces mêmes substances sur *Sitophilus oryzae*, [38] ont noté que la DL_{50} a été de 3,6 µl/L alors que [39] ont enregistré une DL_{50} de 64,6 mg/L contre la pyrale *Cadra cautella*. D'après [40], la toxicité des huiles essentielles vis-à-vis les insectes est induite par l'action de leurs composés majoritaires. Ainsi, la forte toxicité des huiles essentielles de la région de Tébessa est peut-être due à sa richesse en molécules connues avec leurs importants potentiels insecticides tels que 1,8-Cineole, Sabinène, Camphène et Bornéol [24]. En fait, [41] ont confirmé que le composé chimique (1,8-Cineole) dominant dans l'essence de *R. officinalis* est le seul qui a montré un effet toxique contre *Tribolium castaneum*

et [42] confirme qu'une mortalité de 63 % dans une population de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) a été obtenue par l'emploi de ce composé tout seul. Ce dernier est connu d'agir sur les insectes en bloquant la synthèse de l'hormone juvénile en inhibant l'acétylcholinestérase et occupant le site hydrophobique de cet enzyme qui est très actif [43]. Néanmoins, d'autres composés des huiles essentielles du romarin peuvent contribuer à l'augmentation de la toxicité tels que linalool et cinnamaldéhyde qui ont démontré un effet très toxique contre *Rhopalosiphum padi* [44] et α -terpinéol, cinéole et limonène contre *Tribolium confusum* [45]. Aussi, des composés comme les monoterpénoïdes qui sont généralement volatiles et plutôt des composés lipophiles peuvent pénétrer dans les insectes rapidement et interférer avec leurs fonctions physiologiques des insectes [46, 47].

Conclusion

Les résultats de cette étude permettent de conclure que les huiles essentielles du romarin (*R. officinalis*) ont une importante activité insecticide sur le puceron des céréales (*R. maidis*). La mortalité des individus de ce dernier varie en fonction de la dose des substances, de la durée de l'exposition des insectes aux huiles essentielles mais également de l'origine de la plante. En effet, les substances issues des plantes des régions de Tébessa et de

Constantine semblent avoir une toxicité rapide et plus forte que celles d'El Oued. Les résultats forts intéressants obtenus dans ce travail nécessitent d'être approfondis par l'étude des composants chimiques actifs de ses huiles essentielles et de les tester sur d'autres espèces de pucerons en utilisant des concentrations appropriées qui agissent sur les insectes et qui seront moins nocifs pour la faune auxiliaire tels que les parasitoïdes et les prédateurs.

Références bibliographiques

- [1] Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M., Rezgui S. : *Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie)*. TIGC, INRA, ICARDA (Algérie). 2007. 176 p.
- [2] FAO. : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. 2014.
- [3] Blackman R.L., Eastop V.F.: *Aphids on the world's crops: An identification and information guide*, 2nd ed. Wiley Ltd. (Chichester). 2000. 466-476.
- [4] Blackman R.L., Eastop V.F.: *Taxonomic issues*. In: Van Emden H.F., Harrington R. (Eds). *Aphids as crop pests*. CABI (USA). 2007. 1-29.
- [5] Saint-Pierre C.A., Comeau A. : *Déploiement mondial de la résistance génétique des céréales au virus de la jaunisse nanisante de l'orge : Plantes vivrières tropicales*. Ed. Aupelf-Uree. John Libbey Eurotext (Paris). 1989. 107-117.
- [6] Foster S.P., Denholm I., Devonshire A.L.: Field-simulator studies of insecticide resistance to dimethylcarbamates and pyrethroids conferred by metabolic and target site-based mechanisms in peach-potato aphids, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Pest Manag. Sci.*; 2002; 58: 811-816.
- [7] Abbassi K., Mergaoui L., Kadiri Z., Stamboulit A. Etghaout S. : Activités biologiques des feuilles de peganum harmala (Zygophyllacea) En floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin. *Zool. Baetica*; 2005; 16: 31-46.
- [8] Abbassi K., Mergaoui L., Atay-Kadiri Z., Ghaout S., Stambouli A. : Activités biologiques des feuilles de *Peganum harmala* (Zygophyllacea) en floraison sur la mortalité et l'activité génésique chez le criquet pèlerin. *Zool. Baetica* ; 2005 ; 16: 31-46.
- [9] Senthil N., Savitha G., Geored K., Narmadha A., Suganya L., Chung P.G.: Efficacy Of *Melia Azedarach* L. Extract On The Malarial Vector *Anopheles stephensi*liston (Diptera:Culicidae). *Bioresource Technology*; 2006; 97: 1316–1323.
- [10] Plantegene M., Ralec A. : Lutter contre les pucerons en respectant l'environnement. *Biofuture* ; 2007 ; 279: 31-34.
- [11] Philogene B.J.R., Regnault-Roger C., Vincent C.: Biopesticides d'origine

- végétale bilan et perspectives, 2^{ème} ed. Ed. Lavoisier (Paris). 2008. 1-24.
- [12] Regnault-Roger C., Plantegenes M., Ralec A. : Lutter contre les pucerons en respectant l'environnement. *Biofuture*. ; 2008 ; 279: 31-34.
- [13] Glitho I.A., Ketoh K.G, Nuto P.Y., Amevoin S.K., Huignard I. : *Approches non toxiques et non polluantes pour le contrôle des populations d'insectes nuisibles en Afrique du centre et de l'ouest*. In Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., Vincent C. : *Biopesticides d'origine végétale*. 2^{ème} éd, Ed. Lavoisier (Paris). 2008. 207-217.
- [14] Arnason J.T, Durst T, Philogène B.J.R., Scott L.M. : *Prospection d'insecticides phytochimiques de plantes tempérées .et tropicales communes ou rares*. 2^{ème} éd. Ed. Lavoisier (Paris). 2008. 550p.
- [15] Benkiki N. : *Etude phytochimique des plantes médicinales algérienne. Ruta montana, Matricaria pubescens et Hypericum perfoliatum*. Thèse Doctorat, Université de Batna. 2006. 112p.
- [16] Benhamza L. : Effets biologiques de la petite centaurée *Erythraea centaurium* (L.) Pers. Thèse Doctorat, Université de Constantine. 2008. 266p.
- [17] Tieli B. : *L'herbier de santé*. 1^{ère} éd. Ed. VECCHI SAO (Paris). 1997. 206 p.
- [18] AFNOR. : *Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles »*. Ed. AFNOR (Paris). 1986. 57 p.
- [19] Abbott W.S.: A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Ecological Entomology*; 1925; (18): 265-267.
- [20] Finney D.J.: *Statistical method in biological assay*. 2nd ed. Ed. Griffin (London). 1971. 333p.
- [21] McDonald L.L., Guy R.H., Speirs R.D.: Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. *Agric. Res. Service*, 1970. 183 p.
- [22] Boutekedjir C., Bentahar F., Belebbes R., Bessiere J.M.: The Essential Oil from *Rosmarinus Officinalis* L. in Algeria. *Journal of Essential Oil Research*; 1998; 10: 680-683.
- [23] Sahraoui N., Hellal A., Boutekedjiret C., Bentahar F., Bessière J.M. : Antimicrobial activities of essential oil of some Algerian aromatic plants. *International Journal of essential Oil Therapeutics*; 2007; 1 : 83-90.
- [24] Boutabia L., Telailia S., Bouguetof I., Guenadil F., Chefrour A. : Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. de la région de Hammamet (Tébessa-Algérie). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* ; 2016 ; 85 : 174 - 189.
- [25] Makhloufi A. : *Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar(Matricaria pubescens (Desf.) et Rosmarinus officinalis L) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru*. Thèse Doctorat. Université de Tlemcen. 2002. 166p.
- [26] Bousbia N. : *Extraction des huiles essentielles riches et antioxydants à partir de production naturels et deco-produits agroalimentaires*. Thèse Doctorat, Université d'Avignon des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique. 2011. 150 p.
- [27] Regnault-Roger C.: The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews*; 1997; 2: 25–34.

- [28] Bruneton J. : *Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales*. 3^{ième} éd. Ed. Tec et Doc. 1999. 484-535.
- [29] Yesil Celiktas O., Hames Kocabas E.E., Bedir E., Vardar Sukan F., Ozek T., Baser K.H.C.: Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis*, depending on location and seasonal variations. *Food Chemistry*; 2007; 100: 553-559.
- [30] Hori M.: Repellency of rosemary oil against *Myzus persicae* in laboratory and in a screen house. *J Chem Ecol.*; 1998; 24(9): 1425-1432.
- [31] Hori M.: Antifeeding settling inhibitory and toxic activities of labiate essential oils against the green peach aphid, *M. persicae* (Sulzer). (Homoptera: Aphididae). *Appl Entomol Zool.*; 1999a; 34(1): 113-118.
- [32] Hori M.: The effects of rosemary and ginger oils on the alighting behavior of *M. persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) and the incidence of yellow spotted streak. *Japan Soc Appl Entomol Zool.*; 1999b; 34: 351-358.
- [33] Işık M., Görür G.: Aphidicidal activity of seven essential oils against the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera: Aphididae). *Mun. Ent. Zool.*; 2009; 4 (2): 424-431.
- [34] Benazzeddine S. : *Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de Sitophilus oryzae (Coleoptera ; Curculionidae) et Tribolium confusum (Coleoptera ;Tenebrionidae)*. Mém. Ing., E.N.S.A, Alger. 2010. 107p.
- [35] Elguedoui R. : *Extraction des huiles essentielles du Romarin et du Thym Comportement insecticide de ces deux huiles sur Rhyzopertha dorninica (Fabricus) (Coleoptera, bostrychidae)*. Mém. Ing., E.N.P. El-Harrach, Alger. 2003. 76 p.
- [36] Santana O., Fe Anderes M., Sanz J., Errahmani N., Abdeslam L., Gonsalez Coloma A. : Valorization of essential oils from Moroccan aromatic plants. *Natural Product. Jap Soc Appl Entom Zool*; 2014 ; 34: 351-358.
- [37] Attia. S., Chatti O., Lebdi-Grisaa K., Saadaoui S., Ben Halima M. : Laboratoire d'Entomologie-acarologie. Institut National Agronomique de Tunisie, 1082 Cité Mahrajène, Tunis, Tunisie. Laboratoire d'entomologie, Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, 4042 Chott Mariem, Université de Sousse, Tunisie. 2017.
- [38] Aurash R., Yazdgerdian Y.A., Murray B.I.: Insecticidal effects of essential oils against woolly beech aphid, *Phyllaphis fagi* (Homoptera: Aphididae) and rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of Entomology and Zoology Studies*; 2015; 3 (3): 265-271.
- [39] Sim M.J., Choi D.R., Ahn Y.J.: Vapor phase toxicity of plant essential oils to *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of economic entomology*; 2006; 99(2): 593-598.
- [40] Seri-Koussi B.P., Kank C., Aboua L.R.N., Bekon K.A., Glitho A.I., Koukoua G., Guessan, Y.T. : Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. *C. R. Chimie* ; 2004 ; 7: 1043-1046.
- [41] Tapondjou L.A., Bouda H., Fontem D.A., Zapfack L., Lontsi D., Lontsi Z., Benlabed K.: Comparative antibacterial activity of five Lamiaceae essential oils from Algeria. *The international J. of Aromatherapy*; 2005; 15:129-133.
- [42] Asawalam. E., Emosairue S., Hassanali A. : Contribution of different constituents to the toxicity of the essential oil constituents of *Vernonia amygdalina*

(Compositae) and *Xylopiya aetiopica* (Annonaceae) on maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera : Curculionidae). *African Journal of Biotechnology*; 2008; 7 (16): 2957-2962.

[43] Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J., Hassanali A.: Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. *Journal of Applied Entomology*; 1997; 121: 237-243.

[44] Hamraoui A., Regnault-Roger C. : Comparaison des activités insecticides des monoterpènes sur deux espèces d'insectes ravageurs des cultures *Ceratitis capitata* et *Rhopalosiphum padi*. *Acta Bot. Gallica* ; 1997 ;144 : 413-417.

[45] Prates H.T., Santos J.P., Waquil J.M., Fabris J.D., Oliveira A.B., Foster J.: Insecticidal activity of monoterpenes

against *Rhyzopertha dominica* (F) and *Tribolium castaneum* (H). *J*

[46] Lee S.E., Lee B.H., Choi W.S., Park B.S., Kim J.G., Campbell B.C.: Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L). *Pest Manag Sci.*; 2001; 57 (6): 548-553.

[47] Lee S.E.: Biochemical mechanisms conferring cross-resistance to fumigant toxicities of essential oils in a chlorpyrifos-methyl resistant strain of *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae). *Journal of Stored Products Research*; 2002; 38: 157-166.