

## POTENTIEL BIO-APHICIDE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE *PTERIDIUM AQUILINUM* LINNÉ ALGERIEN SUR *APHIS FABAE* (HEMIPTERA : APHIDIDAE)

BOUCHEKOUK Cheïmaâ<sup>1\*</sup>, KARA Fatima Zohra<sup>1</sup>, TAIL Ghania<sup>1</sup>, SAIDI Fairouz<sup>1</sup> et LAZAR Mohammed<sup>2</sup>

1. Laboratoire de Biotechnologies, Environnement et santé - Université Blida 1 - Faculté de Science de la nature et de la vie Département de Biologie et physiologie cellulaire, Algérie.
2. Institut National de Protection des Végétaux (INPV), Algérie.

Reçu le 09/12/2017, Révisé le 09/06/2018, Accepté le 10/06/2018

### Résumé

**Description du sujet :** La fougère aigle (*Pteridium aquilinum* Linné.) appartient à la famille des Dennstaedtiaceae. Cette espèce présente une distribution cosmopolite. La méconnaissance de ses vertus biologiques, nous a incité à évaluer l'utilisation de son huile essentielle comme bio-aphicide.

**Objectif :** Dans le cadre de la recherche de nouvelle alternative de lutte, nous avons évalué l'activité aphicide de l'huile essentielle de *P. aquilinum* L. contre l'un des ravageurs agricoles les plus importants le puceron de la fève (*Aphis fabae* Scop.).

**Méthodes :** L'huile essentielle des frondes de *P. aquilinum* L. est obtenue par hydrodilatation. Son activité aphicide contre *A. fabae*, est évaluée par la technique de toxicité par contact. Cinq concentrations de l'huile essentielle de *P. aquilinum* L. sont appliquées localement sur les pucerons aptères. Leur mortalité est évaluée après 12h, 24h, 36h et 48h. Le pourcentage de la mortalité corrigée ainsi que les doses létales 50 et 90%, sont calculés.

**Résultats :** Les résultats obtenus révèlent que l'huile essentielle de *P. aquilinum* L. était efficace sur *A. fabae*. Cette toxicité est augmentée avec la concentration et le temps. L'application de 80µl/ml, 40µl/ml et 20µl/ml de l'huile essentielle a provoqué 96,49%, 84,21% et 82,46% de mortalité, respectivement, après 48h. La DL50 était de 27,79 µl/ml et 4,26 µl/ml après 24h et 48h du traitement, respectivement.

**Conclusion :** L'huile essentielle de *P. aquilinum* L. présente une toxicité potentielle vis à vis *A. fabae*. Les résultats obtenus pourraient contribuer au développement de nouveaux agents potentiels bio-aphicide.

**Mots clés :** *Pteridium aquilinum* L., huile essentielle, *Aphis fabae* Scop., activité aphicide, doses létales

## BIO-APHICIDAL POTENTIAL OF ALGERIAN *PTERIDIUM AQUILINUM* LINNE ESSENTIAL OIL AGAINST *APHIS FABAE* (HEMIPTERA : APHIDIDAE)

### Abstract

**Description of the subject :** Bracken fern (*Pteridium aquilinum* Linne) belongs to Dennstaedtiaceae family. This species has a cosmopolitan distribution. Lack of knowledge of its biological virtues has prompted us to evaluate the use of it essential oil as a bio-aphicide.

**Objective:** As part of the research for a new alternative control, we evaluated the aphicidal activity of *P. aquilinum* L. essential oil against one of the most important agricultural pests the black bean aphid (*Aphis fabae* Scop.).

**Methods:** The essential oil of *P. aquilinum* L. fronds was obtained by hydrodilatation. Its aphicidal activity was evaluated by contact toxicity method. Five concentrations of *P. aquilinum* L. essential oil were applied topically on the aphid's dorsal thorax. Their mortality was evaluated after 12h, 24h, 36h and 48h. The percentage of corrected mortality as well as the lethal doses 50% and 90% were calculated.

**Results:** The results obtained reveal that *P. aquilinum* L. essential oil was efficient to *A. fabae*. This toxicity was increased with concentration and time. The application of 80µl/ml, 40µl/ml and 20µl/ml of the essential oil caused 96.49%, 84.21% and 82.46% mortality, respectively, after 48h. The LD<sub>50</sub> was 27.79 µl/ml and 4.26µl/ml after 24h and 48h of treatment, respectively.

**Conclusion:** *P. aquilinum* L. essential oil has a potential toxicity against *A. fabae*. The results obtained could contribute to the development of new potential bio-aphicidal agent.

**Keywords:** *Pteridium aquilinum* L., essential oil, *Aphis fabae* Scop., Aphicidal activity, lethal doses

\* Auteur correspondant: BOUCHEKOUK Cheïmaâ, E-mail: [bouchekouk.cheimaa@gmail.com](mailto:bouchekouk.cheimaa@gmail.com)

## INTRODUCTION

Les pucerons (Aphididea), sont de petits insectes (1-10 mm) à corps mou. Ils présentent une distribution cosmopolite avec une prédominance dans les régions tempérées [1]. Ces minuscules insectes piqueurs suceurs sont les principaux ravageurs sur le plan économique de l'agriculture, causant des pertes liées à la réduction de la production et de la qualité des cultures [2]. Ces dommages sont engendrés soit : directement par l'alimentation ou par une attaque associée à la transmission de virus phyto-pathogènes [3 ; 4]. Parmi ces ravageurs le puceron noir de la fève (*Aphis fabae* Scop.), c'est une espèce causant des dégâts importants [5]. Les pucerons sont généralement contrôlés par des insecticides de synthèse. Leur utilisation entraîne des effets : indésirables sur la santé humaine et néfastes sur de nombreux organismes non ciblés [6] ; et aussi le développement d'une certaine résistance chez les insectes traités [7].

Face à ces risques, un intérêt particulier s'est porté à la recherche de nouveaux composés naturels ayant un potentiel insecticide comme les huiles essentielles (HE). Ces métabolites présentent un potentiel insecticide par fumigation et par contact ainsi que des effets anti-appétants ou répulsifs [8]. Selon **Yildirim et al.**, les bio-insecticides peuvent être efficaces, biodégradables, sélectifs et associés à peu de progrès de la résistance l'environnement [9]. De nombreuses études ont rapporté les effets aphicides des huiles essentielles [10 ; 11; 12].

Le genre *Pteridium* regroupe environ 170 espèces [9]. La fougère aigle *Pteridium aquilinum* L. Kuhn appartenant à la famille des Dennstaedtiaceae, est une espèce omniprésente et cosmopolite [14]. Plante jusqu'à 2 m de hauteur à rhizome épais rampant et à fronde deltoïde de 0,5-1,5 m découpée en pennes qui se subdivise en pinnules. Le pétiole, très long, peut atteindre 55 cm. [15 ; 16]. Selon Selvaraj et John de Britto, cette espèce présente une activité insecticide [17].

Le présent travail vise l'évaluation de l'activité aphicide par contact de l'H.E. de *P. aquilinum* L. vis-à-vis *A. fabae*.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous avons récolté les frondes de *P. aquilinum* en mois de juin au niveau de la station de Beni-Ali, Chréa à 700m d'altitude et 13,4 Km du centre-ville Blida (Algérie).

L'espèce est identifiée taxonomiquement au niveau du département de botanique, École National Supérieur d'Agronomie (ENSA) El-Harrach, Algérie.

### 1. Extraction de l'huile essentielle

Les frondes de *P. aquilinum* L. ont été séchées à l'abri de la lumière et à température ambiante. Nous avons effectué une hydro-distillation de 100 g des frondes broyées pendant 4h d'extraction dans un appareillage de type Clevenger. L'huile essentielle (HE) obtenue, a été séchée sur du sulfate de sodium anhydre (Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>) et conservée à 4 °C. Nous avons calculé le rendement en HE par rapport à la matière sèche utilisée. Le rendement est exprimé en pourcentage (%) et calculé par la formule suivante [18] :

$$R (\%) = \frac{P_h}{P_v} * 100$$

R : rendement de l'huile essentielle en % ;

P<sub>h</sub> : poids de l'huile essentielle en g ;

P<sub>v</sub> : poids du matériel végétal initial en g.

### 2. Evaluation de l'activité aphicide

#### 2.1 *Aphis fabae*

Nous avons prélevé les pucerons aptères des feuilles de la fève infestées dans la région de Lakhdaria située dans le nord de la wilaya de Bouira (36.6167, 3.58333, 36° 37' 0" Nord, 3° 34' 60" Est).

#### 2.2 Etude de la toxicité par contact

Nous avons utilisé la technique décrite par Harmouzi et al., pour évaluer l'efficacité de l'H.E. de *P. aquilinum* L. [19]. Cinq concentrations (80, 40, 20, 10 et 5µl/ml) sont préparées par dilution de l'H.E. dans l'eau distillée additionné au Tween 20 pour assurer la miscibilité. Nous avons utilisé l'acétamépride et l'eau distillée comme témoins positif et négatif, respectivement.

Nous avons appliqué chaque concentration par contact sur le thorax dorsal des pucerons. Chaque concentration est appliquée à 20 pucerons et répétée cinq fois. Les pucerons sont placés sur une feuille de fève à l'intérieur d'une boîte de Pétri de 9 cm de diamètre. Pour maintenir les feuilles turgescentes, les pédoncules de feuilles sont enduits d'une mèche de coton imbibée d'eau distillée.

Les essais ont été réalisés à  $23 \pm 1$  ° C, 65% d'humidité relative et 16 : 8 h de photopériode. Nous avons relevé le nombre des pucerons morts après 12h, 24h, 36h, 48h du traitement. Le contrôle de la mortalité est vérifié à l'aide d'un pinceau à cheveux fine.

*Analyse statistique* : La formule de Schneider-Orelli [20] est utilisée pour corriger le taux de la mortalité (MC) :

$$\% \text{ MC} = \frac{\% \text{ Mortalité traitement} - \% \text{ Mortalité contrôle}}{100 - \% \text{ Mortalité contrôle}} \times 100$$

Les valeurs moyennes et les erreurs types de la mortalité sont comptées. Le logiciel XLSTAT-Pro est utilisé pour analyser toutes les données. Les pourcentages de la mortalité subissent une transformation angulaire d'après la table établie par Bliss [21]. Les données ainsi obtenues, font l'objet d'une analyse de la

variance (ANOVA). La comparaison des moyennes est évaluée par le test de Duncan avec un niveau de signification de 0,05. La détermination de la  $DL_{50}$  et la  $DL_{90}$  de l'HE de *P. aquilinum* L. est effectuée par la régression linéaire suivant le modèle Logarithme décimal de la concentration – Probit de mortalité [22].

## RESULTATS

### 1. Rendement et caractérisation de l'huile essentielle

Nous avons obtenu un rendement en HE de 0,025% par hydro-distillation des frondes de *P. aquilinum* L. Ses paramètres organoleptiques sont résumés dans le Tableau 1. D'après le Tableau 1, l'HE de *P. aquilinum* L. présente une odeur très puissante.

Tableau 1 : Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de *P. aquilinum*

Aspect	Couleur	Odeur
Liquide à température ambiante	Jaune foncé	Très puissante

### 2. Activité aphicide

L'efficacité de l'HE de *P. aquilinum* L. vis-à-vis des aptères de *A. fabae* a été menée au laboratoire en conditions contrôlés. Les différentes doses testées ont montré des propriétés insecticides après 48 h d'exposition. Le Tableau 2 résume les valeurs du pourcentage de la mortalité corrigée d'*A. fabae* traités par différentes concentrations de l'HE

de *P. aquilinum* L. et par l'acétamépride. L'analyse de variance de la mortalité corrigée des pucerons après 12h, 24h, 36h et 48h d'exposition à différentes concentrations de l'HE de *P. aquilinum* L. a révélé une différence hautement significatives ( $p < 0,0001$ ) pour les quatre temps (Tableau 2). D'après cette analyse, il existe donc une relation entre la dose de l'huile essentielle et la mortalité des pucerons.

Tableau 2 : Activité aphicide des différentes concentrations de l'huile essentielle de *P. aquilinum* sur *A. fabae* en fonction du temps

Temps	5 µl/ml	10 µl/ml	20 µl/ml	40 µl/ml	80 µl/ml	f	p	Acétamépride
Après 12h	3,05 ± 1,25	10,32 ± 1,67	13,32 ± 2,51	49,58 ± 4,78	75,26 ± 3,00	77,742	<0.0001	83,47 ± 1,95
Après 24h	14,81 ± 3,19	23,07 ± 4,16	28,17 ± 4,63	63,06 ± 2,59	84,42 ± 3,50	47,459	<0.0001	85,25 ± 1,09
Après 36h	39,47 ± 3,53	49,94 ± 4,42	57,37 ± 4,59	76,61 ± 1,21	87,37 ± 4,28	22,277	<0.0001	86,14 ± 2,16
Après 48h	64,91 ± 3,88	67,02 ± 4,52	78,65 ± 2,53	81,93 ± 2,07	92,63 ± 3,16	10,993	<0.0001	94,62 ± 2,42

MC : (moyenne du pourcentage de la mortalité corrigée ± erreur type)

Nous avons enregistré une mortalité variant de  $3,05 \pm 1,25$  à  $92,63 \pm 3,16$ , après le traitement des pucerons *A. fabae* par les différentes concentrations de l'HE de *P. aquilinum*. La dose de 5 µl/ml était la moins toxique avec un pourcentage de mortalité de  $14,81 \pm 3,19$  et  $64,91 \pm 3,88$  après 24 et 48h, respectivement.

Tandis que la mortalité la plus forte était de  $84,42 \pm 3,50$  et  $92,63 \pm 3,16$  après 24 et 48h, respectivement pour une dose de 80µl/ml. Selon le Tableau 2, l'effet toxique de l'HE de *P. aquilinum* augmente non seulement avec l'augmentation des concentrations, mais aussi avec le temps d'exposition au traitement.

La comparaison de moyenne par le test de Duncan a démontré que la mortalité d'*A. fabae* traité par 80µl/ml de l'HE de *P. aquilinum* et par l'acétamépride était similaire au fil du temps ( $p > 0,05$ ). Tandis qu'une différence significative ( $p < 0,05$ ) est enregistré à tous les temps d'exposition pour les autres concentrations par rapport à l'acétamépride, à l'exception de la dose 40µl/ml après 36h de traitement ( $p = 0,066$ ).

Le Tableau 3 représente les valeurs de la  $DL_{50}$ , leurs intervalles de confiance, le slope ainsi que la  $DL_{90}$  de l'H.E. de *P. aquilinum* L. estimées à 12h, 24h, 36h et 48h. La  $DL_{50}$  la plus faible était de 4,259 µl/ml, enregistrée après 48h du traitement (ER=  $Y = 0,867x + 4,669$ ,  $R^2 = 0,920$ ,  $P = 0,0097$ ), alors que 39,296 µl/ml était la  $DL_{50}$  la plus élevée, enregistrée après 12h du traitement (ER=  $Y = 2,118x + 1,534$ ,  $R^2 = 0,954$ ,  $p = 0,0043$ ).

Tableau 3 : Paramètres toxicologiques de l'huile essentielle de *P. aquilinum* sur *A. fabae* en fonction du temps

Temps	ER	R <sup>2</sup>	DL <sub>50</sub>	IC DL <sub>50</sub>	DL <sub>90</sub>	S	p
Après 12 h	$Y = 2,118x + 1,534$	0,954	39,296	36,61- 42,15	174,40	2,95	0,0043
Après 24 h	$Y = 1,725x + 2,556$	0,930	27,794	25,40 - 30,09	144,47	3,77	0,0079
Après 36 h	$Y = 1,178x + 3,824$	0,968	13,559	10,06 - 16,57	121,97	6,99	0,0024
Après 48 h	$Y = 0,867x + 4,669$	0,920	4,259	1,20 - 7,69	72,44	14,03	0,0097

ER : équation de régression ; DL : concentration létale entraînant une mortalité de 50 et 90% en µl/ml ; IC : intervalle de confiance 95% ; S : slope ; P : différence significative ( $p < 0,05$ )

Les résultats obtenus montrent une diminution des doses létales 50 et 90% de l'H.E. de *P. aquilinum* L. au fil du temps, cela indique que l'effet aphicide de l'HE *P. aquilinum* L. sur les pucerons *A. fabae* augmente avec la durée d'exposition.

## DISCUSSION

Le rendement de l'HE des frondes de *P. aquilinum* est faible par rapport à celui obtenu par Nwiloh et al. [23]. Le rendement et la composition chimique de HE peuvent être influencé par l'ontogénèse, les facteurs environnementaux, les périodes et sites de récolte, la situation géographique, la nature du sol, les conditions expérimentales d'extraction et les stades phénologiques [24 ; 25 ; 26 ; 27].

Dans la présente étude, les résultats ont démontré une bonne activité aphicide de l'HE de *P. aquilinum* L. après 48h de traitement, dont les meilleurs sont obtenus avec une concentration de 80µl/ml.

Les insecticides d'origine végétale ont longtemps été présentés comme des alternatives attrayantes aux insecticides chimiques de synthèse pour le contrôle des insectes ravageurs [28]. Des études récentes ont montré que par rapport aux autres stratégies de contrôle, les applications des huiles essentielles ont plusieurs avantages.

Leurs applications affectent les pucerons en peu de temps en les détruisant plus rapidement et en réduisant leur potentiel de reproduction [29].

La toxicité par les HE dépend de leur composition chimique et les concentrations testées [30]. Les résultats obtenus sont en accord avec l'activité aphicide des HE extraites de quatre plantes médicinales contre le puceron de la fève à des concentrations de 1, 2 et 4% après 48h de traitement [31]. Habou et al. [32], ont montré aussi l'effet insecticide de l'HE de *Jatropha curcas* sur *A. fabae*

Les HE de nombreuses plantes contiennent un certain nombre de composés bioactifs qui peuvent exercer une influence régulatrice ou inhibitrice sur les processus biologiques des insectes [11]. L'effet insecticide de la présente étude peut s'expliquer par le mélange des monoterpénoïdes présents dans les HE [7 ; 33]. Une composition d'HE complexe est plus efficace qu'un seul composé pur en raison de la présence de plusieurs principes actifs, qui peuvent opérer par différents modes d'action [34]. Les insectes développent une résistance plus lente à un insecticide composé d'un mélange de différentes substances actives plutôt qu'à un seul composé [35]. Selon Grodnitzky et Coats [36], les propriétés insecticides naturelles de certains monoterpénoïdes en font d'excellents

composés pour le développement d'insecticides sûrs, efficaces et entièrement biodégradables. Cette famille de molécule peut agir comme inhibiteurs compétitifs de l'acétylcholinestérase [37]. Elles interviennent aussi au niveau du neurotransmetteur « Octopamine » qui est spécifique aux invertébrés, représentant une cible avec peu d'effets sur les auxiliaires [38].

## CONCLUSION

La présente étude a pour but de contribuer à la connaissance de l'activité aphicide de l'HE de *P. aquilinum* L. sur *A. fabae*. L'efficacité et le respect de l'environnement et la santé humaine font des HE des biocides préférables en raison de leur faible toxicité et de leur temps de dégradation plus court. Il sera intéressant d'analyser la composition chimique et d'identifier les composants globaux responsables de cette activité biologique.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Dixon. A.F.G. (2012). *Aphid Ecology An optimization approach*. Edition Springer Science & Business Media 2<sup>ème</sup> édition New York, ISBN : 978-94-011-5868-8.
- [2] Kim. S. K., Kim. Y. C., Lee. S. , Kim. J. C. , Yun. M. Y., Kim. I. S. (2011). Insecticidal activity of rhamnolipid isolated from *Pseudomonas* EP-3 against green peach aphid (*Myzus persicae*). *J. Agric. Food Chem.* 59 : 934-938.
- [3] Dawson. G., Griffiths. D., Merritt. L., Mudd. A., Pickett. J., Wadhams. L., Woodcock. C. (1990). Aphid semiochemicals—A review, and recent advances on the sex pheromon. *Journal of Chemical Ecology* 16 : 3019-3030.
- [4] Guerrieria. E., Digilio. M.C. (2008). Aphid-plant interactions: a review . *Journal of Plant Interactions* 3(4) :223-232
- [5] Turpeau-Ait Ighil. E., Dedryver. C.A., Hullé. M., Chaubet. B. ( 2011). *Les pucerons des grandes cultures: cycles biologiques et activités de vol*. Edition Quae Paris, ISBN: 978-2-7592-1026-8.
- [6] Barbouche. N., Hajjem. B., Lognay. G., Ammar. M. (2001). Contribution à l'étude de l'activité biologique d'extraits de feuilles de *Cestrum parqui* L'Hérit. (*Solanaceae*) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Biotechnologie Agronomie Société Environnement* 5 : 85-90.
- [7] Devonshire. A.L., Field. L.M., Foster. S.P., Moores. G.D., Williamson. M.S., Blackman. R.L. (1998). The evolution of insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae*. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* Ser. B 353 : 1677-1684.
- [8] Regnault-Roger. C. (1997). The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews* 2 : 25–34
- [9] Yildirim . E., Emsen. B., Kordali. S. (2013). Insecticidal effects of monoterpenes on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) . *Journal of Applied Botany and Food Quality* 86 : 198 - 204.
- [10] Tunç. I., Şahinkaya. Ş. (1998). Sensitivity of two greenhouse pests to vapours of essential oils . *Entomologia Experimentalis et Applicata* 86 : 183-187.
- [11] Digilio. M.C., Mancini. E., Voto. E., De Feo. V. (2008). Insecticide activity of Mediterranean essential oils. *Journal of Plant Interactions* 3(1) : 17-23.
- [12] Kimbaris. A.C., Papachristos. D.P., Michaelakis. A., Martinou. A.F., Polissiou. M.G. ( 2010). Toxicity of plant essential oil vapours to aphid pests and their coccinellid predators. *Biocontrol Science and Technology* 20(4) : 411-422.
- [13] Smith. A.R., Pryer. K.M., Schuettpelz. E., Korall. P., Schneider. H., Wolf. P.G. (2006). A classification for extant ferns. *Taxon* 55(3) : 705-731.
- [14] USDA. (2006). *National Genetic Resources program*. Germplasm Resources information Network (GRIN) 31 : 2948.
- [15] Adou. L.M.D., Ipou Ipou. J. (2007). *Pteridium aquilinum*, une ptéridophyte envahissante des cultures pérennes du sud de la Côte d'Ivoire: quelques notes ethnobotaniques. *Tropicultura* 25(4) : 232-234.
- [16] Yan. Y., Qi. X., Liao. L., Xing. F., Ding. M., Wang. F., Zhang. X., Wu. Z., Serizawa. S., Prado. J., Funston. A., Gilbert. M., Nootboom. H. (2013). Dennstaedtiaceae. *Flora of China* 2(3) : 147-168.
- [17] SELVARAJ. P., JOHN DE BRITTO. A. (2005). Phytoecdysone of *Pteridium aquilinum* (L) Kuhn (Dennstaedtiaceae) and its pesticidal property on two major pests. *Phytopathology and Plant Protection* 38(2) : 99-105.
- [18] Da Costa. O.B., Del Menezzi. C.H.S., Benedito. C.L.E., Resck. I.S., Vieira. R.F., Bizzo. H.R. (2014). Essential Oil Constituents and Yields from Leaves of *Blepharocalyx salicifolius* (Kunt) O. Berg and *Myracrodruon urundeuva* (Allemão) Collected during Daytime. *International Journal of Forestry Research* 1-6.

- [19] Harmouzi. A., Boughdad. A., El Ammari. Y., Chaouch. A. (2016). Chemical composition and toxicity of Moroccan *Tetraclinis articulata* and *Juniperus phoenicea* essential oils against *Aphis citricola* Goot, 1912 (Homoptera, Aphididae). *Res Chem Intermed* 5 : 1-13.
- [20] Püntener. W. (1981). *Manual for field trials*. In *Plant Protection*. Edition Ciba-Geigy : Basle 2<sup>ème</sup> edition Suisse: pp 205.
- [21] Fischer. R.A., Yates. F. (1975). *Statistical Tables for Biological, Medical and Agricultural Research*. Edition Longman London.
- [22] Swaroop. S. (1966). *Statistical Methods in Malaria Eradication*. Monograph Series World Health Organization Genève 1-164.
- [23] Nwilo, B.I., Monago, C.C., Uwakwe. A.A. (2014). Chemical composition of essential oil from the fiddleheads of *Pteridium aquilinum* L. Kuhn found in Ogoni. *Journal of Medicinal Plants Research* 8 :77-80.
- [24] Sangwan. N.S., Farooqi. A., Shabih. F. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation* 34: 3–21.
- [25] Merghache, S., Hamza, M., Tabti, B. (2009). Etude physicochimique de l'huile essentielle de *Ruta chalepensis* L. De Tlemcen, Algérie. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 5(1). 67 - 81.
- [26] Fadil. M., Farah. A., Ihssane. B., Haloui. T., Rachiq. S. (2015). Optimisation des paramètres influençant l'hydrodistillation de *Rosmarinus officinalis* L. par la méthodologie de surface de réponse. *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (8) : 2346 – 2357.
- [27] Chauhan. N. K., Singh. S., Haider. S. Z., Lohani. H. (2013). Influence of Phenological Stages on Yield and Quality of Oregano (*Origanum vulgare* L.) Under the Agroclimatic Condition of Doon Valley (Uttarakhand). *Indian J Pharm Sci.* 75(4): 489 - 493.
- [28] Isman. M. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol* 51: 45 - 66.
- [29] Işık. M., Görür. G. (2009). Aphidicidal activity of seven essential oils against the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae). *Munis Ent. Zool.* 4: 424-31.
- [30] Pellecuer. J., Allegrini. J., Simeon de buochberg. M. (1976). Sur l'activité de l'huile essentielle de *Hyptis pectinata*. *Révue de l'Institut pasteur de Lyon*, 9 : 135-159.
- [31] Alghamdi. A.S. (2018). Insecticidal effect of four plant essential oils against two aphid species under laboratory conditions. *Journal of Applied Biology and Biotechnology* 6(2): 27-30
- [32] Habou. Z. A., Haougui. A., Mergeai. G., Haubruge. E., Toudou. A., Verheggen. F.J. (2011). Insecticidal effect of *Jatropha curcas* oil on the aphid *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae) and on the main insect pests associated with cowpeas (*Vigna unguiculata*) in Niger. *Tropicultura* 29 (4) : 225-229
- [33] Ayvaz. A., Sagdic. O., Karaborklu. S., Ozturk. I. (2010). Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects. *Journal of Insect Science* 10(21): 1-13
- [34] Czerniewicz. P., Chrzanowski. G., Sprawka. I., Sytykiewicz. H. (2018). Aphicidal activity of selected Asteraceae essential oils and their effect on enzyme activities of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 145: 84 – 92.
- [35] Isman. M.B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Prot.* 19: 603 - 608.
- [36] Grodnitzky. J.A., Coats. J.R. (2002). QSAR evaluation of monoterpenoids' insecticidal activity. *J Agric Food Chem.* 50 : 4576–4580.
- [37] Praveena. A., Sanjayan. K.P. (2011 ). Inhibition of acetylcholinesterase in three insects of economic importance by linalool, a monoterpene phytochemical. *Insect Pest Management* : 10: 197–204.
- [38] Enam. E. (2001). Insecticidal activity of essential oils: Octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology C* 130: 325 - 337