



Contribution à l'étude de la relation « plante-hôte-parasite » entre *Elodea canadensis* Michx., *Hydrellia* sp. (Diptera) et *Ademon decrescens* (Nees, 1811) (Hymenoptera, Opiinae) dans le bassin versant de la Moulouya (Maroc)

Contribution to the knowledge of plant-host-parasitoid between *Elodea canadensis* Michx., *Hydrellia* sp. (Diptera) and *Ademon decrescens* (Nees, 1811) (Hymenoptera, Opiinae) in the catchment area of Moulouya (Morocco)

Taybi A.F.^{1*}, Mabrouki Y.¹, Berrahou A.¹, Peris-Felipo F.J.² and Chaabane K.¹

¹Université Mohammed Premier, Faculté des Sciences Oujda, Laboratoire Sciences de l'Eau, l'Environnement et de l'Ecologie, Maroc.

²Bleichestrasse 15, CH-4058, Basel (Switzerland).

Received 12 Jan 2016, Revised 16 May 2016, Accepted 19 May 2016

*Corresponding author. E-mail: Taybi A.F. E-mail: taybiaf@gmail.com

Abstract

This work provided the information about the tri-trophic relationship between *Elodea canadensis* Michx., *Hydrellia* sp. and *Ademon decrescens* (Nees, 1811) (plant-host-parasite, respectively). The sampling was conducted between March and July 2014 at seven stations in the basin watershed the Moulouya River (Morocco). This relationship is mainly highlighted areas where habitat conditions are met for the development of *Ademon decrescens*. Statistical analysis shows that this relationship is not accidental.

Keywords: Parasitoids, tri-trophic relationships, *Ademon decrescens*, *Hydrellia* sp., *Elodea canadensis*, Moulouya, Morocco.

Résumé

Ce travail fourni des informations sur la relation tri-trophique entre *Elodea canadensis* Michx., *Hydrellia* sp. Et *Ademon decrescens* (Nees, 1811) (plante-hôte-parasite, respectivement). L'échantillonnage a été réalisé entre mars et juillet 2014 dans sept stations du bassin versant de la Moulouya (Maroc). Cette relation est principalement mise en évidence dans des zones où les conditions d'habitat sont réunies pour le développement d'*Ademon decrescens*. L'analyse statistique montre que cette relation n'est pas accidentelle.

Mots clés : Parasitoïdes, relations tri-trophique *Ademon decrescens*, *Hydrellia* sp., *Elodea canadensis*, Moulouya, Maroc.

1. Introduction

Les insectes parasitoïdes sont des organismes qui se développent à partir d'un autre organisme dit « hôte », mais qui tuent inévitablement ce dernier au cours de ce développement ou à la fin de ce développement, contrairement aux parasites qui ne tuent pas leur hôte [1]. Ils jouent un rôle très important dans les réseaux trophiques et de ce fait ils ont été étudiés de manière intensive pour leur potentiel dans la lutte biologique [2–4]. Les trois quarts des insectes parasitoïdes appartiennent à l'ordre des hyménoptères et englobent environ 60.000 espèces [5].

Les Braconidae sont la deuxième plus grande superfamille d'Ichneumonoidea avec environ 40.000 espèces décrites dans le monde, et avec une large diversité d'habitats et de biologie [6, 7]. La majorité de ces espèces sont des parasitoïdes primaires de stades immatures des lépidoptères, des coléoptères et des diptères [8].

Cette famille comprend la sous-famille des Opiinae qui est l'une des plus grandes sous-familles contenant 1.968 espèces décrites [9, 10]. Les espèces des Opiinae sont un assemblage de petites guêpes parasites strictement parasitoïdes koinobiontes de diptères cyclorrhaphes (Wharton, 1997), principalement des mineuses des feuilles et autres larves vivant dans les fruits. Les hôtes de ces parasitoïdes ne sont connus que pour environ 300 espèces, ce sont principalement les Agromyzidae, Anthomyiidae, Drosophilidae, Ephydriidae, Psilidae, Scatophagidae et Tephritidae [10–18].

Malgré plusieurs études hydrobiologiques menées sur les Macroinvertébrés benthiques dans le Maroc, aucune n'a porté sur les relations trophiques de type plante-hôte-parasitoïde. Dans le présent travail, nous étudions la présence d'*Ademon decrescens* (Opiinae) qui est cité pour la première fois en Afrique; ainsi que sa biologie et ses relations trophiques dans le bassin versant de la Moulouya.

2. Matériels et méthodes

2.1. Zone d'étude

Le bassin versant de la Moulouya, situé au Nord Est du Maroc, s'étend sur une grande superficie entre les parallèles 32–35°N et les méridiens 2,3–5,7°W. Il est limité au Nord-est par la Méditerranée, au Nord-ouest par la chaîne de Beni-Bouyahi à l'ouest par les montagnes du Rif oriental et du Moyen Atlas plissé, au Sud par le haut Atlas, la limite Est correspond à la frontière Maroc-Algérienne. La Moulouya est le seul grand fleuve marocain se jetant dans la Méditerranée (Fig. 1). Long de plus de 570 km, il draine la quasi-totalité du Maroc oriental (bassin versant d'environ 54.000 km²). Ce cours d'eau prend ses sources dans la zone de jonction du Haut Atlas - Moyen Atlas, et reçoit assez rapidement deux affluents montagnards (l'Oudghes et l'Anzegmir) puis successivement, le Melloulou et Oued Za; deux barrages-retenues (Hassan II et Mechra-Homadi) sont implantés dans des gorges profondes avant son embouchure [19]. Le fleuve traverse divers étages bioclimatiques méditerranéens qui sont fonction de l'altitude et de la continentalité [20–23].

La Moulouya a un régime hydrologique pluvial de type méditerranéen, caractérisé par des hautes eaux en fin d'hiver - début du printemps et par des basses eaux en été (Fig. 1). Le débit moyen annuel est de 3,3 m³/s à Zaïda, de 7,4 m³/s à Missouri, de 20,9 m³/s à Guercif et de 23,0 m³/s juste après la confluence du Za. Les principaux affluents que sont l'Anzegmir, le Melloulou et le Za, présentent des modules annuels non négligeables (respectivement : 2,9 m³/s ; 9,5 m³/s et 3,6 m³/s) ; avec des régimes hydrologiques très irréguliers : un étiage estival sévère et des crues violentes aux autres saisons [24].

Pour réaliser cette étude sept stations parmi 45, comportant *E. canadensis* ont été choisis (Fig. 1).

S1 : 32°36'56.6"N 5°19'49.2"W, située à une altitude de 1650 m à Ait Boulmane, le lit majeur est très étroit avec une section mouillée ne dépassant pas 1m, et une faible pente. Les berges sont à l'état naturel avec une très dense végétation ripisylvatique à base du roseau, *Juncus* et *Typha*. La granulométrie du fond est constituée par du limon et de la boue, il y a un colmatage organique avec d'abondants débris végétaux. Les faibles profondeurs et le courant faible, ainsi que le fort ensoleillement ont favorisé le développement d'importantes plantes aquatiques : *Scrophularia aquatica*, *Chara vulgaris longibracteata* (Kützing), *Nasturtium officinale* W.T. Aiton et des Potamogetonaceae en plus des algues filamenteuses. Cette station est localisée dans une région très connue par son activité agricole, ce qui implique l'extraction d'importantes quantités d'eau pour l'irrigation.

S2 : 32°37'28.7"N 5°18'32.8"W, très semblable à la station S1, se trouve à une altitude de 1640 m, dans un domaine très agricole lui aussi, au niveau du Douar Ait Oha Ohaqi. Le lit majeur est de 4 m et la section mouillée est très étroite d'environ 1m, la pente est faible. Les berges sont à l'état naturel et la végétation des rives est herbacée et arbustive très dense, la granulométrie du fond est constituée par du limon et de la boue avec un fort colmatage organique et d'abondants débris végétaux, la ripisylve est formée par du roseau et *Juncus*. Le fort ensoleillement et le faible débit favorisent la fixation d'importantes plantes aquatiques : *Scrophularia aquatica* *Chara vulgaris longibracteata* (Kützing), *Nasturtium officinale* W.T. Aiton et des Potamogetonaceae en plus des algues filamenteuses. Ce petit court d'eau étroit connaît une pression anthropique importante, puisque la population locale pompe l'eau de la rivière pour irriguer les parcelles cultivées.

S3 : 32°40'33.4"N 5°17'20"W, La source Arhbalou Sardoun est une source limnocrène, permanente de la rive gauche située à une altitude de 1670 m, la largeur du lit majeur est égale à la section mouillée, en fait il s'agit d'une source aménagée, les berges sont artificielles avec une faible pente. La granulométrie du fond est dominée par des pierres, galets, graviers, le colmatage est minéral avec une dominance des débris végétaux. La végétation herbacée comprend : *Nasturtium officinale* W.T. Aiton, *Juncus* sp. et *Elodea canadensis* Michx. La source Arhbalou, appartenant à un domaine rural très porche des populations est soumise à un grand impact humain : lavage du linge, extraction excessive de l'eau pour la consommation domestique et l'irrigation ce qui mène la source jusqu'à l'assèchement durant la période estivale.

S4 : 32°44'49.6"N 5°10'17.1"W, la station Irhdis est réalisée au niveau d'un affluent de la rive gauche de la Moulouya, le lit majeur est large avec une section mouillée de 6m et une faible pente. Les berges sont naturelles avec une végétation des rives herbacée très dense, la granulométrie du fond est constituée par des pierres, graviers et dalle de granite avec un faible colmatage et peu de débris végétaux, la ripisylve est constituée principalement par le roseau, *Juncus*, *Thypha* et une grande richesse en plantes aquatiques: *Lemna minor* L., *Nasturtium officinale* W.T., *Elodea canadensis* Michx, *Scrophularia aquatica* auct. non L., *Fontinalis* sp., *Ranunculus aquatilis* L., *Ceratophyllum demersum* L., des Potamogetonaceae et des algues filamenteuses. Située dans un environnement rural agricole, cette station est soumise à l'impact humain des populations du Douar Irhdis : lavage de linge, pompage de l'eau pour l'irrigation.

S5:32°43'3.4"N 5°5'52.7"W, avec une largeur du lit majeur de 10m et une section mouillée de 3m, cette station est située au niveau de la commune de Boumia à une altitude de 1515m, les berges sont à l'état naturel avec une dense végétation des rives à base du *Juncus*. La granulométrie du fond est constituée par des galets et graviers avec un colmatage moyen et peu de débris végétaux ; les plantes aquatiques sont abondantes : *Nasturtium officinale* W.T. Aiton, *Elodea canadensis* Michx., *Scrophularia aquatica* auct. non L., *Ranunculus aquatilis* L., *Ceratophyllum demersum* L., des Potamogetonaceae et aussi des algues filamenteuses. Cette station appartient à un domaine fortement agricole, ce qui la soumit à un pompage excessif de l'eau.

S6: 32°25'45"N 5°9'24.8"W, la source rhéocrène d'Anzar Oufounas se trouve à une altitude de 1895m, et se jette dans un lit très large avec une section mouillée de 3m et une forte pente, appartenant à un domaine forestier constitué de lentisques, Chênes, Lauriers roses, peupliers et Cèdres, les berges sont naturelles, avec une végétation arborée des rives et un ensoleillement moyen à nul. La granulométrie du fond est constituée par des blocs, pierres, galets et beaucoup de débris végétaux.

Généralement au Maroc, les sources d'eau douce sont très influencées et soumises à une grande pression anthropique comme le cas de S4 (la source Arhbalou Sardoun), heureusement cet écosystème très fragile reste toujours à l'état vierge vue son accessibilité difficile et la complexité de ses reliefs, ceci est reflété, entre autres, par la grande richesse en plantes aquatiques : *Lemnaminor* L., *Nasturtium officinale* W.T. Aiton, *Elodea canadensis* Michx., *Scrophularia aquatica* auct. non L., *Fontinalis* sp., *Ranunculus aquatilis* L., *Ceratophyllum demersum* L. des Potamogetonaceae ainsi que des algues filamenteuses.

S7:34°12'23.1"N 2°38'52.3"W, station réalisée après le barrage sur Oued Za, dans un domaine forestier très altéré envahi par la steppe d'alfa, à une altitude de 625m avec un lit majeur très large, une section mouillée de 15m et une faible pente; les berges sont naturelles et la végétation des rives arbustives et herbacées est assez dense; la granulométrie du fond est constituée de blocs, pierres, galets et graviers avec un faible colmatage et d'abondants débris végétaux. La ripisylve de tamaris, roseaux, *Juncus*, *Lauriers* et *Jujubiers* en plus de quelques arbres fruitiers cultivés près des rives, les plantes aquatiques sont omniprésentes : *Elodea canadensis* Michx., *Chara vulgaris longibracteata* (Kützing), *Nasturtium officinale* W.T. Aiton, *Lemnaminor* L., *Ranunculus aquatilis* L. et Potamogetonaceae, en plus des algues filamenteuses.

2.2. L'échantillonnage :

Les échantillonnages ont été réalisés durant la période mars-juillet 2014. Au total 45 stations ont été inspectées chacune trois fois.

L'échantillonnage a été fait à l'aide d'un filet Surber à vide de maille de 0,3 mm qui permet d'échantillonner une surface de 0,05 m² (20x25 cm), pour tenir compte de la variabilité spatiale à l'intérieur de

chaque station, trois échantillons (trois relevés) sont réalisés séparément dans trois microhabitats (les plus homogènes possible).

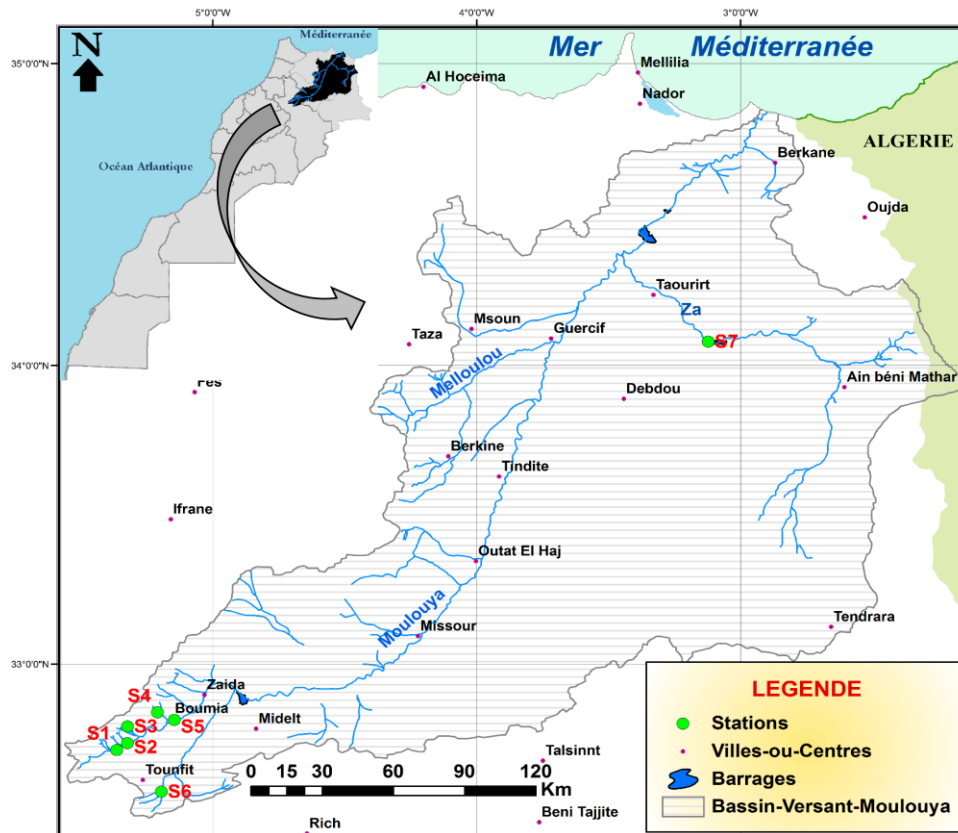


Figure 1. Zone d'étude et localisation des stations

Les échantillons sont transférés sur un tamis (maille : 500 μ m) afin d'éliminer certains supports (vases, etc.) et de réaliser un prétri en supprimant les éléments les plus grossiers (pierres, galets). Cette opération permet de réduire le volume d'échantillon à fixer, et de limiter les risques de détérioration de la faune. L'échantillon est ensuite transféré dans un récipient adapté et le filet est minutieusement examiné pour retirer tous les invertébrés encore accrochés aux mailles. Le récipient est alors étiqueté, fixé par le formol à 10%, et emmené au laboratoire pour le tri et la détermination de la macrofaune échantillonnée.

Au laboratoire les échantillons sont rincés dans des récipients en plastique avec de l'eau déminéralisée, les macroinvertébrés trouvés ont été retirés en douceur en utilisant une pince et de l'eau déminéralisée. Les échantillons ont ensuite été triés et tous les macro-invertébrés ont été retirés et conservés dans 70% d'éthanol, pour être à la fin identifiés au niveau de l'espèce si possible.

2.3. Analyses statistiques :

Pour réaliser l'analyse statistique et vérifier si la présence d'*Ademon decrescens* était accidentelle ou non, deux cas de figure s'offriront à nous :

1. Les conditions de normalité et/ou d'homoscédasticité (qui seront vérifiées par le test de Levene) sont réunies : L'analyse de variance (ANOVA) permettra de vérifier si les moyennes entre groupes sont statistiquement différentes. Le test de Tukey vient ensuite pour affiner l'analyse, puisqu'il précise quels sont les groupes statistiquement différents. [25].
2. Les conditions de normalité et/ou d'homoscédasticité (qui seront vérifiées par le test de Levene) ne sont pas réunies :
 - Test H de Kruskal-Wallis sera sollicité : Le test de Kruskal-Wallis est un équivalent non paramétrique de l'ANOVA à un facteur contrôlé. Le test ne requiert pas, que les données soient normales, car il utilise le rang des valeurs plutôt que les valeurs réelles pour l'analyse. [25].

- Test T2 de Tamhane : affine ensuite l'analyse pour identifier quel groupe est différent des autres en termes de moyenne [25].

Toutes les analyses statistiques sont exécutées sous le logiciel SPSS.

3. Résultats

Durant la période de l'échantillonnage, un total de 63 individus d'*Ademon decrescens* (Nees, 1811) (pupes infestées et adultes) ont été capturés. La capture de cette espèce représente la première citation pour l'Afrique. Cette espèce a une large répartition dans la région Paléarctique : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Espagne, Finlande, France, Hongrie, Irlande, Italie, Lituanie, Mongolie, Ouzbékistan, Pays-Bas, Pologne, Roumanie, Royaume-Uni, Russie, Suède, l'ancienne Tchécoslovaquie, Ukraine et Viêt-Nam [9].

Ademon decrescens fut trouvé par hasard en examinant du matériel végétal, constitué principalement d'*E. canadensis*, provenant de la station Anzar Oufounas (S6) appartenant à l'amont du bassin versant de la Moulouya. En effet, on a remarqué que les adultes de cette espèce émergeaient des pupes des Ephydriidae du genre *Hydrellia* (Diptera, Ephydriidae, Notophilinae).

Les Ephydriidae constituent une famille de diptères calyptrate de taille moyenne. Ils mènent plusieurs modes de vie différents, principalement dans les habitats aquatiques. *Hydrellia* est cosmopolite, avec plus de 120 espèces nommées [26], contient environ 11% de toutes les espèces des éphydriidés et cités dans tous les continents sauf l'Antarctique. Ce genre a été largement étudié pour son potentiel de lutte biologique contre les mauvaises herbes aquatiques submergées [26–32]. Au Maroc, il y a 13 espèces connues d'*Hydrellia*: *H. albifrons* (Fallen), *H. armata* (Canz. & Menegh), *H. argyrogenis* (Becker), *H. atlas* (Vitte), *H. griseola* (Fallen), *H. maculicentris* (Becker), *H. modesta* (Loew), *H. nasturtii* (Collin), *H. nigricans* (Stehnhhammar), *H. obscura* (Meigen), *H. ranunculi* (Haliday), *H. rharbia* (Vitte) et *H. subalpiceps* (Collin), les trois dernières étant endémiques [33].

Durant cette étude les pupes étaient trouvées associées à *Elodea canadensis*, plante vivace submergée appartenant à la famille Hydrocharitaceae qui comprend 17 genres [34], avec des feuilles et des fleurs flottantes submergées. Les feuilles sont pour la plupart verticillées et sessiles. Les inflorescences sont unisexuées ou bisexuées, la plupart du temps il y a une seule floraison [35].

E. canadensis a été largement étudiée en raison de son effet invasif [35–40]. En Europe, elle a été signalée pour la première fois en Irlande en 1836 [41]. Elle devient par la suite très répandue dans les pays du nord et centre d'Europe [42], mais aussi en Afrique, en Asie, en Australie et dans les îles hawaïennes. L'espèce est souvent classée comme nuisible avec un potentiel élevé à modéré [43], mais *E. canadensis* ne menace pas les plans d'eau au Maroc, et il est même considérée comme rare dans le bassin versant de la Moulouya [44].

Cette dernière, en raison de son expansion rapide en Europe, en Asie et en Australie, comme d'autres mauvaises herbes envahissantes submergées, n'a cessé d'attirer l'intérêt des scientifiques pour contrôler sa dispersion rapide [45–47]. En effet, de nombreuses recherches ont été menées en particulier sur la lutte biologique [47, 48] et parmi les agents de lutte biologique proposés pour contrôler la croissance des Hydrocharitacée : *Hydrellia* (Diptera, Ephydriidae, Notophilinae) a été largement étudiée pour son potentiel de lutte biologique contre les espèces nuisibles de la famille Hydrocharitaceae [32].

Pour analyser ces relations, on a d'abord réalisé une étude de l'abondance (Tableau 1) et de l'absence-présence des pupes *Hydrellia* (Tableau 2). Après avoir vérifié tous les échantillons réalisés, *Hydrellia* apparaît uniquement dans les stations S1, S2, S4, S6. L'étape suivante était le comptage des pupes parasitées par *A. decrescens* dans les trois relevés effectués dans chacun des trois microhabitats de chaque station, et de chaque campagne.

D'après les résultats obtenus, il paraît que S6 est la seule station qui a montré la présence d'*A. decrescens*. D'autre part, l'analyse des résultats obtenus de chaque campagne a montré que la présence d'*A. decrescens* comme parasitoïde des pupes de *Hydrellia*, présente respectivement des fréquences de 55,71%, 62,69% et 61,26% pour la première, deuxième et troisième campagne. (Tableau 3).

Tableau 1 : degré de stabilité et richesse de l'habitat des sept stations, et les résultats du tri de présence et d'abondance d'*Hydrellia* sp. et *A. decrescens* par station.

stations	Stabilité de l'écosystème	Richesse en microhabitats	Nombre des pupes de <i>Hydrellia</i> sp	Nombre des pupes infestées par <i>A. decrescens</i>	Pourcentage de pupes infestées par <i>A. decrescens</i>
S1	Peu stable	riche	3	0	0%
S2	Peu stable	riche	5	0	0%
S3	Pas stable	Peu riche	0	0	0%
S4	Stable	riche	8	0	0%
S5	Peu stable	Peu riche	0	0	0%
S6	Très stable	Très riche	53	32 (=>)	60,37% (= [32x100]/53)
S7	Peu stable	Peu riche	0	0	0%

Tableau2 : Nombre total des pupes infestées par *A. decrescens* sur le nombre total des pupes d'*Hydrellia* sp. par campagne et par microhabitat (μ ha).

Stations	1 ^{ère} Campagne 03/05/2014			2 ^{ème} Campagne 13/06/2014			3 ^{ème} Campagne 14/07/2014		
	μ ha1	μ ha2	μ ha3	μ ha1	μ ha2	μ ha3	μ ha1	μ ha2	μ ha3
S1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0
S2	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	0/1	0/2	0/0	0/0
S4	0/1	0/0	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/0
S6	3/5	4/7	2/4	3/6	5/7	4/6	3/5	4/7	4/6

Tableau 3 : Pourcentage des pupes d'*Hydrellia* sp. infestées par *A. decrescens*.

Stations	1 ^{ère} Campagne 03/05/2014			2 ^{ème} Campagne 13/06/2014			3 ^{ème} Campagne 14/07/2014		
	μ ha1	μ ha2	μ ha3	μ ha1	μ ha2	μ ha3	μ ha1	μ ha2	μ ha3
S6	3/5	4/7	2/4	3/6	5/7	4/6	3/5	4/7	4/6
	60%	57,14%	50%	50%	71,42%	66.66%	60%	57,14%	66.66%
Total	55,71%			62,69%			61,26%		

Tableau 4 : Test d'homogénéité de Levene et test ANOVA des variances pour les pourcentages de pupes infestées par *A. decrescens*.

Test d'homogénéité	Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Signification
	2,403	2	6	0,171
Test ANOVA	F Fischer	ddl1		Signification p value
	0,692	2		0,537

Le test de Levene permet de vérifier si les variances sont homogènes. La signification est $0,171 > 0,05$ (tableau 4) i.e. les variances sont homogènes, dans ce cas nous optons pour le test ANOVA où la signification de la p-value est $0,537$ supérieur donc à $0,05$, cela permet de conclure que les différences observées entre les trois campagnes (successivement $55,71\%$, $62,69\%$ et $61,26\%$) ne sont pas statistiquement significatives. Nous pouvons confirmer avec certitude que le nombre de *Hydrellia* sp. infesté par *A. decrescens* n'a pas changé d'une façon significative entre mai et juillet 2014 au niveau de la station S6.

Discussion et conclusion:

Au cours de la période de l'échantillonnage un total de 32 pupes de *Hydrellia* sp. parasitées par *Ademon decrescens* a été trouvé dans une seule station (S6) sur les sept sélectionnées. Toutefois, les pupes de *Hydrellia*

sp. ont été trouvées dans quatre des sept stations échantillonnées (S1, S2, S4 et S6) ces stations sont qualifiées comme peu stables à stables, mais elles présentent toutes un environnement riche en microhabitats. Ces stations ont été qualifiées ainsi pour des multiples raisons, par exemple le fait que l'eau coule durant presque toute l'année à un débit plus au moins stable, la structure physique et la complexité architecturale des macrophytes qui colonisent ces milieux ; ainsi que la large gamme de substrats, et les plantes à feuilles qui sont totalement submergées ou flottantes à la surface de l'eau. Un autre facteur aussi intéressant est le degré relativement faible de l'influence humaine dans ces zones du fleuve. L'absence du diptère a été constatée dans des habitats situés dans les zones à prédominance agricoles fortement altérées par l'activité humaine. Une augmentation du pourcentage de recouvrement des rives par les cultures peut provoquer une dégradation marquée des habitats terrestres et aquatiques ainsi que de la qualité de l'eau des écosystèmes riverains [49]. Mais nous pensons que l'application des pesticides (constatée sur terrains) est le facteur inhibant ou réducteur du taux de l'installation équilibrée des populations en macroinvertébrés; en plus de ça s'ajoute le pompage excessif des eaux, au niveau des stations étudiées conduisant parfois à l'assèchement du cours d'eau lors de la période estivale, ce pompage excessif allié à une pollution anthropique [50, 51] altèrent les caractéristiques de ces habitats.

Un autre point à souligner est que généralement au Maroc, les sources d'eau douce sont très influencées et soumises à une grande pression anthropique comme c'est le cas de S4, la source aménagée «Arhbalou Sardoun» ; Karr et Schlosser [52] citent que les effets combinés de la modification de l'habitat naturel et de la restructuration du canal entraînent le déséquilibre des habitats terrestres et aquatiques [49, 53]. Étant donné son accessibilité difficile, la source Anzar Oufounas est épargnée de toute activité anthropique ce qui peut expliquer la forte présence des pupes de *Hydrellia* sp. ainsi que celle de l'hyménoptère parasitoïde.

Finalement, nous concluons que la stabilité de l'écosystème et l'absence de l'activité humaine sont deux facteurs primordiaux dans l'installation d'une bonne population de *Hydrellia* sp. ainsi que de son ennemi naturel *Ademon decrescens*, et que les sources d'eaux douces conservées à l'état naturel abritent une faune très particulière. En outre, de nouvelles études basées sur des relations tri-trophique (plante-hôte-parasitoïdes) sont recommandées pour approfondir la connaissance de leur biologie, ainsi que son application dans les techniques de lutte biologique.

Remerciement-Nous tenons à adresser nos remerciements à M. Michel Martinez qui a identifié notre matériel de diptères aquatiques.

Références

1. Eggleton P., Gaston K.J., *Oikos*. 59 (1990) 417–421.
2. Godfray H.C.J., *Parasitoids. Behavioral and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press, New Jersey. (1994).
3. Sime K. R., Daane K. M., Messing R. H., Johnson M. W., *Biol. Control*. 39 (2006) 248–255.
4. Hanson A. A., Venette C. R., Lelito J. P., *Biol. Control*. 67 (2013) 516–529.
5. La Salle J., Gauld I.D., *Hymenoptera and Biodiversity*. CAB International, Wallingford. (1993).
6. Shaw M.R., and Huddleston T., *Classification and Biology of Braconid Wasps (Hymenoptera: Braconidae)*. London: British Museum of Natural History. (1991) 126.
7. Achterberg C. van. 2004. *Fauna Europaea* [Internet]. Version 2.4. Electronic Database accessible at <http://www.faunaeur.org>, Zoological Museum Amsterdam, University of Amsterdam, The Netherlands, Captured on 28 March 2015.
8. Sharkey M.J., Family Braconidae. In: Goulet H. & Huber J.T. (Ed.), *Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families*. Canada, Agriculture Canada, (1993) 362–395.
9. Yu, D. S., Achterberg, van C., Horstmann, K., 2012, *World Ichneumonoidea 2011, Taxonomy, biology, Morphology and distribution (Braconidae)*. Taxapad (Scientific names for information management), Interactive catalogue on DVD/CDROM, Vancouver.
10. Khajeh, N., Rakhshani, E., Peris-Felipo, F. J., Zikic, V., *Contributions to the Opiinae (Hymenoptera: Braconidae) of Eastern Iran with updated checklist of Iranian species*. *Zootaxa*, 3784(2) (2014) 131–147.
11. Fischer, M., 1971a, Hym. Braconidae, World Opiinae. In: Delucchi V. and Remaudière G. (Ed.), *Index of entomophagous insects 5*. Le François, Paris, 189 pp.
12. Fischer, M., 1971b, Two Opius species imported from Uganda into Hawaii (Hymenoptera, Braconidae). *Anz für Schadlingskunde und Pflanzenschutz*, 44: 10–12.
13. Fischer, M., Hymenoptera, Braconidae (Opiinae I). *Das Tierreich*, 91 (1972) 1–620.
14. Fischer, M., Hymenoptera: Braconidae (Opiinae II-Amerika). *Das Tierreich*, 96 (1977) 1–1001.

15. Fischer, M., 1987, Hymenoptera Opiinae III - aethiopische, orientalische, australische und ozeanische Region. *Das Tierreich*, 104: 1–734.
16. Shaw, M. R., Huddleston, T., Classification and biology of Braconidae wasps (Hymenoptera: Braconidae), Royal Entomological Society London. Handbooks for the Identification of British Insects, 7(11) (1991) 1–126.
17. Beyarslan, A., Fischer, M., Contributions to the Opiinae fauna of Turkey (Hymenoptera: Braconidae), *Turk J Biol*, 35(3) (2011) 293–305.
18. Peris-Felipo, F. J., Rahmani, Z., Belokobyslij, S., Rakhshani, E., Genus *Indiopi* Fischer, 1966 (Hymenoptera, Braconidae, Opiinae) in Iran with a key to the world species. *Zookeys*, 368 (2004) 37–44.
19. Reynal R. 1961. - Plaines et piémonts du bassin de la Moulouya (Maroc oriental). Etude géomorphologique. Rabat: 618 p.
20. Sauvage C. 1963. - Les étages bioclimatiques. Notice explicative de la planche 6b de l'Atlas du Maroc, Rabat : 31 p.
21. El Gharbaoui M. 1987. - Géographie physique. in: La grande encyclopédie du Maroc. Géographie physique et géologique. El Gharbaoui (ed.) Rabat: 7–13.
22. El Gasmi B. 1987. - *Piémont du Haut Atlas de Midelt 'Maroc'. Phénomène de désertification et perspectives d'aménagement*. Thèse 3ème cycle, Univ. Paul Sabatier, Toulouse: 131 p.
23. Chergui H., Pattee E., Essafi K. & Mhamdi A., Moroccan Limnology. in Wetzel R.G. & Gopal B. (eds). *LimnolDevCtries*, 2 (1999) 235–330.
24. Berrahou A., Cellot B., Richoux R., *Ann. Limnol.* 37 (3) (2001) 223–235.
25. E Theodorsson-Norheim / Comput Methods Programs Biomed. 23(1) (1986) 57–62.
26. Balciunas J.K., *Tech. Rpt.* A-85(4) (1985) 1–60.
27. Wheeler G.S., Center T.D., *Biol. Control.* 7(1) (1996) 1–9.
28. Julien M. H., and Griffiths M.W., Biological control of weeds: A world catalogue of agents and their target weeds. 4th ed. CABI Pub., New York (1998).
29. Van T.K., Wheeler G.S., Center T.D., *Biol. Control.* 11(3) (1998) 185–192;
30. Doyle R. D., Grodowitz M., Smart R. M., and Owens C., *Biol. Control.* 24 (2002) 221–229;
31. Mangan R., Baars J.-R., *Biol. Control.* 64 (2013) 143–151.
32. Bownes A., *Biol. Control.* 84 (2015) 44–52.
33. Dakki M., Etude National sur la biodiversité Faune aquatique continentale (Invertébrés et Poissons). Projet PNUE/ GEF/6105-92. (1992).
34. Les D.H., Moody M.L., Soros C.L., *Aliso*, 22 (2006) 211–230;
35. Bowmer K.H, Jacobs S.W.L., Sainty G.R. *J. Aquat. Plant Manag.* 33 (1995) 13–19.
36. Bowmer K.H., Sainty G.R., Smith G., Shaw K. J. *Aquat. Plant Manag.* 17 (1979) 4–12;
37. Cook C.D.K. and Urmi-König K. *Aquat. Bot.* 21 (1985) 111–156.
38. Abernethy V. J., Sabbatini M.R., Murphy K. J. *Hydrobiologia.* 340 (1996) 219–224.
39. Barrat-Segretain, M.-H. *Arch. Hydrobiol.* 152 (2001) 237–251;
40. Elger A., Barrat-Segretain M.H., Amoros C. *Freshwater Biol.* 47 (2002) 931–940.
41. Wolff P., *Florist. Rd.br.* 14 (1980) 33–56.
42. Hussner A., *Weed Res.* 52 (2012) 397–406.
43. Champion P.D., Clayton J.S., *Hydrobiologia.* 656 (2010) 167–172.
44. Melhaoui M, Boudot JP. Diagnostic de la biodiversité aquatique dans le Bassin hydraulique de la Moulouya. Projet ABHM/UICN. Rapport d'expertise. UICN Med, (2009).
45. Maleva M. G., Nekrasova G. F., Malec P. Prasad M.N.V., Strzałka K. *Chemosphere* .77 (2009) 392–398
46. Brain R. A., Hoberg J. A. J. Hosmerand Wall S. B. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 79 (2012) 55–61
47. Zehnsdorf A., Hussner A., Eismann F., Rönick He., Melzer A., *Limnologica* 51 (2015) 110–117.
48. Barrat-Segretain M.H., & Lemoine D.G. *Aquat. Bot.*, 86 (2007) 157–162.
49. Karr J.R., and Dudley D.R., *Environ. Manage.* 5 (1981) 55–68.
50. Taybi A.F., Mabrouki Y., Berrahou A. & Chaabane K., *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (1) (2016) 272–284.
51. Mabrouki Y., Taybi A.F., Bensaad H. & Berrahou A., *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (1) (2016) 231–243.
52. Karr J.R., and Schlosser I.J., *Science.* 201 (1978) 229–234.
53. Robert J. N., Bilby R.E., and Bisson P. A., *BioScience.* 50(11) (2000) 996–1011.