



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Larbi Tébessi -Tébessa-



Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Biologie des Etres Vivants

Laboratoire : Eau et Environnement

## Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat L.M.D

**Spécialité :** Biologie animale

**Option :** Physiologie Animale Appliquée à la Santé et l'Environnement

## Titre

**Diversité des communautés de syrphes  
(Diptera : Syrphidae) dans différents types d'habitats  
dans la région de Tébessa : implications pour la  
conservation**

Présentée par : M<sup>me</sup>. MEBARKIA Nadjoua

Devant le jury :

Pr. TINE-DJEBBAR Fouzia	Université de Tébessa	Présidente
Dr. NEFFAR Souad	Université de Tébessa	Promotrice
Dr. DJELLAB Sihem	Université de Tébessa	Co-promotrice
Dr. BOUABIDA Hayette	Université de Tébessa	Examinatrice
Pr. HOUHAMDI Moussa	Université de Guelma	Examineur
Dr. ATOUSSI Sadek	Université de Guelma	Examineur

Année universitaire : 2019/2020

*À mes très chers parents*

*Votre soutien et votre encouragement m'ont  
toujours donné de la force pour persévérer et pour prospérer dans la  
vie*

*Chaque ligne de cette thèse, chaque mot et chaque lettre exprime ma  
gratitude*

*À tous ceux qui me sont chers*

*Nadjoua*

## **Remerciements**

*Je remercie en premier lieu, **Dieu** Tout Puissant de m'avoir doté du courage, de la force et des capacités nécessaires pour pouvoir réaliser cette thèse.*

*En second lieu, **Dr. Neffar** et **Dr. Djellab** qui ont accepté de m'encadrer, d'abord pour un mémoire de master et ensuite pour une thèse de doctorat. Merci pour les années de formation durant lesquels vous m'avez toujours soutenues.*

*Je souhaite d'abord adresser de chaleureux remerciements à ma directrice de thèse **Dr. Neffar Souad**. Je la remercie pour sa disponibilité, pour la confiance et l'autonomie qu'elle m'a accordée, j'aimerai aussi la remercier pour ses qualités pédagogiques et scientifiques, sa franchise et sa sympathie, pour ses précieux conseils et pour toutes les heures qu'elle a toujours consacrées à diriger cette recherche.*

*J'ai bénéficié au cours de ma thèse d'un encadrement de qualité. En effet, elle a toujours pris du temps pour m'expliquer, discuter et échanger. Son énergie et sa confiance ont été des éléments moteurs pour moi. C'est pourquoi je tiens à lui témoigner ici ma plus sincère gratitude pour tout ce qu'elle m'a appris et pour tout le temps qu'elle m'a consacré. **Merci infiniment.***

*Je tiens aussi à exprimer mes sincères remerciements à ma co-encadrante **Dr. Djellab Sihem**, pour son attention de tout instant sur mes travaux, pour ses conseils avisés et pour les nombreux encouragements qu'elle m'a toujours prodigués.*

*Je la remercie de m'avoir permis de découvrir plus en profondeur le monde des syrphidés et pour toutes les connaissances qu'elle m'a fournies. Au-delà de ses qualités professionnelles, ses qualités humaines d'écoute et de gentillesse ont rendu le travail à ses côtés toujours agréables, **sincèrement merci.***

*Je tiens également à présenter mes vifs remerciements aux membres du Jury qui ont accepté d'évaluer ce travail ; leurs critiques et leurs remarques éclairées vont, sans aucun doute, largement contribuer à améliorer ma thèse.*

*Je dédie un merci particulier à **Dr. Amri Cherine**, pour son aide précieuse en statistiques et pour ses encouragements tout au long de ce travail.*

*J'associe à ces remerciements **M<sup>me</sup> Hioun Soraya** pour l'identification des plantes et **Dr. Chenchouni Haroun** pour leur précieuse aide.*

*Un énorme merci à ma famille et surtout à mes parents pour leur soutien moral, leurs encouragements et leur patience durant la réalisation de ce travail.*

*Je tiens à remercier mon mari, **Houcine**, pour sa présence, son soutien, sa patience, de savoir trouver les mots justes dans les moments les plus difficiles, et bien entendu pour son amour.*

*Une douce pensée à tous (tes) mes amis (es) qui m'ont soutenue, de près ou de loin, dans la réalisation de ce travail.*

*À vous tous, encore une fois du fond du cœur, mille merci ! Aujourd'hui et grâce à vous, je peux tourner une page pour en ouvrir une autre !*

*Hadjoua*

## Résumé

Les syrphidés représentent un modèle biologique original et pertinent, fournissant des services écosystémiques cruciaux au stade larvaire et adulte. L'objectif de ce travail est : (i) inventorier les espèces de syrphidés dans une région semi-aride (Tébessa, Algérie) au sein de six habitats : une zone riparienne polluée (ZRP) et non polluée (ZRNP), une pépinière (PE), une haie de cyprès (HC), une plantation de figuier de Barbarie (PFB) et une oliveraie (OL), (ii) évaluer la diversité globale et stationnelle des communautés de syrphes (diversité alpha et bêta), (iii) estimer l'effort d'échantillonnage fourni et enfin (iv) mettre l'accent sur les facteurs environnementaux impliqués dans leur distribution.

Durant une année entière (2016-2017) et dans chaque station, une collecte régulière (chaque quinzaine) des syrphidés à l'aide d'un filet entomologique est réalisée. Les paramètres d'évaluation ciblés sont : la richesse spécifique, l'abondance relative, les indices de diversité Shannon, Simpson et l'équitabilité, les indices de similitude, les courbes de raréfaction et d'extrapolation et l'indice de bio-indication. Un phénogramme a été également établi.

Les résultats obtenus ont permis de recenser 37 espèces dont 5 sont nouvelles pour l'entomofaune de l'Algérie et une (01) pour le Nord d'Afrique. Il s'agit de l'*Eupeodes nuba*, *Eumerus obliquus*, *Paragus vandergooti*, *Platycheirus ambiguus* et l'*Eumerus etnensis*. En terme d'abondance et de richesse spécifique, la différence est bien marquée entre les stations avec la prédominance de l'*Eristalis arbustorum* (23,10%), suivie par *Syrirta pipiens* et *Sphaerophoria scripta* avec 16,25 % et 15,23 %, respectivement.

La matrice de similitude établie à partir des indices qualitatif et quantitatif montre une forte ressemblance entre les stations supérieur à 50%, tandis que les indices de diversité Shannon, d'équitabilité et de Simpson révèlent que les stations ZRNP, ZRP et PE sont les plus diversifiées ( $H'$  varie entre 2,29 et 2,40 bits, E entre 0,73 et 0,74 et 1-D entre 0,84-0,86).

L'estimateur non paramétrique (Chao1) et les courbes de raréfaction et d'extrapolation indiquent qu'un effort d'échantillonnage supplémentaire est nécessaire, afin d'établir un inventaire assez complet pour la zone d'étude et les deux stations (PFB et PE).

Vis-à-vis des facteurs environnementaux étudiés, la richesse spécifique et l'abondance des syrphidés ont subi un effet significativement positif ( $P < 0,05$ ) de la température et du couvert végétal et un autre négativement significatif ( $P < 0,05$ ) des précipitations et de la vitesse du vent.

Enfin, le calcul de IndVal nous a permis de mettre en exergue les espèces bio-indicatrices pour deux habitats (la pépinière et la zone riparienne polluée). Il s'agit de : *Eumerus barbarus*, *Eristalis arbustorum*, *Eristalis tenax*, *Eristalinus aeneus* et *Paragus quadrifasciatus*.

**Mots clés :** Algérie, semi-aride, Syrphidae, biodiversité, facteurs environnementaux, bio-indication.

**Abstract**

Syrphids represents an original and relevant biological model, providing crucial ecosystem services in larval and adult stages. The aim of this study is: (i) to inventory the species of hoverflies in a semi-arid region (Tebessa, Algeria) within six habitats: a polluted (ZRP) and unpolluted (ZRNP) riparian zones, a plant nursery (PE), a cypress hedge (HC), a prickly pear plantations (PFB), and an olive orchard (OL), (ii) to evaluate the global and stationary diversity of hoverfly communities (alpha and beta diversity), (iii) to estimate the sampling effort provided and finally (iv) to focus on the environmental factors involved in their distribution.

During a whole year (2016-2017) in each station, a regular collection (fortnightly) of hoverflies was carried out by using an entomological net. The targeted evaluation parameters are: species richness, relative abundance, Shannon, Simpson and equitability index of diversity, similarity index, rarefaction and extrapolation curves and bio-indication index. A phenogram was also established.

The obtained results allowed the identification of 37 species, 5 of which are new to the entomofauna of Algeria and one (01) to North Africa. These are *Eupeodes nuba*, *Eumerus obliquus*, *Paragus vanderghooti*, *Platycheirus ambiguus* and *Eumerus etnensis*. In terms of abundance and species richness, there is a marked difference between stations with the predominance of *Eristalis arbustorum* (23,10%), followed by *Syrirta pipiens* and *Sphaerophoria scripta* with 16,25% and 15,23% respectively.

The similarity matrix established from the qualitative and quantitative indices showed a strong similarity between stations, greater than 50%, while the Shannon, equitability and Simpson diversity index revealed that ZRNP, ZRP and PE stations are the most diversified ( $H'$  varied between 2,29 and 2,40 bits,  $E$  between 0,73 and 0,74 and  $1-D$  between 0,84-0,86).

The non-parametric estimator (Chao1), the rarefaction and extrapolation curves indicated that an additional sampling effort is necessary, in order to establish a fairly complete inventory for the study area and the two stations (PFB and PE).

Regarding the studied environmental factors, the species richness and abundance of syrphids were subject to a significantly positive effect ( $P < 0,05$ ) of temperature and vegetation cover and another negative effect ( $P < 0,05$ ) of precipitation and wind speed.

Finally, the calculation of IndVal allowed us to highlight the bio-indicator species for two habitats (the nursery and the polluted riparian zone). They are: *Eumerus barbarus*, *Eristalis arbustorum*, *Eristalis tenax*, *Eristalinus aeneus* and *Paragus quadrifasciatus*.

**Keywords:** Algeria, semi-arid, Syrphidae, biodiversity, environmental factors, bio-indication.

## ملخص

تمثل السرفيدات نموذجًا بيولوجيًا هامًا ومناسبًا إذ توفر اليرقات والبالغات خدمات للنظام البيئي الحيوي. و نهدف من خلال هذه الدراسة إلى: (1) جرد أنواع السرفيدات في منطقة شبه قاحلة (تبسة، الجزائر) مقسمة إلى ستة مواقع: ضفة نهر غير ملوثة (ZRNP)، مشتلة (PE)، ضفة نهر ملوثة (ZRP)، حقل زيتون (OL)، حقل تين شوكي (PFB) وتحوط أشجار السرو (HC)، (2) تقييم تنوع السرفيدات في المنطقة و محطات الدراسة (تنوع ألفا وبيتا)، (3) تقييم جهود أخذ العينات المقدمة (4) و في الأخير التركيز على تأثير العوامل البيئية المشاركة في توزيع السرفيدات.

خلال عام كامل (2016-2017) وفي كل منطقة تم إجراء جرد منتظم للسرفيدات (كل أسبوعين) باستخدام شبكة حشرية. معايير التقييم المستهدفة في هذه الدراسة هي: الثراء النوعي، الوفرة النسبية، مؤشرات التنوع Shannon-Simpson والتوازن، مؤشرات التشابه، منحنيات الندرة والإستقراء والمؤشرات الحيوية بالإضافة إلى الفينوجرام.

أدت النتائج المتحصل عليها إلى تحديد 37 نوعًا، منها (05) أنواع جديدة بالنسبة للجزائر وواحدة (01) بالنسبة لشمال إفريقيا و هي: *Eumerus obliquus* و *Eupeodes nuba* و *Paragus vandergooti* و *Platycheirus ambiguus* و *Eumerus* *etnensis* كان الفارق واضحًا بين المحطات من حيث الوفرة و ثراء الأنواع مع هيمنة *Eristalis arbustorum* بنسبة (23,10%) تليها *Syrirta pipiens* و *Spherophoria scripta* بنسبتي 16,25% و 15,23% على التوالي.

تُظهر مصفوفة التشابه أن المؤشرات النوعية والكمية لها تشابهًا قويًا بين المحطات أكبر من 50%، بينما تُظهر مؤشرات تنوع Shannon والتوازن و Simpson أن محطات ZRNP و ZRP و PE هي الأكثر تنوعًا ( $H'$  تتراوح بين 2,29 و 2,40 و E بين 0,73 و 0,74 و 1-D بين 0,84 و 0,86).

يشير مقدر ثراء الأنواع (Chao1) و منحنيات الندرة و الإستقراء إلى ضرورة تحسين جهد أخذ العينات من أجل إنشاء جرد كامل للسرفيدات في منطقة الدراسة بصفة عامة والمحطتين PFB و PE بصفة خاصة.

فيما يتعلق بالعوامل البيئية المدروسة، يخضع كلا من الثراء النوعي ووفرة السرفيدات للتأثير إيجابي ( $P < 0,05$ ) لدرجة الحرارة و نسبة الغطاء النباتي و آخر سلبي ( $P < 0,05$ ) نتيجة لنسبة تساقط الأمطار وسرعة الرياح.

وفي الأخير أثبتت نتائج IndVal أن الأنواع *Eumerus barbarus* و *Eristalis arbustorum* و *Eristalis tenax* و *Eristalinus aeneus* و *Paragus quadrifasciatus* عبارة عن مؤشرات بيولوجية لكلا المحطتين (المشتلة و ضفة النهر الملوثة).

**الكلمات المفتاحية:** الجزائر، شبه قاحلة، السرفيدات، التنوع البيولوجي، العوامل البيئية، المؤشرات البيولوجية.

**Table des matières**

Résumé .....	i
Abstract .....	ii
ملخص .....	iii
Table des matières.....	iv
Liste des tableaux.....	vii
Liste des figures.....	viii
Liste des abréviations.....	x
Production et activités scientifiques.....	xi
Introduction générale.....	1

**Chapitre I : Etat de l'art**

1. Les syrphidés : quoi de particulier ?.....	5
1.1 Caractères morphologiques .....	5
1.1.1 Adulte .....	5
1.1.2 Larve.....	9
1.1.3 Puce.....	10
1.1.4 Oeuf.....	10
1.2 Cycle de vie des syrphidés.....	11
1.3 Bio-écologie.....	12
1.3.1 Biotopes recherchés et régime alimentaire.....	12
1.3.1.1 Adultes.....	12
1.3.1.2 Larves .....	12
1.4 Quels sont les services rendus par les syrphidés ?.....	13
1.4.1 Impact positif.....	13
1.4.1.1 Pollinisation .....	13
1.4.1.2 Prédation .....	14
1.4.1.3 Excellents bio-indicateurs.....	14
1.4.2 Impact négatif.....	14
2. Facteurs influençant la distribution des syrphidés .....	15
2.1 Types d'habitats (diversité végétale).....	15
2.2 Facteurs climatiques .....	16

**Chapitre II : Matériel et méthodes**

1. Description de la zone et des stations d'étude.....	19
1.1 Situation géographique de la zone d'étude.....	19
1.2 Relief .....	19
1.3 Couvert végétal.....	20

1.4	Climat .....	20
1.5	Choix et présentation des stations d'étude .....	24
1.5.1	Zone riparienne non polluée (source de Youkous) .....	25
1.5.2	Pépinière.....	25
1.5.3	Zone riparienne polluée (canal d'eaux usées).....	25
1.5.4	Oliveraie .....	25
1.5.5	Plantation de figuier de Barbarie ( <i>Opuntia ficus-indica</i> L. Mill).....	25
1.5.6	Haie de cyprès .....	26
2.	Méthodologie .....	27
1.2	Capture et collecte des syrphidés.....	27
1.3	Traitement au laboratoire.....	27
1.4	Estimation du taux de recouvrement végétal.....	28
3.	Méthodes d'exploitation des données .....	29
3.1	Indices de composition (Diversité $\alpha$ ).....	29
3.1.1	Richesse spécifique totale (S) .....	29
3.1.2	Abondance relative (AR%) .....	29
3.1.3	Fréquence d'occurrence (C%).....	30
3.2	Indices de structure (Diversité $\alpha$ ).....	30
3.2.1	Indice de diversité de Shannon ( $H'$ ).....	30
3.2.2	Equitabilité de Pielou (équirépartition) (E).....	31
3.2.3	Indice de diversité Simpson .....	31
3.3	Estimation de l'effort d'échantillonnage .....	32
3.4	Indices de similarité (Diversité $\beta$ ) .....	32
3.4.1	Indice $\beta$ de Sørensen .....	32
3.4.2	Indice de Morisita-Horn .....	33
3.4.3	Diagramme de Venn.....	33
3.4.4	Détection des espèces indicatrices (IndVal).....	33
3.5	Analyses statistiques multivariées .....	34
3.5.1	Modèle linéaire mixte et généralisé (GLMM) .....	34
<b>Chapitre III : Résultats</b>		
1.	Liste systématique des espèces recueillies dans la zone d'étude .....	36
2.	Caractérisation biocénotique globale de la syrphidofaune.....	36
2.1	Richesse spécifique (S) et abondance totale (N) .....	36
2.2	Abondance relative, occurrence et statut trophique.....	38
2.3	Indices de diversité : Shannon ( $H'$ ), Pielou (E) et Simpson (1-D).....	41
2.4	Similitude entre les stations d'étude .....	42
2.4.1	Indices de Sørensen et Morisita –Horn .....	42

2.4.2	Diagramme de Veen (Similarité spatio-temporelle) .....	43
2.4.3	Analyse des espèces indicatrices (IndVal) .....	45
3.	Variation saisonnière des traits biocénotiques dans chaque station d'étude .....	46
3.1	Zone riparienne non polluée (ZRNP) .....	46
3.1.1	Richesse (S) et abondance totale (N) .....	46
3.1.2	Fréquence d'occurrence (C%).....	46
3.1.3	Indices de diversité ( $H'$ , E, 1-D) .....	46
3.2	Pépinière (PE).....	48
3.2.1	Richesse (S) et abondance totale (N) .....	48
3.2.2	Fréquence d'occurrence (C%).....	48
3.2.3	Indices de diversité ( $H'$ , E, 1-D) .....	48
3.3	Zone riparienne polluée (ZRP) .....	50
3.3.1	Richesse (S) et abondance totale (N) .....	50
3.3.2	Fréquence d'occurrence (C%).....	50
3.3.3	Indices de diversité ( $H'$ , E, 1-D) .....	50
3.4	Oliveraie (OL) .....	52
3.4.1	Richesse (S) et abondance totale (N) .....	52
3.4.2	Fréquence d'occurrence (C%).....	52
3.4.3	Indices de diversité ( $H'$ , E, 1-D) .....	52
3.5	Plantation de figuier de Barbarie .....	54
3.5.1	Richesse (S) et abondance totale (N) .....	54
3.5.2	Fréquence d'occurrence (C%).....	54
3.5.3	Indices de diversité ( $H'$ , E, 1-D) .....	54
3.6	Haie de cyprès (HC) .....	56
3.6.1	Richesse (S) et abondance totale (N) .....	56
3.6.2	Fréquence d'occurrence (C%).....	56
3.6.3	Indices de diversité ( $H'$ , E, 1-D) .....	56
4.	Estimation de la richesse spécifique (raréfaction et extrapolation).....	58
5.	Phénologie des espèces recensées .....	61
6.	Effet des facteurs environnementaux considérés sur l'abondance et la richesse spécifique des syrphidés .....	62
<b>Chapitre IV : Discussion générale, conclusion et perspectives</b>		
1.	Les syrphes : une vue d'ensemble sur la région d'étude.....	64
2.	Les syrphes : une vue de près (Description par station).....	70
3.	Relation des syrphes avec les facteurs environnementaux.....	76
	Références bibliographiques.....	80
	Annexes.....	93

***Liste des tableaux***

**Tableau 01.** Les moyennes mensuelles des températures T (°C), des précipitations P (mm) et de la vitesse du vent (km/h) durant la période d'étude (1972-2017)..... 24

**Tableau 02.** Liste systématique des espèces de syrphidés inventoriées dans la zone d'étude.37

**Tableau 03.** Abondance relative, occurrence et statut trophique des espèces inventoriées dans la zone d'étude.. ..... 41

**Tableau 04.** Indices de Sørensen (%) et de Morisita-Horn (%) appliqués sur les six stations d'étude. .... 43

**Tableau 05.** Liste des espèces bio-indicatrices de la zone d'étude. .... 45

**Tableau 06.** Effet des facteurs environnementaux considérés sur l'abondance et la richesse des syrphidés testé par le GLMM..... 62

Liste des figures

<b>Figure 01.</b> Corps d'un syrphe .....	8
<b>Figure 02.</b> Les différentes formes des larves de syrphidés.....	9
<b>Figure 03.</b> Cycle de vie d' <i>Episyrphus balteatus</i> .....	11
<b>Figure 04.</b> Situation géographique de la zone d'étude avec les types de bioclimats. ....	19
<b>Figure 05.</b> Variations mensuelles des précipitations dans la région d'étude durant la période (1972-2017).....	21
<b>Figure 06.</b> Variations mensuelles des températures dans la région d'étude durant la période (1972-2017).....	21
<b>Figure 07.</b> Abaque de l'indice d'aridité de De Martonne.....	22
<b>Figure 08.</b> Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région d'étude durant la période (1972-2017).....	22
<b>Figure 09.</b> Projection de la zone d'étude sur le climagramme d'Emberger. ....	23
<b>Figure 10.</b> Diagramme ombrothermique établi pour l'année de l'étude (2016-2017). ....	24
<b>Figure 11.</b> Stations d'études. ....	26
<b>Figure 12.</b> Exemple de positionnement des transects dans une station d'étude.....	27
<b>Figure 13.</b> Méthode des points-quadrats. ....	29
<b>Figure 14.</b> Variation de la richesse spécifique totale dans les six stations d'étude. ....	38
<b>Figure 15.</b> Variation spatiale de l'abondance totale dans les six stations d'étude. ....	38
<b>Figure 16.</b> Carte thermique représentant les abondances relatives des syrphidés échantillonnés dans la zone et les stations d'étude.....	40
<b>Figure 17.</b> Variation spatiale des indices de diversité Shannon, Simpson et l'équitabilité. ....	42
<b>Figure 18.</b> Diagramme de Venn en six séries illustrant les espèces de syrphidés répertoriées dans les six habitats étudiés.....	44
<b>Figure 19.</b> Diagramme de Venn appliqué à l'affinité saisonnière des syrphidés dans les stations d'étude.....	45
<b>Figure 20.</b> Paramètres biocénotiques de composition et de structure appliqués aux syrphidés de la 1ère station (ZRNP).....	47
<b>Figure 21.</b> Paramètres biocénotiques de composition et de structure appliqués aux espèces de la 2ème station (PE) .....	49
<b>Figure 22.</b> Paramètres biocénotiques de composition et de structure appliqués aux espèces de la 3ème station (ZRP).....	51
<b>Figure 23.</b> Paramètres biocénotiques de composition et de structure appliqués aux espèces de	

la 4ème station (OL).....	53
<b>Figure 24.</b> Paramètres biocénétiques de composition et de structure appliqués aux espèces de la 5ème station (PFB).....	55
<b>Figure 25.</b> Paramètres biocénétiques de composition et de structure appliqués aux espèces de la 6ème station (HC) .....	57
<b>Figure 26.</b> Richesse spécifique observée et estimée (SJack1 et SChao1 estimateurs de premier ordre) des syrphidés dans la zone et les stations d'études.....	59
<b>Figure 27.</b> Courbes de raréfaction (ligne continue) et d'extrapolation (ligne pointillée) de la richesse spécifique prédite des syrphidés dans la zone d'étude .....	59
<b>Figure 28.</b> Courbes de raréfaction (ligne continue) et d'extrapolation (ligne pointillée) de la richesse spécifique prédite des syrphidés dans les stations d'études. ....	60
<b>Figure 29.</b> Phénogramme des espèces recensées dans toutes les stations inventoriées durant l'année 2016-2017.....	61

*Liste des abréviations*

**CIBIO** : Centro Iberoamericano de la Biodiversidad. Centre de biodiversité d'Alicante (Espagne).

**GLMM** : Modèle linéaire généralisé mixte.

**HC** : Haie de cyprès.

**OL** : Oliveraie.

**PE** : Pépinière.

**PFB** : Plantation de figuier de Barbarie.

**ZRNP** : Zone riparienne non polluée.

**ZRP** : Zone riparienne polluée.

***Production et activités scientifiques***

**Articles publiés**

- Mebarkia, N.**, Neffar, S., Djellab, S., Ricarte, A., & Chenchouni, H. (2020). New records, distribution and phenology of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in semi-arid habitats in northeastern Algeria. *Oriental Insects*, 1-30. Doi : 10.1080/00305316.2020.1749906
- Djellab, S., **Mebarkia, N.**, Neffar, S., & Chenchouni, H. (2019). Diversity and phenology of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in pine forests (*Pinus halepensis* Miller) of Algeria. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(3), 766-777. Doi: 10.1016/j.aspen.2019.05.012
- Ameur, N., Adjroudi R., Si Bachir, A., **Mebarkia, N.** (2019). Diversity and distribution patterns of land snails in the arid region of Batna (North East Algeria). *Ecology, environment, and conservation*. 25(4), 27-34.

**Communications scientifiques**

- Nadjoua Mebarkia**, Sihem Djellab, Souad Neffar. Diversity of Syrphidae (Diptera) communities in three anthropized environments in "Tebessa" northeastern Algeria. « 29<sup>ème</sup> congrès international des sciences biologiques et de biotechnologie de l'ATSB » en Sousse –Tunisie. (2018).
- Nadjoua Mebarkia**, Sihem Djellab, Souad Neffar. Phenology and diversity of Syrphidae in two gardens in semi-arid region Tebessa -Algeria-. "Troisième colloque national sur la biodiversité en Algérie" à Oum El Bouaghi. Algérie. (2018).
- Sihem Djellab, **Nadjoua Mebarkia**, Haffaressas Besma, Antonio Ricarte & Boudjemaa Samraoui. The Hoverflies of Algeria (Diptera: Syrphidae): Biodiversity and Conservation. 10th International Symposium on Syrphidae » à Lesbos, Grèce. (2019).
- Nadjoua Mebarkia**, Souad Neffar Sihem Djellab. Hoverflies (Diptera: Syrphidae) fauna in three semi-arid habitat types: inventory and distribution. Le 1<sup>er</sup> Séminaire National Sur : Etat de la biodiversité dans les parcours steppiques : inventaire et valorisation. Tébéssa. (2019).
- Sihem Djellab, **Nadjoua Mebarkia**, Haffaressas Besma, Antonio Ricarte, Boudjemaa Samraoui. Check-list des Syrphidés (Insecta : Diptera) de l'Algérie : Mise à jour des inventaires et répartition géographique. Le 1<sup>er</sup> Séminaire National Sur : Etat de la biodiversité dans les parcours steppiques : inventaire et valorisation. Tébéssa. (2019).

- Nadjoua Mebarkia**, Souad Neffar Sihem Djellab. Syrphidae (Diptera) of semi-arid lands in northeastern Algeria including new records for Algerian and North African hoverfly fauna. Journée nationale sur : La biodiversité, des gènes aux écosystèmes : méthodes innovantes d'évaluation (JSNB). Tébessa. (2019).
- Nadjoua Mebarkia**, Souad Neffar Sihem Djellab. Étude du peuplement Syrphidae (Ordre : Diptera) dans la région de Tébessa, Algérie. La 3<sup>ème</sup> Conférence méditerranéenne de la biodiversité entre enjeux environnementaux et socio-économiques (BIODIV). Hammamet, Tunisie. (2019).
- Nadjoua Mebarkia**, Souad Neffar, Sihem Djellab. La sous famille des Eristalinae (Diptera, Syrphidae), indicatrice de la qualité des milieux aquatiques. Journée d'étude Zones Humides et Changements climatiques 1<sup>ère</sup> édition. Souk-ahras, Algérie. (2020).

**Projet de recherche**

Membre dans un projet de recherche PRFU, dont le titre est : les entomophages des milieux steppiques dégradés et salés : diversité et potentialités des habitats. Le projet est sous la direction de Dr. Neffar Souad. Code du projet : D01N01UN120120180001.

# *Introduction générale*



Les insectes constituent le groupe d'êtres vivants numériquement le plus important, puisqu'ils regroupent à peu près la moitié des espèces vivantes décrites et les trois quarts de celles du monde animal (Sauvion *et al.*, 2013). Cette profusion tient en leur grande capacité d'adaptation, en colonisant actuellement toutes les terres du globe, des zones les plus arides (les déserts) aux zones les plus froides (la banquise). Selon Chinery (2012), ils ont un impact considérable sur l'environnement, même si leur taille reste assez modeste : de quelques dixièmes de millimètres à plus de trente centimètres de long.

Parmi les insectes, l'ordre des diptères est le plus important et le plus diversifié au monde (Skevington et Dang, 2002). Il regroupe entre 120 000 et 160 000 espèces nommées appartenant à environ 150 familles (Ssymank *et al.*, 2008), représentant environ 10 % de toutes les espèces animales connues (Duvallet *et al.*, 2017). Leur diversité revient à leur morphologie, leur écologie et leur importance en entomologie (Speight *et al.*, 2007). Ce groupe comprend des espèces désignées par les noms vernaculaires de mouches, syrphidés, moustiques, taons, etc.

Les plantes et les insectes constituent une grande partie de la biodiversité globale, et les indications de modèles de variation de la richesse en espèces entre ces deux groupes (Basset *et al.*, 2012, Zheng *et al.*, 2019) ont donné un nouvel élan pour la recherche d'espèces indicatrices pour surveiller la biodiversité et la santé d'un écosystème (Schuldt *et al.*, 2019). D'après Rotheray et Gilbert (2011), la famille des syrphidés (Syrphidae) constitue un exemple de candidat remplissant convenablement ce rôle, à cause du large éventail d'adaptations, lui permettant l'exploitation d'une multitude d'habitats et de micro-habitats.

### **Qu'est ce qui démarque les syrphidés des autres insectes ?**

Ce groupe d'insectes semble très important écologiquement car :

- ils couvrent une gamme d'écosystèmes extrêmement large. Les différentes espèces peuvent fournir des informations sur toutes les strates des différents milieux, notamment les agro-écosystèmes, représentant à la fois les cultures, les haies, les jardins... (Jean *et al.*, 2011),

- ils ont un rôle non négligeable dans la pollinisation de nombreuses plantes économiquement importantes (Rotheray et Gilbert, 2011 ; Speight, 2017),

- ils ont un grand potentiel de bio-indication environnementale, par leurs exigences écologiques spécialisées au stade larvaire, en ayant une variété d'habitudes alimentaires et une occupation de différents micro-habitats (Castella *et al.*, 2008 ; Speight *et al.*, 2018).

D'après Zheng *et al.* (2019), il existe plus de 6100 espèces de syrphidés identifiées à travers le monde avec 920 espèces en Europe (Langlois et Chaigne, 2019). Au Maghreb et en particulier l'Algérie, l'étude concernant cette faune est fragmentaire, et donc insuffisante. Jusque-là, les travaux se réduisent à ceux de Lucas (1849), Becker (1907), Séguy (1961), Hurkmans (1993) et Dirickx (1994). À partir des années 1990, un effort long et soutenu a été déployé par des travaux couvrant la région d'El Kala, étendus ultérieurement à la région de Tébessa (Djellab *et al.*, 2013 ; Djellab *et al.*, 2019) et à la région de Guelma (Haffaressas *et al.*, 2017).

La présente étude poursuit les efforts d'actualisation de la liste des espèces caractéristiques d'une région semi-aride, en essayant de combler le manque d'informations lié aux patterns de distribution, selon le type d'habitat et les facteurs écologiques intervenants.

Cette contribution a eu lieu dans six habitats situés dans la région de Tébessa (Nord-Est de l'Algérie) durant l'année (2016 - 2017). Les stations ciblées sont : une zone riparienne non polluée, une zone riparienne polluée, une pépinière, une plantation de figuier de Barbarie, une haie de cyprès et une oliveraie. Ces habitats diffèrent selon le type d'occupation et donc le végétal dominant et le degré d'intervention de l'homme à travers l'état de salubrité entre pollué et sain pour les milieux aquatiques et le niveau d'entretien ou d'abandon pour les vergers.

La question principale abordée dans cette thèse est la suivante : les syrphidés sont-ils affectés par l'environnement général ou stationnel lié au type d'habitat ?

Les objectifs fixés sont :

- (i) Faire un état des lieux de la diversité dans toute la zone d'étude durant l'année 2016-2017, indépendamment du type de l'habitat,
- (ii) Evaluer la diversité alpha et bêta,
- (iii) Estimer l'effort d'échantillonnage dans la zone et selon chaque type d'habitat et,
- (iv) Etablir les liens entre ce groupe d'insectes et les facteurs environnementaux.

Quelques hypothèses en découlent :

**Hypothèse (01)** : la diversité des syrphes varie avec le type d'habitat.

**Hypothèse (02)** : l'effort d'échantillonnage est suffisant dans la zone et dans chaque habitat.

**Hypothèse (03)** : étant sous un climat semi-aride, les syrphes sont plus affectés par le manque de végétation (faible taux de recouvrement) que par les facteurs climatiques.

Le manuscrit est structuré en quatre chapitres :

- une *introduction* incluant les objectifs sous-tendant la présente étude, et émettant les hypothèses de base.
- le *premier chapitre* constitue un aperçu bibliographique sur la biologie, l'écologie des syrphidés et les facteurs influençant leur distribution.
- le *deuxième chapitre* décrit les stations d'étude, la méthodologie adoptée sur le terrain et au laboratoire, les paramètres d'évaluation et les traitements statistiques appropriés.
- le *troisième chapitre* « Résultats » présente dans un premier temps l'évaluation de la biodiversité en ayant recours à quelques indices écologiques, l'estimation de l'effort d'échantillonnage, le statut trophique des espèces et la phénologie et dans un second temps, établissement de lien entre les facteurs environnementaux et ce groupe d'insectes.
- le *quatrième chapitre* « Discussion générale, conclusion et perspectives » vise à confronter les résultats obtenus à la lumière des objectifs initiaux du travail, reprend les messages essentiels, souligne les limites du travail et propose des recommandations, suivies par l'ensemble de références bibliographiques et des annexes.

# *Chapitre 01. Etat de l'art*



## 1. Les syrphidés : quoi de particulier ?

Les Syrphidae ou syrphidés, sont des insectes appartenant à l'ordre des diptères et au sous-ordre des brachycères cyclorhaphes. Ils englobent trois sous-familles : Eristalinae, Syrphinae et Microdontinae rattachées à 14 tribus : Bacchini, Callicerini, Cerioidini, Chrysogastrini, Eristalini, Eumerini, Milesiini, Paragini, Pipizini, Rhingiini, Spheginobacchini, Syrphini, Volucellin et Toxomerini (Mengual *et al.*, 2015). La richesse de ce groupe, à la grande capacité de coloniser divers habitats, à l'exception des milieux cavernicoles et pleines eaux, s'évalue à plus de 6100 espèces (Zheng *et al.*, 2019). De nombreux syrphidés imitent souvent les formes, les couleurs et les comportements de certaines espèces d'hyménoptères (bourdons, abeilles, guêpes...). Ils sont repérables par leur caractéristique vol stationnaire (Sarhou et Speight, 2005).

### 1.1 Caractères morphologiques

La famille des syrphidés associe des caractéristiques biologiques et écologiques propres qui contribuent à leur séparation taxonomique des autres groupes de diptères.

#### 1.1.1 Adulte

Les adultes de cette famille sont extrêmement variés. La longueur totale oscille entre 4 mm, cas de *Paragus haemorrhous* à plus de 24 mm, cas de *Milesia crabroniformis*. Le corps peut être large et robuste (Ex. : *Eristalis tenax*) mais aussi très mince et allongé (Ex. : *Baccha elongata*) (Speight et De Courcy-Williams, 2016).

Comme chez tous les insectes, le corps des syrphidés est formé de trois parties anatomiques : la tête, le thorax et l'abdomen (Fig.1a). Ces trois parties prennent des formes différentes selon la stratégie d'adaptation adoptée par l'espèce pour survivre dans un habitat donné (Verlinden, 1994 ; Ball et Morris, 2015).

En général, la tête a la même largeur que le thorax, avec de grands yeux composés d'une centaine d'unités ou ommatidies. Les yeux sont rouges ou bruns, rarement avec des taches ou des bandes sombres, ou avec des marques irrégulières, sans poils ou recouverts de poils plus ou moins épais (Stubbs et Falk, 2002 ; Van Veen, 2010). Même en regardant la tête d'un adulte, il est souvent possible de déterminer le sexe. En fait, les femelles ont des yeux dichoptiques (séparés à la hauteur du front), tandis que les mâles ont des holoptiques (unis). Cependant, cet élément distinctif entre les deux sexes n'est pas toujours valable. Il existe en

effet des exceptions comme dans les genres *Helophilus*, *Microdon* et *Neoascia*, dont les mâles ont des yeux séparés l'un de l'autre (dichoptique) (Van Veen, 2010).

Les antennes, toujours composées de trois articles, sont implantées entre les yeux. Sur le troisième article antennaire, chaque antenne possède un poil appelé "arista" s'insérant sur la face externe du 3<sup>ème</sup> article ; il s'agit d'un chête (glabre, hirsute ou plumeux), les deux premiers articles d'antenne sont généralement courts par rapport au troisième segment (Sarhou, 1996 ; Ball et Morris, 2015).

Entre les yeux et au-dessus des antennes, se trouve le front, totalement glabre ou plus ou moins recouvert d'une fine pubescence argentée, et dont la partie supérieure forme le vertex qui porte les ocelles, arrangés dans un triangle (Burgio *et al.*, 2015). Les ocelles sont sensibles à la lumière et sont utilisés pour mesurer la durée du jour et réguler l'horloge interne des syrphidés (Speight, 1987 ; Sarhou, 1996). La face se trouve sous les antennes et possède généralement une protubérance centrale plus ou moins saillante : le calus facial (Sarhou, 1996). L'appareil buccal est de longueur variable. Dans sa structure simplifiée, il a la forme d'un proboscis configuré comme une ventouse, à partir duquel sont secrétées des enzymes qui dissolvent les substances sucrées, qui sont ensuite aspirées (Burgio *et al.*, 2015) (Fig. 1b).

Le thorax est constitué de plusieurs pleurs, chacune ayant sa propre terminologie, la présence ou l'absence de pilosité et la coloration sur ces pleurs représente souvent des caractères importants dans la détermination des espèces (Sarhou, 1996 ; Burgio *et al.*, 2015).

Sur le thorax, il y a six pattes et deux ailes insérées sur la plèvre latérale. Les pattes sont constituées de coxa (à la base), trochanter (une petite unité), fémur (l'unité la plus puissante de la patte), tibia et cinq articles ou tarsomères (Speight, 1987 ; Stubbs et Falk, 2002). Le premier et le plus long tarsomère, est le métatarse qui se fixe au tibia, le dernier segment du tarse à des crochets qui aident le syrphidé de s'adhérer à diverses surfaces (Fig. 1c). Les pattes postérieures sont les plus robustes et dans certains genres comme *Brachypalpus*, *Merodon*, *Eumerus* et *Syritta* le fémur postérieur est visiblement renflé avec des épines ventrales caractéristiques (Speight et De Courcy-Williams, 2016).

Les ailes sont bien développées et sont constituées de nervures qui partent de la base de l'aile jusqu'à son extrémité. Les veines transversales fusionnent avec les veines longitudinales pour former des cellules (Fig. 1d) (Séguy, 1961 ; Stubbs et Falk, 2002).

Les principaux critères utilisés lors de la reconnaissance et le tri des syrphidés portent sur les caractéristiques alaires suivantes :

-la présence d'une fausse veine dans la position presque centrale de l'aile, appelée *vena spuria* (simple pli longitudinal plus ou moins sclérifié), qui n'atteint pas l'extrémité de l'aile,

-la présence de *vena spuria* est un caractère suffisant pour distinguer les syrphidés de tous les autres diptères, mais dans de rares cas, elle peut manquer, comme chez les espèces du genre *Eristalinus* et l'espèce *Syrirta flaviventris* (Speight, 1987 ; Speight, 2016) et,

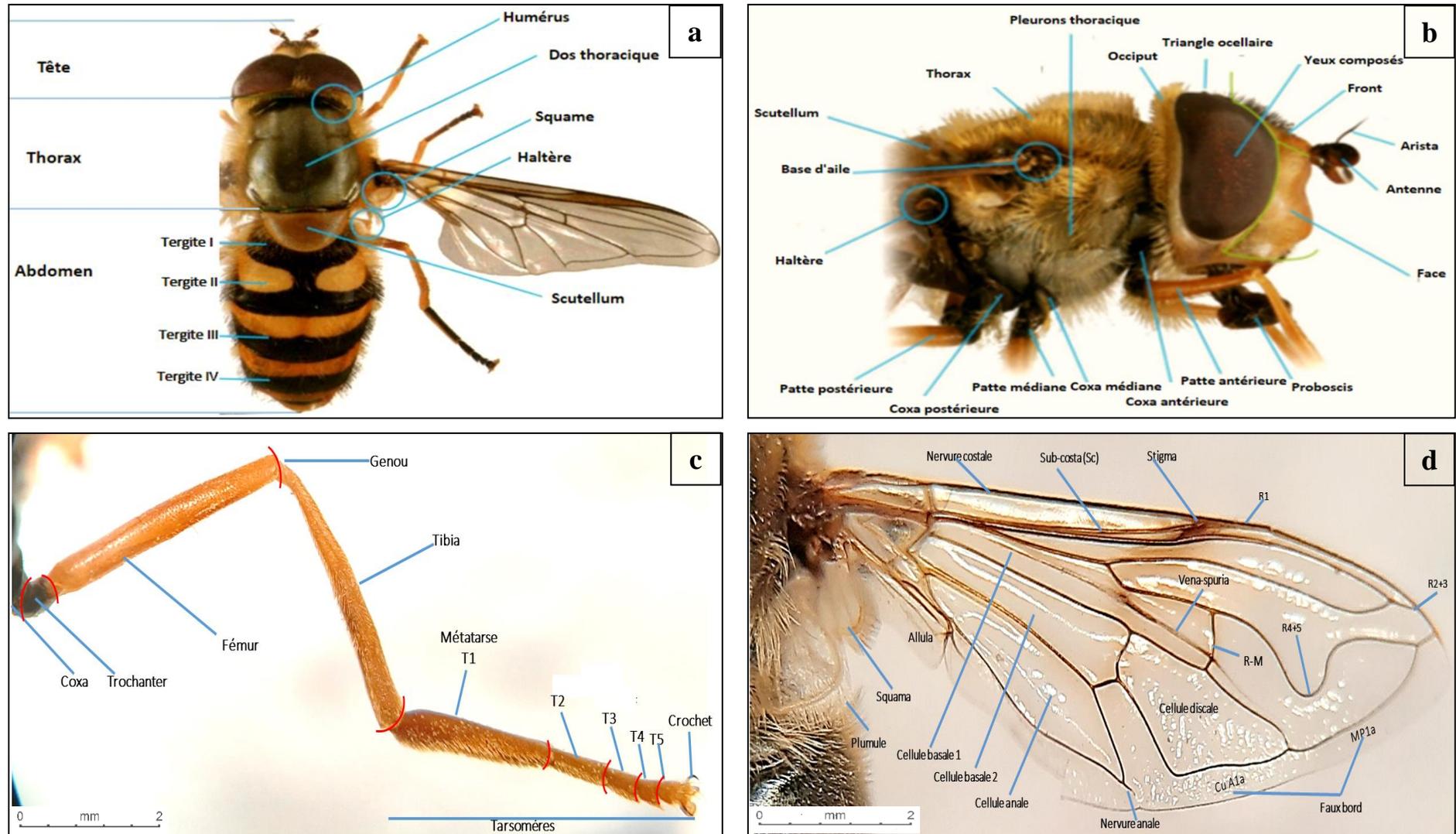
-la présence de deux nervures à l'extrémité apicale de l'aile, plus ou moins parallèles au bord postérieur formant le faux-bord, qui est un critère important à considérer lors d'une identification, mais là encore il y a des exceptions, comme pour les espèces de la tribu des Chrysogasterini et les genres *Eumerus*, *Neoascia* et *Sphegina* dont les nervures sont "en vagues" ou "en marches d'escalier", donc non parallèles au bord postérieur de l'aile (Sarhou et Speight, 2005).

Le thorax, vu de dessus, se termine à l'arrière par une structure semi-circulaire appelée scutellum. La marge du scutellum peut avoir quelques épines comme chez le genre de *Microdon* et chez certains *Paragus* (Stubbs et Falk, 2002).

L'abdomen (Fig.1a) est dans la plupart des cas sub-rectangulaire et allongé, mais il y a des exceptions. Par exemple, certains genres ont un abdomen étroit à la base, semblable à celui de nombreux hyménoptères comme les guêpes et les abeilles. C'est le cas des espèces appartenant aux genres *Neoascia*, *Sphegina* et *Sphiximorpha*, où les premiers et deuxièmes articles abdominaux sont très étroits par rapport aux autres segments (Speight, 2016). Il est composé de différents segments qui sont bien développés et visibles ; chaque segment abdominal est constitué d'une plaque dorsale (tergite) et d'une plaque ventrale (sternite) liées par des téguments (Verlinden, 1994).

Les derniers segments sont rudimentaires et portent ou protègent les genitalia. Le nombre de segments visibles dépend de la sous famille (Sarhou, 1996). À titre d'exemple, chez les Milesiinae, les segments chez le mâle sont au nombre de quatre avant le segment prégénital, alors qu'ils sont au nombre de cinq chez les Syrphinae (Stubbs et Falk, 1983). Il dépend aussi du sexe. Chez la femelle, le segment terminal est courbé sous l'abdomen, sous forme d'une terminaison conique, appelée segment prégénital (Stubbs et Falk, 2002).

L'abdomen et parfois le thorax est souvent marqué de bandes ou taches claires conférant ainsi aux syrphidés « une allure de guêpe, bourdon ou une abeille ». D'autres espèces ont un corps entièrement noir leur donnant l'allure classique « d'une mouche » (Sarhou, 1996 ; Sarhou et Speight, 2005).

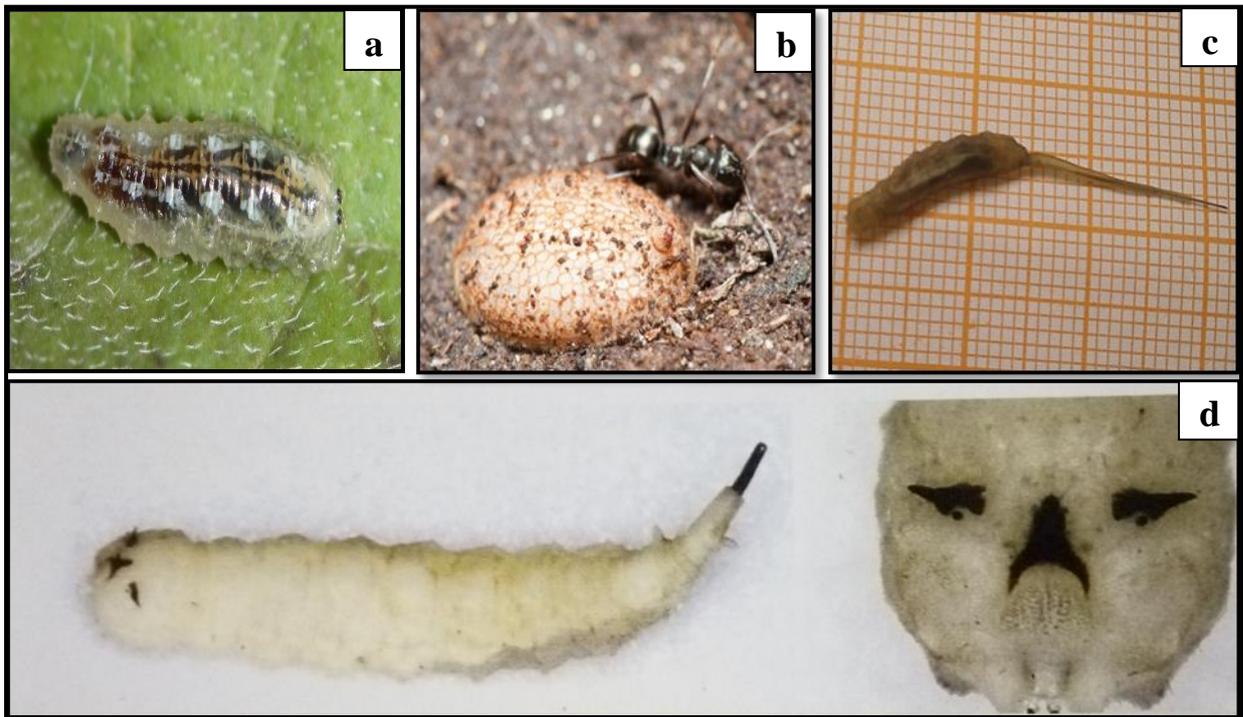


**Figure 01.** Corps d'un syrphe ; a) Vue dorsale d'une espèce de syrphidé ; b) Vue latérale du thorax et la tête ; c) Patte postérieur de *Chrysotuxum intermedium* ; d) Aile d'*Eristalis tenax*. a et b (Ball et Morris, 2015) ; c et d (Clichées Mebarkia, 2018).

### 1.1.2 Larve

Les larves ont généralement un aspect translucide et radicalement différent de celui de l'adulte. Elles sont apodes et acéphales et morphologiquement variées :

- beaucoup d'espèces ont une larve en forme d'asticot (Fig. 2a),
- les larves de *Microdon*, sont décrites comme genre de limaces. Elles sont hémisphériques, se développent dans les fourmilières où elles mangent les larves de fourmis (Fig.2b) (Ball et Morris, 2015),
- la larve « à queue de rat » est une autre forme larvaire de syrphidés. Il s'agit d'une forme aquatique dont la queue est en fait un tube respiratoire télescopique par lequel les larves assurent leur alimentation en air dans une eau souvent désoxygénée (Fig. 2c) (Speight *et al.*, 2007). Chez les larves de certains Milesiini, le prothorax et le mésothorax sont porteurs de forts crochets sclérotisés (Fig. 2d) (Ball et Morris, 2015).
- de nombreuses larves sont relativement bien pigmentées, mais d'autres sont d'un brun pâle uniforme et plus ou moins cylindrique, avec peu de signes distinctifs évidents (Burgio *et al.*, 2015).



**Figure 02.** Les différentes formes des larves de syrphidés. a) Une larve en forme d'asticot ; b) Une larve de *Microdon* en forme de limace ; c) Une larve « à queue de rat » ; d) Vue dorso-latérale et en face des crochets d'une larve. a, b et d (Ball et Morris, 2015) ; c (Clichée Mebarkia, 2018).

Les larves de syrphidés possèdent deux caractéristiques, les différencient des autres larves acéphales de diptères :

- premièrement, l'existence, en position dorso-distale, de deux processus respiratoires fortement sclérifiés et totalement fusionnés chez la larve de troisième stade qui est métapneustique (les stades 1 et 2 étant, pour la majorité de Syrphidae, amphipneustiques comme toutes les larves de diptères prédateurs d'homoptères) (Rotheray, 1993 ; Miranda et Rotheray, 2018).

- deuxièmement, la possibilité pour les larves de rétracter les quatre segments prothoraciques qui de ce fait, présentent de nombreux plis et sillons (Miranda et Rotheray, 2018).

Selon toujours les mêmes sources, les syrphidés passent en général par trois stades larvaires avant la pupation. Ainsi, la durée de la vie larvaire varie énormément entre les espèces à cause de l'hibernation.

### **1.1.3Pupe**

À l'issue du troisième et dernier stade larvaire, la larve cesse de s'alimenter, rejette le méconium (un liquide noir huileux) et cherche un site de nymphose. L'induration de l'exuvie du dernier stade larvaire conduit donc à la formation du puparium à l'intérieur duquel se déroulera la nymphose (Sarhou, 1996).

La pupa se présente le plus souvent sous la forme d'un tonnelet, de couleur beige plus ou moins foncée et parfois sous la forme d'une gouttelette allongée et de couleur blanchâtre à beige clair, ou vert clair à beige (Ball et Morris, 2015).

### **1.1.4Oeuf**

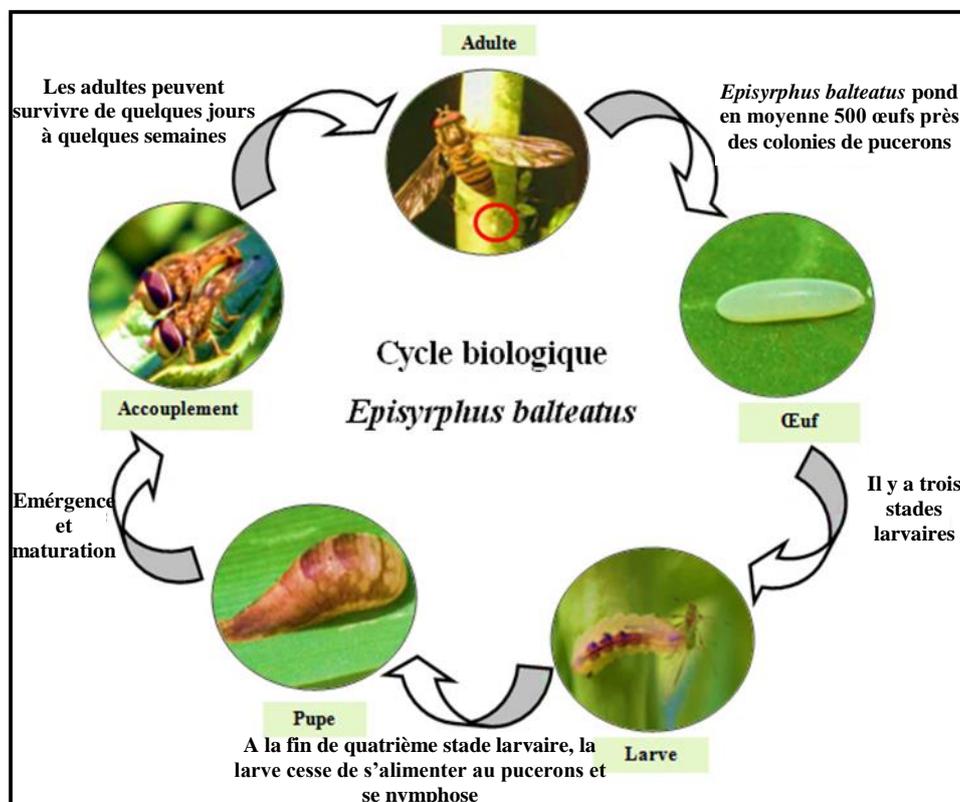
Les œufs sont pondus isolément ou dispersés par petits groupes, dans les endroits favorables au développement des larves. Ils sont presque uniformes, ovoïdes ou allongés (Séguy, 1961). Leurs tailles varient selon les espèces. La membrane externe du chorion des œufs a une structure superficielle sculptée en réseaux ou en stries longitudinales (Sarhou, 1996) ; cette dernière fournit des caractères taxonomiques importants à certains groupes.

Le chorion, sécrété par les cellules folliculaires et constitué de deux membranes microporeuses, assure les fonctions de protection et de respiration en permettant à l'œuf d'absorber l'oxygène de l'air et de l'eau (Kuznetsov, 1988).

## 1.2 Cycle de vie des syrphidés

Les syrphidés ont un cycle biologique classique chez les insectes à métamorphose complète (holométabole) (Fig.3), passant par quatre phases de développement, commençant par l'œuf, la larve ou asticot, la nymphe ou puppe, jusqu'à l'adulte ou imago. Ces insectes passent un temps variable sous forme adulte (Jean *et al.*, 2011). La plupart des espèces s'accouplent dans l'air, alors que d'autres comme *Eupeodes corollae*, s'accouplent à terre. La femelle choisit un site où pondre ses œufs (isolément ou en petit amas) selon différents critères. Généralement, la maturation des œufs ne dure pas plus d'une semaine et donne naissance à une larve, cette dernière peut se développer en deux semaines seulement, cas de *Episyrphus balteatus*, ou rester deux ans cas de *Callicera fagesii* (Sarhou et Speight, 2005 ; Jean *et al.*, 2011).

Toutes les espèces de syrphes présentent trois stades larvaires bien différenciés. La larve au troisième stade se métamorphose en puppe qui, chez les espèces aphidiphages, en prenant plusieurs formes : gouttelette restant accrochée au végétal (cas d'*Episyrphus balteatus* et *Spaerophoria scripta*), tonnelet ayant tendance à tomber au sol (cas d'*Eupeodes corollae*), ou autre. Au bout de 10 à 15 jours, la puppe donne un adulte et après fécondation, le cycle recommence (Jean *et al.*, 2011 ; Ball et Morris, 2015).



**Figure 03.** Cycle de vie d'*Episyrphus balteatus* (Jean *et al.*, 2011 ; Ball et Morris, 2015).

## 1.3 Bio-écologie

### 1.3.1 Biotopes recherchés et régime alimentaire

#### 1.3.1.1 Adultes

La quasi-totalité des espèces de syrphidés sont floricoles à l'état adulte et consomment abondamment le nectar et le pollen. Les femelles ont un besoin de pollen plus important que les mâles, notamment pour la bonne maturation des gonades (Figueiredo Caetano, 2019). En revanche, les mâles consomment préférentiellement du nectar. D'après Ball et Morris (2015), les genres *Brachypalpoidea*, *Chalcosyrphus* et *Xylota* ne visitent pas les fleurs, mais se nourrissent de miellat, de la sécrétion sucrée de pucerons et de grains de pollen collés à la surface des feuilles.

#### 1.3.1.2 Larves

Les larves, en fonction du régime alimentaire et des habitats dans lesquels elles vivent, ont développé un grand nombre de variétés de formes morphologiques et d'adaptations. Cette spécialisation se résume dans quatre catégories trophiques.

##### a. Larves zoophages

Les larves zoophages constituent le plus grand groupe, comprenant environ 30% de toutes les espèces de Syrphidae (Jean *et al.*, 2011). Trois groupes de larves prédatrices sont distingués: celles du genre *Volucella* qui vivent obligatoirement en commensales et/ou parasitoïdes/prédatrices dans des couvains d'hyménoptères sociaux, bourdons et guêpes, exception faite à *Volucella inflata* que l'on trouve sur les écoulements de sève (Séguy, 1961), et celles du genre *Microdon* qui vivent obligatoirement dans des nids de certains insectes sociaux (fourmis et termites) (Ball et Morris, 2015) et celles de la sous-famille des Syrphinae et de la tribu des Pipizini dont l'immense majorité se nourrit d'homoptères à tégument mou comme les pucerons. Certaines espèces se nourrissent d'une large gamme de ces homoptères, comme *Episyrphus balteatus*, mais aussi sur cochenilles et psylles (Sarhou et Speight, 2005).

##### b. Larves phytophages

Les larves phytophages se nourrissent des tissus végétaux au niveau des bulbes, racines, tiges, feuilles de nombreuses plantes (ail, narcisse, cirse, sedum, renoncule...). Ces larves peuvent

être oligophages ou polyphages, selon leur dépendance des espèces végétales pour leur alimentation (Burgio *et al.*, 2015).

Trois genres de la sous famille des Milesinés entrent dans cette catégorie : *Cheilosia*, *Eumerus* et *Merodon* (Ricarte *et al.*, 2017). Les larves phytophages sont en général assez difficiles à trouver, ce qui semble s'expliquer par leur tardif développement. En effet, elles diffèrent souvent de plusieurs mois et leur passage au deuxième et au troisième stade est effectué en automne, de façon à bénéficier du maximum de réserves accumulées dans les tissus végétaux (Sarhou, 1996).

### **c.Larves saprophages**

Cette catégorie concerne toutes les espèces de la sous famille Eristalinae, dites « larve à queue de rat ». Les saprophages absorbent grâce à des pièces buccales adaptées par filtrage les micro-organismes en suspension dans les milieux aqueux riches en matières organiques en décomposition (fossés, rives des étangs, fumiers, bouses, cavités d'arbres inondées...) (Dussaix, 2013).

### **d.Larves saproxyliques**

Il n'est en réalité pas toujours facile de définir des traits communs à ces espèces. Les larves peuvent attaquer le bois massif des arbres vivants et sains d'apparence ; d'autres vivent dans le bois en décomposition sur des arbres sénescents ou morts, certaines sont spécialisées sur les écoulements de sève... Les larves peuvent vivre sous l'écorce, au cœur de la souche ou dans les racines (Gretia, 2012 ; Burgio *et al.*, 2015).

## **1.4 Quels sont les services rendus par les syrphidés ?**

### **1.4.1 Impact positif**

Le rôle bénéfique des syrphidés dans les agro-écosystèmes est incomparablement supérieur à l'impact négatif de certaines espèces phytophages de plantes cultivées. À titre d'exemple, les adultes de quelques genres comme *Episyrphus*, *Eupeodes*, *Melanostoma*, *Neoascia*, *Scaeva*, *Spaerophoria*, et *Xanthogramma*, sont considérés comme des insectes pollinisateurs alors que les larves sont des polyphages (Ssymank *et al.*, 2008 ; Inouye *et al.*, 2015).

#### **1.4.1.1 Pollinisation**

Bien que de nombreux groupes taxonomiques tels que les hyménoptères et lépidoptères soient connus pour leur action pollinisatrice, les adultes des syrphidés sont reconnus comme le

deuxième groupe pollinisateur après les hyménoptères (Ellis *et al.*, 2017). Ils sont connus comme les meilleurs butineurs des diptères, capables de se nourrir à la fois de pollen et de nectar à cause de la structure de leurs tubes suceurs et récolteurs bien adaptés (Baude *et al.*, 2011 ; Klecka *et al.*, 2018).

#### **1.4.1.2 Prédation**

Les syrphidés au stade larvaire, et plus précisément les aphidiphages, jouent un rôle significatif dans la protection des cultures (Sarhou, 1996). Selon les espèces, elles consomment une diversité de proies plus ou moins large (pucerons, cochenilles, psylles...) (Rotheray et Gilbert, 2011). D'autres espèces sont des saprophages et participent ainsi au recyclage de la matière organique (Rotheray, 1993 ; Ball et Morris, 2015).

#### **1.4.1.3 Excellents bio-indicateurs**

Les syrphidés à l'état larvaire utilisent des niches écologiques restreintes et ont des exigences strictes, ce qui fait d'eux d'excellents bio-indicateurs (Sommaggio, 1999 ; Gens *et al.*, 2017). Les régimes alimentaires diversifiés, faisant d'eux des candidats de choix pour décrire les réseaux trophiques d'un milieu naturel (Burgio et Sommaggio, 2007 ; Claude *et al.*, 2013).

Il a été signalé par Winston et Randall (2017), qu'il existe de nombreuses espèces de larves phytophages utilisées comme agents de lutte biologique contre les mauvaises herbes, telles que *Cheilosia corydon* pour le contrôle de *Carduus nutans* et *Carduus pycnocephalus* (les chardons).

#### **1.4.2 Impact négatif**

Au sein des trois genres, *Eumerus*, *Merodon* et *Cheilosia* il y a des espèces ayant une incidence économique néfaste, en engendrant des dégâts chez plusieurs plantes cultivées, alimentaires et ornementales (Speight *et al.*, 1998 ; Ricarte *et al.*, 2017). Le genre *Eumerus*, par exemple, peut très occasionnellement se développer sur carotte, betterave, pomme de terre, oignons, lis, amaryllis, narcisses, jacinthes et iris (Ricarte, 2008). La larve de *Merodon equestris*, appelée "mouche des narcisses", se développe dans les bulbes de diverses Liliacées et Amaryllidacées et Iridacées mais l'hôte habituel est le narcisse, les autres étant plus ou moins occasionnels (Sarhou, 1996 ; Marcos-García *et al.*, 2007).

## 2. Facteurs influençant la distribution des syrphidés

La diversité et le comportement des syrphidés sont influencés par la conjugaison d'un certain nombre de paramètres abiotiques et biotiques (Inouye *et al.*, 2015).

### 2.1 Types d'habitats (diversité végétale)

Les syrphidés fréquentent toute sorte de milieux, hormis les grottes et les pleines eaux. D'après Van Veen (2010), la grande variété des habitats (forêts, marais, tourbières, prairies, ainsi que les jardins et les milieux anthropisés) offre des conditions propices aux syrphidés, leur permettant de se nourrir de fleurs, de déposer leurs œufs, ou bien de s'exposer au soleil et se reposer sur le feuillage.

Tous ces habitats ont leurs propres espèces de syrphidés, en grande partie parce qu'à l'état larvaire, elles utilisent des niches écologiques restreintes et ont des exigences strictes (Durepaire, 2018).

- Les forêts sont des écosystèmes complexes, riches et pluri-stratifiées (strates muscinale, herbacée, arbustive et arborescente), offrant une diversité d'habitats à différentes hauteurs pour les adultes et les larves. Les larves de *Parasyrphus punctulatus* se nourrissent de pucerons vivant sur les branches des conifères, qui grâce aux rayures longitudinales sur le corps, se camouflent parmi les aiguilles des arbres (Speight *et al.*, 2007 ; Van Veen, 2010). Certains syrphidés adultes, tels que le genre *Myolepta* et *Callicera* sont principalement arboricoles, descendent rarement pour se nourrir de fleurs ou visiter des ruisseaux pour boire, cela peut expliquer pourquoi les adultes de ces genres sont rarement vus, bien que les larves puissent être trouvées avec une relative facilité dans les trous pourris (Speight *et al.*, 2007).

- Les strates arbustive et herbacée abritent d'autres espèces, cas de *Platycheirus albimanus* et *P. scutatus* (Stubbs et Falk, 1983). Il a été rapporté par Speight *et al.* (2016), que certaines espèces forestières sont amenées à effectuer des déplacements vers les milieux ouverts (prairies et pelouses) pour satisfaire leurs besoins, en se nourrissant de graminées.

- Toutes les espèces de syrphidés dont les larves se nourrissent de bois en décomposition (bois mort et trous pourris dans les arbres) sont généralement considérées comme des espèces forestières (Larrieu *et al.*, 2015). Certains syrphes dépendent de plantes forestières spécifiques dont se nourrissent leurs larves. Par exemple, les larves de *Cheilosia fasciata* et *Portevinia maculata* peuvent être très abondantes dans les sites où *Allium ursinum* se développe en

masse (Bruun et Bygebjerg, 2016), ou bien celles du genre *Brachyopa*, qui se nourrissent de la sève des arbres à feuilles caduques (Speight *et al.*, 2016).

- Les feuilles en décomposition et d'autres végétaux dans les marais et les tourbières favorisent le développement des larves de certains genres, cas de : *Chrysogaster* et *Orthonevra* où les adultes sont attirés par la végétation et les fleurs abondantes le long des rives (Van Venn, 2010 ; Van Steenis, 2016). D'autres larves de syrphes dépendent de plantes des marais ou de pucerons qui y vivent, cas des espèces du genre *Cheilisia* qui se nourrissent du cirse des marais ou des racines du renoncule (Jovičić *et al.*, 2017). Les genres *Syritta* et *Neoascia* se reproduisent dans des zones humides ou les tourbières (Lyneborg et Barkemeyer, 2005).

Les espaces urbains (les bordures vertes de routes, les parcs et les jardins) abritent de nombreuses espèces, cas de *Cheilisia caerulescens* qui se nourrit de *Sempervivum* spp. (Joubarbes) (Ricarte, 2008). D'autres espèces sont opportunistes telles que, *Episyrphus balteatus* et *Scaeva pyrastris* qui se reproduisent presque partout. En outre, les fleurs des jardins attirent les syrphidés migrants, tels que le genre *Eristalis* et *Helophilus*, qui même s'ils ne s'y reproduisent pas, les fréquentent souvent (Van Veen, 2010).

En tous les cas, d'après Kruess et Tschardt (2002), les fluctuations de la population des pollinisateurs dépendent de la biodiversité et l'intensité végétales.

## 2.2 Facteurs climatiques

D'après Arrignon (2006), les facteurs climatiques agissent sur la physiologie des végétaux, règlent la phénologie des espèces végétales, et conséquemment influencent le comportement des syrphes. Cet effet peut varier en fonction de la situation géographique (Carvalho *et al.*, 1991), révélant une relation positive entre la température et le nombre de syrphes dans les régions tropicales et qui devient négative dans les régions subtropicales (désertiques).

Levesque et Burger (1982), Gama et Francis (2008) et Rollin *et al.* (2013) rapportent également que leur abondance et activité sont positivement corrélées avec la température et le sont négativement avec la pluviosité et la vitesse du vent.

La dynamique saisonnière révèle une activité continue des syrphes toute l'année avec des fluctuations remarquables, mais le pic est particulièrement observé par temps chaud (avril, mai) coïncidant avec la floraison des plantes sur lesquelles les syrphes se nourrissent (Sajjad *et al.*, 2010).

Selon les espèces, une à plusieurs générations peuvent se succéder sur une année. Les adultes sont actifs très tôt dans la saison, généralement à partir de mars, jusqu'à novembre (Ball et Morris, 2015). Quelques espèces comme *Episyrphus balteatus*, *Metasyrphus corollae* et *Syrphus ribesii* peuvent avoir plusieurs générations durant l'année, si les conditions climatiques (température, humidité, ...) et la disponibilité de la nourriture le permettent, en passant l'hiver comme adulte ou à l'état larvaire (sans diapause) (Goeldlin de Tiefenau, 1976 ; Gilbert, 1986 ; Stubbs et Falk, 2002). D'autres espèces ont une longue vie larvaire, presque une année, parce que le développement est plus au moins arrêté durant la diapause et les basses températures hivernales, cas de *Epistrophe eligans* et *Merodon equestris*, qui ont régulièrement une seule génération chaque année (Speight *et al.*, 2007).

En conclusion, ce groupe d'insectes subit l'action d'une multitude de facteurs (climat, ressources alimentaires, la biologie elle-même de l'espèce (cycle de développement), l'environnement (qualité, quantité et localisation des ressources) et la prédation (Wolda, 1988 ; Miličić *et al.*, 2018).

## *Chapitre 02. Matériel et méthodes*

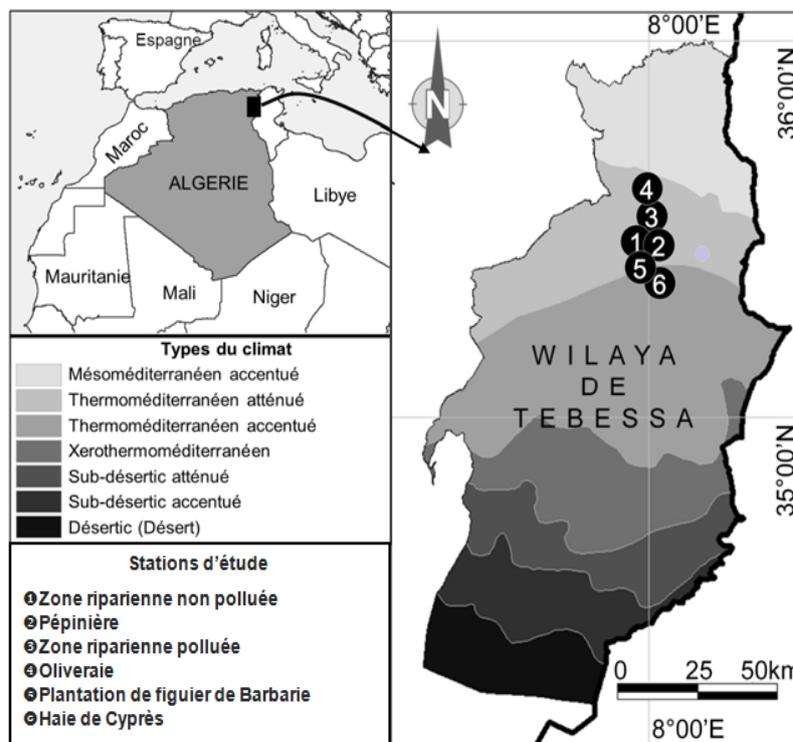


Dans ce chapitre, il sera question de décrire la zone d'étude, d'expliquer la méthodologie adoptée depuis le choix des stations d'étude, l'échantillonnage, les paramètres explicatifs jusqu'aux techniques d'exploitation des données.

## 1. Description de la zone et des stations d'étude

### 1.1 Situation géographique de la zone d'étude

La zone d'étude « Hammamet » est une localité située à 18 km au Nord-Ouest de la ville de Tébessa. Elle appartient au domaine des Hautes plaines de l'Est algérien aux confins algéro-tunisiennes, couvrant une superficie de 88 Km<sup>2</sup>, aux coordonnées géographiques : 35°26'56.00"N et 7°57'23.00"E et à une altitude de 876 m. Elle est limitée, au Nord par Morsott, au Sud-Est par Tébessa, au Sud par Cheria et à l'Ouest par Meskiana (Fig.04).



**Figure 04.** Situation géographique de la zone d'étude avec les types de bioclimats.

(Les cercles numérotés représentent les stations d'étude).

### 1.2 Relief

D'après Guefaifia (2007), la zone d'étude est formée par différents types de reliefs : montagnes, collines et plaines. Les montagnes de la région se présentent comme une chaîne continue dont les sommets varient de 1000m à 1500m. Elles occupent environ 40% de la superficie de la région et s'étendent de l'Ouest à l'Est. Cette chaîne représente le reste des

principales structures tectoniques atlasiques de la région. Les collines sont réparties sur toute la région : une zone limitée par la montagne et la plaine de Hammamet, Djebel Serdiès au Nord et la bande comprise entre les revêts monoclinaux de Troubia et Bouziane. En considérant la morphogenèse comme base, il y a les plaines d'érosion comme celle de Serdiès et les plaines d'accumulation telle que la plaine de Hammamet.

### 1.3 Couvert végétal

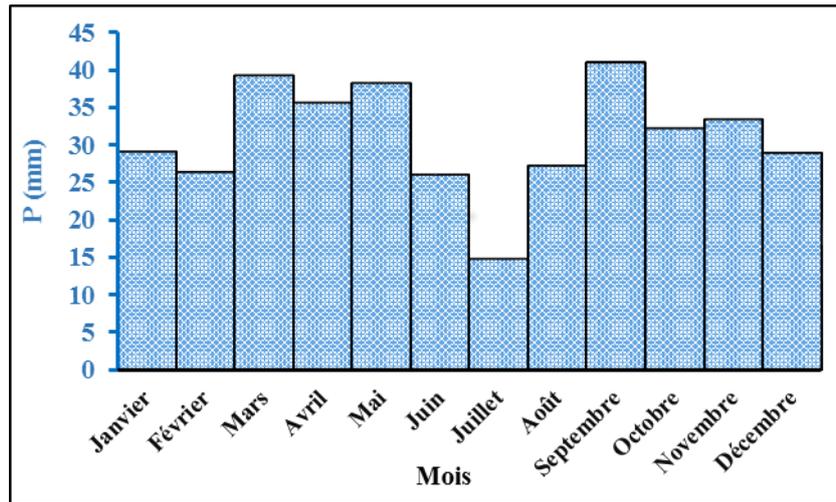
La végétation steppique est essentiellement composée d'une strate herbacée basse, discontinue, généralement en touffes, laissant apparaître entre elles des plaques de sol nu (Djebaili, 1978). Le cortège floristique dans la région d'étude est principalement dominé par les plantes herbacées telle que : l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) et l'atriplex (*Atriplex halimus* L.). Les formations boisées sont rencontrées dans les montagnes et les piémonts dont les arbres les plus dominants sont le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus* L.), le chêne vert (*Quercus ilex* L.) et l'olivier (*Olea europaea* L.).

### 1.4 Climat

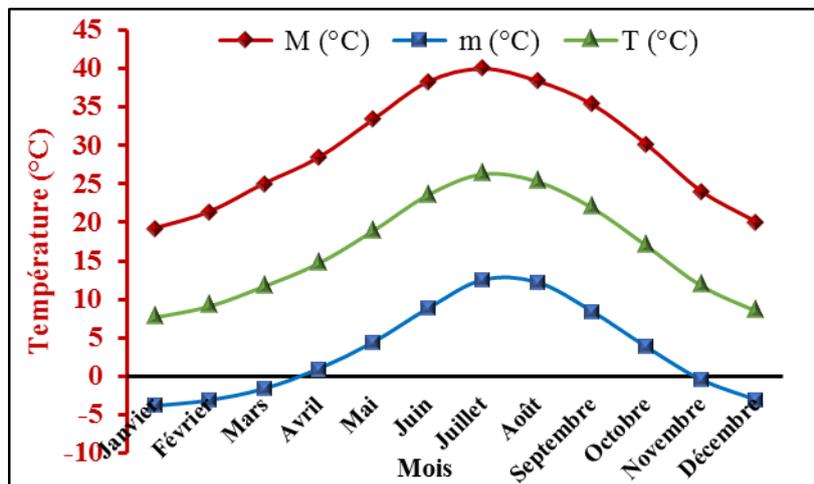
La région de Tébessa fait partie du Haut plateau tellien de l'étage bioclimatique semi-aride, caractérisé par un hiver froid et un été très chaud. Les données climatiques exploitées (1972-2017) sont fournies par la station météorologique de Tébessa (code : 604750) située à : 35°4"N ; 8°13"E, altitude : 813 m et le site Tutiempo (<https://fr.tutiempo.net/climat/ws-604750.html>).

Les données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles et annuelles (Annexe. 01) montrent que les précipitations et les températures varient en fonction des saisons et des années. Les précipitations et la température annuelle moyenne sont respectivement 373,11 mm et 15,84°C (Fig. 05).

L'analyse des variations mensuelles des températures et précipitations signale que septembre est le mois le plus pluvieux avec 40,93 mm, tandis que juillet est le mois le plus sec avec 14,95 mm (Fig. 05). La température moyenne des maximas du mois le plus chaud (juillet) a atteint 38,9°C, alors que la température moyenne des minimas du mois le plus frais (janvier) était de -3,81°C (Fig. 06).



**Figure 05.** Variations mensuelles des précipitations dans la région d'étude durant la période (1972-2017).



**Figure 06.** Variations mensuelles des températures dans la région d'étude durant la période (1972-2017).

La synthèse bioclimatique a porté sur l'indice de De Martonne (1926), le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls (1953) et le quotient pluviothermique d'Emberger. L'indice de De Martonne est de 14,43 (1972-2017), plaçant la zone d'étude dans la classe semi-aride à écoulement temporaire (Fig.07).

Il est calculé par la relation suivante :

$$I = \frac{P}{T+10}$$

*I* : indice d'aridité

*P* : précipitations moyennes annuelles en mm.

*T* : températures moyennes annuelles en °C.

Suivant les valeurs de ( $I$ ), De Martonne a établi la classification suivante :

- $I < 5$  : climat hyperaride ;
- $5 < I < 7,5$  : climat désertique ;
- $7,5 < I < 10$  : climat steppique ;
- $10 < I < 20$  : climat semi-aride à écoulement temporaire ;
- $20 < I < 30$  : climat tempéré à écoulement abondant.

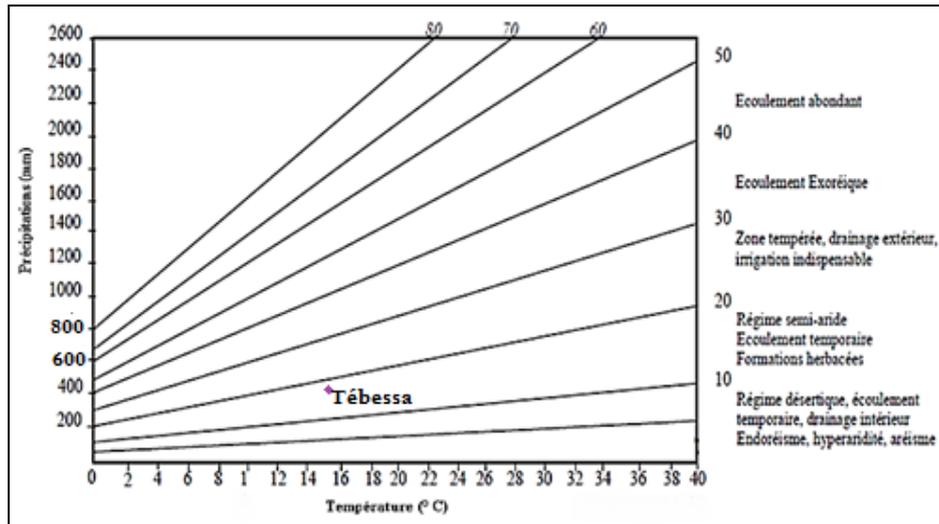


Figure 07. Abaque de l'indice d'aridité de De Martonne.

Le diagramme de Gaussen pour la période (1972-2017) révèle que la saison sèche dure plus de cinq mois par an, de la mi-mai à la fin octobre, contre une saison humide s'étalant du début janvier à la mi-mai (Fig.08).

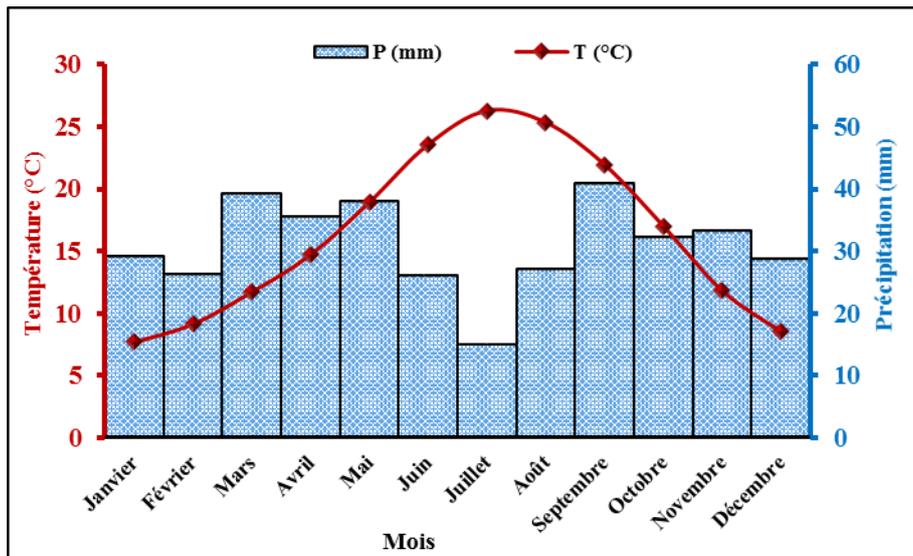


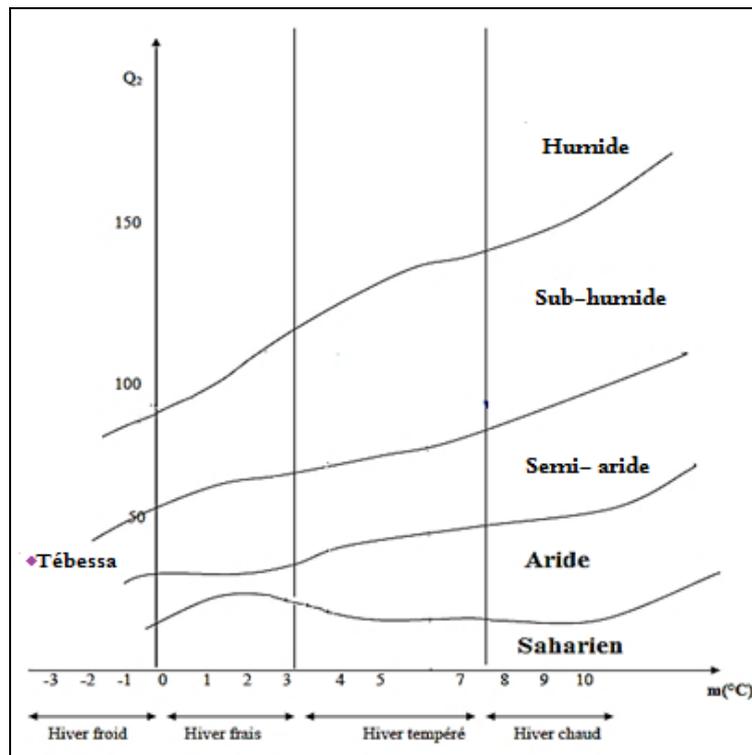
Figure 08. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région d'étude durant la période (1972-2017).

Le climagramme pluviothermique d'Emberger (Q2), modifié par Stewart (1968) place la zone dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid (Fig.09). Il a pour formule :

$$Q_2 = 3.43 \times \frac{P}{M-m} = 36,39$$

Avec :

P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm. ; M: Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C ; m: Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °C.

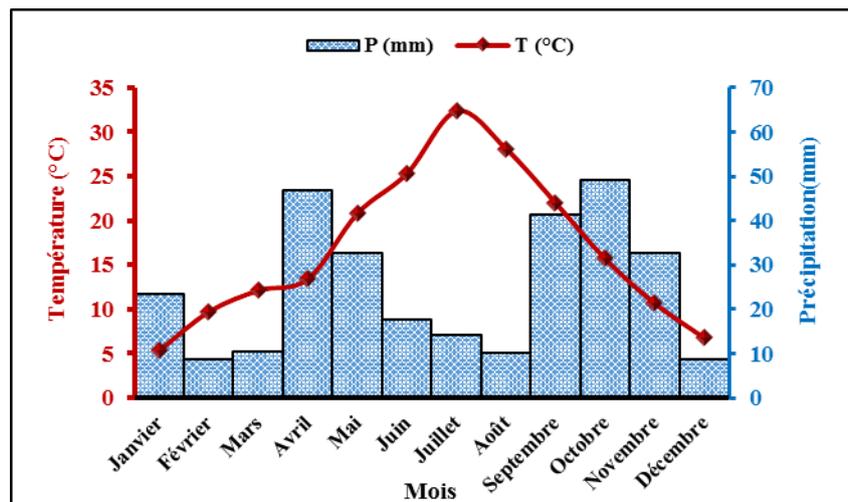


**Figure 09.** Projection de la zone d'étude sur le climagramme d'Emberger.

L'analyse des variations mensuelles des précipitations et des températures pour l'année d'étude (2016-2017) a révélé que le maximum de précipitations est enregistré en octobre (49 mm), contre un minimum en décembre (8,6 mm). Juillet s'avère le mois le plus chaud avec une température de 32,35 °C, alors que le mois le plus frais est janvier avec 5,4 °C. La vitesse maximale du vent a marqué le mois de janvier avec une moyenne de 14,2 km/h (3,9 m/s), contre une vitesse minimale en octobre avec 10,2 km/h (2,83m/s) (Tab. 01). La saison sèche pour la même année comprend deux périodes. La première regroupe les mois de février et mars et la seconde s'étend de la mi-mai jusqu'à la mi-septembre (Fig. 10).

**Tableau 01.** Les moyennes mensuelles des températures T (°C), des précipitations P (mm) et de la vitesse du vent (km/h) durant la période d'étude (2016-2017).

Mois	Paramètres		
	T (°C)	P(mm)	V (km/h)
Janvier	5,4	23,4	14,2
Février	9,75	8,7	14,1
Mars	12,15	10,5	14,1
Avril	13,45	46,7	12,2
Mai	20,85	32,8	10,3
Juin	25,35	17,6	10,4
Juillet	32,35	14,3	11,4
Août	28,1	10	10,4
Septembre	22	41,2	11,4
Octobre	15,7	49	10,2
Novembre	10,7	32,8	12,4
Décembre	6,8	8,6	12,6



**Figure 10.** Diagramme ombrothermique établi pour l'année de l'étude (2016-2017).

### 1.5 Choix et présentation des stations d'étude

Afin d'analyser la répartition spatiale et temporelle des communautés syrphidologiques dans la localité de Hammamet, six stations ont fait l'objet de cette étude. La sélection de ces dernières tient compte de la diversité des biotopes (type d'habitat, type de végétation), le degré d'anthropisation et l'accessibilité. Aucune étude récente ou ancienne n'a été effectuée dans ces stations à l'exception de la source de Youkous (ZRNP), où un premier inventaire a été effectué par Smâal (2013).

### 1.5.1 Zone riparienne non polluée (source de Youkous)

La source de Youkous se situe entre les coordonnées 35°25'01.65"N, 07°57'46.66"E et une altitude de 965m. Cette station est dominée par une végétation à base de ligneux : *Pinus halepensis*, *Ficus carica* L., *Olea europaea*, *Citrus limon* L. et *Punica granatum* L. La strate herbacée se caractérise par des espèces spontanées : *Verbascum sinuatum* L., *Hertia cheirifolia* L., *Cirsium acaulon* L., *Senecio gallicus* Vill., *Deverra scoparia* Coss., *Marrubium vulgare* L., *Urospermum dalechampii* L., *Sinapis arvensis* L., *Malva sylvestris* et *Ecballium elaterium* L. (Fig. 11a).

### 1.5.2 Pépinière

Elle est définie par les coordonnées 35°25'57.39"N, 07°57'26.14"E et une altitude de 886 m avec une superficie de 3,73 ha. La couverture végétale de cette station est essentiellement constituée d'espèces forestières, fruitières, ornementales, herbacées et ligneuses, telles que *Yucca filamentosa* L., *Cercis siliquastrum* L., *Urospermum dalechampii*, *Reseda alba* L., *Malva sylvestris* L. et *Calendula arvensis* M.Bieb. (Fig.11b).

### 1.5.3 Zone riparienne polluée (canal d'eaux usées)

Elle est déterminée par les coordonnées 35°27'33.39"N, 07°57'32.92"E et une altitude de 856 m avec une superficie de 0,41 ha. Les communautés végétales sont composées de nombreuses formations herbacées à base de *Cirsium acaulon*, *Deverra scoparia*, *Daucus carota* L., *Helminthotheca echinoides* L., *Urospermum dalechampii* et *Artemisia herba-alba* (Fig.11c).

### 1.5.4 Oliveraie

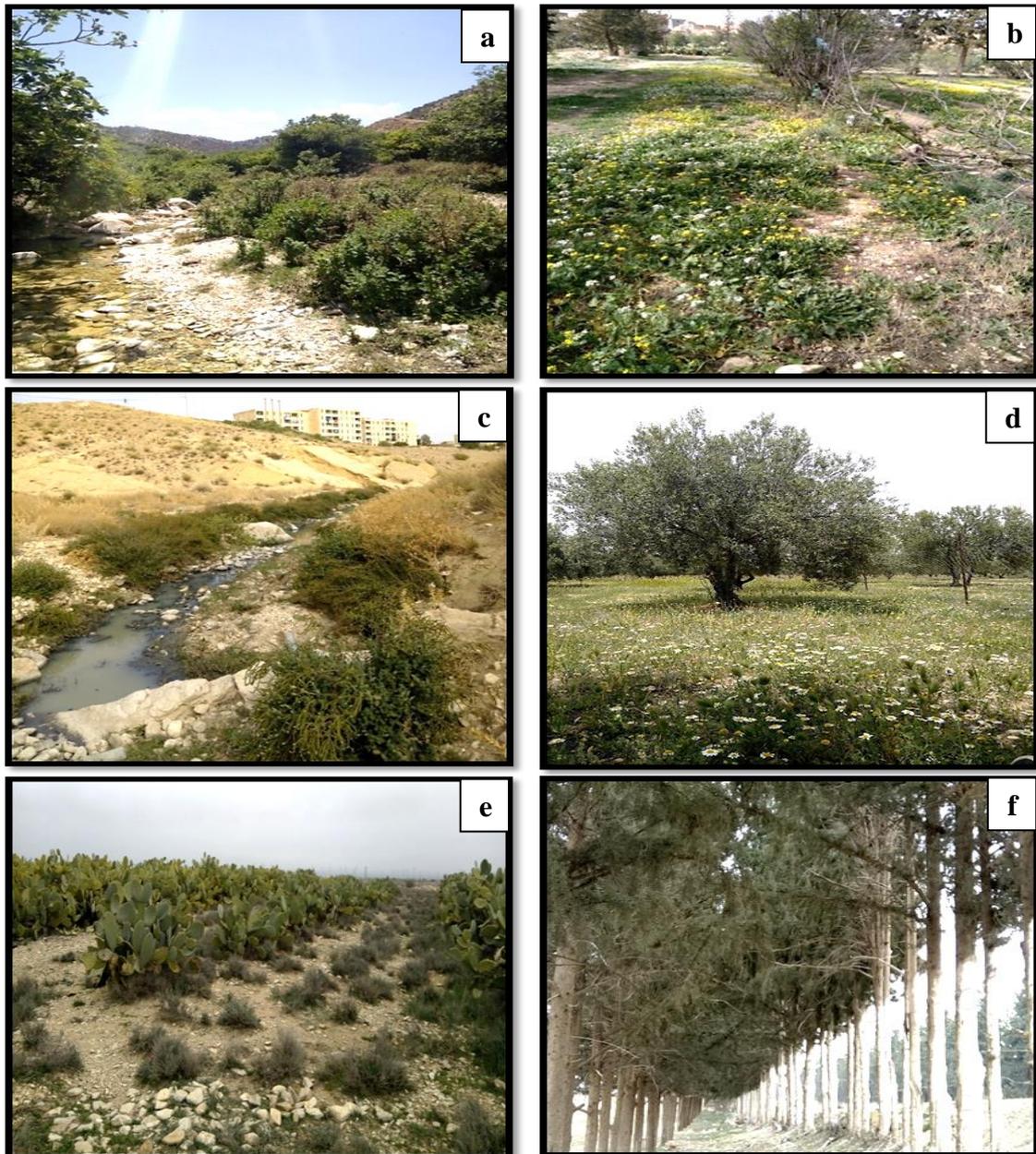
Cette station a pour coordonnées géographiques :35°28'00.07"N, 07°58'08.68"E et une altitude de 832m avec une superficie de 2,50 ha. Elle abrite principalement l'olivier (*Olea europaea*) accompagné d'espèces herbacées : *Bromus rubens* L., *Nigella hispanica* L. et *Anthemis arvensis* (Fig.11d).

### 1.5.5 Plantation de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica* L. Mill)

Elle est déterminée par 35°27'58.06"N, 07°58'40.32"E et une altitude de 782m avec une superficie de 0,76 ha. Cette station se caractérise par la présence d'*Artemisia herba alba*, *Urospermum dalechampii*, *Reichardia picrioides* L., *Calendula arvensis* et *Carduus acicularis* (Fig.11e).

### 1.5.6 Haie de cyprès

La haie de cyprès est définie par les coordonnées 35°26'39.31"N, 08°00'20.43"E et une altitude de 785m avec une superficie de 0,84 ha. Elle abrite principalement les arbres de cyprès (*Cupressus sempervirens* L.) associés à une strate herbacée à base de *Malva sylvestris*, *Reseda alba* et *Sinapis arvensis* (Fig.11f).



**Figure 11.** Stations d'études, a) Zone riparienne non polluée (Youkous) ; b) Pépinière ; c) Zone riparienne polluée (canal d'eaux usées) ; d) Oliveraie ; e) Plantation de figuier de Barbarie ; f) Haie de cyprès (Clichées Mebarkia, 2017).

## 2.Méthodologie

### 2.1 Capture et collecte des syrphidés

Durant une année entière depuis décembre 2016 jusqu'au mois de novembre 2017 et chaque quinzaine de jours, une collecte des spécimens est réalisée dans les différentes stations sus-citées. À l'aide d'un filet entomologique, la capture se fait durant 2 heures de temps en réalisant 4 transects de 30 mètres de longueur chacun (Fig.12). Une fois capturés, les individus sont placés provisoirement dans des boîtes en plastique. À chaque relevé, le temps et la date sont notés.



**Figure 12.** Exemple de positionnement des transects dans une station d'étude (Google earth, 2019).

### 2.2 Traitement au laboratoire

Au laboratoire, les syrphidés subissent une fixation, qui consiste à tuer l'insecte sans l'abîmer, en le mettant dans un congélateur pendant 24 heures. Par la suite, l'insecte est étalé sur une plaque en polystyrène et fixé à l'aide des épingle entomologiques de grosseur convenable au niveau du thorax de sorte qu'un tiers de la longueur de l'épingle reste disponible pour la manipulation. Pour réussir l'identification, il est impératif que tous les critères restent parfaitement visibles (pattes écartées et ailes étalées). Il est de règle de pouvoir observer les cellules alaires antérieures, ou postérieures, les pattes postérieures, ou les antérieures ou les médianes, ou encore les derniers articles, les différentes parties du thorax, les articles antennaires (couleur, taille), la pilosité (densité et couleur). L'importance de ces parties dépend du genre observé.

Les spécimens restent sur l'étaioir jusqu'à dessiccation complète. Chaque individu capturé

doit porter au préalable une étiquette de données de format réduit dotée de toutes les informations nécessaires (le nom et les coordonnées géographiques de la station étudiée, la date, le nom de l'espèce inventoriée et le nom du de l'observateur).

Les différents groupes sont séparés et placés dans des boîtes entomologiques appropriées. La détermination des syrphidés est effectuée sous un stéréomicroscope binoculaire (Motic 25-12) (grossissement 12 x 10 ou 25 x 10) à l'aide des disponibles clés de détermination : Séguy (1961), Goeldlin de Tiefenau (1976), Verlinden (1994), Stubbs et Falk (2002), Nielsen (2004), Marcos-García *et al.* (2007), Smit et Vujić (2008), Van Veen (2010), Nielsen (2014), Speight *et al.* (2016), Van Steenis *et al.* (2016).

Les espèces collectées identifiées ont été dans un premier temps confirmées par Dr Djellab Sihem de l'université Larbi Tebessi (Tébessa, Algérie), puis par Pr. Antonio Ricarte de l'université d'Alicante (Espagne).

Tous les spécimens sont conservés dans la collection d'insectes au niveau du laboratoire de la Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie (université de Tébessa) et au centre de biodiversité 'Centro Iberoamericano de la Biodiversidad' (CIBIO) d'Alicante (Espagne).

### **2.3 Estimation du taux de recouvrement végétal**

L'estimation du recouvrement de la végétation herbacée peut être obtenue en utilisant la méthode de point d'interception, encore appelée méthode de point-quadrats ou méthode pin-point (Levy et Madden, 1933). Le principe de cette méthode consiste à étendre une corde de 10m, et compter les espèces touchées par l'aiguille, tous les 10cm (relevé linéaire). L'intervalle le plus adapté au recensement des espèces steppiques est généralement compris entre 5 et 20cm (Fig. 13) (Gounot, 1961). Cette méthode se présente comme la plus appropriée pour l'estimation du recouvrement des communautés végétales à faible hauteur (Strandberg *et al.*, 2016).

Les plantes les plus visitées par les syrphidés sont recueillies, séchées et conservées. Leur identification a été effectuée par M<sup>me</sup> Hioun (université de Tébessa).



**Figure 13.** Méthode des points-quadrats (Clichée Mebarkia, 2017).

### **3. Méthodes d'exploitation des données**

Après l'établissement de la liste des espèces inventoriées, une série d'indices écologiques liés à la diversité alpha et bêta ont été utilisés pour la description de la communauté de syrphidés des six habitats étudiés. Les données obtenues des 24 relevés ont été groupées pour former un seul relevé/ saison/ station, à l'exception de celles exploitées pour le test GLMM (Modèle linéaire mixte et généralisé) et les courbes de raréfactions (données par transect).

### **3.1 Indices de composition (Diversité $\alpha$ )**

#### **3.1.1 Richesse spécifique totale (S)**

La richesse spécifique représente le nombre total d'espèces par unité de surface ou le nombre d'espèces que compte une communauté (Magurran, 2004). Dans le présent travail, la richesse totale est la somme des espèces piégées par le filet entomologique dans chacune des six stations pendant une année.

#### **3.1.2 Abondance relative (AR%)**

L'abondance relative est le pourcentage des individus de l'espèce ( $n_i$ ) par rapport au total des individus  $N$ , toutes espèces comptées (Faurie *et al.*, 2003). Elle permet de préciser la place occupée par les effectifs de chaque espèce trouvée dans le biotope. Elle est calculée par la

formule suivante :

$$AR\% = n_i/N * 100$$

$n_i$  : nombre d'individus d'une espèce  $i$ ,  $N$  : nombre total des individus toutes espèces comptées.

### 3.1.3 Fréquence d'occurrence (C%)

La fréquence d'occurrence ou constance présente le rapport exprimé en pourcentage du nombre de prélèvements où cette espèce est notée au nombre total de prélèvements effectués. Elle est exprimée par la formule suivante :

$$C\% = P_i/P * 100$$

$C\%$  : constance ;  $P_i$  : nombre de relevés contenant l'espèce  $i$  ;  $P$  : nombre total de relevés effectués.

Quatre catégories ou classes d'espèces sont distinguées (Bigot et Bidot, 1972) :

Constante si  $C\% > 50\%$  ;

Commune si  $C\% = 25-50\%$  ;

Accidentelle si  $C\% = 5-25\%$  ;

Très accidentelle ou rare si  $C\% < 5\%$ .

## 3.2 Indices de structure (Diversité $\alpha$ )

Les indices de structure étudiés montrent l'aspect qualitatif de l'entomofaune et permettent d'avoir rapidement, en un seul chiffre, une évaluation de la biodiversité de la communauté (Grall et Hily, 2003).

### 3.2.1 Indice de diversité de Shannon (H')

Cet indice permet de mesurer la biodiversité et de quantifier son hétérogénéité dans un milieu d'étude et donc, d'observer une évolution au cours du temps (Blondel, 1979). Il s'exprime en Bit (binary digit unit). Il donne plus de poids aux espèces rares et ne prend pas en considération la taille de l'échantillon.

Il est calculé selon la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

$p_i$  : abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce :  $p_i = n_i/N$ ;  
 $n_i$  : nombre d'individus d'une espèce donnée ( $i$  allant de 1 à  $S$  : nombre total d'espèces).  
 $N$  : nombre total des individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

La valeur de  $H'$  varie de 0 quand la communauté n'est composée que d'une seule espèce à 4,5 ou 5 bits/individus pour les communautés les plus diversifiées (Faurie *et al.*, 2003).

### 3.2.2 Equitabilité de Pielou (équirépartition) (E)

L'indice d'équitabilité de Pielou, appelé également indice d'équirépartition, représentant le rapport de la diversité observée ( $H'$ ) à la diversité maximale ( $H'_{\max}$ ) (Faurie *et al.*, 2003), est calculé par la formule suivante :

$$E = H'/H'_{\max}, H'_{\max} = \ln S$$

$H'$  : indice de Shannon,  $S$  : nombre total des espèces recensées.

L'équitabilité est un indice complémentaire à l'étude de la diversité spécifique. Cet indice varie de 0 à 1. En effet, il tend vers 0 lorsqu'une espèce domine toute la communauté, et il est égal à 1, lorsque toutes les espèces ont des abondances identiques dans la communauté (Frontier *et al.*, 2008).

### 3.2.3 Indice de diversité Simpson

Appelé indice de dominance ou de répartition des individus entre les espèces d'une communauté. Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce (Magurran, 2004). Sa formule mathématique est :

$$D = \sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1) / N(N - 1)$$

$n_i$  : nombre d'individus de l'espèce donnée.  $N$  : nombre total d'individus.

Dans le but d'obtenir des valeurs plus intuitives, l'indice de Simpson est remplacé par celui de diversité de Simpson 1-D, où le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0. Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares (Grall et Coïc, 2006).

### 3.3 Estimation de l'effort d'échantillonnage

Il est possible d'obtenir des évaluations de la diversité des syrphidés en utilisant des estimateurs probabilistes non paramétriques. La richesse spécifique a été estimée pour la zone et toutes les stations étudiées par l'application de deux estimateurs statistiques qui fournissent le nombre prévu de syrphidés pour un nombre donné d'échantillons.

L'estimateur Chao de premier ordre  $S_{(Chao1)}$  est un estimateur basé sur l'abondance, dont la formule est :  $S_{(Chao1)} = S_{obs} + f_1(f_1-1) / 2(f_2+1)$ ,  $S_{obs}$ : richesse spécifique observée,  $f_1$ : est le nombre d'espèces singletons, et  $f_2$  est le nombre d'espèces doubletons, et Jackknife de premier ordre  $S_{(Jack 1)}$  est un estimateur basé sur l'incidence dont la formule est  $S_{(Jackknife1)} = S_{obs} + Q_1((m-1)/m)$ ,  $S_{obs}$ : le nombre total des espèces observées,  $m$ : nombre total de relevés,  $Q_1$ : la fréquence des uniques (espèce apparaissant dans un seul relevé) (Gotelli et Colwell, 2001). En ce qui concerne la validation de l'effort d'échantillonnage en termes de nombre de transects échantillonnés durant la période d'étude, elle fait référence aux courbes de raréfaction et d'extrapolation (Gotelli et Colwell, 2001 ; Colwell *et al.*, 2004).

Les analyses statistique et graphique ont été effectuées par Estimate S, version 9.1.0 (Colwell, 2013) et Excel 2016.

### 3.4 Indices de similarité (Diversité $\beta$ )

Afin de comparer les communautés des syrphidés entre les différentes stations inventoriées, le recours à des indices de similarité qualitatifs, quantitatifs et au diagramme de Venn s'avère nécessaire. Un indice de bio-indication (IndVal) a été également estimé pour chaque station.

#### 3.4.1 Indice $\beta$ de Sørensen

L'indice de Sørensen est un indice qualitatif qui, selon lui, les espèces présentes donnent plus d'informations que les espèces absentes. Sa formule est :

$$C_{sor} = (2c / (a + b)) \times 100$$

$c$  : représente le nombre total d'espèces communes aux deux habitats ;  $a$  : nombre total d'espèces du premier habitat et  $b$  : nombre total d'espèces du second habitat.

L'indice varie entre 0 et 1. Plus les valeurs s'approchent de l'unité, plus les 2 stations ou (relevés) sont semblables (Magurran, 2004).

### 3.4.2 Indice de Morisita-Horn

L'indice de Morisita-Horn s'applique aux données quantitatives. Il est donné par la formule suivante :

$$C_{Mor} = 2 \sum (a_{ni} \times b_{ni}) / ((d_a + d_b) \times (N_a + N_b))$$

Où  $N_a$  : nombre d'individus d'une station a ;  $N_b$  : nombre d'individus d'une station b ;  $a_{ni}$  : nombre d'individus de l'espèce i dans la station a ;  $b_{ni}$  : nombre d'individus de l'espèce i dans la station b ;  $d_a$  : nombre d'espèces spécifiques à la station a ;  $d_b$  : nombre d'espèces spécifiques à la station b (Magurran, 2004).

Sa valeur varie de 0 à 1. La valeur zéro traduit l'absence de toute similarité entre les couples observés (dans ce cas, communauté dissemblables) et l'unité exprime une ressemblance maximale.

Les différents indices de composition, de structure et de similitude ont été calculés par le logiciel Past 3.25.

### 3.4.3 Diagramme de Venn

Le diagramme de Venn-Euler (ou diagramme logique) permet de représenter des ensembles et leurs intersections. Il présente une organisation spatiale de l'information plus pertinente que celle fournie par la liste.

Afin de déterminer les affinités spatiales et temporelles, deux diagrammes ont été réalisés. Le premier est spatial impliquant les stations d'étude (ZRNP, PE, ZRP, OL, PFB, HC) et le deuxième est temporel, impliquant les saisons. Le programme utilisé est InteractiVenn disponible sur le site web : <http://www.interactivenn.net/index.html> (Heberle *et al.*, 2015).

### 3.4.4 Détection des espèces indicatrices (IndVal)

Les espèces indicatrices des différentes stations de la zone d'étude ont été identifiées à l'aide de l'indice de la valeur indicatrice IndVal (Dufrêne et Legendre, 1997). Cet indice se base sur le postulat qu'une espèce indicatrice est spécifique (c'est-à-dire trouvée majoritairement dans un seul groupe) et fidèle (c'est-à-dire présente dans la plupart des sites de ce groupe).

À chaque espèce est attribuée une valeur d'indicateur (IV) comprise entre 0 et 1, étant le produit de la spécificité et de la fidélité.

Cette méthode s'applique *via* la fonction `ind.bousque`, de la librairie `[labdsv]` et `[indicspecies]`, sur le logiciel R (version 3.6.1).

### **3.5 Analyses statistiques multivariées**

L'utilisation des méthodes statistiques multivariées offrent la possibilité d'analyser la diversité des communautés par l'interaction de multiples variables (Grall et Coïc, 2006).

#### **3.5.1 Modèle linéaire mixte et généralisé (GLMM)**

Une analyse de GLMM a été ajustée dans le but d'évaluer l'effet des différents variables environnementales (facteurs climatiques et taux de recouvrement végétal) sur l'abondance et la richesse de la communauté syrphidologique. Les analyses ont été effectuées par le logiciel R. la version 3.6.1. Le GLMM est dit mixte, car il comporte au moins un effet dit "fixe" (la variable dont on souhaite évaluer l'effet, les facteurs environnementaux dans la présente étude) et au moins un effet dit "aléatoire" (la variable de regroupement, transect par exemple). Le modèle statistique utilisé a pour formule =  $glmer(N \text{ ou } S \sim T + P + CV + (1|Tr), \text{family} = \text{poisson}, (\text{Link} = \text{log}, \text{data} = \text{data}))$ . Le package « lme4 » a été utilisé pour les données qui contiennent beaucoup de 0 (zero inflation data).

## *Chapitre 03. Résultats*



Dans ce chapitre, pour un meilleur suivi des résultats, une caractérisation générale de la communauté des syrphidés dans la région (les 6 stations confondues) sera étalée, suivie par une description de chaque station prise séparément.

### 1. Liste systématique des espèces recueillies dans la zone d'étude

La collecte réalisée dans la zone d'étude durant la période étalée de décembre 2016 jusqu'au mois de novembre 2017 a révélé la présence 1372 individus attachés à 37 espèces et 22 genres répartis sur deux (02) sous familles, les Syrphinae et les Eristalinae. La sous famille des Eristalinae s'avère quantitativement la plus dominante avec 20 espèces (Tab. 02).

Cinq nouvelles espèces pour l'entomofaune de l'Afrique du Nord sont signalées. Il s'agit de *Eumerus etnensis* Van der Goot, 1964, *Eupeodes nuba* (Wiedemann, 1830), *Paragus vanderghooti* Marcos-García, 1986, *Platycheirus ambiguus* (Fallén, 1817) et *Eumerus obliquus* (Fabricius, 1805) (Annexe 02).

### 2. Caractérisation biocénotique globale de la syrphidofaune

#### 2.1 Richesse spécifique (S) et abondance totale (N)

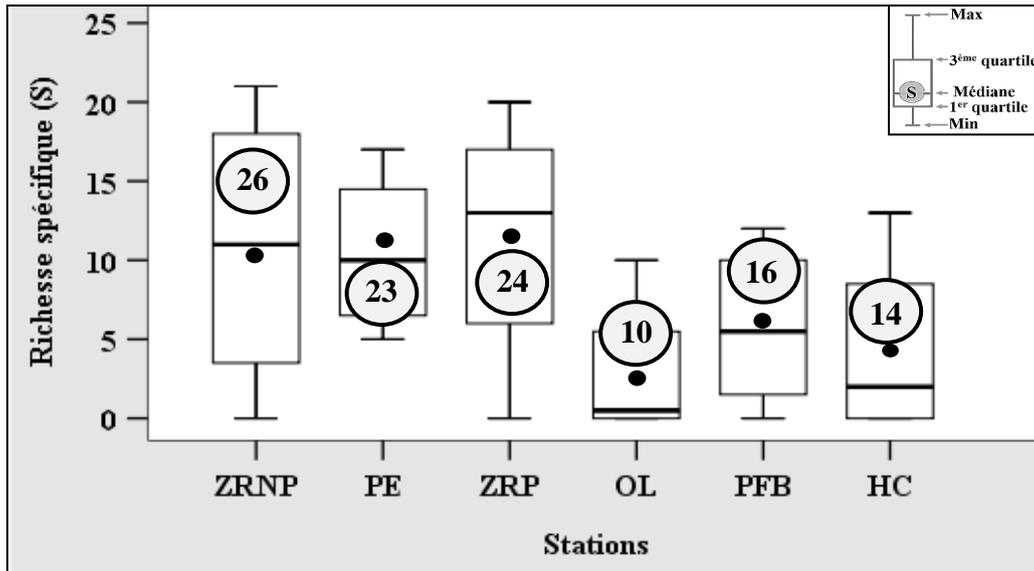
Parmi les 6 stations, trois d'entre elles ont affiché le plus grand nombre d'espèces : la zone riparienne non polluée (ZRNP), avec 26 espèces et une moyenne de  $10,75 \pm 9,17$  ; la zone riparienne polluée (ZRP), avec un total de 24 espèces et une moyenne de  $11,5 \pm 8,38$ , et enfin la pépinière (PE) avec 23 espèces et une moyenne de  $10,5 \pm 5,19$ . En revanche, les stations restantes ont enregistré une richesse plus faible. La plantation de figuier de Barbarie (PFB) avec 16 espèces et une moyenne de  $5,75 \pm 5,31$ , la haie de cyprès (HC), avec 14 espèces et une moyenne de  $4,25 \pm 6,13$  et enfin l'oliveraie (OL), avec un total de 10 espèces et une moyenne de  $2,75 \pm 4,85$  (Fig. 14).

Quant à l'abondance, sur l'ensemble des stations étudiées, 1372 individus ont été capturés, avec un maximum enregistré dans la ZRP (N= 456 individus,  $N_m = 114 \pm 100,6$ ), suivie par la PE (N= 320 individus et  $N_m = 80 \pm 76,5$ ) et la ZRNP avec 298 individus ( $N_m = 74,5 \pm 78,5$ ). Les autres stations : PFB, HC et OL ont été marquées par les effectifs les plus faibles avec respectivement, N = 149, 112 et 37 ( $N_{mPFB} = 37,3 \pm 40,3$ ,  $N_{mHC} = 28 \pm 43,2$  et  $N_{mOL} = 9,3 \pm 17,8$ ) (Fig. 15).

**Tableau 02.** Liste systématique des espèces de syrphidés inventoriées dans la zone d'étude.

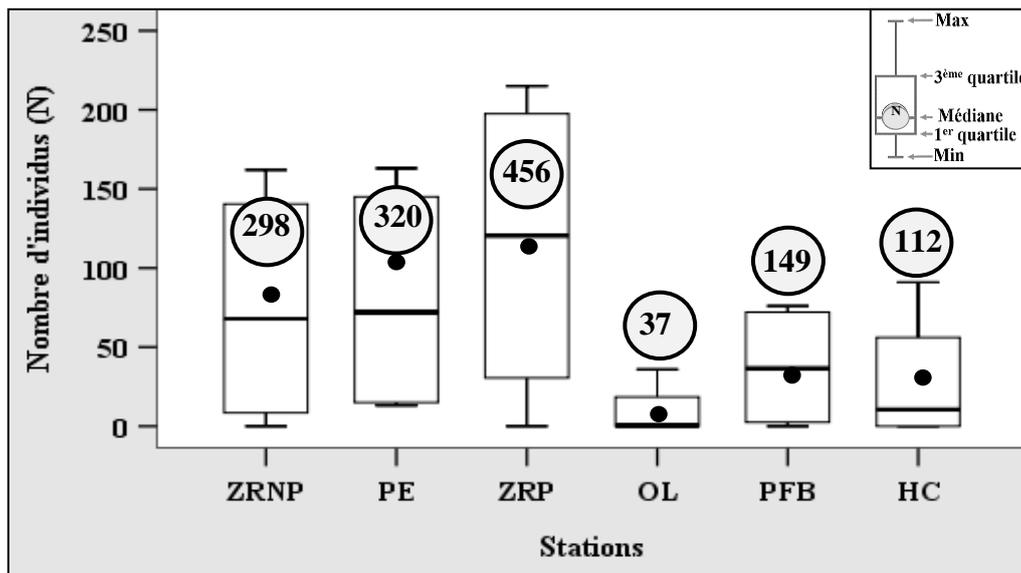
(ZRNP : zone riparienne non polluée, PE : pépinière, ZRP : zone riparienne polluée, OL : oliveraie, PFB : plantation de figuier de Barbarie, HC : haie de cyprès. — : Absence, + : Présence).

Sous famille	Espèces	Stations inventoriées					
		ZRNP	PE	ZRP	OL	PFB	HC
<i>Syrphinae</i>	<i>Chrysotoxum intermedium</i> (Meigen, 1822)	+	+	+	—	+	+
	<i>Dasysyrphus albostriatus</i> (Fallén, 1817)	—	+	—	—	—	—
	<i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer, 1776)	+	+	+	—	+	+
	<i>Eupeodes corollae</i> (Fabricius, 1794)	+	+	+	+	+	+
	<i>Eupeodes nuba</i> (Wiedemann, 1830)	—	—	+	+	—	—
	<i>Melanostoma mellinum</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	—	—	+
	<i>Meliscaeva auricollis</i> (Meigen, 1822)	+	—	—	—	—	—
	<i>Paragus bicolor</i> (Fabricius, 1794)	+	+	+	+	+	+
	<i>Paragus quadrifasciatus</i> Meigen, 1822	—	—	+	—	—	+
	<i>Paragus tibialis</i> (Fallén, 1817)	+	—	—	+	—	+
	<i>Paragus vandergooti</i> Marcos-García, 1986	+	+	+	—	+	+
	<i>Platycheirus albimanus</i> (Fabricius, 1781)	—	+	—	—	—	—
	<i>Platycheirus ambiguus</i> (Fallén, 1817)	+	+	—	—	—	—
	<i>Scaeva dignota</i> (Rondani, 1857)	—	—	—	—	—	+
	<i>Sphaerophoria rueppellii</i> (Wiedemann, 1830)	+	+	+	—	+	+
<i>Sphaerophoria scripta</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+	
<i>Xanthogramma marginale</i> (Loew, 1854)	+	+	+	—	—	—	
<i>Eristalinae</i>	<i>Ceriana vespiformis</i> (Latreille, 1804)	+	+	+	—	—	—
	<i>Eristalinus aeneus</i> (Scopoli, 1763)	+	+	+	+	+	—
	<i>Eristalinus taeniops</i> (Wiedemann, 1818)	+	+	+	—	+	—
	<i>Eristalinus megacephalus</i> (Rossi, 1794)	+	+	+	—	+	—
	<i>Eristalinus sepulchralis</i> (Linnaeus, 1758)	+	—	+	—	+	—
	<i>Eristalis arbustorum</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	—
	<i>Eristalis similis</i> (Fallén, 1817)	+	—	+	+	+	—
	<i>Eristalis tenax</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	—
	<i>Eumerus amoenus</i> Loew, 1848	—	—	+	—	—	—
	<i>Eumerus barbarus</i> (Coquebert, 1804)	+	+	—	—	—	+
	<i>Eumerus etnensis</i> Van der Goot, 1964	—	+	—	—	—	—
	<i>Eumerus obliquus</i> (Fabricius, 1805)	—	+	—	—	—	—
	<i>Helophilus trivittatus</i> (Fabricius, 1805)	—	+	+	—	+	—
	<i>Merodon bequaerti</i> Hurkmans, 1993	+	—	—	—	—	—
	<i>Merodon clavipes</i> (Fabricius, 1781)	+	—	—	—	—	—
	<i>Myathropa florea</i> (Linnaeus, 1758)	+	—	+	—	—	—
	<i>Platynochaetus rufus</i> Macquart, 1835	—	—	+	—	—	—
	<i>Psilota innupta</i> Rondani, 1857	—	—	—	—	—	+
	<i>Syritta pipiens</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+	+	+
	<i>Volucella liquida</i> Erichson, 1841	+	—	—	—	—	—



**Figure 14.** Variation de la richesse spécifique totale dans les six stations d'étude.

(ZRNP : zone riparienne non polluée, PE : pépinière, ZRP : zone riparienne polluée, OL : oliveraie, PFB : plantation de figuier de Barbarie, HC : haie de cyprès), (○) Richesse totale/ station (●) Richesse moyenne.



**Figure 15.** Variation spatiale de l'abondance totale dans les six stations d'étude.

(ZRNP : zone riparienne non polluée, PE : pépinière, ZRP : zone riparienne polluée, OL : oliveraie, PFB : plantation de figuier de Barbarie, HC : haie de cyprès), (○) Abondance totale/ station (●) Abondance moyenne.

## 2.2 Abondance relative, occurrence et statut trophique

Sur 37 espèces, *Eristalis arbustorum* s'avère la plus abondante avec un pourcentage de 23,10 %, suivie par *Syritta pipiens* et *Sphaerophoria scripta* avec 16,25% et 15,23%. Viennent ensuite les espèces *Eristalinus aeneus*, *Eristalinus taeniops*, *Eristalis tenax* et *Chrysotoxum*

*intermedium* avec respectivement 8,02%, 7,00 % et 4,01 %. Le reste des espèces est présent avec de faibles pourcentages oscillant entre 0,07% et 3,64% (Fig.16).

Parmi les espèces récoltées dans la ZRNP, OL et HC, *Sphaerophoria scripta* est l'espèce la plus abondante avec un pourcentage de 26,85 %, 37,84% et 42,86% respectivement suivie de *Syritta pipiens* pour les mêmes stations avec 15,77%, 16,22% et 10,71%. Viennent ensuite *Eristalis arbustorum* et *Eristalinus megacephalus* avec 13,42% et 10,74% en troisième classe et le reste des espèces est présenté par les pourcentages compris entre 0 et 6,38% pour la ZRNP.

Les espèces *Paragus bicolor* et *Eristalis tenax* ont occupé la troisième position avec la même abondance 10,81%. Le pourcentage des espèces restantes fluctue entre 0% et 8,11% pour l'OL et entre (0 - 9,82%) pour la HC.

En revanche, l'*Eristalis arbustorum* occupe la 1<sup>ère</sup> position pour les trois stations PFB, PE et ZRP avec 32,89%, 30,94 % et 27,85% respectivement.

Les autres espèces ont affiché les abondances relatives suivantes :

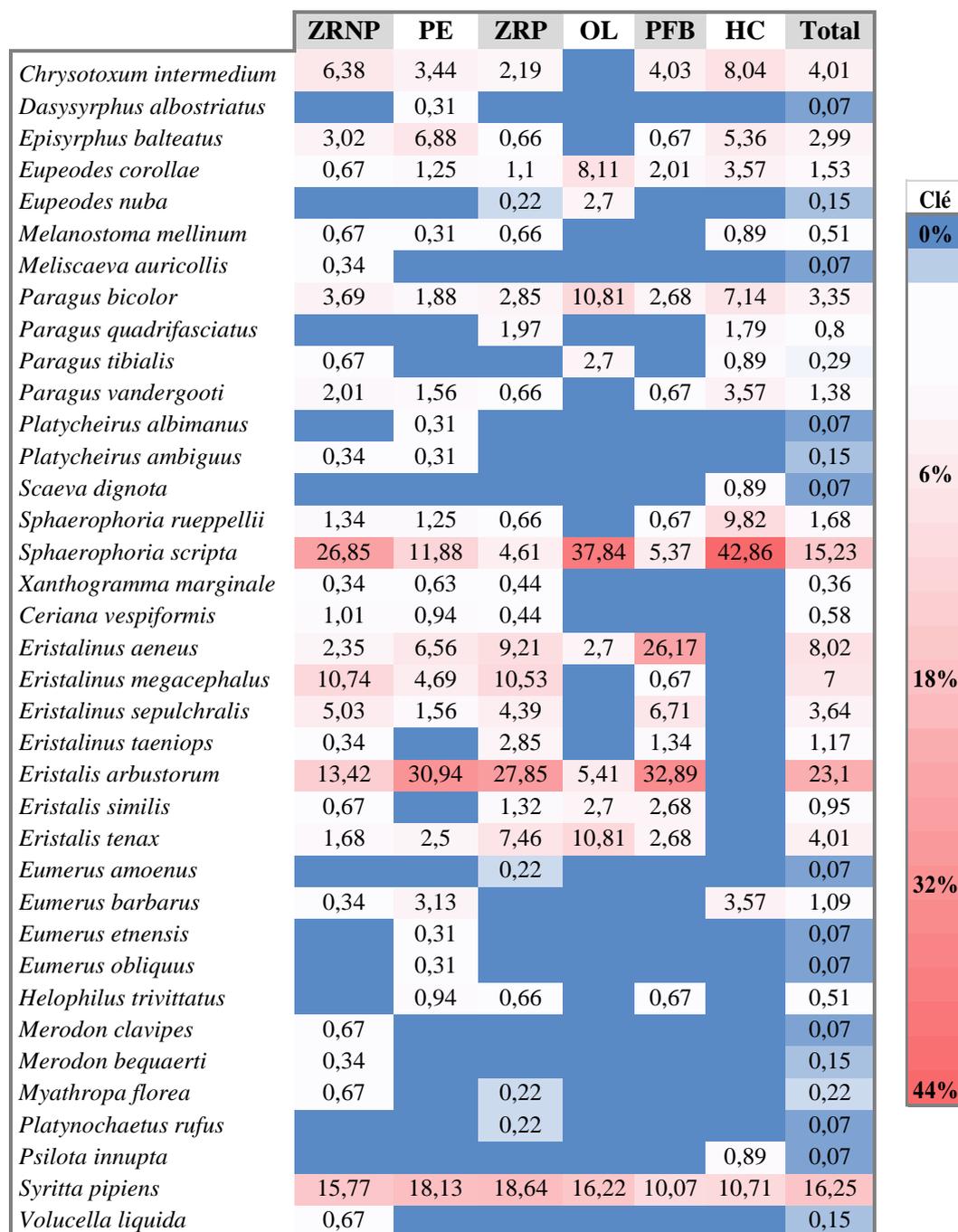
-*Syritta pipiens* et *Sphaerophoria scripta* avec 18,13% et 11,88%, puis le reste des espèces fluctuent entre 0 et 6,88%, pour la PE.

-*Syritta pipiens* 18,64% et *Eristalinus megacephalus* 10,53%. Le reste des abondances est compris entre 0 et 9,21% pour la ZRP.

-*Eristalinus aeneus* 26,17% et *Syritta pipiens* et le reste des espèces oscille entre 6,71 et 10,07 % pour PFB (Fig. 16).

Concernant l'occurrence, sur 37 espèces recensées, 21 sont constantes, 12 sont communes et 4 sont accidentelles (Tab.03).

Sur le plan trophique, quatre groupes sont signalés (Tab.02) : les zoophages viennent en premier, avec 17 espèces, suivis par les saprophages (9 espèces), les phytophages (6 espèces) et enfin les saproxiliques avec 3 espèces.



**Figure 16.** Carte thermique représentant les abondances relatives des syrphidés échantillonnés dans la zone et les stations d'étude. Les valeurs associées à l'intensité de la couleur sont des abondances relatives en pourcentage. (ZRNP : zone riparienne non polluée, PE : pépinière, ZRP : zone riparienne polluée, OL : oliveraie, PFB : plantation de figuier de Barbarie, HC : haie de cyprès).

**Tableau 03.** Abondance relative, occurrence et statut trophique des espèces inventoriées dans la zone d'étude. (AR (%) Abondance relative, ST : Statut trophique, C(%): Constance, Cst : Constante, Cm: Commune, Ac: Accidentelle).

	C (%)	Statut d'occurrence	ST
<i>Chrysotoxum intermedium</i>	83,33	Cst	Zoophage
<i>Dasysyrphus albostriatus</i>	16,67	Ac	Zoophage
<i>Episyrphus balteatus</i>	83,33	Cst	Zoophage
<i>Eupeodes corollae</i>	100	Cst	Zoophage
<i>Eupeodes nuba</i>	33,33	Cm	Zoophage
<i>Melanostoma mellinum</i>	66,67	Cst	Zoophage
<i>Meliscaeva auricollis</i>	16,67	Ac	Zoophage
<i>Paragus bicolor</i>	100	Cst	Zoophage
<i>Paragus quadrifasciatus</i>	33,33	Cm	Zoophage
<i>Paragus tibialis</i>	50,00	Cst	Zoophage
<i>Paragus vandergooti</i>	83,33	Cst	Zoophage
<i>Platycheirus albimanus</i>	16,67	Ac	Zoophage
<i>Platycheirus ambiguus</i>	33,33	Cm	Zoophage
<i>Scaeva dignota</i>	16,67	Ac	Zoophage
<i>Sphaerophoria rueppellii</i>	83,33	Cst	Zoophage
<i>Sphaerophoria scripta</i>	100	Cst	Zoophage
<i>Xanthogramma marginale</i>	50,00	Cst	Zoophage
<i>Ceriana vespiformis</i>	50,00	Cst	Saproxilique
<i>Eristalinus aeneus</i>	83,33	Cst	Saprophage
<i>Eristalinus megacephalus</i>	66,67	Cst	Saprophage
<i>Eristalinus sepulchralis</i>	50,00	Cst	Saprophage
<i>Eristalinus taeniops</i>	66,67	Cst	Saprophage
<i>Eristalis arbustorum</i>	83,33	Cst	Saprophage
<i>Eristalis similis</i>	66,67	Cst	Saprophage
<i>Eristalis tenax</i>	83,33	Cst	Saprophage
<i>Eumerus amoenus</i>	16,67	Ac	Phytophage
<i>Eumerus barbarus</i>	50,00	Cst	Phytophage
<i>Eumerus etnensis</i>	16,67	Ac	Phytophage
<i>Eumerus obliquus</i>	16,67	Ac	Phytophage
<i>Helophilus trivittatus</i>	50,00	Cst	Saprophage
<i>Merodon bequaerti</i>	16,67	Ac	Phytophage
<i>Merodon clavipes</i>	16,67	Ac	Phytophage
<i>Myathropa florea</i>	33,33	Cm	Saproxylitique
<i>Platynochaetus rufus</i>	16,67	Ac	Inconnue
<i>Psilota innupta</i>	16,67	Ac	Saproxilique
<i>Syrirta pipiens</i>	100	Cst	Saprophage
<i>Volucella liquida</i>	16,67	Ac	Inconnue

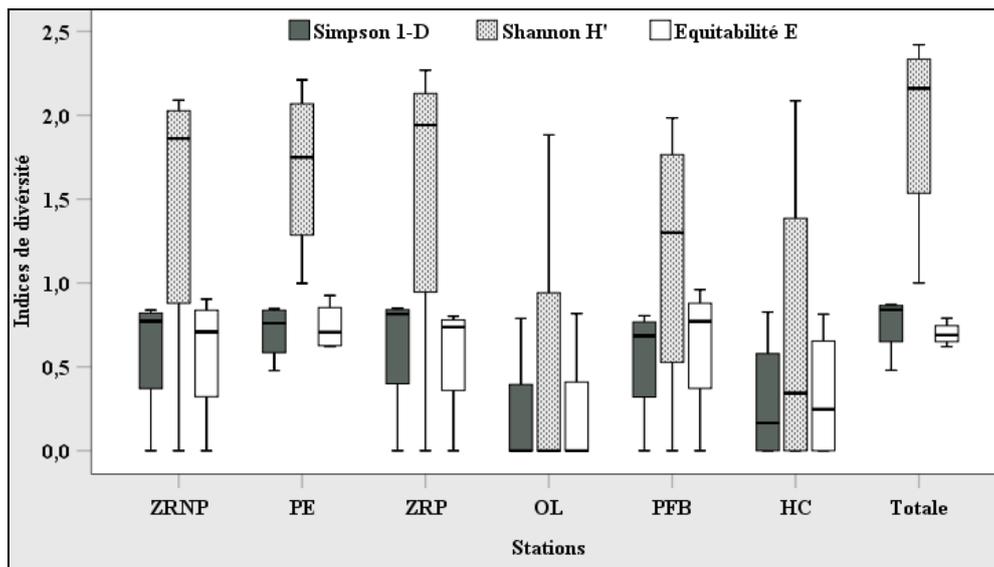
### 2.3 Indices de diversité : Shannon (H'), Pielou (E) et Simpson (1-D)

La figure 17 montre la variation des indices de diversité dans la zone d'étude et les différentes stations.

La zone d'étude a été marquée par  $H' = 2,5$  bits (moyenne :  $1,93 \pm 0,63$ ), une équitabilité de 0,7 (moyenne :  $0,70 \pm 0,07$ ) et un indice de diversité de Simpson (1-D) de 0,87 avec une moyenne de  $0,76 \pm 0,18$ .

La ZRNP, la PE et la ZRP ont enregistré des indices de diversité très proches. Les valeurs de  $H'$  sont entre 2,29 et 2,40 bits avec les moyennes respectives de  $1,45 \pm 0,97$  pour la ZRNP,  $1,67 \pm 0,52$  pour la PE et  $1,53 \pm 1,03$  pour la ZRP ; celles de l'équitabilité sont comprises entre 0,73 et 0,74 avec les moyennes respectives de ( $0,58 \pm 0,40$ ,  $0,73 \pm 0,14$  et  $0,56 \pm 0,38$ ) et 0,84-0,86 pour 1-D avec les moyennes ( $0,59 \pm 0,39$ ,  $0,71 \pm 0,17$  et  $0,61 \pm 0,41$ ).

Ces indices sont de 1,90 pour  $H'$  (moyenne :  $0,47 \pm 0,94$ ), 0,82 pour E (moyenne :  $0,20 \pm 0,40$ ) et 0,80 pour 1-D (moyenne :  $0,19 \pm 0,39$ ) pour l'OL. La PFB est marquée par un  $H' = 2,01$  bits (moyenne :  $1,14 \pm 0,85$ ),  $E = 0,72$  (moyenne :  $0,62 \pm 0,42$ ) et  $1-D = 0,80$  (moyenne :  $0,54 \pm 0,36$ ). En dernier lieu, la HC enregistre les valeurs suivantes : 1,97 bits pour Shannon (moyenne :  $0,69 \pm 0,98$ ) ;  $E = 0,75$  (moyenne :  $0,32 \pm 0,39$ ) et  $1-D = 0,78$  (moyenne :  $0,28 \pm 0,39$ ) (Fig.17).



**Figure 17.** Variation spatiale des indices de diversité Shannon, Simpson et l'équitabilité.

(ZRNP : zone riparienne non polluée, PE : pépinière, ZRP : zone riparienne polluée, OL : oliveraie, PFB : plantation de figuier de Barbarie, HC : haie de cyprès).

## 2.4 Similitude entre les stations d'étude

### 2.4.1 Indices de Sørensen et Morisita –Horn

Les valeurs de l'indice de Sørensen fluctuent entre 41% et 80%. Cette affinité atteint son maximum de 80% entre la ZRP et la PFB, alors que le minimum est enregistré entre l'OL et la

HC (41%). Le reste des couples ont des similitudes au-delà de 50% sauf pour la combinaison PE/OL avec 42% (Tab. 04). Quant à l'indice quantitatif de Morisita-Horn, l'homogénéité est comprise entre 19% pour le couple PFB-HC et 93% pour PE-ZRP. La plupart des stations affiche une ressemblance au-delà de 50% sauf les stations ZRP/OL avec 44%, PE/HC avec 42%, OL/PFB avec 34% et ZRP/HC avec 24% (Tab.03).

**Tableau 04.** Indices de Sørensen (%) et de Morisita-Horn (%) appliqués sur les six stations d'étude, (ZRNP : zone riparienne non polluée, PE : pépinière, ZRP : zone riparienne polluée, OL : oliveraie, PFB : plantation de figuier de Barbarie, HC : haie de cyprès).

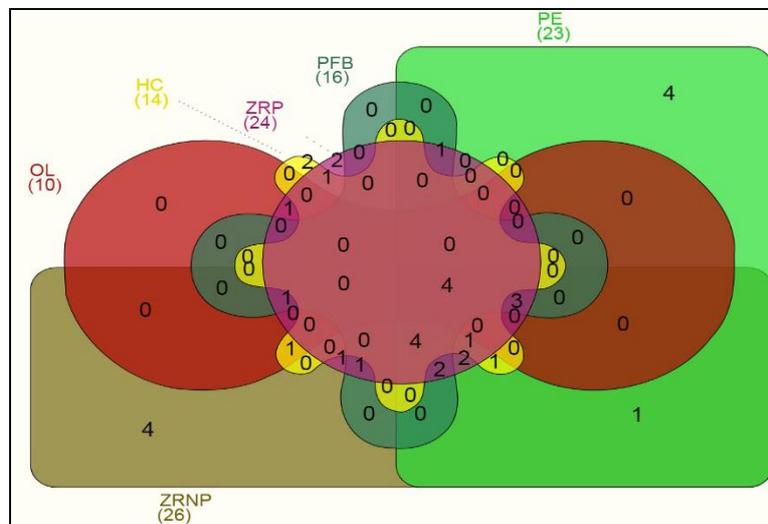
		Sørensen					
		ZRNP	PE	ZRP	OL	PFB	HC
Morisita-Horn	ZRNP		73	76	50	71	55
	PE	78		72	42	71	54
	ZRP	70	<b>93</b>		53	<b>80</b>	52
	OL	82	54	44		61	<b>41</b>
	PFB	53	83	84	34		53
	HC	79	42	24	88	<b>19</b>	

#### 2.4.2 Diagramme de Veen (Similarité spatio-temporelle)

L'analyse de diagramme de Veen montre que bien que quatre espèces (*Eupeodes corollae*, *Paragus bicolor*, *Sphaerophoria scripta* et *Syrirta pipiens*) soient communes entre toutes les stations d'étude, d'autres révèlent un trait d'exclusivité vis-à-vis de leurs habitats. Le schéma se présente comme suit :

- *Meliscaeva auricollis*, *Merodon bequaerti*, *Merodon clavipes* et *Volucella liquida* sont exclusives à la ZRNP,
- *Dasysyrphus albostrigatus*, *Platycheirus albimanus*, *Eumerus etnensis* et *Eumerus obliquus* sont exclusives à la PE,
- Les deux espèces *Eumerus amoenus* et *Platynochaetus rufus* sont inventoriées uniquement dans la ZRP,
- *Scaeva dignota* et *Psilota innupta* sont exclusivement répertoriées dans la HC.
- Les cinq espèces *Chrysotoxum intermedium*, *Episyrphus balteatus*, *Paragus vandergooti*, *Sphaerophoria rueppellii* et *Eristalis similis* sont exclusives aux ZRNP, PE, ZRP, PFB et HC,
- *Eristalinus aeneus*, *Eristalis arbutorum* et *Eristalis tenax* partagent les cinq stations ZRNP, PE, ZRP, OL et PFB,

- *Eristalis similis* est exclusive aux ZRNP, ZRP, OL et PFB,
- *Melanostoma mellinum* l'est dans ZRNP, PE, ZRP et HC, tandis que l'*Eristalinus megacephalus* et *Eristalinus taeniops* sont partagées entre ZRNP, PE, ZRP et PFB,
- *Paragus tibialis* trouvée dans les ZRNP, OL et HC, *Eristalinus sepulchralis* trouvée entre ZRNP, ZRP et PFB.
- Les deux espèces *Xanthogramma marginale* et *Ceriana vespiformis* trouvées entre ZRNP, PE et ZRP, *Helophilus trivittatus* a été signalée entre PE, ZRP et PFB, tandis que l'*Emuerus barbarus* existe entre ZRNP, PE et HC, *Paragus quadrifasciatus* présente entre ZRP et HC, *Eupeodes nuba* entre ZRP et OL, *Myathropa florea* entre ZRNP et ZRP, enfin une seule espèce *Platycheirus ambiguus* se partage entre ZRNP et PE (Fig. 18).



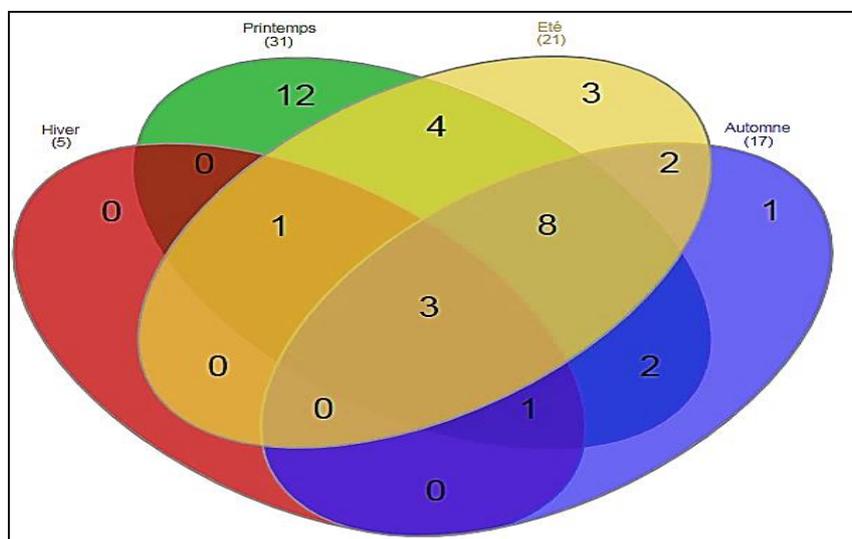
**Figure 18.** Diagramme de Venn en six séries illustrant les espèces de syrphidés répertoriées dans les six habitats étudiés. (ZRNP : zone riparienne non polluée, PE : pépinière, ZRP : zone riparienne polluée, OL : oliveraie, PFB : plantation de figuier de Barbarie, HC : haie de cyprès).

D'un autre côté, le diagramme de Venn appliqué aux saisons montre la présence de :

- trois espèces (*Eristalinus aeneus*, *Eristalis arbustorum* et *Eristalis tenax*) communes entre les quatre saisons ;
- le printemps a été marqué par 12 espèces : *Dasysyrphus albostrigatus*, *Eupeodes nuba*, *Melanostoma mellinum*, *Meliscaeva auricollis*, *Paragus tibialis*, *Platycheirus albimanus*, *Platycheirus ambiguus*, *Eumerus amoenus*, *Merodon bequaerti*, *Merodon clavipes*, *Platynochaetus rufus*, *Psilota innupta*.
- Les espèces *Scaeva dignota*, *Eumerus etnensis* et *Volucella liquida* sont exclusives à l'été,
- Une seule espèce *Eumerus obliquus* à l'automne et quatre espèces *Paragus quadrifasciatus*, *Paragus vandergooti*, *Sphaerophoria rueppellii* et *Eristalis similis* sont trouvées en commun

entre le printemps et l'été.

-*Episyrphus balteatus* et *Myathropa florea* entre le printemps et l'automne, *Eristalinus megacephalus* et *Eristalinus taeniops* entre l'été et l'automne et enfin 8 espèces se partagent le printemps, l'été et l'automne (Fig.19).



**Figure 19.** Diagramme de Venn appliqué à l'affinité saisonnière des syrphidés dans les stations d'étude.

#### 2.4.3 Analyse des espèces indicatrices (IndVal)

Il en ressort de l'analyse de l'IndVal que, parmi les 37 espèces récoltées dans les stations d'étude, cinq d'entre elles sont signalées comme espèces bio-indicatrices avec un  $P$  égal ou inférieur à 0,05. Il s'agit de : *Paragus quadrifasciatus*, *Eristalis arbustorum*, *Eristalis tenax* et *Eristalinus aeneus* signalées dans la zone riparienne polluée avec des valeurs faibles ( $IV = 0,522, 0,517, 0,508, 0,505$  respectivement). L'espèce *Eumerus barbarus* a été signalée dans la pépinière avec  $IV = 0,471$  (Tab. 05).

**Tableau 05.** Liste des espèces bio-indicatrices de la zone d'étude.

Stations	Espèces indicatrices	IV	Valeur P
PE	<i>Eumerus barbarus</i>	0,471	0,030 *
ZRP	<i>Paragus quadrifasciatus</i>	0,522	0,005 **
	<i>Eristalis arbustorum</i>	0,517	0,030 *
	<i>Eristalis tenax</i>	0,508	0,050 *
	<i>Eristalinus aeneus</i>	0,505	0,015 *

### 3. Variation saisonnière des traits biocénétiques dans chaque station d'étude

#### 3.1 Zone riparienne non polluée (ZRNP)

##### 3.1.1 Richesse (S) et abondance totale (N)

La saison hivernale est marquée par une absence totale d'espèces. Les espèces commencent à apparaître au printemps où le plus grand nombre d'espèces ( $S=21$ ) est enregistré avec une moyenne de  $10 \pm 5,30$  espèces. Les basses valeurs sont obtenues en été et en automne avec respectivement un total de 15 espèces, moyennant  $8,33 \pm 2,30$  et 07 espèces avec une moyenne de  $2,33 \pm 4,04$  (Fig. 20a).

Il en est de même pour l'abondance totale, où le plus grand nombre d'individus est enregistré au printemps ( $N = 162$  individus, moyenne =  $54 \pm 43,55$ ), suivie par une chute en été ( $N = 119$  individus, moyenne =  $40 \pm 13,61$ ) et en automne avec  $N = 17$  individus et une moyenne de  $6 \pm 9,81$  (Fig. 20b).

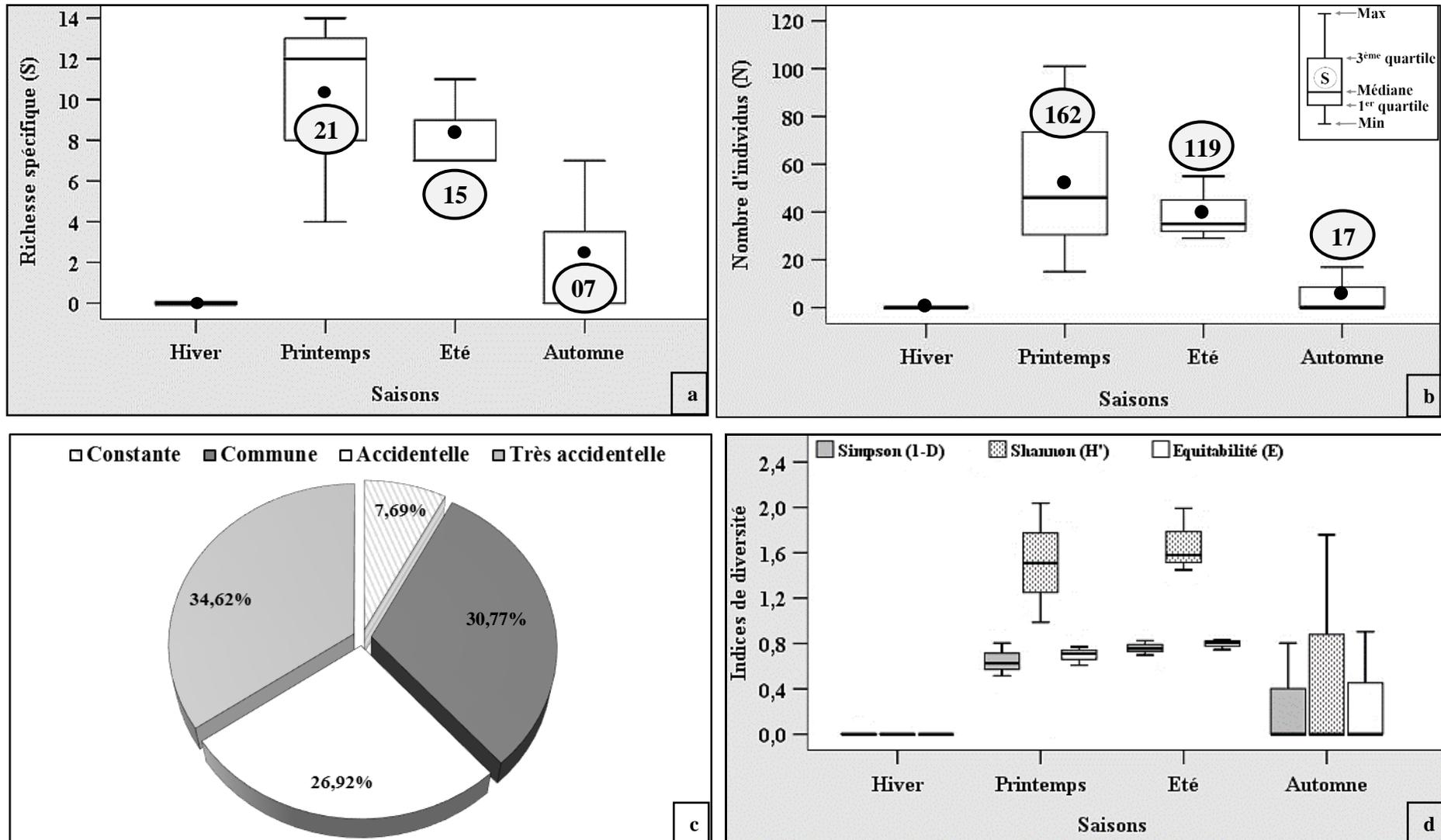
##### 3.1.2 Fréquence d'occurrence (C%)

La station (ZRNP) signale la présence de 2 espèces constantes (*Eristalis arbustorum* et *Syritta pipiens*) avec 7,69% et huit espèces communes (*Chrysotoxum intermedium*, *Episyrphus balteatus*, *Paragus bicolor*, *Paragus vandergooti*, *Sphaerophoria scripta*, *Eristalinus megacephalus*, *Eristalinus taeniops* et *Eristalis tenax*) avec 30,77%. Les catégories accidentelles et très accidentelles sont au nombre de 16 espèces (Fig. 20c).

##### 3.1.3 Indices de diversité (H', E, 1-D)

D'après la figure ci-dessous, la valeur la plus élevée de l'indice de Shannon est enregistrée durant l'été avec 2,09 bits, alors que le printemps et l'automne ont enregistré les plus basses valeurs avec respectivement, 1,97 bits et 1,76 bits. Le maximum de l'équitabilité est signalé en automne avec 0,90, diminue à 0,77 au printemps puis à 0,64 en été.

Concernant, l'indice de diversité de Simpson, le printemps commence par la valeur 0,74, augmente en été à 0,84 et chute légèrement en automne avec 0,80. Tous ces indices s'annulent durant l'hiver (Fig. 20d).



**Figure 20.** Paramètres biocénotiques de composition et de structure appliqués aux syrphidés de la 1ère station (ZRNP) a) Richeur spécifique b) Abondance totale, c) Fréquence d'occurrence, d) Indices de diversité, (○) Nombre d'espèce ou d'individus groupés par saison, (●) Moyenne.

### 3.2 Pépinière (PE)

#### 3.2.1 Richesse (S) et abondance totale (N)

L'hiver affiche la présence de 5 espèces avec une moyenne de  $1,67 \pm 2,88$  espèce. Le pic est atteint au printemps avec 17 espèces ( $S_m = 10 \pm 1,73$ ). Ce paramètre diminue durant les saisons restantes avec respectivement 12 espèces ( $S_m = 8,33 \pm 1,52$ ) en été et 8 en automne avec  $S_m = 2,66 \pm 3,79$  (Fig. 21a). À son tour, l'abondance totale commence avec 17 individus,  $N_m = 5,66 \pm 9,81$ , en hiver, atteint le pic de 163 en été, avec une moyenne de  $39 \pm 15,62$ . Le printemps enregistre 127 individus avec une moyenne de  $39,66 \pm 32,19$ . Enfin, le plus bas effectif est signalé en automne avec seulement 13 individus et une moyenne de  $3 \pm 4,35$  (Fig. 21b).

#### 3.2.2 Fréquence d'occurrence (C%)

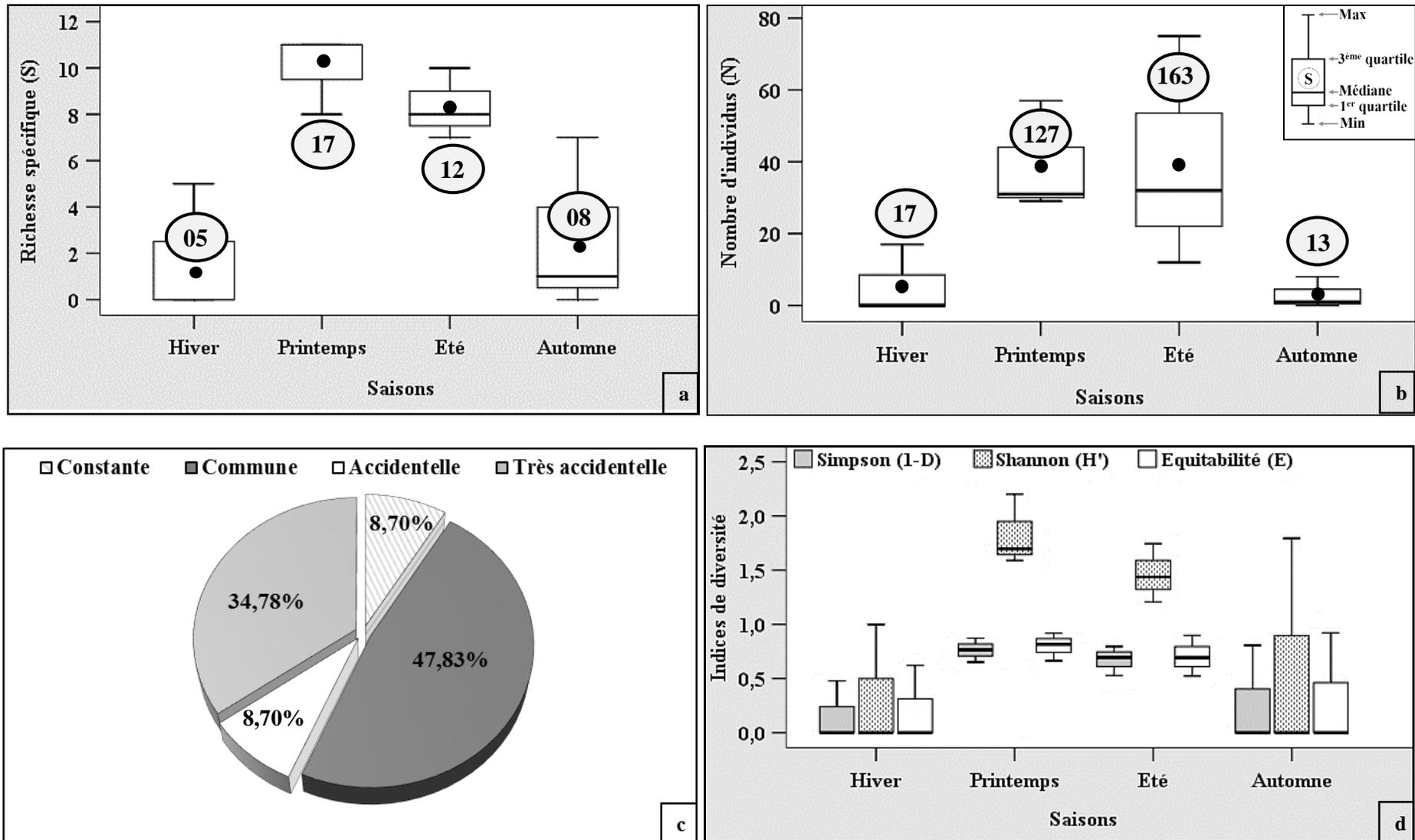
Les espèces constantes sont au nombre de deux. Il s'agit de l'*Eristalis arbustorum* et *Syritta pipiens* avec 8,70%. La catégorie commune rassemble 11 espèces avec 47,83% (*Chrysotoxum intermedium*, *Episyrphus balteatus*, *Eupeodes corollae*, *Paragus bicolor*, *Paragus vanderghooti*, *Sphaerophoria scripta*, *Ceriana vespiformis*, *Eristalinus aeneus*, *Eristalinus taeniops*, *Eristalis tenax*, *Eumerus barbarus*), alors que les espèces accidentelles et très accidentelles sont au nombre de 10 (Fig. 21c).

#### 3.2.3 Indices de diversité (H', E, 1-D)

Dans la pépinière, les indices de Shannon (H'), d'équitabilité et de Simpson (1-D) varient durant la période d'étude d'une saison à une autre.

L'indice de Shannon a enregistré la plus faible valeur en hiver avec 0,99 bits augmente au printemps à 2,21 bits, baisse en été à 1,57 pour rehausser en automne à 1,92 bits. La valeur la plus faible de l'équitabilité a été enregistrée en hiver avec 0,61 pour passer à 0,78 au printemps et 0,63 en été. Le maximum a été signalé en automne avec 0,92.

Enfin pour l'indice de diversité de Simpson, la saison printanière a marqué la valeur la plus élevée avec 0,84 suivie par l'automne avec 0,82 et l'été avec 0,70. Enfin, vient l'hiver avec la plus basse valeur qui est de 0,47 (Fig. 21d).



**Figure 21.** Paramètres biocénotiques de composition et de structure appliqués aux espèces de la 2<sup>ème</sup> station (PE) a) Richesse spécifique b) Abondance relative, c) Fréquence d'occurrence, d) Indices de diversité, (○) Nombre d'espèce ou d'individus groupés par saison, (●) Moyenne.

### 3.3 Zone riparienne polluée (ZRP)

#### 3.3.1 Richesse (S) et abondance totale (N)

Aucune espèce n'est apparue en hiver. En revanche, 20 espèces se sont manifestées au printemps avec une moyenne de  $11,7 \pm 2,3$ . Ce nombre régresse progressivement à 14 espèces en été avec une moyenne de  $9 \pm 1,00$  et 12 espèces en automne avec une moyenne  $5 \pm 4,60$  (Fig.22a).

D'un autre côté, le nombre total d'individus a atteint 180 au printemps avec une moyenne de  $60 \pm 33,77$ . Ce nombre augmente en été à 215 individus ( $N_m = 71,66 \pm 30$ ) pour chuter en automne à 61 individus et  $N_m = 20,33 \pm 26,27$  (Fig.22b).

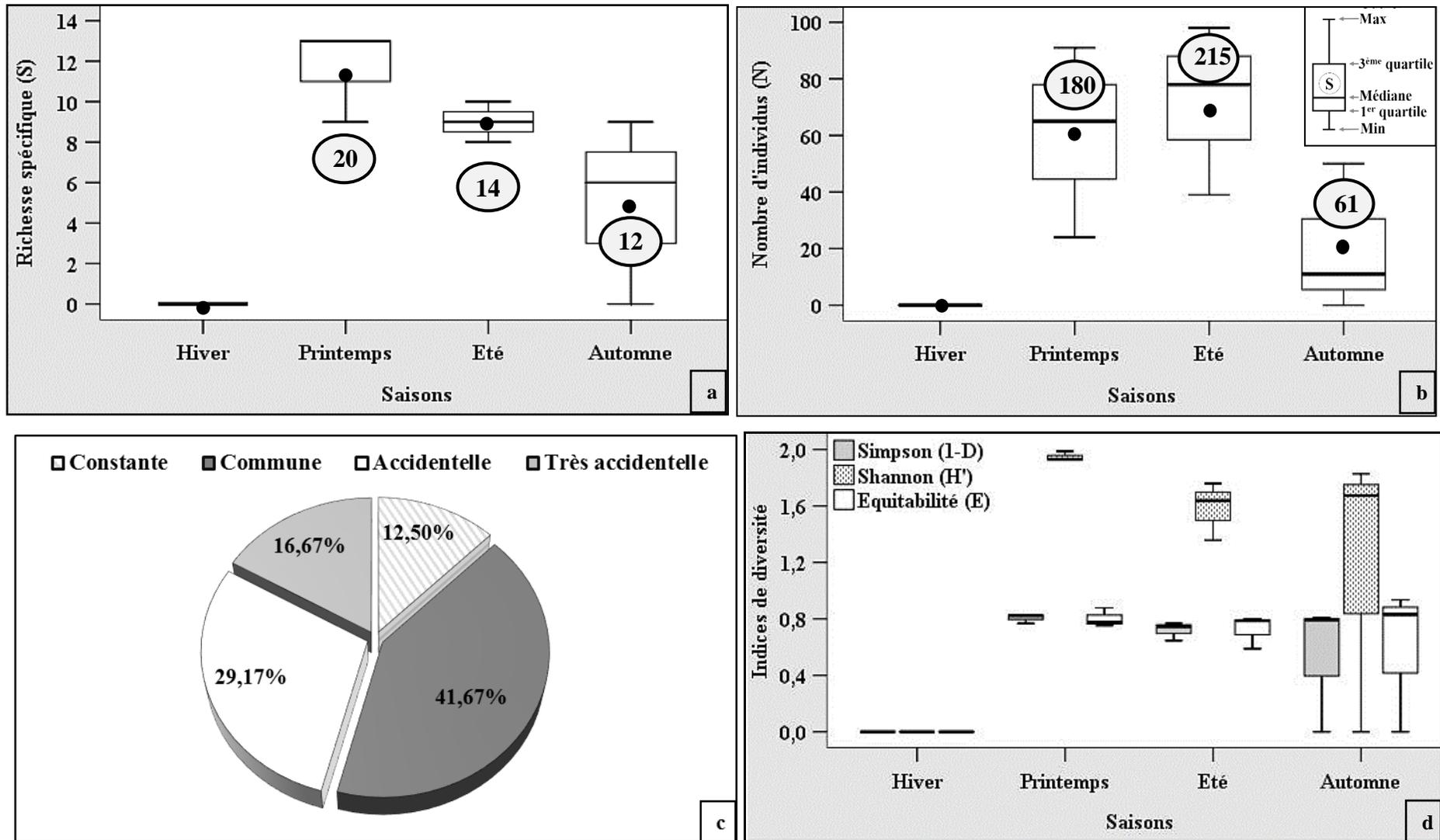
#### 3.3.2 Fréquence d'occurrence (C%)

Selon la fréquence d'occurrence, 3 espèces (*Eristalinus aeneus*, *Eristalis arbustorum* et *Syritta pipiens*) appartiennent à la catégorie constante avec 12,5%. Dix espèces communes (*Chrysotoxum intermedium*, *Episyrphus balteatus*, *Eupeodes corollae*, *Paragus quadrifasciatus*, *Sphaerophoria scripta*, *Eristalinus taeniops*, *Eristalinus megacephalus*, *Eristalinus sepulchralis*, *Eristalis similis* et *Eristalis tenax*) occupent la première position avec 41,7%, suivies par 11 espèces accidentelles et très accidentelles (Fig. 22c).

#### 3.3.3 Indices de diversité (H', E, 1-D)

Le printemps a été marqué par la valeur la plus élevée  $H' = 2,26$  bits suivie par l'automne avec  $H' = 1,99$  bits puis l'été avec  $H' = 1,90$  bits. L'équitabilité a affiché la valeur maximale en automne (0,80), suivie par le printemps avec 0,75 puis vient l'été avec 0,71.

Les valeurs de (1-D) sont assez voisines pour les 3 saisons. Le pic est obtenu au printemps avec 0,85, suivie par l'automne avec 0,83 puis l'été avec 0,80. Ces indices sont nuls en hiver (Fig. 22d).



**Figure 22.** Paramètres biocénose de composition et de structure appliqués aux espèces de la 3<sup>ème</sup> station (ZRP) a) Richesse spécifique, b) Abondance relative, c) Fréquence d'occurrence, d) Indices de diversité, (○) Nombre d'espèce ou d'individus groupés par saison, (●) Moyenne.

### 3.4 Oliveraie (OL)

#### 3.4.1 Richesse (S) et abondance totale (N)

L'hiver et l'automne se démarquent des deux autres saisons par l'absence totale des espèces. Une seule espèce a été mentionnée durant la saison estivale contre 10 espèces signalées au printemps avec une moyenne de  $5 \pm 3,60$  (Fig. 23a).

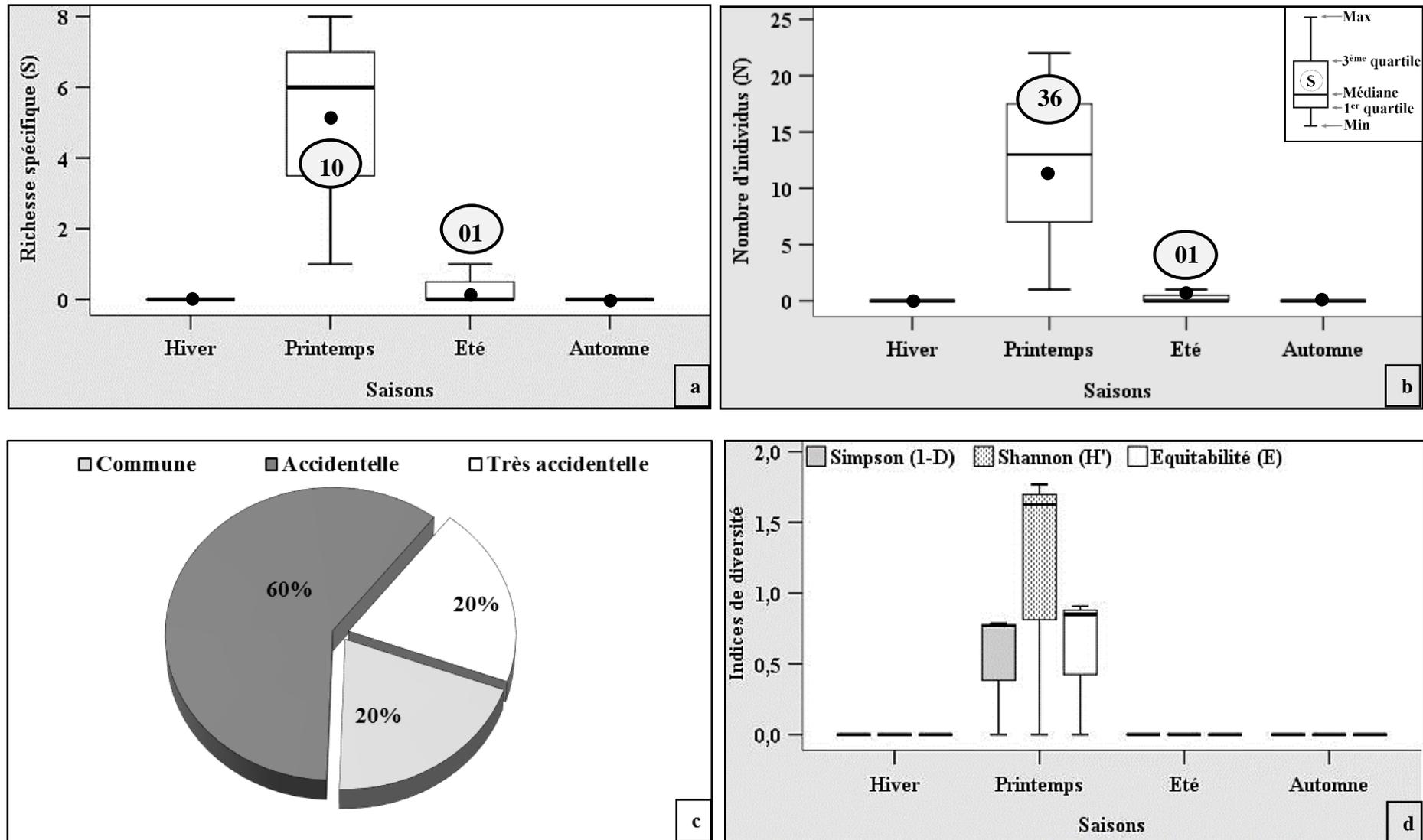
En ce qui concerne, le nombre total d'individus, un seul individu a été signalé en été contre 36 individus au printemps avec une moyenne de  $12 \pm 10,53$  (Fig. 23b).

#### 3.4.2 Fréquence d'occurrence (C%)

Parmi les 10 espèces recensées dans l'oliveraie, les espèces communes (*Paragus bicolor* et *Sphaerophoria scripta*) occupent 21%. La catégorie accidentelle revient à six espèces (*Eupeodes nuba*, *Paragus tibialis*, *Eristalinus aeneus*, *Eristalis arbustorum*, *Eristalis similis* et *Eristalis tenax*), alors que deux autres espèces sont qualifiées très accidentelles (*Eupeodes corollae* et *Syrirta pipiens*). Ces deux dernières catégories constituent 80% du total recensé dans cet habitat (Fig. 23c).

#### 3.4.3 Indices de diversité (H', E, 1-D)

Le printemps a enregistré un indice de diversité  $H' = 1,88$ bits et une équitabilité de 0,82 avec un maximum respectivement signalé en avril ( $H' = 1,77$ ) et mai ( $E = 0,91$ ). L'indice de diversité de Simpson est de 0,79 avec un pic atteint en avril (0,79). Ces indices s'annulent pour les autres saisons (Fig. 23d).



**Figure 23.** Paramètres biocénotiques de composition et de structure appliqués aux espèces de la 4<sup>ème</sup> station (OL) a) Richesse spécifique, b) Abondance relative, c) Fréquence d'occurrence, d) Indices de diversité, (○) Nombre d'espèce ou d'individus groupés par saison, (●) Moyenne.

### 3.5 Plantation de figuier de Barbarie

#### 3.5.1 Richesse (S) et abondance totale (N)

Aucune espèce n'a été enregistrée durant l'hiver. Le printemps a commencé avec 12 espèces avec une moyenne de  $6 \pm 3,60$  pour chuter à 8 espèces en été (moyenne :  $4,66 \pm 1,52$ ), puis 3 espèces en automne (moyenne :  $1 \pm 1,73$ ) (Fig. 24a).

Le nombre d'individus a atteint 76 au printemps (moyenne :  $25,33 \pm 19,13$ ) pour passer à 68 individus (moyenne  $22,66 \pm 10,78$ ) en été et 5 individus en automne (moyenne :  $1,66 \pm 2,88$ ) (Fig.24b).

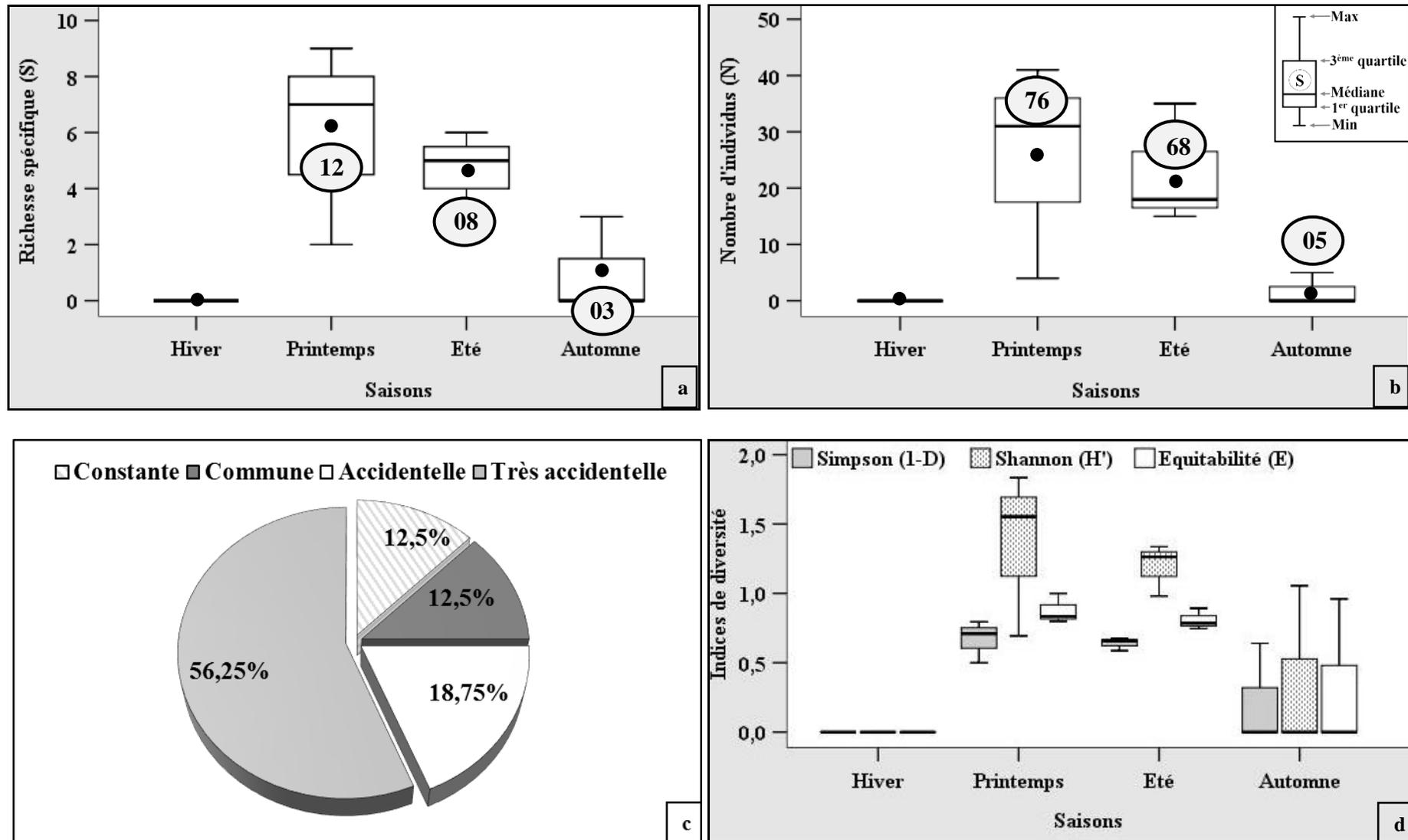
#### 3.5.2 Fréquence d'occurrence (C%)

Parmi les 16 espèces retrouvées dans la plantation de figuier, deux espèces sont constantes (*Eristalinus aeneus* et *Eristalis arbustorum*) et deux autres sont communes (*Paragus bicolor* et *Sphaerophoria scripta*). Chacune des catégories représente 12,5% du total. Trois espèces sont accidentelles (*Eristalis similis*, *Eristalis tenax* et *Syritta pipiens*) (18,75%), alors que 9 autres sont très accidentelles. Il s'agit de *Chrysotoxum intermedium*, *Episyrphus balteatus*, *Eupeodes corollae*, *Paragus vandergooti*, *Sphaerophoria rueppellii*, *Eristalinus taeniops*, *Eristalinus megacephalus*, *Eristalinus sepulchralis* et *Helophilus trivittatus* (56,25%) (Fig. 24c).

#### 3.5.3 Indices de diversité (H', E, 1-D)

Durant l'année d'observation, le printemps a révélé la valeur de l'indice de diversité la plus élevée (1,98 bits), pour diminuer durant les autres saisons avec respectivement les valeurs suivantes 1,54 en été et 1,05 en automne. L'indice d'équitabilité est de 0,80 durant le printemps, baisse à 0,74 en été pour rehausser en automne et atteindre 0,96.

L'indice de diversité de Simpson a enregistré la valeur 0,80 au printemps pour baisser durant les saisons qui suivent avec 0,73 en été et 0,64 en automne. Tous les indices s'annulent durant l'hiver (Fig. 24d).



**Figure 24.** Paramètres biocénotiques de composition et de structure appliqués aux espèces de la 5<sup>ème</sup> station (PFB) a) Richesse spécifique, b) Abondance totale, c) Fréquence d'occurrence, d) Indices de diversité, (○) Nombre d'espèce ou d'individus groupés par saison, (●) Moyenne.

### 3.6 Haie de cyprès (HC)

#### 3.6.1 Richesse (S) et abondance totale (N)

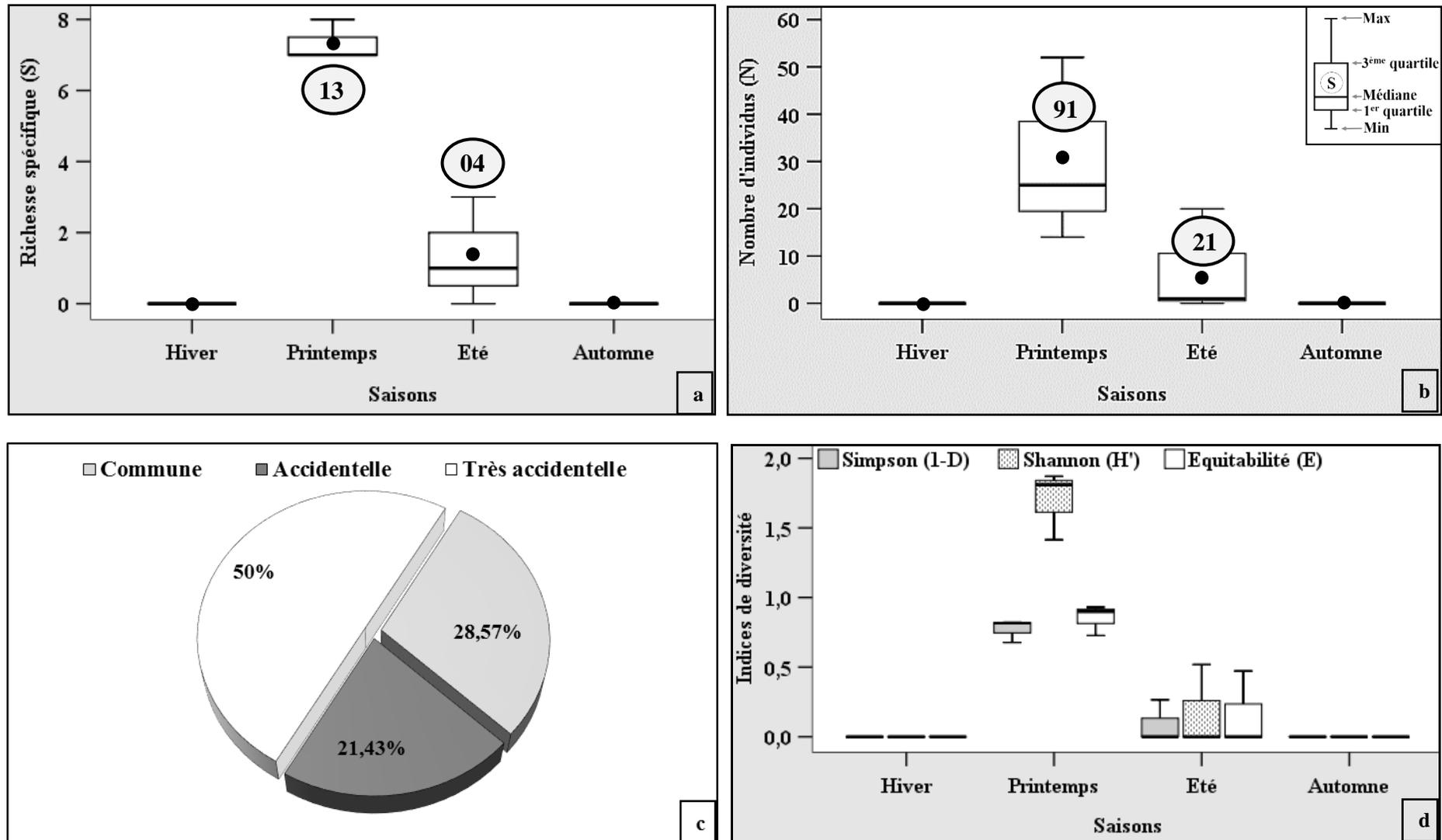
Une absence totale d'espèces a marqué l'automne et l'hiver. Treize (13) espèces sont apparues au printemps avec une moyenne de  $7,33 \pm 0,58$ , puis une baisse a été observée durant l'été avec 4 espèces (moyenne :  $1,33 \pm 1,53$ ) (Fig. 24a). Il en est de même pour l'abondance, dont le pic de 91 individus a marqué le printemps (moyenne :  $30,33 \pm 19,55$ ), puis une chute est observée en été, atteignant 21 individus (moyenne :  $7 \pm 11,26$ ) (Fig. 25b).

#### 3.6.2 Fréquence d'occurrence (C%)

Les quatre espèces communes (*Chrysotoxum intermedium*, *Paragus bicolor*, *Sphaerophoria scripta* et *Syritta pipiens*) représentent 28,57% du total des espèces, suivies par trois espèces accidentelles (*Eupeodes corollae*, *Paragus quadrifasciatus* et *Paragus vandergooti*) avec 21,43%. Enfin, 7 espèces sont qualifiées de très accidentelles. Il s'agit de *Episyrphus balteatus*, *Melanostoma mellinum*, *Paragus tibialis*, *Scaeva dignota*, *Sphaerophoria rueppellii*, *Eumerus barbarus* et *Psilota innupta* représentant un pourcentage de 50% (Fig. 25c).

#### 3.6.3 Indices de diversité (H', E, 1-D)

Les valeurs maximales des trois indices ont été enregistrées durant le printemps avec  $H' = 2,08$  bits,  $E = 0,81$  et  $1-D = 0,82$ . Une baisse est signalée en été avec  $H' = 0,68$  bits,  $E = 0,50$  et  $1-D = 0,33$ . Aucune activité n'a été signalée en automne et en hiver (Fig. 25d).



**Figure 25.** Paramètres biocénose de composition et de structure appliqués aux espèces de la 6ème station (HC) a) Richesse spécifique, b) Abondance relative, c) Fréquence d'occurrence, d) Indices de diversité, (O) Nombre d'espèce ou d'individus groupés par saison, (●) Moyenne.

#### 4. Estimation de la richesse spécifique (raréfaction et extrapolation)

L'estimateur non paramétrique Chao1 de premier ordre (Chao 1) a montré que les richesses spécifiques estimées pour les différentes stations d'étude sont majoritairement proches des richesses observées avec une différence maximale de 2 à 3 espèces. C'est le cas des stations suivantes :

- la zone riparienne non polluée : une valeur estimée de  $27,87 \pm 2,25$  espèce vs la valeur observée de 26 espèces,
- la zone riparienne polluée : la valeur estimée est de  $26 \pm 2,88$  espèce vs la valeur empirique de 24 espèces,
- l'oliveraie : la valeur estimée est de  $12,92 \pm 4,08$  espèces contre 10 espèces observées, et enfin,
- la haie de cyprès : la richesse observée est de 14 espèces alors que la richesse prédite est de  $17 \pm 4,15$ ,

En revanche, une différence de 7 espèces est observée pour la PE où le nombre prédit est de  $30,4 \pm 8,16$  alors que l'observé est de 23, et un écart de 5 espèces pour la plantation de figuier de Barbarie où le nombre estimé est de  $21 \pm 2,25$  espèces contre 16 espèces observées.

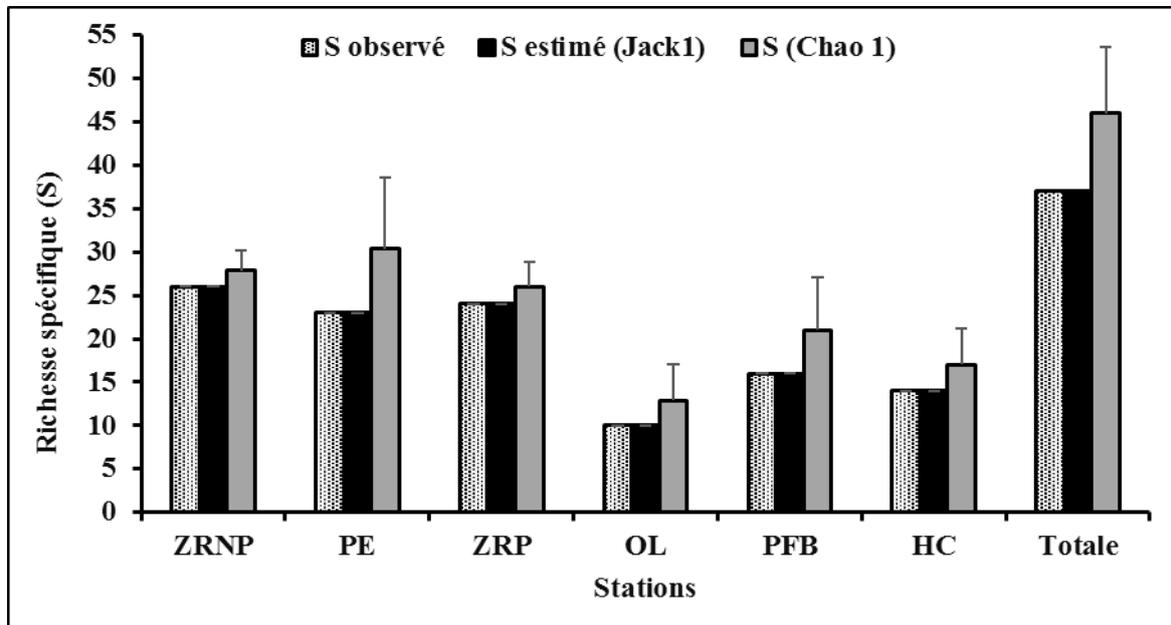
Pour la totalité de la zone (toutes stations confondues), une différence de 9 espèces a été mentionnée où le nombre observé est de 37 espèces contre un nombre estimé de  $46 \pm 7,61$ .

D'un autre côté, l'estimateur non paramétrique Jackknife de premier ordre (Jack 1) a montré que les richesses spécifiques estimées pour toute la zone d'étude et les stations sont les mêmes que celles observées (Fig. 26).

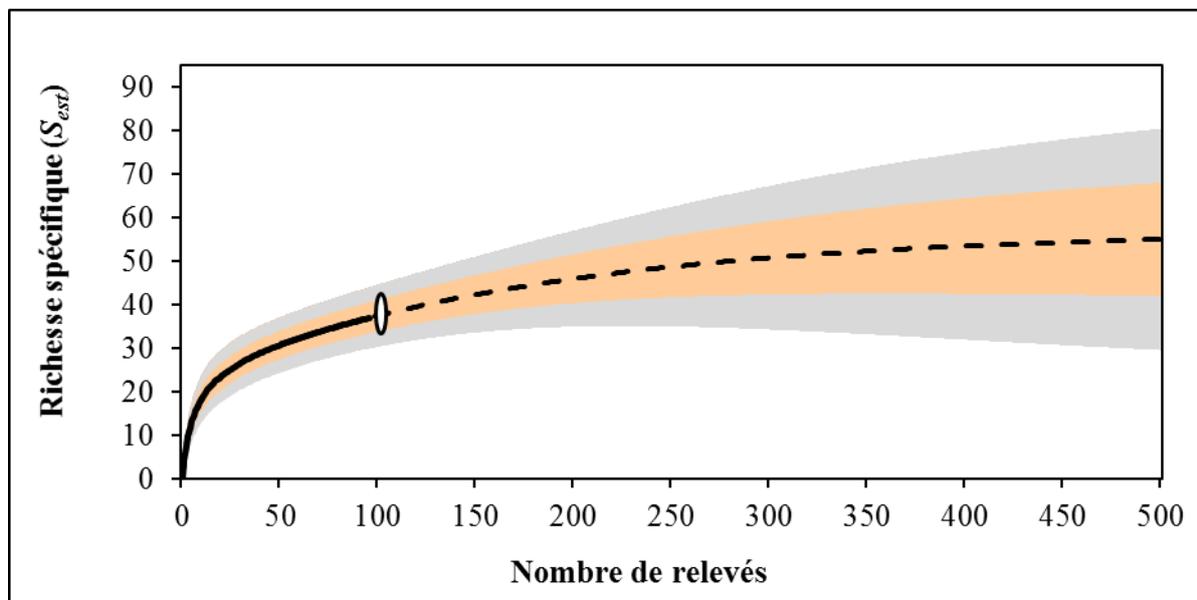
Les courbes d'extrapolation à 450 relevés montrent que la richesse devrait atteindre :

- $46 \pm 7,61$  espèces avec  $N= 2858$  pour toute la zone d'étude (Fig.27).
- $27,98 \pm 2,39$  espèces avec  $N= 392$  pour la zone riparienne non polluée,
- $32,48 \pm 7,65$  espèces avec  $N= 1166$  pour la pépinière,
- $24,59 \pm 1,42$  pour  $N= 536$  pour la zone riparienne polluée,
- $15,25 \pm 4,39$  espèces pour 92 individus pour l'oliveraie,
- $24,92 \pm 8,26$  espèces et  $N= 620$  pour la plantation de figuier de Barbarie et,
- $14,31 \pm 1,53$  espèces et  $N= 121$  pour la haie de cyprès (Fig.28).

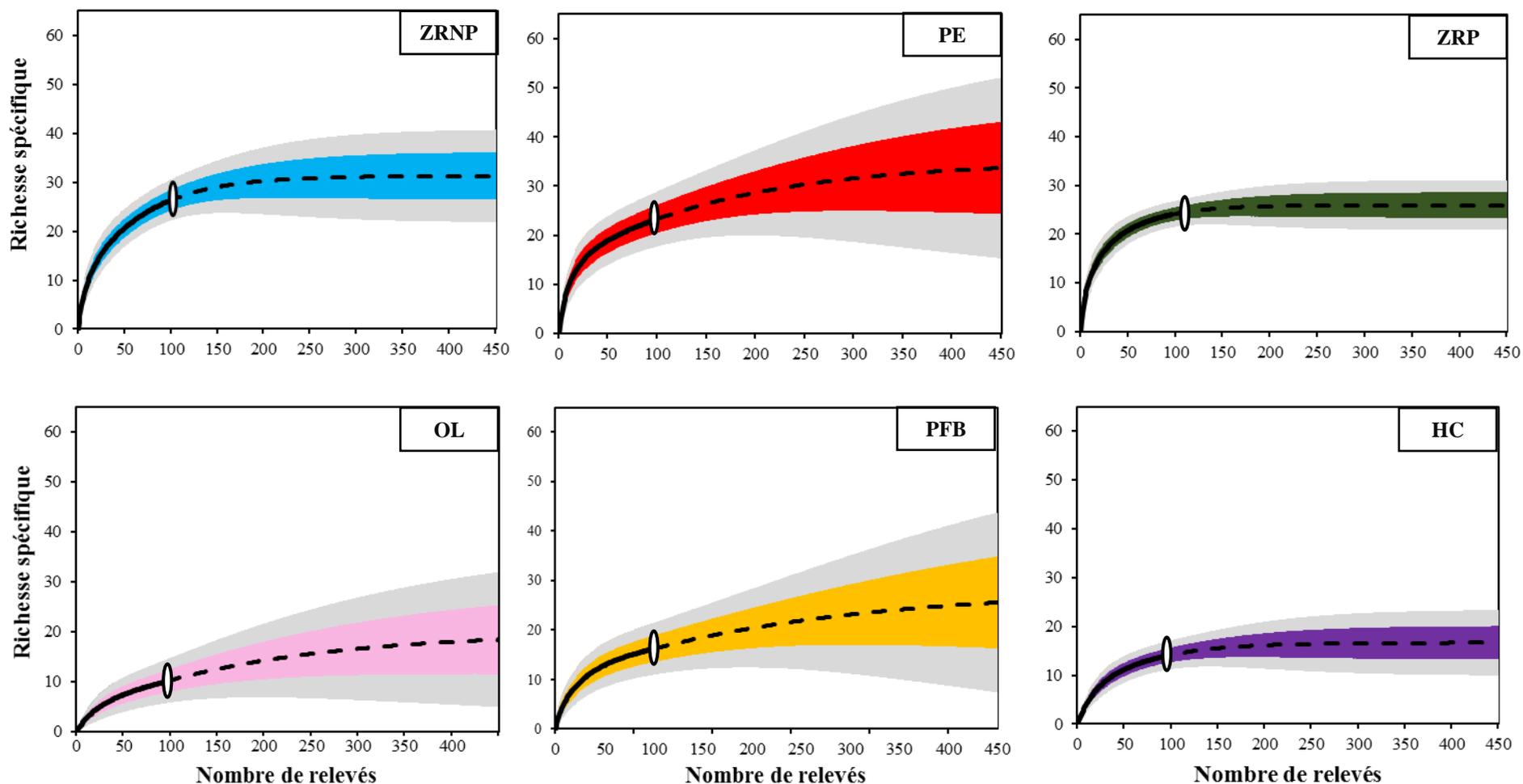
Les plateaux sont atteints après les 200 relevés pour toute la zone d'étude (Fig. 26), 115 relevés pour la ZRNP, 268 relevés pour la PE, 96 relevés pour la ZRP et HC, 154 relevés pour OL, 240 relevés pour PFB (Fig.28).



**Figure 26.** Richesse spécifique observée et estimée (SJack1 et SChao1 estimateurs de premier ordre) des syrphidés dans la zone et les stations d'études, (ZRNP : zone riparienne non polluée, PE : pépinière, ZRP : zone riparienne polluée, OL : oliveraie, PFB : plantation de figuier de Barbarie, HC : haie de cyprès). Les barres verticales représentent les écartypes (SD).



**Figure 27.** Courbes de raréfaction (ligne continue) et d'extrapolation (ligne pointillée) de la richesse spécifique prédite des syrphidés dans la zone d'étude. Les zones grises représentent les limites inférieure et supérieure des intervalles de confiance (95%) pour  $S$ . Le cercle blanc indique l'échantillon de référence. Les zones colorées indiquent l'écart type ( $\pm$  SD).

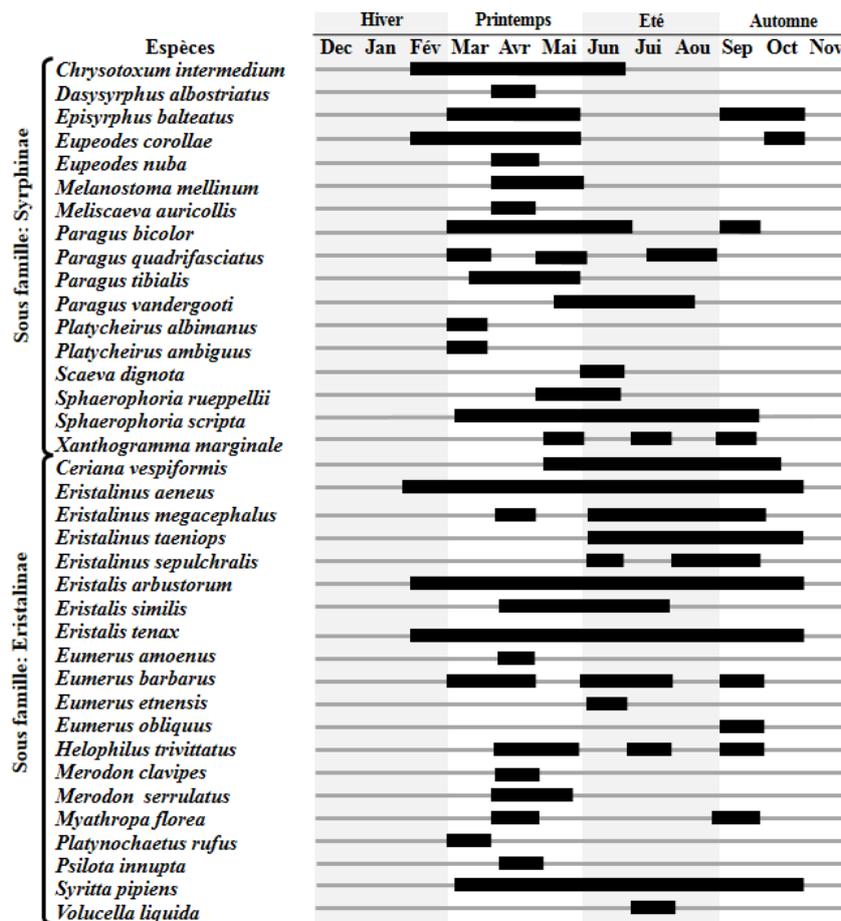


**Figure 28.** Courbes de raréfaction (ligne continue) et d'extrapolation (ligne pointillée) de la richesse spécifique prédite des syrphidés dans les stations d'études. Les zones grises représentent les limites inférieure et supérieure des intervalles de confiance (95%) pour  $S$ . Le cercle blanc indique l'échantillon de référence. Les zones colorées indiquent l'écart type ( $\pm$  SD). (ZRNP : zone riparienne non polluée, PE : pépinière, ZRP : zone riparienne polluée, OL : oliveraie, PFB : plantation de figuier de Barbarie, HC : haie de cyprès).

### 5. Phénologie des espèces recensées

La période de vol de certaines espèces telles que *Eristalinus aeneus*, *Eristalis arbustorum*, *Eristalis tenax*, *Sphaerophoria scripta* et *Syrirta pipiens* s'étale sur trois saisons (printemps, été et automne) à l'exception des mois novembre, décembre et janvier. Certaines espèces ont une courte période de vol s'étendant sur deux à cinq mois, c'est le cas de *Episyrphus balteatus*, *Eupeodes corollae*, *Helophilus trivittatus*, *Melanostoma mellinum*, *Merodon clavipes*, *Myathropa florea*, *Paragus bicolor*, *Paragus quadrifasciatus*, *Paragus tibialis*, *Paragus vandergooti* et *Eristalis similis*.

Les autres espèces ne se manifestent que pendant un seul mois, variable pour chacune d'elles, Il s'agit de *Dasysyrphus albostriatus*, *Eupeodes nuba*, *Meliscaeva auricollis*, *Eumerus amoenus*, *Merodon serrulatus* et *Psilota innupta* (avril), *Platycheirus albimanus* et *Platycheirus ambiguus* et *Platynochaetus rufus* (mars), *Scaeva dignota*, *Eumerus etnensis* et *Volucella liquida* (juin), *Eumerus obliquus* (septembre) (Fig. 29).



**Figure 29.** Phénogramme des espèces recensées dans toutes les stations inventoriées durant l'année 2016-2017, Lignes fines en gris = absence, lignes épaisses en noir = présence.

## 6. Effet des facteurs environnementaux considérés sur l'abondance et la richesse spécifique des syrphidés

Le GLMM a montré que la température et le taux de recouvrement ont un effet significativement positif au niveau  $P < 0,001$  sur l'abondance et la richesse spécifique des syrphidés. En revanche, les précipitations et le vent révèlent un effet significatif négatif à la fois sur l'abondance avec respectivement  $P=0,021$  et  $0,045$  et la richesse spécifique avec  $P=0,012$  et  $0,027$ . Autrement dit, La richesse spécifique et l'abondance augmentent avec l'accroissement du taux de recouvrement et de la température et baissent avec la hausse des précipitations et la vitesse du vent (Tab. 06).

**Tableau 06.** Effet des facteurs environnementaux considérés sur l'abondance et la richesse des syrphidés testé par le GLMM (\*  $P < 0,05$  ; \*\*\*  $P < 0,001$ ).

		Paramètres climatiques				Recouvrement végétal (%)
		Intercept	T(°C)	P(mm)	Vent(km/h)	
Abondance (N)	<i>Estimate</i>	4,533	0,056	0,006	-0,458	0,022
	<i>z-value</i>	1,151	2,305	-1,068	-1,922	15,763
	<i>P-value</i>	0,249	<0,001***	0,021*	0,045*	<0,001***
Richesse spécifique (S)	<i>Estimate</i>	4,94	0,013	0,009	-0,475	0,017
	<i>z-value</i>	0,849	0,386	-0,965	-1,364	7,453
	<i>P-value</i>	0,396	<0,001***	0,012*	0,027*	<0,001***

*Chapitre 04. Discussion générale,  
conclusion et perspectives*



Dans ce qui suit, il serait question dans un premier temps de fournir une image globale des inventaires réalisés sur le groupe des syrphidés dans les six stations, toutes confondues, puis une analyse par station en vue de détecter les similitudes et dissimilitudes entre les différents habitats, à différents faciès végétaux.

### **1. Les syrphes : une vue d'ensemble sur la région d'étude**

Soumise à un climat semi-aride et indépendamment du type d'habitat, la région d'étude dans laquelle l'inventaire a été réalisé durant l'année 2016-2017, abrite 1372 individus appartenant à 37 espèces et 22 genres. Dans la même région, Djellab *et al.* (2013) signalent un total de 5038 individus rattachés à 34 espèces et 16 genres pour une période de 14 ans (1996-2010) et 602 individus et 21 espèces particulièrement dans la forêt de pin d'Alep de Bekkaria (Tébessa) en 2008 (Djellab *et al.*, 2019). Dix-huit (18) à vingt (20) espèces s'avèrent communes dans les collectes sus-citées.

S'agissant du même groupe, mais sous un climat humide, un total de 5688 individus et 73 espèces est recensé dans la région d'El-Kala en 1991- 1992 (Djellab, 2012 ; Djellab *et al.*, 2013), dont 21 espèces sont communes avec celles de la présente étude (climat semi-aride) et 3058 individus et 31 espèces recensés à Guelma (climat sub-humide) par Haffaressas *et al.* (2017) renfermant 17 espèces en commun avec le présent cas d'étude. Cette richesse est probablement attribuée au type de climat et conséquemment à la végétation environnante, puisque les inventaires ont été accomplis dans différents écosystèmes de l'éco-complexe du Parc National d'El Kala. Fustec et Lefeuvre (2000) et Scaven et Rafferty (2013) rapportent que les zones humides constituent un réservoir de biodiversité et une productivité biologique nettement plus élevée que celle des autres milieux, y compris celle des syrphidés qui ne sont pas épargnés de l'influence des variations climatiques.

À plus grande échelle, le nombre d'espèces répertoriées en Tunisie, en Égypte et en Libye est respectivement 61, 51 et 33 espèces (Dirickx, 1994 ; Speight, 2016 ; El-Hawagry et Gilbert, 2019). Le Maroc semble plus pourvu en syrphes avec 131 espèces (Reemer *et al.*, 2004, Pârveu et Popescu-Mirceni, 2006 ; Vujić *et al.*, 2015 ; El-Hawagry et Gilbert, 2019). Un total de 421 espèces a été signalé en Espagne (Marcos-García *et al.*, 2002 ; Ricarte et Marcos-García, 2017), 540 espèces en France, 495 espèces en Italie, 461 espèces en Allemagne, 454 espèces en Suisse et 453 espèces en Roumanie (Speight *et al.*, 2016 ; Ricarte et Marcos-García, 2017 ; El-Hawagry et Gilbert, 2019).

Quantitativement et qualitativement, il n'est pas surprenant que les résultats varient d'un lieu à un autre, non seulement à cause des sources de variations, telles que l'effort d'échantillonnage, la méthode de collecte et le type d'habitat (Nielsen *et al.*, 2011 ; Marcos-García *et al.*, 2012), mais également, l'hétérogénéité spatiale (altitude, microclimat, compétitions inter et intra- spécifiques, l'anthropisation, ...) en est fortement impliquée (Petanidou *et al.*, 2011 ; Claude *et al.*, 2013).

Dans le présent cas, la méthode de collecte (fauchage par filet entomologique), ne peut être mise en cause car elle a été la technique la plus adoptée dans les différents travaux. En effet, d'après Westphal *et al.* (2008) et Nageleisen et Bouget (2009), cette méthode est fortement mise en œuvre dans les études entomologiques à cause de la facilité d'usage et la qualité des données fournies. Ceci dit, la tente- malaise, en tant que méthode de piégeage passive et non sélective (Nageleisen et Bouget, 2009), s'avère plus efficace pour la capture des syrphidés (Sarhou et Speight, 2005). Cependant le risque d'être volée, une fois installée sur terrain, a incité le recours au filet entomologique. D'après Cucherat et Demuynck (2008), toute méthode d'échantillonnage est largement dépendante des moyens disponibles, des caractéristiques du groupe faunistique étudié et du milieu étudié.

Afin d'évaluer, si l'effort d'échantillonnage a été suffisant dans la zone d'étude, des courbes de raréfaction et d'extrapolation avec des estimateurs non paramétriques ont été réalisées. L'estimateur non paramétrique Chao1 de premier ordre (Chao 1) a montré une différence de 9 espèces entre le nombre observé (37) et le nombre prédit (46). L'estimateur de (Chao1) semble être le plus approprié pour déterminer la richesse en espèces prévue de syrphidés en raison de sa précision (basée sur l'abondance) par contre Jack 1 est basé sur l'incidence des espèces (Basualdo, 2017). En utilisant le biais et la précision comme critères, les deux estimateurs Chao avaient la meilleure performance globale, suivie du Jackknife 1 et les estimateurs Jackknife 2 (Walther et Martin, 2001 ; Melo, 2004). Bien sûr, même les estimateurs Chao et Jackknife peuvent avoir parfois une mauvaise performance. La variation de ces résultats dépend de nombreux facteurs qui changent la structure des données utilisées pour le calcul de l'estimateur : la richesse totale des espèces, la taille de l'échantillon et les variables qui modifient l'agrégation des individus au sein des échantillons (Walther et Moore, 2005).

La courbe d'interpolation a révélé que les valeurs prédites de la richesse en espèces augmentaient légèrement avec l'augmentation du nombre d'échantillons, une fois que la courbe atteint un plateau, l'échantillonnage est considéré comme suffisant. Ceci dit, le prélèvement de plus d'échantillons sur une plus longue durée (24 mois au lieu de 12 mois avec le même plan expérimental), permettrait de capturer de nouvelles espèces. Conséquemment, l'effort d'échantillonnage accompli reste insuffisant, ce qui contredit l'hypothèse 2 selon laquelle « l'effort d'échantillonnage est suffisant dans toute la zone d'étude ».

Ce qui est intéressant à signaler dans cette étude, est la présence de quatre nouvelles espèces pour l'entomofaune de l'Algérie et une espèce pour le Nord d'Afrique. Il s'agit d'*Eumerus obliquus*, *Eupeodes nuba*, *Paragus vandergooti*, *Platycheirus ambiguus* et *Eumerus etnensis*.

L'apparition à chaque fois de nouvelles espèces en Algérie revient, sans doute, à la faible exploration du territoire algérien pour tous les groupes biologiques, y compris les syrphes, en dépit de sa remarquable hétérogénéité climatique, pédologique et végétal du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest (Nedjraoui et Bédrani, 2008).

-En analysant la **fréquence** des sous familles, celle des Eristalinae s'avère quantitativement la plus dominante dans la zone d'étude avec 923 individus attachés à 20 espèces, s'opposant à ce qui a été obtenu par Djellab *et al.* (2013) et Djellab *et al.* (2019), révélant la prédominance des Syrphinae. Bien que les résultats de Djellab *et al.* (2019) évoquaient l'année 2008, cette différence dans l'ordre de dominance des sous familles est attribuée au fait que dans la présente étude, un habitat pollué (cours d'eaux usées : ZRP) a été introduit dans les inventaires, dont la richesse en matières organiques en décomposition constitue un facteur favorable pour leur installation (les larves saprophages) (Sommaggio, 1999; Van Veen, 2010), et d'un autre côté, cette catégorie peut évoluer sur des substrats sub-aquatique, aquatique, marécageux et bois en décomposition (Speight, 2011 ; Van Steenis *et al.*, 2016) avec une diversité des larves de type saprophage, saproxilique et phytophage, autrement dit, une diversité de niches trophiques et donc une large exploitation des milieux (Sommaggio, 1999 ; Sarthou et Speight, 2005). En revanche, la sous famille des Syrphinae est exclusivement zoophage (Jean *et al.*, 2011 ; Figueiredo Caetano, 2019), connaissant une abondance dans les zones urbaines, les prairies, le long des haies, les garrigues, les jardins suburbains, les champs cultivés et les vergers (Stubbs et Falk, 2002 ; Ouin *et al.*, 2006 ; Speight, 2017). Ces milieux leur sont propices pour la ponte des œufs, à proximité ou même

directement sur les espèces d'homoptères qui serviront de source de nourriture pour les futures larves (Rojo *et al.*, 2003 ; Abro *et al.*, 2019).

Sur la base de quelques indices biocénétiques, la communauté de syrphes dans la zone d'étude a révélé les informations suivantes :

- ***l'abondance relative*** : les espèces, *Eristalis arbustorum*, *Syrpitta pipiens* et *Sphaerophoria scripta* viennent en premier lieu, étant donné qu'elles sont ubiquistes et peuvent coloniser un large éventail d'habitats (Claude *et al.*, 2013 ; Speight, 2017), cas des terres agricoles, des parcs et jardins urbains, le long des haies, les prairies, les forêts, les bords des tourbières et les eaux douces (lacs, étangs, canaux, ruisseaux et rivières) (Stubbs et Falk, 2002 ; Ouin *et al.*, 2006 ; Speight, 2017). Le reste des espèces est faiblement abondant, cas par exemple de *Paragus tibialis*, *Platycheirus albimanus* et *Merodon clavipes*. Il se peut que ces dernières soient associées à des plantes particulières (Gretia, 2012). C'est le cas des genres *Melanostoma* et *Platycheirus* qui ont des préférences pour les espèces anémophiles (pins, coquelicots et graminées) ou bien, elles ont une courte période d'activité, cas de *Dasysyrphus albobriatus*, *Platycheirus ambiguus* et *Merodon clavipes* (Owen, 1981 ; Jean *et al.*, 2011 ; Speight, 2017).

- ***Statut trophique*** : le schéma suivant est établi : zoophages > saprophages > phytophages > saproxiliques.

Les zoophages, comme *Chrysotoxum intermedium*, *Melanostoma mellinum*, *Paragus bicolor*, *Episyrphus balteatus*, *Eupeodes corollae* et *Sphaerophoria scripta*, sont liés à la disponibilité des proies (Sommaggio, 1999 ; Rojo *et al.*, 2003) et aux ressources alimentaires de celles-ci. La plupart des Syrphinae sont polyphages et se nourrissent d'une grande gamme d'homoptères à tégument mou et de pucerons et quelques larves d'insectes (Rojo *et al.*, 2003). L'espèce *Episyrphus balteatus* par exemple, a été trouvée sur plusieurs dizaines d'espèces de pucerons, de cochenilles, de psylles et de cicadelles, ou polyaphidiphages comme *Eupeodes corollae* ou *Sphaerophoria scripta* (Rojo *et al.*, 2003).

Tandis que les larves saprophages (*Eristalis arbustorum*, *Eristalis tenax*, *Eristalinus taeniops*...) utilisent une large palette de plantes en décomposition. Elles peuvent se nourrir dans les coulées de sève, à la surface de fosses à lisier ou dans des trous présentant une accumulation de jus et résidus de fumier (Speight, 2011 ; Gretia, 2012). Les espèces phytophages rassemblent les genres *Merodon* et *Eumerus*. D'après Speight (2017), les

femelles de *Merodon clavipes* préfèrent les zones herbeuses ouvertes dans les forêts, tandis que celles de *Eumerus barbarus* choisissent les milieux ouverts à végétation clairsemée et les rivières et ruisseaux saisonniers dans les maquis.

Les saproxiliques comme *Myathropa florea* sont moins répandus. Cette catégorie fréquente surtout les marges des cours d'eau boisés, se déposant sur des pierres ou à côté des arbres tombés (Speight, 2017). Il a été rapporté par Speight *et al.* (2016), que l'espèce *Ceriana vespeformis* vole rapidement à travers des zones plus ouvertes, s'installe sur la végétation ou sur la surface du sol nu et visite les bords des ruisseaux forestiers pour boire.

- **L'occurrence** : les constantes sont dominées par 21 espèces **constantes** sur 37, cas de *Chrysotoxum intermedium*, *Episyrphus balteatus*...), suivies par les espèces accidentelles et communes, traduisant ainsi l'hétérogénéité du milieu et la disponibilité de la nourriture pour ces espèces dans les biotopes inventoriés (Claude *et al.*,2013). D'un autre côté, selon Dunn *et al.* (2020), la variation des fréquences des espèces de syrphes est liée aux conditions climatiques (micro-climat) et aux caractéristiques écologiques et biogéographiques de la région. D'ailleurs, Naderloo et Pashaei Rad (2014) rapportent que les espèces communes comme *Eupeodes corollae* et *Sphaerophoria scripta*, avec leur longue période de vol sont actives tout au long de l'année.

- **Indices de diversité** : la communauté représentée par 37 espèces semble tendre vers la stabilisation et l'équilibre avec son milieu, si on se referait aux indices de diversité de Shannon ( $H' = 2,5$  bits), Simpson ( $1-D = 0,87$ ) et une équitabilité de Pielou de 0,70.

Comme les indices cherchent à décrire la structure de la communauté, en évaluant le rapport nombre d'espèces/nombre d'individus (Cagniant, 1989), si les abondances des espèces en présence ont des effectifs inégaux avec des formes abondantes et d'autres rares, le milieu est qualifié de spécialisé, extrême ou dégradé et conséquemment, la communauté est déséquilibrée ou instable. Dans le cas inverse, la communauté est considérée comme équilibrée ou harmonieuse, dans un milieu proche d'un état climax (échelle temporelle séculaire) (même source).

Il est clair que ces indices pris de façon concomitante pour décrire l'état du milieu paraissent attractifs à première vue puisqu'ils synthétisent la diversité et l'état du milieu en un seul

chiffre, *mais ne rendent pas forcément compte de la réalité*, car une question de taille s'impose :

*Peut-on qualifier cette communauté de syrphes d'équilibrée et stable en se basant exclusivement sur les indices de diversité pour une année d'observation, surtout que les espèces accidentelles représentent 32% du total recensé ?*

Il serait important de savoir qu'une communauté, même diversifiée ne signifie pas impérativement stable et équilibrée surtout si l'échelle temporelle d'observation est courte (une année, dans notre cas).

Cette situation pourrait être attribuée à l'hétérogénéité des 6 habitats, garantissant ainsi la diversité des ressources alimentaires et des abris, surtout durant le pic de végétation (printemps). Par voie de conséquences, un cortège d'espèces plus large est favorisé, assurant ainsi des fonctions variables, utiles à tous les cycles de vie d'une *espèce multi-habitats*. On parle alors de *complémentation des habitats* (Pain, 2001). D'ailleurs, des études réalisées dans des milieux différents ont montré qu'à une échelle locale, l'hétérogénéité spatiale est généralement positivement corrélée à la richesse spécifique (Dufour *et al.*, 2006).

D'un autre côté, cet état de *pseudo-stabilité* ou *stabilité temporaire* à un moment donné (le printemps), ne pourrait que traduire une tendance des espèces à s'organiser pour un partage équitable des ressources et de l'espace.

Enfin, la pertinence de ces indices est encore en discussion. Leur caractère synthétique peut s'avérer être un handicap dans la mesure où il masque une grande partie de l'information (Grall et Hily, 2003). Leur utilisation et leur interprétation doivent toujours être couplées à d'autres descripteurs quantitatifs (Grall et Coïc, 2006). Pour y pallier, une approche complémentaire, de type fonctionnel (diversité fonctionnelle), visant à mieux comprendre les réponses des espèces face aux variations de l'environnement, serait essentielle pour mieux comprendre la structure des communautés.

Pour conclure, la quantification de la biodiversité reste problématique dans la mesure où il n'y a pas un seul indice capable de résumer adéquatement ce concept (Morris *et al.*, 2014).

## 2. Les syrphes : une vue de près (Description par station)

Sur la base de la richesse spécifique et l'abondance, la comparaison entre les différentes stations a révélé une nette différence entre elles, ce qui confirme l'énoncé de la première hypothèse selon laquelle : « *La richesse spécifique des syrphes varie avec le type d'habitat* ».

En effet, deux groupes se sont distingués ; le premier rassemble la zone riparienne non polluée (ZRNP) avec 26 espèces et 298 individus, la zone riparienne polluée (ZRP) (24 espèces et 456 individus) et la pépinière (PE) (23 espèces et 320 individus) ; le second groupe regroupe la plantation de figuier de Barbarie (16 espèces 149 individus), la haie de cyprès (14 espèces et 112 individus) et l'olivieraie (10 espèces et 37 individus). La différence qui apparaît entre les 2 groupes de stations, pourrait être attribuée au taux de recouvrement de celles-ci. En effet, le premier ensemble se caractérise par un taux de recouvrement fluctuant entre 65 et 75%, alors qu'il est entre 12 et 32% pour le second. Ouin *et al.* (2006) et Meyer *et al.* (2009) rapportent que l'abondance des syrphes est positivement corrélée avec la densité de couvert végétal et leur richesse avec celle de la végétation et le taux de recouvrement. D'un autre côté, ce paramètre peut être en rapport avec les conditions climatiques favorables et la présence de leurs plantes hôtes ou leurs proies qui favorisent leur développement (Kleijn et van Langevelde, 2006 ; Brigode, 2017). Selon Gittings *et al.* (2006) et Speight (2017), plus le milieu est hétérogène en matière de végétation (présence d'arbres, arbustes et herbes), plus de microclimats sont créés et plus la diversité des syrphes est importante. Ce cas s'applique sur (ZRNP) (ZRP) et la pépinière (PE). En outre, le bord des cours d'eau est un endroit approprié pour les larves saprophages (Speight, 2017) et peut abriter plus d'espèces qu'une monoculture, cas d'une rizière (Naderloo et Pashaei Rad, 2014). En effet, ces zones sont considérées comme des écotones entre les systèmes terrestres et aquatiques, servant d'abris à la plupart des invertébrés (Nsor *et al.*, 2020).

Il semble bien que la diversité de la structure du paysage accompagnée de la présence des adventices dans les cultures affectent positivement les communautés d'insectes, fournissant plus d'habitats, d'alimentation, d'accouplement et d'hivernage que les monocultures (Kleijn et Verbeek 2000 ; Thomson et Hoffmann, 2009 ; Naderloo et Pashaei Rad, 2014).

En contrepartie, le second groupe de stations (la plantation de figuier de Barbarie, l'olivieraie et la haie de cyprès) est faiblement représenté en termes d'abondances par rapport au premier

groupe. Ce résultat pourrait être expliqué par l'insuffisance des sources de nourriture pour ces insectes et le degré de salubrité du milieu (qualité de l'air), car :

(i) le brise-vent à base de cyprès a non seulement une faible sous-strate herbacée, mais il est également situé à proximité de la route nationale (N°10), subissant, ainsi l'impact de la pollution automobile. Des études entreprises dans ce sens ont révélé l'effet négatif du trafic routier sur la diversité et l'abondance des syrphes (Baguette et Schtickzelle, 2003 ; Bates *et al.*, 2011), sans négliger pour autant la sensibilité des pollinisateurs, en général vis-à-vis de la fragmentation des habitats (Baguette et Schtickzelle, 2003 ; Krauss *et al.*, 2010). Cette dernière, serait à l'origine de la réduction des zones de repos, d'alimentation et de reproduction pour ces insectes à l'échelle des paysages, et ou bien,

(ii) à la faiblesse de la végétation spontanée dans les agro-écosystèmes à base d'olivier, dominé principalement par la mauvaise herbe (*Bromus rubens*) ou de figuier de Barbarie dont le taux de recouvrement végétal ne dépasse pas les (~32%). L'enherbement, bien qu'agronomiquement soit indésirable dans les vergers, il est écologiquement favorable à la biodiversité des syrphidés (García et Miñarro, 2014 ; Bopp *et al.*, 2019 ; Carpio *et al.*, 2019). À titre d'exemple, l'abondance et la diversité des syrphidés dans une culture à canne à sucre, sont plus importantes en zones enherbées qu'en zones désherbées (Delabays *et al.*, 2016).

De façon plus détaillée, les ZRNP, PE et ZRP sont dominées par les Asteraceae (*Hertia cheirifolia*, *Cirsium acaulon*, *Senecio gallicus*, *Urospermum dalechampii*, *Calendula arvensis*, *Artemisia herba-alba*, *Helminthotheca echinoides*), Apiaceae (*Deverra scoparia*), Lamiaceae (*Marrubium vulgare*), les Scrophulariaceae, Brassicaceae, Malvaceae, Cucurbitaceae, Fabaceae, Resedaceae et Asparagaceae. En contrepartie, la PFB est colonisée seulement par quelques espèces d'Asteraceae et Ranunculaceae, Poaceae et Asteraceae dans l'oliveraie et Resedaceae et Malvaceae dans la haie de cyprès. Cette relation (diversité végétale – syrphes) a été établie par de nombreux chercheurs (Memmott, 1999 ; Souza-Silva *et al.*, 2001 ; Dupont *et al.*, 2003 ; Hegland et Boeke, 2006 ; Burgio et Sommagio, 2007 ; Klecka *et al.*, 2018 ; Bessat *et al.*, 2019 ; Dunn *et al.*, 2020).

Des préférences pour certaines familles botaniques sont détectées. Il s'agit des Apiaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Poaceae et Fabaceae qui sont les plus fréquemment visitées par ce groupe d'insectes (Branquart et Hemptinne, 2000 ; Kelm *et al.*, 2009 ; Chapelin-Viscardi *et al.*, 2015). À titre d'exemple, les genres *Melanostoma* et *Platycheirus* ciblent les espèces de Poaceae tandis que d'autres espèces aphidiphages préfèrent les Apiaceae blanches, cas de *Sphaerophoria scripta* et *Eupeodes corollae* et les

Asteraceae jaunes (cas de *Syricta ribesii*) (Speight, 2017 ; Klecka *et al.*, 2018). En tous les cas, la quasi-totalité des espèces de syrphidés sont floricoles au stade adulte et visitent une gamme plus ou moins large de plantes (Speight *et al.*, 2016 ; Klecka *et al.*, 2018). Les mâles se nourrissent de nectar (une source majeure d'énergie) principalement de fleurs jaunes ou blanches et les fleurs actinomorphes, car leurs pièces buccales relativement courtes ne leur permettent pas d'exploiter les fleurs nectarifères à corolle profonde très fréquemment ornées d'une coloration rose, rouge ou bleue (Branquart et Hemptinne, 2000 ; Amorós-Jiménez *et al.*, 2014) tandis que les syrphes femelles, se nourrissent de nectar mais aussi abondamment de pollen, qui leur procurent les protéines dont elles ont besoin pour la maturation des œufs (Jean *et al.*, 2011 ; Pinheiro *et al.*, 2015). De plus, certaines espèces peuvent également se nourrir du miellat des pucerons et de liquides coulant des plaies présentes sur les arbres sénescents (Séguy, 1961).

La préférence pour la couleur jaune est considérée comme un comportement inné chez les syrphidés. Outre les signaux visuels (les fleurs arrondies et plates ; les bouquets), les signaux olfactifs peuvent aussi contribuer au choix de la plante. Malgré ce choix inné, pour la couleur jaune, il y a des espèces, notamment *Episyrphus balteatus*, qui explorent des fleurs aux différentes couleurs (Shi *et al.*, 2009 ; Woodcock *et al.*, 2014 ; Figueiredo Caetano, 2019 ; Rodríguez-Gasol *et al.*, 2019).

En tous les cas, il semble bien que chaque station présente ses particularités écologiques influençant sa diversité spécifique (Sarhou et Speight, 2005 ; Claude *et al.*, 2013).

Quant à l'effort d'échantillonnage pour les stations d'étude, d'après les estimateurs choisis et les courbes de raréfaction et d'extrapolation, la différence entre la richesse empirique et la richesse estimée n'est pas très grande dans quatre stations, comprise entre 2 et 3 espèces : la ZRNP, la ZRP, la HC et l'OL, traduisant ainsi un effort d'échantillonnage suffisant. En revanche, un écart de 5 à 7 espèces, apparaît pour la PE et la PFB. Si l'effort d'échantillonnage reste insuffisant dans la pépinière, à cause de la diversité des niches spatiales et trophiques, il n'en est pas de même pour la plantation du figuier de Barbarie. La durée de collecte qui lui a été consacrée (2 heures de temps durant la matinée), reste insuffisante, et que probablement, des espèces ayant d'autres niches écologiques temporelles ont été ratées. Il serait dans ce cas plus judicieux de prolonger la durée de collecte dans ces dernières stations. En tous les cas, le type d'habitat reste toujours un facteur de premier ordre expliquant la différence dans le nombre d'espèces (Janković *et al.*, 2019) et conditionnant l'effort d'échantillonnage.

- L'analyse de la variation spatiotemporelle des indices de Shannon, d'équitabilité et de Simpson a fait ressortir que :

- **Sur le plan spatial**, les stations du premier groupe (ZRNP, ZRP et PE) sont plus diversifiées que le second groupe d'habitat (PFB, OL et HC). Les valeurs élevées de  $H'$  peuvent être interprétées par le nombre considérable d'espèces recensées dans la ZRNP (26 espèces), ZRP (24 espèces) et PE (23 espèces). Bigot et Bodot (1972) avancent que l'indice de diversité est d'autant plus élevé que les conditions du milieu (conditions trophiques et spatiales, climatiques et micro-climatiques) sont favorables pour le développement des espèces. L'équitabilité oscille entre 0,72 et 0,82 signifiant conséquemment un bon équilibre dans la communauté aussi bien entre les espèces constitutives, qu'entre elles et le milieu environnant. L'indice de diversité de Simpson ne montre pas une grande différence entre toutes les stations. Ce dernier ne donne du poids qu'aux espèces abondantes et néglige celles qui sont rares telles que : *Meliscaeva auricollis*, *Platycheirus ambiguus*, *Xanthogramma marginale*, *Eristalis arbustorum* dans la ZRNP, *Dasysyrphus albostrigatus*, *Platycheirus albimanus*, *Eumerus obliquus* dans la PE...

- **Sur le plan temporel**, les valeurs maximales de l'indice de Shannon et de Simpson ont été enregistrées durant le printemps pour toutes les stations d'études. Les valeurs de l'équitabilité sont élevées durant l'automne pour la ZRNP, PE, ZRP et PFB et durant le printemps pour OL et HC. La communauté des syrphes est quantitativement et qualitativement plus présente dans toutes les stations durant le printemps avec un pic en Mai. Indépendamment de la variante climatique, d'après Djellab *et al.* (2013) ; Haffaressas *et al.* (2017) ; Djellab *et al.* (2019), le mois de Mai semble être le plus favorable pour l'activité des syrphidés et le printemps coïncide avec la floraison de la quasi-totalité des plantes dans la région méditerranéenne (Djellab *et al.*, 2019). D'après Gama et Francis (2008), l'activité des syrphes s'accroît par temps chaud et baisse par temps pluvieux. Gilbert (1986) rapporte que la température est le facteur climatique primordial pour les syrphes, d'ailleurs la plupart d'elles sont actives par temps chaud avec une température idéale fluctuant entre 20°C- 25°C (Burton et Burton, 2002 ; Stubs et Falk, 2012 ; Ball et Morris, 2015).

- Outre la diversité, la **fréquence d'occurrence** tout le long de l'année a révélé que les espèces accidentelles et très accidentelles caractérisent les communautés des stations (OL, PFB, HC et ZRNP) avec des pourcentages élevés oscillant allant de 61,54% à 80%, alors que les espèces

communes et constantes le sont avec de faibles pourcentages (varie entre 20% et 38,46 %). En revanche, la majorité des espèces recueillies durant la période d'étude dans la ZRP et PFB sont des espèces communes et constantes représentées par de pourcentages allant de 54,17 à 56,53%. Ces résultats peuvent être traduits par le nombre de générations et la période vol pour chaque espèce dans chaque station. Ce point sera discuté dans le paragraphe suivant (la phénologie des espèces).

#### **- Similarité spatiotemporelle et phénologie**

La diversité bêta analysée par les indices de similarité (quantitatif et qualitatif) ont exprimé une forte similitude binaire entre les stations prises 2 à 2 (12/15 couples pour l'indice de Sørensen, 10/15 couples pour l'indice Morisita- Horn) traduisant ainsi une affinité supérieure à 50% entre les différents habitats. Cette ressemblance qualitative et quantitative exprime, soit l'offre des mêmes conditions écologiques favorables à leur installation (similitude dans la composition du couvert végétal dans la plupart des stations), soit la grande valence écologique de la quasi-totalité des espèces, leur permettant de coloniser tous type de milieux. Ces espèces communes sont bien illustrées par les **diagrammes de Venn** tracés, cas de *Eupeodes corollae*, *Paragus bicolor*, *Sphaerophoria scripta* et *Syritta pipiens*. Ces espèces sont ubiquistes, euryèces et n'ont pas de préférences particulières et peuvent exploiter une large gamme d'habitats (les terres agricoles, les parcs et jardins urbains ; les forêts, le long des haies et des bords de route, les vergers...) (Van Veen, 2010 ; Speight, 2017). Les espèces exclusives, cas *Scaeva dignota*, *Eumerus etnensis* et *Volucella liquida* sont des sténoèces et exclusives à certains habitats comme *Paragus tibialis* qui est typique des pelouses/prairies sèches (Gadoum, 2012).

Les différentes espèces peuvent fournir des informations sur toutes les strates verticales des milieux, de la zone racinaire de graminées jusqu'à la canopée des arbres dominants en forêt. En outre, la spécialisation larvaire se double, pour chaque type alimentaire d'une valence écologique de forte amplitude qui va de la sténoécie (espèces très spécialisées quant aux habitats larvaires et adultes) à l'euryécie (espèces généralistes et ubiquistes) (Jean *et al.*, 2011).

En ce qui concerne la bio-indication traduite par les valeurs de l'Ind Val, uniquement deux habitats (ZRP et la PE) ont permis de mettre en relief des espèces indicatrices. Il s'agit de : *Paragus quadrfasciatus*, *Eristalis arbustorum* *Eristalis tenax* *Eristalinus aeneus* et *Eumerus barbarus*.

Les larves de genre *Eumerus* sont des phytophages, consommant les feuilles, la base des tiges, les grosses racines ou les bulbes des plantes non ligneuses, d'autres sont ravageurs des fleurs ornementales (Ricarte *et al.*, 2017), ce qui explique la valeur significative de l'IndVal pour *Eumerus barbarus* dans la pépinière.

Dans la zone riparienne polluée : les *Paragus quadrifasciatus*, *Eristalis arbustorum* *Eristalis tenax*, *Eristalinus aeneus* ont aussi des IndVal significatifs. Ce cas s'applique sur *Eristalis tenax*, pris comme exemple des Eristalinae saprophages, vu généralement enfoui dans la boue des fosses septiques et d'autres cours d'eau très pollués (Wilson, 1994 ; Speight, 2017). Cette espèce pourrait être une bonne indicatrice des milieux insalubres en livrant des informations particulières sur le type d'habitat.

Ceci montre que ces espèces sont inféodées à ces 2 milieux. Autrement dit, elles le représentent par leur lien étroit avec les caractéristiques de l'habitat. Quant aux autres habitats, il est probable que les espèces qui les représentent sont à caractère hasardeux (accidentelles comme *Psilota innupta*, *Scaeva dignota*, *Eumerus etnensis*...) et donc ne peuvent être caractéristiques du milieu.

La similarité saisonnière révélée par le diagramme de Venn et le phénogramme ont montré que la période de vol pour certaines espèces est longue, s'étendant sur 3 saisons (printemps, été et automne). C'est le cas de : *Chrysotoxum intermedium*, *Ceriana vespiformis*, *Episyrphus balteatus*, *Eristalinus aeneus*, *Eristalinus megacephalus*, *Eristalinus taeniops*, *Eristalis arbustorum*, *Eristalis similis*, *Eristalis tenax*... En revanche d'autres espèces sont apparues pendant deux ou trois mois cas de *Helophilus trivittatus*, *Melanostoma mellinum*, *Merodon clavipes*. Par contre, d'autres espèces n'ont été signalées que pendant un mois, cas de *Dasysyrphus albostriatus*, *Platycheirus albimanus* et *Volucella liquida*, etc. Cela peut s'expliquer par le nombre de générations de chaque espèce. En effet, certains syrphes sont polyvoltines, telle que *Eristalis tenax*, espèce cosmopolite avec plusieurs générations durant l'année, alors que *Sphaerophoria scripta*, se caractérise par 3 ou 4 générations par an (Jean *et al.*, 2011). Elle est reconnue comme hivernant sous forme de larve, ou d'adulte (Schneider, 1969). Les longues périodes de vol de certaines espèces sont également associées à la disponibilité des conditions favorables et des ressources alimentaires aussi bien pour les adultes que pour leurs larves (Nageleisen et Bouget, 2009 ; Ball et Morris, 2015).

Un autre groupe est univoltin avec diapause et hibernation obligatoires au dernier stade larvaire (*Platycheirus ambiguus*). D'autres espèces sont bivoltines dont le cycle comprend

deux générations annuelles à diapause larvaire obligatoire totale, en été pour la première génération et en hiver pour la seconde. Ce cycle est observé chez *Dasyrphus albostriatus* (Sarhou, 1996 ; Stubs et Falk, 2002 ; Jean *et al.*, 2011).

Dans la région méditerranéenne, quelques espèces comme *Episyrphus balteatus*, *Eupeodes corollae* et *Eristalis tenax* sont capables de voler sur de très longues distances, et donc d'entreprendre de véritables migrations lorsque le climat devient trop défavorable pendant l'hiver. Speight (2016) signale que les syrphes optent pour différentes stratégies pendant les mois d'hiver. Pour certains, c'est la femelle fécondée qui passe l'hiver tandis que d'autres préfèrent migrer vers des régions plus tempérées.

### **3.Relation des syrphes avec les facteurs environnementaux**

À l'instar des autres pollinisateurs, la présence et l'activité des syrphes ont toujours été liées à la diversité végétale, cependant, elles subissent également les effets des facteurs climatiques, notamment la température, les précipitations et le vent (Figueiredo Caetano, 2019).

Dans le présent cas, la richesse et l'abondance de la communauté étudiée de la zone semi – aride sont positivement liées à la température et au taux de recouvrement et négativement aux précipitations et la vitesse du vent.

En effet, d'après Freitas et Sazima (2003) et Chapelin-Viscardi *et al.* (2015), les syrphes ont superposé leur cycle de vie et leurs patterns de visite avec la floraison des espèces végétales. Quant aux autres paramètres (température, pluie et vent), ce résultat corrobore celui avancé par Inouye *et al.* (2015), appuyant ce qui a été expliqué par Gilbert (1986). Selon ce dernier, les températures relativement élevées (20-25°C) constituent des conditions favorables au développement des différents stades et de la reproduction, coïncidant ainsi avec le printemps méditerranéen (mars–avril- mai) et donc la floraison de la quasi-totalité des espèces végétales, source de nourriture pour les syrphes (Sajjad *et al.*, 2010). Au cours de l'année 2016- 2017, les pics de richesse et d'abondance sont atteints durant les mois (avril et mai) ayant enregistré des températures mensuelles de 20,85 °C et 25,35 °C.

Ajoutons à cela, le développement et la rapidité de l'éclosion des œufs sous l'effet des températures élevées. Ce cas peut s'appliquer sur l'espèce *Eumerus aeneus*, dont l'éclosion s'opère après 1 jour sous 35°C et dure 5 jours sous 20°C (Gilbert, 1986 ; Inouye *et al.*, 2015). Dib (2010) rapporte que la consommation de puceron *Dysaphis plantaginea* par le syrphe *Episyrphus balteatus* dans un verger de pommier est optimale lorsque la température est aux alentours de 20 °C.

Quant à la réponse aux précipitations, le résultat obtenu s'accorde avec celui de Gama et Francis (2008), selon lequel, l'activité des syrphes est nettement ralentie suite à une période pluvieuse. D'après Levesque et Burger (1982) et Jolicoeur (2012), la pluie et le brouillard entraînent généralement l'arrêt de la visite des fleurs par les syrphes. Le pic de richesse et d'abondance a été signalé durant les mois avril et mai alors que les précipitations mensuelles ont été de 32,8 mm et 17,6 mm, tandis l'hiver est marquée par l'absence totale des syrphes correspondant à une température moyenne de 9,1°C et une pluviosité de 42,6 mm.

En ce qui concerne l'effet du vent, l'intervalle de sa vitesse au cours de l'année d'étude s'est étalé entre 2,7m/s et 3,9m/s (10–14 km/h) et le maximum de richesse et d'abondance a été enregistré durant les mois avril et mai, superposé à une vitesse de vent de 10,4 km/h (2,88 m/s). Decourtye *et al.* (2016) ont observé son effet négatif à partir de 12 km/h (3,3m/s). Autrement dit, la richesse et l'abondance de ces insectes se voient affectées même par les petites et légères brises selon l'échelle de Beaufort (Fortin, 2001).

Mais, sachant que la vitesse du vent se mesure à 10m au-dessus du sol et que les syrphes avec leur vol stationnaire qui ne franchit pas les 2 m, la vitesse signalée ne pourrait faire son effet que si l'échantillonnage a été effectué en milieu ouvert. Dans le cas inverse (présence d'obstacles, comme la montagne (cas de la source Youkous), les arbres, arbustes et bâtiments (cas de la pépinière ou la haie de cyprès), les syrphes subissent l'effet négatif du vent, même à des vitesses en dessous de celles signalées.

En tous les cas, d'après Ross et Merritt (1987), la présence ou l'absence d'une espèce de syrphidés dans un habitat particulier ne peut être expliquée par l'intervention d'un seul facteur écologique mais plutôt par l'interaction d'un complexe de facteurs biotiques et abiotiques dont l'action est simultanée, combinée et donc compensatoire. Si on prenait le cas du vent par exemple, son effet pourrait être mieux établi avec les données journalières, surtout au moment de l'échantillonnage des insectes, qu'avec les moyennes mensuelles.

Suite à ce qui précède, les résultats obtenus contrecarrent l'énoncé de l'hypothèse (3), selon laquelle : « *Etant sous un climat semi-aride, les syrphes sont plus affectés par le manque de végétation (faible taux de recouvrement) que par les facteurs climatiques* », bien que le lien reste très étroit entre ces facteurs, puisque ce sont les pluies d'automne et d'hiver qui permettent la germination des plantes annuelles qui fleurissent au printemps et qui garantissent la présence diversifiée des syrphes. Il est certain que d'autres facteurs sont

intervenues dans leur distribution tels que, les disponibilités alimentaires et la compétition trophique et spatiale (Jean *et al.*, 2011).

Ce qui doit être retenu et compris est que l'occupation spatiale et temporelle des différents habitats est régie par les facteurs environnants : les facteurs climatiques, habituellement considérés comme facteurs écologiques majeurs susceptibles d'influencer directement ou indirectement la répartition de la faune et les facteurs biotiques, comme la disponibilité alimentaire (présence des plantes hôtes ou les proies qui favorisent leurs développements), la compétition et degré de salubrité de l'habitat. En tous les cas, plus le nombre de paramètres responsables d'une communauté est important, plus il complexifie la compréhension de leur fonctionnement et leur interprétation.

Au terme de ce travail réalisé dans six stations, à différents faciès végétaux (une zone riparienne non polluée, une zone riparienne polluée, une pépinière, une haie de cyprès au bord de la route, une plantation de figuier de Barbarie et une oliveraie) d'une zone semi-aride de l'Est algérien (Tébessa), l'analyse de la communauté de syrphidés durant 12 mois consécutifs (2016-2017) a révélé :

- une abondance de 1372 individus rattachés à 37 espèces,
- cinq nouvelles espèces pour l'entomofaune de l'Afrique du Nord : *Eumerus etnensis*, *Eupeodes nuba*, *Paragus vandergooti*, *Platycheirus ambiguus* et *Eumerus obliquus*,
- les stations ZRNP, ZRP, PE sont les plus riches en espèces. Généralement, l'indice de diversité suit la même tendance,
- l'effort d'échantillonnage n'est pas suffisant pour toute la zone, mais variable selon le type d'habitat,
- l'étude de la phénologie a montré que les espèces étudiées possèdent soit une période de vol étalée soit limitée à quelques mois et,
- la richesse et l'abondance des syrphes augmentent positivement avec le taux de recouvrement et la température et négativement avec les pluies et la vitesse du vent.

En perspectives, il serait judicieux de :

- se concentrer sur les espèces indicatrices de la qualité des milieux, cas des *Eristalis* et le milieu aquatique et surtout mieux approcher la relation des syrphes avec la diversité florale dans les milieux steppiques et,
- développer l'aspect de la lutte biologique dans les agro-écosystèmes par l'usage des larves aphidiphages, cas de *Episyrphus balteatus*, sans pour autant négliger la poursuite des

études d'inventaires dans les différents étages bioclimatiques, tant que les investigations demeurent inachevées, et ce, afin de mettre en place une base de données algériennes telle que « Syrph the Net », base de données des syrphidés européens.

# *Références bibliographiques*



- *A* -

-Abro, K. K., Memon, N., Ansari, A., & Memon, M. I. (2019). Host plant range of Aphidophagous hoverflies in relation to their prey aphids in Badin, Sindh, Pakistan. *Pure and Applied Biology*, 8(2), 1228–1239.

-Amorós-Jiménez, R., Pineda, A., Fereres, A., & Marcos-García, M. Á. (2014). Feeding preferences of the aphidophagous hoverfly *Sphaerophoria rueppellii* affect the performance of its offspring. *BioControl*, 59(4), 427–435.

-Arrignon, F. (2006). Hover-winter : un modèle multi-agent pour simuler la dynamique hivernale d'un insecte auxiliaire des cultures (*Episyrphus balteatus*, Diptera : Syrphidae) dans un paysage hétérogène. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, France.

- *B* -

-Baguette, M., & Schtickzelle, N. (2003). Local population dynamics are important to the conservation of metapopulations in highly fragmented landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 40, 404–412.

-Ball, S., & Morris, R. (2015). Britain's Hoverflies: A Field Guide-Revised and Updated Second Edition. Princeton University Press.

-Basset, Y., Cizek, L., Cuénoud, P., Didham, R. K., Guilhaumon, F., Missa, O., ... & Tishechkin, A. K. (2012). Arthropod diversity in a tropical forest. *Science*, 338, 1481–1484.

-Basualdo, C. V. (2017). Choosing the best non-parametric richness estimator for benthic macroinvertebrates databases. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 70(1-2), 27–38.

-Bates, A. J., Sadler, J. P., Fairbrass, A. J., Falk, S. J., Hale, J. D., & Matthews, T. J. (2011). Changing bee and hoverfly pollinator assemblages along an urban-rural gradient. *PloS one*, 6(8), e23459.

-Baude, M., Muratet, A., Fontaine, C., & Pellaton, M. (2011). Plantes et pollinisateurs observés dans les terrains vagues de Seine-Saint-Denis. Observatoire Départemental de la Biodiversité Urbaine (COBU), 65p.

-Becker, T. (1907). Die Ergebnisse meiner Dipterologischen Frühjahresreise nach Algier und Tunis. *Zeitschrift für systematische Hymenopterologie und Dipterologie*. 7, 225–256.

-Bessat, M., Castella, E., Speight, M. C., Fleury, D., & Delabays, N. H. C. (2019). Biodiversité fonctionnelle en paysage agricole : étude floristique et syrphidologie de Surfaces de Promotion de la Biodiversité (SPB). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 23(4), 226–244.

-Bigot, L., & Bodot, P. (1972). Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera*. Etude descriptive de l'habitat et de la faune des invertébrés inventoriés. *Vie et Milieu*. 23, 23–43.

-Blondel, J., (1979). Biogéographie et écologie. Edition Masson, Paris.

-Bopp, M. C., Grasselly, D., Lescourret, F., Colleu, S., Bergère, D., Demange, E., ... & Varlet, P. (2019). Les services rendus par les cultures fruitières. CTIFL; INRAE : Groupement d'Intérêt Scientifique Fruits, 10p.

-Branquart, E., & Hemptinne, J. L. (2000). Selectivity in the exploitation of floral resources by hoverflies (Diptera: Syrphinae). *Ecography*, 23(6), 732–742.

-Brigode, M. (2017). Des bandes fleuries pour la lutte biologique : étude du comportement du syrpe face à des stimuli visuels et de l'effet de trois mélanges fleuris sur les pucerons et leurs ennemis naturels. Master en bioingénieur : sciences agronomiques, à finalité spécialisée. Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT).

-Bruun, H. H., & Bygebjerg, R. (2016). *Cheilosia fasciata* (Diptera: Syrphidae) new to Denmark. *Entomologisk Tidskrift*, 137(3), 131–135.

-Burgio, G., & Sommaggio, D. (2007). Syrphids as landscape bioindicators in Italian agroecosystems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 120(2-4), 416–422.

-Burgio, G., Sommaggio, D., & Birtele, D. (2015). I Sirfidi (Ditteri): biodiversità e conservazione. ISPRA, Manuali e Linee Guida.

-Burton, M., & Burton, R. (2002). The international wildlife encyclopedia. Edition Marshall Cavendish, Amazon, France.

- C -

-Cagniant, H. (1989). Essai d'application de quelques indices et modèles de distributions d'abondances à trois peuplements de fourmis terricoles. *Orsis : organismes i sistemes*, 113–124.

-Carpio, A. J., Castro, J., & Tortosa, F. S. (2019). Arthropod biodiversity in olive groves under two soil management systems: presence versus absence of herbaceous cover crop. *Agricultural and Forest Entomology*, 21(1), 58–68.

-Carvalho, A. M. C., Mendes, J., Marghiori, C. H., & Lomônaco, C. (1991). Variação espacial e sazonal de dípteros muscoídeos em duas áreas de cerrado no município de Uberlândia-MG. I, Calliphoridae e Muscidae. *R. Cent. Ci. Bioméd. Univ Fed. Uberlândia*, 7, 27–34.

-Castella, E., Speight, M. C., & Sarthou, J. P. (2008). L'envol des Syrphes. *Espaces naturels*, 21, 22–23.

-Chapelin-Viscardi, J. D., Tosser, V., Maillet-Mezeray, J., & Sarthou, V. (2015). Contribution à la connaissance de la consommation de pollen par six espèces de Syrphes auxiliaires en milieux agricoles (Diptera Syrphidae). *L'Entomologiste*, 71(3), 169–178.

-Chinery, M. (2012). *Insects of Britain and Western Europe*. 3<sup>ème</sup> Edition. Flammarion, Paris.

-Claude, J., Langlois, D., & Tissot, B. (2013). Diagnostic écologique des principaux habitats de deux réserves naturelles nationales du Doubs (25) par la méthode “Syrph the Net”. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle du Doubs*, (94), 17–28.

-Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. <http://purl.oclc.org/estimates>.

-Colwell, R. K., Mao, C. X., & Chang, J. (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85(10), 2717–2727.

-Cucherat, X., & Demuynck, S. (2008). Les plans d'échantillonnage et les techniques de prélèvements des mollusques continentaux. *MalaCo*, 5, 244–253.

- **D** -

-De Martonne, E. (1926). L'indice d'aridité. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 3(9), 3–5.

-Decourtye, A., Vidau, C., Rollin, O., Requier, F., Rüger, C., Allier, F., ... & Odoux, J. F. (2016). Fréquentation par les abeilles des parcelles agricoles cultivées : données pour un usage moins dangereux des pesticides. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, (66), 59–68.

-Delabays, N., Pétremand, G., & Fleury, D. (2016). Comparaison de six mélanges pour l'enherbement viticole dans l'arc lémanique. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture*, 48(5), 322–329.

-Dib, H. (2010). Rôle des ennemis naturels dans la lutte biologique contre le puceron cendré, *Dysaphis plantaginea Passerini* (Hemiptera aphididae) en vergers de pommiers. Thèse de doctorat. Université d'Avignon, France.

-Dirickx, H. G. (1994). Atlas des Diptères syrphidés de la région méditerranéenne. Documents de Travail de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique.

-Djebaili, S. (1978). Recherches phytosociologiques et écologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas Saharien Algériens. Thèse de doctorat. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène, Algérie.

-Djellab, S. (2012). Les Syrphidés (Diptera : Syrphidae) du nord-est algérien : inventaire et Écologie. Thèse de doctorat, Université de Batna 2, Algérie.

-Djellab, S., Mebarkia, N., Neffar, S., & Chenchouni, H. (2019). Diversity and phenology of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in pine forests (*Pinus halepensis* Miller) of Algeria. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(3), 766–777.

-Djellab, S., Van Eck, A., & Samraoui, B. (2013). A survey of the hoverflies of northeastern Algeria (Diptera: Syrphidae). *Egyptian Journal of Biology*, 15, 1–12.

-Dufour, A., Gadallah, F., Wagner, H.H., Guisan, A. & Buttler, A. (2006). Plant species richness and environmental heterogeneity in a mountain landscape: effects of variability and spatial configuration. *Ecography*, 29, 573–584.

-Dufrêne, M., & Legendre, P., (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*. 67, 345–356.

-Dunn, L., Lequerica, M., Reid, C. R., & Latty, T. (2020). Dual ecosystem services of syrphid flies (Diptera: Syrphidae): pollinators and biological control agents. *Pest Management Science*, 76(6), 1973–1979.

-Dupont, Y. L., Hansen, D. M., & Olesen, J. M. (2003). Structure of a plant–flower-visitor network in the high-altitude sub-alpine desert of Tenerife, Canary Islands. *Ecography*, 26(3), 301–310.

-Durepaire, P. (2018). Diagnostic écologique des habitats dans la Réserve Naturelle de la Tourbière des Dauges (Haute-Vienne) par la méthode « Syrph the Net ». *Annales Scientifiques du Limousin*, 27p.

-Dussaix, C. (2013). Syrphes de la Sarthe, Ethologie, écologie, répartition et développement larvaire (Diptera, Syrphidae). *Invertébrés armoricains, les cahiers du Gretia* 9.

-Duvallet, G., Fontenille, D., & Robert, V. (2017). *Entomologie médicale et vétérinaire*. Editions Quae.

- *E* -

-El-Hawagry, M. S., & Gilbert, F. (2019). Catalogue of the Syrphidae of Egypt (Diptera). *Zootaxa*, 4577(2), 201–248.

-Ellis, C. R., Feltham, H., Park, K., Hanley, N., & Goulson, D. (2017). Seasonal complementary in pollinators of soft-fruit crops. *Basic and Applied Ecology*, 19, 45–55.

- *F* -

-Faurie, C., Ferra, C., Médori, P., Déuaux, J., & Hemptinne, J. I. (2003). *Ecologie approche scientifique et pratique*. 5<sup>ème</sup> édition, Lavoisier.

-Figueiredo Caetano, J. A. (2019). Impacts du changement climatique sur le développement et sur la préférence du site d'oviposition du syrpe ceinturé (*Episyrphus balteatus* (De Geer)). Mémoire de Master en biologie des organismes et écologie. Université de Liège, Belgique.

-Fortin, J. (2001). *Comprendre le climat et l'environnement*. Edition Québec Amérique.

-Freitas, L., & Sazima, M. (2003). Floral biology and pollination mechanisms in two *Viola* species from nectar to pollen flowers?. *Annals of Botany*, 91(3), 311–317.

-Frontier, S., Pichod-Viale, D., Leprêtre, A., Davoult, D., & Luczak, C. (2008). *Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*. 4<sup>ème</sup> édition. Dunod, Paris.

-Fustec, É., & Lefeuvre, J. C. (2000). *Fonctions et Valeurs des Zones Humides*. Edition Dunod, Paris.

- *J* -

-Janković, M., Miličić, M., Nedeljković, Z., Milovac, Ž., Ačanski, J., & Vujić, A. (2019). Diversity and Structure of Hoverfly (Diptera: Syrphidae) Communities in Agricultural Areas in Vojvodina

Province (Serbia) A Case Study on Brassica napus L. *Journal of the Entomological Research Society*, 21(2), 129–144.

-Jean, A., Dor, C., Véronique, J. M. M., & Sarthou, J. P. (2011). Synthèse bibliographique sur l'écologie des *Syrphidae* Projet CASDAR « les entomophages en grandes cultures » : diversité, service-rendu et potentialités des habitats.

-Jolicoeur, L. (2012). Effets de la structure du paysage sur la composition de la communauté toundrique de diptères des monts mcgerrigle (Gaspésie, Québec) : une approche distinguant les espèces allochtones et résidentes. Mémoire de Master (M.Se.). Université de sherbrooke, Canada.

-Jovičić, S., Burgio, G., Diti, I., Krašić, D., Markov, Z., Radenković, S., & Vujić, A. (2017). Influence of landscape structure and land use on *Merodon* and *Cheilosia* (Diptera: Syrphidae): contrasting responses of two genera. *Journal of Insect Conservation*, 21(1), 53–64.

## - H -

-Haffaressas, B., Djellab, S., Samraoui, F., Alfarhan, A. H., Gilbert, F., Ricarte, A., & Samraoui, B. (2017). Hoverflies of the Guelma district, with species new to Algeria and North Africa (Diptera: Syrphidae). *Annales de la Société entomologique de France (NS)*, 53 (5), 324–333.

-Heberle, H., Meirelles, G. V., da Silva, F. R., Telles, G. P., & Minghim, R. (2015). InteractiVenn: a web-based tool for the analysis of sets through Venn diagrams. *BMC bioinformatics*, 16(1), 1–7.

-Hegland, S. J., & Boeke, L. (2006). Relationships between the density and diversity of floral resources and flower visitor activity in a temperate grassland community. *Ecological Entomology*, 31(5), 532–538.

-Hurkmans, W. (1993). A monograph of *Merodon* (Diptera: Syrphidae). *Tijdschrift voor Entomologie*, 136, 147–234.

## - I -

-Inouye, D. W., Larson, B. M., Ssymank, A., & Kevan, P. G. (2015). Flies and flowers III: ecology of foraging and pollination. *Journal of Pollination Ecology*, 16(16), 115–133.

## - G -

-Gadoum, S. (2012). Diagnostic entomologique du lit majeur de la Seine de la confluence avec l'Oise (Andrécy- Achèresm) jusqu'à Triel-sur-Seine (78). Rapport d'étude. Opie.

-Gama, G., & Francis, F. (2008). Etude de la biodiversité entomologique d'un milieu humide aménagé : le site du Wachnet, le long du Geer à Waremme (Province de Liège, Belgique). *Entomologie faunistique-Faunistic Entomology*, 61 (1-2), 33–42.

-García, R. R., & Miñarro, M. (2014). Role of floral resources in the conservation of pollinator communities in cider-apple orchards. *Agriculture, ecosystems & environment*, 183, 118–126.

-Gaussen, H., & Bagnouls, F. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. La carte des productions végétale.

- Gens, H., Tissot, B., & Claude, J. (2017). Diagnostic écologique de l'alpage du Haut-Soulier (Rochejean - 25) par la méthode « Syrph the Net ». Rapport d'étude. Les amis de la réserve naturelle du lac de Remoray, Labergement Sainte Marie.
- Gilbert, F.S., (1986). Hoverflies. Naturalist's Handbooks. Cambridge University Press, England.
- Gittings, T., O'Halloran, J., Kelly, T., & Giller, P. S. (2006). The contribution of open spaces to the maintenance of hoverfly (Diptera, Syrphidae) biodiversity in Irish plantation forests. *Forest Ecology and Management*, 237, 290–300.
- Goeldlin de Tiefenau, P. (1976). Révision du genre *Paragus* (Dipt. Syrphidae) de la région paléarctique occidentale. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 49, 79–108.
- Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology letters*, 4(4), 379–391.
- Gounot, M. (1961). Les méthodes d'inventaire de la végétation. Centre national de la recherche scientifique. Masson, Paris.
- Grall, J., & Coïc, N. (2006). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Institut Universitaire européen de la Mer. Université de Bretagne Occidentale Laboratoire des sciences de l'Environnement Marin, 7–86.
- Grall, J., & Hily, C. (2003). Traitement des données stationnelles (faune). IUEM (UBO)/LEMAR FT-10-01.1–10.
- Gretia, (2012). Les Diptères Syrphidae de Basse-Normandie. Actualisation des listes départementales. Espèces à enjeu de conservation prioritaires.
- Guefaifia, O. (2007). Identification et caractérisation d'un milieu Karstique et sa contribution à l'alimentation d'un champ captant : Cas de la zone de Bouakous-Hammamet, région de Tébessa. Thèse de doctorat, Université d'Annaba, Algérie.

- K -

- Kelm, M., Biesiada, A., Krawczyk, M., & Ciolek, M. (2009). Atrakcyjność kwiatów wybranych roślin zielarskich dla mszycożernych bzygowatych (Syrphinae). *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 1(539).
- Klecka, J., Hadrava, J., Biella, P., & Akter, A. (2018). Flower visitation by hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a temperate plant-pollinator network. *PeerJ*, 6, e6025.
- Kleijn, D. & Van Langevelde, F. (2006). Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology*, 7, 201–214.
- Kleijn, D., & Verbeek, M. (2000). Factors affecting the species composition of arable field boundary vegetation. *Journal of Applied Ecology*, 37(2), 256–266.
- Krauss, J., Bommarco, R., Guardiola, M., Heikkinen, R. K., Helm, A., Kuussaari, M., ... & Pöyry, J. (2010). Habitat fragmentation causes immediate and time-delayed biodiversity loss at different trophic levels. *Ecology letters*, 13(5), 597–605.

-Kruess, A., & Tschamtko, T. (2002). Contrasting responses of plant and insect diversity to variation in grazing intensity. *Biological conservation*, 106(3), 293–302.

-Kuznetsov, S. (1988). New Data on systematics of Palearctic Syrphidae (Diptera). *Entomological Revue*, 67(2), 1–17.

- *L* -

-Langlois, D., & Chaigne, J. (2019). Diagnostic écologique des Réserves naturelles régionales de la Côte de Mancy (39) et du Crêt des roches (25) par la méthode Syrph-the-net. Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté, Région Bourgogne Franche-Comté, Besançon.

-Larrieu, L., Cabanettes, A., & Sarthou, J. P. (2015). Hoverfly (Diptera: Syrphidae) richness and abundance vary with forest stand heterogeneity: Preliminary evidence from a montane beech fir forest. *European Journal of Entomology*, 112(4), 755–769.

-Levesque, C. M., & Burger, J. F. (1982). Insects (Diptera, Hymenoptera) associated with *Minuartia groenlandica* (Caryophyllaceae) on Mount Washington, New Hampshire, USA, and their possible role as pollinators. *Arctic and Alpine Research*, 14(2), 117–124.

-Levy, E. G., & Madden, E. A. (1933). The point method of vegetation analysis. *New Zealand Journal of Agriculture*, 46, 267–279.

-Lucas, H. (1849). Huitième ordre. Les diptères. In: Lucas H, editor. Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1842. Histoire naturelle des animaux articulés 3. Paris : *Insectes*. 414–503.

-Lyneborg, L., & Barkemeyer, W. (2005). The Genus *Syritta*: A World Revision of the Genus *Syritta* Le Peletier & Servilla, 1828 (Diptera: Syrphidae). Edition Brill. Entomonograph.

- *M* -

-Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity* Blackwell Publishing. Malden.

-Marcos-García, M. A., García-López, A., Zumbado, M. A., & Rotheray, G. E. (2012). Sampling methods for assessing syrphid biodiversity (Diptera: Syrphidae) in tropical forests. *Environmental entomology*, 41(6), 1544–1552.

-Marcos-García, M., Pérez-Bañón, C., & Rojo, S. (2002). "Nuevas especies de Paragus Latreille, 1804 para la Península Ibérica (Diptera, Syrphidae)". *Boletín de la Asociación Española de Entomología*. (26)1-2. 201–203.

-Marcos-García, M., Vujić, A., & Mengual Sanchis, X. (2007). Revision of Iberian species of the genus *Merodon* (Diptera: syrphidae). *European Journal of Entomology*, 104(3), 531–572.

-Melo, A. S. (2004). A critique of the use of jackknife and related non-parametric techniques to estimate species richness. *Community Ecology*, 5(2), 149–157.

-Mommott, J. (1999). The structure of a plant-pollinator food web. *Ecology letters*, 2(5), 276–280.

-Mengual, X., Stahls, G., & Rojo, S. (2015). Phylogenetic relationships and taxonomic ranking of pipizine flower flies (Diptera: Syrphidae) with implications for the evolution of aphidophagy. *Cladistics*, 31(5), 491–508.

-Meyer, B., Jauker, F. & Steffan-Dewenter, I. (2009). Contrasting resource-dependent responses of hoverfly richness and density to landscape structure. *Basic and Applied Ecology*, 10, 178–186.

-Miličić, M., Vujić, A., & Cardoso, P. (2018). Effects of climate change on the distribution of hoverfly species (Diptera: Syrphidae) in Southeast Europe. *Biodiversity and conservation*, 27(5), 1173–1187.

-Miranda, G. F. G., & Rotheray, G. (2018). Family Syrphidae. In Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. Academic Press.

-Morris, E. K., Caruso, T., Buscot, F., Fischer, M., Hancock, C., Maier, T. S... & Rillig, M. C. (2014). Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. *Ecology and Evolution*, 4, 3514–3524.

- N -

-Naderloo, M., Pashaei Rad, S., (2014). Diversity of hoverfly (Diptera: Syrphidae) communities in different months in eastern part of Zanjan province, Iran. *Zoology and Ecology*, 24 (3), 261–265.

-Nageleisen, L. M., & Bouget, C. (2009). L'étude des insectes en forêt : méthodes et techniques, éléments essentiels pour une standardisation. Synthèse des réflexions menées par le groupe de travail «Inventaires Entomologiques en Forêt » (Inv.Ent.For.). Les Dossiers Forestiers n°19, Office National des Forêts.

-Nedjraoui, D., & Bédrani, S. (2008). La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *VertigO*, 8(1), 1–15.

-Nielsen, A., Steffan-Dewenter, I., Westphal, C., Messinger, O., Potts, S. G., Roberts, S. P., ... & Woyciechowski, M. (2011). Assessing bee species richness in two Mediterranean communities: importance of habitat type and sampling techniques. *Ecological Research*, 26(5), 969–983.

-Nielsen, T. R. (2004). European species of the *Platycheirus ambiguus* group (Diptera, Syrphidae), with description of new species. *Volucella*, 7,1–30.

-Nielsen, T. R. (2014). Synopsis of the *Platycheirus ambiguus* species group (Diptera, Syrphidae), with description of *Platycheirus arnei* sp. n. and a preliminary key to the species. *Norwegian Journal of Entomology*, 61, 57–75.

-Nsor, C. A., Oppong, S. K., Danquah, E., Ochem, M., & Antobre, O. O. (2020). Spatiotemporal dynamics of terrestrial invertebrate assemblages in the riparian zone of the Wewe river, Ashanti region, Ghana. *Open Life Sciences*, 15(1), 331–345.

- O -

-Ouin, A., Sarthou, J. P., Bouyjou, B., Deconchat, M., Lacombe, J. P., & Monteil, C. (2006). The species-area relationship in the hoverfly (Diptera, Syrphidae) communities of forest fragments in southern France. *Ecography*, 29(2), 183–190.

-Owen, J. (1981). Trophic variety and abundance of hoverflies (Diptera, Syrphidae) in an English suburban garden. *Ecography*, 4(3), 221–228.

- P -

-Pain, G. (2001). Effets de la fragmentation des milieux sur la structure spatiale et la dynamique des populations animales : Contribution de l'analyse écologique du paysage au développement des modèles d'évaluation environnementale. Thèse de doctorat. École nationale supérieure agronomique de Rennes, France.

-Pârvu, C., & Popescu-Mirceni, R. (2006). Faunistic data on some dipteran families (Insecta: Diptera) from West Turkey. *Travaux du Museum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"*, 49, 283–295.

-Petanidou, T., Vujić, A., & Ellis, W. N. (2011). Hoverfly diversity (Diptera: Syrphidae) in a Mediterranean scrub community near Athens, Greece. *Annales de la Société Entomologique de France*. 47(1-2). 168–175.

-Pinheiro, L. A., Torres, L. M., Raimundo, J., & Santos, S. A. (2015). Effects of pollen, sugars and honeydew on lifespan and nutrient levels of *Episyrphus balteatus*. *BioControl*, 60(1), 47–57.

- R -

-Reemer, M., Hauser, M., & Speight, M. C. (2004). The genus *Myolepta* Newman in the West-Palaearctic region (Diptera, Syrphidae). *Studia dipterologica*, 11(2), 553–580.

-Ricarte, A. (2008). Biodiversidad de sírfidos (Diptera : Syrphidae) y conservación de los hábitats en el Parque Nacional de Cabañeros, España. Tesis de doctorado. Universidad de Alicante, España.

-Ricarte, A., & Marcos-García, M. Á. (2017). A checklist of the Syrphidae (Diptera) of Spain, Andorra and Gibraltar. *Zootaxa*, 4216(5), 401–440.

-Ricarte, A., Souba-Dols, G. J., Hauser, M., & Marcos-García, M. Á. (2017). A review of the early stages and host plants of the genera *Eumerus* and *Merodon* (Diptera: Syrphidae), with new data on four species. *PLoS One*, 12(12), e0189852.

-Rodríguez-Gasol, N., Avilla, J., Alegre, S., & Alins, G. (2019). *Sphaerophoria rueppelli* adults change their foraging behavior after mating but maintain the same preferences to flower traits. *BioControl*, 64(2), 149–158.

-Rojo, S., Gilbert, F., Marcos-García, M. A., Nieto, J. M., & Mier, M. P. (2003). A world review of predatory hoverflies (Diptera, Syrphidae: Syrphinae) and their prey. Publications of Alicante University, Sapin.

-Rollin, O., Bretagnolle, V., Decourtye, A., Aptel, J., Michel, N., Vaissière, B. E., & Henry, M. (2013). Differences of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 179, 78–86.

-Ross, D. H., & Merritt, R. W. (1987). Factors affecting larval black fly distributions and population dynamics. In: Kim KC, Merritt RW (eds) *Black flies: ecology, population management and annotated world list*. Penn State Univ Press, University Park.

-Rotheray, G. E. (1993). Colour guide to hoverfly larvae (Diptera, Syrphidae). *Dipterists Digest*, 9, 1–155.

-Rotheray, G. E., & Gilbert, F. S. (2011). *The Natural History of Hoverflies*. Forrest Text, Cardigan. Die Fliegen der Palaearktischen Region, Syrphidae. Ed. P. Sack. *Stuttgart: Schweizerbart*, 333–422.

- S -

-Sajjad, A., Saeed, S., & Ashfaq, M. (2010). Seasonal variation in abundance and composition of hoverfly (Diptera: Syrphidae) communities in Multan, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoologie*, 42(2), 105–115.

-Sarthou, J. P. (1996). Contribution à l'étude systématique, biogéographique et agroécocénétique des Syrphidae (Insecta. Diptera) du Sud-Ouest de la France. Thèse de doctorat. Institut national polytechnique Toulouse, France.

-Sarthou, J. P., & Speight, M. C. D. (2005). Les Diptères Syrphidés, peuple de tous les espaces. *Insectes*, 137(2), 3–8.

-Sauvion, N., Calatayud, P. A., Thiéry, D., & Marion-Poll, F. (2013). *Interactions insectes-plantes*. Editions Quae.

-Scaven, V. L., & Rafferty, N. E. (2013). Physiological effects of climate warming on flowering plants and insect pollinators and potential consequences for their interactions. *Current zoology*, 59(3), 418–426.

-Schneider, F. (1969): Bionomics and physiology of aphidophagous Syrphidae. *Annual Review of Entomology*, 14, 103–124.

-Schuldt, A., Ebeling, A., Kunz, M., Staab, M., Guimarães-Steinicke, C., Bachmann, D., ... & Härdtle, W. (2019). Multiple plant diversity components drive consumer communities across ecosystems. *Nature communications*, 10(1), 1–11.

-Séguy, E. (1961). Diptères Syrphidés de l'Europe occidentale. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris.

-Shi, J., Luo, Y. B., Bernhardt, P., Ran, J. C., Liu, Z. J., & Zhou, Q. (2009). Pollination by deceit in *Paphiopedilum barbigerum* (Orchidaceae): a staminode exploits the innate colour preferences of hoverflies (Syrphidae). *Plant Biology*, 11(1), 17–28.

- Skevington, J. H., & Dang, P. T. (2002). Exploring the diversity of flies (Diptera). *Biodiversity*, 3(4), 3–27.
- Smâal, A. (2013). Inventaire et écologie des Syrphidés (Ordre : Diptera) dans deux milieux ; l'un aménagé (Le jardin public Family golden park) et l'autre naturel (Hammamet) Tébessa. Mémoire de Master. Université de Tébessa, Algérie.
- Smit, J., & Vujić, A. (2008). The Palaearctic species of the genus *Psilota* Meigen (Diptera, Syrphidae) with the description of two new species. *Studia Dipterologica*, 14(2), 345–364.
- Sommaggio, D. (1999). Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? . *Agriculture, ecosystems & environment*, 74(1-3), 343–356.
- Souza-Silva, M., Fontenelle, J. C., & Martins, R. P. (2001). Seasonal abundance and species composition of flower-visiting flies. *Neotropical Entomology*, 30(3), 351–359.
- Speight, M. C. D. (1987). External morphology of adult Syrphidae (Diptera). *Tijdschrift voor Entomologie*, 130, 141–175.
- Speight, M. C. D. (2011). Species accounts of European Syrphidae (Diptera), Glasgow 2011. Syrph the Net, the database of European Syrphidae.
- Speight, M. C. D. (2016). Species accounts of European Syrphidae (Diptera) in: Speight MCD, Castella E, Sarthou JP & Vanappelghem C (eds) Syrph the Net: the database of European Syrphidae. Syrph the Net publications, Dublin, 93,1-288.
- Speight, M. C. D. (2017). Species accounts of European Syrphidae (Diptera) 2017. The database of European Syrphidae (Diptera). Dublin: Syrph the Net publications. 97, 1–294.
- Speight, M. C. D., & de Courcy Williams, M. (2016). European Syrphid Genera : Portraits of representative species/Portraits d'espèces représentatives de genres de Syrphidae Européens. Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera), 89, 72.
- Speight, M. C. D., Castella, E., & Sarthou, J.P. (2016). StN 2016. In: MCD S, Castella E, JP S, Vanappelghem C, editors. Syrph the Net on CD, Issue 11. Dublin: Syrph the Net Publications. 1649–1917.
- Speight, M. C. D., Sarthou, J., Vanappelghem, C., & Sarthou, V. (2018). Maps of the departemental distribution of syrphid species in France/Cartes de distribution départementale des syrphes de France (Diptera: Syrphidae). Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera).
- Speight, M. C. D., Sarthou, V., Sarthou, J. P., & Castella, E. (2007). Le Syrphe, l'ordinateur et la gestion de la biodiversité. Rapport du Conservatoire Départemental des Espaces Naturels de Haute-Savoie (Asters), France.
- Speight, M. C., Claussen, C., & Hurkmans, W. (1998). Révision des syrphes de la faune de France : III-Liste alphabétique des espèces des genres *Cheilosia*, *Eumerus* et *Merodon* et Supplément (Diptera, Syrphidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 103(5), 401–414.
- Ssymank, A., Kearns, C. A., Pape, T., & Thompson, F. C. (2008). Pollinating flies (Diptera): a major contribution to plant diversity and agricultural production. *Biodiversity*, 9(1-2), 86–89.

-Stewart, Ph. (1968). Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique : quelques réflexions. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord*, 59(1-4),23–36.

-Strandberg, B., Lykke, A. M., & Padonou, E. (2016). Méthodes d'estimation objective du recouvrement de la végétation et de la biomasse herbacées. *Annales Des Sciences Agronomiques*, 20, 61–68.

-Stubbs, A. E., & Falk, S. J. (1983). British hoverflies. An illustrated identification guide. London British entomological and natural history society.

-Stubbs, A. E., & Falk, S. J. (2002). British hoverflies: An illustrated identification guide. British entomological and natural history society.

- T -

-Thomson, L. J., & Hoffmann, A. A. (2009). Vegetation increases the abundance of natural enemies in vineyards. *Biological Control*, 49(3), 259–269.

- V -

-Van Steenis, J., Ricarte, A., Vujić, A., Birtele, D., & Speight, M. C. (2016). Revision of the West-Palaeartic species of the tribe Cerioidini (Diptera, Syrphidae). *Zootaxa*, 4196(2), 151–209.

-Van Veen, M. P. (2010). Hoverflies of Northwest Europe: identification keys to the Syrphidae. Brill. The Netherlands: Brill: KNNV Publishing Zeist.

-Verlinden, L. (1994). Faune de Belgique, Syrphides (Syrphidae). Edition de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles.

-Vujić, A., Radenković, S., Ačanski, J., Grković, A. N. A., Taylor, M., Şenol, S. G., & Hayat, R. (2015). Revision of the species of the *Merodon nanus* group (Diptera: Syrphidae) including three new species. *Zootaxa*, 4006(3), 439–462.

- W -

-Walther, B. A., & Martin, J. L. (2001). Species richness estimation of bird communities: how to control for sampling effort ?. *Ibis*, 143(4), 413–419.

-Walther, B. A., & Moore, J. L. (2005). The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography*, 28(6), 815–829.

-Westphal, C., Bommarco, R., Carré, G., Lamborn, E., Morison., Petanidou, T...& Steffan-Dewenter, I. (2008). Measuring bee diversity in different european habitats and biogeographical regions. *Ecological Monographs*, 78(4), 653– 671.

-Wilson, J. G. (1994). The role of bioindicators in estuarine management. *Estuaries*, 17(1), 94–101.

-Winston, R., & Randall, C. B. (2017). Field guide for the biological control of weeds in the Northwest. Government Printing Office.

-Wolda, H. (1988). Insect seasonality: why?. *Annual review of ecology and systematics*, 19(1), 1–18.

-Woodcock, T. S., Larson, B. M., Kevan, P. G., Inouye, D. W., & Lunau, K. (2014). Flies and flowers II: floral attractants and rewards. *Journal of Pollination Ecology*, 12(8), 63–94.

- Z -

-Zheng, Z., Liu, H., Wang, X., Wu, X., Chen, Y., Deng, J., ... & Deqiang, P. (2019). Development and reproduction of the hoverfly *Eupeodes corollae* (Diptera: Syrphidae). *Journal of Earth Sciences & Environmental Studies*, 4(4), 654–660.

# *Annexes*



**Annexe 01.** Les données climatiques de la wilaya de Tébessa.

**Tableau 01.** Moyennes mensuelles des températures (°C) enregistrées dans la station météorologique de Tébessa (1972-2017).

Mois Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	5.55	7.87	10.23	9.82	13.98	21.81	24.17	23.30	19.82	14.08	10.69	5.72
1973	5.59	5.44	5.80	10.51	19.89	23.11	26.85	23.59	21.73	17.08	9.27	6.27
1974	6.22	6.43	9.77	10.78	18.57	23.45	24.17	24.13	20.75	13.32	9.09	5.88
1975	5.89	5.98	8.26	11.92	16.31	21.32	25.40	23.20	22.65	21.50	9.16	4.93
1976	5.19	6.61	7.35	11.75	15.95	20.04	24.25	23.79	19.78	15.20	7.78	8.04
1977	6.62	8.25	14.62	18.10	17.47	21.83	27.82	24.56	19.77	16.59	10.95	7.92
1978	5.07	9.82	9.22	12.73	17.03	23.07	25.42	24.41	20.43	12.55	7.89	9.60
1979	9.76	9.98	10.53	10.14	16.64	22.01	26.09	25.14	18.75	17.55	8.38	7.39
1980	5.76	7.30	9.04	10.29	14.90	22.69	25.07	25.67	21.24	14.17	11.01	4.53
1981	3.98	6.21	12.41	15.22	19.04	23.46	23.77	24.08	20.72	17.28	9.17	9.39
1982	9.70	7.45	9.23	11.96	17.02	24.22	27.97	25.93	21.53	15.89	8.09	10.63
1983	4.88	6.49	9.30	15.29	18.94	22.45	27.10	25.98	21.53	15.02	12.17	7.20
1984	6.36	5.98	8.50	12.96	16.91	23.07	25.83	25.08	20.58	14.42	11.99	6.34
1985	5.38	10.82	8.29	14.18	16.91	25.05	27.65	25.58	20.38	15.66	12.98	8.03
1986	6.26	8.11	9.40	13.68	19.86	22.03	24.94	26.79	21.02	16.56	10.17	6.34
1987	6.33	7.71	8.80	14.27	16.68	24.29	26.67	27.86	23.58	19.32	10.71	10.45
1988	8.15	7.42	9.93	14.76	20.54	22.48	28	26.71	20.57	18.17	11.58	5.75
1989	5.42	7.20	11.52	13.76	18.16	20.92	25.59	26.11	22.15	15.53	13.26	10.67
1990	6.74	10.44	10.43	12.69	17.20	25.13	24.85	22.28	24.10	19.94	11.45	8.23
1991	5.49	6.78	11.61	10.36	14.21	21.89	26.24	25.63	21.76	16.69	10.63	5.46
1992	4.68	6.69	9.35	11.81	16.31	20.93	23.92	25.74	21.87	18.01	12.13	7.83
1993	5.24	5.56	8.72	13.85	19.15	24.78	26.77	27	22.26	19.11	11.11	7.66
1994	7.48	8.91	11.93	11.75	21.89	24.19	26.98	28.63	23.58	16.65	13.15	8.10
1995	5.75	10.26	9.15	12.73	20.04	22.81	27.11	24.55	21.13	16.25	11.33	9.86
1996	9.02	6.31	10.07	12.43	18.12	20.45	25.89	26.61	20.32	15.02	12.35	10.23
1997	8.73	9.28	9.25	12.22	20.40	26.55	27.51	25.18	20.44	16.97	11.83	8.53
1998	7.11	8.23	9.79	15.50	17.67	24.58	27.85	25.69	23.18	15.01	10.22	6.33
1999	7.08	5.81	10.20	14.64	22.05	25.75	26.17	28.96	23.60	19.20	11.15	7.08
2000	4.07	7.75	11.72	16.03	21.02	22.43	27.48	26.81	22.14	15.85	12.79	9.36
2001	7.98	7.51	15.63	13.97	19.59	25.02	28.43	27.1	22.12	21.08	11.79	6.75
2002	6.32	9.03	12.47	15.01	19.41	25.09	26.55	24.86	21.20	17.83	12.19	8.78
2003	6.89	6.10	10	14.18	18.89	25.2	29.22	27.41	21.51	19.64	12.33	7.07
2004	6.90	9.62	11.24	12.82	20.98	22.34	26.18	27.08	20.84	20.58	10.27	8.13
2005	4.54	4.91	11.24	14.24	21.25	23.7	28.50	25.89	21.62	17.81	12.17	6.54
2006	5	7.22	11.87	16.6	21.3	24.8	26.6	25.8	21.4	19	12.1	7.99
2007	8.35	9.22	9.67	13.51	18.5	25.33	26.55	26.67	22.02	17.62	10.55	6.95
2008	7	8.3	10.91	15.58	19.31	23.41	28.7	27.3	22.2	16.9	10.12	6.30
2009	7.1	6.4	9.7	11.51	18	24.23	28.7	26.8	21	15.7	12.4	10.7
2010	8.3	10.1	13.1	16.3	17.4	23.9	27.0	27.2	21.9	16.8	12.1	7.06
2011	21,2	17,5	23	27	32,6	36,9	42	41,8	39,5	26,6	23,7	21,6
2012	17,1	16,4	23,5	30,3	33,7	41,5	43,2	42,4	35,4	33	23,5	24,5
2013	19,4	23	26,5	30,8	31,4	37,7	40,6	38,5	38,1	34,5	26,5	18
2014	20,5	23,6	21,7	29,2	35,3	38,2	41,6	41,7	38,7	34,8	27,6	17,6
2015	20,7	25,4	33,4	36,7	41,1	40,6	35,6	38,6	30,7	25,2	17	20,3
2016	17	24,9	33,7	34,1	38,8	40,1	39,5	39,9	32,5	28,7	27,5	24,3
2017	15,2	23,5	25	29,5	35	39,9	42,7	41,2	37,5	25,8	27,5	21

**Tableau 02.** Moyennes mensuelles des précipitations (mm) enregistrées dans la station météorologique de Tébessa (1972-2017).

Mois Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	71.9	25.10	34.90	187.60	26.4	47.70	11.10	8.40	36.40	66	11.2	34.90
1973	44.02	42.70	68.23	31.30	44.70	65.50	5.30	36.40	16.30	12.90	6.00	94.40
1974	13.10	28.30	29.20	50.21	10.40	24.80	4.50	12.10	27.10	37.90	18.50	14.20
1975	23.40	67.80	33.60	21.60	66.60	/	25.40	23.70	26.01	11	47.30	6.20
1976	22.40	38.20	56.30	21.60	35.80	59	27.30	39.30	26.10	23.10	134.50	10.30
1977	14.70	6.60	45.10	40.40	38.20	9.10	15	19.4	11.2	3.3	46.70	3.90
1978	3.90	54.70	102.50	23	23	3.90	/	50.10	5.40	26	20.40	3.60
1979	1.72	44.60	40.30	89.40	22.70	27.70	/	11.70	116.10	18.50	21.30	1.70
1980	33.70	29.80	76.80	28.10	41	4.30	0.20	3.40	65.80	2.50	24.10	47.50
1981	13.40	17.60	24.10	11.70	35.80	72.40	3.60	4.10	37.3	23	1.90	15.3
1982	21.80	45.6	12.4	56.2	83.2	8.5	3.7	15.5	11.1	58.5	24.7	50.3
1983	5.6	7.5	18.1	5.7	30.4	42.7	0.7	41.5	3.9	31.7	17.9	12.2
1984	18.9	92.40	24	21.70	4.30	6.80	0.20	15.40	27.20	26.20	19.10	51
1985	25.70	13	54.50	26.40	65.20	27.20	2.40	6	50.80	23.10	3.50	13.5
1986	31.10	14.10	83.10	2.50	35.80	15.20	51	13.10	24.40	28.70	44.70	20.70
1987	10.20	27.40	62.60	13.20	25.10	4.20	33.70	5	15.5	18.70	33.80	9.20
1988	23.70	4.20	35.80	31.60	55.60	62.10	8.30	6.50	21.10	20.60	35.10	35.40
1989	18.30	17.40	14	16.30	8.40	57.30	8.70	99.30	44.60	6.80	10.80	8.70
1990	89	0.20	34.80	43.10	66.90	17.10	10	136.60	53.30	22.40	97.50	64.90
1991	30.30	12.80	54	43	67.80	14.40	6.40	65.60	76.40	34.40	44.30	14.20
1992	34	29.90	24.30	43.60	82	23.20	13.40	4.50	58.40	28.40	61.60	48.40
1993	9.30	27.90	21.40	2.60	31.10	12.80	20.10	1.80	22.70	3.80	16.80	28.70
1994	14.17	23.90	19.40	23.30	41	2.40	4.50	11	7.20	66.80	0.60	6.80
1995	24.70	3	32.20	22.10	12.50	37.90	1.70	44.10	138	39.70	16.20	18.20
1996	24.90	72.90	56.30	49.80	30.20	38.90	13.20	30	12.40	4.10	1.20	15
1997	31.60	7.10	18.90	46.80	16.10	10.30	20.20	23.70	64	72.50	45.20	21.50
1998	22.30	10.20	28.70	29.20	16.70	31	/	15.10	55.56	36.20	55.10	14.50
1999	56.40	11.70	45.60	15.40	30.90	16.90	18.90	33.70	22.10	81.50	64.60	34.50
2000	3.70	4.10	10	14.70	86.50	6.20	21.60	18.80	51	16.20	17	13.70
2001	27.10	15.80	15.10	2.70	49.30	2.40	7.60	1.40	55	10.70	23.30	7.10
2002	17.00	11.80	5.20	29	40.60	13.30	56	84.70	36.50	38	76.40	30.30
2003	100.4	38.9	18	97.80	29.20	9.50	2.80	12.10	81.90	45.50	17.50	237.7
2004	20.60	3.20	72.60	14.50	39.40	91.6	16.4	44	19.10	15.40	117	66.9
2005	29.2	33.9	24	20.4	1.2	31.5	1.4	46.6	33.3	94.1	31.6	77.3
2006	34.9	14.4	5.5	43.6	37.6	26.9	8.40	26	6.4	11.7	3.7	63.2
2007	5.2	11	61	59.1	37.8	38.8	30.10	54.40	49.70	15.40	9.30	28.70
2008	6.10	7	36.4	28	12.9	12.9	4.3	18.7	84.5	52	11.8	47.10
2009	76.9	11.6	26.7	111.9	65.9	0	23	12.7	96.7	2	2	7.0
2010	38,7	3,1	13,1	79,3	35	25,9	20,2	2,4	77	17	55,1	5,5
2011	26,5	66,7	60,6	43,4	47,2	28,4	54,2	10,2	3	86,1	3,4	8,9
2012	46,4	57,2	39,4	24,1	27,8	2,1	3,5	35,5	41	51,9	13,2	2,6
2013	20,1	8,6	25	33,4	9	0,7	14,8	26,5	46,8	38,7	40	28,4
2014	38,7	48,4	27,9	2,3	19,9	29	22,5	8,7	49,3	7,1	43,2	49,5
2015	0	55	30	38	80	39	66	20	1	39	64	5
2016	65	17	49	29	13	0	3	34	18	28	4	14
2017	23,4	8,7	10,5	46,7	32,8	17,6	14,3	10	41,2	49	32,8	8,6

**Tableau 03.** Températures mensuelles maximales (M) et minimales (m) en °C, les moyennes mensuelles des températures T (°C) et des précipitations P (mm) durant la période (1972-2017).

	<b>1972-2017</b>			
	<b>M° C</b>	<b>m °C</b>	<b>T° C</b>	<b>P (mm)</b>
Janvier	19,12	-3,81	6,43	29,12
Février	21,39	-3,13	7,62	26,35
Mars	25,1	-1,59	10,3	39,26
Avril	28,49	0,87	13,43	35,65
Mai	33,46	4,48	18,39	38,08
Juin	38,43	8,84	23,41	26,04
Juillet	38,9	12,55	26,82	14,95
Août	38,48	12,31	25,93	27,22
Septembre	35,51	8,42	21,72	40,93
Octobre	30,07	3,78	17,02	32,23
Novembre	24,1	-0,43	11,3	33,36
Décembre	20,11	-3,04	7,68	28,84



## New records, distribution and phenology of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in semi-arid habitats in northeastern Algeria

Nadjoua Mebarkia, Souad Neffar, Sihem Djellab, Antonio Ricarte & Haroun Chenchouni

To cite this article: Nadjoua Mebarkia, Souad Neffar, Sihem Djellab, Antonio Ricarte & Haroun Chenchouni (2020): New records, distribution and phenology of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in semi-arid habitats in northeastern Algeria, *Oriental Insects*, DOI: [10.1080/00305316.2020.1749906](https://doi.org/10.1080/00305316.2020.1749906)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/00305316.2020.1749906>



Published online: 13 Apr 2020.



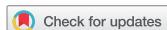
Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



# New records, distribution and phenology of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in semi-arid habitats in northeastern Algeria

Nadjoua Mebarkia <sup>a,b</sup>, Souad Neffar <sup>b</sup>, Sihem Djellab <sup>b</sup>, Antonio Ricarte <sup>c</sup>  
and Haroun Chenchouni <sup>b,d</sup>

<sup>a</sup>Laboratory of “Water and Environment”, Department of Natural and Life Sciences, Faculty of Exact Sciences and Natural and Life Sciences, Larbi Tebessi University, Tebessa, Algeria; <sup>b</sup>Department of Natural and Life Sciences, Faculty of Exact Sciences and Natural and Life Sciences, Larbi Tebessi University, Tebessa, Algeria; <sup>c</sup>Centro Iberoamericano De La Biodiversidad (CIBIO), Universidad De Alicante, Alicante, Spain; <sup>d</sup>Laboratory of Natural Resources and Management of Sensitive Environments ‘RNAMS’, University of Oum-El-Bouaghi, Oum-El-Bouaghi, Algeria

## ABSTRACT

Hoverflies (Diptera: Syrphidae) pollinate plants, predate other insects, and feed on vegetal and decay materials, being used as bioindicators of different ecosystem conditions and processes. The main aim is to enhance the bioindicator potential of hoverflies in Algeria by increasing our knowledge on the hoverfly communities of different environments in the semi-arid Northeast of Algeria: unpolluted riverbank, plant nursery, polluted riverbank, olive orchard (*Olea europaea*), prickly pear plantations (*Opuntia ficus-indica*), and a cypress hedge (*Cupressus sempervirens*). With an entomological net, hoverflies were sampled fortnightly from December 2016 to November 2017. In total 37 species were identified. The unpolluted and polluted riverbanks and the plant nursery had the highest species richness with 26, 24, and 23 species respectively, whereas, the lowest species numbers were detected in the prickly pear plantations, the cypress hedge and the olive orchard with 16, 14, and 10 species respectively. One species was new to North Africa (*Eumerus etnensis*), whereas four species were recorded for the first time in Algeria (*Eumerus obliquus*, *Eupeodes nuba*, *Paragus vander-gooti* and *Platycheirus ambiguus*). Examined material also contributes to better understand each species phenology in Algeria.

## ARTICLE HISTORY

Received 13 October 2019  
Accepted 28 March 2020

## KEYWORDS

Algerian fauna; diptera;  
faunistics; species inventory;  
Syrphidae

## Introduction

The Syrphidae (Diptera), commonly known as ‘hoverflies’ in Europe and ‘flower flies’ in North America, are true flies with about 6000 species and 202 genera distributed almost worldwide (Rotheray and Gilbert 2011). Hoverflies play multiple ecosystem services, particularly as efficient

pollinators and predators of other insects (Petanidou et al. 2011; Ricarte et al. 2011; Inouye et al. 2015). Generally, they are divided into the following functional groups: phytophages, mycophages, saprophages, saproxylics and zoophages (Sommaggio 1999; Rotheray et al. 2000, 2001; Rojo et al. 2003). Hoverflies are used as bioindicators thanks to their widespread distribution, availability of identification keys and diverse larval requirements (Sommaggio 1999). For example, hoverflies with predatory larvae indicate the presence of their preys nearby and hoverflies with saproxylic larvae the maturity of trees where they find their breeding sites (rot holes or sap runs) (Rotheray 1993). Nonetheless, the very basic premises to use hoverflies as bioindicators is to know the habitats (adults) and microhabitats (larvae) they associate with (and depend on) in their geographic range (Speight and Castella 2001).

In North Africa, the degree of knowledge of the hoverflies varies greatly from one country to another. In many cases, hoverfly knowledge does not reflect the real dimension of each hoverfly biocenosis, as a result of insufficient exploration of the various regions of the countries concerned. For example, the number of species listed in Tunisia, Egypt and Libya is 61, 43, and 33 species, respectively (El-Hawagry and Gilbert 2019). The hoverfly community in these countries apparently remains to this day poorly known. In contrast to the three previous countries, the hoverfly fauna of Morocco is apparently much better known, with 131 species recorded (e.g. Kassebeer 1995a, 1995b, 1999a, 1999b; Sullivan and Sutherland 2000; Reemer et al. 2004; Pârnu et al. 2006; Vujić et al. 2015).

The total data on the hoverfly fauna of Algeria is limited mainly to a few species lists derived from occasional surveys in the 20<sup>th</sup> century (Becker 1907; Séguéy 1961; Peck 1988; Hurkmans 1993; Djellab and Samraoui 1994). However, there are some recent investigations carried out in humid and semi-arid regions of Algeria (Djellab et al. 2013, 2019; Haffaressas et al. 2017).

North Africa and particularly Algeria has an uneven and poor knowledge of their hoverflies as stated above. This fact reduces the bioindicator potential of this insect group in a world region where they could be used in habitat management and conservation (Speight and Castella 2001), as well as in other applied fields such as the control of pest insects (Raymond et al. 2014).

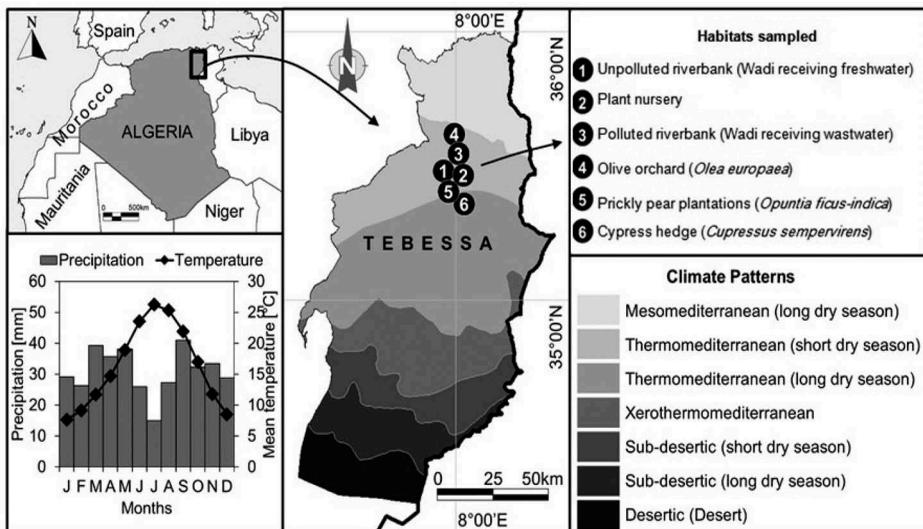
Algeria presents a great climatic diversity, since one meets there all the Mediterranean bioclimatic stages going from wet to Saharan, which gives the country high faunistic and floristic diversity values. According to the size and habitat diversity of Algeria, the hoverfly fauna (currently 76 species) (El-Hawagry and Gilbert 2019) and communities at different Algerian habitats seem to be far to be fully understood. Thus, this study was aimed at determining the phenology for each hoverfly species recorded, and enhancing the bioindicator potential of hoverflies in Algeria by increasing basic knowledge on hoverfly/environment associations in Algeria. Hoverflies were surveyed at

six sites with different vegetation, in the steppe rangelands of northeastern Algeria: an unpolluted riverbank, a polluted riverbank, a plant nursery, an olive orchard, a prickly-pear plantation and a cypress hedge. In this study, a list of collected species in the sampling sites is provided, with comments on findings relevant to the knowledge of Algerian and North African faunas.

## Material and methods

### Study area

The study was conducted in the region of Hammamet, located at 18 km northwest of the city of Tebessa (northeastern Algeria) (Fig. 1). Based on data provided by the meteorological station of Tebessa located within study area (latitude: 35°4'N, longitude: 8°13'E, altitude: 813 m, WMO station code: 604750) available at 'tutiempo' climate data base (<https://fr.tutiempo.net/climat/ws-604750.html>), for the period 1972–2016, the study area is characterised by a semi-arid climate (De Martonne aridity index = 14.1). September was the rainiest month with 40.93 mm, while July was the driest month with 14.95 mm. Annual rainfalls averaged 372.08 mm and the annual average of mean temperature was 16.37 °C with a maximum in July (26.26 °C) and minimum in January (7.67 °C). Gaussen and Bagnouls diagram represented in Fig. 1 shows that the dry period lasted more than five months a year, from mid-May to late October.



**Figure 1.** Geographic location and climatic map of the study area and sampled localities (circles) in Tebessa, northeastern Algeria. The bottom-left plot represents Gaussen and Bagnouls climatic diagrams of Tebessa applied for the period 1972–2016.

**Table 1.** Sampling localities in Tebessa northeastern Algeria.

Stations	Code	Latitude (N) Longitude (E)	Altitude (m a.s.l.)	Vegetation
Unpolluted riverbank	S1	35°25'01.65" 07°57'46.66"	965	Tree, shrub, and grass habitats around
Plant nursery	S2	35°25'57.39" 07°57'26.14"	886	Ornamental plants and vegetable crops
Polluted riverbank	S3	35°27'33.39" 07°57'32.92"	856	Shrub and grass habitats, dominated by <i>Mentha rotundifolia</i>
Olive orchard	S4	35°28'00.07" 07°58'08.68"	832	Composed entirely of fruiting trees <i>Olea europaea</i> and with a smaller contribution of grass habitats
Prickly-pear plantations	S5	35°27'58.06" 07°58'40.32"	782	Composed entirely of <i>Opuntia ficus-indica</i> , and grass habitats around
Cypress hedge	S6	35°26'39.31" 08°00'20.43"	785	Grasslands around

Field work covered six sites representing different vegetation and ecological conditions from the steppe rangelands of Algeria (Table 1).

### **Sampling methods and identifications of species**

Fieldwork lasted one year round from December 2016 to November 2017. The sampling of Syrphidae was carried out fortnightly with a regular sampling effort at each of the six sites described above. Adult hoverflies were collected using an entomological net. Each sampling session per site lasted two continuous hours from 08:00 to 10:00 AM. Sampling method consisted of line transects with four transects of 30 m established, 120 m at each study habitat.

In the lab, adults were identified under a binocular stereomicroscope using the following literature: Sack 1928–1932; Séguy (1961); Goeldlin de Tiefenau (1976); Marcos-García (1986); Verlinden (1994); Stubbs and Falk (2002); Smit et al. (2004); Marcos-García et al. (2007); Smit and Vujić (2008); Bartsch et al. (2009), Van Veen (2010), Nielsen (2014), Speight et al. (2016b), Smit et al. (2017), and Van Steenis et al. (2017). Specimens were identified in first stage by Nadjoua Mebarkia and Sihem Djellab, and then confirmed or re-identified by Antonio Ricarte. The identified specimens are deposited in the insect collection at in laboratory of Tebessa University (Algeria) and at the 'Colección Entomológica de la Universidad de Alicante', deposited in the 'Centro Iberoamericano de la Biodiversidad' (CIBIO) (Spain).

Adults of some species were illustrated with photos produced as stacks of individual images made with a camera (Leica DFC 450) attached to a binocular stereomicroscope (Leica M205 C). Stacks were made in Leica Application Suite X (LAS X)®, v. 3.0.4.16529.

### **Determination of biological and ecological attributes**

For each recorded species, the following information is provided: localities where it was recorded in Tebessa province in our study ('Localities');

Algerian and world distribution ('Distribution') [based on Dirickx (1994), Van Veen (2010), Speight (2017) and other specific references cited in the text]; trophic habits and biology of larvae ('Larval trophic habits') [based on Speight (2017) and other specific references cited in the text].

## Results

### **Annotated list of recorded species**

Overall, the present survey yielded 37 species of Syrphidae. The list included five species, new to Algeria, of which one was new to North Africa. The species collected in the study area are shown in Table 2, which compares with those of other studies dealing with the Algerian hoverfly fauna.

### **Subfamily Syrphinae** ***Chrysotoxum intermedium* (Meigen, 1822)**

#### **Material examined**

(55ex) 11 m, 8 f, S1, 16.III., 06–20.IV., 01.VI.2017; 6 m, 5 f, S2, 16.II., 02.III., 20.IV., 04–18.V.2017; 7 m, 3 f, S3, 03–17.III., 21.IV., 05.V.2017; 3 m, 3 f, S5, 08–22.IV.2017; 5 m, 4 f, S6, 04.III., 08–22.IV., 06–20.V.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

#### **Distribution**

Central and Southern Europe, east to Afghanistan (Van Veen 2010). North Africa: known from Morocco to Tunisia (Dirickx 1994; Djellab 2013; Djellab et al. 2013, 2019; Haffaressas et al. 2017).

#### **Larval trophic habits**

Larvae of *Chrysotoxum* spp. seem to be associated with ant nests, probably feeding on ant-attended root aphids (Burgio and Sommaggio 2002; Van Veen 2010). The larvae of *C. intermedium* are aphidophagous (Rojo et al. 2003).

### ***Dasysyrphus albostrigatus* (Fallén, 1817)**

#### **Material examined**

(1ex) 1 m, S2, 06.IV.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

**Table 2.** List of hoverfly species collected in different sites within the steppe rangelands of Tebessa Province in northeastern Algeria. The list includes the findings of the present study and those of other studies carried out in Tebessa (\* Djellab 2013), El-Kala (\*\* Djellab et al. 2013), and Guelma (\*\*\*) Haffaressas et al. 2017). Legend: + (presence), – (absence).

Hoverfly species (Current study)	Previous records from Algeria		
	Tebessa(*)	El-Kala (**)	Guelma (***)
<b>Subfamily: Syrphinae</b>			
<i>Chrysotoxum intermedium</i> (Meigen, 1822)	+	+	+
<i>Dasyrphus albostratus</i> (Fallen, 1817)	+	–	–
<i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer, 1776)	+	+	+
<i>Eupeodes corollae</i> (Fabricius, 1794)	+	+	+
<i>Eupeodes nuba</i> (Wiedemann, 1830)	–	–	–
<i>Melanostoma mellinum</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+
<i>Meliscaeva auricollis</i> (Meigen, 1822)	+	–	+
<i>Paragus bicolor</i> (Fabricius, 1794)	+	+	+
<i>Paragus quadrifasciatus</i> Meigen, 1822	–	–	+
<i>Paragus tibialis</i> (Fallén, 1817)	+	+	–
<i>Paragus vanderghooti</i> Marcos-García 1986	–	–	–
<i>Platycheirus albimanus</i> (Fabricius, 1781)	–	+	–
<i>Platycheirus ambiguus</i> (Fallen, 1817)	–	–	–
<i>Scaeva dignota</i> (Rondani, 1857)	–	–	–
<i>Sphaerophoria rueppellii</i> (Wiedemann, 1830)	+	–	+
<i>Sphaerophoria scripta</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+
<i>Xanthogramma marginale</i> (Loew, 1854)	–	+	–
<b>Subfamily: Eristalinae</b>			
<i>Ceriana vespiformis</i> (Latreille, 1804)	+	+	+
<i>Eristalinus aeneus</i> (Scopoli, 1763)	+	+	+
<i>Eristalinus megacephalus</i> (Rossi, 1794)	–	+	–
<i>Eristalinus sepulchralis</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	–
<i>Eristalinus taeniops</i> (Wiedemann, 1818)	+	+	+
<i>Eristalis arbustorum</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+
<i>Eristalis similis</i> (Fallén, 1817)	–	+	+
<i>Eristalis tenax</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+
<i>Eumerus amoenus</i> Loew, 1848	–	–	+
<i>Eumerus barbarus</i> (Coquebert, 1804)	–	–	–
<i>Eumerus etnensis</i> van der Goot, 1964	–	–	–
<i>Eumerus obliquus</i> (Fabricius, 1805)	–	–	–
<i>Helophilus trivittatus</i> (Fabricius, 1805)	+	+	–
<i>Merodon bequaerti</i> Hurkmans, 1993	–	–	–
<i>Merodon clavipes</i> (Fabricius, 1781)	+	–	–
<i>Myathropa florea</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	–
<i>Platynochaetus rufus</i> Macquart, 1835	–	–	–
<i>Psilota innupta</i> Rondani, 1857	–	–	–
<i>Syrirta pipiens</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+
<i>Volucella liquida</i> Erichson, 1841	–	+	–

### Distribution

Fennoscandia, Iberia, Ireland, central and southern Europe, Turkey, Russia, central Asia and Japan (Speight 2017). In North Africa, this species is reported from Tunisia and it was recorded for the first time in Algeria by Djellab et al. (2013). It is a confirmed migratory species (Speight 2017).

### Larval trophic habits

Aphidophagous (Rojo et al. 2003).

***Episyrphus balteatus* (de Geer, 1776)*****Material examined***

(41ex) 5 m, 4 f, S1, 16.III., 06.IV., 19.V.2017; 14 m, 8 f, S2, 02–16.III., 06–20.IV., 04–18.V., 21.IX.2017; 2 m, 1 f, S3, 03.III., 07.VI., 06.X.2017; 1 m, S5, 09.IX.2017; 4 m, 2 f, S6, 08.IV.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Ubiquitous and migratory. The distribution includes and the Palearctic region; for North Africa, this species is reported from Morocco to Egypt (Dirickx 1994; Djellab 2013; Djellab et al. 2013, 2019; Haffaressas et al. 2017). *Episyrphus balteatus* was excluded from the Australian fauna of the genus *Episyrphus* (Wright and Skevington 2013).

***Larval trophic habits***

Larvae predate not only on aphids, but also on a wide range of soft-bodied insects (Rojo et al. 2003).

***Eupeodes corollae* (Fabricius, 1794)*****Material examined***

(21ex) 2 f, S1, 06–20.IV.2017; 2 m, 2 f, S2, 16.II., 06–20.IV., 04.V.2017; 3 m, 2 f, S3, 03–17.III., 07–21.IV., 06.X.2017; 1 m, 2 f, S4, 07–21.IV., 05.V.2017; 3 f, S5, 22.IV.2017; 1 m, 3 f, S6, 18.III., 22.IV.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

From Iceland, Fennoscandia and the Faroes south to Iberia, Madeira, coastal States of Africa down to and including South Africa, Mauritius, from Ireland eastwards through most of Europe into European parts of Russia, through Siberia from the Urals to the Pacific coast. *Eupeodes corollae* is present in North Africa, from Morocco to Tunisia and common in north-east Algeria. It is a highly migratory species (Dirickx 1994; Speight 2017).

***Larval trophic habits***

Larvae of *E. corollae* feed mainly on aphids, but also on a wide range of other arthropods (Rojo et al. 2003).

### ***Eupeodes nuba* (Wiedemann, 1830)**

#### ***Material examined***

(2ex) 1 f, S3, 07.IV.2017; 1 m, S4, 21.IV.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte.

#### ***Distribution***

Described from Nubia, northern Sudan, the range includes Switzerland in central Europe, south-western parts of Asia, Canary Islands and the Mediterranean Basin. In eastern parts of the Afrotropical region, it occurs from Ethiopia south to South Africa; and also Egypt and Morocco (Dirickx 1994; Speight 2017). This study revealed that the species is also present in Algeria (first record from this country).

#### ***Larval trophic habits***

Aphidophagous (Rojo et al. 2003).

### ***Melanostoma mellinum* (Linnaeus, 1758)**

#### ***Material examined***

(7ex) 1 m, 1 f, S1, 04–18.V., 15.VI., 06.VII.2017; 1 f, S2, 18.V.2017; 2 m, 1 f, S3, 07–21.IV., 19.V.2017; 1 m, S6, 22.IV.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

#### ***Distribution***

From Iceland and Fennoscandia south to Iberia, from Ireland eastwards through most of Europe into European parts of Russia, Siberia from the Urals to the Pacific coast, North America. One of the most common species in the Mediterranean Basin (Dirickx 1994). In North Africa, it is present from Morocco to Egypt including Algeria.

#### ***Larval trophic habits***

Aphidophagous (Speight 2017).

### ***Meliscaeva auricollis* (Meigen, 1822)**

#### ***Material examined***

(1ex) 1 m, S1, 06.IV.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

**Distribution**

Fennoscandia, the Faroes, south Iberia, the Mediterranean Basin (including Cyprus, Malta and Crete), Canary Islands, Turkey, Ireland, and most of Europe (Speight 2017). In North Africa, the species is known from Morocco to Egypt, including Algeria (Dirickx 1994; Haffaressas et al. 2017; Djellab et al. 2019).

**Larval trophic habits**

Aphidophagous, *M. auricollis* has also been found feeding on psyllids (Rojo et al. 2003; Speight 2017).

***Paragus bicolor* (Fabricius, 1794)****Material examined**

(46ex) 9 m, 2 f, S1, 04–18.V., 15.VI., 06.VII.2017; 3 m, 3 f, S2, 20.IV., 01.VI., 06.VII., 21.IX.2017; 8 m, 5 f, S3, 05–19.V., 07–21.VII.2017; 2 m, 2 f, S4, 07.IV., 05–19.V., 02.VI.2017; 2 m, 2 f, S5, 06–20.V., 03.VI., 06.VII.2017; 6 m, 2 f, S6, 18.III., 08–22.IV., 20.V., 08.VII.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

**Distribution**

From southern Sweden and Denmark, south to the Mediterranean and North Africa; from France eastwards through central and southern Europe to Mongolia; Iran and Afghanistan; North America (Speight 2017).

**Larval trophic habits**

Aphidophagous (Rojo et al. 2003).

***Paragus quadrifasciatus* Meigen, 1822****Material examined**

(11ex) 5 m, 4 f, S3, 17.III., 05–19.V., 21.VII., 18.VIII.2017; 1 m, 1 f, S6, 04.III., 06.V.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

**Distribution**

Central, Southern Europe and Maghreb (from Morocco to Tunisia) (Dirickx 1994; Van Veen 2010; Haffaressas et al. 2017). *Paragus quadrifasciatus* was recorded in Algeria from Guelma (Haffaressas et al. 2017).

**Larval trophic habits**

Aphidophagous (Rojo et al. 2003).

### ***Paragus tibialis* (Fallén, 1817)**

#### ***Material examined***

(4ex) 2 m, S1, 18.V.2017; 1 m, S4, 07.IV.2017; 1 m, S6, 04.III.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

#### ***Distribution***

It is present in southern Norway, Sweden, Denmark, the Mediterranean coast of Europe, the Canary Islands, Britain, Turkey, North America and North Africa (from Morocco to Egypt) (Dirickx 1994; Speight 2017). In Algeria, *P. tibialis* has been recorded from Tebessa and El-Kala (Djellab 2013; Djellab et al. 2013, 2019).

#### ***Larval trophic habits***

Aphidophagous (Rojo et al. 2003).

### ***Paragus vandergooti* Marcos-García, 1986 (Fig. 2A)**

#### ***Material examined***

(19ex) 5 m, 1 f, S1, 18.V., 01.VI., 06.VII.2017; 3 m, 2 f, S2, 01–15.VI., 06.VII., 03.VIII.2017; 3 m, S3, 05.V., 07–21.VII.2017; 1 m, S5, 06.V.2017; 3 m, 1 f, S6, 06–20.V., 03.VI.2017; leg. N. Mebarkia, det. M.A. Marcos García, A. Ricarte.

#### ***Distribution***

Southern France, Portugal and central Spain (Speight 2017). In North Africa, this species was recorded only from Morocco (Dirickx 1994). This species is new to the fauna of Algeria.

#### ***Larval trophic habits***

Not described, but probably an aphidophagous.

### ***Platycheirus albimanus* (Fabricius, 1781)**

#### ***Material examined***

(1ex) 1 f, S2, 16.III.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte.

#### ***Comments***

The similar *Platycheirus marokkanus* Kassebeer (1998) was described from Morocco, recorded from Portugal (Van Eck 2016), and is absent, so far, from Algeria. Females of *P. marokkanus* and *P. albimanus* are meant to have slight differences in characters such as face width and leg colour



**Figure 2.** A-C Three species recorded from the region of Tebessa, Algeria. A, *Paragus vander-goeti*, male, dorso-lateral view; B, *Platycheirus ambiguus*, male, lateral view; C, *Eumerus obliquus*, male, dorso-lateral view.

(Kassebeer 1998), but they are actually difficult to separate morphologically. Morphology of the examined female matched the range of variability found in German and Norwegian females of *P. albimanus* identified by Axel Ssymank and Tore Nielsen, respectively, deposited at the CEUA collection, and no significant differences in face width neither in leg colour were detected. Séguy (1930) cited *P. albimanus* from Morocco and Dirickx (1994) referred to this old record in his atlas. Kassebeer (1998) deleted *P. albimanus* from the Moroccan checklist of hoverflies just by guessing that old records of *P. albimanus* should belong to the similar *P. marokkanus*. These two similar species of *Platycheirus* fly together in Portugal (Van Eck 2016) and *P. albimanus* is a widespread Holarctic species present in the Mediterranean, and even in the Philippines (Speight 2017). There is no reason to guess then that *P. albimanus* is absent from North Africa. The finding of males of *P. albimanus* (or *P. albimanus* group) in Algeria should help to clarify the status of this species group in North Africa, confirming or refusing the presence of *P. albimanus* in Algeria.

**Distribution**

Spread across Greenland, Iceland, the Faroes, Fennoscandia, the Mediterranean Basin, most of Europe, Turkey, Russia, Siberia, Philippines and North America (Speight 2017). In Algeria, Djellab et al. (2013) recorded *P. albimanus* for the first time in El-Kala.

**Larval trophic habits**

Aphidophagous (Rojo et al. 2003).

***Platycheirus ambiguus* (Fallén, 1817) (Fig. 2B)****Material examined**

(2ex) 1 m, S1, 16.III.2017; 1 m, S2, 02.III.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte.

**Comments**

Studied males clearly belong to the *P. ambiguus* group of species due to their body size, slender legs, and posterior side of fore femur with a row of straight setae (last seta longer and tail-like, with strongly curved tip) (Nielsen 2014). Specimens were identified with Nielsen (2014) and compared with a Spanish male of *P. ambiguus* identified by Tore Nielsen, deposited at the CEUA collection. This is the first confirmed record of *P. ambiguus* from Algeria.

**Distribution**

Uncertain due to confusion with other species, supposedly from Fennoscandia south, central Spain, Ireland eastwards, through most of Europe, the Pacific coast (Nielsen 2004; Speight 2017). This species was recorded for the first time from North Africa by Kassebeer (1998) based on the presence of both males and females in Morocco.

**Larval trophic habits**

Aphidophagous (Rojo et al. 2003).

***Scaeva dignota* (Rondani, 1857)****Material examined**

(1ex) 1 m, S6, 03.VI.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte.

**Distribution**

Central and southern Europe, Morocco and Algeria (Dirickx 1994; Van Veen 2010). This species has not been reported in recent inventories in Algeria (Djellab 2013; Djellab et al. 2013; Haffaressas et al. 2017).

**Larval trophic habits**

Aphidophagous (Rojo et al. 2003).

***Sphaerophoria rueppellii* (Wiedemann, 1830)****Material examined**

(23ex) 2 m, 2 f, S1, 04–18.V., 01.VI.2017; 3 m, 1 f, S2, 04–18.V.2017; 2 m, 1 f, S3, 19.V., 18.VIII.2017; 1 f, S5, 20.V.2017; 8 m, 3 f, S6, 06–20.V.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

**Distribution**

Entire Palearctic region and eastern parts of the Afrotropical region. Together with *Sphaerophoria scripta* are the most widespread and common species of the genus *Sphaerophoria* in the Mediterranean Basin. In North Africa, it is present from Morocco to Egypt (Dirickx 1994; Djellab 2013; Haffaressas et al. 2017; Djellab et al. 2019).

**Larval trophic habits**

Aphidophagous (Rojo et al. 2003; Amorós-Jiménez et al. 2012).

***Sphaerophoria scripta* (Linnaeus, 1758)****Material examined**

(209ex) 38 m, 42 f, S1, 20.IV., 04–18.V., 01.VI., 17.VIII., 07.IX.2017; 26 m, 12 f, S2, 20.IV., 4–18.V., 01–15.VI.2017; 6 m, 15 f, S3, 07.IV., 05–19.V., 02.VI.2017; 4 m, 10 f, S4, 03.III., 07–21.IV., 05–19.V.2017; 5 m, 3 f, S5, 22.IV., 06–20.V., 03–17.VI., 08.VII.2017; 37 m, 11 f, S6, 08.IV., 06–20.V., 03–17.VI.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

**Distribution**

A highly migratory species, its range includes southwest Greenland, Iceland, south Fennoscandia, the Pacific coast and the Palearctic; this species in North Africa is reported from Morocco to Egypt (Dirickx 1994; Speight 2017).

***Larval trophic habits***

Predators of different aphid species, it has also been found feeding on some species of Psyllidae and Lepidoptera (Rojo et al. 2003).

***Xanthogramma marginale* (Loew, 1854)**

***Material examined***

(5ex) 1 m, S1, 20.VII.2017; 1 m, 1 f, S2, 04.V., 17.VII.2017; 1 m, 1 f, S3, 19.V., 08.IX.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Portugal, central and southern Spain (Ricarte 2008), southern France, Italy and North Africa (Morocco and Algeria) (Dirickx 1994; Speight 2017).

***Larval trophic habits***

Unknown, but probably aphidophagous. Larvae of *Xanthogramma* spp. seem to be associated with nests of *Lasius* ants, probably feeding on ant-attended root aphids (Rojo et al. 2003).

**Subfamily Eristalinae**  
***Ceriana vespiformis* (Latreille, 1804)**

***Material examined***

(8ex) 3 m, S1, 18.V., 07.IX.2017; 2 m, 1 f, S2, 01.VI., 06.VII., 03.VIII.2017; 1 m, 1 f, S3, 02.VI., 05.X.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Spain and round the Mediterranean basin to Albania and Greece, Romania and Turkey, Lebanon and Palestine, from various Mediterranean islands. In North Africa, it is known from Morocco, Egypt and Algeria (Speight 2017).

***Larval trophic habits***

Saproxylic (Rotheray et al. 2006).

***Eristalinus aeneus* (Scopoli, 1763)**

***Material examined***

(110ex) 5 m, 2 f, S1, 03–18.VIII., 21.IX.2017; 11 m, 10 f, S2, 02–16.II., 02–16.III., 06.IV., 01.VI., 06.VII.2017; 24 m, 18 f, S3, III–X.2017; 1 m, S4, 07.

IV.2017; 19 m, 20 f, S5, III–IX.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Cosmopolitan: Afrotropical region, central and southern Europe, North America, Australia and the Gilbert and Ellis islands in Australasia, Southern Sweden and Canary Islands (Speight 2017). In North Africa, it occurs from Morocco to Egypt (Dirickx 1994; Djellab 2013; Djellab et al. 2013, 2019; Haffaressas et al. 2017).

***Larval trophic habits***

Aquatic saprophagous (Rotheray 1993).

***Eristalinus taeniops* (Wiedemann, 1818)**

***Material examined***

(96ex) 18 m, 14 f, S1, 06.IV., 01–15.VI., 03–17.VIII., 07–21.IX.2017; 7 m, 8 f, S2, 01.VI., 06.VII., 03–17.VIII., 07.IX.2017; 30 m, 18 f, S3, 02–16.VI., 04–18.VIII., 08–22.IX.2017; 1 m, S5, 06.V.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Portugal, Spain, round the Mediterranean Basin, Canary Islands, in eastern parts of the Afrotropical region down to South Africa (Speight 2017). In North Africa, *E. taeniops* is present from Morocco to Egypt (Dirickx 1994; Djellab 2013; Djellab et al. 2013, 2019; Haffaressas et al. 2017).

***Larval trophic habits***

Aquatic saprophagous (Speight 2017).

***Eristalinus megacephalus* (Rossi, 1794)**

***Material examined***

(50ex) 10 m, 5 f, S1, 01–15.VI., 06.VII., 03–17.VIII.2017; 3 m, 2 f, S2, 03.VIII., 07–21.IX.2017; 9 m, 11 f, S3, 02.VI., 21.VII., 04–18.VIII., 08–22.IX., 06.X.2017; 8 m, 2 f, S5, 04.VIII.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Southern Spain, France and coastal areas of Italy, the Mediterranean Basin, the Afrotropical region and South Africa (Speight 2017). In North Africa,

this species occurs from Morocco to Egypt, including Algeria where it was reported in El-Kala (Djellab et al. 2013).

#### ***Larval trophic habits***

Aquatic saprophagous (Speight 2017).

### ***Eristalinus sepulchralis* (Linnaeus, 1758)**

#### ***Material examined***

(16ex) 1 f, S1, 03.VIII.2017; 6 m, 7 f, S3, 02.VI., 18.VIII., 08.IX.2017; 2 f, S5, 22.IX.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

#### ***Distribution***

Throughout the Palearctic region. *Eristalinus sepulchralis* is less common in the Mediterranean Basin compared to *E. aeneus*. In North Africa, this species occurs from Morocco to Egypt (Dirickx 1994).

#### ***Larval trophic habits***

Aquatic saprophagous (Rotheray 1993).

### ***Eristalis arbustorum* (Linnaeus, 1758)**

#### ***Material examined***

(317ex) 24 m, 16 f, S1, 02.III., 04–18 V., 01–15.VI., 06–20.VII., 03–17.VIII., 07.IX.2017; 43 m, 56 f, S2, II–VIII.2017; 46 m, 81 f, S3, III–X.2017; 2 f, S4, 19. V.2017; 20 m, 29 f, S5, II–VIII.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

#### ***Distribution***

Throughout the Palearctic region and North America. This species is recorded in the North Africa from Morocco to Tunisia (Dirickx 1994; Speight 2017).

#### ***Larval trophic habits***

Larvae are aquatic saprophagous (Speight 2017).

***Eristalis similis* (Fallén, 1817)*****Material examined***

(13ex) 2 f, S1, 20.IV., 01.VI.2017; 2 m, 4 f, S3, 21.IV., 05–19.V., 02.VI., 07.VII.2017; 1 m, S4, 05.V.2017; 2 m, 2 f, S5, 08–22.IV., 03.VI.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Migratory species (Nielsen et al. 2012); Finland, Britain, central and southern Europe, Asia, and the Mediterranean Basin (Speight 2017).

***Larval trophic habits***

Aquatic saprophagous found in streams rich in organic matter (Speight 2017).

***Eristalis tenax* (Linnaeus, 1758)*****Material examined***

(55ex) 2 m, 3 f, S1, 06.IV., 04–18.V., 01–15.VI.2017; 3 m, 5 f, S2, 02–16.II., 16.III., 06–20.IV., 04.V., 05.X.2017; 13 m, 21 f, S3, 07–21.IV., 05–19.V., 02–16.VI., 04.VIII., 08.IX.2017; 4 f, S4, 07–21.IV.2017; 2 m, 2 f, S5, 08–22.IV., 06.V.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Migratory and cosmopolitan species, it is the most widely distributed Syrphidae species in the world. It is known from all regions except the Antarctic, found throughout Europe except in the far north. It occasionally reaches offshore islands of northern Europe (Speight 2017).

***Larval trophic habits***

Aquatic saprophagous (Speight 2017).

***Eumerus amoenus* Loew, 1848*****Material examined***

(1ex) 1 m, S3, 07.IV.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte.

***Distribution***

Central France, Portugal, Spain, southern Germany and Switzerland, and central Europe (Speight 2017). *Eumerus amoenus* is one of the most

common species of the genus *Eumerus* in the Mediterranean region (Dirickx 1994). In Algeria, it is recorded from Guelma (Haffaressas et al. 2017).

#### **Larval trophic habits**

Phytophagous, feeding on bulbs, tubers, rhizomes and fruits (Speight 2017).

### ***Eumerus barbarus* (Coquebert, 1804)**

#### **Material examined**

(15ex) 1 m, S1, 06.IV.2017; 5 m, 5 f, S2, 20.IV., 01–15.VI., 06.VII., 21.IX.2017; 2 m, 2 f, S6, 04–18.III.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte.

#### **Distribution**

Portugal, Spain, France, Italy, Mediterranean islands, North Africa; from Morocco to Egypt (Speight 2017). In Algeria, the latest report of this species is by Van Steenis et al. (2017) who in addition, described a new species of the *Eumerus barbarus* group from this country.

#### **Larval trophic habits**

Phytophagous, the species has supposedly been reared from cultivated *Allium* sp. (Speight 2017).

### ***Eumerus etnensis* Van der Goot, 1964**

#### **Comments**

(1ex) 1 m, S2, 15.VI.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte.

#### **Distribution**

Known from Portugal, Spain, southern France, Sicily and Malta (Speight 2017). This species is a new addition to the North African hoverfly fauna and subsequently, to the Algerian fauna.

#### **Material examined**

*Eumerus etnensis* is similar to *Eumerus purpurariae* Báez, 1982 which is endemic to the Canary Islands. The male here studied was separated from *E. purpurariae* based on the differential characters stated in Smit et al. (2004).

#### **Larval trophic habits**

Phytophagous (Speight 2017).

### ***Eumerus obliquus* (Fabricius, 1805) (Fig. 2C)**

#### ***Material examined***

(1ex) 1 m, S2, 21.IX.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte.

#### ***Distribution***

Balearic and Canary Islands, Corsica, southern France, Italy, Sicily, Malta and the Afrotropical region. In North Africa, the species is reported only from Egypt (Speight 2017). It is then a new addition to the entomofauna of Algeria.

#### ***Larval trophic habits***

Phytophagous; reared from a wide range of decaying plants including fruits and vegetables (Speight 2017).

### ***Helophilus trivittatus* (Fabricius, 1805)**

#### ***Material examined***

(7ex) 2 m, 1 f, S2, 19.V.2017; 2 m, 1 f, S3, 21.IV., 22.IX.2017; 1 m, S5, 08.VII.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

#### ***Distribution***

Highly migratory species (Nielsen et al. 2010); Fennoscandia, from Ireland eastwards through Eurasia to the Pacific, Iran and Afghanistan and the Mediterranean Basin. In North Africa, *H. trivittatus* occurs from Morocco to Tunisia (Dirickx 1994; Speight 2017).

#### ***Larval trophic habits***

*Helophilus* spp. larvae are semi-aquatic filter feeders, feeding on detritus and bacteria. The larva of this species has been collected in liquid mud with a high organic content, but it remains undescribed (Speight 2017).

### ***Merodon bequaerti* Hurkmans, 1993**

#### ***Material examined***

(1ex) 1 m, S1, 06.IV.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte.

#### ***Comments***

In their revision of the *Merodon serrulatus* group, Vujić et al. (2020) reports only *M. bequaerti* and *M. sophron* Hurkmans, (1993) from North Africa,

being the first species present in Algeria. The male was identified using the key of Vujić et al. (2020) and, in fact, keyed out as *M. bequaerti*.

***Distribution***

North-western Africa, including Algeria, Lybia, Morocco and Tunisia (Vujić et al. 2020).

***Larval trophic habits***

Unknown, but supposedly phytophagous, as larvae of other congeneric species (Vujić et al. 2020).

***Merodon clavipes (Fabricius, 1781)***

***Material examined***

(2ex) 1 f, 1 m, S1, 06.IV., 18.V.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Portugal, Spain, central and southern Europe, Romania, Ukraine, Turkey and North Africa (Speight 2017). In Algeria, *M. clavipes* is recorded only in Tebessa (Djellab 2013).

***Larval trophic habits***

Unknown, but supposedly phytophagous, as larvae of other congeneric species (Speight 2017).

***Myathropa florea (Linnaeus, 1758)***

***Material examined***

(3ex) 1 m, 1 f, S1, 20.IV., 21.IX.2017; 1 f, S3, 17.III.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Fennoscandia, Eurasia, Pacific coast, Canary Islands and the Mediterranean Basin. In North Africa, *M. florea* is recorded from Morocco to Egypt except Libya (Dirickx 1994; Speight 2017).

***Larval trophic habits***

Saproxyllic (Speight 2017).

## ***Platynochaetus rufus* Macquart, 1835**

### ***Material examined***

(1ex) 1 f, S3, 17.III.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte and A. Vujčić.

### ***Distribution***

Maltese islands and Sicily (Italy). In North Africa, the species is reported from Algeria (Ssymank and Ebejer 2009; Speight 2017).

### ***Larval trophic habits***

Unknown.

## ***Psilota innupta* Rondani, 1857**

### ***Material examined***

(1ex) 1 m, S6, 08.IV.2017; leg. N. Mebarkia, det. A. Ricarte.

### ***Comments***

The genus *Psilota* is still poorly understood in the Mediterranean Basin. Only *Psilota atra* (Fallén, 1817) and *P. innupta* are confirmed so far from North Africa (Smit and Vujčić 2008). The male recorded in this study represents the second finding of *P. innupta* from Algeria, since Becker (1907) reported it from 'Algiers' as *Psilota plumbella*; *P. plumbella* was synonymised under *P. innupta* by Smit and Vujčić (2008). The specimen collected in the present study was identified by external morphology, including genitalia, with the key and drawings of Smit and Vujčić (2008).

### ***Distribution***

Sweden, central Germany, Slovakia, Austria, Hungary, Spain, Italy, Serbia, Croatia, Greece, Romania, southern parts of European Russia, Siberia, South Korea, and Algeria (Smit and Vujčić 2008; Speight 2017).

### ***Larval trophic habits***

Unknown, but supposedly saproxylic, as the larvae of other congeneric species (Speight 2017).

***Syritta pipiens* (Linnaeus, 1758)*****Material examined***

(223ex) 24 m, 23 f, S1, IV–IX.2017; 28 m, 30 f, S2, III–IX.2017; 50 m, 35 f, S3, III–IX.2017; 4 m, 2 f, S4, 07–21.IV., 05–19.V.2017; 11 m, 4 f, S5, 06.V., 03.VI.2017; 8 m, 4 f, S6, 18.III., 08.IV., 06–20.V.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

Cosmopolitan, known from most of the Palearctic, North America, South America and Oriental region (Speight 2017).

***Larval trophic habits***

Saprophagous (Magni et al. 2013).

***Volucella liquida* Erichson, 1841*****Material examined***

(2ex) 1 m, 1 f, S1, 20.VII.2017; leg. N. Mebarkia, det. S. Djellab, A. Ricarte.

***Distribution***

*Volucella liquida* has been noted in two Maghreb countries, Algeria and Morocco (Dirickx 1994; Djellab et al. 2013).

***Larval trophic habits***

Unknown.

***Phenology of the species recorded in the study area***

The flight period for some species such as *Chrysotoxum intermedium*, *Ceriana vespiformis*, *Episyrphus balteatus*, *Eristalinus aeneus*, *Eristalinus megacephalus*, *Eristalinus taeniops*, *Eristalis arbustorum*, *Eristalis similis*, *Eristalis tenax*, *Eumerus barbarus*, *Eupeodes corollae*, *Helophilus trivittatus*, *Paragus bicolor*, *Sphaerophoria scripta* and *Syritta pipiens*. was spread over three seasons, spring, summer and autumn. These species had a longer flight period compared to the other species. Certain species appeared during two or three months, for example, *Eristalinus sepulchralis*, *Melanostoma mellinum*, *Merodon clavipes*, *Myathropa florea*, *Paragus quadrifasciatus*, *Paragus tibialis*, *Paragus vandergooti*, *Sphaerophoria rueppellii*, *Xanthogramma marginale*. Some other species have been reported only during month: *Dasysyrphus albostrigatus*, *Eumerus amoenus*, *Eumerus etnensis*, *Eumerus*

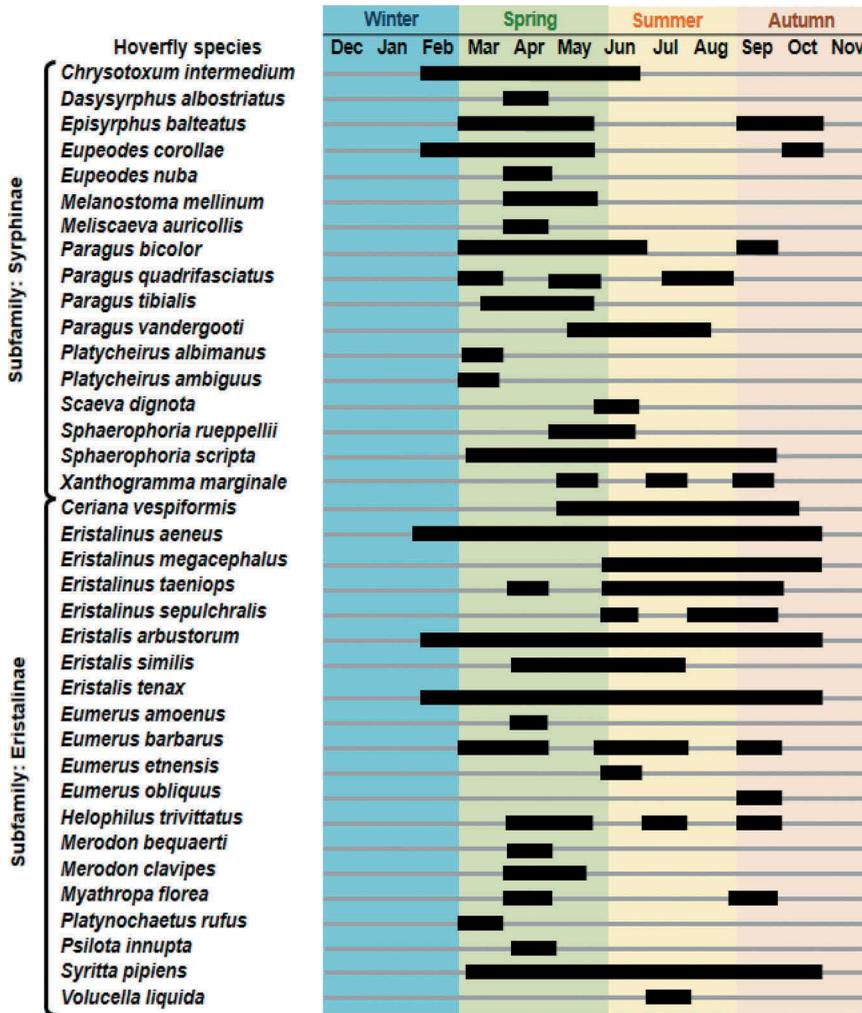


Figure 3. Phenology diagram of the hoverfly species recorded during 2016–2017 in different sites within the steppe rangelands of northeastern Algeria. Legend: Fine grey lines = absence, thick black lines = presence.

*obliquus*, *Eupeodes nuba*, *Meliscaeva auricollis*, *Merodon bequaerti*, *Platycheirus albimanus*, *Platycheirus ambiguus*, *Platynochaetus rufus*, *Psilota innupta*, *Scaeva dignota* and *Volucella liquida*; these species were restricted to a very short flight period. Finally, it should be noted that almost all species were absent during winter (December, January) and November in autumn (Fig. 3).

## Discussion

The geographical position of Algeria, as a transition area between the Palearctic and Afrotropical regions, gives it a great importance in terms of

animal diversity (Chenchouni 2012). In spite of this fact, in general, few studies on animal groups have been carried out in this country, in particular those devoted to Syrphidae. The data provided in previous investigations on this insect family are widely dispersed and difficult to access. For example, Kassebeer (1999c) revised the historical collection of Syrphidae caught and published in 1849 by Lucas, and thereby referred to the presence of 30 species in Algeria. Other faunistic inventories compiled by Séguy (1961), Peck (1988) and Dirickx (1994) indicated 34, 58 and 62 species, respectively.

The sampling conducted out in our study over a year indicates the presence of 37 species in the study area. During the period 1996–2010 and within the same climatic region of Algeria, Djellab et al. (2013) reported the presence of 34 species, whereas a total of 73 species were listed under humid climate in the El-Kala region during 1991–1992, and 31 species under the subhumid climate (Haffaressas et al. 2017). It is noteworthy mentioning that this study provides one species new to North Africa (*Eumerus etnensis*) and four new to Algeria (*Eumerus obliquus*, *Eupeodes nuba*, *Paragus vandergooti* and *Platycheirus ambiguus*).

The unpolluted and polluted riverbank and the plant nursery exhibited the highest species richness with 26, 24, and 23, respectively. In contrast, the prickly pear plantations, cypress hedge and olive orchard have the lowest species numbers with 16, 14, and 10 species. The unpolluted and the polluted riverbanks and nursery plant are diversified with grass, trees, shrub, mud and water that attract more Syrphidae due to the availability of trophic resources both for adults and larvae. The richness of any species in a specific habitat is related to availability of breeding places and hosts. When the habitat cover is diverse, this influences then positively the biodiversity of the Syrphidae (Ouin et al. 2006; Ricarte et al. 2011; Djellab et al. 2019). This situation does not apply on prickly pear plantations, cypress hedge and olive orchard characterised by low plant diversity, which negatively affects that of hoverflies. Thus, hoverflies are adept fliers that interact directly with the vegetation for their dietetics requirements (D'Amen et al. 2013).

Results indicated that in the study area the species *Eristalis arbustorum*, *Sphaerophoria scripta*, *Eristalinus aeneus* and *Syrirta pipiens* are more abundant and active in most seasons. These species have adapted to a wide range of habitats. *Sphaerophoria scripta* is more abundant in the unpolluted riverbank, olive orchards and cypress hedge because this species is very common in dry to wet habitats as long as the ground is rich in flowering herbaceous plants (Speight 2017). The most abundant species in the polluted riverbank, plant nursery and prickly pear plantations are: *Eristalinus aeneus*, *Eristalis arbustorum* and *Syrirta pipiens*, these habitats are a suitable living place for their larvae because 9 species of 20 species which were recorded are aquatic and terrestrial saprophagous. Some species were only

recorded from one of those ecosystems; for example, *Volucella liquida*, *Merodon bequaerti* and *Merodon clavipes* were found only in the unpolluted riverbank. Hurkmans (1993) mentioned that the females of *Merodon clavipes* fly close to the soil and through the vegetation. *Myathropa florea* was recorded in the polluted and unpolluted riverbanks. This species flies along the margins of woodland streams, settling on stones, at the water's edge, often in order to drink; females often frequent puddles of water beside fallen or felled trees (Speight 2017). *Eumerus etnensis* and *Eumerus obliquus* were recorded from the plant nursery. Some species of *Eumerus* are regarded as pests of ornamental plants and vegetable crops (Ricarte et al. 2017).

Larvae belonging to the subfamily Eristalinae are saprophagous or phytophagous. Eristalinae species were abundant throughout the whole study period, with higher diversity than the Syrphinae (20 species vs 17 species). The Syrphinae are primarily aphidophagous, some are generalists, others specialise in just a few species of aphids, and they lay their eggs in or near the aphid colonies on the plants (Pineda and Marcos-García 2008; Abro et al. 2019), while most Eristalinae species proliferate in marshes, wet places, and rotting materials (Sommaggio 1999; Speight 2017).

Under the semi-arid climatic conditions of North Africa, the determination of species phenologies during a year round sampling showed that there are species with a long flight period, such as *S. pipiens* and other species with the flight period restricted to a few months, such as *Eristalinus sepulchralis*, *Melanostoma mellinum*, *Merodon clavipes*. This can be explained by the number of generations each species can perform following the local ecological conditions (mainly climate) of the region (Chafaa et al. 2013a; Idder-Ighili et al. 2015). Indeed, hoverfly species can be univoltine, bivoltine or even polyvoltine (Raymond et al. 2014; Ball and Morris 2015). The long flight periods of certain species are also associated with the availability of feeding resources not only for the adults but also for their larvae. For example, *E. tenax*, a species with one of the longest activity periods, is an antropophilic hoverfly capable of breeding in a wide range of saprophagous media that are also present all the year round. Climate variables are also known to be good predictors of population behaviour in ecosystems where the distinction between the rainy and dry seasons is clear (Chafaa et al. 2013b; Idder-Ighili et al. 2015).

The present study increases the knowledge of the hoverflies from the steppe rangelands of Algeria, as well as that at the regional level within this country. A better knowledge of the hoverfly community associated with these habitats and the hoverfly diversity of Tebessa region enhances the bioindicator potential of Syrphidae in this region, and provides further grounds to start designing a conservation tool such as 'Syrph the Net, the database of European Syrphidae' (Speight et al. 2016a). The new species reported at the regional scale reflect the particularities of North African

semi-arid environments. Therefore, we agreed that time is ripe to put more efforts in developing integrated research on the Syrphidae fauna in different regions of Algeria.

## Acknowledgments

We thank Dr. M.A. Marcos García for facilitating entomological work at CIBIO, University of Alicante, Dr. Ximo Mengual (Research Museum Alexander Koenig, Germany) and Dr. Muhammad Asghar Hassan (Xingyue Liu's Lab, Beijing, China) for providing some references used in this paper. We extend our thanks to all who have contributed to this study. Antonio Ricarte's position (Ref. UATAL05) at the University of Alicante is funded by the 'Vicerrectorado de Investigación y Transferencia de Conocimiento'.

## Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by author(s).

## ORCID

Nadjoua Mebarkia  <http://orcid.org/0000-0003-0412-6383>  
 Souad Neffar  <http://orcid.org/0000-0003-4790-6881>  
 Sihem Djellab  <http://orcid.org/0000-0002-8979-6361>  
 Antonio Ricarte  <http://orcid.org/0000-0003-2298-981X>  
 Haroun Chenchouni  <http://orcid.org/0000-0001-9077-2706>

## References

- Abro KK, Memon N, Ansari A, Memon MI. 2019. Host plant range of Aphidophagous hoverflies in relation to their prey aphids in Badin, Sindh, Pakistan. *Pure and Applied Biology*. 8(2):1228–1239. doi:10.19045/bspab.2019.80065.
- Amorós-Jiménez R, Pineda A, Fereres A, Marcos-García MA. 2012. Prey availability and abiotic requirements of immature stages of the aphid predator *Sphaerophoria rueppellii*. *Biological Control*. 63(1):17–24. doi:10.1016/j.biocontrol.2012.06.001.
- Ball SG, Morris RKA. 2015. *Britain's Hoverflies: A field guide-revised and updated*. Second ed. United Kingdom: Princeton University Press; p. 312.
- Bartsch H, Binkiewicz E, Rådén A, Nasibov E. 2009. Blomflugor: Syrphinae. Nationalnyckelntill Sveriges flora och fauna, DH53a [Flower flies: syrphinae. National key to Sweden's flora and fauna] DH53a. Uppsala: Artdatabanken SLU; p. 406. [in Swedish].
- Becker T. 1907. Die Ergebnisse meiner dipterologischen Frühjahrsreise nach Algier und Tunis, 1906 (part 7) [The results of my dipterological spring trip to Algiers and Tunis, 1906 (part 7)]. *Zeitschrift für Systematische Hymenopterologie und Dipterologie*. Leipzig. 12:369–407. [in German].
- Burgio G, Sommaggio D. 2002. Diptera Syrphidae caught by Malaise trap in Bologna province and new record of *Neoascia interrupta* in Italy. *Bulletin of Insectology*. 55 (1–2):43–47.

- Chafaa S, Biche M, Chenchouni H, Sellami M, Sibachir A. 2013a. Cycle biologique de *Parlatoria oleae* (Hemiptera: Diaspididae) inféodée aux oliveraies dans une région aride [Cycle life of *Parlatoria oleae* (Hemiptera: Diaspididae) dependent on olive orchards in an arid region]. *The Canadian Entomologist*. 145(4):398–405. [in French]. doi:10.4039/tce.2012.107.
- Chafaa S, Biche M, Chenchouni H, Sellami M, Sibachir A. 2013b. Effet du climat et de l'exposition sur la dynamique des populations de la cochenille violette, *Parlatoria oleae* Colvée (Hemiptera: Diaspididae), en conditions arides [Effect of climate and exposure on the population dynamics of the purple mealy bug, *Parlatoria oleae* Colvée (Hemiptera: Diaspididae), in arid conditions]. *Annales de la Société entomologique de France (Nouvelle série)*. 49(3):291–297. [in French]. doi:10.1080/00379271.2013.856203
- Chenchouni H. 2012. Diversity assessment of vertebrate fauna in a wetland of hot hyperarid lands. *Arid Ecosystems*. 2(4):253–263. doi:10.1134/S2079096113010022.
- D'Amen M, Birtele D, Zapponi L, Hardersen S. 2013. Patterns in diurnal co-occurrence in an assemblage of hoverflies (Diptera: syrphidae). *European Journal of Entomology*. 110(4):649–656. doi:10.14411/eje.2013.088.
- Dirickx HG. 1994. Atlas des Diptères syrphidés de la région méditerranéenne [Atlas of the Syrphid Diptera of the Mediterranean region]. Vol. 75, Bruxelles: Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique; p. 1–314. [in French].
- Djellab S 2013. Les Syrphidés (Diptera: Syrphidae) du Nord-est algérien: Inventaire et Écologie. [The Syrphidae (Diptera: Syrphidae) of north-eastern Algeria: Inventory and Ecology]. [Doctoral thesis]. Algeria: University of Batna. [in French].
- Djellab S, Mebarkia N, Neffar S, Chenchouni H. 2019. Diversity and phenology of hoverflies (Diptera: syrphidae) in pine forests (*Pinus halepensis* mill.) of Algeria. *Journal of Asia Pacific Entomology*. 22(3):766–777. doi:10.1016/j.aspen.2019.05.012.
- Djellab S, Samraoui B. 1994. The hoverflies of north-east Algeria: a preliminary account. *Hoverfly Newsletter*. 8:6–8.
- Djellab S, Van Eck A, Samraoui B. 2013. A survey of the hoverflies of northeastern Algeria (Diptera: syrphidae). *Egyptian Journal of Biology*. 15(1):1–12.
- El-Hawagry MS, Gilbert F. 2019. Catalogue of the Syrphidae of Egypt (Diptera). *Zootaxa*. 4577(2):201–248. doi:10.11646/zootaxa.4577.2.1.
- Goeldlin de Tiefenau P. 1976. Révision du genre *Paragus* (Dipt. Syrphidae) de la région paléarctique occidentale [Revision of the genus *Paragus* (Dipt. Syrphidae) from the western Palearctic region]. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*. 49:79–108. [in French].
- Haffaressas B, Djellab S, Samraoui F, Alfarhan AH, Gilbert F, Ricarte A, Samraoui B. 2017. Hoverflies of the Guelma district, with species new to Algeria and North Africa (Diptera: syrphidae). *Annales de la Société entomologique de France (Nouvelle série)*. 53(5):324–333.
- Hurkmans W. 1993. A monograph of *Merodon* (Diptera: syrphidae) Part 1. *Tijdschrift Voor Entomologie*. 136(2):147–234.
- Idder-Ighili H, Idder MA, Doumandji-Mitiche B, Chenchouni H. 2015. Modeling the effects of climate on date palm scale (*Parlatoria blanchardi*) population dynamics during different phenological stages of life history under hot arid conditions. *International Journal of Biometeorology*. 59(10):1425–1436. doi:10.1007/s00484-014-0952-z.
- Inouye DW, Larson BM, Ssymank A, Kevan PG. 2015. Flies and flowers III: ecology of foraging and pollination. *Journal of Pollination Ecology*. 16(16):115–133.
- Kassebeer CF. 1995a. Beiträge zur Schwebfliegenfauna Marokkos, I. *Pipizella thapsiana* n. sp. aus dem Hohen Atlas (Diptera: syrphidae) [Contributions to the hoverfly fauna

- of Morocco, I. *Pipizella thapsiana* n. sp. from the High Atlas (Diptera: syrphidae)]. Entomologische Zeitschrift. 105:260–264. [in German].
- Kassebeer CF. 1995b. Beiträge zur Schwebfliegenfauna Marokkos, II. Zur Kenntnis der nordafrikanischen Arten der Gattung *Psilota* Meigen 1822 (Diptera: syrphidae) [Contributions to the hoverfly fauna of Morocco, II. Knowledge of the North African species of the genus *Psilota* Meigen 1822 (Diptera: syrphidae)]. Entomologische Zeitschrift. 105:395–404. [in German].
- Kassebeer CF. 1998. Die marokkanischen Arten der Gattung *Platycheirus* Le Peletier and Serville, 1828 (Diptera, Syrphidae) [Moroccan species of the genus *Platycheirus* Le Peletier and Serville, 1828 (Diptera, Syrphidae)]. Dipteron. 1(2):25–36. [in German].
- Kassebeer CF. 1999a. Beiträge zur Schwebfliegenfauna Marokkos VIII. Eine neue Gattung der Brachyopini (Diptera, Syrphidae) aus dem Mittleren Atlas [Contributions to the hoverfly fauna of Morocco VIII. A new genus of *Brachyopini* (Diptera, Syrphidae) from the Middle Atlas]. Dipteron. 2:11–24. [in German].
- Kassebeer CF. 1999b. Beiträge zur Schwebfliegenfauna Marokkos IX. Eine neue Art der Gattung *Ferdinandea* Rondani, 1844 (Diptera, Syrphidae) aus Nordafrika [Contributions to Hoverfly fauna of Morocco IX. A new species of the genus *Ferdinandea* Rondani, 1844 (Diptera, Syrphidae) from North Africa]. Dipteron. 2:153–162. [in German].
- Kassebeer CF. 1999c. Zur Identität der 1849 von Lucas aus Algerien nachgewiesenen Schwebfliegen (Diptera, Syrphidae) [On the identity of hoverflies (Diptera, Syrphidae) detected from Algeria, by Lucas in 1849]. Dipteron. 2:143–152. [in German].
- Magni PA, Pérez-Bañón C, Borrini M, Dadour IR. 2013. *Syrirta pipiens* (Diptera: syrphidae), a new species associated with human cadavers. Forensic Science International. 231 (1–3):19–23. doi:10.1016/j.forsciint.2013.05.023.
- Marcos-García MA. 1986. Citas de interes del genero *Paragus* Latreille, 1804 en la Peninsula Iberica y descripcion de *Paragus vandergooti* sp.nov. (Diptera, Syrphidae) [Interesting quotes from the genus *Paragus* Latreille, 1804 in the Iberian Peninsula and description of *Paragus vandergooti* sp.nov. (Diptera, Syrphidae)]. Actas De Las VIII Jornadas AeE. 765–772. [in Spanish].
- Marcos-García MA, Vujić A, Mengual X. 2007. Revision of Iberian species of the genus *Merodon* (Diptera: syrphidae). European Journal of Entomology. 104(3):531–572. doi:10.14411/eje.2007.073.
- Nielsen TR. 2004. European species of the *Platycheirus ambiguus* group (Diptera, Syrphidae), with description of new species. Volucella. 7:1–30.
- Nielsen TR. 2014. Synopsis of the *Platycheirus ambiguus* species group (Diptera, Syrphidae), with description of *Platycheirus arnei* sp. n. and a preliminary key to the species. Norwegian Journal of Entomology. 61:57–75.
- Nielsen TR, Andreassen AT, Leendertse A, Svendsen S. 2010. A migration of the Hoverfly *Helophilus trivittatus* (Fabricius, 1805) (Diptera, Syrphidae) to SW Norway in 2010. Norwegian Journal of Entomology. 57:136–138.
- Nielsen TR, Gabrielsen L, Strømmen FA. 2012. Nye funna vandredroneflua *Eristalis similis* (Diptera, Syrphidae) i Norge 2011 [New found honeysuckle fly *Eristalis similis* (Diptera, Syrphidae) in Norway 2011]. Insekt-Nytt. 37:39–42. [in Norwegian].
- Ouin A, Sarthou JP, Bouyjou B, Deconchat M, Lacombe JP, Monteil. 2006. The species-area relationship in the hoverfly (Diptera, Syrphidae) communities of forest fragments in southern France. Ecography. 29:183–190. doi:10.1111/j.2006.0906-7590.04135.x.
- Pârvu C, Răzvan PM, Răzvan Z. 2006. Faunistic data on some dipteran families (Insecta: diptera) from Morocco. Travaux du Muséum National d’Histoire Naturelle « Grigore Antipa». 274:271–281.

- Peck LV. 1988. Family Syrphidae. Catalogue of Palaearctic Diptera. Syrphidae-Conopidae. Budapest 8: Akadémiai Kiadó; p. 363.
- Petanidou T, Vujić A, Ellis WN. 2011. Hoverfly diversity (Diptera: syrphidae) in a Mediterranean scrub community near Athens, Greece. *Annales de la Société entomologique de France (Nouvelle série)*. 47(1–2):168–175. doi:10.1080/00379271.2011.10697709.
- Pineda A, Marcos-García MÁ. 2008. Seasonal abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera: syrphidae) and their population levels in and outside Mediterranean sweet pepper greenhouses. *Annals of the Entomological Society of America*. 101(2):384–391. doi:10.1603/0013-8746(2008)101[384:SAOAH]2.0.CO;2.
- Raymond L, Sarthou JP, Plantegenest M, Gauffre B, Ladet S, Vialatte A. 2014. Immature hoverflies overwinter in cultivated fields and may significantly control aphid populations in autumn. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 185:99–105. doi:10.1016/j.agee.2013.12.019.
- Reemer M, Hauser M, Speight MC. 2004. The genus *Myolepta* Newman in the West-Palaearctic region (Diptera, Syrphidae). *Studia Dipterologica*. 11(2):553–580.
- Ricarte A. 2008. Biodiversidad de sírfidos (Diptera: Syrphidae) y conservación de los hábitats en el Parque Nacional de Cabañeros, España [Biodiversity of syrphid (Diptera: Syrphidae) and habitat conservation in Cabañeros National Park, Spain]. [Doctoral thesis]. Spain: University of Alicante. [in Spanish].
- Ricarte A, Marcos-García MA, Moreno CE. 2011. Assessing the effects of vegetation type on hoverfly (Diptera: syrphidae) diversity in a Mediterranean landscape: implications for conservation. *Journal of Insect Conservation*. 15:865–877. doi:10.1007/s10841-011-9384-9.
- Ricarte A, Souba-Dols GJ, Hauser M, Marcos-García MA. 2017. A review of the early stages and host plants of the genera *Eumerus* and *Merodon* (Diptera: syrphidae), with new data on four species. *PloS One*. 12(12):e0189852. doi:10.1371/journal.pone.0189852.
- Rojo S, Gilbert F, Marcos-García MA, Nieto JM, Mier MP. 2003. World review of predatory syrphidae and their prey (Diptera, Syrphidae). Spain: Publications of Alicante University; p. 282.
- Rotheray GE. 1993. Colour guide to hoverfly larvae (Diptera, Syrphidae). *Dipterists Digest*. 9:1–155.
- Rotheray GE, Dussaix C, Marcos-García MA, Pérez-Bañón C. 2006. The early stages of three Palaearctic species of saproxylic hoverflies (Syrphidae, Diptera). *Micron*. 37(1):73–80. doi:10.1016/j.micron.2005.05.003.
- Rotheray GE, Gilbert FS. 2011. The natural history of hoverflies. Cardigan: Forrest Text; p. 422.
- Rotheray GE, Hancock G, Hewitt S, Horsfield D, MacGowan I, Robertson D, Watt K. 2001. The biodiversity and conservation of saproxylic Diptera in Scotland. *Journal of Insect Conservation*. 5(2):77–85. doi:10.1023/A:1011329722100.
- Rotheray GE, Zumbado M, Hancock EG, Thompson FC. 2000. Remarkable aquatic predators in the genus *Ocyptamus* (Diptera, Syrphidae). *Studia Dipterologica*. 7:385–398.
- Sack P. 1928–1932. 31. Syrphidae. In: Lindner E, editor. *Die Fliegen der Paläarktischen Region*. Band IV/6. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; p. 451.
- Séguy E. 1930. Contribution à l'étude des Diptères du Maroc [Contribution to the study of Diptera in Morocco]. *Mémoires de la Société des Sciences Naturelles du Maroc*. 24:1–206. [in French].
- Séguy E. 1961. Diptères Syrphidés de l'Europe occidentale [Syrphid Diptera of Western Europe]. Paris: Muséum national d'Histoire naturelle; p. 248. [in French].
- Smit J, Franquinho-Aguiar AM, Wakeham-Dawson A. 2004. The hoverflies (Diptera, Syrphidae) of the Madeiran Archipelago, Portugal. *Dipterists Digest (2nd Series)*. 11:47–82.

- Smit J, Van Harten A, Ketelaar R. 2017. Order Diptera, family Syrphidae. The hoverflies of the Arabian Peninsula. *Arthropod Fauna of the UAE*. 6:572–612.
- Smit J, Vujić A. 2008. The Palaearctic species of the genus *Psilota* Meigen (Diptera, Syrphidae) with the description of two new species. *Studia Dipterologica*. 14(2):345–364.
- Sommaggio D. 1999. Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 74(1–3):343–356. doi:10.1016/S0167-8809(99)00042-0.
- Speight MCD, Castella E, Sarthou JP. 2016a. StN 2016. In: MCD S, Castella E, JP S, Vanappelghem C, editors. *Syrph the Net on CD*, Issue 11. Dublin: Syrph the Net Publications; p. 1649–1917.
- Speight MCD. 2017. Species accounts of European Syrphidae (Diptera) 2017. The database of European Syrphidae (Diptera). Dublin: Syrph the Net publications. Vol. 97 p.1–294.
- Speight MCD, Castella E. 2001. An approach to interpretation of lists of insects using digitised biological information about the species. *Journal of Insect Conservation*. 5:131–139. doi:10.1023/A:1011399800825.
- Speight MCD, Withers P, Dussaix C. 2016b. Clé StN pour la détermination des genres de Syrphidae Européens 2016 [StN key for the determination of the genera of European Syrphidae 2016]. *Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera)*. Vol. 91, Dublin: Syrph the Net publications; p. 1–40. [in French].
- Ssymank A, Ebejer MJ. 2009. Spring observations and flower visits by hoverflies (Diptera: syrphidae) in Malta and Sicily, with new records for both islands. *Studia Dipterologica*. 16 (1/2):47–59.
- Stubbs AE, Falk SJ. 2002. *British hoverflies: an illustrated identification guide*. Dinton Pastures Country Park: British Entomological and Natural History Society. pp: p. 469.
- Sullivan MS, Sutherland JP. 2000. Geographical variation in morphology and asymmetry in *Episyrphus balteatus* De Geer (Diptera: syrphidae). *Tijdschrift Voor Entomologie*. 142:327–331. doi:10.1163/22119434-99900033.
- Van Eck A. 2016. Hoverflies (Diptera, Syrphidae) new to the fauna of mainland Portugal, with an updated hoverfly checklist. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA)*. 59:187–203.
- Van Steenis J, Hauser M, Van Zuijlen MP. 2017. Review of the *Eumerus barbarus* species group (Diptera: syrphidae) from the western Mediterranean basin. *Bonn Zoological Bulletin*. 66:145–165.
- Van Veen MP. 2010. *Hoverflies of Northwest Europe: identification keys to the Syrphidae*. The Netherlands: Brill: KNNV Publishing Zeist; p. 248.
- Verlinden L. 1994. *Faune de Belgique, Syrphidés (Syrphidae)* [Belgian fauna, Syrphid (Syrphidae)]. Bruxelles: L'institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique; p. 289. [in French].
- Vujić A, Likov L, Radenković S, Kočiš Tubić N, Djan M, Šebić A, Pérez-Bañón C, Barkalov A, Hayat R, Rojo S, et al. 2020. Revision of the *Merodon serrulatus* group (Diptera, Syrphidae). *ZooKeys*. 909:79–158. doi:10.3897/zookeys.909.46838.
- Vujić A, Radenković S, Ačanski J, Grković A, Taylor M, Şenol SG, Hayat R. 2015. Revision of the species of the *Merodon nanus* group (Diptera: syrphidae) including three new species. *Zootaxa*. 4006(3):439–462. doi:10.11646/zootaxa.4006.3.2.
- Wright SG, Skevington JH. 2013. Revision of the subgenus *Episyrphus* (*Episyrphus*) Matsumura (Diptera: syrphidae) in Australia. *Zootaxa*. 3683(1):051–064. doi:10.11646/zootaxa.3683.1.3.