

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID - TLEMEN
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département d'Ecologie et Environnement

**Laboratoire de recherche : Valorisation des actions de l'homme pour la protection de
l'environnement et applications en santé publique**

THESE

présentée par

Mme BEMMOUSSAT-DEKKAK Soumya

en vue de l'obtention du

Diplôme de Doctorat

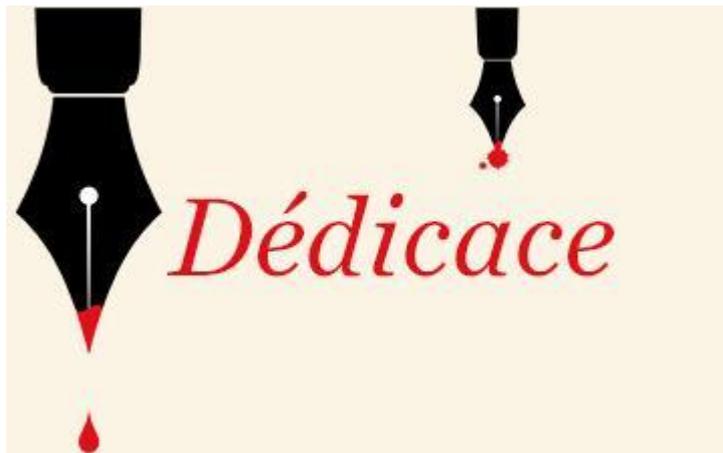
En Ecologie animale

Thème

Taxonomie, écologie et statut des Trichoptères de l'Ouest algérien

Soutenu le / / , devant le jury composé de :

Présidente	: Mme DAMERDJI Amina	Professeur	Université de Tlemcen
Directrice de thèse	: Mme ABDELLAOUI HASSAINE Karima	Professeur	Université de Tlemcen
Examineurs	: M. SAMRAOUI Boudjema	Professeur	Université de Guelma
	M. LOUNACI Abdelkader	Professeur	Université de Tizi Ouzou
	M. MAHI ABDELHAKIM	MCA	Université de Tlemcen



Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail

A mon défunt père, ma très chère maman, mes frères et sœurs

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point
remercier comme il se dit mon mari et mes enfants qui ont
été une source de force et d'amour pour moi*

A tous ceux qui ont pu contribuer à la réalisation de ce mémoire.



Dans un premier temps, je tiens à remercier inévitablement Mme Abdellaoui Hassaine Karima pour la qualité de son encadrement, ses précieux conseils, son soutien et sa patience.

Des attentions toutes particulières que j'accorde à Monsieur John Morse de l'université du Minnesota qui a cru en moi, pour son soutien, ses encouragements et ses précieux conseils en un mot Thank you very much.

Mes chaleureux remerciements pour madame Carmen Zamora de l'université de Grenade pour son accueil et son précieux aide au laboratoire de Grenade, malgré son état de santé, elle a toujours été présente et réceptive à mes appels.

Mes remerciements à madame El Alami Madjida pour m'avoir initié à l'identification des Trichoptères.

C'est avec beaucoup de reconnaissance que je remercie Mme Damerdji Amina qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury ainsi que tous les membres du jury à savoir M. Samraoui Boudjema Professeur à l'université de Guelma, M lounaci Abdelkader Professeur de l'université de Tizi Ouzou et M.Mahi Abelhakim MCA à l'université de Tlemcen

Mes remerciements et ma reconnaissance vont à tous mes enseignants sans exceptions

Un merci tout particulier à mes meilleurs amis : Mr Mesli Lotfi et Bendimerad Amine pour tout leur encouragement avec une très grande accolade pour madame Bendiouis et madame Yadi.

Je remercie vivement mes collègues Rahmi Amel et Benhadji Nadhira pour les moments agréables et inoubliables qu'on a passé ensemble sur le terrain et au laboratoire.

C'est un grand merci que j'accorde aux ingénieurs du laboratoire de recherches :

« Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et applications en santé publique » et plus précisément à Mr Bemmousat Ben Ali, Mme Otmani Salima et Mme Dali youcef Khadidja pour leur aide, soutien et patience. Au terme,

il m'est très agréable de remercier tous ceux qui m'ont apporté une aide précieuse à l'élaboration de ce document.

الملخص

دراسة Trichoptera في شمال غرب الجزائر التي أجريت في 14 محطة تقع في مستجمعات المياه Tafna و 4 محطات ساحلية في مستجمعات المياه في الغزونة، خلال الفترة 2014-2019، أتاحت تحديد 30 نوعاً و 18 جنساً منها 7 هي سجلات جديدة للجزائر (*Hydroptila fortunata*، *Ecnomus deceptor*، *Tinodes waeneri*، *Setodes argentipunctellus*، *Limnephilus lunatus*، *Hydropsyche siltalai*، *Hydropsyche pellucidula* و *Athripsodes ygramul*) (نهاية 53٪) من التوطن (بمعدل مرتفع من التوطن) في غرب الجزائر بمعدل مرتفع من التوطن (نهاية 53٪). تم تنفيذ نوع *Hydropsyche* في المغرب العربي. وقد تم توضيح الصلات القينية بوضوح بين أنهار غرب الجزائر وأنهار نهر الجزائر. الريف وإسبانيا والبرتغال من جهة وبين البلدان المغاربية والدول المجاورة وهي إسبانيا وفرنسا وإيطاليا من جهة أخرى؛ ومن هنا تم وضع الفرضيات المتعلقة بتصنيف الأنواع في شمال إفريقيا. كشف تحليل التركيب المكاني للمجموعات عن وجود تنوع عالٍ من الكائنات الحية يتركز بشكل أساسي على مستوى المواقع الثلاثة شولي وخميس والوريت الواقعة في أعلى المنبع وتتميز بتدفق دائم ومياه صافية وإجراءات بشرية منخفضة. من ناحية أخرى، على مستوى المواقع الأخرى حيث تكون الإجراءات البشرية متنوعة ومكثفة، والتي يمكن أن يضاف إليها تدفق مؤقت لبعض المحطات وغياب الغابات النهرية للآخرين، فإن نوعاً واحداً أو نوعين فقط يسيطر على البيئة. جعل تحليل التوزيع الكلي والجزئي من الممكن تفصيل السمات البيئية واقتراح حالة الأنواع المدرجة.

الكلمات المفتاحية: Hydropsychidae، التوطن، التنوع البيولوجي، النشاطات البشرية، مستجمعات المياه Tafna، بيولوجيا الحفظ، الجزائر

Résumé

L'étude des Trichoptères du Nord-Ouest Algérien menée dans 14 stations localisées dans le bassin versant de la Tafna et 4 stations côtières du bassin versant de Ghazouana, durant la période 2014-2019, a permis de recenser 30 espèces et 18 genres dont 7 sont de nouveaux records pour l'Algérie (*Hydroptila fortunata*, *Ecnomus deceptor*, *Tinodes waeneri*, *Setodes argentipunctellus*, *Limnephilus lunatus*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche pellucidula*). La faune des Trichoptères de l'ouest Algérien est caractérisée par un taux d'endémisme élevé (53%) incluant deux endémiques strictes algériennes (*A. thripsodes ygramul* et *Agapetus numidicus*) et cinq maghrébines (*H. fezana*, *S. acutus*, *T. algiricus algiricus*, *H. maroccana* et *H. resmineda*). La taxonomie des huit espèces d'*Hydropsyche* et leurs morphotypes a été établie ainsi qu'une clé d'identification des espèces d'*Hydropsyche* du Maghreb a été réalisée. Des affinités faunistiques ont été clairement mis en évidence entre les cours d'eau de l'ouest algérien et ceux du Rif, l'Espagne, le Portugal d'une part et entre les pays du Maghreb et les pays limitrophes à savoir l'Espagne, la France, l'Italie d'autre part ; d'où l'établissement d'hypothèses concernant la chorologie des espèces Maghrébines. L'analyse de la structure spatiale des communautés a révélé une diversité faunistique élevée essentiellement concentrée au niveau des trois sites Chouly, Khemis et El Ourit localisés en amont et caractérisés par un écoulement permanent, des eaux claires et des actions anthropiques faibles. En revanche, au niveau des autres sites où les actions anthropiques sont diverses et intenses, auxquels s'ajoutent un écoulement temporaire pour certaines stations et l'absence de ripisylve pour d'autres, seulement une à deux espèces s'accaparent le milieu. L'analyse de la macro et la micro-distribution a permis de détailler les traits écologiques et de proposer le statut des espèces répertoriées.

Mots clés : Hydropsychidae, Endémisme, Biodiversité, Actions anthropiques, Bassin versant de la Tafna, biologie de conservation, Algérie.

Abstract

Study of Trichoptera in the north west of Algeria (Tafna and Ghazouana watershed) carried out at 14 stations located in Wadi Tafna and its tributaries and 4 coastal stations during the period 2014-2019, made it possible to identify 30 species and 18 genus, including 7 are new records for Algeria (*Hydroptila fortunata*, *Ecnomus deceptor*, *Tinodes waeneri*, *Setodes argentipunctellus*, *Limnephilus lunatus*, *H. siltalai*, *H. pellucidula*). The Trichoptologist fauna of western Algeria is characterized by the presence of endemic species, two of which are Algerian (*Athripsodes ygramul* and *Agapetus numidicus*) and five Maghrebian (*Hydropsyche fezana*, *Setodes acutus*, *Tinodes algiricus algiricus*, *Hydropsyche maroccana* and *Hydropsyche resmineda*). The taxonomy of the eight *Hydropsyche* species and their morphotypes was established as well as an identification key for the Maghreb *Hydropsyche* species was produced. Faunal affinities were observed between that of our study and those of the Rif, Spain, and Portugal and between the Magreb countries and those of neighboring countries namely Spain, France, Italy as well as the chorology of species. Maghrebian was discussed. During our study, the diversity was concentrated at the level of the sites of Chouly, Khemis and Ourit located upstream characterized by a permanent flow, clear water and weak anthropogenic actions while at the level of other stations where anthropogenic actions are diverse to which is added a temporary flow for some stations and absence of riparian forest for others, one or two species have taken over the environment. The analysis of the macro and micro distribution made it possible to identify the ecological characteristics and status of the listed species.

Key words : Hydropsychidae, Endemism, Biodiversity, Anthropogenic actions, Tafna watershed, conservation biology, Algeria.

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Table des matières

	<i>Page</i>
CHAPITRE 1 : CONTEXTE INTRODUCTIF.....	1
I.1 OBJETS ET INTERET DE L'ETUDE	1
I.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE	2
I.3 BIOLOGIE DES TRICHOPTERES	3
I.3.1 Généralités.....	3
I.3.2 Classification	3
I.3.3 Origine.....	4
I.3.4 Histoire de la Trichoptérologie	5
I.3.5 Morphologie de l'insecte	6
I.3.5.1 L'imago.....	6
I.3.5.2 La larve	9
I.3.5.3 La nymphe.....	14
I.3.6 Le cycle biologique.....	14
I.3.7 Caractéristiques biologiques.....	16
I.3.8 Ethologie.....	17
I.3.9 Biogéographie.....	18
I.4 EVALUATION DU STATUT DE PROTECTION DES ESPECES	18
I.4.1. Utilité des statuts de protection des espèces de Trichoptères.....	18
I.4.2 Les critères de conservation.....	22
I.4.2.1. Les critères d'identification des ZCB.....	22
I.4.2.2 Les critères de l'UICN.....	22
CHAPITRE 2 MATERIELS ET METHODES	24
II.1 PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE	24
II.1.1 Aire d'étude.....	24
II.1.1.1 Bassin versant de la Tafna	24
II.1.1.1.1 Situation géographique	24
II.1.1.1.2 Géomorphologie.....	26
II.1.1.1.3 Géologie.....	27
II.1.1.1.4 Réseau hydrographique.....	27
II.1.1.1.5 Sols et végétation du bassin versant de la Tafna	31
II.1.1.2 Bassin versant de Ghazouana	31
II.1.1.2.1 Description.....	31
II.1.1.2.2 Réseau hydrographique.....	32
II.1.1.2.3 Sols et occupation du sol.....	33
II.1.2 Les actions humaines et leurs influences	34
II.1.3 Etude climatique	35
II.1.3.1 Les précipitations.....	36
II.1.3.2 Les températures.....	37
II.1.3.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953).....	38

II.1.3.4	Quotient pluviométrique d'Emberger (1955).....	39
II.1.4	<i>Les stations d'étude</i>	40
II.1.4.1	Choix des sites.....	40
II.1.4.2	Caractéristiques.....	41
II.1.4.2.1	Géolocalisation des stations	41
II.1.4.2.2	Description des stations	42
II.1.4.2.2.1	Station Ghar Boumaaza (TGB)	42
II.1.4.2.2.2	Station Ain El Ghoraba (TGA).....	43
II.1.4.2.2.3	Station Tafessera TTF	44
II.1.4.2.2.4	Station Beni Ghazli (CH0)	44
II.1.4.2.2.5	Station d'Ouled Sid El Hadj (CH1).....	45
II.1.4.2.2.6	Station de Yebder (CH2)	46
II.1.4.2.2.7	Station Ouled Mimoun (CH3)	47
II.1.4.2.2.8	Station El Khemis (KH1).....	49
II.1.4.2.2.9	Station oued Isser (IOM)	49
II.1.4.2.2.10	Station Sikkak (SK1)	50
II.1.4.2.2.11	Station Sidi Brahim (SB)	51
II.1.4.2.2.12	Stations Sekhra-Nedroma (DS1 & DS2).....	51
II.1.4.2.2.13	Station Tafssout (TAF)	52
II.2.	METHODES D'ETUDES	52
II.2.1	<i>Analyses physico-chimiques</i>	52
II.2.2	<i>Période de récolte</i>	53
II.2.3	<i>Techniques d'échantillonnage des Trichoptères</i>	53
II.2.4	<i>Elevage</i>	54
II.2.5	<i>Tri et détermination</i>	55
II.3	TRAITEMENTS DES DONNEES.....	55
II.3.1	<i>Méthodes d'analyse de la structure des peuplements des Trichoptères</i>	55
II.3.1.1	La richesse spécifique	55
II.3.1.2	Abondance	56
II.3.1.3	Indices de diversité	56
II.3.2	<i>Analyse statistiques multivariées (CAH)</i>	60
II.4.	LES FACTEURS RETENUS POUR L'EVALUATION DES ESPECES	60
III.	CHAPITRE 3 RESULTATS ET DISCUSSION	62
III.1.	COMPOSITION DES PEUPEMENTS DE TRICHOPTERES RECOLTES	62
III.2.	TAXONOMIE ET DISTRIBUTION DES ESPECES D' <i>HYDROPSYCHE</i> (HYDROPSYCHIDAE CURTIS 1835)	62
III.3	CLE D'IDENTIFICATION DES ESPECES HYDROPSYCHE DU MAGHREB	89
III.	4 REVISIONS TAXONOMIQUES ET DISTRIBUTION DES ESPECES DE TRICHOPTERES.....	89
III.5.	ÉCOLOGIE DES ESPECES DES TRICHOPTERES DE L'OUEST ALGERIEN	131
III.5.1	<i>Analyse de la structure des communautés</i>	131
III.5.2.	<i>Traits écologiques des espèces</i>	144
III. 6.	PROPOSITION POUR EVALUATION DU STATUT DE PROTECTION DE CERTAINES ESPECES.....	149
III.6.1	<i>Analyse des critères par CAH</i>	149
III.6.2	<i>Essai d'évaluation des espèces</i>	152
III.6.3.	<i>Propositions de mesures de conservation des espèces des sous bassins-versants</i>	141
	CONCLUSION GENERALE.....	158
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	161
	ANNEXES	160

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1** : Richesse spécifique de l'ordre des Trichoptères dans les grandes régions faunistiques (Gibon et Randraimasimanana, 2001)
- Tableau 2** : Caractéristiques méso-climatiques pour la station météorologique de **Zenata**
- Tableau 3** : Données géographiques des 14 sites d'étude
- Tableau 4** : Liste des Trichoptères et leurs positions systématiques
- Tableau 5** : Critères retenus et catégorisation des Trichoptères de l'Ouest algérien

LISTE DES FIGURES

- Figure 1** : Cinq hypothèses contemporaines de relations de subordination des Trichoptères (Kjer et al. 2001)
- Figure 2** : Morphologie générale de l'imago (Opie-Benthos)
- Figure 3** : Schéma de la tête d'un Trichoptère adulte (Opie-Benthos)
- Figure 4** : Morphologie de la larve de Trichoptère (Faessel, 1985)
- Figure 5** : Schéma de larve à étui (Opie-Benthos)
- Figure 6** : Schéma descriptif d'une larve à étui (Opie-Benthos)
- Figure 7** : Schéma d'une larve sans étui (Opie-Benthos)
- Figure 8** : Tête d'un Trichoptère : faces ventrale et dorsale (Tachet et al., 2006)
- Figure 9** : Vue ventrale de la tête de la larve montrant les pièces buccales (photos J.P. Marino)
- Figure 10** : Morphologie de la nymphe Trichoptère à étui (Opie- Benthos)
- Figure 11** : Corridors dans le hotspot du bassin méditerranéen www.cepf.net/sites/default/files
- Figure 12** : Cadre géographique du bassin versant de la Tafna et la wilaya de Tlemcen (Bemoussat, 2012)
- Figure 13** : Bassin versant de la Tafna dans l'ensemble de l'Oranie (A.B.H Oran)
- Figure 14** : Délimitation du bassin versant de Tafna (Bemoussat, 2012)
- Figure 15** : Cadre géographique du bassin versant de la Tafna et de la wilaya de Tlemcen Adjim (2004)
- Figure 16** : Réseau hydrographique de la Tafna (A.N.A.T., 2010) (Actualisée)
- Figure 17** : Le bassin versant de Ghazouana (D.R.E)
- Figure 18** : Les sous bassins versants des Oueds Tlata et Taima (D.R.E)
- Figure 19** : Carte d'occupation du sol (Source : DHW Tlemcen)
- Figure 20** : Variation des précipitations moyennes mensuelles (en mm) de la station de Zenata
- Figure 21** : Variation des précipitations moyennes annuelles (en mm) de la station de Zenata
- Figure 22** : Variation des températures moyennes annuelles pour la station de Zenata
- Figure 23** : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)
- Figure 24** : Position de la station de Zenata sur le climagramme pluviométrique d'Emberger (1955)
- Figure 25** : Géolocalisation des sites d'étude
- Figure 26** : Dendrogramme issu de la CAH de la matrice des critères de protection appliqués aux Trichoptères

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Forme générale d'un Trichoptère adulte (www.bestioles.ca)

Photo 2 : Larves à étui (<https://espacepurlavie.ca/file/5370>)

Photo 3 : Larve nue d'une larve de la famille des Rhyacophilidae en vue ventrale (corps campodéiforme à pronotum et tête seuls sclérifiés, houppes de trachéobranchies *abdominales localisées sur les côtés...pattes anales assez longues* (Photos J.P. Marino)).

Photo 4 : Cycle de vie d'un Trichoptère (<https://doris.ffessm.fr/Especies/Trichoptera-ordre-larves-Larves-de-Trichopteres-2965>)

Photo 5: Station Ghar Boumaaza (TGB)

Photo 6: Station Ain El Ghoraba (TGA)

Photo 7: Station Tafessera (TFF)

Photo 8: Station Beni Ghazli (CH0)

Photo 9: Station de Ouled Sid El Hadj (CH1)

Photos 10: Station Yebder (CH2)

Photos 11: Stations d'Ouled Mimoun (CH3)

Photo 12; Station Khemis (KH1)

Photos 13 : Quelques actions anthropiques au niveau des sites d'étude

Photo 14: Station Sikkak (SK1)

Photo 15: Station Sidi Brahim (SB)

Photos 16 : Stations DS1 & DS2

Photos 17 : Filet Surber et la loupe binoculaire

Chapitre 1

Contexte introductif

P réambule du contexte introductif

L'Oued Tafna représente le second grand cours d'eau de l'Oranie après Chélif (Remanoun, 2003). Il subvient aux besoins en eau pour différentes utilisations. Il représente un intérêt écologique et socio-économique assez important pour l'Ouest algérien. Les caractéristiques de ses eaux comme toutes les eaux de surface sont sous l'influence aussi bien des facteurs écologiques naturels qu'anthropiques.

Une diminution de pluviométrie suivie d'une augmentation de l'aridité dans la région ont été observées (Benhadji et al., 2019), auxquels s'ajoute la mobilisation d'une bonne partie de la ressource en eau de l'oued Tafna et ses affluents au profit des activités anthropiques qui ne cessent de s'accroître, via le transfert de volumes d'eau depuis les barrages vers les agglomérations ou des prélèvements directs depuis les oueds pour l'irrigation (Bensaoula & Adjim, 2006). Face à toutes ses pressions qui s'exercent sur la biodiversité de cet écosystème aquatique, il est indispensable de pouvoir juger de son état de santé.

Selon Karr & Dudley (1981), l'intégrité biologique est généralement un bon indicateur de l'intégrité écologique. Pour la surveillance de la qualité de l'eau, deux éléments sont utilisés : les macro-invertébrés benthiques et les paramètres physico chimiques.

Barbour (1999) affirme que la surveillance biologique est reconnue comme une composante essentielle des programmes de surveillance de la qualité de l'eau. Une connaissance approfondie de la faune d'invertébrés benthiques et la réalisation d'inventaires permettent non seulement le suivi du milieu aquatique mais aussi d'établir des mesures nécessaires à la conservation des espèces et de leurs milieux.

Selon Robert et al. (1998), la surveillance environnementale à long terme en utilisant l'analyse de la faune benthique est longue et coûteuse. L'une des approches les plus utilisées est l'utilisation d'espèces indicatrices (Rygg, 1985 ; Robert et al., 1998). Le concept d'espèces indicatrices tente d'utiliser la présence et/ou dominance de taxons caractéristiques qui sont à la base des indicateurs de changement communautaire ou l'effet de pollution.

Chapitre 1 : Contexte introductif

I.1 Objets et intérêt de l'étude

Les Trichoptères sont des indicateurs importants de la santé du système aquatique (Sheffield et al., 2019). D'après Mackay & Wiggins (1979), l'ordre des Trichoptère est remarquable par la diversité des adaptations morphologiques, physiologiques et comportementales leur permettant d'exploiter

la plupart des sources trophiques et de coloniser la plupart des milieux aquatiques d'eau douce, depuis les sources jusqu'aux grandes plaines alluviales, en passant par les mares temporaires et les profondeurs des lacs. D'après Botosaneanu (1983), les Trichoptères habitent dans toutes les terres continentales et insulaires avec une endémicité assez haute, ce qui fait d'eux un matériel de choix pour les recherches en biogéographie historique et dynamique de variabilité et de spéciation.

Les services écologiques fournis par les Trichoptères comprennent leurs rôles essentiels dans les réseaux trophiques, comme nourriture pour les poissons et autres prédateurs d'intérêt humain (Morse et al., 2019) ainsi que dans la surveillance biologique de la qualité des eaux, d'où l'intérêt que nous avons porté à cet ordre.

Cette présente étude fait partie des travaux entrepris au sein du programme de recherche sur les invertébrés des eaux douces de l'Ouest algérien, initié par l'équipe « Taxonomie et Ecologie des vecteurs » du laboratoire de recherche « Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et applications en santé » à l'université AbouBakr Belkaid de Tlemcen.

Dans ce premier chapitre nous aborderons les caractéristiques morphologiques générales des Trichoptères ainsi que leurs caractéristiques géographiques et bioécologiques.

I.2 Objectifs de l'étude

Notre but principal est certainement une meilleure connaissance des Trichoptères de l'ouest Algérien, ce groupe d'insectes très mal connu. Les Trichoptères d'Algérie ont suscité très peu d'intérêt par les chercheurs et principalement dans l'ouest algérien. Pour atteindre notre but d'étude, la présente étude à quatre objectifs majeurs portant essentiellement sur une révision taxonomique, des considérations biogéographiques, l'écologie (habitats des espèces) complété par un aspect pratique portant sur la biologie de conservation :

- Etablir la liste des espèces pour une meilleure connaissance de la composition faunistique, ce qui permet l'établissement d'une checklist des espèces recensées, associée à leurs distributions biogéographiques afin de pouvoir effectuer des comparaisons avec les pays du Maghreb et des pays d'Europe limitrophes. Le caractère d'endémisme des espèces est mis en évidence ainsi que les espèces remarquables de notre aire d'étude.
- Réaliser une diagnose des larves du genre *Hydropsyche* ainsi que celle des espèces douteuses dans la détermination afin de dégager une clé de détermination.
- Comprendre et expliquer la structure spatiale et temporelle des communautés et les variables environnementales clés à travers l'étude de l'écologie des espèces. L'analyse de la macro et micro distribution des espèces vise à mettre en évidence les facteurs du milieu les plus prépondérants.
- Utiliser les critères de l'UICN pour une proposition d'une éventuelle évaluation du statut de protection des espèces et des sites à protéger.

I.3 Biologie des Trichoptères

I.3.1 Généralités

Phryganes, mannes, porte-bois, porte-bûche, ou Caddisflies sont les noms qui ont été attribués aux espèces Trichoptères. Ces derniers constituent un ordre d'insectes très évolués du grec trikos (poils) et petros (ailes). C'est un groupe d'insectes riche en espèces avec plus de 16576 espèces existantes dans le monde (Morse, 2021) et le septième ordre d'insectes en importance (Adler & Footitt, 2017). La grande diversité des Trichoptères a longtemps été discutée par les scientifiques, certains suggèrent que c'est la sécrétion larvaire de soie qui offre des opportunités d'exploiter différentes niches écologiques (Mackay & Wiggins, 1979), d'autres pensent que c'est la capacité des larves à exploiter les ressources alimentaires de nouvelles manières grâce à leur construction diversifiée de fourreaux / retrait / filet filtrant (Wiggins, 1998).

Les Trichoptères sont proches des Lépidoptères et sont des insectes à métamorphose complète (holométaboles) présentant deux écophases. Les stades immatures et les nymphes sont aquatiques et donc morphologiquement très différents des adultes aériens. Une seule espèce des Limnephilidae « Enoicyla » s'est adapté à la vie terrestre.



Photo1 : Forme générale d'un Trichoptère adulte (www.bestioles.ca)

I.3.2 Classification

D'après Faessel (1985), la systématique des Trichoptères se fait à partir des caractères fondamentaux des Insectes ptérygotes : thorax formé de 3 segments portant chacun une paire de pattes, les segments 2 et 3 étant pourvus chacun d'une paire d'ailes, abdomen le plus souvent constitué de 10 segments. Leur développement post embryonnaire est graduel et présente, en plus de plusieurs stades larvaires, un état nymphal (insectes holométaboles) durant lequel apparaissent les ailes qui se développent à l'intérieur de fourreaux alaires (Insectes endoptérygotes). La présence de nombreuses soies (poils) sur les ailes est à l'origine du nom donné à cet ordre.

L'ordre des Trichoptères se présente comme suit (<https://inpn.mnhn.fr/>) :

Règne : Animalia Linnaeus, 1758

Sous-Règne : Eumetazoa Bütschli, 1910

Clade: Bilateria Haeckel, 1874

Infra-Règne: Protostomia Grobden, 1908

Clade: Cuticulata

Clade: Ecdysozoa Aguinaldo, Turbeville, Linford, Rivera, Garey, Raff & Lake, 1997

Clade: Panarthropoda Nielsen, 1995

Phylum : Arthropoda Latreille, 1829

Sous-Phylum : Pancrustacea Zrzavý & Štys, 1997

Infra-Phylum: Altocrustacea Regier, Schultz, Zwick, Hussey, Ball, Wetzer, Martin & Cunningham, 2010

Super-Classe : Hexapoda Blainville, 1816

Classe : Insecta Linnaeus, 1758

Infra-Classe : Dicondylia Hennig, 1953

Infra-Classe : Pterygota Brauer, 1885

Clade : Neoptera Martynov, 1923

Ordre : Trichoptera Kirby, 1813

I.3.3 Origine

Selon D'Haese (2004), l'émergence du milieu aquatique pour coloniser le milieu terrestre est une des transitions majeures au sein des Arthropodes, soit les premiers Ptérygotes ont eu des larves aquatiques et auraient reversé vers une vie pleinement terrestre comme chez les Néoptères, soit des larves aquatiques sont apparues indépendamment comme chez les Odonates et les Ephéméroptères. Dans les deux cas, différents groupes ont acquis des larves aquatiques secondairement : par exemple les Plécoptères, les Trichoptères et les Coléoptères

Les monophylies des Trichoptères des Lépidoptères et des Amphiesrnenoptères sont établies, principalement à partir des travaux cladistiques très complets de Kristensen et al. (2007) et des recherches embryologiques de Koyabashi & Ando (1988).

Les Mécoptères sont considérés comme les ancêtres fossiles des Lépidoptères, des Trichoptères et des Diptères (Sukatcheva, 1991). La plupart des auteurs s'accordent à faire des Trichoptères un groupe frère des Lépidoptères, suivant, en cela l'opinion de Tullyard (1935), confirmé par des travaux récents en biologie moléculaire Pashley et al. (1993). L'ordre des Trichoptères se distingue des Lépidoptères par les pièces buccales, la présence de poils sur les ailes au lieu d'écaillés, de longues antennes et la vie des larves qui est aquatique.

Tous les Trichoptères ont dérivé d'une seule famille des Philopotamidae qui est connue depuis le Trias (Sukatcheva, 1980). Cette famille s'est diversifiée pendant le Jurassique et le Crétacé.

Les cours d'eau supérieurs dont les températures de l'eau sont froides sont les habitats d'origine des Trichoptères et où sont apparus la plupart des grands types biologiques au début du Crétacé

(Ross, 1967). Les autres habitats ont été colonisés par la suite grâce aux adaptations évolutives et à des conditions thermiques différentes.

Ross (1956) a montré que lorsque des groupes colonisent à la fois les milieux lotiques et les milieux lenticques plus chauds, les formes archaïques sont celles du milieu lotique.

Au sein des Trichoptères, il est désormais admis que l'ordre contient deux sous-ordres monophylétiques, Annulipalpia et Integripalpia, avec un troisième sous-ordre, Spicipalpia. Ross (1956, 1964, 1967) a fourni la première hypothèse phylogénétique de super ordre et de la superfamille, d'autres phylogénies fondées ont été proposées pour défier Ross (Fig. 1), selon Kjer et al. (2001), les hypothèses diffèrent dans le placement et monophylie de Spicipalpia.

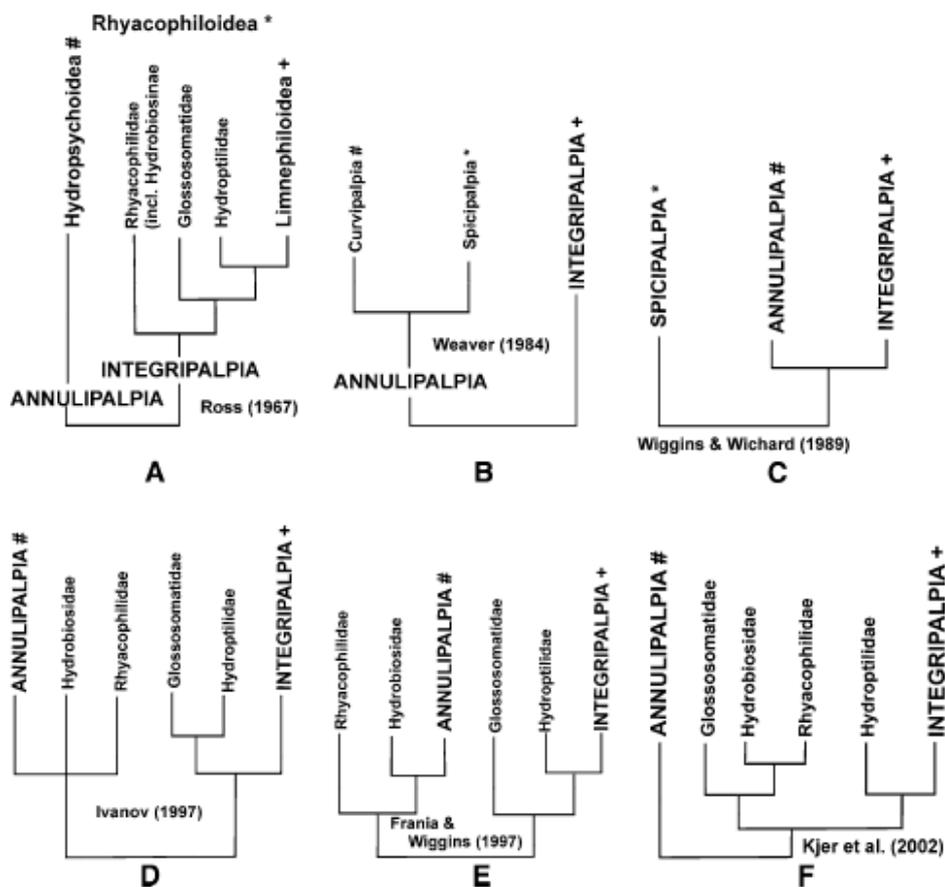


Figure 1 : Cinq hypothèses contemporaines de relations de subordination des Trichoptères (Kjer et al., 2001)

I.3.4 Histoire de la Trichoptérologie

Les Trichoptères sont connus depuis fort longtemps des entomologistes. Mouffet, auteur anglais du premier livre d'entomologie « The Theatrum Inseciorum », parlait déjà en 1658 des larves de Trichoptères. Le nom de Trichoptera a été créé par Kirby en 1813. Les premières connaissances sur les Trichoptères ont été réalisées par le médecin et naturaliste genevois François-Jules Pictet

(1834). En 1983, Botosaneanu a présenté dans le bulletin de la société d'Entomologie une histoire de la Trichoptérologie. Il a divisé cette période en trois époques : la première période correspond aux travaux des pionniers tels que Eaton, Stephens, Kolenati...qui ont effectuées les premières études faunistiques et descriptifs sur les Trichoptères, la deuxième période a été marquée par l'apparition en 1874, de l'ouvrage de Mac Lachlan considéré comme un chef d'œuvre publié à Londres depuis 1874-1880 avec un additional supplement en 1884. Par la suite au 19^{ème} siècle, plusieurs scientifiques ont émergé tels que Rudolf Meyer-Dür qui a recensé 206 espèces dans son Catalogue des espèces indigènes. Mosely en 1939 a pris la relève de Mac Lachlan en publiant un ouvrage consacré à la faune Britannique et celle du bassin méditerranéen. La troisième période s'étend depuis la fin de l'apparition de la monographie de Mac Lachlan jusqu'à la deuxième guerre mondiale. Cette période est caractérisée par la diversité des Trichoptérologiste tels que Siltalai H., Martynov A. V., Klapalek F. et c'est à cette période que voit naitre des travaux envisagés à titre expérimentale sur l'éthologie des Trichoptères tels que celle de Marshall S. et Lloyd. JT

En 1957, Nielsen ramène de nouvelles connaissances sur la morphologie des Trichoptères grâce aux études approfondies effectuées sur les appendices des génitalia mâles.

Cependant, la systématique des Trichoptères, tant celle des larves que celle des adultes, est restée très confuse, rendant souvent impossible toute comparaison de travaux sur l'écologie des larves. Les premières mises au point concernant les imagos grâce aux travaux de Kimmins (1957), Botosaneanu et Marinkovic-Gospodnetic (1966), Tobias (1972), Morse et al., (1971), Kumanski (1985- 1988-1997) et Botosaneanu (1974), Malicky (1977) et Badcock (1977), Morse (1997-2009) ont permis de préciser progressivement l'identité d'un grand nombre d'espèces d'Europe occidentale. De façon presque simultanée, des clés ont été proposées pour la détermination des larves Sedlack (1971), Hildrew & Morgan (1974), Verneaux et Faessel (1976), Statzner (1976), Boon (1978), Wiberg-Larsen (1980), Garcia de Jalon (1981), Bournaud et al.(1982), Waringer & Graf (2013), Zamora et al. (1995-2017).

I.3.5 Morphologie de l'insecte

I.3.5.1 L'imago

Les imagos des Trichoptères sont de taille moyenne variant de 5mm (Hydroptilidae) à 20mm environ (Pryganeidae et certains Limnephilidae). Ils sont reconnaissables à la disposition des ailes qui, chez l'animal au repos, sont disposées en forme de toit sur l'abdomen (Fig. 2).

Deux yeux composés latéraux sont disposés sur une petite tête transverse ; trois ocelles ornent la partie supérieure de la tête, elles sont absentes chez les représentants de certaines familles. L'appareil buccal, primitivement de type broyeur, est modifié chez l'adulte par la régression des

Les pattes thoraciques sont de type marcheur, des éperons mobiles ornent les tibias. Les ailes sont membraneuses et recouvertes de poils, la postérieure qui est la plus courte présente un champ anal. La nervation simple est dominée par les nervures longitudinales. Ses variations sont caractéristiques des familles ou des genres. L'abdomen ne compte que dix segments. Le premier est réduit aux tergites, les 9^{ème} et 10^{ème} participent à la formation des organes copulateurs (Fig. 2). Les ocelles, les éperons et les palpes maxillaires des adultes ou nymphes matures sont des critères d'identification des familles des Trichoptères. Une formule a été établie par Malicky (1983-2004). Dans un premier temps, comparez (1) la formule de l'éperon, (2) la présence ou l'absence d'ocelles (3) le nombre de segments dans les palpes maxillaires des mâles, Les femelles des espèces européennes ont toujours cinq segments de palpe maxillaire, des mandibules et la formation d'une sorte de mufle maxillo-labial ou haustellum. Les palpes, généralement formés de cinq articles, présentent des variations liées au sexe. Chez les Integripalpia, le mâle ne possède que trois articles (Fig. 3)

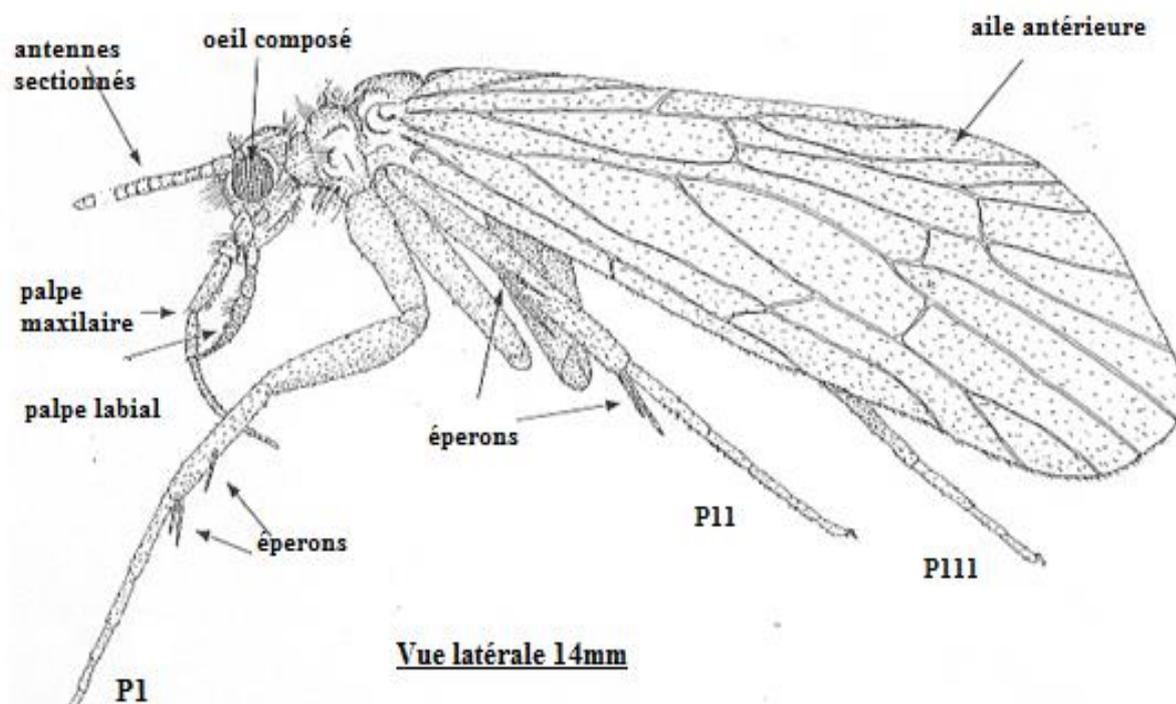


Figure 2 : Morphologie générale de l'imago (Opie-Benthos)

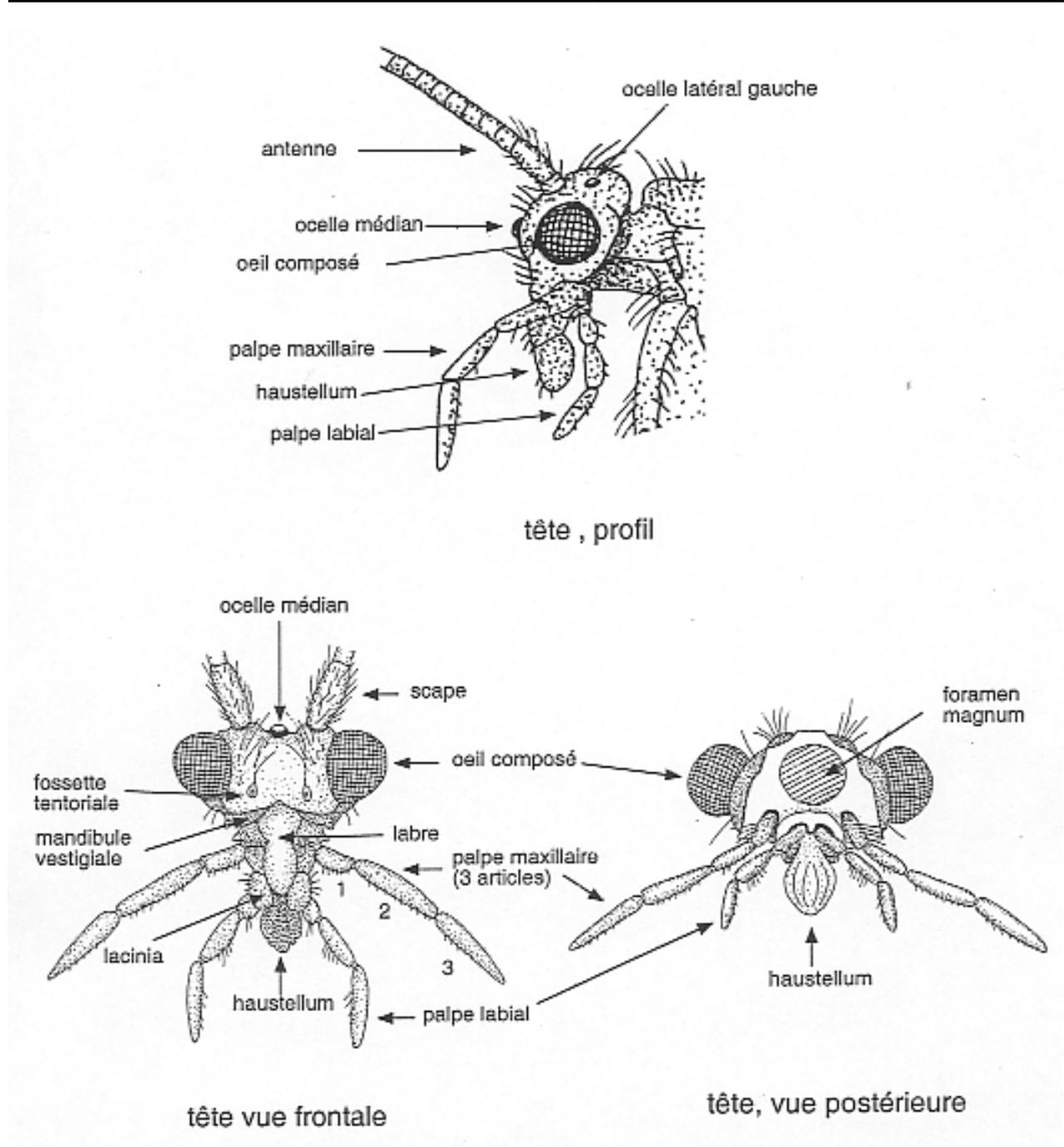


Figure 3 : Schéma de la tête d'un Trichoptère dulte (Opie-Benthos)

D'après Niemen (1957), l'identification spécifique nécessite les pièces génitales du mâle qui jouent un rôle primordial dans les étapes taxonomiques sur les Trichoptères, car elles fournissent non seulement la seule base possible pour les distinctions spécifiques, mais aussi des éléments très importants pour les classifications génériques et même familiales. En parcourant la littérature consacrée aux Trichoptères, Nielsen (1957) constate que les descriptions des figures de génitalia sont insuffisantes pour servir à des études morphologiques et phylétiques et ne sont guère utiles qu'à des déterminations de collections. Pour contribuer et combler cette lacune, il a entrepris une vaste étude morphologique et anatomique sur les génitalia de plusieurs mâles et il est parvenu à

comprendre et interpréter les connexions sclérotiques complexes qui réunissent les appendices entre eux, de même que la musculature d'armatures.

I.3.5.2 La larve

La larve est de type encéphale ; on distingue aisément la tête, le thorax et l'abdomen (Fig. 4)

A- Caractéristiques morphologiques

Toutes les larves de Trichoptères possèdent les caractéristiques suivantes (Tachet et al., 2006) :

- ✓ Des yeux simples
- ✓ Absence de fourreau alaire
- ✓ Présence de pattes thoraciques
- ✓ Des mandibules plus petites que la tête
- ✓ Une paire de crochets sur les pygopodes

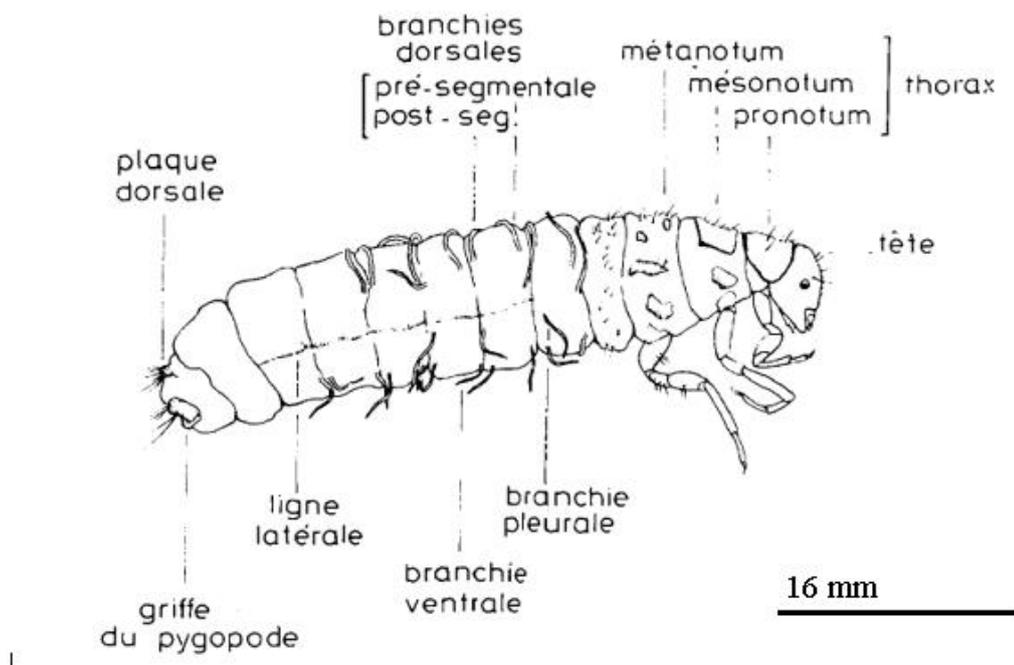


Figure 4 : Morphologie de la larve de Trichoptère (Faessel, 1985)

Il existe deux types de larves morphologiquement différents ayant chacun des particularités éthologiques propres (Horeau C. & Horeau G., 1999) :

1- Les larves présentent un comportement constructeur (au moins chez la majorité des espèces) tout au long de leur vie larvaire de type éruciforme. La tête souvent courte et large, fait un angle presque droit avec l'axe du corps (hypognathe). Les éléments de l'étui sont collés entre eux grâce à la soie provenant de deux glandes séricigènes (glandes produisant de la soie). La structure de ces glandes est proche de celles des "vers à soie". Les crochets permettent aux larves de les maintenir à l'intérieur des fourreaux généralement cylindriques mobiles [(Figs. 5-6), Photo. 2].

2- Les larves des Annulipalpia, dépourvues de fourreau mobile, sont de type campodéiforme. La tête de forme généralement elliptique, le plus souvent plus longue que large, est située dans le prolongement de l'axe du corps (prognathe). L'abdomen quant à lui, est formé de neuf segments. Les pygopodes, ou fausses pattes anales insérés sont soit directement sur l'abdomen ou à l'extrémité de fausses pattes anales, elles sont longues et servent à la locomotion. Les larves sont presque toutes sans fourreau mobile. Ce qui les dote d'une certaine liberté les amenant à construire des abris fixes ou des filets en soie [(Fig. 7), Photo. 3]

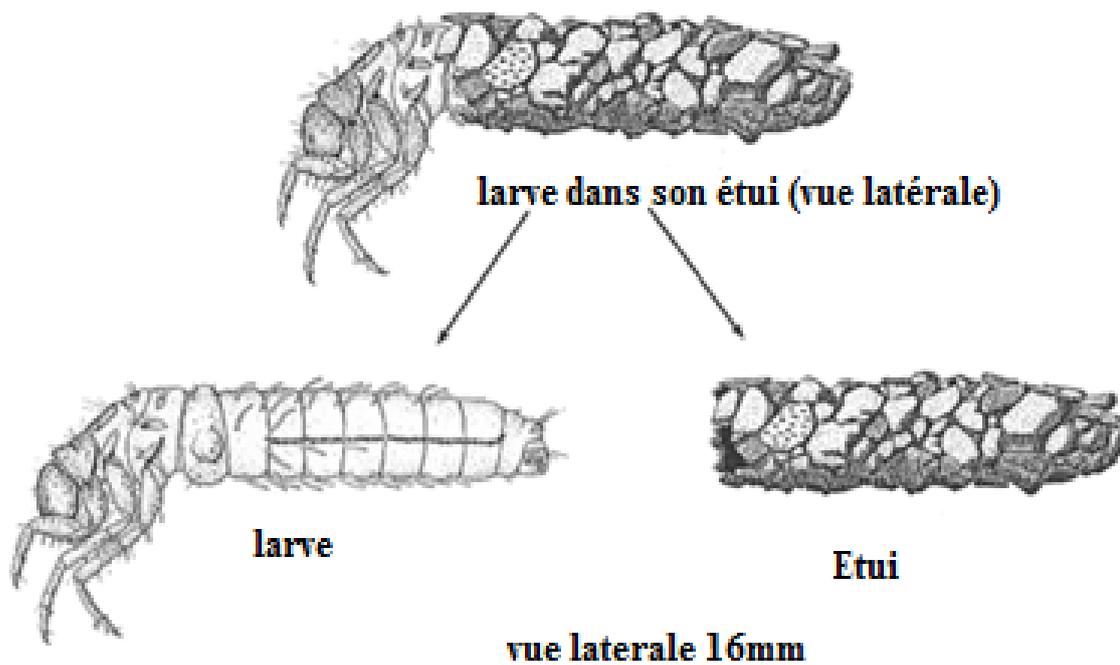


Figure 5 : Schéma de larve à étui (Opie-Benthos)



Photo 2 : Larves à étui (<https://espacepurlavie.ca/file/5370>)

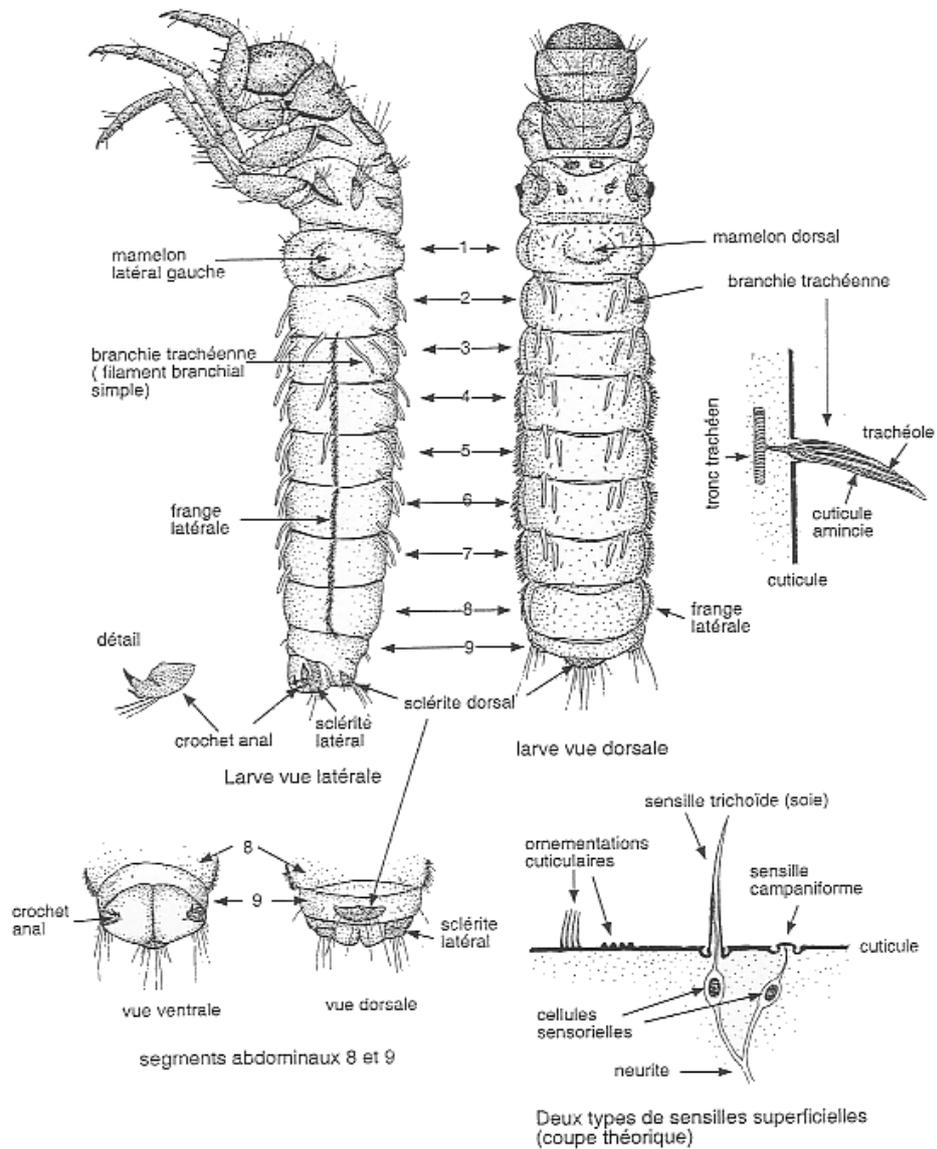


Figure 6 : Schéma descriptif d'une larve à étui (Opie-Benthos)

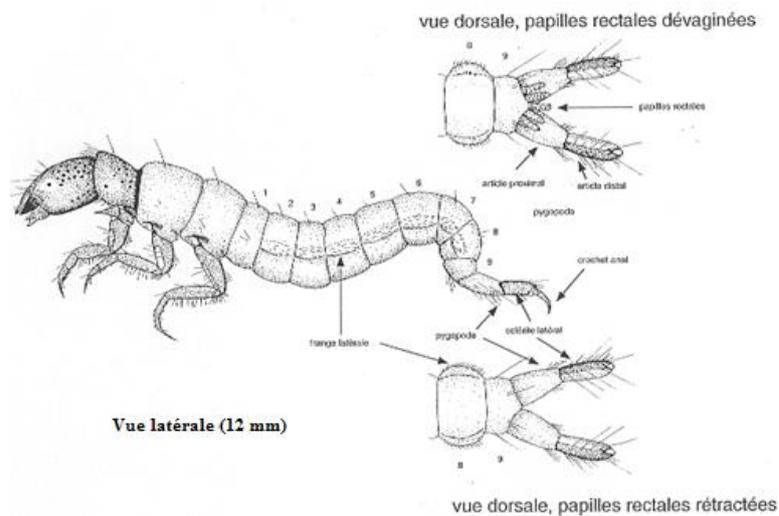


Figure 7 : Schéma d'une larve sans étui (Opie-Benthos)



Photo. 3 : Larve nue d'une larve de la famille des Rhyacophilidae en vue ventrale (corps campodéiforme à pronotum et tête seuls sclérifiés, houppes de trachéobranchies *abdominales localisées sur les côtés...pattes anales assez longues* (Photos J.P. Marino)).

➤ La tête

Le frontoclypeus triangulaire ou rectangulaire orne la face supérieure de la tête qui est souvent sclérotinisée. Les "genae" portent latéralement une paire d'yeux et une paire d'antennes rudimentaires (Fig. 8). Les pièces buccales sont de type broyeur et rappellent beaucoup celles des chenilles de lépidoptères, elles sont composées d'un labre généralement sclérotinisé, les palpes labiaux sont très réduits ou totalement absents, deux glandes séricigènes de structure analogue à celle des chenilles des papillons, de deux fortes mandibules et de palpes maxillaires de quatre ou cinq segments (Fig. 9).

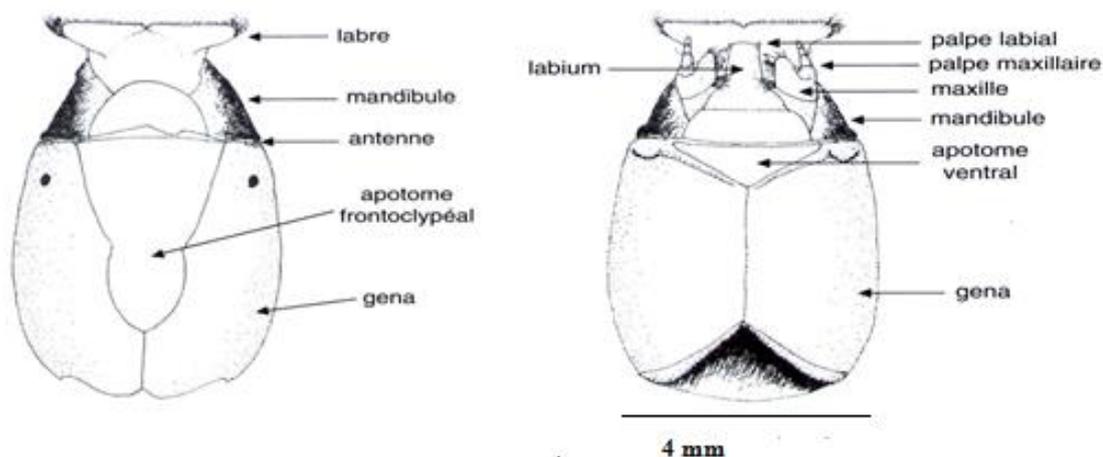


Figure 8 : Tête d'un Trichoptère : faces ventrale et dorsale (Tachet et al., 2006)

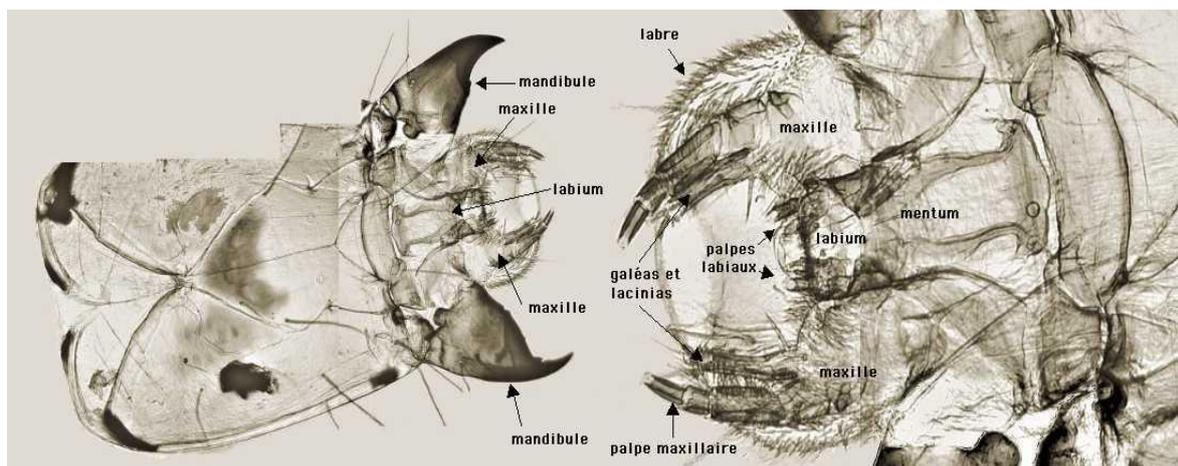


Figure 9 : Vue ventrale de la tête de la larve montrant les pièces buccales (photos J.P. Marino)

➤ Le thorax

Il est formé de trois segments bien individualisés portant chacun une paire de pattes. Ils se caractérisent par la présence de formations sclérifiées dorsales plus ou moins importantes. Ces sclérifications sont utilisées comme critère de détermination des différentes familles.

La partie dorsale des segments thoraciques est désignée sous les termes de pro-méso- et métanotum correspondant respectivement au 1^{er} premier, deuxième et troisième segment thoracique (Figs. 6-7).

Le pronotum est toujours entièrement sclérifié, les deux autres segments pouvant présenter ou non des plaques ou des taches sclérifiées. La région pleurale (formation latérale des segments comprise entre le tergite dorsal et le sternite ventral peut parfois être munie de branchies, elle comporte toujours un certain nombre de plaques sclérifiées que l'on désigne sous le terme de pleuron, ces formations permettant l'articulation de la patte sur le thorax. Toutes ces sclérifications sont fréquemment munies de soies dont la disposition et le nombre sont utilisés dans la systématique de ces larves. Les pattes pro-thoraciques se terminent par des griffes, elles peuvent être courtes et fortes et s'avèrent utiles dans la construction des filets et des cases. Les deux autres paires sont utilisées pour la locomotion. L'ornementation en soies et éperons est utilisée comme caractère taxonomique.

➤ Abdomen

Il est allongé mou, membraneux et formé de neuf segments parfois couverts de microvillosités. Il est terminé par une paire de fausses pattes anales dont le dernier article est muni de forts crochets et de soies particulières sur l'article basal. Sur les segments abdominaux en rangées dorsales, ventrales et latérales se trouvent des branchies trachéennes de type tubulaire, filamenteuses, parfois isolées, parfois groupées en bouquets dont le nombre, la disposition et la forme sont variables suivant les genres ou même les espèces segment (Figs. 6-7)

I.3.5.3 La nymphe

Durant les premiers stades, la larve ne possède pas de trachéobranches. La métamorphose en nymphe s'effectue sous l'eau, au sein d'un abri. Pour cela, les larves campodéiformes se construisent un cocon. Alors que les larves éruciformes, à l'aide de fils de soie ou de petites pierres, obstruent suffisamment les deux extrémités de leur fourreau, pour être à l'abri tout en offrant un passage à l'eau nécessaire à la respiration (Fig. 10)

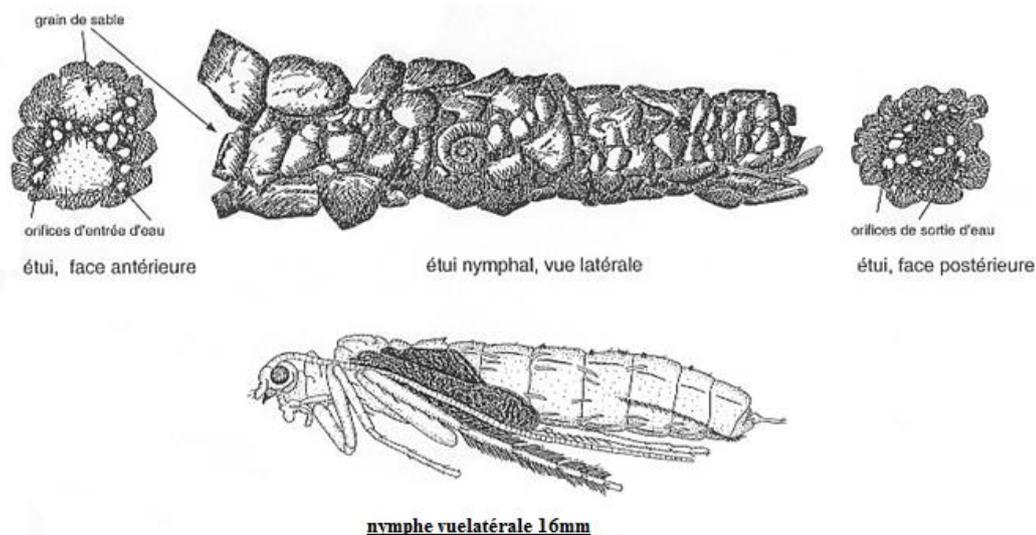


Figure 10 : Morphologie de la nymphe Trichoptère à étui (Opie-Benthos)

La durée la nymphose dure entre deux et trois semaines. Des mouvements ondulatoires de la nymphe sont observés à l'intérieur du cocon. La respiration est assurée par ces mouvements, la nymphe ressemble à un imago mais avec des trachéobranches. Elle possède de longues mandibules pour obstruer l'extrémité antérieure, elle gagne la surface en nageant le dos tourné vers le bas ou en grimpant sur les éléments environnants. Les pattes intermédiaires ciliées servent de rame. Une fois en surface, à moins qu'elle ne trouve un support pour s'extraire de l'eau, elle se maintient en cette position. La nymphe quitte alors sa dépouille et l'insecte ailé naît. Il s'envole très rapidement. L'éclosion a souvent lieu la nuit (Faessel, 1985).

I.3.6 Le cycle biologique

Pour la plupart des Trichoptères, le cycle comprend cinq stades larvaires aquatiques, un stade nymphal aquatique et un stade adulte aérien et terrestre. L'accouplement et la ponte ont lieu pendant le stade aérien, au cours duquel la prise d'eau ou de nourriture sont des phénomènes marginaux.

Les œufs sont en général émis en paquet enrobé d'une substance gélatineuse. Suivant la nature de cette substance, le paquet d'œuf est par la suite fixé à un substrat, à l'intérieur ou en dehors de l'eau. On distingue deux types de pontes : la ponte gélatineuse dont la substance enrobante assez abondante se gonfle au contact de l'eau (Exemple Leptoceridae) (Bertrand, 1954) et la ponte cimentée dont la substance enrobante est peu abondante et ne gonfle pas (Exemple Hydropsychidae, Hydroptilidae) (Bertrand, 1954). Les œufs sont allongés, ronds ou ovales de couleur jaune verte et de très petite taille 0,2 mm à 1 mm. Le développement des larves commence aussitôt après la ponte (Photo. 4).

A tous les stades de développement, les diapauses ont été mises en évidence par Wiggins (1977). Elles sont avantageuses pour les espèces colonisant les milieux temporaires ou quand les conditions de l'environnement deviennent défavorables.

Elles permettent de suspendre le cycle de développement (Wiggins, 1973a ; Harper & Hynes, 1970). Mais en plus de cette suspension, elles permettent surtout de synchroniser l'émergence des adultes afin de faciliter la rencontre des sexes première étape de la reproduction. Emergence des adultes est liée à la température ou à la durée du jour. La compétition interspécifique entre les espèces est réduite grâce à la période et la durée d'émergence qui diffèrent en fonction des espèces. Selon (Resh, 1976), il y a un calage du cycle de développement sur le cycle annuel des saisons et d'après (Decamps, 1967 ; Gose, 1970), le voltinisme peut varier en fonction des différences thermiques régionales et Il peut également être modifié localement par un réchauffement des eaux dans des lacs (Ulfstrand, 1968) ou des réservoirs artificiels (Mackay, 1979).

D'après (Gibon et al., 2001), une à deux générations annuelles bien synchronisées sont observées dans les zones tempérés alors que dans les milieux tropicaux la situation semble être différente, le cycle saisonnier est présent mais les températures moyennes plus chaudes, présentent des variations de plus faibles amplitudes et n'ont pas les mêmes effets biologiques et écologiques, ainsi les vitesses de développement sont plus grandes. Pour les Trichoptères, cela pourrait signifier l'indépendance du cycle biologique et du cycle saisonnier annuel. Cette indépendance peut elle favoriser l'accélération de la croissance et la multiplication du nombre de générations annuelles ? Il existe peu d'éléments de réponses à ces questions (Gibon et al., 2001), ils concernent surtout les Hydropsychidae (- Afrique occidentale : Stazner 1981- 1982 ; Schornxer, 1992 - Hongkong & Dudgeon 1997) et les Calamoceratidae (Dudgeon, 1999), plus rarement les communautés entières (Yule & Pearson, 1996).

Les adultes s'éloignent assez peu des eaux où ont vécu les larves. La journée, ils demeurent blottis dans des abris. Ce n'est que vers la fin de journée qu'il est possible de les voir voler près de l'eau (Bertrand, 1954). C'est souvent en vol, lors de la formation des essaims, que les mâles recherchent les femelles. Le stade adulte correspond essentiellement à la période de reproduction. La ponte suit,

de près l'accouplement. Elle varie de quelques heures à un petit nombre de jours (Grassé, 1951). La longévité des adultes est variable suivant les espèces. Par ailleurs, elle n'a pu être observée et mesurée qu'en captivité, elle est l'ordre de 80 jours (Grassé, 1951). Dans la nature, elle doit être beaucoup plus faible (Faessel, 1985).

Le voltinisme est déterminé par les différences thermiques régionales (Decamps, 1967 ; Gose, 1970). La température de l'eau joue aussi un rôle dans le voltinisme, un réchauffement des eaux dans des lacs ou des réservoirs artificiels actifs favorise l'envol (Ulfstrand, 1968 ; Mackay, 1979).

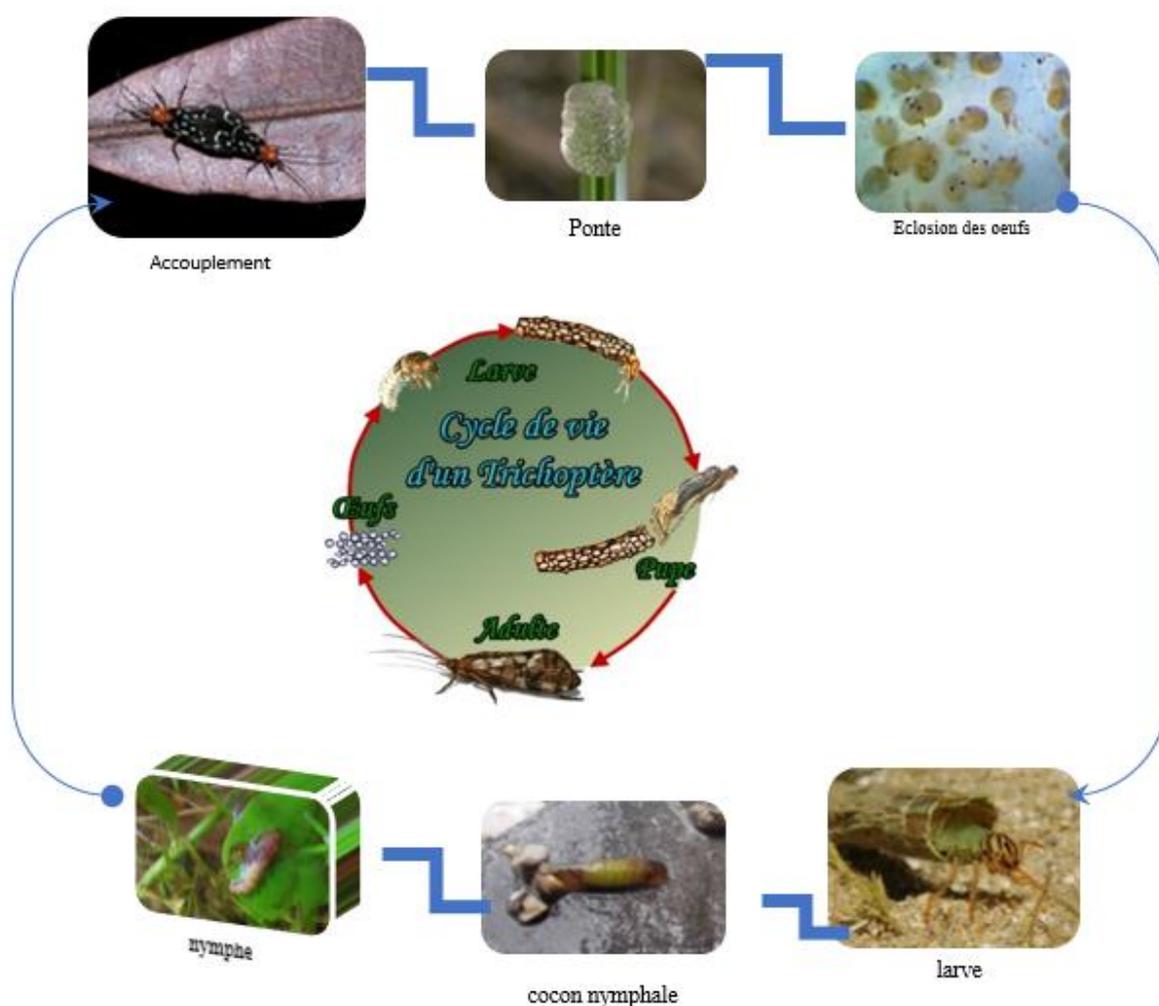


Photo 4 : Cycle de vie d'un Trichoptère

<https://doris.ffessm.fr/Especies/Trichoptera-ordre-larves-Larves-de-Trichopteres-2965>

I.3.7 Caractéristiques biologiques

La respiration des larves est indépendante de la surface. Elle est plutôt cutanée. Chez certains groupes, on observe la présence de branchies abdominales filamenteuses. Les larves libres sont

principalement rhéophiles et dépendent du courant pour leur alimentation en oxygène. Ceci dit, les cocons, les fourreaux ainsi que les constructions fixées, permettent grâce à des mouvements ondulatoires abdominaux une amélioration de l'efficacité respiratoire. Ce rôle est soupçonné depuis longtemps par Milne et Margery (1938). Il a été démontré expérimentalement par Fox & Sydney (1953).

Comparativement aux autres ordres, l'opportuniste est une caractéristique importante du comportement alimentaire des larves de Trichoptères. L'évolution du groupe s'est faite en développant de nouveaux modes d'acquisition de la nourriture plutôt qu'en se spécialisant sur un type d'aliments. La présence et la nature d'un fourreau, celle d'une retraite ou d'un filet de capture, sont des éléments déterminants les stratégies alimentaires (Gibon, 2001), ainsi, on distingue :

- Chez les Rhyacophilidae, les larves libres sont de grandes prédatrices ;
- Chez les Glossosomatidae, les carapaces en forme de selle (ou carapace de tortue) permettent, à l'abri de ce bouclier, l'exploration des surfaces hygrométriques en vue du broutage du périphyton, des diatomées ou de microparticules organiques ;
- La plupart des Hydroptiloidea sont spécialisées dans la consommation des algues filamenteuses, certains d'entre eux, se nourrissent de périphyton ou de particules organiques ;
- Les Hydropsychoidea construisent des retraites ou abris. Ces derniers sont fixés au substratum auquel sont associés des filets en position perpendiculaire au courant. Ces animaux constituent des filtreurs (Cummins, 1973) du fait que la ressource alimentaire soit déterminée par la structure du filet et sa localisation. Le régime omnivore inclue de nombreux petits invertébrés ;
- La plupart des Limnephilidae, principaux colonisateurs des zones lenticules, se nourrissent des matières végétales en décomposition. Ces matières sont souvent d'origine terrestre (Faessel, 1985).

I.3.8 Ethologie

Les adultes sont souvent crépusculaires, de jour ils demeurent blottis dans les broussailles et les herbes basses ainsi que dans les crevasses des rochers ou des arbres. Leur activité commence avec le déclin du jour et ils volent près des eaux, soit isolément, soit en groupe, parfois en véritables essaims, ils ont peu d'interférences directes avec les activités humaine (Tachet et al., 2006). Pour pondre, les femelles descendent en général sous l'eau, soit en marchant, soit en nageant.

Selon Bournaud (1971), la présence parfois abondante des imagos de Trichoptères dans les cavités souterraines est bien connue des spéléologues, mais elle continue de poser une double énigme aux biologistes : comment ces animaux parviennent à pénétrer les grottes et quelle est la signification biologique de ce séjour dans le monde souterrain. Bournaud & Bouvet en 1969 ont consacré toute une étude à ce sujet, il s'avère que les Trichoptères sont très nombreux à l'entrée des grottes à condition que la lumière du jour soit atténuée, cependant il n'est pas rare de

rencontrer quelques individus à grande profondeur en citant les travaux de Ginet (1955) et Moretti & Gianotti (1956) respectivement 166 et 178m. Trois genres troglodites réguliers retrouvés dans les grandes profondeurs sont : *Stenophylax*, *Microterma* et *Mesophylax*

I.3.9 Biogéographie

Les Trichoptères sont présents sur tous les continents à l'exception de l'antarctique. Selon Gibon & Randraimasimanana (2001), si l'on considère la richesse spécifique, l'Afrique est le continent le plus pauvre en Trichoptères. Comme il est de règle chez les Insectes, les zones tropicales sont plus riches que les zones tempérées ou froides, mais, cet effet est moins net que pour les groupes terrestres, cela tient, pro parlé, au fait que les Trichoptères sont particulièrement abondants et divers dans les zones montagneuses humides. L'Afrique est le continent où la situation taxinomique est la moins avancée. Cette situation provient du fait que l'inventaire biologique a démarré plus tôt ; certains travaux anciens sont maintenant peu utilisables aux niveaux spécifique et générique. Le fait qu'une partie du continent ait été sous l'influence culturelle française a relativement défavorisé les recherches naturalistes.

Tableau 1 : Richesse spécifique de l'ordre des Trichoptères dans les grandes régions faunistiques (Gibon & Randraimasimanana, 2001)

Région faunistique	Richesse spécifique
Afrotropicale	920
Paléarctique	1724
Paléarctique orientale	1228
Néarctique	1524
Neotropicale	2072
Orientale	3522
Australienne	1116

I.4 Evaluation du statut de protection des espèces

I.4.1. Utilité des statuts de protection des espèces de Trichoptères

Les habitats des espèces de Trichoptères de l'Ouest algérien s'insèrent dans le parc national de Tlemcen d'une superficie de 8225 ha qui est riche sur le plan patrimoine naturel mais il s'insère également dans le corridor Oranie-Moulouya du hotspot méditerranéen (Fig. 11) reconnu pour son taux d'endémisme important. Ce double label donne à cette région, entre autres, une responsabilité en matière de protection et conservation de la diversité biologique.

C'est pourquoi, il nous a paru judicieux d'étudier ce volet pour compléter notre étude. Certes, la connaissance de la taxonomie, la biogéographie et l'écologie des espèces est importante mais elle n'a réellement d'importance que si elle contribue à la conservation et la protection du patrimoine naturel et ses habitats en raison des services écosystémiques rendus aussi bien dans les écosystèmes terrestres qu'aquatiques.

En effet, les insectes et notamment les Trichoptères jouent un rôle assez important par leur rôle pollinisateur, fertilisant et trophique dans les chaînes alimentaires donc dans le fonctionnement des écosystèmes.



Figure 11 : Corridors dans le hotspot du bassin méditerranéen

www.cepf.net/sites/default/files

Les insectes représentent 2/3 de la diversité spécifique estimée à l'échelle de la planète. Aujourd'hui on compte 1 million d'espèces décrites et 5,5 millions d'espèces estimées (Stork, 2009; Stork et al., 2015) réparties en 24 ordres, les plus diversifiés étant les Coléoptères, les Diptères, les Lépidoptères et les Hyménoptères (Stork, 2009). Les insectes doivent être pris en compte dans les stratégies de préservation de la nature, non seulement parce qu'il s'agit d'un ensemble de la biodiversité qui, de par ses fonctions et interactions avec le reste de l'écosystème dans lequel il s'insère, contribue au maintien du système et sa diversité, mais parce qu'ils constituent l'essentiel de la biodiversité planétaire.

Les insectes représentent 73% du total de la faune décrite (Rodríguez et al. 2015). Leur grande diversité et leur nombre leur donnent un rôle clé dans le fonctionnement de l'écosystème et renforcent la nécessité de conserver ces taxons (Samways, 2020). De plus, les insectes sont en

déclin dans le monde (Dunn, 2005 ; Hallmann et al., 2017), qui altèrent les services écosystémiques (Losey & Vaugan, 2006).

Pourtant, malgré leur diversité, leur importance en termes de biomasse et leur rôle crucial dans les écosystèmes, les insectes restent peu couverts par des mesures de protection ou de conservation par rapport aux vertébrés (Schuldt & Assmann, 2010 ; Small, 2012 ; Donaldson et al., 2016).

Comme tous les insectes aquatiques adultes ailés, les Trichoptères peuvent jouer un rôle par contributions directes ou par cascades trophiques, dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres par la fourniture de services écosystémiques.

Les insectes contribuent à plusieurs services écosystémiques potentiels qui sont identifiés dans la littérature :

- Ainsi, par la consommation de nectar ou pollen (Petersson & Hasselrot, 1994).
- Participation directement au service de pollinisation. Cette pollinisation des plantes des zones ripariennes contribue également à maintenir une diversité floristique élevée bénéfique aux populations de pollinisateurs terrestres tels que les abeilles ou les syrphes (Diptera) (Cole et al., 2015 ; Stewart & al., 2020).
- Ils constituent des proies importantes pour des oiseaux et chauve-souris insectivores et pollinisateurs (Whelan et al., 2008 ; Kunz et al., 2011), renforçant ainsi indirectement le service de pollinisation.
- Ils entrent également dans le régime alimentaire de nombreux prédateurs terrestres impliqués dans la régulation des ravageurs de cultures tels que les araignées et carabes (Stenroth et al., 2015) ou les oiseaux et chauve-souris (Maas et al., 2016).
- Enfin, la très grande majorité des insectes contribuent après leurs morts à la fertilisation des sols par l'apport de nutriments (azote et phosphore notamment) en quantité significative (Gratton & Zanden, 2009).
- Ces insectes aquatiques sont retenus également comme bio-indicateurs de la qualité des eaux (IBGN).

Il est aujourd'hui confirmé que la biodiversité d'eau douce existant dans le hotspot méditerranéen présente une diversité inhabituelle et abrite de nombreuses espèces endémiques aux cours d'eau, rivières, sources, zones humides et lacs de la région. Cette biodiversité est fortement menacée, alors que son importance n'était pas reconnue précédemment (Darwall et al., 2015).

Les Zones Clés pour la biodiversité (ZCB) sont des sites qui contribuent de manière significative à la persistance globale de la biodiversité. À partir des informations publiées relatives au statut de conservation et la répartition géographique des espèces (source : Liste rouge des espèces menacées de l'UICN), il a été identifié que 90 % des 3 894 sous-bassins versants fluviaux/lacustres étudiés

étaient susceptibles de remplir les critères d'admission en tant que ZCB d'eau douce (Darwall et al., 2015).

Les principales menaces pesant sur les Trichoptères des eaux douces de l'Ouest algérien au sein du hotspot méditerranéen sont la gravité accrue des sécheresses, les fortes dégradations hydrologiques suite à la construction de barrages, le pompage excessif des eaux souterraines et de surface, la pollution de l'eau et les espèces envahissantes.

Les effets de ces actions néfastes ont tendance à se répercuter rapidement sur les espèces sensibles, à tel point que leur répartition est limitée à des parties restreintes du bassin versant. Ces organismes ne parviennent généralement pas à faire face à ces menaces, leurs habitats favorables sont localisés essentiellement dans la partie amont du bassin versant et plus précisément dans les deux sous bassins versants du Chouly et Khémis.

Les principaux critères utilisés pour qu'un sous-bassin versant soit admis en tant que « ZCB proposée » est soit la présence d'espèces menacées ou ayant une aire de répartition restreinte, ou bien la présence d'une communauté d'espèces restreinte à une écorégion (Darwall et al., 2015).

L'évaluation des ZCB validés en Afrique du Nord, a permis l'identification de 1025 ZCB proposées, remplissant les critères de ZCB en raison des groupes taxonomiques d'eau douce évalués à cet endroit (Fig. 11), quatre groupes sont retenus : les plantes, les poissons, les mollusques et les Odonates.

Le bassin versant de la Tafna est désigné dans son ensemble comme ZCB avec 10 espèces de déclenchement, comprenant une espèce végétale *Damasonium polyspermum*, un poisson *Anguilla anguilla* et une communauté de mollusques d'eau douce, jugés représentatifs de la faune d'eau douce caractéristique de l'écorégion d'eau douce du Maghreb permanent. Cette zone a la particularité de se retrouver dans les limites géographiques d'une aire protégée qui est le parc national de Tlemcen, elle associe un réseau de zones humides souterraines à des rivières de montagne et à des zones humides côtières, tous reliés hydrologiquement. Comme la plupart des ZCB d'eau douce de cette région semi-aride où l'eau est déficitaire, elle présente cinq barrages et de nombreux forages responsables du captage excessif de l'eau menacent la biodiversité des eaux douces de ce bassin versant.

Les invertébrés sont partie prenante dans l'identification et la validation des ZCB. Il est nécessaire, en tenant compte de la particularité de cette sous-région, de fournir des informations supplémentaires sur les espèces d'invertébrés menacées et de préciser les sous bassins versants pouvant être concernés.

A ce stade de travail, la ZCB d'eau douce de la Tafna est certes identifiée et validée mais il est important d'enrichir ces données à partir de nos résultats sur les Trichoptères, dans le but de soutenir la mise en place des programmes nationaux et régionaux des actions de conservation

adaptées à cette ZCB. Il s'agit donc d'une proposition d'évaluation en tenant compte des quelques critères établis par l'UICN (2018).

I.4.2 Les critères de conservation

I.4.2.1. Les critères d'identification des ZCB

Les Critères actuellement utilisés pour identifier une ZCB d'eau douce (Holland et al., 2012) sont :

Critère 1 : Le site abrite (à priori ou effectivement) un nombre significatif d'individus d'une ou de plusieurs espèces menacées au niveau mondial, ou d'autres espèces d'intérêt pour la conservation.

Seuil : La présence d'une ou de plusieurs espèces CR, EN ou VU, qui déclencherà l'admission du site en tant que ZCB d'eau douce potentielle.

Critère 2 : Le site abrite (à priori ou effectivement) un nombre d'individus non négligeable d'une ou de plusieurs espèces (ou de taxons intraspécifiques) ayant une aire de répartition restreinte. Seuil :

Une valeur seuil de 20 000 km² a été appliquée aux poissons, aux plantes et aux mollusques, et une valeur seuil de 50 000 km² a été appliquée aux odonates (invertébrés).

Critère 3 : Le site abrite (à priori ou effectivement) une composante significative d'un groupe d'espèces limitées à une ou plusieurs unités biogéographiques appropriées.

Seuil : Pour déclencher l'admission, au moins 25 % des espèces totales issues d'un groupe taxonomique spécifique doivent être restreintes à l'écorégion d'eau douce dans laquelle le bassin versant est situé.

I.4.2.2 Les critères de l'UICN

L'expression « espèces menacées » comprend toute espèce dont la disparition est appréhendée.

Espèce vulnérable correspond à toute espèce dont la survie est précaire, même si la disparition n'est pas appréhendée. Évaluée à travers des méthodologies standardisées à l'échelle mondiale (UICN, 2018) une espèce menacée a une forte probabilité d'extinction (espèces) à moyen terme.

Les espèces menacées sont celles classées comme étant En Danger critique (**CR**), En danger (**EN**) ou Vulnérable (**VU**). Selon la Liste rouge de l'UICN des espèces menacées (UICN, 2012), dans le cas du critère ZCB, «menacé » comprend également les espèces classées au niveau régional ou national en tant que CR, EN ou VU, selon les catégories et les critères de la Liste rouge de l'UICN (UICN 2012), qui sont endémiques à la région ou au pays en question.

Les espèces peuvent être classées dans les autres catégories suivantes :

NT : Quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises)

LC : Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition est faible)

DD : Données insuffisantes (espèce pour laquelle l'évaluation n'a pas pu être réalisée faute de données suffisantes)

NA : Non applicable (espèce non soumise à évaluation car introduite dans la période récente ou présente dans la région de manière occasionnelle ou marginale)

NE : Non évaluée (espèce non encore confrontée aux critères de la Liste rouge)

Ces critères sont basés sur différents facteurs biologiques associés au risque d'extinction, il s'agit de la taille de la population, le taux de déclin, l'aire de répartition géographique, le degré de peuplement et de fragmentation de la répartition. Il suffit qu'au moins un des critères A à E soit rempli pour qu'une espèce soit classée dans l'une des catégories En danger critique (CR), En danger (EN) ou Vulnérable (VU).

Chapitre 2

Méthodologie

Chapitre 2 Matériels et méthodes

II.1 Présentation du milieu d'étude

II.1.1 Aire d'étude

L'aire d'étude regroupe les deux bassins versants situés à l'extrême nord-ouest algérien.

II.1.1.1 Bassin versant de la Tafna

II.1.1.1.1 Situation géographique

Le bassin versant de la Tafna est située au Nord-Ouest du territoire algérien et couvre une zone comprise entre 1°00' et 1°45' longitude Ouest et 32°40' et 35° 20' latitude Nord. Il fait partie de l'ensemble du bassin hydrographique Oranie – Chott Chergui (Figs. 12-13). Il s'étend sur presque la totalité de la wilaya de Tlemcen, sur environ 77% de la superficie totale (Benamar et al., 2002) et déborde sur le royaume du Maroc, avec une superficie de 7245 km² dont 5578,6 km² en Algérie et 1666,3 km² (soit 23 %) au Maroc (Fig. 12). C'est un cours d'eau de 170 km de long qui prend sa source dans les Monts de Tlemcen au niveau de la wilaya de Sebdo, son écoulement y est d'abord souterrain et son exsurgence se trouve au niveau de la grotte de Ghar Boumaaza, ce qui constitue la haute Tafna.

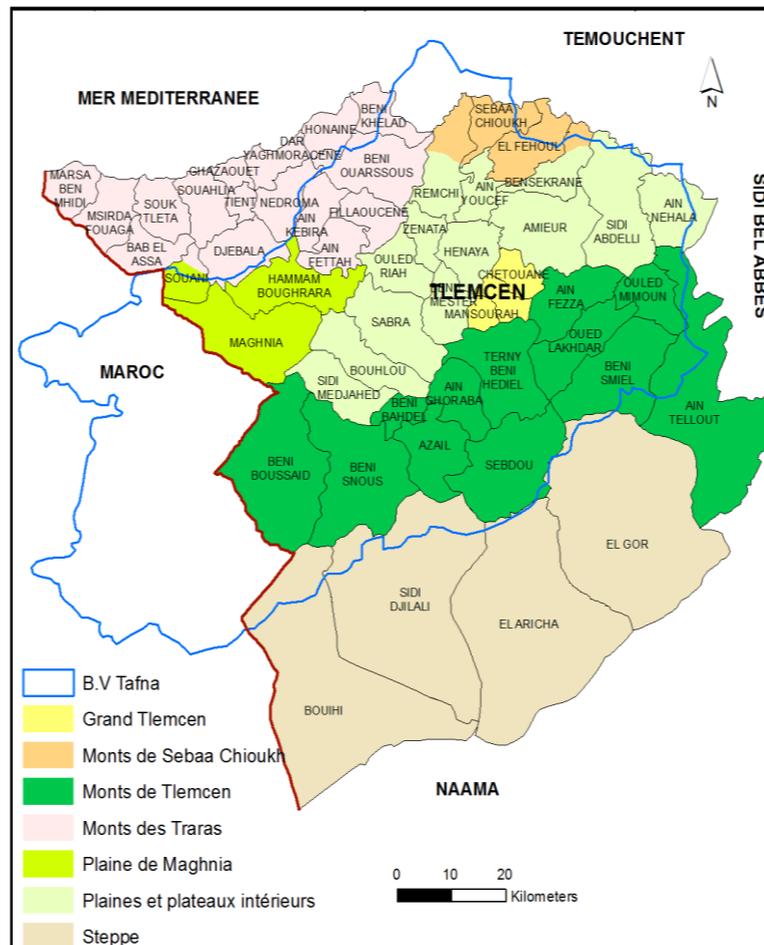


Figure 12 : Cadre géographique du bassin versant de la Tafna et la wilaya de Tlemcen (Bemoussat, 2012)

II.1.1.1.2 Géomorphologie

Le bassin versant de Tafna est diversifié dans ses formes géomorphologiques (Fig. 15). On distingue les domaines suivants pour la partie située dans la wilaya de Tlemcen :

- **Les monts des Traras** : il s'agit d'une chaîne montagneuse côtière de 1250km², située au nord-ouest de la Wilaya de Tlemcen. Son altitude moyenne varie de 500 à 1000m.
- **Les monts de Sebaa Chioukh** : C'est une chaîne montagneuse de 250Km² située au nord-est de la wilaya de Tlemcen. Son altitude moyenne est comprise entre 600 et 800m. Cette chaîne est soumise aux influences du climat semi-aride qui accentue la menace d'érosion.
- **Les monts de Tlemcen** : il s'agit d'une chaîne montagneuse de 3000km² située au sud de la Wilaya de Tlemcen. Elle s'étend à l'Ouest jusqu'au royaume marocain et à l'Est jusqu'à la Wilaya de Sidi Bel Abbès. Son altitude moyenne varie entre 1200 et 1500m culminant à 1843m à Djebel Tenouchfi. Elle est relativement bien arrosée avec des précipitations variant de 500 à 700 mm/an.
- **Les plaines et plateaux intérieurs** : ils se situent au centre du bassin versant de la Tafna entre les zones montagneuses. Ils constituent la ressource agricole la plus importante de la région. On y distingue :
 - La plaine d'Hennaya limitée au sud par les piémonts nord des monts de Tlemcen et au nord par le plateau de Zenata.
 - Le plateau de Zenata – Ouled Riah situé au nord-ouest de la plaine d'Hennaya.
 - Le plateau Sidi Abdelli- Ain Nehala situé sur la rive droite de l'oued Isser au nord d'Ouled Mimoun.
 - La plaine de Maghnia limitée au nord par les piémonts sud des Traras, au sud par les piémonts nord des monts de Tlemcen et à l'ouest par la plaine Angad (Maroc).

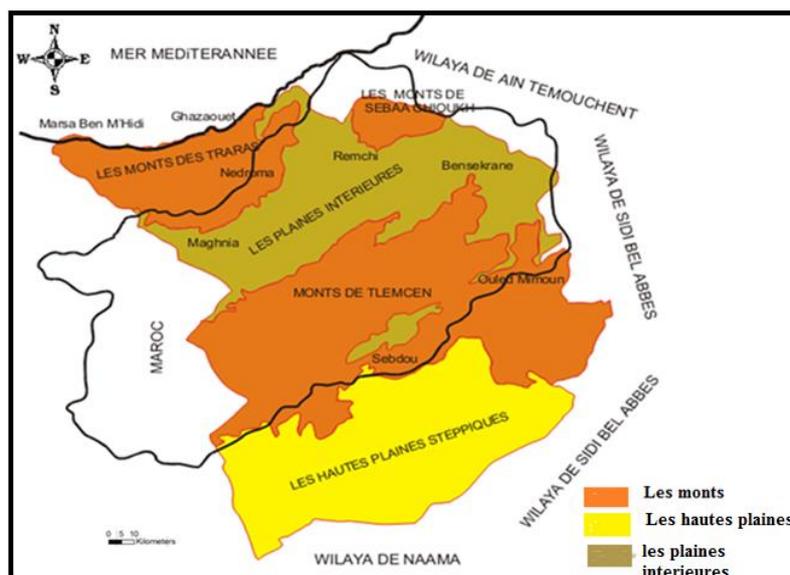


Figure 15 : Cadre géographique du bassin versant de la Tafna et de la wilaya de Tlemcen Adjim (2004)

II.1.1.1.3 Géologie

Le bassin-versant de l'oued Tafna s'étend sur presque la moitié de l'Oranie nord-occidentale et comprend deux ensembles structuraux : un ensemble atlasique au sud et un ensemble alpin au nord. Le bassin versant de la Tafna présente trois formations géologiques bien distinctes :

- Région du nord : les massifs montagneux des monts des Beni-Snassen et des Traras sont constitués de formations jurassique moyen et inférieur qui se prolongent sous les puissantes assises marneuses du Miocène à faciès tantôt argileux calcaire marneux ou encore grésomarneux comme au centre de l'Isser.
- Région sud : les massifs calcaires des monts du Tlemcen ; sont constitués par des dépôts carbonatés du Jurassique supérieur calcaires et gréseux avec deux rides anticlinales SW-NE, sensiblement parallèles, formées à l'Ouest par les djebels d'Ain-el-Hout et Hadid, à l'est par les djebels Talet et Abiod.
- Au centre : la dépression inter-montagneuse de la région de la plaine des Amgals et de Maghnia causée par les dépôts marins du Miocène supérieur et inférieur ainsi que des alluvions de sable et de graviers.

II.1.1.1.4 Réseau hydrographique

L'oued Tafna se subdivise en trois parties : la haute Tafna, la moyenne Tafna et la basse Tafna (Fig. 15).

- **La haute Tafna** prend naissance dans le plateau d'Ouled Ouriach. Son écoulement est d'abord souterrain et son exurgence se trouve sur le rebord en amont de Sebdou, au niveau de la grotte de Ghar Boumaaza. A partir de cet endroit et jusqu'à Sidi Medjahed, l'oued suit son cours dans une vallée encaissée. Dans cette région montagneuse, l'oued Tafna reçoit l'oued Khémis (rive gauche) et l'oued Sebdou (rive droite) (Fig. 16) :

- **Oued Khémis** : C'est le principal affluent rive gauche de la Tafna. Sa longueur atteint 35km et il prend sa source sur le versant nord-ouest des Monts de Tlemcen à 1050m d'altitude. Il est alimenté essentiellement par des sources qui lui confèrent un écoulement pérenne. Sa confluence avec la Tafna se fait au niveau du barrage de Beni Bahdel. Cet oued irrigue les terres de la région de Béni Snous située au sud-ouest de Tlemcen, il s'étend sur une superficie de 55543ha. Administrativement cette région comprend trois communes : Béni Snous (37495ha), Azail (12032 ha) et Beni Bahdel avec une superficie de 6016 ha, située à 35km à l'ouest de Tlemcen et s'étend sur 40km jusqu'à la frontière marocaine. Du point de vue caractéristique physique du milieu, la région de Béni Snous fait partie des monts de Tlemcen. C'est une région

à relief accidenté, 80% de son territoire est essentiellement montagneux caractérisé par une pauvreté des sols et une érosion excessive. Les 20% restants sont des vallées dont la plus importante est celle d'El Khemis. Le bassin d'Oued Khemis, d'une superficie de 350km² et d'une longueur de 93Km, est caractérisé par des pentes assez abruptes dépassant généralement 25% aux abords de l'oued. A l'Est et l'Ouest du bassin, les pentes sont fortes ou moyennes (de 3% à 25%). La couverture végétale est dense et variée.

- **Oued Sebdu** prend naissance dans les monts d'Ouled Ouriache et suit son cours dans une vallée encaissée creusant dans les terres marno-calcaires et les dolomies du jurassique jusqu'au barrage de Ben Bahdel.

- **La moyenne Tafna** : à partir de Sidi Medjahed, la Tafna coule dans une vallée peu profonde, à travers des terrains plus ou moins argileux. Cette partie du bassin est sillonnée par de nombreux affluents parmi lesquels quelques-uns sont assez importants.
 - **Les affluents de la rive gauche : Oued Ouardefou** : se forme au niveau de Maghnia par les affluents Oueds Lemhaguere et Oued Aouina. Il traverse la ville en drainant les eaux usées urbaines, les eaux résiduaires industrielles ainsi que les déchets solides (décharges sauvages dans le lit de l'Oued). A l'Est de Maghnia, il rejoint Oued Abbés en véhiculant les eaux industrielles fortement polluées.
 - **Les affluents de la rive droite** : Sur la rive droite, la Tafna reçoit l'oued Boumessaoud, l'oued Zitoun et enfin Oued Isser, l'affluent le plus important par son parcours (118Km) et son débit :
 - **L'oued Isser** prend naissance dans les terrains jurassiques des Monts de Tlemcen sur le territoire de Beni-Smiel et s'étend ainsi vers l'est de la région de la haute Tafna. A son entrée dans le bassin, il est grossi au Nord d'Ouled Mimoun par Oued Chouly (rive gauche) et Oued Ain Tellout (rive droite). Au Nord de la plaine d'Ouled Mimoun, l'Oued Isser traverse la petite plaine d'El Fehoul, au niveau de son extrémité occidentale. Par ailleurs, il reçoit sur la gauche un cours d'eau assez important et permanent : l'Oued Sikkak.
 - **Oued Sikkak** est situé au nord-ouest du territoire Algérien. Il prend naissance dans les Monts de Tlemcen, en amont du plateau de Terni où il porte le nom de Oued Ennachef. Ce dernier est retenu par le barrage du Meffrouch en amont de la ville de Tlemcen. L'Oued se reforme à partir de sources des cascades d'El-Ourit. Il traverse alors des vallées encaissées et prend le nom d'Oued Saf-Saf jusqu'en aval du village de Saf-saf puis le nom

d'Oued Sikkak à partir de la commune de Chetouane. Il traverse ensuite les plaines d'Hennaya et d'Ain Youcef où il est retenu par le barrage Sikkak dans une zone de confluence avec Isser. L'Oued Sikkak draine un sous bassin de 442km².



Figure 16 : Réseau hydrographique de la Tafna (A.N.A.T., 2010) (Actualisée)

- **Oued Chouly** prend sa source dans les Monts de Tlemcen à environ 900 m d'altitude. Il est alimenté par de nombreuses sources. Tout au long de l'oued se pratiquent les cultures maraichères, arboriculture et l'élevage. L'oued Chouly se localise au nord-ouest algérien. Il prend sa source dans les monts de Tlemcen à environ 900 m d'altitude. C'est un affluent de la rive gauche de l'oued Isser qui s'étend sur une superficie de 170Km². Sa longueur est de 21,7 km avec un indice de pente de 0,19. Il occupe une largeur de 13,31km en totalité. Le sous bassin versant d'oued Chouly possède un réseau

hydrographique très important, enrichi par de nombreuses sources alimentant régulièrement l'oued par les nappes phréatiques mais également par les précipitations dont les crues sont violentes et très irrégulières. Il est donc alimenté par des sources voisines telles qu'Ain tât Hammam et Ain Ouissert. Ce qui lui assure une alimentation permanente Bouayad Alam (2006). Ceci dit, les pompages exercés par les agriculteurs agissent négativement sur l'écoulement de l'oued. Les formations géologiques dominantes dans la commune d'oued Lakhdar sont les dolomies calcaires. Il y a deux formations marno-calcaires qui sont représentées symétriquement par rapport à l'oued dans la partie nord de la commune de Djebel El Chaïb, djebel Sidi hamza et Djebel Dar El Matmar. Il faut noter également la présence d'alluvions dans l'extrême Nord de la commune. La commune d'oued Chouly (Ouled Lakhdar), s'étend sur une superficie de 13646 ha. L'exploitation du sol fertile de la commune est limitée puisque 1961ha seulement sont utilisés à des fins agricoles. La quasi-totalité de cette ressource édaphique est concentrée le long de la vallée (P.D.A.U ANAT, 2002). Le couvert forestier occupe une superficie de 4779 ha. Les terres forestières et à vocation forestière couvrent une superficie de 4779 ha, soit un taux de boisement de 35%. Sur les versants nord des chaînes montagneuses, entourant la haute vallée de l'oued Chouly, la couverture forestière est constituée de formations végétales arborées et arbustives et des formations dégradées réduites à des maquis, des matorrals bas et des broussailles en altitude. Dans la forêt, l'action anthropique reste le principal facteur de dégradation (Bouabdellah, 1992). Elle est due aux fréquences élevées des incendies, aux défrichements et pâturages excessifs, à la coupe de bois ainsi qu'à l'insuffisance des équipements et infrastructures forestières.

➤ **La basse Tafna :** le cours inférieur de la Tafna s'étend depuis les gorges de Tahouret vers le village Fatmi connu sous le nom de Pierre du Chat (ancienne appellation) jusqu'à la plage de Rachgoun sur une distance de 20 km de plaines agricoles.

Le bassin hydrographique de la Tafna alimente cinq barrages. Le réseau hydrographique peut être séparé en deux zones soumises à des conditions différentes : la zone en amont, stable, peu influencée par les variations de débits et la zone avale, soumise à l'alternance des crues et étiages et aux eaux très chargées en matières minérales. La conductivité au niveau des sources est de 600 μ s/cm en

moyenne. Elle est liée à la nature des terrains traversés. Cette minéralisation augmente d'amont en aval par l'intromission de chlorures en majeure partie (Benamar et al., 2002).

II.1.1.1.5 Sols et végétation du bassin versant de la Tafna

Les sols du bassin de la Tafna sont composés de quatre grands ensembles (Bouanani, 2004) :

- les terres d'alluvions qui recouvrent les basses terrasses et les lits majeurs des oueds,
- les terres caillouteuses aux piémonts de Tlemcen et des Traras,
- les terres rouges à encroûtement, localisées dans les plaines de Maghnia et Ouled Riah,
- les terres marneuses, couvrant une grande partie de la région de Tlemcen.

La végétation constitue un facteur déterminant par rapport à la rapidité du ruissellement superficiel, du taux d'évaporation et de la capacité de rétention du bassin. Par conséquent, sa présence joue le rôle de « régulateur » dans le régime d'écoulement (Bouanani, 2004).

La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. Cette influence de la forêt sur le régime des eaux en domaine méditerranéen a un rôle considérable. Le paysage végétal du bassin de la Tafna a été largement dégradé et défriché, en montagne, par les incendies ainsi qu'une petite agriculture extensive et un surpâturage endémique. Ce qui a entraîné une perte d'eau par évaporation et une accélération de l'érosion.

Dans les bassins de Sebdou, Mouilah, Isser et Sikkak, à l'exception du périmètre organisé de Maghnia, les aires d'irrigation sont localisées essentiellement dans la plaine d'Hennaya et au niveau des vallées des oueds tels que l'oued Isser et l'oued Saf-Saf. Les cultures pratiquées sont dominées par des plantations maraîchères et quelques vergers d'agrumes. Les forêts, les maquis et les broussailles occupent pratiquement toute la bande des monts de Tlemcen et une partie des monts des Traras (Bouanani, 2004).

II.1.1.2 Bassin versant de Ghazouana

II.1.1.2.1 Description

Le bassin versant de Ghazouana se situe sur la frange nord orientale de la chaîne montagneuse des Traras et s'ouvre sur la mer méditerranée. Il présente une superficie de 294 km² répartie en deux sous bassins principaux celui d'Oued Tlata et d'Oued Taima. Il se caractérise par un relief accidenté avec des pentes fortes. Les altitudes culminent à plus de 1100m au djebel Fillaoucène (Fig. 17).



Figure 17 : Le bassin versant de Ghazouana (D.R.E)

II.1.1.2.2 Réseau hydrographique

D'après la carte du bassin versant d'Oued Ghazouana (Fig. 18), nous distinguons plusieurs oueds :

- Oued el Marsa qui passe au milieu de la ville de Ghazaouet et constitue le cours d'eau principal du bassin de Ghazouana.
- Oued Taima au sud de la commune de Ghazaouet et Tient et Oued Tlata qui draine l'est et le sud du bassin. Ils constituent les principaux affluents d'Oued Ghazouana qu'ils rejoignent en amont de Djamaa Sakhra.
- Oued El-Aoun qui se trouve à l'extrémité sud du bassin versant et constitue le principal affluent de oued Taima.
- Oued Sbair qui draine la commune de Nedroma et se jette dans Oued Tlata.

Ces cours d'eau sont généralement à écoulement intermittent, ils sont secs une grande partie de l'année et ne se mettent en eau que suite à d'importantes averses. Ils servent également d'exutoire pour les eaux usées provenant des agglomérations de Nedroma et Ghazaouet.

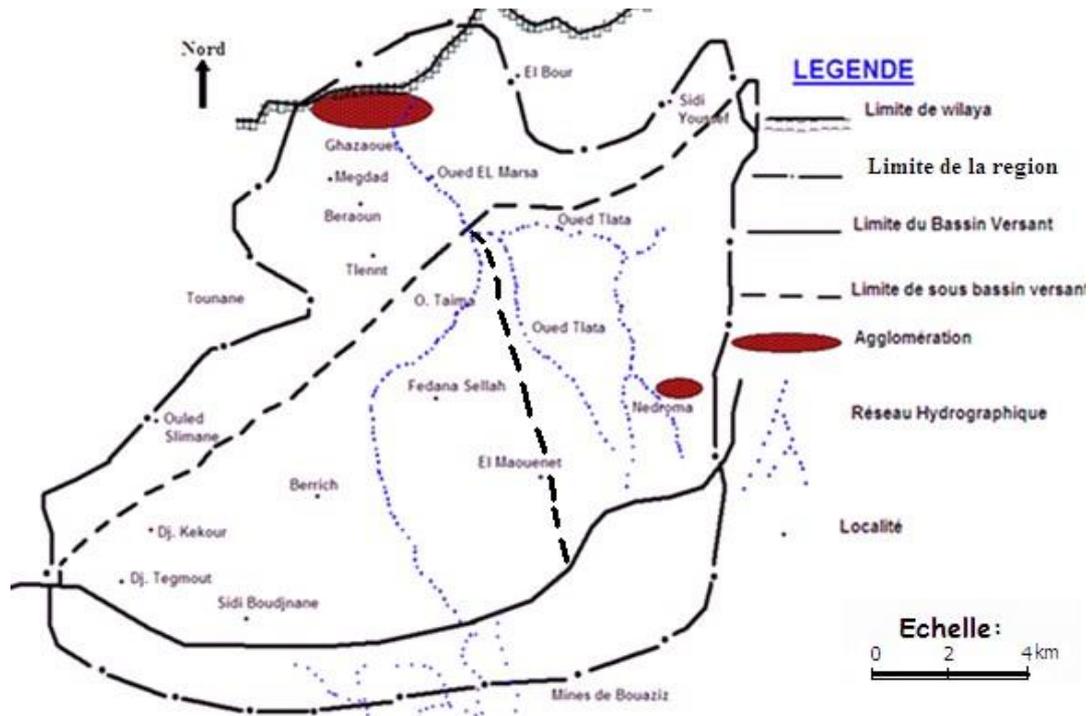


Figure 18 : Les sous bassins versants des Oueds Tlata et Taima (D.R.E)

II.1.1.2.3 Sols et occupation du sol

Les sols dans la région de Ghazaouet peuvent être subdivisés en deux grandes classes :

- les sols calcaires couvrant une grande partie du bassin où se développent une arboriculture nonirriguée et un élevage de montagne,
- Les sols constitués par des croûtes calcaréo-gréseuses ou marno-gréseuses ainsi que des argiles de décalcification où l'on retrouve un couvert forestier bien développé.

La végétation dans le bassin reste étroitement liée à la pluviométrie. En effet, dans le secteur sud, les zones en cours de reboisement et les forêts claires ainsi que le couvert mort dominant (Fig.19). Ce bassin abrite les deux essences forestières principales le phanérophte *Pinus halepensis* et le chamaephyte *Tetraclinis articulata*. Le tapis végétal dominant est de type mattoral bas où la thérophytisation est relativement importante. En plus du *Chamaerops*, *Lavandula* et *Lentiscus*, les thérophytes dominants témoignent du faciès dégradé du couvert végétal naturel. Ce type de couvert végétal protège mal la texture et la structure du sol contre les agents de l'érosion, il correspond à la partie du bassin où la pente dépasse 25%. Celle-ci constituerait une zone où l'activité érosive serait très importante. Les cultures en sec et les cultures en irrigué sont également présents sur les rives des cours d'eaux. Ces eaux servent à l'irrigation des cultures maraichères le plus souvent.

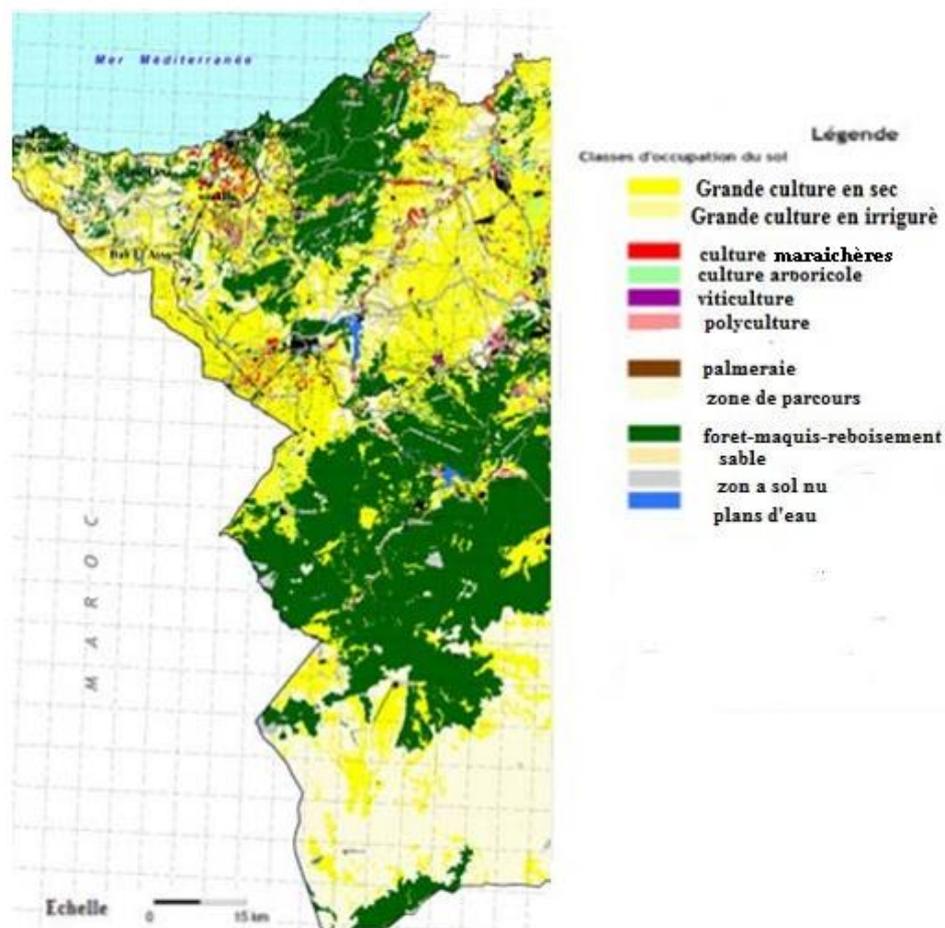


Figure 19 : Carte d'occupation du sol (Source : DHW Tlemcen)

II.1.2 Les actions humaines et leurs influences

Plusieurs facteurs ont contribué et contribuent encore à la déstabilisation de l'oued Tafna et ses affluents nous citons :

- **Les Barrages** : plusieurs barrages ont été édifiés au niveau de la Tafna pour satisfaire les besoins en eau potable et irrigation. Ces barrages sont du plus ancien au plus récent :
 - Barrage de Béni Bahdel : est le premier ouvrage réalisé dans le bassin de la Tafna puisqu'il date de la période 1934- 1940, sa mise en eau a été en 1944.
 - Barrage Meffrouch : situé dans la commune de Ternie, mis en service en 1952.
 - Barrage Sidi Abdelli : situé au Nord-Est de la Wilaya de Tlemcen, mis en service en 1988.
 - Barrage Hammam Boughrara : situé au Nord de Maghnia, mis en service en 1998
 - Barrage Sikkak : situé dans la commune d'Ain Youcef, mis en service en 2004.

Ces barrages assurent la demande en eau potable, la pérennité de l'irrigation et permettent le développement de l'agriculture mais ils ont un impact négatif sur la structure et le débit des cours d'eau.

- **Structures transversales bétonnées** : édifiées sur les cours d'eau pour créer un effet de seuil, elles empêchent la migration des espèces et font obstacle à la continuité écologique.
- **Défrichement des terres des zones riveraines** (zones tampons) au biais de l'agriculture extensive ou la construction des habitations, ce qui favorisent le ruissellement des matières, des engrais et des pesticides vers l'eau.
- **Rejets** : les oueds font office d'exutoires, c'est ce qui fait augmenter le taux de matières organiques et de polluants dans l'eau.
 - Les rejets des eaux domestiques et usées par les habitations non desservis par le réseau public de collecte des eaux usées.
 - Les rejets des eaux polluées d'usines
- **Gravières** : augmentation du nombre des gravières le long des cours d'eau avec extraction intensive du substrat à l'intérieur du lit en modifiant la structure des micros habitats.
- **Pompage** d'eau surtout à l'étiage qui contribue à l'assèchement des cours d'eau et à leurs réchauffements.
- **Décharges sauvages** le long des rives, le lavage des voitures au niveau même des berges, le rinçage des légumes.
- **L'extension urbaine** due à une démographie sans cesse croissante est aussi un facteur de déséquilibre des milieux aquatiques notamment par les rejets des eaux usées domestiques et des déchets ménagers. Toutes ces actions contribuent à la modification des hydro-systèmes de région aussi bien sur le plan morphologique, hydrologique, physicochimique que biologique.

II.1.3 Etude climatique

Selon Dajoz (1979), le climat constitue un facteur écologique important dans la vie et l'évolution d'un écosystème. Il a une fonction fondamentale dans la distribution des êtres vivants (Faurie et al., 1978).

Selon Hufty (2001), le climat est un système physique très complexe, avec des interrelations multiples entre ses composantes.

D'après Thinthoin (1948), une étude climatique doit se placer impérativement en amont de toutes études relatives au fonctionnement des systèmes écologiques.

Par rapport aux autres zones climatiques, la zone méditerranéenne est probablement la plus limitée dans l'espace, elle l'est également dans le temps puisque ce climat est apparu au Pleistocène

(Axelrod, 1973). Le climat, en région méditerranéenne est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes, il est défini par un été sec et chaud et une période pluvieuse correspondant aux saisons relativement froides allant de l'automne au printemps.

Suite à l'indice établi par De Martone (1926), d'autres indices climatiques ont été proposés. Les plus courants sont basés essentiellement sur la pluie et la température. C'est le cas du quotient pluvio-thermique d'Emberger (Emberger, 1930- 1955 ; Sauvage, 1963) et de l'indice xérothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) qui restent les plus utilisés.

La synthèse bioclimatique pour cette étude est envisagée à deux niveaux : la détermination de la période de sécheresse par le biais du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) et la détermination de l'étage bioclimatique à partir du climagramme pluviométrique d'Emberger (1955). La pluviométrie et la température ont été prises en considération puisqu'elles sont les charnières du climat (Barry, 1979).

Des données météorologiques de la station de Zenata ont été utilisées pour cette étude climatique, elles ont été relevées sur le site internet di tiempo pour la période 2014-2019.

II.1.3.1 Les précipitations

Les précipitations constituent un facteur essentiel dans l'existence des cours d'eau, intervenant par :

- la quantité annuelle qui détermine l'abondance fluviale ;
- leurs répartitions mensuelle et saisonnière qui influencent directement les régimes hydrologiques ;
- leurs totaux journaliers et surtout les averses génératrices de crues.

Ces différents aspects des précipitations sont plus ou moins modifiés selon l'effet combiné des autres paramètres physiques (pente et microrelief qui influent sur le ruissellement superficiel : drainage externe ou accumulation et la nature lithologique du substrat) et climatiques (températures et évapotranspiration).

L'analyse des précipitations mensuelles et annuelles durant la période 2014-2019 a démontré des fluctuations mensuelles (Fig. 20) et interannuelles (Fig. 21) assez notables. Les plus faibles valeurs sont enregistrées pendant les mois d'Août et Octobre et les plus fortes pendant les mois de Janvier et Novembre. Les années 2015 et 2017 ont été caractérisées par un taux de pluviométrie assez faible par rapport aux autres années, les écarts sont assez considérables, ils varient de 146 à 186mm/an.

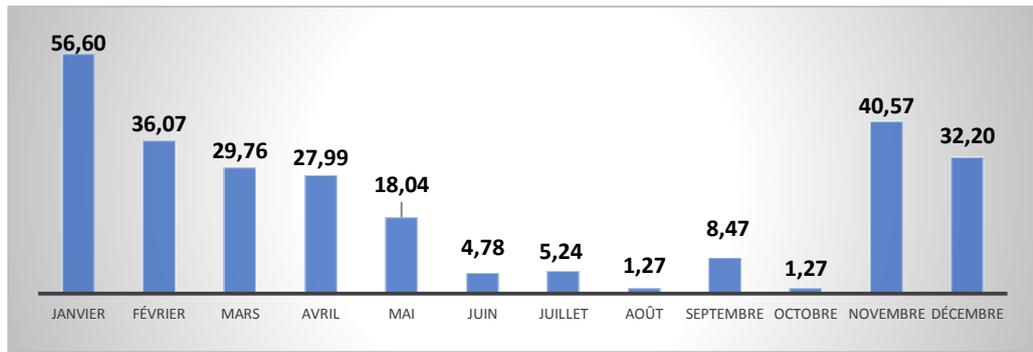


Figure 20 : Variations des précipitations moyennes mensuelles (en mm) de la station de Zenata

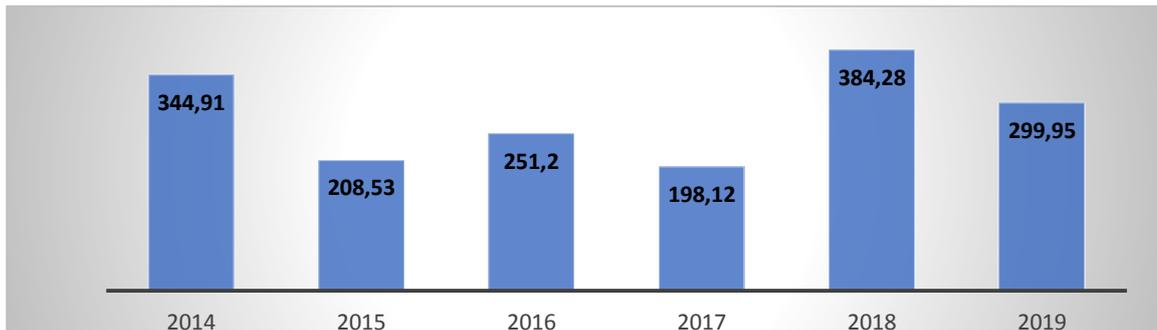


Figure 21 : Variations des précipitations moyennes annuelles (en mm) de la station de Zenata

II.1.3.2 Les températures

Reconnues comme deuxième facteur constitutif du climat (Greco, 1966), les températures conditionnent en grande partie le développement des animaux et leurs cycles biologiques.

L'examen des températures (Fig. 22.), nous amène à distinguer un été chaud avec un maximum autour des 28°C durant les mois de juillet et Août et un hiver doux avec un minimum compris de 11°C pour le mois de janvier. Les températures élevées de l'été provoquent des orages violents et des précipitations à faibles fréquences mais intenses en hiver, ce qui constitue un autre élément caractéristique du climat méditerranéen.

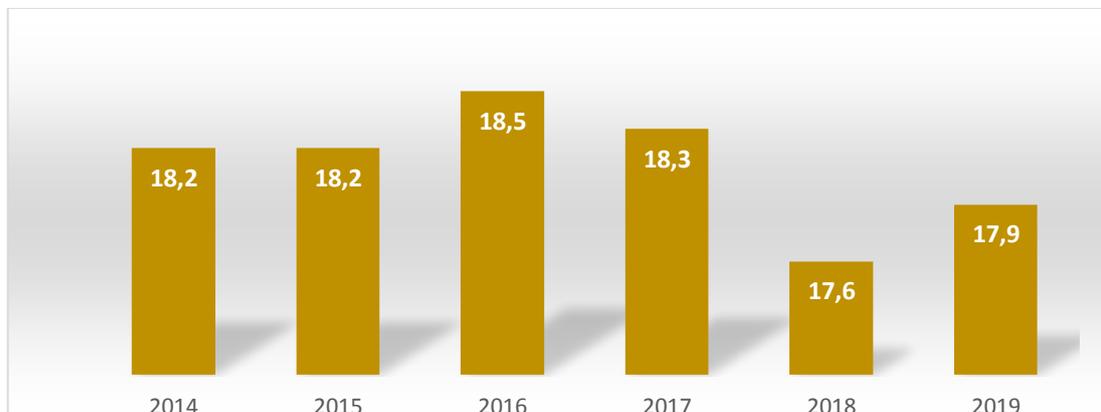


Figure 22 : Variations des températures moyennes annuelles pour la station de Zenata

II.1.3.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1953)

Bagnouls et Gausсен considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations exprimé en mm est égal ou inférieur au double de la température en degrés Celsius.

Sur le diagramme sont portés :

- En abscisse : les mois de l'année.
- En ordonnée droite : les précipitations en mm
- En ordonnée gauche : la température moyenne mensuelle en degré Celsius à une échelle double de celle des précipitations.

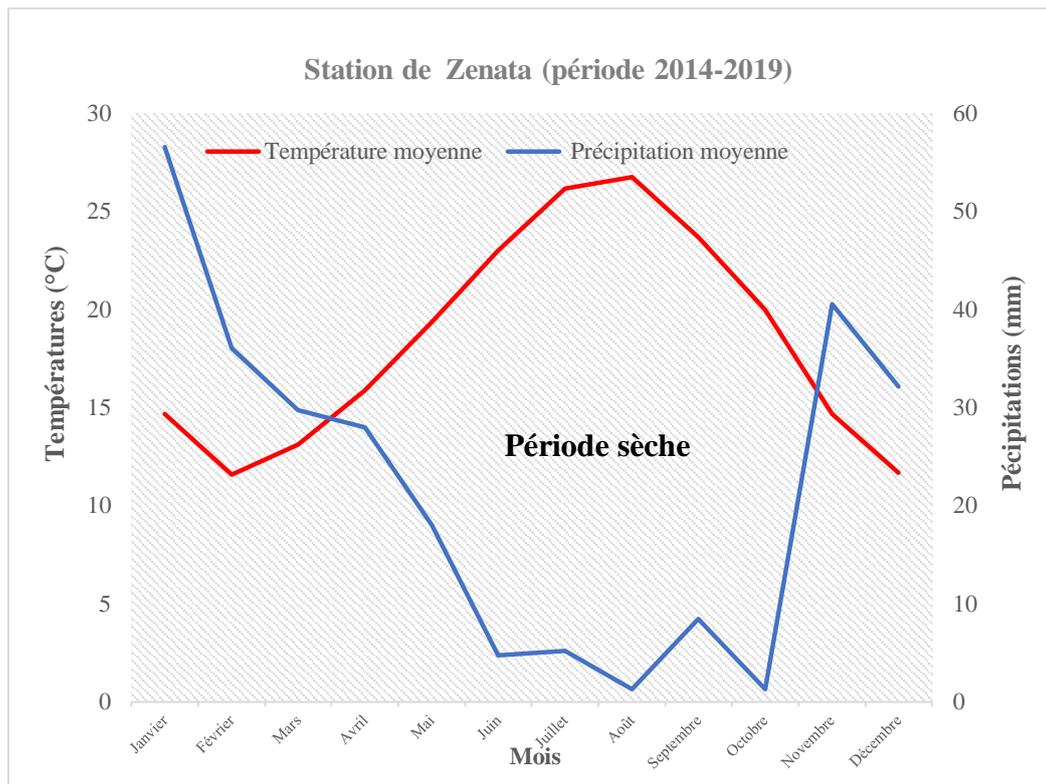


Figure 23 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1953)

D'après le diagramme de la figure 23, la durée de la saison sèche est définie par l'intersection des courbes de température et de précipitation, où la courbe des précipitations passe au-dessous de celle des températures, elle débute à partir du mois d'avril et s'étend jusqu'au début du mois de novembre, soit sur une durée de 7 mois. La période de sécheresse prolongée de sept mois se traduit par une diminution de l'écoulement des eaux puis un assèchement presque total de certains cours d'eau.

II.1.3.4 Quotient pluviométrique d'Emberger (1955)

Le quotient d'Emberger permet empiriquement de faire ressortir des paramètres bioclimatiques comme la sécheresse et l'amplitude thermique. La représentation du quotient en fonction de « m » (moyenne des températures minimales du mois le plus froid) est la base du climagramme.

Cet indice permet de construire le climagramme, autrement dit déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée et l'ambiance bioclimatique pour chaque localité. Il varie de manière linéaire avec l'évaporation globale (Daget, 1977) et constitue une approche synthétique pour les conditions de vie des macro-invertébrés. Après examen des précipitations et des températures, nous synthétisons ces conditions à l'aide de ce quotient pluviométrique qui est strictement applicable pour le climat méditerranéen.

Le climagramme d'Emberger est déterminé à partir de la formule :

$$Q_2 = 2000P / (M^2 - m^2)$$

- P : précipitations moyennes annuelles (mm)
- M : la température maximale du mois le plus chaud en °k
- m : la température minimale du mois le plus froid en °k

Tableau 2 : Caractéristiques méso-climatiques pour la station météorologique de Zenata

Station	P (mm)	M °C	M °K	m °C	m °K	Q ₂
Zenata (2014-2019)	281,165	40,9	313,9	-0,11	272,89	23,36

Partant des données du tableau 2 et de la position de la station de Zenata sur le climagramme d'Emberger (Fig. 24), notre zone d'étude se situe en étage bioclimatique semi-aride inférieur caractérisé par un hiver froid.

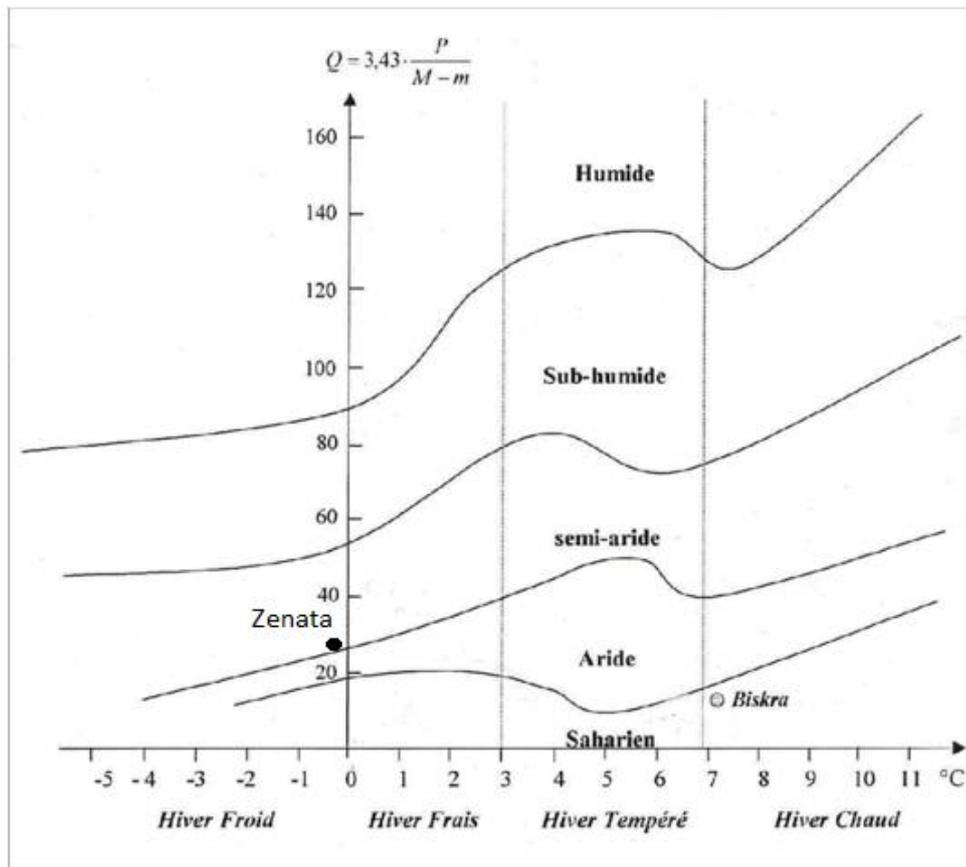


Figure 24 : Position de la station de Zenata sur le climagramme pluviométrique d'Emberger (1955)

II.1.4 Stations d'étude

II.1.4.1 Choix des sites

Si de nombreuses espèces sont dépendantes de micro habitats, elles dépendent également d'une bonne qualité de l'eau et d'une bonne oxygénation des sédiments. L'établissement de biocénoses diversifiées, spécialement pour ce groupe, est tributaire de la mosaïque d'habitats qu'offrent tant les profils transversaux que longitudinaux des cours d'eau. Leur végétation riveraine est également très importante, comme lieu de repos, d'émergence et de pariades des Imagos.

Le peuplement des Trichoptères comme toutes les macro-invertébrés benthiques réagit à la variabilité environnementale de l'écosystème aquatique. Ce sont des organismes qui présentent des caractéristiques biologiques et des stratégies écologiques les plus appropriées à chaque type d'habitat pour cela dans certains habitats, des combinaisons des caractéristiques biologiques et/ou écologiques doivent être particulièrement rencontrées.

Etant donné que la structure et la dynamique des peuplements, dans les systèmes lotiques, sont principalement gouvernées par des processus autoécologiques (Townsend & Hildrew, 1994), des relevés faunistiques doivent alors pouvoir restituer - à différentes échelles spatiales - un ensemble d'informations claires, non seulement sur l'organisation et la diversité fonctionnelle de la

communauté, mais également sur les propriétés de l'environnement colonisé (en termes de potentialités trophiques).

L'étude a été effectuée au niveau de deux bassins versants, le premier est le bassin versant de la Tafna et le deuxième celui de Ghazouana.

Le choix de ces stations a été effectué en tenant compte de certains paramètres tels que : l'altitude, la diversité des biotopes et l'accessibilité (les cultures et les vergers sur les rives constituent souvent des contraintes de terrain pour accéder à plusieurs endroits. Tous les sites retenus présentent des caractéristiques morphologiques et anthropiques différentes (Tab. 3). Toutes les stations sont dotées d'un courant rapide au niveau des radiers, d'un courant moyen sur les plats courants et d'un courant lent sur certaines berges et petits méandres. Pour chaque station étudiée sont indiquées : l'altitude, la localisation, la largeur moyenne du cours d'eau (section mouillée), la profondeur moyenne, la nature du substrat, la végétation riveraine et les influences anthropiques lorsqu'il y en a. Tous les seuils ou radiers, plat courant, mouilles et berges ont été prospectés et échantillonnés en fonction des quatre critères qui définissent un micro-habitat : la vitesse du courant qui est l'élément majeur, la nature du substrat, la présence ou absence de végétation aquatique ou semi aquatique et de l'exposition au soleil. Une fiche de terrain (Annexe1) est préparée au préalable pour chaque station et chaque sortie afin d'éviter de mélanger les données recueillies sur le terrain. Toutes les photographies présentes dans les descriptions des stations sont personnelles.

II.1.4.2 Caractéristiques

II.1.4.2.1 Géolocalisation des stations

Les quatorze sites d'étude choisis se répartissent au niveau de l'oued Tafna (cours d'eau principal) et deux de ses affluents : oued Chouly (affluent secondaire) et oued El Khémis (affluent primaire) et trois autres stations situées dans la zone côtière de Ghazaouet (Fig. 25). Les caractéristiques physiographiques des sites nommés en fonction du nom de l'agglomération la plus proche ainsi que leurs codes correspondants sont regroupés dans le tableau 3.

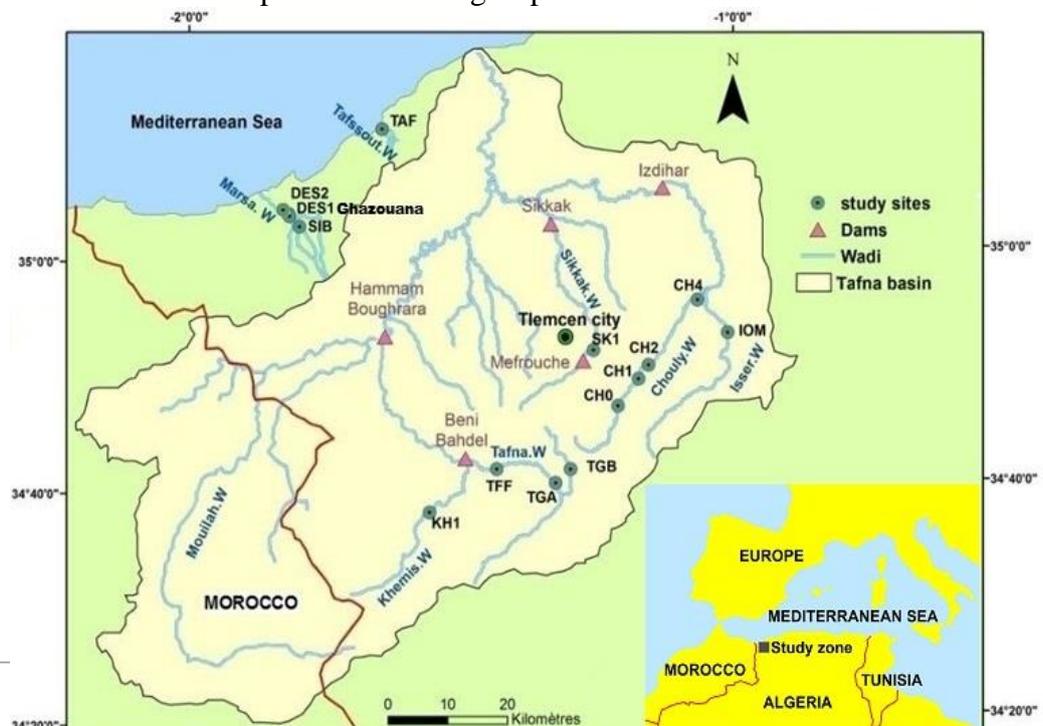


Figure 25 : Géolocalisation des sites d'étude

Tableau 3 : Données géographiques des 14 sites d'étude

Sites	Name Wadi	Longitude W	Latitude N	Altitude (m)	Distance/source (km)	Orientation
CH0	Chouly	1°13'22.86"	34°46'57.86"	1065	0.30	SW-NE
CH1	Chouly	1°11'4.13"	34°49'15.95"	916	0.56	SW-NE
CH2	Chouly	1°9'57.65"	34°50'25.81"	807	1.40	SW-NE
CH4	Chouly	1°4'26.49"	34°55'57.21"	551	14.50	SW-NE
KH1	Khémis	1°34'12.78"	34°38'2.00"	854	19.70	SE-NW
SK1	Safsaf	1°15'58.05"	34°51'46.83"	723	2.70	SW-NE
IOM	Isser	1°1'13.39"	34°53'6.80"	738	1.15	SE-NW
TGB	Tafna	1°18'43.89"	34°41'33.76"	1077	0.56	SE-NW
TGA	Tafna	1°20'19.58"	34°40'23.65"	847	8.35	SE-NW
TFF	Tafna	1°26'47.01"	34°41'41.40"	678	0.87	SE-NW
DES2	Unnamed	1°49'17.07"	35°3'55.67"	50	1.26	N-W
DES1	Unnamed	1°49'10.12"	35°3'42.94"	57	1.04	N-W
SIB	Unnamed	1°48'5.89"	35°2'48.65"	120	0.44	N-W
TAF	Unnamed	1°38'51.86"	35°11'7.20"	3	0.71	N-W

II.1.4.2.2. Description des stations

II.1.4.2.2.1 Station Ghar Boumaaza (TGB)

Caractéristiques L'oued Tafna prend sa source au niveau de la grotte de Ghar Boumaaza. La rivière est souterraine puis apparaît en surface à 200 m de la grotte sous forme d'un chenal alimenté par des résurgences se trouvant de part et d'autre de cet écoulement.

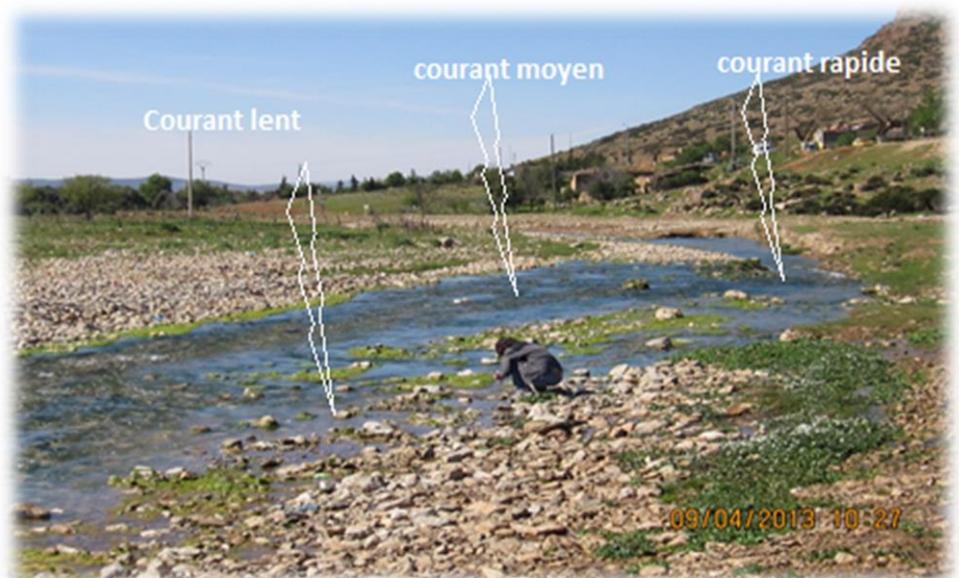


Photo 5: Station Ghar Boumaaza (TGB)

Les habitats sont en connexion avec le milieu terrestre mais aussi avec l'eau souterraine par le biais de la zone hyporheïque qui est une zone d'interface où s'établissent des échanges (d'eau, de nutriments et d'organismes) entre le milieu de surface et le milieu souterrain. Le lit mineur est d'une largeur de 2 à 5 mètres et le lit majeur est de 15 à 25 mètres.

La profondeur varie selon les faciès de 10 à 60cm. L'eau est cristalline et le fond est clairement visible. L'écoulement y est permanent. Le substrat est composé essentiellement de galets et de roches hétérométriques facile à déloger, recouvertes souvent par du périphyton (Photo 5). Les rives ne présentent aucun degré d'inclinaison et la ripisylve est absente. La végétation semi aquatique couvre les berges à certains tronçons. L'environnement est caractérisé par une agriculture vivrière. **Actions anthropiques** : correspondent à une pollution organique due au rinçage de l'Alfa et de certains légumes, présence également des grains de blé dans l'eau en période de moisson (mai-juin) provenant des cultures des terres approximatives. Les berges plates favorisent l'accès à des véhicules où le lavage est pratiqué de manière épisodique (Photo 5).

II.1.4.2.2 Station Ain El Ghoraba (TGA)

Caractéristiques : Cette station se situe en aval de la commune de Sebdou à environ de 2km à vol d'oiseau. Le lit mineur est d'une largeur de 3 à 6 mètres. Le Lit majeur est entre 9 à 11 mètres. La profondeur varie de 20 à 80 cm. L'eau est assez turbide et l'écoulement est permanent. Le substrat est dominé par les blocs hétérométriques difficiles à déloger. L'affleurement de la roche mère est apparent par endroits sous forme de dalles à l'intérieure du lit, les rives sont très inclinées. La pente est forte sur la rive gauche avec affleurement de la roche mère sur certains tronçons



de la rive gauche. La ripisylve est caractérisée par une végétation assez dense (Photo 6).

Les rives sont couvertes par *Nerium oleander* (Laurier rose) et *Olea europea* (olivier).

La Végétation environnante est hétérogène ; dominée par une végétation naturelle associée à une agriculture vivrière : *Eucalyptus globulus*, *Quercus ilex* (chêne vert), *Pistachia lentiscus*, *Tetraclinis articulata*, *Ampelodesma mauritanica* (Diss), *Cytisus scoparius* (Calycotome ou Gênet à balais)

Photo 6 : Station Ain El Ghoraba (TGA)

Chamaerops humilis (palmier nain), *Sparte* (Faux alfa), *Thymus vulgaris*, *Juniperus oxycedrus* (Genévrier), *Asphodelus albus* (asphodèle), *Ferrula sp.*

Actions anthropiques : les rejets des eaux usées et des déchets urbains de la commune de Sebdou en amont de la station se traduit en aval par des sacs de plastique (amenés par les crues) accrochées

aux arbres et une odeur nauséabonde et suspecte en saison d'été. A partir du mois de juin, nous notons la prolifération d'algues filamenteuses qui recouvrent complètement l'écoulement.

II.1.4.2.2.3 Station Tafessera TTF

Caractéristiques

Le lit mineur est d'une largeur de 4 à 6 mètres et le lit majeur est entre 12 à 13 mètres. La profondeur varie de 5 à 30 cm. L'eau est souvent claire sauf en période de forte crue ou elle devient trouble. L'écoulement est permanent. Le substrat est diversifié, dominé par les galets hétérométriques à dimensions moyennes. La pente des rives est faible (Photo 7).



Photo 7 : Station Tafessera (TTF)

L'espace occupé par la ripisylve est très restreint ne dépassant pas les deux mètres sur tout le long de la station (Photo 7). La Végétation riveraine est mixte composée de *Nerium oleander*, *Salix alba* (saule), *Rubus fruticosus* (murier sauvage), *Juncus maritimus* (roseau), *Ficus carica* et *Pirus communis*.

Actions anthropiques : L'environnement est caractérisé par une intense activité agricole. Cette partie de l'oued est perturbée par deux actions principales :

- des pompes d'irrigation qui assèchent l'eau (pollution physique) et la contaminent par les rejets d'hydrocarbures (pollution organique),
- L'extraction de substrats à l'intérieur de l'oued avec un tracteur : perturbation des habitats

II.1.4.2.2.4 Station Beni Ghazli (CH0)

La station CH0 se localise dans la partie amont de l'oued Chouly, elle se trouve à proximité d'un pont en amont du village Beni Ghazli.

Caractéristiques

Le lit mineur est d'une largeur de 4 à 6 mètres et le lit majeur entre 6 et 9 m. La profondeur varie selon les faciès de 10 cm à 1m environ. L'eau est limpide et assez claire. Le substrat est composé de blocs et de galets hétérométriques. La station CH0 reçoit sur sa rive gauche un affluent temporaire.



Photo 8 : Station Beni Ghazli (CH0)

En amont de la station à environ une cinquantaine de mètres, se situe une résurgence d'un débit assez élevé largement utilisée par les riverains. Les berges sont modifiées à des fins agricoles. La rive gauche est naturelle avec une ripisylve assez réduite à cause des activités agricoles (Photo 8), elle est composée essentiellement de frênes et de saules. Sur une partie du lit de l'oued est aménagée une plateforme bétonnée prolongée par une rigole de dérivation des eaux à des fins d'irrigation sur sa rive droite. Ceci dénote l'influence anthropique sur la station de Beni Ghezli.

Actions anthropiques : l'environnement de cette station est caractérisé par des activités agricoles assez intenses et le développement d'une arboriculture fruitière particulière (les cerisiers).

II.1.4.2.2.5 Station d'Ouled Sid El Hadj (CH1)

La station CH1 se localise dans la partie amont de l'oued Chouly, elle se trouve à proximité d'un pont en aval du village de Ouled Sid El Hadj.



Photos 9 : Station d'Ouled Sid El Hadj (CH1)

Caractéristiques

Les berges naturelles sont inclinées et le lit mineur a une largeur de 3 à 4 mètres. Le lit majeur peut atteindre 7 à 10m et même plus en période de crue. Le substrat est composé de blocs et de pierres hétérométriques. L'eau est fraîche, claire et inodore. La profondeur ne dépasse pas 50cm. Dans les zones de radiers elle est très basse (5 à 10 cm) et plus élevée dans les zones de mouille. La station présente des endroits exposés et des zones ombragées grâce à la présence des arbres et du pont routier (Photo 9). Nous notons la formation d'un terrassement qui recouvre une partie de la rivière. La végétation aquatique est marquée par la présence d'algues, de mousses alors que la végétation riveraine est abondante. Elle est représentée par une strate arborée composée de figuier (*Ficus carica*), *Ceratonia siliqua*, frêne (*Fraxinus* sp.) et le saule. La strate arbustive comprend le laurier rose (*Nerium oleander*) alors que la strate herbacée est dominée par l'Asphodèle (*Asphodelus microcarpus*).

Actions anthropiques : l'environnement de cette station est caractérisé par des activités agricoles notamment l'arboriculture fruitière, quelques cultures maraichères et l'élevage de bovins.

II.1.4.2.2.6 Station de Yebder (CH2)

La station se trouve dans la partie amont d'oued Chouly, en aval du village de Yebder, à environ 2Km de CH1. Elle est traversée par un gué.

Les caractéristiques

Les berges de la station sont naturelles, légèrement inclinées sur la rive droite et verticale sur la rive gauche. Le lit mineur est de 2 à 6 mètres de largeur, le substrat est représenté par des dalles, des galets, des blocs hétérométriques ainsi que de la vase.



Photos 10 : Station Yebder (CH2)

L'eau est peu profonde avec un aspect clair et inodore. La station est bien exposée et la végétation riveraine est composée principalement de *Pistachia lentiscus*, Carroubier, Cerisier, Chamaerops, Asphodèle (*Asphodelus microcarpus*) et le laurier rose (*Nerium oleander*) (Photo 10).

Cette station est caractérisée par un assèchement totale du lit à partir du mois de mai jusqu'au retour des pluies et surtout des crues automnales voire hivernales.

Actions anthropiques : au niveau de cette station, l'action humaine se manifeste par le pompage de l'eau pour l'irrigation des terres agricoles avoisinantes, le passage des bovins et des ovins ainsi que le lavage des voitures de particuliers.

II.1.4.2.2.7 Station Ouled Mimoun (CH4)

La station représente l'aval de l'oued Chouly, juste avant la zone de la confluence Isser-Chouly.

Les caractéristiques

Le cours présente des berges inclinées plus ou moins modifiées par les activités agricoles mais aussi de la construction d'un pont routier. La largeur du lit mineur se situe dans un intervalle de 2 à 10

mètres. L'eau est assez claire, fraîche et inodore. Le substrat est composé de blocs et de galets couverts d'algues et de bryophytes. La végétation des rives est plus ou moins importante, elle renferme les différents strates végétales : saules (*Salix* sp.), frênes et laurier rose (Photo 11).

Actions anthropiques : le voisinage immédiat est un environnement agricole où la céréaliculture et la culture maraîchère dominant, en association avec l'élevage (bovins, ovins et caprins...). L'eau de cette station est utilisée pour l'irrigation.



Photos 11 : Stations d'Ouled Mimoun (CH4)

II.1.4.2.2.8 Station El Khemis (KH1)

Caractéristiques

La station se trouve en aval du village de Beni Achir.

L'écoulement se fait dans une vallée encaissée. Le lit mineur est d'une largeur de 6 à 12 mètres et le lit majeur est entre 12 à 16 mètres. La profondeur varie de 30 à 160 cm pendant la période de haute eaux. L'eau est très claire avec un fond très visible. L'écoulement est permanent et le débit est très fort du fait des nombreuses résurgences



Photo 12 ; Station Khemis (KH1)

qui alimentent cet écoulement. Le substrat est hétérogène composé de dalles, blocs, roches, galets, graviers et vases. Les berges sont naturelles, et la pente des rives est très raide. La ripisylve est très dense. Cette station est très ombragée. La ripisylve est composée de : Figueier, murier sauvage, Eucalyptus, Frêne, Saule. L'environnement est caractérisé par une activité agricole (Photo 12).

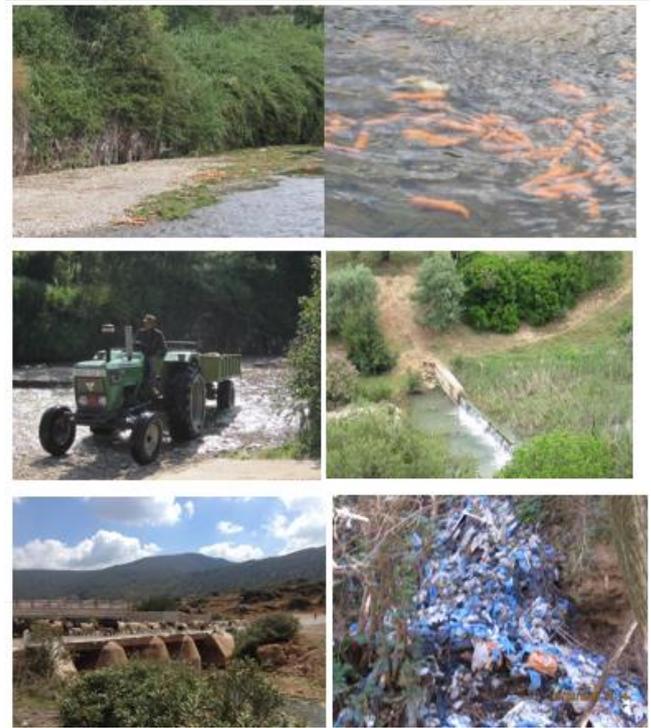
Actions anthropiques : Cette station est caractérisée par la présence de l'infrastructure transversale (pont) qui modifie l'écoulement en aval mais également d'une décharge sauvage sur la rive droite. Elle est fortement fréquentée et sert de lieux de détente, les autochtones viennent pêcher les poissons (pêche récréative en raison de la présence de poissons de grandes tailles), comme elle sert pour la baignade pendant l'été.

II.1.4.2.2.9 Station oued Isser (IOM)

Cette station se trouve tout juste en aval de la source d'Aïn Isser qui alimente l'Oued Isser sur la route entre Ouled Mimoun et Sebdou. L'écoulement est permanent mais avec un débit très faible.

Caractéristiques : la station est bien ombragée par une ripisylve typiquement méditerranéenne dominée par *Populus alba* et *Fraxinus angustifolia* et dont le schéma syntaxinomique est de type *Clematido cirrhosae-Populion albae* selon (Bensettiti & Lacoste, 1999), figuier, laurier rose et les ronces.

Actions anthropiques : essentiellement le pompage en raison de l'utilisation des berges pour les cultures (Photo 13).



Photos 13 : Station oued Isser (à gauche), quelques actions anthropiques au niveau des sites d'étude (à droite)

II.1.4.2.2.10 Station Sikkak (SK1)

Ce site se situe en aval d'El Ourit, dans une vallée encaissée aux pentes très abruptes formée de grès de Boumediene et de calcaire. L'écoulement à ce niveau-là prend le nom de l'oued Saf-Saf affluent de l'amont du Sikkak. La source de cet oued est située à 1100 m d'altitude dans la région de Terny et l'écoulement est appelé d'oued El Meffrouch.

Caractéristiques : L'oued est alimenté principalement par plusieurs sources et résurgences ainsi que les lâchers du barrage El Meffrouch. Il s'agit d'un écoulement permanent caractérisé par la formation de plusieurs bassins à forte profondeur très convoités par les jeunes riverains et les citadins en période estivale pour la baignade.



Photos 14 : Station Sikkak (SK1)

Ce site est caractérisé par une végétation très abondante formée en grande partie par peuplier blanc *Populus alba* d'où le nom de l'oued Saf-Saf « peuplier » mais aussi de frêne *Fraxinus* sp. du laurier

rose *Nerium oleander*, de Diss *Ampelodesma mauritanicum*, on y retrouve aussi plein de bryophytes *Cratoneurum commutatum* et de fougères *Adiantum capillus veneris*. L'emplacement d'El Ourit en position ubac auquel s'ajoute la végétation luxuriante, font que le site d'étude soit très ombragé. Le lit est composé essentiellement de dalle calcaire, de rochers et de pierres (Photo 14).

Actions anthropiques : les déchets ménagers des riverains et des visiteurs sont rejetés du côté de la rive droite auxquels s'ajoutent d'autre déchets solides de plus grande taille (pneus, grosses pièces métalliques...) qui ont été entraînés par les lâchées du barrage d'El Meffrouch de 2008 après près 20 ans de rétention.

II.1.4.2.2.11 Station Sidi Brahim (SB)

La station s1 se trouve à proximité de la commune de Souahlia, exactement au village de Sidi Brahim.



Photo 15: Station Sidi Brahim (SB)

Le lit mineur est d'une largeur de 1 à 3 mètres et le lit majeur entre 4m et 5m (Photo 15). La profondeur varie selon les faciès de 10 cm à 50 cm environ. Les berges sont modifiées à cause des activités agricoles surtout sur la rive droite, marquée par la plantation d'olivier. Le substrat est composé de galets hétérométriques L'eau est trouble et la station présente un écoulement permanent La station présente des endroits exposés et des zones ombragées. La végétation aquatique est marquée par la présence des algues, des mousses et la végétation riveraine est abondante. Elle est représentée par une strate arborée composée essentiellement du figuier (*Ficus carica*), des grenadiers (*Punica granatum*) et l'olivier (*Olea europea*)

II.1.4.2.2.12 Stations Sekhra-Nedroma (DS1 & DS2)

Les stations DS1 –DS2 se trouvent de part et d'autre du pont djamaa Sekhra-Nedroma, situé au niveau de la commune de Ghazaouet, l'une se situe à plus de 300m en amont du pont et l'autre à 200m en aval (Photo 16).



Photos 16 : Stations DS1 & DS2

Les lits mineurs sont d'une largeur de 6 à 7 mètres en moyenne, et les lits majeurs de 12 -17m. Le substrat est composé essentiellement de galets hétérométriques .L'eau est peu turbide. Les berges des stations sont modifiées par action anthropique (pont routier). La station est ensoleillée partiellement à cause de la présence d'un pont qui ombrage certaines parties de l'oued (Photo.16). Aussi, la présence d'une végétation ripisylve diminue l'effet de l'exposition de la station. Cette dernière est représentée essentiellement par une strate arborée composée essentiellement des amandiers (*Prunus dulcis*), frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*) et l'olivier (*Olea europea*). La strate arbustive comprend le faux palmier(*Chamaerops humilis*), des ombellifères et le phlomis (*Phlomis* sp), alors que la strate herbacée représentée par des bryophytes, roseaux (*Arundo donax*) et diverses graminées

II.1.4.2.2.13 Station Tafssout (TAF)

Cette station se trouve au niveau de la plage de Tafssout (Honaine) à 20 m de la mer. Il s'agit d'une embouchure d'un oued intermittent (anonyme). L'écoulement est caractérisé par un enchevêtrement de plusieurs ruisselets donnant la forme d'un delta de rivière. De part et d'autre de ces ruisselets, des dépôts de sable fin et quelques roches hétérométriques couvrent le fond du lit. Une végétation herbacée et quelques pieds de *Nerium oleander* sont parsemés de part et d'autres des écoulements.

II.2. Méthodes d'étude

II.2.1 Analyses physico-chimiques

Afin de cerner certaines exigences ou les tolérances des espèces de Trichoptères vis-à-vis des paramètres physico chimiques (Température, pH, conductivité, salinité, turbidité, oxygène dissous, nitrate et nitrite), des mesures de ces derniers ont été réalisées à chaque campagne d'échantillonnage.

Les analyses ont été réalisées sur le terrain mis à part la Turbidité, Nitrates et Nitrites qui ont été effectués au laboratoire.

➤ **Sur terrain**

Cinq paramètres physico-chimiques ont été mesurés pour chaque prélèvement d'eau effectué par station et par date, à l'aide d'un appareil multi-paramètres type WTW. Il s'agit de la température de l'eau, la conductivité, le pH, l'oxygène dissous et la salinité.

➤ **Au laboratoire**

Sur terrain, l'eau est prélevée dans des bouteilles d'un litre puis placées dans un sac iso-thermique puis transportées au laboratoire. Les analyses effectuées sont les Nitrites (NO₂), les Nitrates (NO₃) et la turbidité.

La turbidité de l'eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argile, grains de silice, matières organiques...etc. (Rodier, 2005). Elle est mesurée à l'aide d'un photomètre (Wagtech 7100). La valeur obtenue est exprimée en NTU (Néphélogétrie Turbidité Unit).

Les mesures des Nitrates et Nitrites sont également effectués par photomètre (Wagtech 7100), les résultats sont exprimés en mg/l.

II.2.2 Période de récolte

Dans les dix stations, nous avons procédé à quatre prélèvements allant du mois de février au mois de mai de l'année 2013 et 12 prélèvements allant du mois de janvier au mois de décembre de l'année 2014, à raison d'un prélèvement par mois.

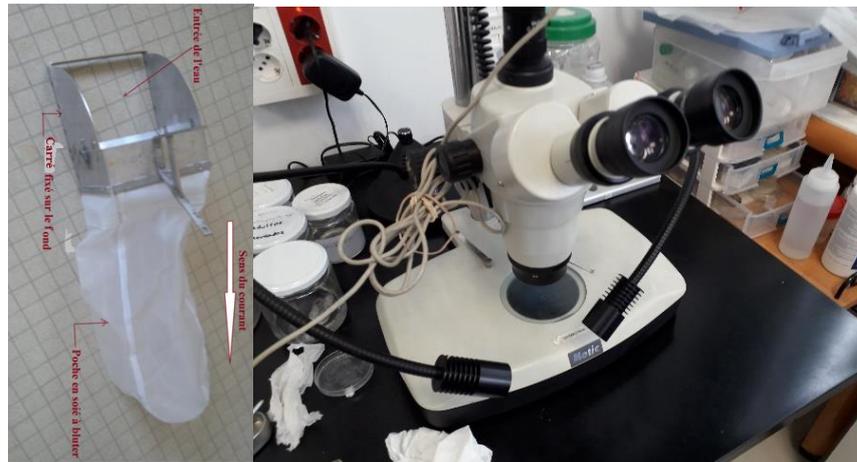
II.2.3 Techniques d'échantillonnage des Trichoptères

Suivant l'accessibilité et la largeur du lit, des tronçons de longueurs différentes ont été choisis pour chaque station. Certains ne dépassaient pas les 50 m, d'autres affleuraient les 100 m.

Les prélèvements des Trichoptères ont été réalisés en tenant compte des différents micro-habitats qui ont été choisis en fonction de la vitesse du courant (Malavoi & Sanchez, 2002) selon :

- Un faciès lotique : au niveau des seuils (appelés également radiers ou riffles) et des plats courant où les vitesses du courant sont supérieures à 30cm/s.
- Un faciès lentique : au niveau des chenaux lenticules où la vitesse de courant est inférieure à 30cm/s. Outre le courant, nous avons tenu compte de la végétation et du substrat.

Milieu lotique : l'échantillonnage a été réalisé avec un filet de type Suber 500µm d'ouverture de maille (Fig. 17). Le filet a été positionné à contrecourant, en soutenant le filet en position vertical avec la partie inférieure appuyée et en remuant la zone de substrat immédiatement en face du filet, les substrats ont été lavés à l'intérieur du filet.



Photos 17 : Filet Surber et la loupe

Milieu lentique : l'échantillonnage est réalisé par dragage de la végétation aquatique, des fonds sablonneux limoneux et/ou vaseux avec la passoire à riz en effectuant des mouvements de bas en haut.

In situ, le filet et la passoire sont vidés dans une bassine où les débris sont écartés ; ce qui rend la récolte et l'observation des individus plus facile.

Une fois le contenu de la bassine débarrassé des débris et substrat grossiers ; ils sont directement déposés dans des bocaux étiquetés (date, station, micro- habitat).

La récolte à l'aide d'une pince se fait à vue par prospection des fonds d'eau pour tous substrats confondus. Les larves repérées sont saisies à l'aide d'une pince et mises directement dans des tubes étalonnés.

II.2.4 Elevage

Les nymphes (pupae) sont récoltées et mises directement dans des thermos isothermes remplie d'eau de l'oued, une fois arrivé à la maison, elles sont déposées dans un aquarium rempli à un niveau de 10 -15 cm d'eau de source et équipé d'un appareil pour oxygéner eau continuellement. Une toile fine recouvre la face supérieure de l'aquarium. Cet aquarium est mis à mi- ombre dans un endroit frais. Une inspection quotidienne de la toile est réalisée afin de détecter d'éventuelles émergences. Les adultes émergés sont récupérés à la pince et mis directement dans de l'éthanol à 70%.

L'aquarium destiné aux espèces *Hydropsyche*, a été munie de 4 à 5 compartiments où on plaçait une nymphe dans chaque compartiment, une fois qu'il y est émergence d'un adulte, tous les compartiments sont inspectés et la où le cocon était vide, on y récupérait les sclerites qui seront mises dans le même tube que l'adulte afin de relier chaque adulte émergé à sa larve.

Les genitalia mâle sont mis dans du KOH à 10 % et température ambiante pendant 2 à 3 heures puis mis en observation microscopique. Certains genitalia ont été monté entre lame et lamelle.

II.2.5 Tri et détermination

Au laboratoire, les échantillons sont d'abord séparés des différentes particules (débris, végétaux, graviers) pour être triés sous une loupe binoculaire.

Les organismes sont manipulés à l'aide d'une pince fine et d'aiguille montée afin de ne pas les abimer. Ils sont identifiés jusqu'aux genres à l'aide des clés de détermination de Faessel (1985) et celle de Tachet et al. (1980- 2006). L'identification des genitalia des nymphes et des adultes ♂ a été faite à l'aide du document de travail « Trichoptères des écozones paléarctiques occidentales et Afro-tropicales de l'Afrique » établie par Dagmar, Tobias et Wolgans et Tobias sur le net ainsi que l'atlas des Trichoptères de Malicky (2004). La confirmation de l'identification a été faite par Professeur Carmen Zamora-Munoz de l'université de Grenade (Espagne).

II.3 Traitements des données

II.3.1 Méthodes d'analyse de la structure des peuplements des Trichoptères

Il existe plusieurs méthodes d'analyse numérique des relevés et chacune d'entre elles a une part de subjectivité (Feoli et al., 2006). Ainsi pour comparer la diversité des Trichoptères, nous nous sommes servis de plusieurs indices.

II.3.1.1 La richesse spécifique

Une première mesure de la diversité spécifique consiste en l'étude de sa richesse, notée S. Elle désigne le nombre total d'espèces qui coexistent dans un espace considéré.

Il permet de distinguer :

- des variations spatiales : des secteurs faunistiquement riches et des secteurs plus pauvres
- des variations temporelles : des minima et maxima en fonction des saisons et des stations.

Il présente cependant l'inconvénient d'être fortement dépendant de la taille des échantillons (le nombre d'espèces échantillonnées augmentant avec la surface échantillonnée) et du type d'habitat (la richesse spécifique varie en fonction du type de substrat, de la profondeur, de la salinité...) donc l'estimation de la richesse spécifique dépend en grande partie de la puissance d'échantillonnage mis en œuvre. La probabilité de voir apparaître dans un échantillon d'effectifs donné les taxons les plus abondants est plus grande que celle de voir apparaître les taxons les plus rares. Le problème qui se pose est double :

- à partir de quel effort d'échantillonnage le nombre de relevés et répartition dans le temps et l'espace de l'écosystème) peut-on admettre que tous les taxons de l'écosystème ont été mis en évidence ?
- comment progresse le nombre de taxons en fonction du nombre de relevés ?

Il reste ainsi difficile d'en faire un descripteur de l'état d'un milieu. Simboura & Zenetos (2002) suggèrent toutefois de lui attribuer des valeurs seuil pour différents types de groupes écologiques et pour différents habitats.

II.3.1.2 Abondance

Une autre approche de la diversité consiste à tenir compte à la fois du nombre d'espèces présentes et de l'abondance de celles-ci. Face à une pollution, les espèces vont suivre trois types de réaction selon leur sensibilité :

- disparaître, pour les plus sensibles,
- se maintenir, pour les indifférentes,
- profiter des nouvelles conditions mises en place et se développer, pour les tolérantes.

Ces différentes réponses vont se traduire au niveau de l'abondance des espèces.

II.3.1.3 Indices de diversité

Plusieurs relations espèces-individus ont été établies dans l'objectif d'estimer au mieux la richesse spécifique absolue, indépendamment de la taille de l'échantillon Peet (1974) : ce sont les indices de la diversité spécifique, fournissant des informations relatives à cette double considération de la richesse spécifique et de l'abondance.

➤ Indice de diversité de Shannon-Wiener H'

L'indice de Shannon-Wiener est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray et al, 1992). Il est donné par la formule suivante :

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

Où :

P_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $p_i = n_i/N$

S = nombre totale des espèces.

n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon.

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

Il est nécessaire de préciser la base du logarithme utilisée (base 2 la plus courante).

En 1948, dans son ouvrage sur la théorie de l'information intitulé *Cybernetics*, Wiener a proposé une formule extrêmement semblable à celle de Shannon. Néanmoins, Shannon a été le premier à la mettre en place en 1949. En outre, cet indice est également connu à tort sous le nom de l'indice de Shannon-Weaver, car Shannon a publié son article dans un livre où paraissait un article de Weaver. Pielou estime que les deux interprétations sont possibles selon que l'on considère n_i comme

appartenant à une population ou à un échantillon. H' n'est défini que pour une population infinie. Il ne peut jamais être déterminé, seulement estimé dans le domaine biologique.

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes.

L'indice de Shannon Wiener est donc minimal ($H'=0$) quand tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce. Il est également minimal si, dans un peuplement, chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui compte l'ensemble des autres individus du peuplement. A l'inverse, l'indice est maximal quand tous les individus sont répartis de façon équivalente entre toutes les espèces présentes (Frontier et al., 2004).

➤ **Equitabilité**

Equitabilité de Pielou qui est indépendant du nombre d'espèces mais étroitement dépendant de la distribution des individus à travers les espèces (Pielou, 1966).

L'équitabilité correspond à la diversité relative et elle est définie par la formule suivante :

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Cet indice représente la « diversité relative » le rapport de la diversité observée avec le maximum de diversité observable avec le même nombre d'espèces. Il exprime le degré d'égalité de l'abondance des espèces dans l'échantillon. Liljelund (1977) le considère comme la meilleure mesure permettant de détecter l'apparition de nouvelles espèces.

Elle varie de 0 à 1. En effet, elle tend vers zéro lorsqu'une espèce domine largement le peuplement et elle est égale à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance.

➤ **Indice de diversité de Simpson**

Cet indice a été proposé par Simpson en 1965, mesurant la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. IL rend compte du biais induit par l'abondance de certaines espèces. Pour un échantillon fini, l'indice est donné par :

$$I = \sum [(ni (ni - 1)) / (N(N - 1))]$$

Où : p_i = proportion des individus dans l'espèce de rang i

n_i = nombre d'individus dans l'espèce de rang i

N = nombre total d'individus.

Cet indice a une valeur nulle pour indiquer le maximum de diversité (lorsque la probabilité est faible que deux individus tirés au hasard appartiennent à la même espèce) et une valeur de 1 pour indiquer

le minimum de diversité (lorsque la probabilité est forte que tous les individus appartiennent à la même espèce).

Une autre formulation a été proposée afin d'établir un indice directement représentatif de l'hétérogénéité en retranchant l'indice de Simpson à sa valeur maximale 1 (Pielou, 1969 ; Pearson, 1978). Cette nouvelle formulation constitue l'indice de diversité de Simpson :

$$D=1-\sum[(ni (ni - 1)] / [N(N - 1)]$$

En pratique, cet indice est très généralement préféré à l'indice de Simpson.

Ainsi, le maximum de diversité est représenté par la valeur 1 et le minimum de diversité par la valeur nulle. Il est important de noter également que cet indice donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. En effet, le fait d'ajouter des espèces rares au peuplement considéré ne modifie pratiquement pas la valeur.

➤ **Indice de Berger-Parker Dominance**

L'indice de dominance de Berger- Parker (d), est calculé par

$$d= N_{\max} / N$$

Où N_{\max} est le nombre d'individus de l'espèce la plus abondante, et N est le nombre total d'individus dans l'échantillon.

Cet indice étonnamment simple a été considéré pour être l'un des meilleurs. Il est simple et il mesure l'importance numérique des espèces les plus abondantes.

Son inverse (1/d) désigne l'indice de diversité selon Berger-Parker.

Lorsque la valeur de la réciproque d croît, la diversité aussi croît mais la dominance est réduite.

➤ **Indice de Margalef**

Il est défini par la formule : $Mg = (S-1) / \text{Log}N$

Il ajuste le nombre d'espèces au nombre total des individus échantillonnés.

Elaboré à partir de l'indice de Gleason (1922) et ne diffère que par la valeur -1 . Cet indice est basé sur l'hypothèse d'une relation linéaire entre le nombre d'espèces S et le logarithme du nombre de personnes N . La base des logarithmes (népérien ou en base 10) est choisie arbitrairement. Cet indice dépend de la taille des échantillons et ne peut donc pas être utilisé pour comparer des échantillons de tailles différentes. En outre, il ne tient pas compte de l'abondance des individus dans chaque espèce. Ainsi, par exemple, pour une communauté de 100 individus répartis dans 10 espèces, d sera égal à 1,95, indépendamment de la répartition des individus entre les 10 espèces. Travers (1971) a montré, à partir de considérations théoriques et expérimentales, que cet indice ne doit pas être utilisé avec $N < 20$. Travers (1971) et Whilm (1967) ont montré que cet indice était un bon indicateur de la diversité spécifique de la communauté. Washington (1984) a affirmé que cet indice n'a aucun

fondement théorique permettant de le relier au déterminisme biologique. Magurran (1988) a observé que les indices de Margalef (Mg) et de richesse spécifique (S) sont des indices dont la pondération de la richesse spécifique est plus importante et de ce fait sont plus utiles pour déceler les différences entre les sites que les indices accordant davantage d'importance à la dominance ou à la régularité de la diversité. Plus l'indice Mg est élevé, plus la diversité spécifique est grande.

Récemment, des simulations numériques ont montré que l'indice de Margalef était sensible à la structure de la communauté, en particulier à de faibles variations du nombre d'espèces conduisant à une réponse erratique de cet indice.

➤ **Indice de Menhinick**

Il a pour formule $Dm = S/\sqrt{N}$ Où :

N = nombre d'individus et S = richesse spécifique.

En travaillant sur des communautés d'insectes, Menhinick (1964) a proposé un nouvel indice pour remplacer ceux de Gleason-Margalef. Menhinick (1964) pensait fournir un indice qui serait indépendant de la taille de l'échantillon, mais Whilm (1967) a démontré que cet indice était plus erroné que ceux de Gleason-Margalef. Néanmoins, Karydis et Tsirtsis (1996) ont établi que cet indice s'avère être efficace pour évaluer l'eutrophisation.

➤ **Indice de Chao 1**

Cet indice est utilisé pour estimer de l'exhaustivité de l'échantillonnage. Le nombre d'espèces observées pour un site est en général inférieur au nombre d'espèces attendues (Peterson & Prasad, 1998 ; Longino et al., 2002 ; Walther & Moore, 2005). Connaître le nombre d'espèces réellement présentes sur un site particulier n'est pas facile compte tenu du coût, du temps et de la surface nécessaire pour faire un inventaire exhaustif. Les courbes d'accumulation de la richesse spécifique et de la richesse spécifique estimée sont utilisées pour évaluer l'échantillonnage d'une zone géographique et sa diversité (Colwell & Coddington, 1994 ; Gotelli & Colwell, 2001 ; Sørensen et al., 2002 ; Hortal et al., 2007 ; Kaeser & Kirkman, 2009). L'observation d'une asymptote après d'intenses activités d'échantillonnage permet d'estimer l'exhaustivité de l'échantillonnage. Elles représentent donc le nombre de nouvelles espèces cumulées au fur et à mesure que le nombre d'unité d'échantillonnage augmente. Pour cette raison, nos données ont été analysées pour montrer si de nouveaux inventaires étaient nécessaires pour décrire de nouvelles espèces.

Parmi les différents estimateurs utilisant les méthodes non paramétriques, l'estimateur de Chao1 a été choisi bien que le Chao 2 est préféré et est plus performant (Herzog et al., 2002 ; Walther & Moore, 2005 ; Cicuzza et al., 2010). Le Chao 2 peut être utilisé que si aucune espèce n'est observée deux fois (Chao, 1987).

Le nombre d'espèces estimées est calculé en utilisant la formule décrite dans Colwell & Coddington (1994), Magurran (2005). L'estimateur Chao 1 permet de prédire le nombre d'espèces non observées à partir de celles trouvées 1 ou 2 fois dans une unité d'échantillonnage. L'indice de Chao 1 est calculé de la manière suivante :

$$\text{Chao 1} = S_{\text{obs}} + \frac{F_1^2}{2 F_2}$$

F_1 est le nombre de singletons (F_1 nombre d'espèces avec une seule occurrence dans l'échantillon) et F_2 est le nombre de doubletons (le nombre d'espèces avec exactement deux occurrences dans l'échantillon).

II.3.2. Analyse statistiques multivariées (CAH)

En se basant sur les travaux de Nakache et Confais (2005), la méthode de classification ascendante hiérarchique a comme objectif :

- la fourniture d'un système de classes emboîtées dont l'hétérogénéité augmente avec la taille des classes.
- la construction d'un dendrogramme (arbre) par regroupement successif des individus (critères dans notre cas), en groupes d'individus (critères).
- également, elle définit la distance entre deux groupes d'individus (critères) à partir du tableau de distance entre les individus.
- le découpage du dendrogramme selon les hauteurs de sauts, de façon à obtenir les classes finales dont la dissimilarité est minimale, cette valeur de dissimilarité est appelée indice d'agrégation. Nos données sont structurées sous forme d'arbre (dendrogramme). Nous coupons l'arbre à la hauteur qui nous permet d'obtenir le nombre de regroupements désirés. Pour (Nakache & Confais, 2005), cette technique fournit un système de classes emboîtées dont l'hétérogénéité augmente avec la taille des classes.

Les traitements numériques ont été utilisés avec le logiciel XLSTAT au sein de notre laboratoire.

II.4. Les facteurs retenus pour l'évaluation des espèces

La conservation peut s'envisager à différentes échelles (population, métapopulation, communauté, écosystème et paysage) mais l'objet commun est l'espèce. En pratique, l'espèce demeure l'outil préférentiel de la conservation partout dans le monde car c'est une unité légale, souvent facilement identifiable et bien plus évocatrice.

A un niveau régional, c'est la population qui constitue donc un objet d'étude central en biologie de la conservation. La conservation des espèces passe également par la préservation des écosystèmes (habitats) qui consiste à maintenir la richesse spécifique mais également préserver les relations fonctionnelles entre les espèces formant la communauté.

Pour réussir cet essai d'évaluation des espèces et parvenir à une proposition de statut des espèces, nous avons retenu les données portant sur la rareté de l'espèce. En écologie, comprendre la rareté c'est comprendre ce qui limite une espèce dans sa répartition géographique, sa distribution spatiale, les types d'habitats colonisés et son abondance. Certes, une espèce rare n'est pas forcément menacée mais plutôt une espèce en déclin qu'elle soit au départ rare ou commune. Le facteur temps devient alors primordial, une période d'échantillonnage sur plusieurs générations est donc nécessaire. Nos données sont les résultats d'une récolte sur une période de six années de 2014 à 2019 et portant sur les Trichoptères de différents types d'habitats (eau courante et eau stagnante, source...) avec plus 50 stations dans toute l'aire d'étude.

Les cinq critères retenus sont :

- la taille de la population récoltée dans l'aire d'étude : correspond au nombre total d'individus matures (imago ou nymphe) contractés au cours des cinq dernières années ;
- la distribution spatiale dans l'aire d'étude : exprimée par le nombre de stations où l'espèce a été retrouvée ;
- l'aire de répartition : les espèces à grande aire de répartition sont séparées de celles à petites répartition, autrement l'endémisme, une des manifestations de la rareté est alors utilisée. C'est un caractère assez conséquent propre à chaque espèce dont l'aire de répartition est bien délimitée et réduite dans le monde ;
- le degré de peuplement ou possibilités d'immigration de propagules en provenance des régions limitrophes : des échanges potentiels avec les régions voisines avec possibilité de migration des individus provenant du bassin de la Moulouya à l'Ouest et des bassins versants de l'Est du pays ;
- les menaces qui pèsent sur les espèces sont également identifiées sur le terrain et estimés selon différents niveaux de menace allant de faible à très fort se traduisant par de faibles pompages à une transformation profonde des berges, du lit, de l'écoulement et la qualité des eaux. Rappelons que la destruction des habitats est la première cause de déclin des populations d'insectes à l'origine de changements importants des communautés (Samways, 2007 ; Harrison et al., 2017).

L'analyse de ces critères permettra de proposer un statut pour les 30 espèces récoltées mais également de mettre en avant les espèces de déclenchement pouvant être utilisées pour désigner avec précision les sous-bassins versants constituant potentiellement des zones clés de la biodiversité.

Chapitre 3

Résultats et discussion

III. Chapitre 3 Résultats et discussion

III.1. Composition des peuplements de Trichoptères récoltés

Durant la présente étude, 30 espèces et 18 genres ont été prélevés appartenant à dix familles. Parmi ces espèces, sept sont nouvelles pour l'Algérie.

Tableau 4 : Liste des Trichoptères et leurs positions systématiques

S/classe	Classe	Ordre	s/ordre	S/Famille	Famille	Genre	Genre espèce
Hexapoda	Insecta	Trichoptera	Spicripalpia	Hydroptiloidea	Rhyacophilidae	Rhyacophila	<i>Rhyacophila munda</i> (McLachlan, 1862)
					Glossosomatidae	Agapetus	<i>Agapetus incertulus</i> (McLachlan, 1884)
							<i>Agapetus numidicus</i> (Vaillant 1954)
					Hydroptilidae °	Hydroptila	<i>Hydroptila serrata</i> (Morton 1898)
							<i>Hydroptila fortunata</i> (Morton 1893)°
							<i>Hydroptila vectis</i> (Dalman, 1819)
							<i>Allotrichia pallicornis</i> (Eaton, 1873)
						<i>Oxyethira</i>	<i>Oxyethira unidentata</i> (McLachlan, 1884)
					Annulipalpia	Hydropsychoidea	Hydropsychidae
			<i>Hydropsyche iberomarroccana</i> (González & Malicky 1999)				
			<i>Hydropsyche lobata</i> (McLachlan 1884)				
			<i>Hydropsyche maroccana</i> (Navás 1932)				
			<i>Hydropsyche obscura</i> (Navás 1928)				
			<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)°				
			<i>Hydropsyche resmineda</i> (Malicky, 1977)				
			<i>Hydropsyche siltalai</i> (Döhler, 1963)°				
			Ecnomidae	<i>Ecnomus</i>			<i>Ecnomus deceptor</i> (McLachlan 1884)°
				<i>Polycentropus</i>			<i>Polycentropus kingi</i> (McLachlan, 1881)
				<i>Plectrocnemia</i>			<i>Plectrocnemia geniculata ssp corsicana</i> (Mosely, 1930)
			Psychomyiidae	<i>Psychomyia</i>			<i>Psychomyia pusilla</i> (Fabricius 1781)
				<i>Tinodes</i>			<i>Tinodes algiricus</i> (McLachlan 1880) °
							<i>Tinodes waeneri</i> (Linnaeus, 1758)°
			Plopotamoid	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	<i>Chimarra marginata</i> (Linnaeus 1767)	
					<i>Wormaldia</i>	<i>Wormaldia sp</i>	
			Integripalpia	Limnephiloid	Limnephilidae	<i>Mesophylax</i>	<i>Mesophylax aspersus</i> (Rambur, 1842)
						<i>Limnephilus</i>	<i>Limnephilus lunatus</i> Curtis 1834 °
				Leptoceroide	Leptoceridae	<i>Setodes</i>	<i>Setodes acutus</i> (Navás 1936)
							<i>Setodes argentipunctellus</i> McLachlan 1877 °
						<i>Mystacides</i>	<i>Mystacides azureus</i> (Linnaeus 1761)
				<i>Athripsodes</i>	<i>Athripsodes ygramul</i> (Malicky & Lounaci 1987)		

° Espèce nouvelle pour l'Algérie

III.2. Taxonomie et distribution des espèces d'*Hydropsyche*

Selon Zamora–Munoz (1995), les études des larves de la famille des Hydropsychidae et plus particulièrement celle du genre *Hydropsyche* prennent toujours un intérêt si particulier car ce groupe est commun et souvent abondant dans eaux courantes du benthos. La taxonomie des larves d'*Hydropsyche* du Maghreb est incomplète, seulement 6 espèces marocaines ont été décrites par Dakki & Tachet (1987) et cinq en Tunisie par Allaya (2003), celle de l'Algérie est quasi inexistante bien qu'en Algérie neuf espèces y sont répertoriées.

Une variabilité morphologique des larves *Hydropsyche* récoltées durant notre étude a été distinguée et a suscité en nous un intérêt assez particulier, qui nous a poussés à approfondir plus nos recherches sur la taxonomie de ces larves. Sachant que d'extraordinaires difficultés taxonomiques ont été relevées chez les espèces de larves de ce genre à cause des similarités larvaires pour certaines espèces, qui a induit à des problèmes de synonymie, nous avons essayé de pallier à ce problème par l'élevage de nymphes.

Parmi les quatorze différentes larves récoltées sur les différents sites, certaines ont été identifiées jusqu'à l'espèce mais d'autres ont posé certains doutes d'identification, alors nous avons focalisé notre échantillonnage sur le prélèvement de nymphes et leur élevage. Cette méthode s'est avérée un peu longue, vu que la plupart des adultes émergés étaient des femelles mais elle nous a permis de relier six larves avec leurs mâles correspondant sauf pour les deux espèces *H. fezana* et *H. obscura* dont nous n'avons obtenu aucun mâle.

Pour confirmer leur identification, les larves ont été comparées au matériel du Maroc stocké au laboratoire de Grenade. De cette étude, huit espèces ont été identifiées dont deux sont nouvelles pour l'Algérie : *H. siltalai* qui jusqu'ici était considérée comme une espèce strictement européenne et *H. pellucidula* qui a déjà été mentionnée au Maroc et en Tunisie. Quatre de ces espèces ont présenté des morphotypes larvaires.

La Taxonomie et la distribution de ces espèces larvaires et leurs morphotypes ont fait ainsi l'objet d'une première publication éditée en 2021 (Benmoussat-Dekkak, 2021a).

Larval Taxonomy and Distribution of Genus *Hydropsyche* (Trichoptera: Hydropsychidae) in Northwestern Algeria

SOMUYA BEMMOUSSAT-DEKKAK^{1,2*}, KARIMA ABDELLAOUI-HASSAINE^{1,3}, MICHEL SARTORI^{4,5,6}, JOHN C. MORSE^{7,8} & CARMEN ZAMORA-MUÑOZ^{9,10}

¹Laboratoire de Valorisation des Actions de l'Homme pour la Protection de l'Environnement et Applications en Santé publique, Université de Tlemcen, BP 119 13000 Tlemcen, Algérie.

²dekkaksoumia@hotmail.fr; <https://orcid.org/0000-0002-8723-5501>

³hassaine69@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7568-8132>

⁴Musée cantonal de zoologie, Palais de Rumine, Place Riponne 6, 1005 Lausanne, Suisse

⁵Département d'Ecologie et d'Evolution, Université de Lausanne, Biophore, 1015 Lausanne, Suisse

⁶michel.sartori@vd.ch; <https://orcid.org/0000-0003-3397-3397>

⁷Department of Plant & Environmental Sciences, Clemson University, Clemson, South Carolina, USA

⁸jmorse@clemson.edu; <https://orcid.org/0000-0003-3187-4045>

⁹Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071-Granada (Spain)

¹⁰czamora@ugr.es; <https://orcid.org/0000-0002-3037-1529>

*Corresponding author

Abstract

The main purpose of our paper is to document genus *Hydropsyche* (Trichoptera: Hydropsychidae) in northwestern Algeria and to provide the larval descriptions of the species set. Larvae, pupae, and imagines were collected from 14 sampling sites over a five-year period (2014–2019). Eight *Hydropsyche* species have been identified, with *Hydropsyche siltalai* being a new record for Algeria and North Africa, and *Hydropsyche pellucidula* a new record for Algeria. A comparison of our checklist with those of the Moroccan Rif and Europe is provided, as well as the geographical distribution of each species. This Algerian *Hydropsyche* species revision provides precise and reliable taxonomic characters for distinguishing larvae of the species, and a taxonomic key is proposed for their identification. In addition, information regarding their distribution is included.

Key words: larval description, biodiversity, caddisflies, morphotype, Tafna watershed, Ghazouana Basin, Tlemcen

Introduction

Larvae of *Hydropsyche* are filter-feeders, usually inhabiting running waters where they use their labial silk for constructing retreats for protection and filter nets for collecting fine particulate organic matter (FPOM) as a food source (Uy *et al.* 2018). *Hydropsyche* (Trichoptera: Hydropsychidae) larvae are common and often abundant in running waters (Verneaux *et al.* 1976). They are widely distributed globally in lotic ecosystems, playing a decisive role in their functioning (Décamps 1968; Verneaux 1973).

Several papers focus on the taxonomy and ecology of species of this genus in the Mediterranean region, for instance on the Iberian Peninsula by Zamora-Muñoz *et al.* (1995, 2017), González & Malicky (1999), and Murria *et al.* (2010); in France (Franche-Comté) by Verneaux & Faessel (1976), on the Italian Peninsula and Sicily by De Pietro (1999), and on the Greek Peninsula and Aegean Archipelago by Karaouzas (2009, 2013, 2016, 2018). In the Maghreb region, Malicky & Lounaci (1987) conducted the most recent work on Trichoptera, including genus *Hydropsyche*, studying the entire Maghreb region and, more intensely, Tizi Ouzou (northcentral Algeria). Dakki (1982), Hajji *et al.* (2013), Bonada *et al.* (2009), Murria *et al.* (2017), and Mabrouki *et al.* (2020) investigated the Moroccan fauna and Allaya (2003) the Tunisian fauna.

The *Hydropsyche* fauna of Algeria remains poorly known, on both taxonomic and ecological levels; the only recent studies deal with the Trichoptera of the Aures region (East Algeria) where Dambri *et al.* (2020) reported three

taxa and added *Hydropsyche modesta* Navás 1925 as a new record for the Maghreb. In the Great Kabylia (northcentral Algeria), Sekhi *et al.* (2016) reported seven taxa, all of which were already known, whereas in western Algeria, species of *Hydropsyche* are totally unknown. Recently, Mabrouki *et al.* (2020) reported results of their study of caddisflies in northeastern Morocco, including eight species of *Hydropsyche*. In general, the *Hydropsyche* fauna of the Maghreb region is characterized by West Palearctic elements.

This paper presents results of a taxonomic study focusing on *Hydropsyche* in northwestern Algeria during the period of 2014–2019. The aims of this study are to enrich and update the checklist of *Hydropsyche* species of Algeria, and to provide a tabular identification key for their larvae, including geographical distribution data for each species.

Material and methods

The study has been performed in two watersheds located in northwestern Algeria: The Tafna and Ghazouana Basins (Fig. 1). The Tafna Basin covers the entire region of Tlemcen with an area of 7245 km². Its main tributary, the Tafna Wadi (Wadi = river), originates in the Tlemcen Mountains at an altitude of 1110 m. The Ghazouana Basin is located on the northern fringe of the Traras mountain ranges and flows into the Mediterranean Sea, occupying an area of 294 km².

These watersheds are influenced by Mediterranean climate with a mild and humid winter characterized by irregular precipitation, which causes flash floods, and very hot and dry summers. The dry period can extend from four to six months. This explains the intermittent nature of the streams and rivers of the study area.

Hydropsyche specimens were collected between 2014 and 2019 from fourteen sampling sites (Table 1); ten from Tafna Basin and four from Ghazouana Basin (Fig. 1). Sampling was accomplished using a Surber sampler (mesh size of 0.3 mm) and entomological forceps. The material was preserved in 70% ethanol. Mature pupae, collected with forceps, were transported in thermos flasks and placed in an aquarium filled with spring water for imago rearing. The material was sorted in the laboratory. The genitalia of reared adults were put in 10% KOH for two to three hours at ambient temperature (25°C) in the laboratory and then observed under an Ecoline Motic stereo microscope with magnifying powers of 4x, 10x, and 40x and identified using the keys of Malicky (2004) and Tobias & Tobias (2008). For larval identification, we used the terminology of Dakki *et al.*, (1978), Bourmaud *et al.*, (1982), and Allaya (2003) and keys of Zamora-Muñoz *et al.*, (1995, 2017) and Waringer & Graf (2011). Larval specimens were observed under a Leica MZ12 and M205C stereomicroscope. Stereoscopic photographs were taken with a LK system (Dun Inc., Virginia) equipped with a Canon EOS 6D; photographs were edited with Helicon Focus 5.3 stacking software. Most of the material (larvae, pupae, adults) is deposited at the University of Tlemcen, Algeria (UTA), and some larvae at the University of Granada, Spain (UGS).

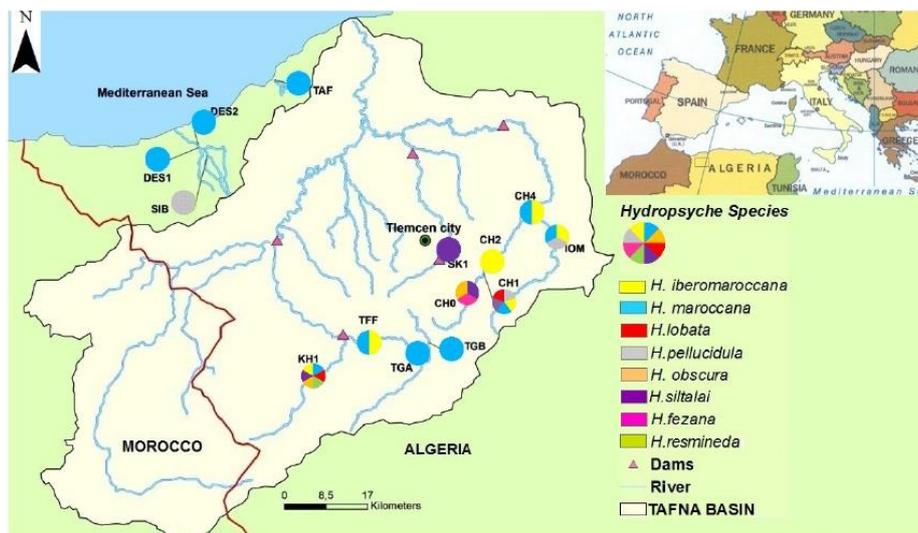


FIGURE 1. Distribution of *Hydropsyche* species at the sampling sites.

TABLE 1. Geographical data of sampling sites: the first ten sites are located in Tafna basin and the last four in Ghazouana basin.

Sites	Name of Wadi	Longitude W	Latitude N	Altitude (m)	Distance from source (km)	Orientation
CH0	Chouly	1°13'22.86"	34°46'57.86"	1065	0.30	SW-NE
CH1	Chouly	1°11'4.13"	34°49'15.95"	916	0.56	SW-NE
CH2	Chouly	1°9'57.65"	34°50'25.81"	807	1.40	SW-NE
CH4	Chouly	1°4'26.49"	34°55'57.21"	551	14.50	SW-NE
KH1	Khémis	1°34'12.78"	34°38'2.00"	854	19.70	SE-NW
SK1	Safsaf	1°15'58.05"	34°51'46.83"	723	2.70	SW-NE
IOM	Isser	1°1'13.39"	34°53'6.80"	738	1.15	SE-NW
TGB	Tafna	1°18'43.89"	34°41'33.76"	1077	0.56	SE-NW
TGA	Tafna	1°20'19.58"	34°40'23.65"	847	8.35	SE-NW
TFF	Tafna	1°26'47.01"	34°41'41.40"	678	0.87	SE-NW
DES2	Unnamed	1°49'17.07"	35°3'55.67"	50	1.26	N-W
DES1	Unnamed	1°49'10.12"	35°3'42.94"	57	1.04	N-W
SIB	Unnamed	1°48'5.89"	35°2'48.65"	120	0.44	N-W
TAF	Unnamed	1°38'51.86"	35°11'7.20"	3	0.71	N-W

Results

A total of 2576 specimens of *Hydropsyche* spp. were collected. Eight species were identified based on larvae, mature pupae, and reared adults. Two of the eight species are new records: *Hydropsyche siltalai* Döhler 1963 is a new record for Algeria and North Africa, and *Hydropsyche pellucidula* (Curtis 1834) is a new record for Algeria.

Hydropsyche siltalai Döhler 1963

(Figs 2, 3)

Material examined: Chouly Wadi at Beni Ghazli (CH0): 5 mature m♂ pupae (UTA) and 4 m♂ adults (UTA), 1 ♂ pupa (UGS), 1.v.2015; 1 ♂ pupa (UTA), 14.v.2016; 2 ♂ pupae (UTA), 17.v.2017; 1 ♂ pupa (UTA), 08.v.2017 and 4 ♂ reared adults (UTA), 08.v.2017; Chouly Wadi Yebder (CH1): 2 mature m♂ pupae (UTA), 1 ♂ imago (UTA), 14.v.2016; 1 ♂ imago (UTA), 13.v.2019; Safsaf Wadi downstream of the El Ourit Area (SK1): 5 m♂ (UTA); 2 m♂ adults (UTA,UGS), 25.vii.2016; 3 m♂ adults (UTA), 21.x.2019; Chouly Wadi in Beni Ghazli (CH0): 55 *H. siltalai* morphotype 1 larvae (UTA); Chouly Wadi in Yebdar (CH1): 192 *H. siltalai* morphotype 2 larvae (UTA); Safsaf Wadi (SK1): 154 morphotype 2 (UTA, UGS); Khemis Wadi (KH1): 62 morphotype 2 (UTA, UGS).

Description: Body length of fifth-instar larva ranging from 12.5 to 14.0 mm. Morphotype 1 with head and pronotum very light brown (Figs 2A, 2B); morphotype 2 darker (Figs 3A, 3B). Specimens collected in Algeria morphologically identical to their French or Spanish conspecifics, except for small difference in shape of median spot on frontoclypeus, slightly wider in morphotype 1 and longer and bifurcate in morphotype 2. Oral and aboral light spots of apotome joined in morphotype 1 (Fig. 2B) and not joined in morphotype 2 (Fig. 3B). In both morphotypes, lateral parts of submentum short and wide (Figs 2C, 3C) and prosternites pigmented (Figs 2D, 3D).

Distribution and ecology: The distribution area of *H. siltalai* covers Western Europe (West Palearctic species). Hildrew & Edington (1979) have described it as a species of "small streams".

In Europe, *H. siltalai* appears to be a submontane species that is also present in low mountain streams with altitudes varying between 200–800 m a.s.l and sometimes even below 200 m a.s.l. It is a eurythermal and rheophilic species living in the metarhithral and hyporhithral zones, occurring in microhabitats composed of coarse gravel, stones, boulders, bedrock, woody fragments, macrophytes, mosses, and green algae (Graf *et al.* 2008).

This species was collected at only four sites of the Tafna Wadi tributaries. The larvae of the fifth instar were usually collected during March, April, and May at Chouly (1065- 916 m a.s.l) and Khemis Wadis (723 m a.s.l).

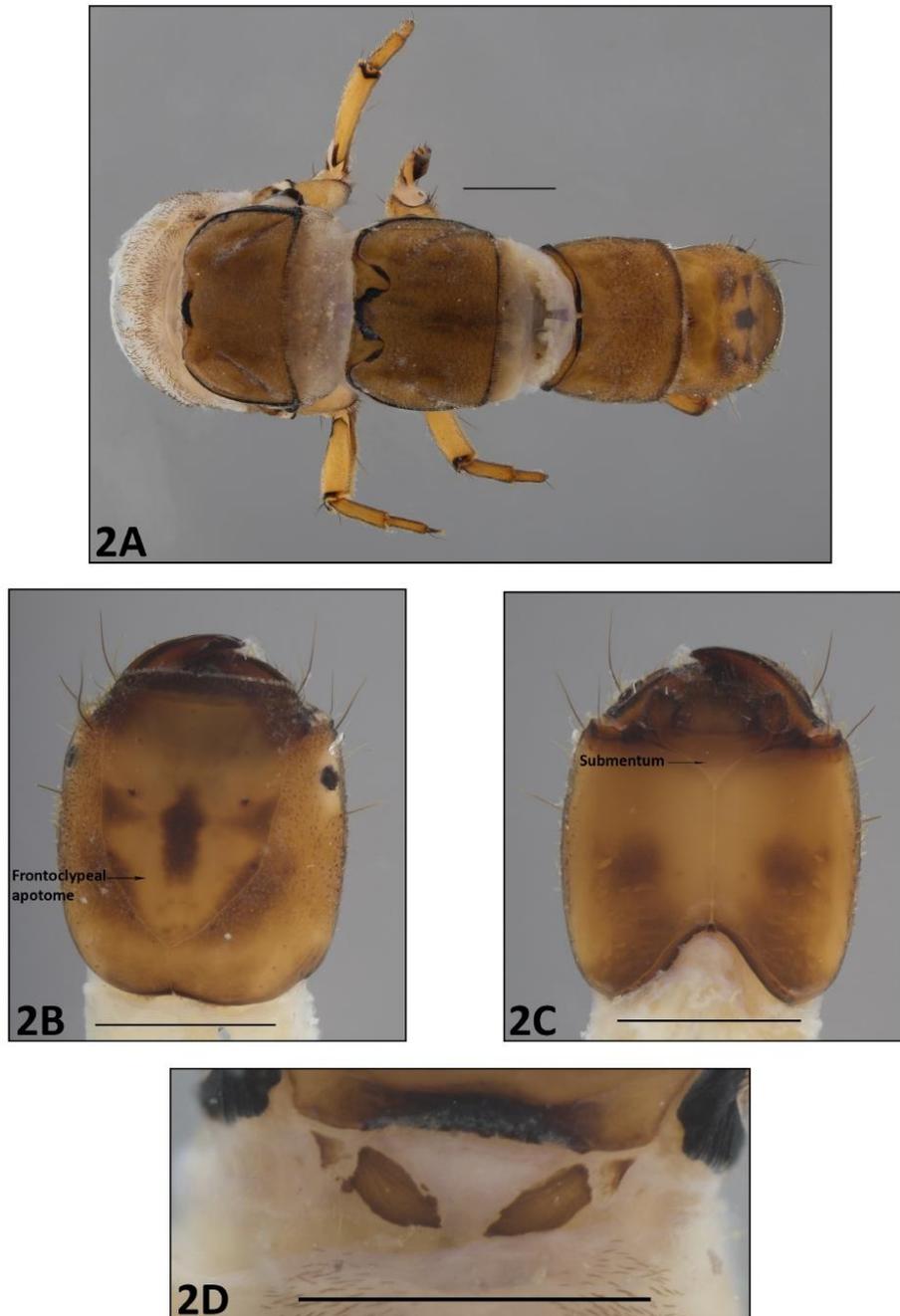


FIGURE 2. *Hydropsyche siltalai* Döhler 1963, morphotype 1. 2A, head and thorax, dorsal; 2B, cephalic capsule, dorsal; 2C, cephalic capsule; ventral; 2D, posterior prosternites, ventral. [scale bar = 1 mm].

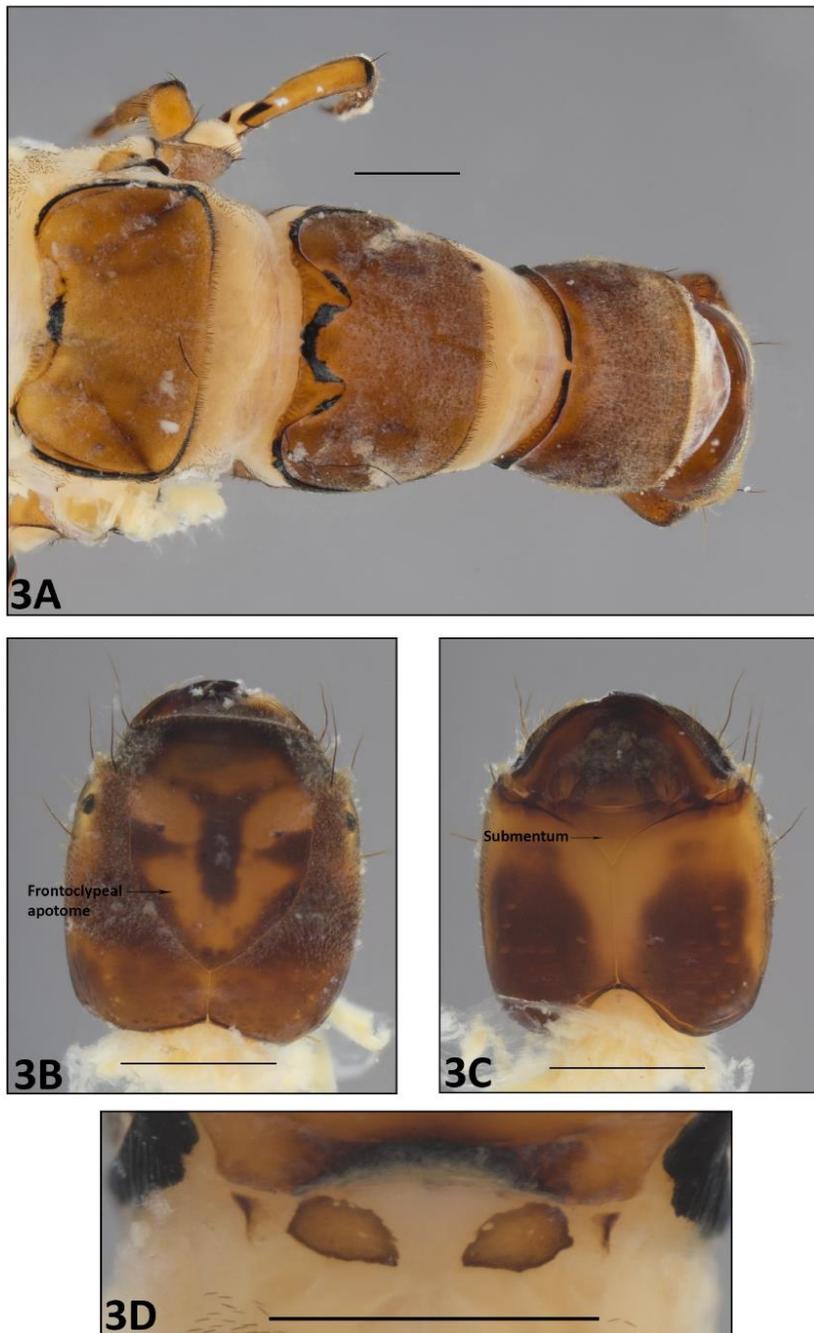


FIGURE 3. *Hydropsyche siltalai* Döhler 1963, morphotype 2. **3A**, head and thorax, dorsal; **3B**, cephalic capsule, dorsal; **3C**, cephalic capsule, ventral; **3D**, posterior prostemites, ventral. [scale bar = 1 mm].

However, at Safsaf Wadi, the species was found only in August and September. These sites (CH0, CH1, and SK1) are located at altitudes between 723 and 1065 m a.s.l. where the stream beds do not exceed 4 m width. At the Safsaf Wadi site (SK1), it was even found in a stream bed with small heterometric rocks. Its largest populations have been observed at higher altitudes at Chouly Wadi sites (CH0, CH1). It seems to be a stenothermal rheophilic species inhabiting heterometric blocks and pebbles in clear and poorly mineralized waters with no salinity, very high oxygenation (8.41–10.06 mg/l), and with a low to high level of nitrates (1.78–4.9 mg/l). The microhabitats of this species are devoid of aquatic vegetation, on the other hand the riparian vegetation is very dense.

***Hydropsyche obscura* Navás 1928**

(Fig. 4)

Material examined: Chouly Beni Ghazli Wadi (CH0): 11 larvae (UTA, UGS), including 2 larvae, 28.x.2014; 4 larvae, 22.xii.2014; 2 larvae, 21.vi.2015; and 3 larvae, 17.iii.2017.

Description: Body length of fifth-instar larva ranging from 11.50 mm to 12.00 mm. Pronotum and head dark (Figs 4A, 4B) and frontoclypeal apotome with two light anterolateral spots; oral and aboral spots absent (Fig. 4B; Table 2). Lateral parts of submentum short and wide (Fig. 4C); prosternites pigmented (Fig. 4D; Table 2).

Distribution and ecology: It is a North African endemic species; it is restricted to Algeria (in Great Kabylia) and Morocco (in the high Atlas and the Rif). It is considered as a species of high altitudes and cold springs (Ajakane 1988; Bouzidi 1989) and appears more associated with streams and small bodies of clean water (Hajji *et al.* 2013; Hajji 2017). Sekhi *et al.* (2016) recently reported it for Algeria (Kabylia). During our survey, larvae of this species were collected in two high altitude sites KH1 and CH0 (at 854 and 1065 m a.s.l., respectively), where the water temperatures are 13–17.3°C. The species exhibits a rheophilic character since it was found in fast current velocity (1.2–1.75 m/s) and cohabited with *H. siltalai* and *H. fezana*.

***Hydropsyche fezana* Navás 1932**

(Fig. 5)

Material examined: Chouly Wadi at Beni Ghazli (CH0): 2 larvae (UTA, UGS), 22.ii.2015.

Description: Body brown (Fig. 5A). Frontoclypeus having dark oral spot with two lateral light spots and indistinct blurred aboral spot (Fig. 5B; Table 2); lateral lobes of submentum short and wide (Fig. 5C) and prosternites moderately pigmented (Fig. 5D).

Distribution and ecology: This West Palearctic species has been reported from Algeria (Great Kabylia) (Sekhi *et al.* 2016), Italy (Calabria) (Valle & Ludovici 2018), and Morocco (Badri 1985; Mohati 1985; Dakki 1986; Ouahsine 1993; Tayoub 1989; El Alami & Dakki 1998; Bonada *et al.* 2008; Hajji *et al.* 2013). It is considered to be a rheophilic species, generally inhabiting permanent, medium and large streams with moderate flow, flowing on a heterogeneous bottom made of silt, sand, and pebbles (Hajji 2017). It is the most common and most abundant Trichoptera species in the Moroccan Rif (Hajji 2017), and it is widely distributed and abundant in springs of streams, torrents and rivers of the Great Kabylia (Sekhi *et al.* 2016). Only two individuals were collected from a single site located at 1065 m a.s.l in the springs of the streams where it co-occurs with *H. siltalai*. However, it does not have the same rheophilic habitat as its congener.

***Hydropsyche iberomarroccana* González & Malicky 1999**

(Figs 6, 7)

Material examined: Chouly Wadi (CH1): 1 mature m♂ pupa (UTA), 21.x.2014; Chouly Wadi (CH4): 2 mature m♂ (UTA), 11.vi.2015 and 2 mature m♂ (UTA, UGS), 1.x.2015; Tafna Wadi (TFF): 3 mature m♂ (UTA), 16.x.2015; Isser Wadi (IOM): 1 mature m♂ (UTA), 12.iv.2014.

Khemis Wadi (KH1): One larva, 03.vi.2017, was reared in the laboratory, obtaining 1 ♂ imago (UTA).

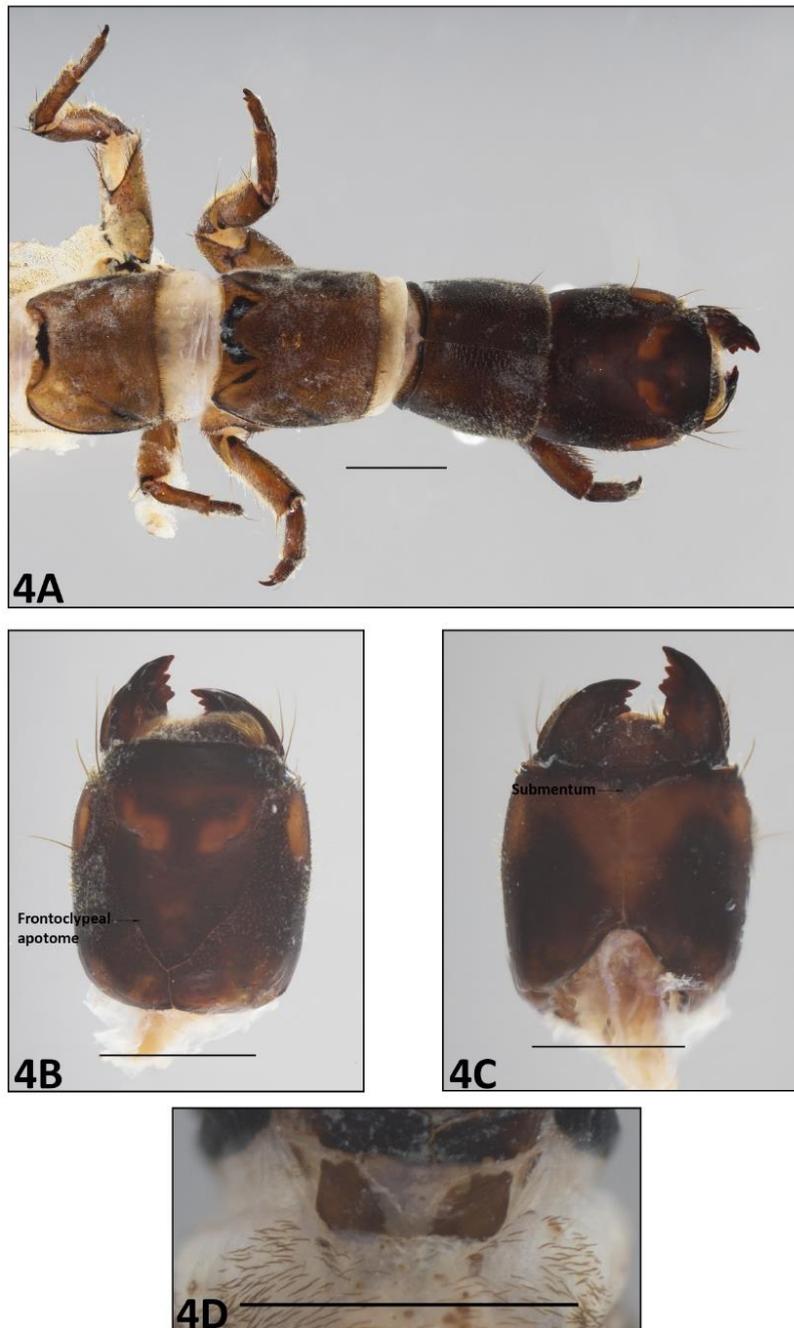


FIGURE 4. *Hydropsyche obscura* Navás 1928. **4A**, head and thorax, dorsal; **4B**, cephalic capsule, dorsal; **4C**, cephalic capsule, ventral; **4D**, posterior prostemites, ventral. [scale bar = 1 mm].

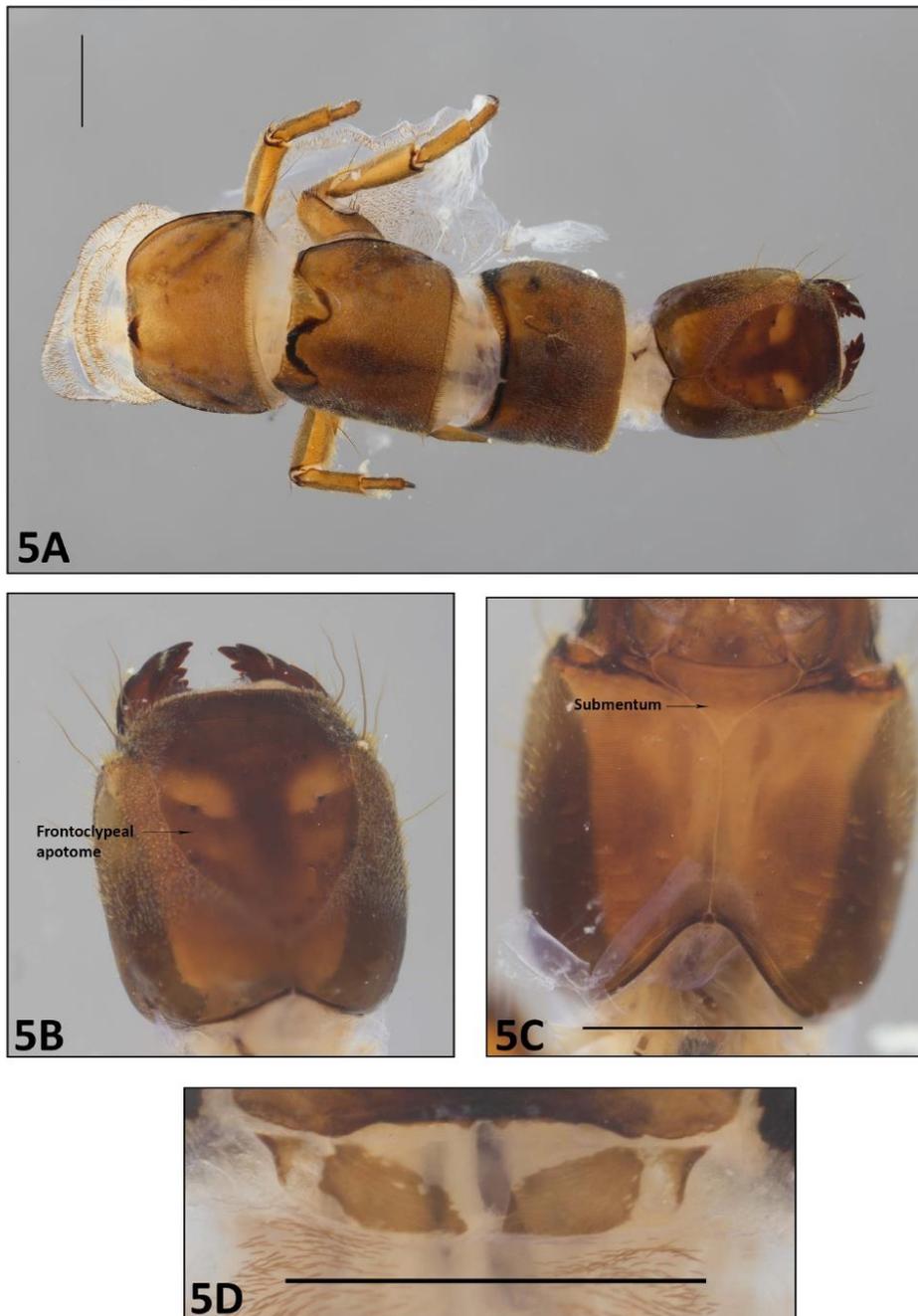


FIGURE 5. *Hydropsyche fezana* Navás 1932. 5A, head and thorax, dorsal; 5B, cephalic capsule, dorsal; 5C, cephalic capsule, ventral; 5D, posterior prostemites, ventral. [scale bar = 1 mm].

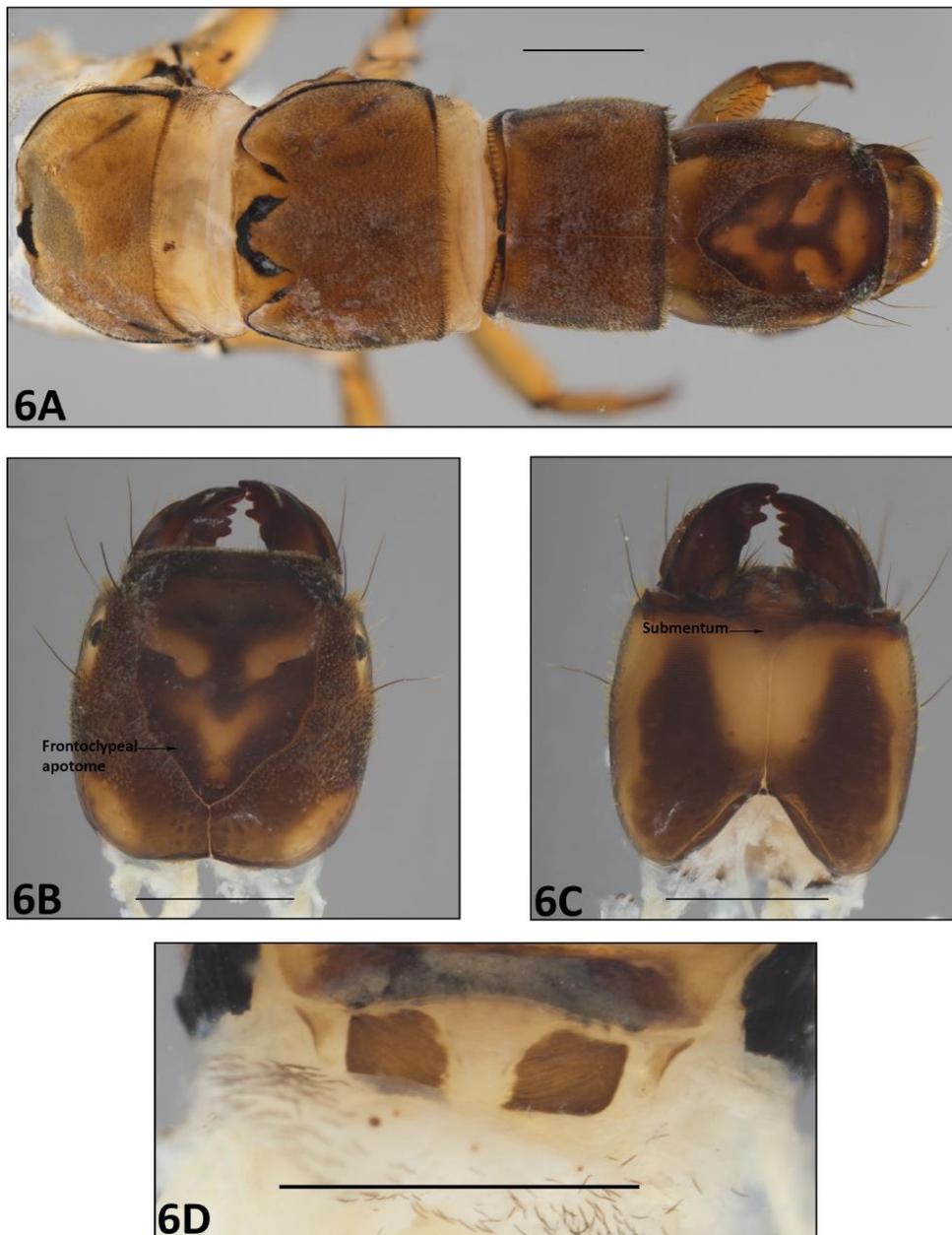


FIGURE 6. *Hydropsyche iberomaroccana* González & Malicky, 1999, morphotype 1. **6A**, head and thorax, dorsal; **6B**, cephalic capsule, dorsal; **6C**, cephalic capsule, ventral; **6D**, posterior prosternites, ventral. [scale bar = 1 mm].



FIGURE 7. *Hydropsyche iberomarroccana* Navás 1932, morphotype 2. **7A**, head and thorax, dorsal; **7B**, cephalic capsule, dorsal; **7C**, cephalic capsule, ventral, **7D**, posterior prostemites, ventral. [scale bar = 1 mm].

H. iberomaroccana morphotype 1 larvae: Chouly Wadi at Ouled Mimoun (CH4): 10 larvae (UTA, UGS), 25.x.2014, and 7 larvae (UTA), 17.iii.2017; Tafna Wadi (TFF): 12 larvae (UTA), 04.ii.2018; Khemis Wadi (KH1): 13 larvae (UTA), 17.i.2015 and 36 larvae (UTA), 17.ii.2017; Isser Wadi (IOM): 14 larvae (UTA), 21.xi.2016.

Hydropsyche iberomaroccana morphotype 2 larvae: Chouly Wadi (CH2): 12 larvae (UTA, UGS), 12.ix.2014; Chouly Wadi at Ouled Mimoun (CH4): 46 larvae (UTA), 17.iii.2017; Tafna Wadi (TFF): 4 larvae (UTA), 12.iv.2014; 33 larvae (UTA), 25.v.2014; Khemis Wadi (KH1): 2 larvae (UTA) 20.iv.2014; Isser Wadi (IOM): 46 larvae (UTA), 12.iv.2014; 47 larvae (UTA), 17.iii.2015, and 55 larvae (UTA), 17.iv.2015.

Description: *H. iberomaroccana* morphotype 1 having light brown body (Fig. 6A) with narrow frontoclypeal apotome and straight anterior edge and with light (Fig. 6A) or dark (Fig. 6B) oral spot and blurred V-shaped aboral spot (Fig. 6B). *Hydropsyche iberomaroccana* morphotype 2 (Fig. 7A) body having brown color slightly darker than morphotype 1, with dark oral spot as well as barely visible round aboral spot (Fig. 7B; Table 2). Both morphotypes having submentum with long lateral lobes (Figs 6C, 7C) and posterior prosternites pigmented (Figs 6D, 7D).

Distribution and ecology: The distribution of this West Palearctic species is limited to the Iberian Peninsula, Morocco, and Algeria. González *et al.* (1992) found this species in different regions of the Iberian Peninsula under the names of *H. cf. punica* and *H. sp. "gr. pellucidula"*. The larva has been described by Zamora-Muñoz *et al.* (1995) as *H. cf. punica*. In 1999, González & Malicky were able to overcome the problem of synonymy with *H. punica* and described the male of *H. iberomaroccana*. In fact, they discovered significant differences between the larvae of *H. punica* Malicky 1981 from Tunisia and that of *H. iberomaroccana*. It was recorded for the first time in Algeria by Sekhi *et al.* (2016). This species is not abundant in Great Kabylia (Sekhi *et al.* 2016).

It is a rheophilic, alpine, and high mountain species which is also recorded in hills and plains, it has a wide altitudinal distribution from 3100 m a.s.l. to below 200 m a.s.l. (Graf *et al.* 2008). It is an epirhithral and metarhithral species showing a preference for coarse gravel, stones, boulders, and bedrock substrates (Graf *et al.* 2008).

In our study, this species was recorded from four sites at altitudes between 551 and 916 m a.s.l. Heterometric pebbles covered with periphyton seem to be its habitat type. This thermophilic species occurs in waters with temperatures between 18–22.7°C, with fast current velocities, and rich in organic matter.

Hydropsyche maroccana Navás 1932

(Figs 8, 9)

Material examined: Adult males were obtained from reared mature pupae: Chouly Wadi at Ouled Mimoun (CH4): 1 (UTA), 12.iv.2014; Tafna Wadi (TFF): 5 (UTA), 25.v.2015 and 3 (UTA), 17.iii.2017; Khemis Wadi (KH1): 1 (UTA), 16.v.2015; and from the same wadi (TAF): 2 (UTA), 24.vii.2017.

Hydropsyche maroccana morphotype 1 larvae: Chouly Wadi (CH4): 30 (UTA, UGS), 20.iv.2014, 45 (UTA), 13.viii.2014 and 15 (UTA), 12.iv.2015; Tafna Wadi (TGB): 58 (UTA), 17.iii.2017; Tafna Wadi (TFF): 87 (UTA), 1.viii.2014, 75, 08.viii.2015, 135 (UTA), 11.iii.2015, 14 (UTA), 17.iii.2016, 90 (UTA), 17.iv.2017; Isser Wadi (IOM): 33 (UTA), 12.iv.2015; Chouly Wadi (CH4): 33 (UTA), 12.iv.2014, 75 (UTA), 16.v.2016; Khemis Wadi (KH1): 25 (UTA), 20.iv.2014; Djamaa Sakhra (DS1): 2 (UTA), 23.iii.2019 and 7 (UTA), 06.iv.2019; Djamaa Sakhra (DS2): 15 (UTA), 23.iii.2019 and 33 (UTA), 06.iv.2019; Coastal Wadi (TAF): 75 (UTA), 21.iv.2019 and 45 (UTA), 04.vii.2015.

Hydropsyche maroccana morphotype 2 larvae: Tafna Wadi (TFF): 156 (UTA), 17.iv.2014 and 58 (UTA, UGS), 17.iv.2017.

Description: Two larval morphotypes were collected. They differ in their colors and the aboral spot. *H. maroccana* 1 morphotype is similar to larva described by Dakki (1978) and Allaya (2003). The body length of the larva of the fifth instar of both morphotypes ranging from 22 to 25 mm. *H. maroccana* morphotype 1 has light brown body color with dark pronotum and head (Fig. 8A), unlike *H. maroccana* morphotype 2, whose yellowish-colored head tends to be very light in appearance (Fig. 9A). Both morphotypes having a convex anterior edge of the apotome (Figs 8B, 9B), a submentum with long and narrow lateral lobes (Figs 8C, 9C) and posterior prosternites pigmented (Figs 8D, 9D; Table 2). Morphotype 1 with light oral spot and blurred aboral spot, morphotype 2 with all light spots of frontoclypeal apotome completely joined, with dark T shape in centre and aboral spot V-shaped (Fig. 9B; Table 2). Pigmented zone covering posterior part of cephalic capsule with granular appearance for both morphotypes (Figs 8B, 9B).

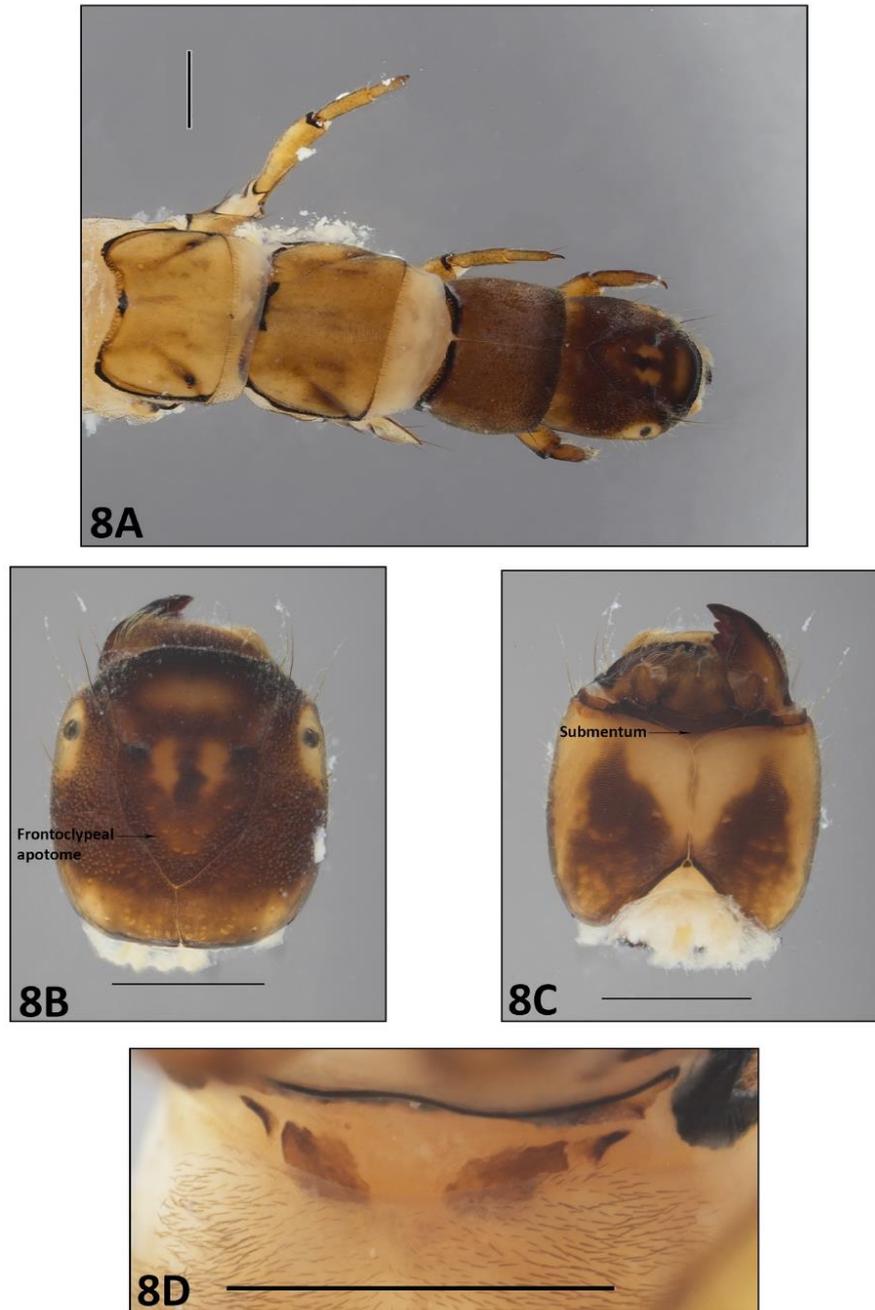


FIGURE 8. *Hydropsyche maroccana* Navás 1936, morphotype 1. **8A**, head and thorax, dorsal; **8B**, cephalic capsule, dorsal; **8C**, cephalic capsule, ventral; **8D**, posterior prostemites, ventral. [scale bar = 1 mm].



FIGURE 9. *Hydropsyche maroccana* Navás 1936, morphotype 2. **9A**, head and thorax, dorsal; **9B**, cephalic capsule, dorsal; **9C**, cephalic capsule, ventral; **9D**, posterior prostemites, ventral. [scale bar = 1 mm].

Distribution and ecology: This West Palearctic species has been previously recorded in Algeria by Arab (1989) and Arab *et al.* (2004); in Tunisia by Boumaiza (1994), Allaya (2003), Kumanski (2007), and Bennis *et al.* (2018); in Morocco by Dakki (1978) as *H. timha* Mosely 1938, and by Dakki & Tachet (1987) and in the Canary Islands as *H. flava* Nybom 1948 (Báez & Oromí 2010; Morse 2020).

This species seems to thrive in a wide range of ecological conditions since it was collected in all the sampling sites at altitudes ranging from 3 to 1022 m a.s.l., although at a low abundance at high altitude. The abundance of this species increases considerably as the streams' dimensions increase with decreasing altitude. This phenomenon was observed especially downstream of wastewater discharge; when the concentration of organic matter was very high, the species became very abundant, inhabiting various types of substrates as blocks, heterometric pebbles, and coarse and fine gravel. Some juvenile larvae were found attached to aquatic parts of riparian vegetation. Euryoecious and potamic preferences characterize this species.

***Hydropsyche lobata* McLachlan 1884**

(Figs 10, 11)

Material examined: Chouly Wadi at Yebder (CH1): 1 ♂ imago (UTA) and 1 mature ♂ pupa (UTA), 21.vii.2019.

Hydropsyche lobata morphotype 1 larvae: Chouly Wadi at Yebder (CH1): 30 (UTA, UGS), 22.xii.2014, 7 (UTA), 14.xi.2015, 11 (UTA), 16.x.2015, 12 (UTA), 08.xi.2016, 33 (UTA), 16.ii.2019.

Hydropsyche lobata morphotype 2 larvae: Khemis Wadi (KH1): 5 larvae (UTA, UGS), 30.i.2015.

Description: Larva described by García de Jalon (1981) and Dakki (1986). Both morphotypes having wide frontoclypeal apotome with straight anterior edge (Figs 10B, 11B). Rectangular posterior prosternites darkly pigmented (Figs 10D, 11D). Lateral parts of submentum long and narrow. Pro- and mesothoraces each with dark central longitudinal band (Figs 10A, 11A).

In *H. lobata* morphotype 1, dark oral spot close to dark median spot; in addition, both anterolateral spots clear and quite distinct, aboral spot small and oval (Fig. 10B).

Hydropsyche lobata morphotype 2 with dark oral spot, two light anterolateral spots, and completely clear, V-shaped aboral spot (Table 2, Fig. 11B).

Distribution and ecology: The species has been reported from the Iberian Peninsula (Spain, Portugal) by González & Menéndez (2011), from the Pyrenees, northwest Africa, and the Iberian Peninsula, including the eastern Galician Mountains by Martin *et al.* (2014), and from Morocco and Algeria by Tobias & Tobias (2008).

Larvae were found at two high altitude sites at 854 and 916 m a.s.l. In our study, it is a thermophilic (19.5–21.18 °C) and slightly rheophilic species living under heterometric pebbles. It displays preferences for sunny microhabitats.

***Hydropsyche pellucidula* (Curtis 1834)**

(Fig. 12)

Material examined: Isser Wadi: One ♂ imago was reared from a mature pupa (UTA), 03.vi.2019.

Chouly Wadi (CH1): 27 larvae (UTA,UGS), 12.ix.2014 and 20 larvae (UTA), 14.iv.2016; Khemis Wadi: 35 larvae (UTA), 20.iv.2014; 5 larvae (UTA), 21.vii.2014; 45 larvae (UTA), 30.i.2015; 14 larvae (UTA), 30.iv.2015, and 20 (UTA) larvae, 08.iii.2018; Tafna Wadi (TFF): 75 larvae (UTA), 30.i.2015; 15 larvae (UTA), 17.iii.2014, and 5 larvae (UTA), 25.v.2014; Isser Wadi (IOM): 90 larvae (UTA), 12.iv.2014; 102 larvae (UTA), 17.iii.2015, and 43 larvae (UTA), 14.iii.2014; Djamaa Sakhra (SIB): 10 larvae (UTA), 23.ii.2019; 24 (UTA), 23.iii.2019, and 10 larvae (UTA), 06.iv.2019.

Description: Larva with yellowish body (Fig. 12A) and light brown head with two broad, light areas in posterolateral regions; aboral spot V-shaped (Fig. 12B). Submentum with narrow lateral lobes (Fig. 12C, Table 2) and posterior prosternites pigmented (Fig. 12D)

Distribution and ecology: The distribution area of this species is very wide. It encompasses Europe, Asia, and the Maghreb (Morse 2020). It is reported from all Europe, including the eastern Galician Mountains (Martin *et al.* 2014), from Asia (China, West Palearctic and Nearctic Biogeographic Regions; Yang *et al.* 2016), from Iran (Mirmoayed & Malicky 2002), and from the Maghreb (Algeria, Morocco; Tobias & Tobias 2008).

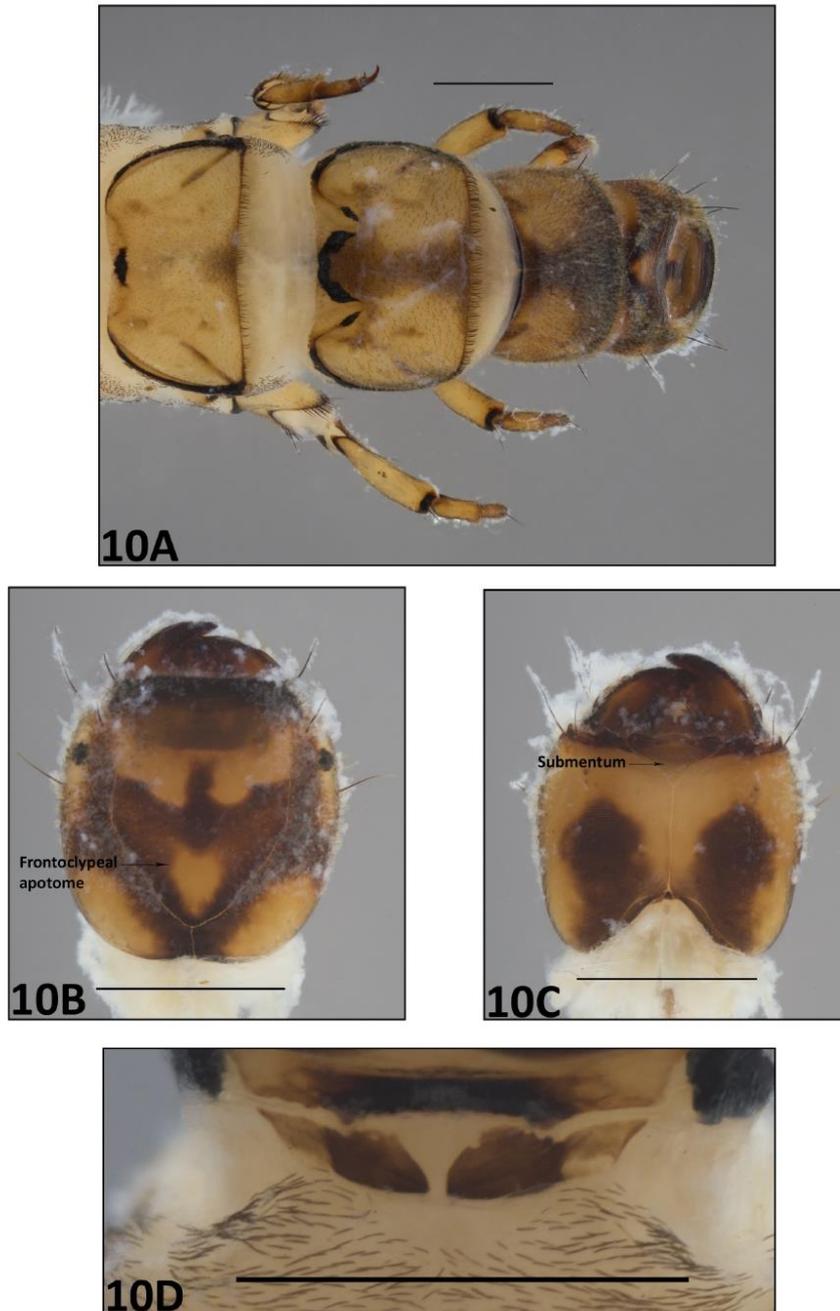


FIGURE 10. *Hydropsyche lobata* McLachlan 1884, morphotype 1. **10A**, head and thorax, dorsal; **10B**, cephalic capsule, dorsal; **10C**, cephalic capsule, ventral; **10D**, posterior prosternites, ventral. [scale bar = 1 mm].

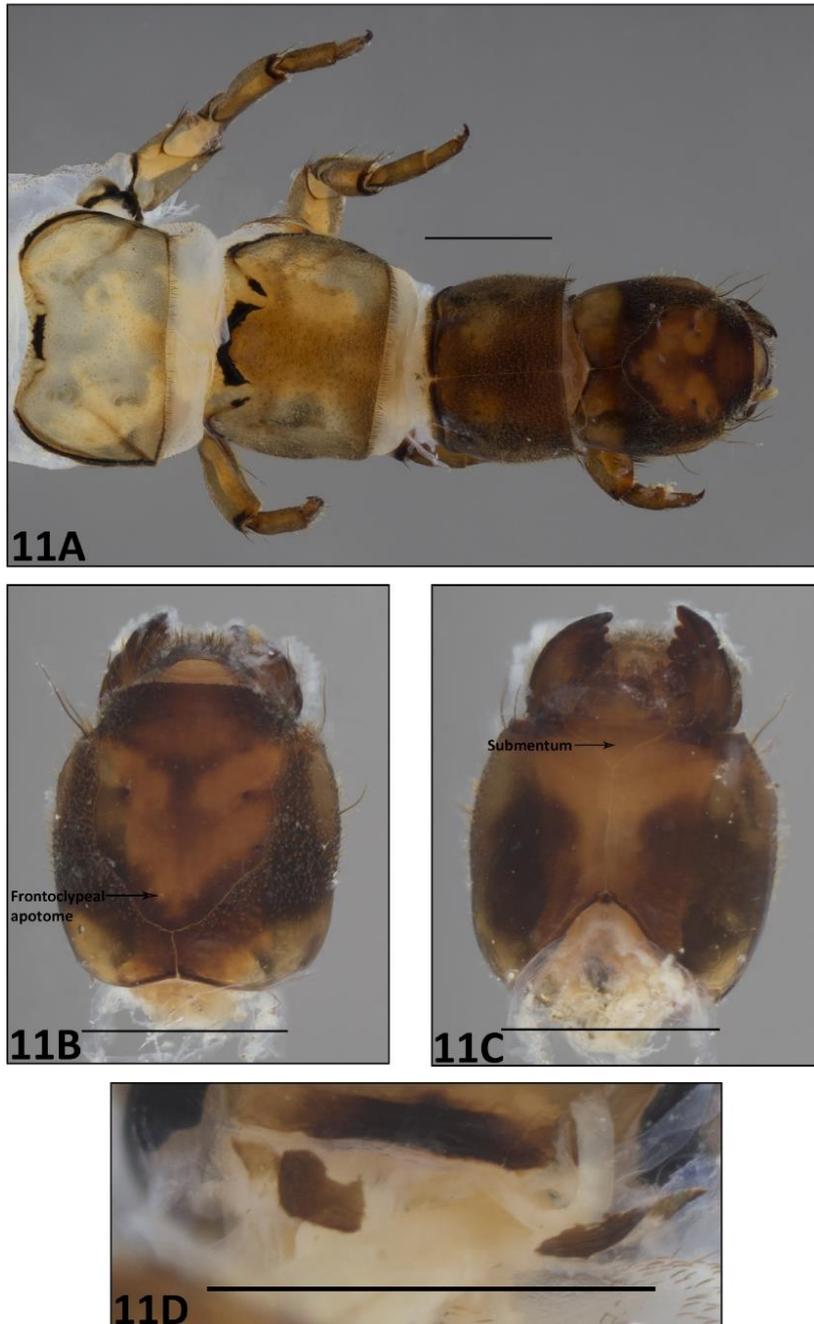


FIGURE 11. *Hydropsyche lobata* McLachlan 1884, morphotype 2. 11A, head and thorax dorsal; 11B, cephalic capsule, dorsal; 11C, cephalic capsule, ventral; 11D, posterior prosternites ventral. [scale bar = 1 mm].

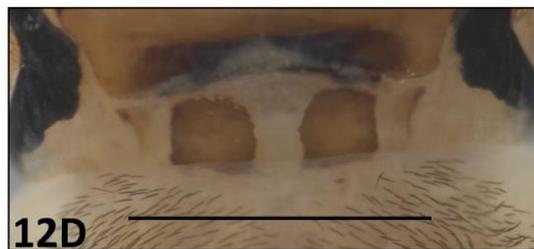
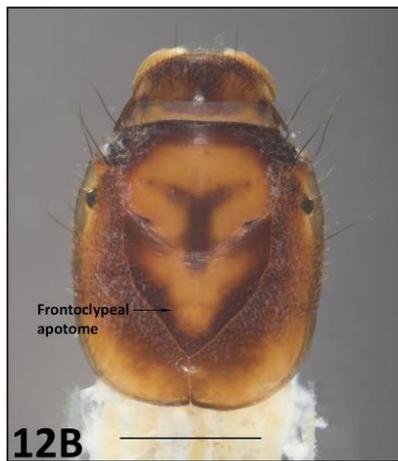


FIGURE 12. *Hydropsyche pellucidula* (Curtis 1834). **12A**, head and thorax, dorsal; **12B**, cephalic capsule, dorsal; **12C**, cephalic capsule, ventral; **12D**, posterior prosternites, ventral. [scale bar = 1 mm].



FIGURE 13. *Hydropsyche resmineda* Malicky 1977, Moroccan form. **13A**, head and thorax, dorsal; **13B**, cephalic capsule, dorsal; **13C**, cephalic capsule, ventral; **13D**, posterior prosternites, ventral. [scale bar = 1 mm].

TABLE 2. Diagnostic characters separating eight species of *Hydropsyche* larvae (5th instars) and their morphotypes (mp) collected in northwestern Algeria (mp1 = morphotype 1, mp2 = morphotype 2).

Species name	Gills on abdominal segment VII	Anterior edge of the apotome	Lateral parts of submentum	Posterior prosternites	Oral light spot
<i>H. siltalai</i>	Absent	Straight	Short and wide	Pigmented	Present
<i>H. obscura</i>	Absent	Straight	Short and wide	Pigmented	Absent
<i>H. fezana</i>	Absent	Straight	Short and wide	Pigmented	Absent
<i>H. iberomaroccana</i>	Present	Straight	Long, elongated lateral lobes	Pigmented	Blurred
<i>H. maroccana</i>	Present	Convex	Long and narrow	Pigmented	Present (mp1, mp2)
<i>H. lobata</i>	Present	Straight	Relatively long, narrow lateral lobes	Pigmented	Absent mp1 Blurred mp2
<i>H. pellucidula</i>	Present	Straight	Narrow lateral lobes	Pigmented	Present
<i>H. resmineda</i>	Present	Convex	Long, narrow lateral lobes	Pale	Present

TABLE 2. (Continued)

Species name	Anterolateral light spots	Oral and anterolateral light spot	Aboral light spot	Lateral and, aboral light spot
<i>H. siltalai</i>	Present	Joined mp1 or not joined mp2	Present	Often joined (V-shaped)
<i>H. obscura</i>	Present	Not joined	Absent	Never joined
<i>H. fezana</i>	Present	Not joined	Absent	Never joined
<i>H. iberomaroccana</i>	Present	Not joined	Blurred in V-shaped mp1, blurred rounded mp2	Often joined
<i>H. maroccana</i>	Absent mp1, present mp2	Not joined mp1, joined mp2	Blurred mp1, V-shaped mp2	Never joined mp1, joined mp2
<i>H. lobata</i>	Present	Not joined	Rounded mp1, V-shaped mp2	Never joined mp1, joined mp2
<i>H. pellucidula</i>	Present	Joined	V-shaped	Often joined
<i>H. resmineda</i>	Present	Joined	Present	Joined

It was found at three sites located at altitudes between 120 and 738 m a.s.l. in streams with streambeds between 5 and 10 m wide. The highest abundance was recorded at Isser Wadi (IOM) at 678 m. It is a rheophilic species, which prefers the hyporhithral and epipotamol zones (Graf *et al.* 2008). Indeed, in our study, the specimens were encountered at high current velocities; larvae tend to be eurythermic.

***Hydropsyche resmineda* Malicky 1977**

(Fig. 13)

Material examined: Khemis Wadi (KH1): 1 fifth instar larva (UTA), 08.iii.2018.

Description: Larva with body length 13 mm; yellowish to light brown body; reddish-brown transverse band located along anterior part of pronotum (Fig.13A); frontoclypeal apotome also bordered by reddish-brown stripe (Fig. 13A); head sub-rectangular; frontoclypeal apotome narrow with highly convex anterior edge (Fig. 13B; Dakki & Tachet 1987). Apotome with light continuous patch narrowed by dark transversal protrusions at insertion of cibarian muscles (Fig. 13B), posterior prosternites translucent (Fig. 13D), and lateral parts of submentum long and narrow (Fig. 13C).

Similarities also have been observed between the Algerian larva of *H. resmineda* and that of Morocco described by Dakki & Tachet (1987). However, important differences were noted in *H. resmineda* from a Tunisian larva described by Allaya (2003) (Table 3). More individuals, especially adults, need to be collected to clarify the situation.

Distribution and ecology: Its distribution area is limited to the Maghreb (Tobias & Tobias, 2008). It was listed from Algeria by Malicky (1983) and Malicky & Lounaci (1987). Boumaiza (1994) and Allaya (2003) recorded it in Tunisia, and Dakki & Tachet (1987) in Morocco. This species is known in Morocco between the Rif and the Atlas, where it lives between 200 and 1450 m a.s.l (Dakki 1978) and in the Rif between 190 and 580 m a.s.l (Hajji *et al.* 2013). In our study, the larva was collected at 854 m a.s.l. in a shaded microhabitat characterized by a slow current and heterogeneous substrate composed of mud and pebbles.

TABLE 3. Characters of *Hydropsyche resmineda* larvae from Algeria, Morocco (Dakki & Tachet 1987) and Tunisia (Allaya 2003).

Characters	<i>H. resmineda</i> Algeria	<i>H. resmineda</i> Morocco	<i>H. resmineda</i> Tunisia
Gills on the seventh abdominal segment	Present	Present	Present
Head	Sub-rectangular	/	Almost ovoid
Anterior edge of the apotome	Highly convex	Highly convex	Straight
Lateral parts of submentum	Long and narrow	Long and narrow	/
Posterior prosternites	Translucent elongated	Translucent elongated	Pigmented
Spot of the frontoclypeal apotome	Light continuous patch	Clear diamond-shaped area in the central region of the apotome	Two clear lateral spots and a small rounded aboral spot
Body color	Light brown	/	Dark brown

(/ = undescribed character)

Discussion

Larvae of *H. siltalai*, *H. obscura*, and *H. fezana* can be differentiated by the arrangement of the light spots on the frontoclypeal apotome (Table 2); nevertheless, they share common morphological characteristics and habitat preferences. Besides, Zamora-Muñoz *et al.* (2017) have already demonstrated a close molecular relationship between *H. siltalai* and *H. fezana*, indicating that they are sister clades.

Important larval variability has been observed within the same species. Certain conspecific larvae, with their species-defining characteristics, are further differentiated into morphotypes either by the colour of the body or the

head or by the shape and arrangement of the frontoclypeal spots. Indeed, similarities have been noticed between the Algerian larvae and the European larvae of the same species, and between Algerian larvae and those of neighbouring countries. *Hydropsyche siltalai* from the Iberian Peninsula is represented by two larval morphotypes (Zamora-Muñoz *et al.* 2017) that are distinguished by the shape of aboral spots and the color of the frontoclypeal apotome. Populations of morph 1 have a U-shaped aboral spot and those of morph 2 a V-shaped spot. The larva of *H. siltalai* morph 1 is common in European regions and has been described in the Haut Rhône in France by Bournaud *et al.* (1982) and in England by Hildrew & Edington (1979). The Spanish larva of *H. siltalai* morph 2 is inseparable from that of *H. infernalis* Schmid 1952 (Zamora-Muñoz *et al.* 2017). The two morphotypes of *H. siltalai* from western Algeria are identical to the Spanish morph 2.

The larva of *H. lobata* is very similar to that of *H. contubernalis* (McLachlan 1865) described by Bournaud *et al.* (1982) and to *H. brevis* Mosely (1930) described by Zamora-Muñoz *et al.* (1995). Only one difference has been observed with each of them: The prosternites are pigmented in *H. lobata* and translucent in *H. contubernalis*. In *H. brevis*, there are three light rounded spots or two lateral and one in the aboral region which may be fused into a V-shaped mark; in *H. lobata* morph 1, there is just one aboral rounded spot, in morph 2 there is a V-shaped aboral spot like that of *H. brevis* in Zamora-Muñoz *et al.* (1995).

This is not the case for the morphotype 2 larva of *H. maroccana*, which exhibits characteristics similar to those of *H. exocellata* Dufour 1841 from Europe.

With the exception of *H. siltalai*, all of the *Hydropsyche* species collected during our study have already been listed in both Algeria and Morocco, more specifically in the Moroccan Rif. This region is very close to our study area and also close to the Iberian Peninsula. While comparing our results with those of the Iberian Peninsula and the Moroccan Rif, we count four species that are common to the three regions, including *H. pellucidula*, *H. iberomaroccana*, *H. lobata*, and *H. maroccana*. Among Algerian species, two are common throughout Europe: *H. pellucidula* and *H. siltalai*.

The similarity between the Rifian *Hydropsyche* fauna and that of Western Algeria as well as the presence of common species in the Rif, the Iberian Peninsula, and Western Algeria, testify to the biotic exchanges between these regions. These exchanges were possible by the historical presence of land bridges between the geographical areas of Morocco and the Iberian Peninsula (Hsü 1983; Rosenbaum *et al.* 2002) and the proximity of our study area to the Moroccan Rif. However, *H. siltalai* has been recorded from the Iberian Peninsula and western Algeria but not yet in the Rif.

Hydropsyche siltalai flies in late summer and early autumn in northern and central Europe (Andersen & Klubnes 1983; Graf *et al.* 2008). Moreover, we observed that the emergence period of the species at the Safsaf Wadi site (SK1) is similar to that of the European species. This site is located in a deep shaded valley, and the water remains cold and permanent in summer due to the continuing supply of water from several springs and resurgences. On the other hand, at the Chouly Wadi sites, emergence takes place earlier, in May. At these sites, water temperature increases rapidly in the spring season and the stream bed becomes dry, which may explain the early flight of the species. *Hydropsyche siltalai* is also common in temporary headwater reaches in the Mediterranean climate region of the Iberian Peninsula (Bonada *et al.* 2004; Múria *et al.* 2010).

Hydropsyche larvae were present in all the sites of our studied basins, with very high abundances in fast-flowing meso- and microhabitats. *Hydropsyche* larvae do not show the same rheophilic degree as other caddisflies. We noticed a succession of *Hydropsyche* species in the high mountain site Beni Ghazli (CH0) and a replacement of species in the lower site Chouly Yebder (CH1). *Hydropsyche siltalai* is predominant at site CH0 where it coexists with *H. fezana* and *H. obscura*, but both have a discreet occurrence. Larvae of the omnipresent *H. siltalai* are more abundant than its congeners. A few days after water temperatures rise and *H. siltalai* emerge as adults, small larvae of *H. lobata* appear in Wadi Chouly Yebdar (CH1) and of *H. iberomaroccana* in Wadi Khemis (KH1), implying that females of those species laid the eggs at the same time or a few days before the emergence of *H. siltalai*.

Hydropsyche pellucidula larvae have their highest abundance in Isser wadi (IOM) at 738 m a.s.l. Descending from 678 m a.s.l., their abundance decreases and that of *H. maroccana* increases considerably to become the dominant species.

Concerning *H. siltalai*, our results agree with those obtained in the Haut Rhône (Bournaud *et al.* 1982). *Hydropsyche siltalai* is indeed a species of small streams, as reported by Hildrew & Edington (1979). The results obtained on the altitudinal distribution of the species corroborate previous work with the exception of those of *H. siltalai*, which shows an altitudinal preference between 800–200 m a.s.l. and sometimes below 200 m a.s.l. in Europe,

whereas we collected it at 1065 m a.s.l., 854 m a.s.l., and 723 m a.s.l. Thus, through this study, the discovery of *H. siltalai* made it possible not only to widen its distribution area but also its altitudinal distribution.

Acknowledgements

We thank our colleague Nadhira Benhadji for her support and her help. We also want to thank Dr. I. Karaouzas and two anonymous reviewers for their valuable recommendations to improve the manuscript.

References

- Ajakane, A. (1988) *Etude hydrobiologique du bassin versant de l'oued N'fis (Haut Atlas marocain)—Biotypologie, dynamique saisonnière, impact de l'assèchement sur les communautés benthiques*. PhD thesis, University Caddy Ayad, Marrakech, 189 pp. [in French]
- Allaya, W. (2003) Description de cinq larves de trichoptères du genre *Hydropsyche* récoltées en Tunisie. *Braueria*, 30, 21–22. [in French]
- Andersen, T. & Klubnes, R. (1983) The life histories of *Hydropsyche siltalai* Döhler, 1963 and *H. pellucidula* (Curtis, 1834) (Trichoptera, Hydropsychidae) in a west Norwegian river. *Aquatic Insects*, 5, 51–62. <https://doi.org/10.1080/01650428309361125>
- Arab, A. (1989) *Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa*. PhD thesis, University of Bab Ezzouar, Algeria. [unknown pagination, in French]
- Arab, A., Lek, S., Loumaci, A. & Park, Y.S. (2004) Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *International Journal of Limnology*, 40 (4), 317–327. <https://doi.org/10.1051/limn/2004029>
- Badri, A. (1985) *Etude hydrobiologique d'un cours d'eau de plaine en zone semi-aride: le Tensift. Impact des crues sur la biocénose*. PhD thesis, University of Caddy Ayad, Marrakech. 192 pp. [in French]
- Báez, M. & Oromí, P. (2010) Trichoptera. In: Arechavaleta, M., Rodríguez, S., Zurita, N. & Garcia, A. (coord.), *Lista de especies silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres) 2009*. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife, pp. 1–302. [in French]
- Bennas, N., L'Mohdi, O., El Haissoufi, M., Charfi, F., Ghlala, A. & El Alami, M. (2018) New data on the aquatic insect fauna of Tunisia. *Transactions of the American Entomological Society*, 144 (3), 575–592. <https://doi.org/10.3157/061.144.0309>
- Bonada, N., Zamora-Muñoz, C., Rieradevall, M. & Prat, N. (2004) Trichoptera (Insecta) collected in Mediterranean river basins of the Iberian Peninsula: Taxonomic remarks and notes on ecology. *Graellsia*, 60 (1), 41–69. <https://doi.org/10.3989/graellsia.2004.v60.i1.192>
- Bonada, N., Zamora-Muñoz, C., El Alami, M., Murria, C. & Prat, N. (2008) New records of Trichoptera in reference Mediterranean climate rivers of the Iberian Peninsula and north of Africa: Taxonomical, faunistic and ecological aspects. *Graellsia*, 64 (2), 189–208. <https://doi.org/10.3989/graellsia.2008.v64.i2.32>
- Bonada, N., Murria, C., Zamora-Muñoz, C., El Alami, M., Poquet, J. M., Puntí, T., Moreno, J.L., Bennas, N., Alba-Tercedor, J., Ribera, C. & Prat, N. (2009) Using community and population approaches to understand how contemporary and historical factors have shaped species distribution in river ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 18 (2), 202–213. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2008.00434.x>
- Boumaiza, M. (1994) *Recherches sur les Eaux Courantes de Tunisie. Faunistique, Ecologie et Biogéographie*. PhD thesis, Tunis University, Tunis, 429 pp. [in French]
- Bournaud, M., Tachet, H. & Perrin, J.F. (1982) Les Hydropsychidae (Trichoptera) du Haut-Rhône entre Genève et Lyon. *Annales de Limnologie*, 18, 61–80. [in French] <https://doi.org/10.1051/limn/1982002>
- Bouzidi, A. (1989) *Recherches hydrobiologique sur les Cours d'Eau des Massifs du Haut Atlas (Maroc). Bio-écologie des Macroinvertébrés et Distribution spatiale des Peuplements*. PhD thesis, University Cadi Ayyad, Marrakech, 190 pp. [in French]
- Curtis, J. (1834) XXXVII. Descriptions of some hitherto nondescript British species of may-flies of anglers. *Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science*, 4, 212–218. <https://doi.org/10.1080/14786443408648304>
- Dakki, M. (1978) Le genre *Hydropsyche* au Maroc (Trichoptera, Hydropsychidae). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 3, 111–120. [in French]
- Dakki, M. (1982) Trichoptères du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 6, 139–155.

- Dakki, M. (1986) *Recherches hydrobiologique sur le Haut Sebou (Moyen Atlas). Une Contribution à la Connaissance faunistique écologique et historique des Eaux courantes sud Méditerranéennes*. PhD thesis, University Mohammed V, Rabat, 214 pp. [in French]
- Dakki, M. & Tachet, H. (1987) Les larves d'*Hydropsyche* du Maroc (Trichoptères, Hydropsychidae. In: Bournaud, M. & Tachet, H. (Eds.), Proceedings of the Fifth International Symposium on Trichoptera. Series Ent. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht, the Netherlands. *Series Entomologica*, 39, pp. 25–28. [in French]
https://doi.org/10.1007/978-94-009-4043-7_4
- Dambri, B.M., Karaouzas, I. & Samraoui, B. (2020) Contribution to the knowledge of the caddisfly fauna of Algeria: An updated checklist of Algerian Trichoptera with new records from the Aures region. *Zootaxa*, 4786 (2), 221–232.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4786.2.4>
- De Pietro, R. (1999) Identification of the larvae of *Hydropsyche* species from Sicily and peninsular Italy (Trichoptera, Hydropsychidae). *Archiv für Hydrobiologie Supplement*, 121 (2), 91–117.
- Décamps, P. (1968) Vicariance écologique chez les Trichoptères des Pyrénées. *Annales de Limnologie—International Journal of Limnology*, 4 (1), 1–50. [EDP Sciences, in French]
<https://doi.org/10.1051/limn/1968005>
- Döhler, W. (1963) Liste der deutschen Trichopteren. *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*, 12 (3), 17–22. [in German]
- Dufour, L. (1841) Recherches anatomiques et physiologiques sur les Orthoptères, les Hyménoptères et les Néuroptères, deuxième partie. *Mémoires des Savants Étrangers de l'Académie des Sciences Paris*, 7, 374–556. [in French]
- El Alami, M. & Dakki, M. (1998) Peuplements d'Ephéméroptères et de Trichoptères de l'Oued Laou (Rif Occidentale, Maroc): Distribution longitudinale et biotypologie. *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, 21, 51–70. [in French]
- García de Jalón, D. (1981) Description of *Hydropsyche* larvae found in the Iberian Peninsula. In: Moretti, G.P. (Ed.), *Proceedings of the 3rd International Symposium on Trichoptera*. W. Junk, The Hague, 87–92.
https://doi.org/10.1007/978-94-009-8641-1_12
- González, M.A. & Malicky, H. (1999) Une nouvelle espèce de *Hydropsyche* du groupe *pellucidula* (Trichoptera, Hydropsychidae). *Braueria*, 26, 26–25. [in French]
- González, M.A., Terra, L.S.W., García de Jalón, D. & Cobo, F. (1992) Lista faunística y bibliográfica de los Tricópteros (Trichoptera) de la Península Ibérica e Islas Baleares. *Asociación Española de Limnología Publicación*, 11, 1–200. [in Spanish]
- González, M.A.G. & Menéndez, J.M. (2011) Checklist of the caddisflies of the Iberian Peninsula and Balearic Islands (Trichoptera). *Zoosymposia*, 5 (1), 115–135.
<https://doi.org/10.11646/zoosymposia.5.1.10>
- Graf, W., Murphy, J., Dahl, J., Zamora-Muñoz, C. & López-Rodríguez, M.J. (2008) Trichoptera. In: Schmidt-Kloiber, A. & Hering, D. (Eds.), *Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Vol. 1. Trichoptera*. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, pp. 1–388.
- Hajji, K. (2017) *Les Trichoptères du Maroc. Atlas, Biogéographie et degré de vulnérabilité*. PhD thesis, University Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, 309 pp. [in French]
- Hajji, K., El Alami, M., Moutaouakil, M., Bonada, N. & Zamora-Muñoz, C. (2013) Contribution à la connaissance des Trichoptères (Trichoptera) du Rif (nord du Maroc). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 37, 181–216. [in French]
<http://hdl.handle.net/2445/59627>
- Hildrew, A.G. & Edington, J.M. (1979) Factors facilitating the coexistence of hydropsychid caddis larvae (Trichoptera) in the same river system. *Journal of Animal Ecology*, 48, 557–576.
<https://doi.org/10.2307/4180>
- Hsü, K.J. (1983) *The Mediterranean was a Desert*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 197 pp.
<http://doi.org/10.11646/zootaxa.4097.4.7>
- Karaouzas, I. (2009) The larva of *Hydropsyche peristerica* Botosaneanu & Marinković Gospodnetić, 1968 (Trichoptera: Hydropsychidae), with some notes on its ecology. *Aquatic Insects*, 31 (2), 139–143.
<https://doi.org/10.1080/01650420802623786>
- Karaouzas, I. (2013) The larvae of the Aegean endemic caddisflies *Hydropsyche debirasi* Malicky 1974 and *Hydropsyche kleobis* Malicky 2001 (Trichoptera: Hydropsychidae) with notes on their ecology and zoogeography. *Zootaxa*, 3637 (4), 472–477.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3637.4.6>
- Karaouzas, I. (2016) The larvae of *Hydropsyche rhadamanthys* Malicky 2001 and *Hydropsyche sarpedon* Malicky 2001 (Trichoptera: Hydropsychidae), endemics of Crete (South Aegean, Greece), with notes on their ecology. *Zootaxa*, 4097 (4), 557–566.
<http://doi.org/10.11646/zootaxa.4097.4.7>
- Karaouzas, I. (2018) The larvae of three Greek species of *Hydropsyche* (Trichoptera: Hydropsychidae) and key for larvae of known Aegean *Hydropsyche* species. *Zootaxa*, 4382 (2), 381–392.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4382.2.9>
- Kumanski, K. (2007) Second addition to volume 15 (Trichoptera: Annulipalpia) and volume 19 (Trichoptera: Integripalpia) of Fauna Bulgarica. *Historia Naturalis Bulgarica*, 18, 81–94.
- Mabrouki, Y., Taybi, A.F., El Alami, M., Wiggers, R. & Berrahou, A. (2020) New data on fauna of caddisflies (Insecta: Trichop-

- tera) from northeastern Morocco with notes on chorology. *Aquatic Insects*, 41, 356–390.
<https://doi.org/10.1080/01650424.2020.179781>
- Malicky, H. & Lounaci, A. (1987) Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algerien und Marokko (Trichoptera). *Opuscula Zoologica Fluminensia*, 14, 1–20. [in German]
- Malicky, H. (1977) Ein Beitrag zur Kenntnis der *Hydropsyche guttata*-Gruppe (Trichoptera, Hydropsychidae). *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen*, 29, 1–28. [in German]
- Malicky, H. (1981) Neues über mediterrane, vorderasiatische und europäische Köcherfliegen (Trichoptera). *Entomofauna*, 2 (16), 175–188. [in German]
- Malicky, H. (1983) *Atlas der Europäischen Köcherfliegen*. Junk, The Hague, x + 298 pp.
- Malicky, H. (1999) Eine aktualisierte Liste der österreichischen Köcherfliegen. *Braueria*, 26, 31–40. [in German]
- Malicky, H. (2004) *Atlas of European Trichoptera, 2nd Edition*. Springer, Dordrecht, 387 pp.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3026-0_1
- Martin, L., Martínez, J. & González, M.A. (2014) Observaciones sobre los tricópteros (Insecta : Trichoptera) de las montañas orientales de Galicia (Sierras de Ancares, Courel e Invernadeiro). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, 38 (1–2), 67–90. [in Spanish]
- McLachlan, R. (1865) Trichoptera Britanica. A monograph of British species of caddis-flies. *Transactions of the Entomological Society of London*, Series 3, 5, 1–184, pls. 1–14.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1967.tb01433.x>
- McLachlan, R. (1884) *A Monographic Revision and Synopsis of the Trichoptera of the European Fauna, First Additional Supplement*. John van Voorst and Friedlander & Sohn, London and Berlin, 76 pp., 7 pls.
- Mirmoayedi, A. & Malicky, H. (2002) An updated check-list of caddisflies (Insecta, Trichoptera) from Iran, with new records. *Zoology in the Middle East*, 26, 161–168.
<https://doi.org/10.1080/09397140.2002.10637932>
- Mohati, A. (1985) *Recherche hydrobiologique sur un cours d'eau du haut Atlas de Marrakech (Maroc): L'Oued Ourika, écologie, biotypologie et impact des activités humaines sur la qualité des eaux*. PhD thesis, University Cadi Ayyad, Marrakech. 108 pp. [in French]
- Morse, J.C. (2020) *Trichoptera World Checklist*. Available from: <https://entweb.sites.clemson.edu/database/trichopt/> (accessed 19 May 2020)
- Mosely, M.E. (1938) Trichoptera collected in Morocco by Mrs. K.H. Chapman and G.A. Bisset. *Annals and Magazine of Natural History, London*, 2 (1), 271–277.
<https://doi.org/10.1080/00222933808526766>
- Múria, C., Zamora-Muñoz, C., Bonada, N., Ribera, C. & Prat, N. (2010) Genetic and morphological approaches to the problematic presence of three *Hydropsyche* species of the *pellucidula* group (Trichoptera: Hydropsychidae) in the westernmost Mediterranean Basin. *Aquatic Insects*, 32 (2), 85–98.
<https://doi.org/10.1080/01650424.2010.482939>
- Múria, C., Bonada, N., Vellend, M., Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J., Sainz-Cantero, C.E., Garrido, J., Acosta, R., El Alami, M., Barquin, J., Derka, T., Álvarez-Cabria, M., Sáinz-Bariain, M., Filipe, A.F. & Vogler, A.P. (2017) Local environment rather than past climate determines community composition of mountain stream macroinvertebrates across Europe. *Molecular Ecology*, 26 (21), 6085–6099.
<https://doi.org/10.1111/mec.14346>
- Navás, L. (1928) Insectes névroptères et voisins de Barbaries. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 19, 189–190. [in French]
- Navás, L. (1932) Insectos de Berberia. *Boletín de la Sociedad de Iberica Ciencias Naturales*, 31, 106–112. [in Spanish]
- Navás, L. (1936) Insectos de Berberia. *Boletín de la Sociedad Entomologica Española*, 18, 77–100. [in Spanish]
- Nybom, O. (1948) The Trichoptera of the Atlantic Isles. *Commentationes Biologicae: Societas Scientiarum Fennica*, 8 (14), 1–19.
- Ouahsine, H. (1993) *Les biocénoses d'Invertébrés benthiques dans un Torrent du Haut Atlas (Maroc): Le Tiferguine. Structure et répartition du peuplement-Régime alimentaire*. PhD thesis, University Cadi Ayyad, Marrakech, 234 pp. [in French]
- Rosenbaum, G., Lister, G.S. & Duboz, C. (2002) Reconstruction of the tectonic evolution of the western Mediterranean since the Oligocene. *Journal of the Virtual Explorer*, 8, 107–130.
<https://doi.org/10.3809/jvirtex.2002.00053>
- Sekhi, S., Haouchine, S., Lounaci-Daoudi, D., El Alami Moutaouakil, M. & Lounaci, A. (2016) Contribution à la connaissance des Trichoptères de grande Kabylie (Algérie) Trichoptera. *Ephemera*, 17, 51–69. [in French]
- Tayoub, H. (1989) *Etude hydrobiologique d'un Réseau hydrographique rifain, l'oued Laour. Typologie et Ecologie des Trichoptères*. PhD thesis, University of Rabat, Salé, Rabat-Salé-Kénitra region, 137 pp. [in French]
- Tobias, D. & Tobias, W. (2008) *Trichoptera Africana*. Available from: <http://trichoptera.insects-online.de/Trichoptera%20africana/index.htm> (accessed 19 May 2020)
- Uy, C.J.C., Malicky, H. & Bae, Y.J. (2018) Review of the filter-feeding caddisfly subfamily Macronematinae (Trichoptera: Hydropsychidae) in tropical Southwest Asia. *Raffles Bulletin of Zoology*, 66, 664–703.
- Valle, M. & Ludovici, O. (2018) I Tricotteri di Calabria (Insecta, Trichoptera). *Rivista del Museo Civico di Scienze Naturali "Enrico Caffi," Bergamo*, 31, 139–186. [in Italian]

- Verneaux, J. (1973) *Cours d'eau de Franche-Comté (massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs-Essai de biotypologie*. PhD thesis, University Besançon, Besançon, 260 pp. [in French]
- Verneaux, J. & Faessel B. (1976) Larves du genre *Hydropsyche* (Trichoptères Hydropsychidae) Taxonomie: Données biologiques et écologiques. *Annales de Limnologie*, 12 (1), 7–16. [in French]
<https://doi.org/10.1051/limn/1976016>
- Vieira-Lanero, R. (2000) *Las Larvas de los Tricópteros de Galicia (Insecta: Trichoptera)*. Thesis Doctoral, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galicia, 611 pp. [in Spanish]
- Waringer, J. & Graf, W. (2011) *Atlas of central European Trichoptera larvae*. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben, 468 pp.
- Yang, L.-F., Sun, C.-H. & Morse, J.C. (2016) An amended checklist of the caddisflies of China (Insecta, Trichoptera). *Zoosymposia*, 10, 451–479.
<https://doi.org/10.11646/zoosymposia.10.1.42>
- Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. & Jalon, G. (1995) The larvae of the genus *Hydropsyche* (Hydropsychidea Trichoptera) and key for identification of species of the Iberian Peninsula. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 68, 189–210.
- Zamora-Muñoz, C., Múria, C., Bonada, N. & Gonzáles, A.M. (2017) The *Hydropsyche instabilis* group (Trichoptera Hydropsychidea) on the Iberian Peninsula, new species, taxonomical controversies, and a key to larvae. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 75 (1), 159–172.

III.3 Clé d'identification des espèces *Hydropsyche* du Maghreb

Aucune clé d'identification n'a été réalisée pour le Maghreb ou un de ces pays à savoir le Maroc-Tunisie et Algérie. Jusqu'à ce jour, nous ne disposons que des descriptions de six espèces réalisées par Dakki & Tachet (1987) et celle de cinq espèces par Allaya (2003). Les clés d'identification européennes ne sont utilisées que partiellement pour la faune Maghrébine à cause des espèces endémiques Maghrébines. Etant donné que les trois pays du Maghreb renferment des espèces d'*Hydropsyche* en commun, et que l'Algérie après actualisation, abrite 11 espèces parmi les 12 répertoriées au Maghreb, nous avons décidé de réaliser une clé d'identification des espèces des larve d'*Hydropsyche* du Maghreb en combinant les caractères des espèces larvaires décrites par Dakki & Tachet, Allaya et ceux de notre propre étude, ce qui a fait l'objet d'une publication en 2021 (Benmoussat-Dekkak, 2021b).

III. 4 Révisions taxonomiques et distribution des espèces de Trichoptères

Outre les espèces de la famille des Hydropsychidae citée en amont, la composition taxonomique des espèces de Trichoptères, leur distribution, quelques notes taxonomiques pour quelques espèces, actualisation de la liste des espèces de Trichoptères Maghrébines ainsi que leur chorologie ont été discutés dans un troisième article (Benmoussat-Dekkak, 2021c).

Checklist and key for identification of larvae of *Hydropsyche* species (Hydropsychidae, Trichoptera) of the Maghreb

SOUMYA BEMMOUSSAT-DEKKAK^{1,2*}, KARIMA ABDELLAOUI-HASSAINE^{1,3} & CARMEN ZAMORA-MUÑOZ^{4,5}

¹Laboratoire de Valorisation des Actions de l'Homme pour la Protection de l'Environnement et Applications en Santé publique, Université de Tlemcen, BP 119 13000 Tlemcen, Algérie.

²  dekkaksoumia@hotmail.fr;  <https://orcid.org/0000-0002-8717-100X>

³  hassaine69@hotmail.com;  <https://orcid.org/0000-0002-7568-8132>

⁴Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071-Granada, Spain

⁵  czamora@ugr.es;  <https://orcid.org/0000-0002-3037-1529>

*Corresponding author

Abstract

Twelve species of the genus *Hydropsyche* (Trichoptera) are reported from the Maghreb; six in Tunisia, eight in Morocco, and eleven in Algeria. These three North African countries are inhabited by common species, except that *H. siltalai* has been reported only from Algeria and *H. pandiel* only from Morocco. A list of *Hydropsyche* species known from the Maghreb is presented and a key for identification of described larvae of Maghreb *Hydropsyche* species is provided.

Key words: Algeria, caddisfly, distribution, larval identification, Morocco, North Africa, Tunisia

Introduction

The caddisfly family Hydropsychidae is one of the most diverse and abundant families of lotic insects worldwide (Wiggins 2004; Morse *et al.* 2021) and can account for as much as 80% of macroinvertebrate biomass in some streams (Wallace & Merritt 1980). The genus *Hydropsyche* (Trichoptera: Hydropsychidae) is known from all parts of the world except the Neotropical region and Antarctica (Wiggins 1977; Schmid 1998) and is one of the most speciose lineages in the order, with 581 described species (Morse 2021).

Stream ecologists frequently face the task of identifying larvae of genus *Hydropsyche* at the species level, particularly when applying various methods to assess the ecological quality of water bodies (Statzner & Mondy 2009). The first identification keys were based on the colour pattern of the frontoclypeus, but the use of this trait alone was not very reliable and other morphological features have been added over time (e.g., Hildrew & Morgan 1975; Verneaux & Faessel 1976; Edington & Hildrew 1981; Bournaud *et al.* 1982; Moretti 1983; Pitsch 1993; De Pietro 1999; Zamora-Muñoz *et al.* 1995, 2002, 2017).

Many taxonomic studies of the larvae of genus *Hydropsyche* have been conducted, and keys concerning the European region fauna have been published (Hickin 1967; Sedlack 1971; Szezesny 1974; Hildrew & Morgan 1975; Szezesny 1974; Verneaux & Faessel 1976; Boon 1977; Edington & Hildrew 1981; Bournaud *et al.* 1982; Moretti 1983; Pitsch 1993; De Pietro 1999; Zamora-Muñoz *et al.*, 1995, 2002, 2017; Múrria *et al.* 2010; Waringer & Graf 2011). Although some of these studies may be partially valid for the Maghreb, the high endemicity of this region may generate controversies due to the similarity between the larval features of various species of *Hydropsyche*. Thus, it is important to develop new keys or adapt existing ones to apply to the local fauna.

In the present study, after a detailed literature search, the complete list of Maghrebian *Hydropsyche* species known so far is presented as well as a key for the identification of larvae of species of *Hydropsyche* in this region for which larvae have been described.

Materials and methods

The larvae used were collected in two basins from northwestern Algeria. One is the Tafna River basin, which covers the entire city of Tlemcen, with an area of 7245 km² and the second one is the Ghazouana River basin, which is in the coastal zone northwest of Tlemcen and covering an area of 294 km². Details concerning collection localities were provided by Bemoussat-Dekkak *et al.* (2021). The sampling was accomplished using a Surber sampler (mesh size 0.3 mm) and entomological forceps. The material was preserved in 70% ethanol and sorted in the laboratory.

For building the key, we used the characters and the nomenclature of Bournaud *et al.* (1982), Faessel & Monnier (1985), Zamora-Muñoz *et al.* (1995, 2017), and Múrria *et al.* (2010).

The key is based on only full-grown larvae (fifth-instar larvae). We use the characters for eight species and morphotypes distinguished in a previous work from northwestern Algeria (Bemoussat-Dekkak *et al.*, 2021) and descriptions of the larvae of *Hydropsyche artax* Malicky & Lounaci 1987, *H. morla* Malicky & Lounaci 1987, and *H. punica* Malicky 1981 described from Tunisia by Allaya (2003). Some illustrations for the key are revised from a previous work (Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021).

Species collection data have been taken from the literature. Wadi = river, Larva = L, Pupa = P, unknown = N, Nd= unknown data

***Hydropsyche artax* Malicky & Lounaci 1987**

Material examined. Algeria: N paratype, Tizi Ouzou, Aissi River (Malicky & Lounaci 1987). Tunisia: Holotype ♂, wadi Titria, 3.vi.1982 (Malicky & Lounaci 1987); N paratype, Ain Sebaa, Ain Sobah, Nefza, Nd (Malicky & Lounaci 1987).

Distribution. This is an endemic species, reported from only Tunisia and Algeria. The distribution area is limited to three locations in Tunisia and one location in Algeria.

***Hydropsyche cf contubernalis* McLachlan 1865**

Material examined. Algeria: 7L, Aures, 2018 (Dambri *et al.* 2020).

***Hydropsyche cf exocellata* Dufour 1841**

Material examined. Morocco: 5L, eastern Morocco, 07.vi.14 (Mabrouki *et al.* 2020).

Distribution. Western European species, reported from the Iberian Peninsula (Gonzalez & Menendez 2011).

***Hydropsyche fezana* Navás 1932**

Material examined. Algeria: 3P♂, 603L, Great Kabylia, 2011 (Sekhi *et al.* 2016); northwestern Algeria, 2L, 22.ii.2015 (Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021). Morocco: 1♀ holotype, Fes, 22.v.1920, Nd (Dakki 1978); 2L, Fes Nd (Dakki 1978); 1♂, 2♀, Talzent Nd (Dakki 1978); 314L, Rif, Lalou-Sebou river, Nd (Bonada *et al.* 2008); Rif, 1445L, 27P, 16♂, 6♀, 1997–2008 (Hajji *et al.* (2013); 1♂, 1♀, 4P, 10L, northeastern Morocco, 2014 (Mabrouki *et al.* 2020)

Distribution. This is an endemic Maghrebian species with wide distribution in Morocco; it was cited in the Middle Atlas (Dakki 1984), the high Atlas (Bouzidi 1989; Badri 1985; Ouahsine 1993), the Rif (Tayoub 1989; El Alami & Dakki 1998; Alaoui 2006; Bonada *et al.* 2008; Hajji *et al.* 2013), northeastern Morocco (Lamri *et al.* 2016; Mabrouki *et al.* 2020), and Algeria (Sekhi *et al.* 2016; Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021). Although this species has a wide distribution in Morocco, its distribution in Algeria is limited.

***Hydropsyche iberomaroccana* González & Malicky 1999**

Material examined. Algeria: 9P♂, 3P♀, 5L, Great Kabylia, 2013 (Sekhi *et al.* 2016); 9♂, 1P, 337L, northwestern Algeria, 2014–2017 (Bemmuoussat-Dekkak *et al.* 2021). Morocco: 4♂, 2P, 567L, Rif, 1997–2008 (Hajji *et al.* 2013); 1♂, 1P, 2L, northeastern Morocco, 2014 (Mabrouki *et al.* 2020).

Distribution. This is a West Mediterranean species, reported from Morocco (Bonada *et al.* 2008; Hajji *et al.* 2013, 2017; Mabrouki *et al.* 2020); Algeria (Sekhi *et al.* 2016; Bemmuoussat-Dekkak *et al.* 2021), and the Iberian Peninsula (González & Martínez-Menéndez 2011).

***Hydropsyche lobata* McLachlan 1884**

Material examined. Algeria: 284L, Great Kabylia, 2011–2013 (Sekhi *et al.* 2016); 1♂, 1P♂, 98L, northwestern Algeria, 2015–2019 (Bemmuoussat-Dekkak *et al.* 2021). Morocco: 1♀, Fes, 1920 (Dakki 1978); 209L, 3P, 2♂, Rif, 1997–2003 (Hajji *et al.* 2013); 3♂, 10P, 346L, northeastern Morocco, 2014 (Mabrouki *et al.* 2020).

Distribution. This species has been reported from Spain and Portugal (González & Menéndez 2011), from the Pyrenees, northwestern Africa, the Iberian Peninsula, including the eastern Galician Mountains (Martin *et al.* 2014); from the high Atlas of Morocco (Bouzidi 1989); the middle Atlas (Dakki 1987; Tayoub 1989); the Rif (El Alami & Dakki 1998; Hajji *et al.* 2013); Oriental Morocco (Berrahou 2001; Alaoui 2006; Bonada *et al.* 2008), northeastern Morocco (Lamri *et al.* 2016; Mabrouki *et al.* 2020).

***Hydropsyche maroccana* Navás 1932**

Material examined. Algeria: 11P, 136L, Seybouse, northeastern Algeria, 2014–2016 (Samraoui *et al.* 2020; 11♂ obtained from reared mature pupae, 1076L, 2014–2019, northwestern Algeria (Bemmuoussat-Dekkak *et al.* 2021); 2♀, 67L, Aures, 2018 (Dambri *et al.* 2021). Morocco: ♂ holotype, Marrakech, 7.iv.1920 (Dakki 1978); 1♂ paratype, Settat, 11–12.iv.1920 (Dakki 1978); 1♂, 152L, Lalou river, 2005 (Bonada *et al.* 2008); 6♂, 9P, 290L, Rif, 1998–2007 (Hajji *et al.* 2013); 14♂, 107P, 927L, northeastern Morocco, 2014–2018 (Mabrouki *et al.* 2020). Tunisia: 2P, 106L, Medjerda river, Nd (Bennas *et al.* 2018).

Distribution. The distribution area is limited to the Canary Islands and the Maghreb. It was reported from Morocco (Bonada *et al.* 2008; Hajji *et al.* 2013; Lamri *et al.* 2016); Tunisia (Allaya 2003; Bennas *et al.* 2018); and Algeria (Arab 1989; Arab *et al.* 2004; Samraoui *et al.* 2020; Bemmuoussat-Dekkak *et al.* 2021). In the Canary Islands, it was first mentioned as *H. flava* Nybom 1948 (Morse 2020).

***Hydropsyche morla* Malicky & Lounaci 1987**

Material examined. Algeria: N♂, Tizi Ouzou, wadi Aissi, Nd (Malicky & Lounaci 1987). Tunisia: holotype ♂, 19.v.1982, Sardouk Wadi west of the Ben Metir Reservoir (Malicky & Lounaci 1987).

***Hydropsyche obscura* Navás 1928**

Material examined. Algeria: 13♂, 3♀, 422L, Great Kabylia, 2011–2013 (Sekhi *et al.* 2016); 20L, 2014–2017, northeastern (Bemmuoussat-Dekkak *et al.* 2021). Morocco: 2♂, 6P, 188L, Rif, 1997–1998 (Hajji *et al.* 2013).

Distribution. This is an endemic Maghrebian species reported from Algeria (Tobias & Tobias 2008; Bemmuoussat-Dekkak *et al.* 2021) and Morocco (Dakki & Tachet 1986; Hajji *et al.* 2013–2017; Lamri *et al.* 2016).

***Hydropsyche pandiel* Malicky 2014**

Material examined. Morocco: holotype ♂, Rif (Taounate), 20.vi.1977 (Malicky 2014).

Distribution. This is a Moroccan endemic species.

***Hydropsyche pellucidula* (Curtis 1834)**

Material examined. Algeria: 1♂ reared mature pupa, 535L, northwestern Algeria, 2014–2019 (Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021). Morocco: 1♂, Talzent, Nd (Dakki 1978); 1♂, 374L, Rif 1997–1998 (Hajji *et al.* 2013); 26P, 133L, northeastern Morocco, 2014 (Mabrouki *et al.* 2020).

Distribution. The distribution area of this species is very wide. It encompasses Europe, Asia and the Maghreb. This species was reported from several European countries (Malicky 2013), Iran, Mongolia, and China (Mirmoayedi & Malicky 2002; Yang *et al.* 2016). In the Maghreb, it has been recorded from Morocco and Tunisia by Tobias & Tobias (2008) and in Algeria by Bemoussat-Dekkak *et al.* (2021).

***Hydropsyche punica* Malicky 1981**

Material examined. Algeria: N, Nd, (Malicky & Lounaci 1987). Tunisia: N, Nd, (Malicky & Lounaci 1987).

Distribution. This is a Maghrebian endemic species, reported only in Algeria and Tunisia. Malicky (1999) redescribed the male genitalia.

***Hydropsyche resmineda* Malicky 1977**

Material examined. Algeria: 22P, 235L, Seybouse River, northeastern Algeria 2014–2016 (Samraoui *et al.* 2020); 1L, northwestern Algeria, 08.iii.2018 (Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021), Morocco: 1♂, Talzent, Nd (Dakki 1978); 14♂, 4♀, 14L, Rif, 2007 (Hajji *et al.* 2013); 2♂, 3♀, 16P, 176L, northeastern Morocco, 2014 (Mabrouki *et al.* 2020). Tunisia: 2P, 54L, northeastern Tunisia, 2007 (Bennas *et al.* 2018).

Distribution. This is a Maghrebian endemic species reported from Morocco (Berrahou *et al.* 2001; Hajji *et al.* 2013; Lamri *et al.* 2016; Mabrouki *et al.* 2020), Tunisia (Malicky 1977; Malicky & Lounaci 1987; Boumaiza 1994; Allaya 2003), and Algeria (Samraoui *et al.* 2020; Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021).

***Hydropsyche siltalai* Döhler 1963**

Material examined. Algeria: 16♂, 7P♂, 463L, and 4♂ adults obtained by breeding from rearing, northwestern Algeria, 2015–2017 (Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021).

Distribution. The distribution area of *H. siltalai* covers Western Europe.

Results and discussion

Studies of *Hydropsyche* species and other caddisflies in the Maghreb are still very incomplete since the territory has not been fully sampled. In Morocco, fifteen *Hydropsyche* species were first reported, but after reviews by Dakki (1978), Dakki & Tachet (1987), and Hajji (2017), the number of species reliably cited was reduced to seven. Recently, Malicky (2014) described a male of a new species (*H. pandiel* Malicky 2014) from Morocco. Also, Mabrouki *et al.* (2020) mentioned the presence of *H. cf. exocellata* Dufour 1841 as a larva in northeastern Morocco.

Studies of Trichoptera in Algeria and Tunisia by Malicky and Lounaci (1987) revealed five *Hydropsyche* species in Tunisia and four in Algeria. Allaya (2003) described the larvae of the Tunisian species. *Hydropsyche pellucidula* (Curtis 1834) was reported from Tunisia by Tobias and Tobias (2008) and Hajji *et al.* (2013), thus raising the number of Tunisian *Hydropsyche* species to six. Other contributions concerning Trichoptera enriched knowledge

of the Algerian *Hydropsyche* fauna with the following nine additional species: *H. lobata* (Arab *et al.* 2004; Tobias & Tobias 2008; Sekhi *et al.* 2016), *H. maroccana*, and *H. exocellata* (Arab *et al.* 2004); *H. obscura* and *H. fezana* (Tobias & Tobias 2008; Sekhi *et al.* 2016); *H. iberomaroccana* (Sekhi *et al.* 2016), *H. cf contubernalis* (Dambri *et al.* 2020); *H. siltalai*, and *H. pellucidula* (Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021).

Dambri *et al.* (2020) published the first record of *H. modesta* Navás 1925 in Algeria and the Maghreb; however, a subsequent revision of the material determined that the larvae were *H. maroccana* (Dambri *et al.* 2021).

Despite being listed for the Maghreb, larvae for *H. pandiel* and *H. cf contubernalis* are omitted from the key below. To our knowledge, the larva of *H. pandiel* has not yet been described and mature male pupae or adults are needed to confirm the presence of *H. contubernalis*.

Moreover, as explained in a previous work (Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021), a larval morphotype of *H. maroccana* (morphotype 2) is indistinguishable from the larva of the European species *H. exocellata*. Therefore, additional work is needed to determine whether there are really two morphotypes of *H. maroccana* in the Maghreb or one of them is actually *H. exocellata*.

In the case of *H. resmineda*, two different larval descriptions are attributed to it as explained by Bemoussat-Dekkak *et al.* (2021). Only the association between larvae and adults, by DNA analysis or by collecting mature male pupae whose cocoons contain the larval sclerites, will help us to solve the problem. Pending that research, we include the Algerian form of this species in the key.

In total, twelve species have been recorded in the Maghreb (Fig.1), including eleven in Algeria, eight in Morocco, and six in Tunisia (Table 1). All the species occurring in Morocco and Tunisia inhabit also Algeria with the exception of *H. pandiel*, which occurs only in Morocco (Table 1). Among the listed species, eight are endemic to North Africa, namely *H. artax*, *H. fezana*, *H. maroccana* (including Canary Islands), *H. morla*, *H. obscura*, *H. pandiel*, *H. punica*, and *H. resmineda*.

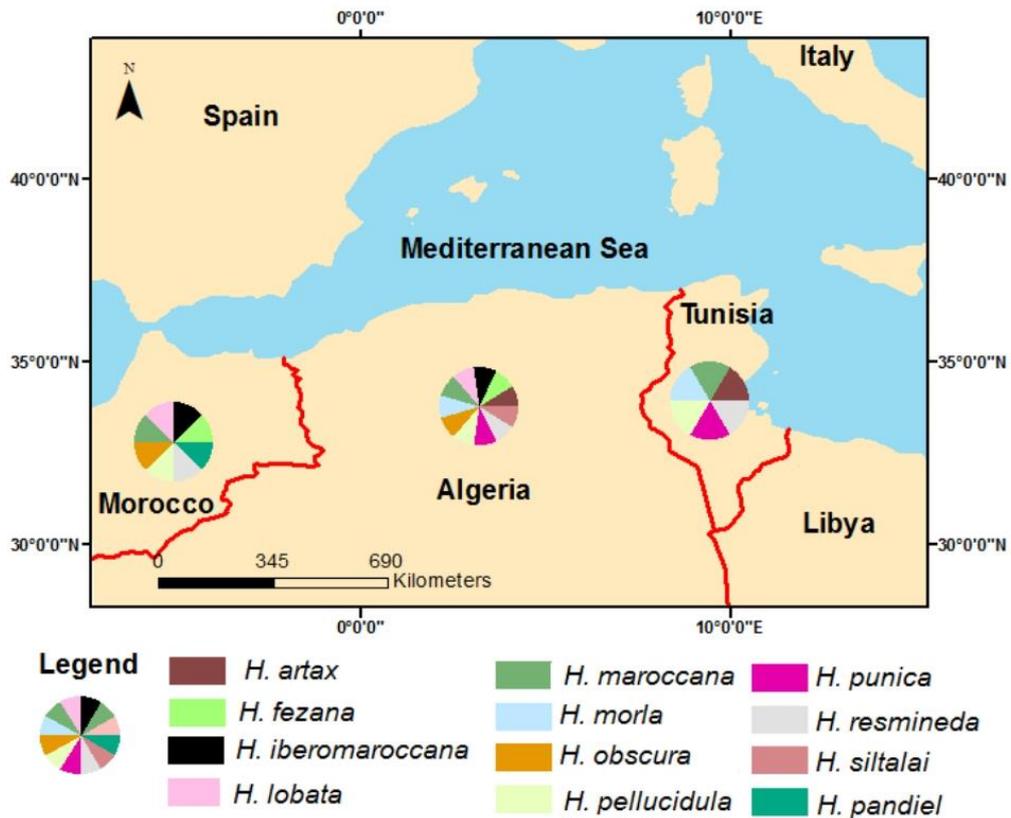


FIGURE 1. The distribution of *Hydropsyche* species in the three Maghreb countries (Algeria, Morocco, and Tunisia).

TABLE 1. Checklist of the *Hydropsyche* species of Algeria.

Species name	Source(s)	Distribution in Algeria
<i>H. artax</i> Malicky & Lounaci 1987	Malicky & Lounaci 1987	Great Kabylia
<i>H. fezana</i> Navás 1932	Tobias & Tobias 2008; Sekhi <i>et al.</i> 2016	Great Kabylia
<i>H. iberomaroccana</i> González & Malicky 1999	Sekhi <i>et al.</i> 2016, Bemoussat-Dekkak <i>et al.</i> 2021	Great Kabylia, northwestern Algeria
<i>H. lobata</i> McLachlan 1884	Tobias & Tobias 2008; Arab <i>et al.</i> 2004; Sekhi <i>et al.</i> 2016; Bemoussat-Dekkak <i>et al.</i> 2021	Chelif River, Great Kabylia, northwestern Algeria
<i>H. maroccana</i> Navás 1932	Malicky 1983; Malicky & Lounaci 1987; Arab <i>et al.</i> 2004; Bemoussat-Dekkak <i>et al.</i> 2021	Chelif River, Great Kabylia, northwestern Algeria
<i>H. morla</i> Malicky & Lounaci 1987	Malicky & Lounaci 1987	Great Kabylia
<i>H. obscura</i> Navás 1928	Tobias & Tobias 2008; Sekhi <i>et al.</i> 2016; Bemoussat-Dekkak <i>et al.</i> 2021	Great Kabylia, northwestern Algeria
<i>H. pellucidula</i> (Curtis 1834)	Bemoussat-Dekkak <i>et al.</i> 2021	northwestern Algeria
<i>H. pumica</i> Malicky 1981	Malicky 1983; Malicky & Lounaci 1987	Great Kabylia
<i>H. vesmineda</i> Malicky 1977	Malicky 1983; Malicky & Lounaci 1987; Tobias & Tobias 2008; Sekhi <i>et al.</i> 2016; Bemoussat-Dekkak <i>et al.</i> 2021	Great Kabylia, northwestern Algeria
<i>H. siltalai</i> Döhler 1963	Bemoussat-Dekkak <i>et al.</i> 2021	northwestern Algeria

Key for Mature Larvae of *Hydropsyche* Species of the Maghreb

1	Gills absent on abdominal segment VII	2
-	Gills present on abdominal segment VII	6
2	Frontoclypeal apotome narrow, almost triangular (width at midlength ~0.8X width of anterior edge) (Fig. 2A); prosternites pigmented (Fig. 3A); lateral parts of submentum short and wide (Fig. 4A); head and pronotum dark and frontoclypeal apotome with pair of light anterolateral spots (Fig. 5A)	<i>H. obscura</i>
-	Frontoclypeal apotome wide, ogival to subpentagonal (width at midlength subequal to width of anterior edge) (Fig. 2B); without combination of other characteristics.	3
3	Frontoclypeal apotome with light aboral V-shaped spot narrowly connected with anterolateral spots (Figs 5B, 5C)	4
-	Frontoclypeal apotome with blurred light aboral spot not joined with anterolateral spots (Fig. 5D)	<i>H. fezana</i>
4	Frontoclypeal apotome with thick, dark median spot not bifurcate anteriorly (Fig. 5B)	5
-	Frontoclypeal apotome with thick, dark median spot bifurcate anteriorly (Y-shaped) (Fig. 5C)	<i>H. siltalai morph 2</i>
5	Frontoclypeal apotome with light oral spot (Fig. 5B)	<i>H. siltalai morph 1</i>
-	Frontoclypeal apotome without light oral spot (Allaya 2003: table 1)	<i>H. morla</i>
6	Anterior edge of frontoclypeal apotome straight (Figs 2A, 2B)	7
-	Anterior edge of frontoclypeal apotome convex (Figs 2C, 2D)	10
7	Frontoclypeal apotome narrow, almost triangular (width at midlength ~0.8X width of anterior edge) (Fig. 2A); pronotum and mesonotum usually uniformly coloured (Fig. 8B); if with dark longitudinal band on pronotum, never joining with transversal band on anterior edge (Zamora-Muñoz <i>et al.</i> 1995: Fig. 9E).	8
-	Frontoclypeal apotome wide, ogival to subpentagonal, width at midlength subequal to width of anterior edge (Fig. 2B); pronotum and mesonotum with dark longitudinal band in centre (Fig. 8A), on pronotum this band usually joining with transverse band on anterior edge (Fig. 7A: a2), prosternites rectangular, pigmented (Fig. 3A)	<i>H. lobata</i>
8	Frontoclypeal apotome with light, Y-shaped aboral mark; oral light spot and anterolateral light spots not joined (Allaya 2003: table 1)	<i>H. artax</i>
-	Frontoclypeal apotome with light, V-shaped aboral mark; oral light spot and anterolateral light spots joined or not	9
9	Head light brown, with two broad light areas in posterolateral regions (Fig. 6A: a1), with or without narrow longitudinal dark band on either side of coronal suture (Fig. 6A: a2); frontoclypeal apotome with oral and anterolateral light spots joined (Fig. 6A); posterior prosternites with dark medial regions sub-square (Fig. 3C)	<i>H. pellucidula</i>
-	Head very dark, with two narrow light areas in posterolateral regions (Fig. 6C: c1), with wide longitudinal dark band on either side of coronal suture (Fig. 6C: c2); frontoclypeal apotome with oral and anterolateral light spots not joined (Fig. 6C); posterior prosternites with dark medial regions rectangular (Fig. 3A)	<i>H. iberomaroccana</i>
10	Head in dorsal view with brownish areas of granular appearance on lateral sclerites (Fig. 5E, 5F); frontoclypeal apotome narrow, almost triangular (Fig. 2C; 5E)	11

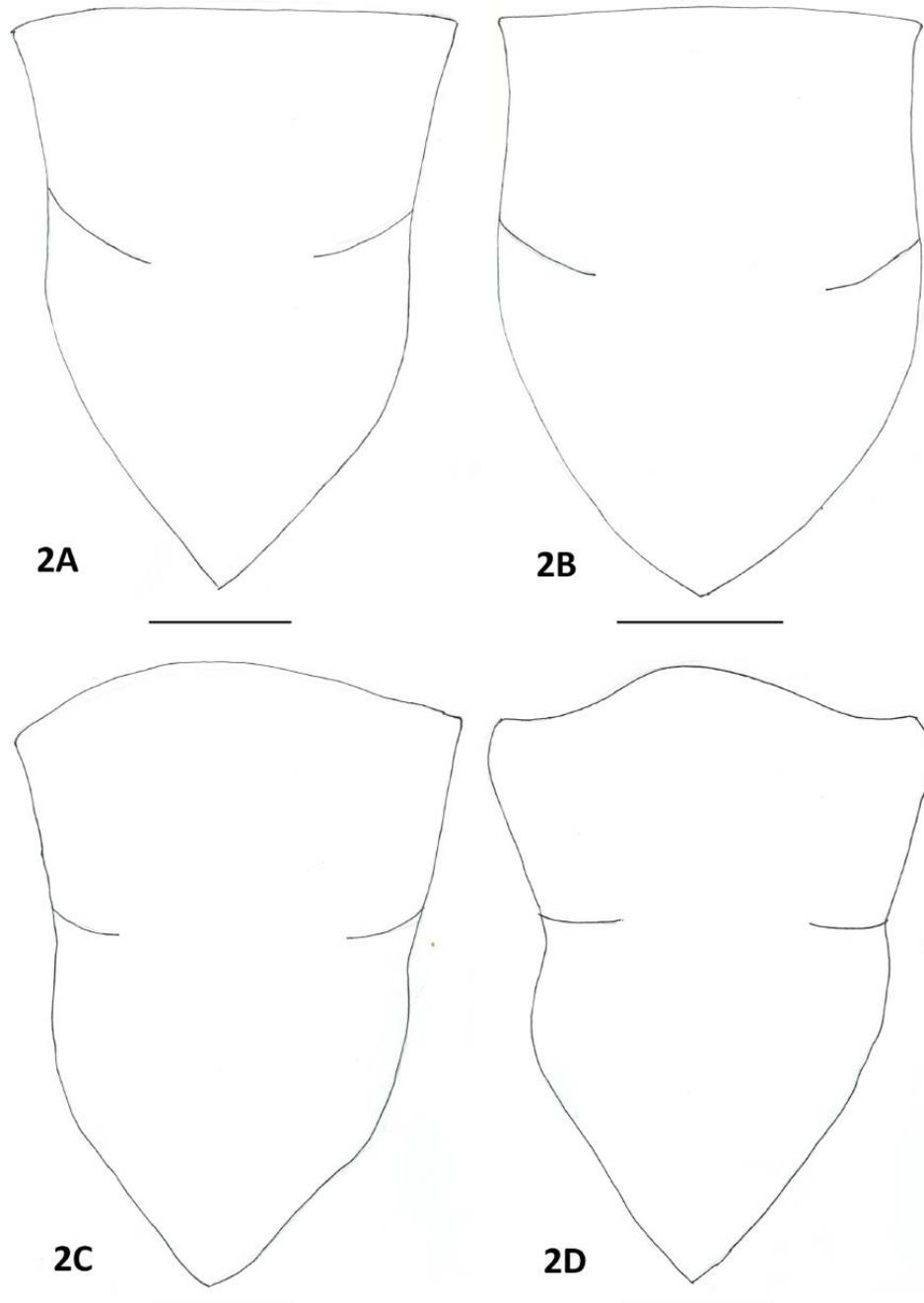


FIGURE 2. Frontoclypeal apotomes of larvae of Maghreb *Hydropsyche* species. 2A, *H. iberomarroccana* González & Malicky 1999 [similar to *H. artax* Malicky & Lounaci 1987, *H. obscura* Navás 1928 and *H. pellucidula* (Curtis 1834)]; 2B, *H. fezana* Navás 1932 (similar to *H. lobata* McLachlan 1884, *H. morla* Malicky & Lounaci 1987, and *H. siltalai* Döhler 1963); 2C, *H. maroccana* Navás 1932; 2D, *H. resmineda* Malicky 1977. Scale bars = 1 mm.

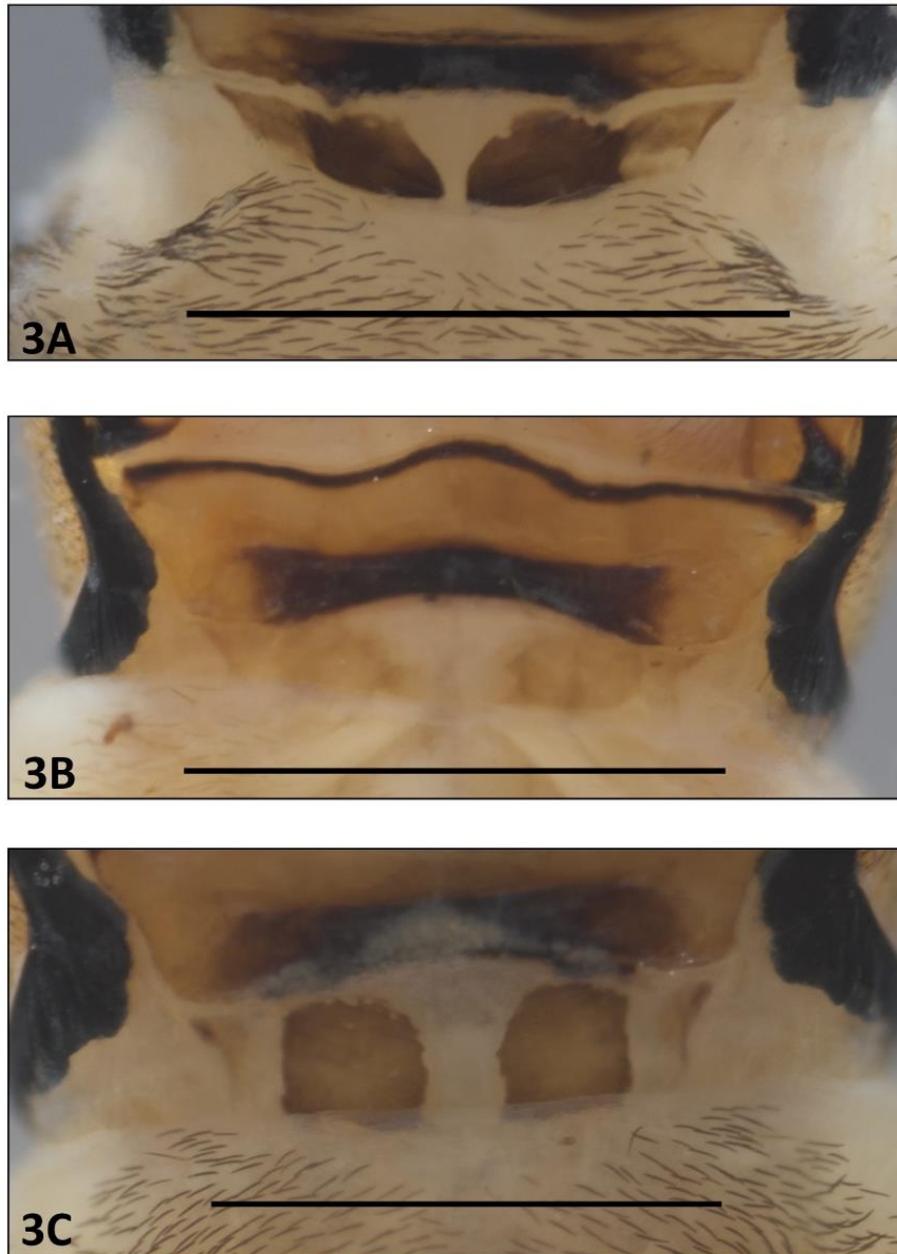


FIGURE 3. Posterior prostemites of larvae of Maghreb *Hydropsyche* species. 3A, *H. lobata* McLachlan 1884 (similar to *H. artax* Malicky & Lounaci 1987, *H. fezana* Navás 1932, *H. iberomarroccana* González & Malicky 1999, *H. maroccana* Navás 1932, *H. morla* Malicky & Lounaci 1987, *H. obscura* Navás 1928, and *H. siltalai* Döhler 1963); 3B, *H. resmineda* Malicky 1977; 3C, *H. pellucidula* (Curtis 1834). Scale bars = 1 mm.

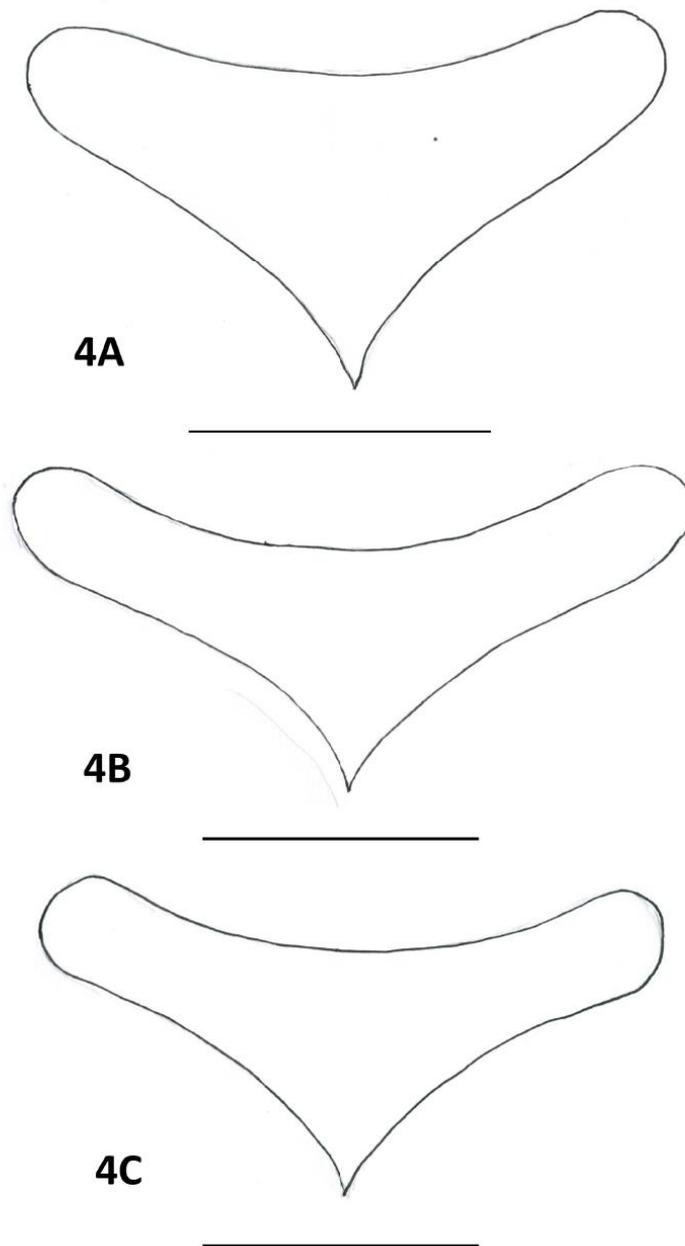


FIGURE 4. Anterior ventral apotomes of larvae of Maghreb *Hydropsyche* species. 4A, *H. fezana* Navás 1932 (similar to *H. obscura* Navás 1928 and *H. siltalai* Döhler 1963); 4B, *H. iberomaroccana* McLachlan 1884; 4C, *H. maroccana* Navás 1932 [similar to *H. pellucidula* (Curtis 1834) and *H. resminda* Malicky 1977]. Scale bars = 1 mm.

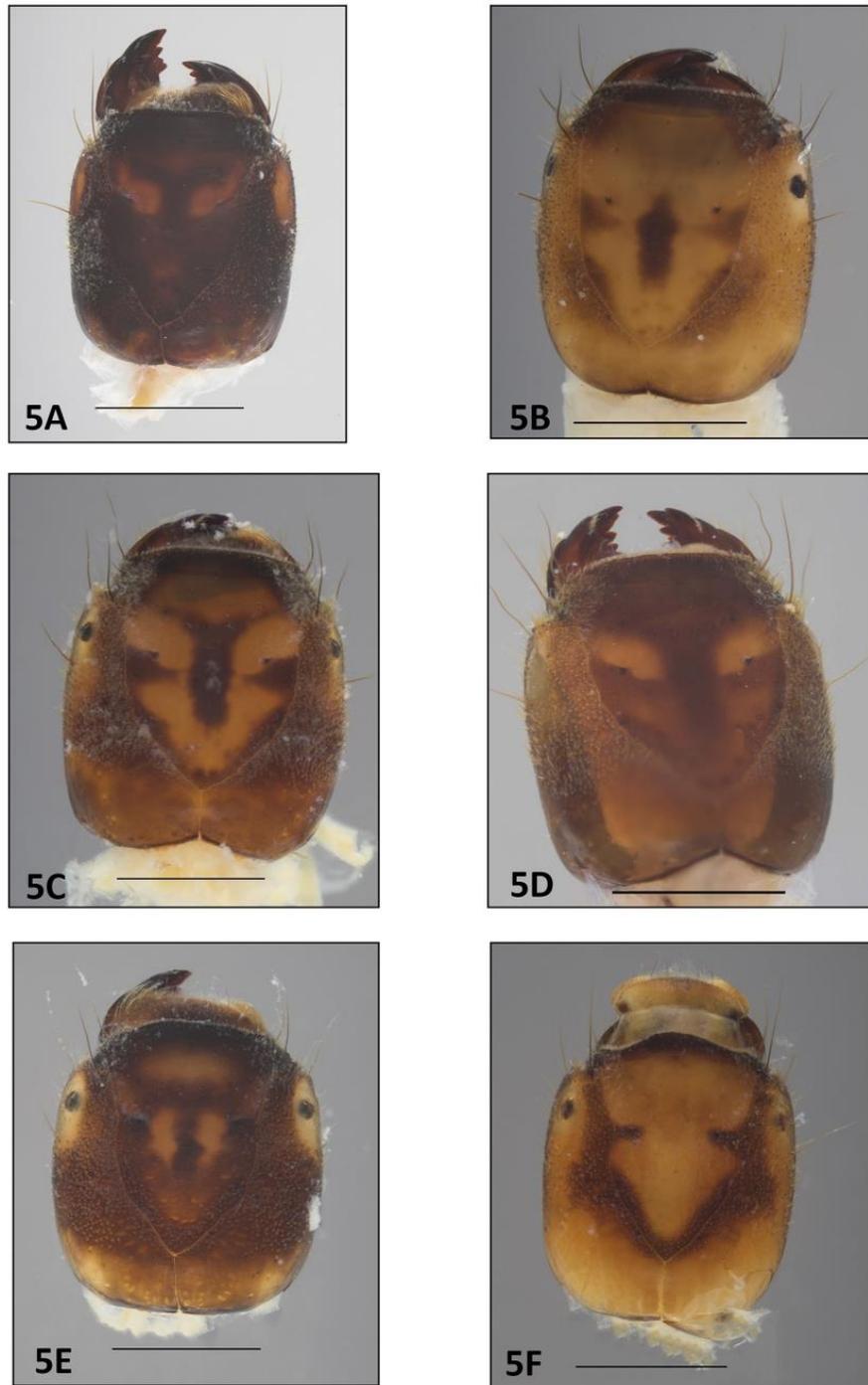


FIGURE 5. Heads (dorsal) of larvae of Maghreb *Hydropsyche* species. 5A, *H. obscura* Navás 1928; 5B, *H. siltalai* morphotype 1 Döhler 1963; 5C, *H. siltalai* Döhler 1963 morphotype 2; 5D, *H. fezana* Navás 1932; 5E, *H. maroccana* Navás 1932; 5F, *H. resmineda* Malicky 1977. Scale bars = 1mm.

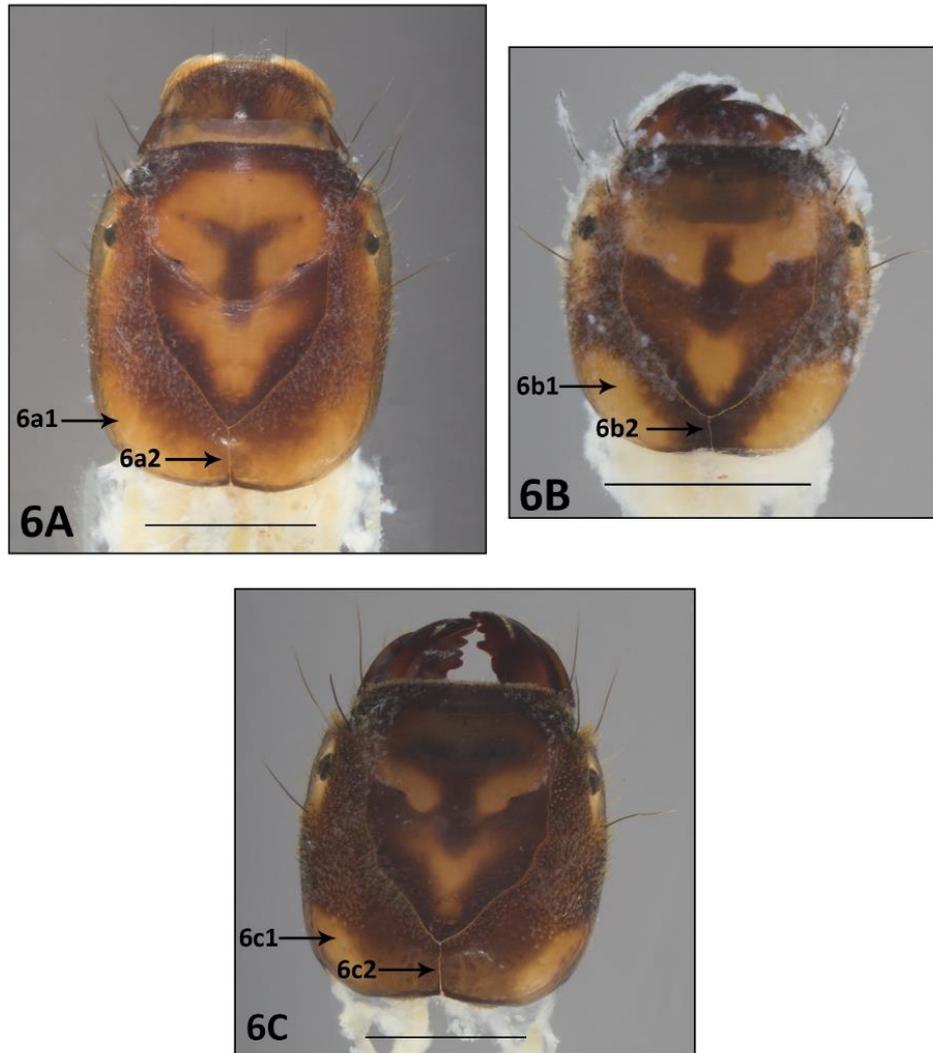


FIGURE 6. Heads (dorsal) of Maghreb *Hydropsyche* species. 6A, *H. pellucidula* (Curtis 1834); 6B, *H. lobata* McLachlan 1884; 6C, *H. iberomaroccana* González & Malicky 1999. Scale bars = 1mm.

- Head in dorsal view without brownish area of granular appearance on lateral sclerites (Fig. 5F), frontoclypeal apotome with light oral and anterolateral spots joined, two horizontal and symmetrical ovoid black spots present in anterior half of apotome (Allaya 2003: table 1). *H. punica*
- 11 Anterior edge of frontoclypeal apotome slightly convex and symmetrical (Figs. 2C, 5E); posterior prosternites pigmented (Fig. 3A); submentum homogeneously brown (Fig. 7B) *H. maroccana*
- Anterior edge of frontoclypeal apotome deeply convex and asymmetrical (Figs. 2D, 5F); posterior prosternites uniformly pale (Fig. 3B); submentum pale posteriorly (Fig. 7C). *H. resmineda*

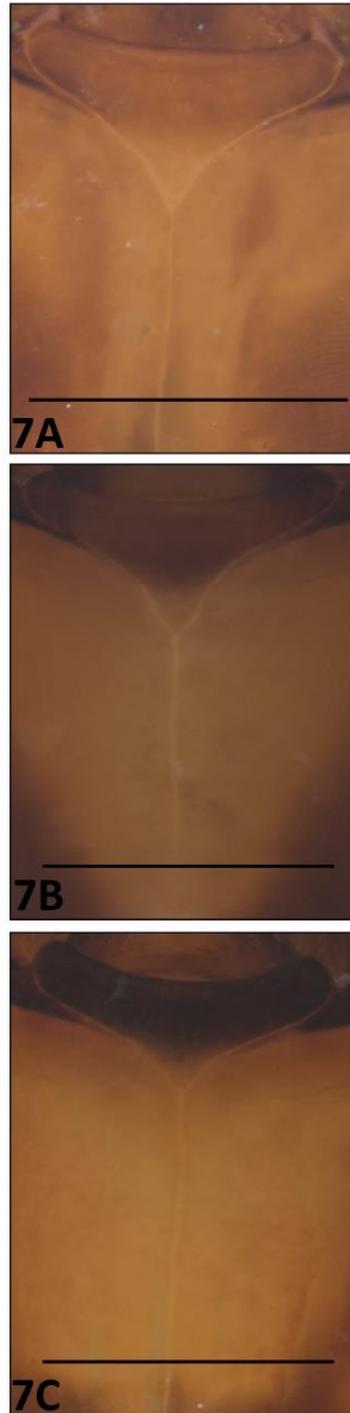


FIGURE 7. Anterior ventral submentum of Maghreb *Hydropsyche* species. 7A, *H. siltalai* Döhler 1963 (similar *H. fezana* Navás 1932); 7B, *H. pellucidula* (Curtis 1834) (similar to *H. iberomarroccana* González & Malicky 1999 and *H. maroccana* Navás 1932); 7C, *H. resmineda* Malicky 1977. Scale bars = 1 mm.

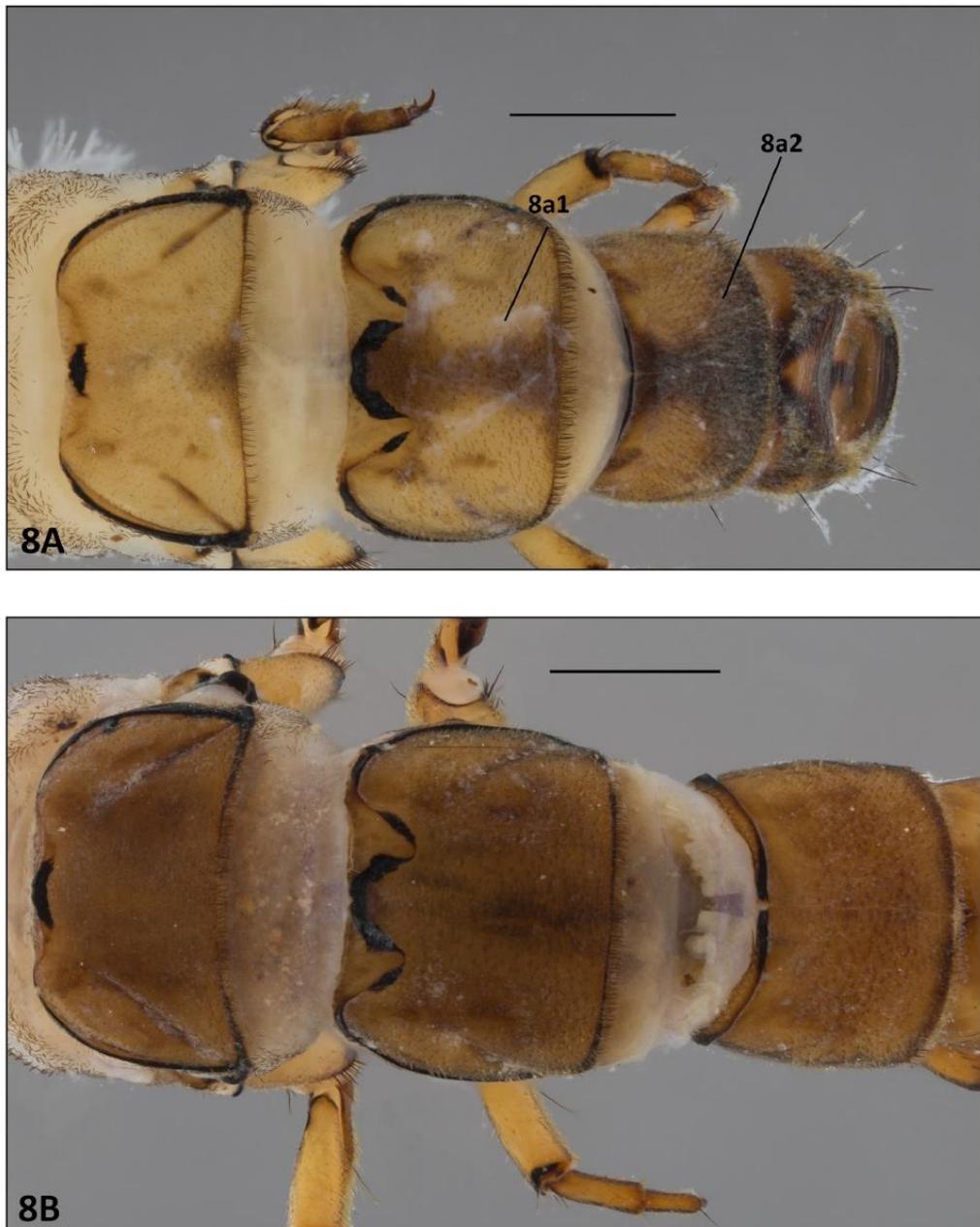


FIGURE 8. Pronota and mesonota of Maghreb *Hydropsyche* species. 8A, *H. lobata* McLachlan 1884; 8B, *H. siltalai* Döhler 1963. Scale bars = 1 mm.

TABLE 2. Checklist of the *Hydropsyche* species of Morocco.

Species name	Source(s)	Distribution in Morocco
<i>H. fezzana</i> Navás 1932	Dakki 1978; Dakki & Tachet 1986; Bonada <i>et al.</i> 2008- Hajji <i>et al.</i> 2013 Mabrouki <i>et al.</i> 2020	Atlas, Rif, northeastern Morocco
<i>H. iberomaroccana</i> González & Malicky 1999	Hajji <i>et al.</i> 2013-Mabrouki <i>et al.</i> 2020	Rif, northeastern Morocco
<i>H. lobata</i> McLachlan 1884	Dakki 1978; Dakki & Tachet 1986; Hajji <i>et al.</i> 2013; Mabrouki <i>et al.</i> 2020	Atlas, Rif, northeastern Morocco
<i>H. maroccana</i> Navás 1932	Dakki 1978; Dakki & Tachet 1986; Bonada <i>et al.</i> 2008; Hajji <i>et al.</i> 2013; Mabrouki <i>et al.</i> 2020	Atlas, Rif, northeastern Morocco
<i>H. obscura</i> Navás 1928	Dakki & Tachet 1986; Hajji <i>et al.</i> 2013	Atlas, Rif, northeastern Morocco
<i>H. pandiel</i> Malicky 2014	Malicky 2014	Rif
<i>H. pellucidula</i> (Curtis 1834)	Dakki 1978; Dakki & Tachet 1986; Hajji <i>et al.</i> 2013; Mabrouki <i>et al.</i> 2020	Atlas, Rif, northeastern Morocco
<i>H. resmineda</i> Malicky 1977	Dakki 1978; Dakki & Tachet 1986; Hajji <i>et al.</i> 2013; Mabrouki <i>et al.</i> 2020	Atlas, Rif, northeastern Morocco

TABLE 3. Checklist of the *Hydropsyche* species of Tunisia.

Species name	Source(s)	Distribution in Tunisia
<i>H. artax</i> Malicky & Lounaci 1987	Malicky & Lounaci 1987	Ain Sobah wadi Titria
<i>H. maroccana</i> Navás 1932	Allaya 2003; Bennis <i>et al.</i> 2018	Tunisia
<i>H. morla</i> Malicky & Lounaci 1987	Malicky & Lounaci 1987; Allaya 2003	Ben Metir Wadi Sardouk
<i>H. pellucidula</i> (Curtis 1834)	Tobias & Tobias 2008	Tunisia
<i>H. punica</i> Malicky 1981	Malicky & Lounaci 1987; Allaya 2003	Tunisia
<i>H. resmineda</i> Malicky 1977	Allaya 2003; Bennis <i>et al.</i> 2018	Tunisia

Acknowledgments

We thank the Editor Dr John Morse for his useful advice and Mr. Michel Sartori for his valuable contribution and our colleague Nadhira Benhadji for her support and help. We also thank the two anonymous reviewers for their valuable comments.

References

- Alaoui, A. 2006. *Trichoptères du Bassin de Oued Laou et la Région de Fifi (Rif occidental)*. Thèse de 3ème cycle, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan. 84 pp. [in French]
- Allaya, W. (2003) Description de cinq larves de Trichoptères du genre *Hydropsyche* récoltées en Tunisie. *Braueria (Lunz am See, Austria)*, 30, 21–22. [in French]
- Arab, A., Lek, S., Lounaci, A. & Park, Y.S. (2004) Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 403, 17–327. <https://doi.org/10.1051/limn/2004029>
- Badri, A., 1985. *Etude Hydrobiologique d'un Cours d'Eau de Plaine en Zone Semi-aride: le Tensift. Impact des Crues sur la Biocénose*. Thèse de 3ème cycle, Faculté Science, Marrakech. 192 pp. [in French]
- Bouzidi, A., 1989. *Recherches Hydrobiologiques sur les Cours d'Eau des Massifs du Haut Atlas (Maroc). Bio-écologie des Macroinvertébrés et Distribution Spatiale des Peuplements*. Thèse d'Etat, Université Cadi Ayyad. Faculté des Sciences. Marrakech, 190 pp. [in French]
- Bemoussat-Dekkak, S., Abdellaoui-Hassaine, K., Sartori, M., Morse, J.C. & Zamora-Muñoz, C. (2021) Larval taxonomy and distribution of genus *Hydropsyche* (Trichoptera: Hydropsychidae) in northwestern Algeria. *Zootaxa*, 4915 (4), 481–505. [10.11646/zootaxa.4915.4.2](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4915.4.2)
- Bennis, N., L'Mohdi, O., El Haissoufi, M., Charfi, F., Ghilala, A., & El Alami, M. (2018) New data on the aquatic insect fauna

- of Tunisia. *Transactions of the American Entomological Society*, 144 (3), 575–592.
<https://doi.org/10.3157/061.144.0309>
- Boon, P.J. (1977) The use of ventral sclerites in the taxonomy of larval hydropsychids. In: Crichton, M.I. (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Symposium on Trichoptera, University of Reading, England, 25–29 July 1977*. W. Junk Publishers, The Hague, pp. 165–173.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-2778-5_18
- Bournaud, M., Tachet, H. & Perrin, J.F. (1982) Les Hydropsychidae (Trichoptera) du haut Rhône entre Genève et Lyon. *Annals of Limnology*, 18 (1), 61–80. [in French]
<https://doi.org/10.1051/limn/1982002>
- Curtis, J. (1834) Description of some hitherto nondescript British species of mayflies of anglers. *The London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science*, 3 (4), 120–125, 212–218.
<https://doi.org/10.1080/14786443408648304>
- Dambri, B., M., Karaouzas, I., Samraoui, B., & Samraoui, F. (2020) Contribution to the knowledge of the caddisfly fauna of Algeria: An updated checklist of Algerian Trichoptera with new records from the Aures region. *Zootaxa*, 4786 (2), 221–232.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4786.2.4>
- Dambri, B. M., Karaouzas, I., Samraoui, B. & Samraoui, F. (2021). Erratum: Contribution to the knowledge of the caddisfly fauna of Algeria: An updated checklist of Algerian Trichoptera with new records from the Aures region. *Zootaxa*, 4942, 600.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4942.4.9>
- Dakki, M. (1978). Le genre *Hydropsyche* au Maroc (Trichoptera, Hydropsychidae). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 3, 111–120. [in French]
- Dakki, M. & Tachet, H. (1987) Les larves d'*Hydropsyche* du Maroc (Trichoptères, Hydropsychidea). In: Boumaud, M. & Tachet, H. (Eds), *Proceedings of the 5th International Symposium on Trichoptera, Lyon (France), 21–26 July 1986*. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht, the Netherlands, Series Entomologica 39, 25–28. [in French]
https://doi.org/10.1007/978-94-009-4043-7_4
- De Pietro, R. (1999) Identification of the larvae of *Hydropsyche* species from Sicily and Peninsular Italy (Trichoptera, Hydropsychidae). *Archiv für Hydrobiologie. Supplement Band. Monographische Beiträge*, 121 (2), 91–117.
- Döhler, W. (1963) Liste der deutschen Trichopteren. *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*, 2, 17–22. [in German]
- Dufour, L. (1841) Recherches anatomiques et physiologiques sur les orthoptères, les hyménoptères et les neuroptères. *Mémoires Mathématiques des Savants Étrangers de l'Académie des Sciences Paris*, 7, 265–647, 13 pls. [in French]
- Edington, J.M. & Hildrew, A.G. (1981) Caseless caddis larvae of the British Isles. *Freshwater Biological Association, Scientific Publication*, 43, 1–91.
- Faessel, B. & Monnier, A. (1985) Les trichoptères-données biologiques, éthologiques et écologiques: Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres en France. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 299, 1–41. [in French]
<http://dx.doi.org/10.1051/kmae:1985001>
- González, M.A.G. & Menéndez, J.M. (2011) Checklist of the caddisflies of the Iberian Peninsula and Balearic Islands (Trichoptera). *Zoosymposia*, 5 (1), 115–135.
<https://doi.org/10.11646/zoosymposia.5.1.10>
- González, M. A. & Malicky, H. (1999) A new species of *Hydropsyche* of the *pellucidula* group (Trichoptera, Hydropsychidae). *Braueria*, 26, 25–26.
- Hajji, K. (2017) *Les Trichoptères du Maroc: Atlas, Biogéographie et degré de vulnérabilité*. PhD thesis, University Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, 309 pp. [in French]
- Hajji, K., El Alami, M., Bonada i Caparrós, N. & Zamora-Muñoz, C. (2013) Contribution à la connaissance des Trichoptères (Trichoptera) du Rif (nord du Maroc). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 37, 181–216. [in French] <http://hdl.handle.net/2445/59627>
- Hickin, N.E. (1967) *Caddis Larvae: Larvae of British Trichoptera*. Hutchinson, London, 476 pp.
- Hildrew, A.G. & Morgan, J.C. (1975) The taxonomy of the British Hydropsychidae (Trichoptera). *Journal of Entomology Series B, Taxonomy*, 43 (2), 217–229.
doi.org/10.1111/j.1365-3113.1975.tb00131.x
- Lamri, D., Hassouni, T., Loukili, A., Lamrioui, D., Belghyti, D., & Chahlaoui, A. (2016). Contribution à la connaissance de la diversité faunistique du bassin versant de la Moulouya (Maroc) [Contribution to the knowledge of fauna diversity in the Moulouya River Basin (Morocco)]. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(6), 2034-2041.
[10.25518/2030-6318.3525](https://doi.org/10.25518/2030-6318.3525)
- Mabrouki, Y., Taybi, A.F., Alami, M.E., Wiggers, R. & Berrahou, A. (2020) New data on fauna of caddisflies (Insecta: Trichoptera) from northeastern Morocco with notes on chorology. *Aquatic Insects*, 41 (4), 356–390.
doi.org/10.1080/01650424.2020.1797817
- Malicky, H. (1981) Neues über mediterrane, vorderasiatische und europäische Köcherfliegen (Trichoptera). *Entomofauna, Zeitschrift für Entomologie*, 2, 175–188. [in German]
- Malicky, H. (2014) Neue Beiträge zur Kenntnis asiatischer und mediterraner Köcherfliegen (Trichoptera). *Braueria*, 41, 43–45. [in German]
- Malicky, H. & Lounaci, A. (1987) Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algerien und Marokko

- (Trichoptera). *Opuscula Zoologica Fluminensia*, 14, 1–20. [in German]
- Malicky, H. (2014) Neue Beiträge zur Kenntnis asiatischer mediterraner Köcherfliegen (Trichoptera). *Braueria (Lunz am See, Austria)*, 41, 43–50. [in German]
- McLachlan, R. (1865) Trichoptera Britanica. A monograph of British species of caddis-flies. *Transactions of the Entomological Society of London, Series 3*, 5, 1–184.
- McLachlan, R. (1884) *A Monographic Revision and Synopsis of the Trichoptera of the European Fauna. First Additional Supplement (with Seven Plates)*. John van Voorst, London.
- Morse, J.C. (Ed.) (2021) *Trichoptera World Checklist*. Available from: <http://entweb.clemson.edu/database/trichopt/index.htm> (accessed 29 April 2021).
- Moretti, G.P. (1983) Tricoteri (Trichoptera). *Guide per il Riconoscimento delle Specie Animali delle Acque Interne Italiane*, 19. Consiglio nazionale delle Ricerche, Verona, 155 pp. [in Italian]
- Múrria, C., Zamora-Muñoz, C., Bonada, N., Carles Ribera, C. & Prat, N. (2010) Genetic and morphological approaches to the problematic presence of three *Hydropsyche* species of the *pellucidula* group (Trichoptera: Hydropsychidae) in the westernmost Mediterranean Basin. *Aquatic Insects*, 32 (2), 85–98.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.1975.tb00131.x>
- Navás, L. (1925) Neuropteren, Megalopteren, Plecopteren, und Trichopteren aus dem Deutschen Entomologischen Institut (Berlin-Dahlem). *Entomologische Mitteilungen*, 14, 205–212. [in German]
- Navás, L. (1928) Insectes Névroptères et voisins de Barbarie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 19, 183–191. [in Spanish]
- Navás, L. (1932) Insectos de Berberia. *Boletín de la Sociedad Ibérica de Ciencias Naturales*, 31 (10), 106–112. [in Spanish]
- Navás, L. (1936) Insectos de Berberia. *Boletín de la Sociedad Entomológica de España (Madrid)*, 18, 77–100. [in Spanish]
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1953.tb00723.x>
- Ouahsine, H., 1993. *Les Biocénoses d'Invertébrés Benthiques dans un Torrent du Haut Atlas (Maroc): Le Tiferguine. Structure et Répartition du Peuplement, Régime Alimentaire, Dynamique des Populations et Production des Espèces Dominantes*. Université Cadi Ayyad. Faculté des Sciences. Marrakech, 234 pp. [in French]
- Pitsch, T. (1993) *Zur Larval Taxonomie, Faunistik und Ökologie mitteleuropäischer Fließwasser Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera)*. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsentwicklung, Sonderheft S8; Technische Universität Berlin, 316 pp. [in German]
- Schmid, F. (1998) *Genera of the Trichoptera of Canada and Adjoining or Adjacent United States. The Insects and Arachnids of Canada Series, Part 7*. NRC Research Press, 319 pp.
- Sedláč, E. (1971) Bestimmungstabelle der Larven der Häufigen tschechoslowakischen Arten der Gattung *Hydropsyche* Pictet (Trichoptera). *Acta Entomologica Bohemoslovacia*, 68, 185–187. [in German]
- Sekhi, S., Haouchine, S., Lounaci-Daoudi, D., ElAlami, M. & Lounaci, A. (2016) Contribution à la connaissance des Trichoptères de Grande-Kabylie (Algérie) [Trichoptera]. *Ephémère*, 17, 51–69. [in French]
- Szczesny, B. 1974. Larvae of the genus *Hydropsyche* (Insecta: Trichoptera) from Poland. *Polish Archives of Hydrobiology*, 21, 387–390.
- Statzner, B. & Mondy, N. (2009) Variation of colour patterns in larval *Hydropsyche* (Trichoptera): implications for species identifications and the phylogeny of the genus. *Limnologia*, 39 (2), 177–183.
<https://doi.org/10.1016/j.limmo.2008.07.005>
- Tobias, W. & Tobias, D. (2008) *Trichoptera Africana*. Available from: <http://trichoptera.senckenberg.de/Trichoptera%20africana/index.htm> (assessed 30 July 2021).
- Verneaux, J. & Faessel, B. (1976) Larves du genre *Hydropsyche* (Trichoptères: Hydropsychidea) Taxonomie: Données biologiques et écologiques. *Annales de Limnologie*, 12 (1), 7–16. [in French]
<https://doi.org/10.1051/limn/1976016>
- Wallace, J.B. & Merritt, R.W. (1980) Filter-feeding ecology of aquatic insects. *Annual Review of Entomology*, 25 (1), 103–132.
<https://doi.org/10.1146/annurev.en.25.010180.000535>
- Waringer, J. & Graf, W. (2011) *Atlas of Central European Trichoptera Larvae*. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben, 468 pp.
- Wiggins, G.B. (1977) *Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)*. University of Toronto Press, Toronto, 401 pp.
- Wiggins, G.B. (2004) *Caddisflies: The Underwater Architects*. University of Toronto Press, Toronto.
<https://doi.org/10.3138/9781442623590>
- Zamora-Muñoz, C., Alba Tercedor, J. & De Jalón, G. (1995) The larvae of the genus *Hydropsyche* (Hydropsychidae; Trichoptera) and key for the identification of species of the Iberian Peninsula. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 68, 189–210.
- Zamora-Muñoz, C., González, M., Picazo-Muñoz, J. & Alba-Tercedor, J. (2002) *Hydropsyche fontinalis*, a new species of the *instabilis*-group from the Iberian Peninsula (Trichoptera, Hydropsychidae). *Aquatic Insects*, 24, 189–197.
<https://doi.org/10.1076/aqin.24.3.189.8117>
- Zamora-Muñoz, C., Múrria, C., Bonada, N. & Gonzáles, A.M. (2017) The *Hydropsyche instabilis* group (Trichoptera Hydropsychidea) on the Iberian Peninsula, new species, taxonomical controversies, and a key to larvae. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 75 (1), 159–172.

**Contribution to knowledge of the Trichoptera of northwestern Algeria:
 New species records for the Algerian fauna and taxonomic remarks for
 the Maghreb fauna**

SOUMYA BEMMOUSSAT-DEKKAK^{1,2*}, KARIMA ABDELLAOUI-HASSAINE^{1,3},
 MICHEL SARTORI^{4,5,6} & CARMEN ZAMORA-MUÑOZ^{7,8}

¹Laboratoire de Valorisation des Actions de l'Homme pour la Protection de l'Environnement et Applications en Santé publique, Université de Tlemcen, BP 119 13000 Tlemcen, Algérie

²dekkaksoumia@hotmail.fr; <https://orcid.org/0000-0002-8717-100X>

³hassaine69@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7568-8132>

⁴Musée cantonal de Zoologie, Palais de Rumine, Place Riponne 6, 1005 Lausanne, Suisse

⁵Département d'Ecologie et d'Evolution, Université de Lausanne, Biophore, 1015 Lausanne, Suisse

⁶michel.sartori@vd.ch; <https://orcid.org/0000-0003-3397-3397>

⁷Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071 Granada, Spain

⁸czamora@ugr.es; <https://orcid.org/0000-0002-3037-1529>

*Corresponding author. dekkaksoumia@hotmail.fr

Abstract

The caddisfly fauna of Algeria is far from complete. In this study, we present data from Trichoptera sampling in northwestern Algeria (Tafna and Ghazouana River basins) during 2014–2019, enhancing knowledge of this group in the country. We were able to identify 30 species and 17 genera in the study area. Among the listed taxa, five species (*Hydroptila fortunata*, *Ecnomus deceptor*, *Tinodes waeneri*, *Linnephilus lunatus*, *Setodes argentipunctellus*,) are new records for Algeria. An updated species checklist of Algerian Trichoptera includes 63 species. We also provide an update of the Maghreb checklist with comments on species distributions. The Maghrebian caddisfly checklist, which includes 44 Maghrebian endemic species, is still very poor in relation to that of neighboring Mediterranean geographical areas and countries, such as the Iberian Peninsula (Spain and Portugal), France, or Italy.

Key words: Aquatic insects, biodiversity, caddisflies, endemism, morphotype, North Africa

Introduction

Trichoptera are important organisms of freshwater ecosystems as their immature stages play essential roles in food webs and are relevant as bioindicators of water quality (Holzenthal 2009; Morse *et al.* 2019; Sheffield *et al.* 2019). Although more than 16,965 species have been recorded worldwide (Morse 2021), they are distributed unevenly, with the greatest number occurring in the Oriental Biogeographic Region and the smallest in the East Palearctic (Morse *et al.* 2019).

In the Maghreb, several studies on distribution and ecology of Trichoptera have already been conducted, such as those of El Alami & Dakki (1998), Hajji *et al.* (2013), and Mabrouki *et al.* (2020) in Morocco; Allaya (2003) and Malicky & Lounaci (1987) in Tunisia; and Dambri *et al.* (2020), Malicky & Lounaci (1987), Samraoui *et al.* (2020), and Sekhi *et al.* (2016) in Algeria.

Currently, there is not a comprehensive inventory of Trichoptera species from Algeria. Caddisfly studies have been undertaken recently, mainly in northern Algeria, including the Great Kabylia Mountain region (Sekhi *et al.* 2016), and in the Aures region (Dambri *et al.* 2020; Samraoui *et al.* 2020). In addition, there have been previous Trichoptera studies (Lestage 1925; McLachlan 1884; Navás 1917, 1928, 1932, 1936; Schmid 1957; Ulmer 1905; Vaillant 1951, 1954) and studies on benthic macroinvertebrates in general (Arab *et al.* 2004; Belaidi-Aliane *et al.* 2004; Bendouis 1991; Gagneur & Yadi 2000; Gauthier 1928; Lounaci 1987, 2005; Lounaci *et al.* 2000; Taleb *et al.* 2008) that added caddisfly records for Algeria.

The main purpose of our study is to increase knowledge of Algerian caddisfly species diversity, adding information from our recent surveys performed in river basins of northwestern Algeria. We also provide an updated caddisfly checklist of the Maghreb.

Materials and methods

Our study area is located in northwestern Algeria where we surveyed two river basins; the Tafna River basin, which covers all of Tlemcen, with an area of 7,245 km², and the Ghazouana River basin, which is located in the coastal zone northwest of Tlemcen and covers an area of 294 km².

These watersheds are influenced by Mediterranean climate, which explains the annual discharge regimes of the wadis (= rivers): mild and humid winters, characterized by irregular rainfall, causing violent winter floods, and very hot and dry summers, with dry periods extending 4 to 6 months. Trichoptera were collected between 2014 and 2019 from 14 sampling sites (Table 1); ten from Tafna Basin and four from Ghazouana Basin (Fig. 1). Voucher specimens from the study are deposited at the University of Tlemcen, Algeria, and the University of Granada, Spain (Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021).

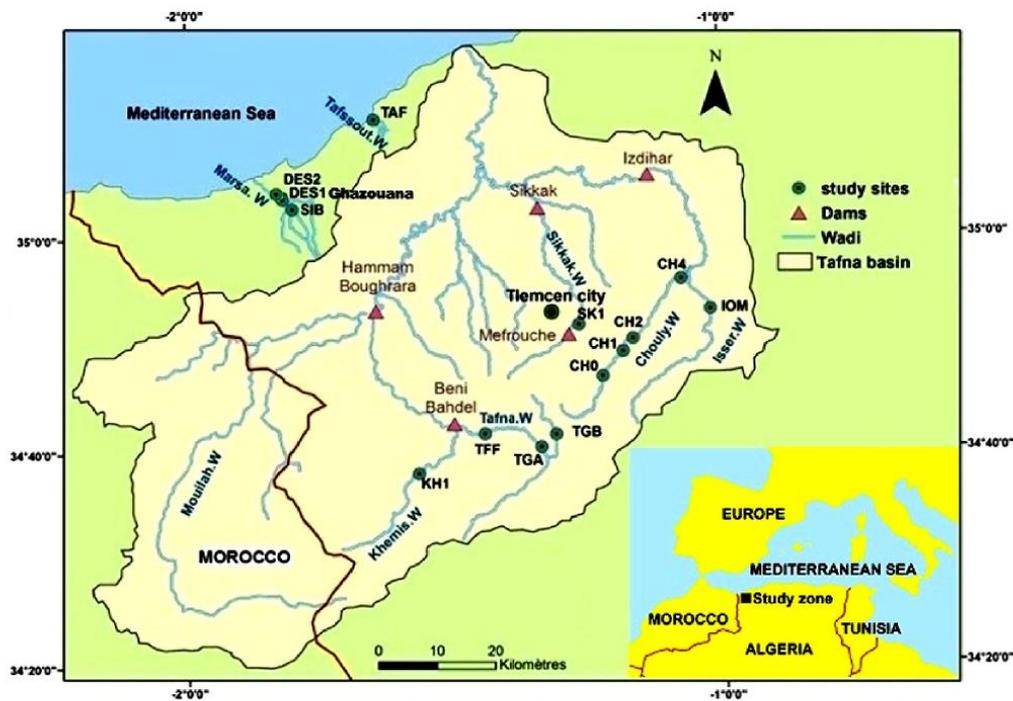


FIGURE 1. Study sites in northwestern Algeria. Tafna River Basin is delimited by the area in light yellow. Sites DES1, DES2, SIB, and TAF belong to the Ghazouana River Basin.

Sampling was accomplished using a Surber sampler (mesh size of 0.3 mm) and entomological forceps. The material was preserved in 70% ethanol. Mature pupae, collected with forceps, were transported in thermos flasks and placed in an aquarium filled with spring water for rearing adults. The material was sorted in the laboratory. The genitalia of reared adults were put in 10% KOH for two to three hours at ambient temperature (25°C) in the laboratory and then observed under an Ecoline Motic stereomicroscope with magnifying powers of 4x, 10x, and 40x. The specimens were identified using the atlases of Malicky (2004) and Tobias & Tobias (2008), and the identification keys of Bournaud *et al.* (1982), Faessel & Monnier (1985), Zamora-Muñoz *et al.* (1995, 2017), and Múrria *et al.*

(2010). Only fifth-instar larvae, adults, or mature pupae were identified to species. Younger larvae were identified only to genus level. Stereoscopic photographs were taken with an LK system (Dun Inc., Virginia) equipped with a Canon EOS 6D camera; photographs were edited with Helicon Focus 5.3 stacking software.

TABLE 1. Geographical data for sampling sites. Sites CH0–TFF are located in the Tafna River Basin; only sites DES1, DES2, SIB, and TAF belong to the Ghazouana Basin.

Sites	Wadi Name	Longitude W	Latitude N	Altitude (m)	Distance from source (km)	Orientation
CH0	Chouly	1°13'22.86"	34°46'57.86"	1065	0.30	SW-NE
CH1	Chouly	1°11'4.13"	34°49'15.95"	916	0.56	SW-NE
CH2	Chouly	1°9'57.65"	34°50'25.81"	807	1.40	SW-NE
CH4	Chouly	1°4'26.49"	34°55'57.21"	551	14.50	SW-NE
KH1	Khémis	1°34'12.78"	34°38'2.00"	854	19.70	SE-NW
SK1	Safsaf	1°15'58.05"	34°51'46.83"	723	2.70	SW-NE
IOM	Isser	1°1'13.39"	34°53'6.80"	738	1.15	SE-NW
TGB	Tafna	1°18'43.89"	34°41'33.76"	1077	0.56	SE-NW
TGA	Tafna	1°20'19.58"	34°40'23.65"	847	8.35	SE-NW
TFF	Tafna	1°26'47.01"	34°41'41.40"	678	0.87	SE-NW
DES2	Unnamed	1°49'17.07"	35°3'55.67"	50	1.26	N-W
DES1	Unnamed	1°49'10.12"	35°3'42.94"	57	1.04	N-W
SIB	Unnamed	1°48'5.89"	35°2'48.65"	120	0.44	N-W
TAF	Unnamed	1°38'51.86"	35°11'7.20"	3	0.71	N-W

Results and discussion

We collected 8871 Trichoptera individuals from the two watersheds, representing 30 species and 18 genera. Among the recorded species, five are new records for Algeria: *Hydroptila fortunata* Morton 1893, *Enomus deceptor* McLachlan 1884, *Tinodes waeneri* (Linnaeus 1758), *Limmephilus lunatus* Curtis 1834, and *Setodes argentipunctellus* McLachlan 1877.

Family Rhyacophilidae Stephens 1836

Genus *Rhyacophila* Pictet 1834

Rhyacophila sp.

Material examined. Chouly wadi Beni Ghazli (CH0): 17 L, 16.ix.2014; 15 L, 19.v.2015; 25 L, 03.iv.2017; 13 L, 22.ii.2014. Chouly wadi Yebder (CH1): 55 L, 16.ix.2014; 17 L, 21.xi.2014; 3 L, 21.xi.2014; 36 L, 20.ii.2015; 10 L, 11.iv.2015; 12 L, 19.v.2015; 5 L, 03.iv.2017; 2 L, 16.ii.2019. Chouly wadi Ouled Sid El Haj (CH2): 35 L, 22.ii.2014; 22 L, 16.ix.2014; 17 L, 21.xi.2014. Chouly wadi Ouled Mimoun (CH4): 33 L, 22.ii.2014; 44 L, 16.ix.2014; 18 L, 21.xi.2014; 16 L, 11.iv.2015; 10 L, 12.v.2017; 12 L, 03.iii.2015. Khemis wadi (KH1): 21 L, 08.iii.2018.

Rhyacophila munda McLachlan 1862

Material examined. Chouly Wadi Beni Ghazli (CH0): 2 ♂P, 12.iv.2015. Chouly wadi Yebder (CH1): 3 ♂P, 06.v.2014; 2 ♂P, 03.vi.2015; 5 ♂P, 12.v.2017. Khemis wadi (KH1): 4 ♂P, 6.v.2015. Chouly wadi Yebder (CH1): 5 ♀P, 16.iv.2014; 2 ♀P, 21.vi.2014; 8 ♀P, 11.iv.2015; 5 ♀P, 12.v.2017. Chouly wadi Ouled Mimoun (CH4): 4 ♀P, 12.v.2017.

Adults obtained by breeding: Chouly Wadi Beni Ghazli (CH0): 3 ♂P, 24.iv.2014; Chouly wadi Yebder (CH1): 2 ♂P, and 5 ♀P, 12.v.2017.

Distribution. This is a West Palearctic species reported from Spain, Portugal, Ireland, United Kingdom, France,

Morocco, Tunisia (Neu *et al.* 2018) and Algeria (Tobias & Tobias 2008). In Algeria, *R. munda* is widespread. It inhabits streams with a fairly wide ecological spectrum. Sekhi *et al.* (2016) reported it from altitudes of 100 m to 1170 m. In our study, it was collected at altitudes of 551–1065 m a.s.l.

Family Glossosomatidae Wallengren 1891

Genus *Agapetus* Curtis 1834

Agapetus sp.

Material examined. Chouly wadi Beni Ghazli (CH0): 55 L, 04.ii.2014; 33 L, 20.iv.2014; 45 L, 05.v.2014; 13 L, 21.vi.2014; 25 L, 20.vii.2014; 33 L, 22.xii.2014; 13 L, 04.i.2015; 19 L, 14.iii.2015; 26 L, 11.iv.2015; 24 L, 14.iii.2016; 5 L, 16.v.2016; 28 L, 17.iii.2017; 22 L, 08.iv.2017; 19 L, 23.xii.2017; 27 L, 16.ii.2019; 12 L, 21.vii.2019. Chouly wadi Yebder (CH1): 25 L, 04.ii.2014; 53 L, 20.iv.2014; 27 L, 05.v.2014; 14 L, 21.vi.2014; 44 L, 20.vii.2014; 33 L, 22.xii.2014; 30 L, 04. i.2015; 45 L, 14.iii.2015; 27 L, 11.iv.2015; 12 L, 14.iii.2016; 22 L, 16.v.2016; 58 L, 17.iii.2017; 21 L, 08.iv.2017; 17 L, 23.xii.2017; 44 L, 16.ii.2019; 8 L, 21.vii.2019. Safsaf wadi El Ourit (SK1): 44 L, 16.i.2015; 54 L, 19.v.2015; 43 L, 16.i.2015; 50 L, 22.v.2015; 26 L, 23.xii.2017; 31 L, 2.ii.2019.

Distribution. This taxon has been collected near springs at altitudes of 723–1065 m a.s.l.

Agapetus incertulus Curtis 1834

Material examined. Chouly wadi Beni Ghazli (CH0): 4 ♂, 20.iv.2014; 7 ♂, 14.iii.2015; 43P, 14.ii.2015. Chouly wadi Yebder (same wadi downstream, CH1): 4 ♂P, 11 ♀P, 12.vii.2014; 22 ♀P, 14.ii.2015; 12 ♂, 16.v.2017. Safsaf wadi El Ourit (SK1): 5 ♂, 08.v.2015.

Distribution. This species was reported from the Iberian Peninsula (Spain, Portugal) and Morocco (Neu *et al.* 2018) and Hajji *et al.* (2013, 2017), and from Algeria by Sekhi *et al.* (2016) and Dambri *et al.* (2020); see also the atlas of Neu *et al.* (2018). In the present study, this species was collected at altitudes of 723–1065 m a.s.l.

Agapetus numidicus Vaillant 1954

Materials examined. Chouly wadi (CH1): 4 ♂, 16.v.2017. Safsaf wadi (SK1): 8 ♀ and 4 ♂, 17.iii.2017.

Distribution. This is an endemic species in Algeria, reported from Great Kabylia by Sekhi *et al.* (2016) at 380–920 m a.s.l. In our study, we collected this species at altitudes of 723–916 m a.s.l.

Family Hydroptilidae Stephens 1836

Genus *Hydroptila* Dalman 1819

Hydroptila sp.

Material examined. Chouly wadi Beni Ghazli (CH0): 26 L, 25.v.2014; 40 L, 21.vi.2014; 14 L, 20.vii.2014; 10 L, 19.v.2015; 25 L, 21.vii.2019. Chouly wadi Yebder (same wadi downstream, CH1): 42 L, 20.iv.2014; 35 L, 12.v.2014; 80 L, 21.v.2014; 15 L, 20.vii.2014; 25 L, 14.v.2015; 22 L, 16.v.2016; 12 L, 04.vii.2017; 7 L, 07.vii.2019. Chouly wadi Ouled Sid Ali Bel Hadj (CH2): 10 L, 20.iv.2014; 7 L, 12.v.2014; 20 L, 21.vi.2014; 14 L, 20.vii.2014. Chouly wadi Ouled Mimoun (CH4): 23 L, 12.viii.2014; 41 L, 14.v.2015. Isser wadi (IOM): 4 L, 17.iii.2015. Tafna wadi Ghar Boumaaza (TGB): 145 L, 22.iv.2014; 95 L, 19.v.2015; 102 L, 21.vi.2015; 70 L, 08.viii.2015; 38 L, 20.iv.2017. Ain El Ghoraba (same wadi, TGA): 15 L, 22.iv.2014. Khemis wadi (KH1): 32 L, 28.v.2014; 10 L, 16.v.2017; 12 L, 08.iii.2018.

Hydroptila vectis Curtis 1834

Material examined. Chouly Wadi Ben Ghazli (CH0): 4 ♂, 19.v.2015; 7 ♂, 08.viii.2015. Yebder (CH1): 3 ♂, 21.vii.2017. Ouled Sid El Hadj (CH2): 2 ♂, 08.viii.2015. Ouled Mimoun (CH4): 4 ♂, 16.vii.2017. Tafna wadi Ghar Boumaaza (TGB): 8 ♂, 17.vi.2017. Khemis wadi (KH1): 3 ♀, 03.vii.2014; 2 ♀, 15.v.2015.

Distribution. This is a Palearctic and Oriental species. The distribution covers Europe, western Asia, and the

Maghreb (Dambri *et al.* 2020; Neu *et al.* 2018; Tobias & Tobias 2008). This species has been collected at altitudes of 551–1065 m a.s.l.

***Hydroptila fortunata* Morton 1893**

Material examined. Chouly wadi (CH1): 1 ♂ on 16.vii.2017.

Distribution This species was reported from Spain (Canary Islands) and Portugal. **It is a new record for Algeria and for the Maghreb fauna**, collected at 916 m a.s.l.

Taxonomical Note. Nybom (1938) declared *H. fortunata* and *H. juba* (Enderlein 1929) [distributed in Spain (including Canary and Balearic Islands) and Portugal, respectively] as synonyms. However, Botosaneanu (2003) and Malicky (1987) argued that they are indeed two distinct species, although morphologically very close.

The genitalia of the collected male are more similar to those of *H. fortunata* (e.g., Barnard & Ross 2012) than to those of *H. juba* (Botosaneanu 2003; Enderlein 1929; Malicky 1981, as *H. espada*). The preanal appendages (Fig. 2A & 2B: a1), the ventral branch of segment X (Fig. 2B: b1), and the pointed shape of the dorsal branch of segment X in lateral view are similar to the drawings given for *H. fortunata* by Tobias & Tobias (2008). We also compared the specimen with material of both species (1 ♂ of *H. juba* from mainland Portugal, leg. Terra, col. M. González, and 1 ♂ of *H. fortunata* from La Palma, Canary Islands, leg. T. Domingo-Quero, col. C. Zamora-Muñoz).

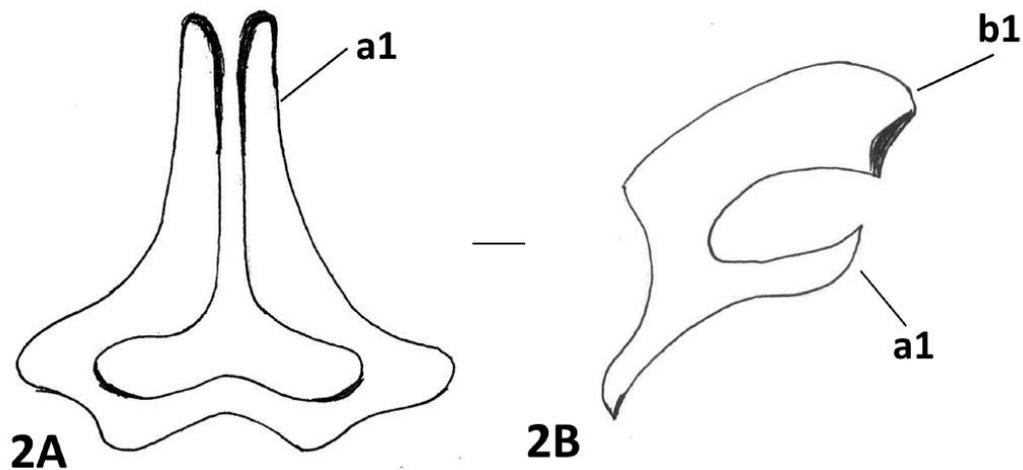


FIGURE 2. *Hydroptila fortunata* Morton 1893. 2A, preanal appendages, ventral (a1 = distal part of preanal appendages); 2B, ventral branch of segment X (b1) and preanal appendages (a1), left lateral view. Scale bars = 0.25 mm

***Hydroptila serrata* Morton 1898**

Material examined. Chouly wadi (CH4): 4 ♂, 08.viii.2014.

Distribution. The distribution area is very limited; it includes Algeria (Dambri *et al.* 2020), Tunisia (Malicky & Lounaci 1987), Corsica, Sardinia (Lodovici & Valle 2020a), and Tunisia (Neu *et al.* 2018). Our specimen was collected at an altitude of 551 m a.s.l.

Genus *Allotrichia* McLachlan 1880

***Allotrichia* sp.**

Material examined. Chouly wadi (CH0): 25 L, 20.iv.2014; 20 L, 04.i.2014; 3 L, 17.iii.2017. Yebder (same wadi downstream, CH1): 12 L, 20.iv.2014. Khemis wadi (KH1): 12 L, 21.v.2015.

***Allotrichia pallicornis* Eaton 1873**

Material examined. Chouly wadi (CH0): 3 ♀, 20.iv.2014.

Distribution. This species has a wide distribution area which covers the Maghreb, Europe, and western Asia (Neu

et al. 2018; Tobias & Tobias 2008). We collected it at 1065 m a.s.l.

Genus *Orthotrichia* Eaton 1873

Orthotrichia sp.

Material examined. Chouly wadi (CH1): 8 L, 08.viii.2014; 18 L, 21.vi.2015. Khemis wadi (KH1): 4 L, 14.v.2015; 12 L, 04.vii.2017.

Orthotrichia angustella McLachlan 1865

Material examined. Khemis wadi (KH1): 4 ♂P, 21.v.2015.

Distribution. This is a West Palearctic species reported from Europe, Morocco, Algeria, and Tunisia (Tobias & Tobias 2008). In this study, it was collected at 854 m a.s.l.

Genus *Oxyethira* Eaton 1873

Oxyethira sp.

Material examined. Chouly wadi (CH1): 30 L, 12.viii.2014; 25 L, 16.v.2015; 12 L, 21.vii.2019. Chouly wadi Ouled Mimoun (CH4): 20 L, 13.viii.2014.

Distribution. This genus has been collected at altitudes of 551–916 m a.s.l.

Oxyethira unidentata McLachlan, 1884

Material examined. Chouly wadi Ouled El Mimoun (CH4): 4 ♂, 13.viii.2014.

Distribution. This is a West Palearctic species, reported from Morocco by Hajji *et al.* (2013; 2017) from Algeria and Tunisia by Malicky & Lounaci (1987), from Spain, Portugal, and the Balearic Islands by González & Martínez-Menéndez (2011), and from Italy, including Calabria and Sicily, by Lodovici & Valle (2020a). We collected this species at 551 m a.s.l.

Family of Philopotamidae Stephens 1829

Genus *Chimarra* Stephens 1829

Chimarra cf. *marginata* Linnaeus 1767

Material examined. Chouly wadi (CH0): 15 L, 25.V.2015; 1 ♂P, 13.v.2017.

Distribution. *Chimarra marginata* is the only widely distributed species of *Chimarra* in Europe and the Maghreb (Neu *et al.* 2018). Our specimens were collected at 1065 m a.s.l.

Taxonomical Note. The collected larva has all of the diagnostic characters that distinguish genus *Chimarra* (as *C. marginata*) from other genera of philopotamids in European keys (Edington & Hildrew 1995; Rinne & Wiberg-Larsen 2017; Waringer & Graf 2011): Black ovoid spot posterolaterally on each side of pronotum separate from black posterior margin (Fig. 3A); forecoxae each with long process ending in black bristle (Fig. 3B: a1), and frontoclypeus with deep U-shaped notch asymmetrically on anterior edge (Fig. 3D: a2). However, when comparing our material with Spanish specimens and of *C. marginata*, the Algerian larva has darker brown color on the head and pronotum (Figs 3A, 3B, 3D) and a small tooth in the center of the notch (Fig. 3D: a2) like the larva of *marginata* (Fig. 3E) illustrated by Rinne & Wiberg-Larsen (2017). The notch on the head of the larva illustrated by Rinne & Wiberg-Larsen (2017) is situated slightly to the left of the midline and in the middle as shown by Edington & Hildrew 1995), however in the Algerian and Spanish specimens, this notch is situated slightly to the right of the midline as shown by Waringer & Graf (2011).

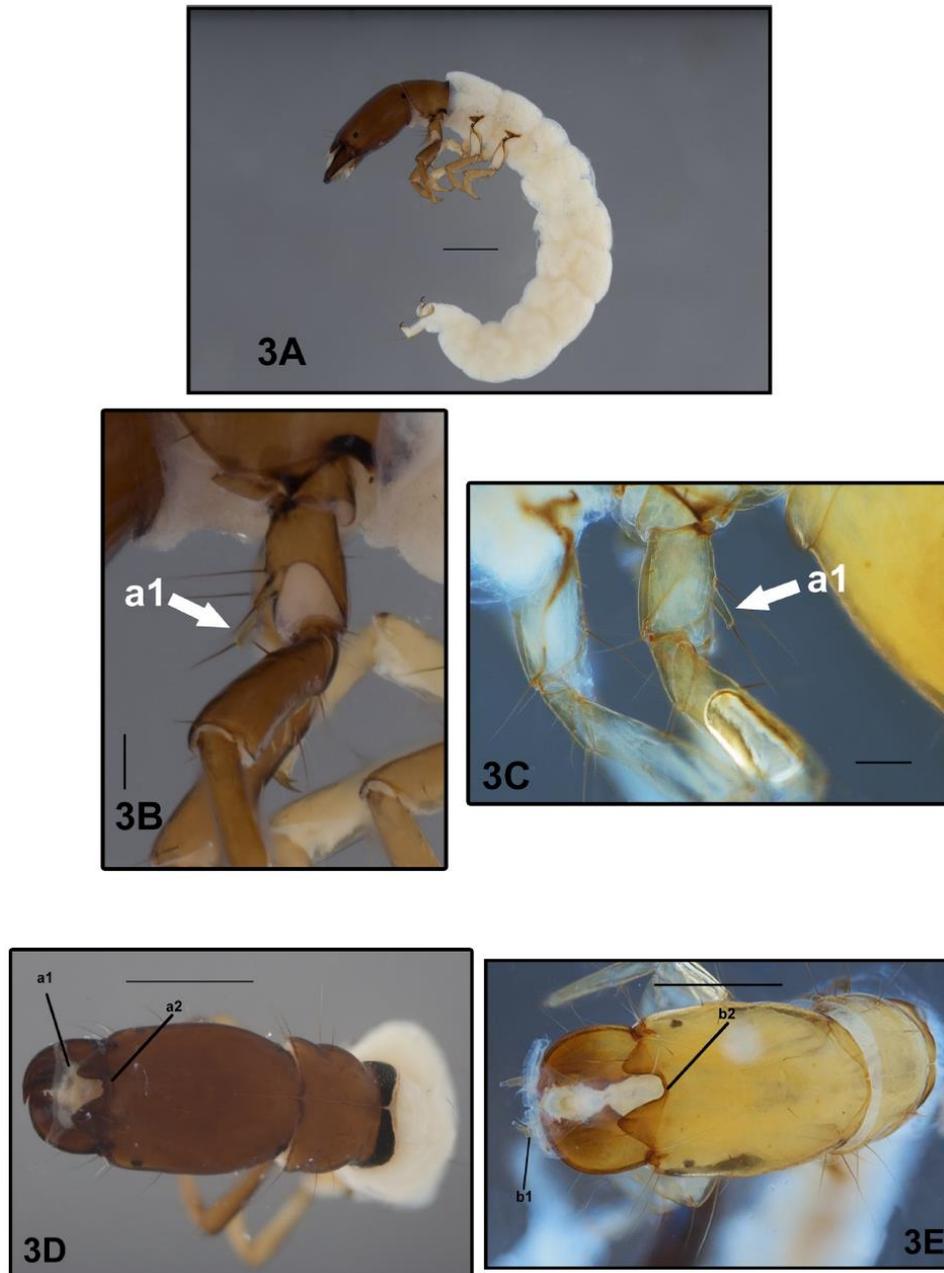


FIGURE 3. *Chimarra marginata* (Linnaeus 1767) from Spain and variant from northwestern Algeria. 3A, Habitus of the larva of *Chimarra* cf. *marginata*, left lateral. 3B, left forecoxa, trochanter, and femur of *Chimarra* cf. *marginata* from northwestern Algeria (a1 = long process ending in black bristle); 3C: forecoxa, trochanter, and femur of *Chimarra marginata* larva from Spain (a1 = long process ending in a black bristle). 3D, head and pronotum of *Chimarra* cf. *marginata* from northwestern Algeria, dorsal (a1 = membranous labrum, a2 = tooth in excision of anterior margin of frontoclypeus); 3E, head and pronotum of *Chimarra marginata* from Spain, dorsal. Scale bars = 1 mm.

The genitalia of the mature male pupa (or pharate male) are similar to those of European *marginata*, and only two small variations can be highlighted: (1) the lateral lobes of tergum X are curved inwards (Fig. 4A: a4) rather than outwards (Tobias & Tobias 1983) and (2) the posterior margin of each inferior appendage is rounded (Fig. 4B: b4) instead of angular and with a small tooth (Tobias & Tobias 1983). The aedeagus has many small spines on the posterior part that can be seen in lateral (Fig. 4C), ventral (Fig. 4D), and dorsal views (Fig. 4E).

Chimarra marginata is a widespread species and, although small variations in the different populations along its distributional range might be expected, it would be interesting to collect more specimens to verify that it is one *Chimarra* species.

Genus *Wormaldia* McLachlan 1865

Wormaldia sp.

Material examined. Safsaf wadi El Ourit (SK1): 7 L, 16.i.2015; 5 L, 19.v.2015; 12 L, 2.ii.2019. Chouly wadi Beni Ghazli (CH0): 19 L, 04.i.2015; 33 L, 19.v.2015; 35 L, 04.i.2016, 14 L, 14.iii.2016, 9 L, 5.ii.2018. Chouly Yebder (CH1): 15 L, 04.i.2015; 33 L, 04.i.2016. Khemis wadi (KH1): 33 L, 17.iii.2015; 10 L, 14.i.2019.

Distribution. This genus has been recorded in the Great Kabylia (Algeria) by Sekhi *et al.* (2016) and in the Aures region by Dambri *et al.* (2020). In this research, we collected larvae in only four sites located at altitudes of 723–1065 m a.s.l

Family Hydropsychidae Curtis 1835

Genus *Hydropsyche* Pictet 1834

During our study, we collected eight species: *Hydropsyche fezana* Navás 1932, *H. iberomaroccana* González & Malicky 1999, *H. lobata* McLachlan 1884, *H. maroccana* Navás 1936, *H. pellucidula* (Curtis 1834), *H. obscura* Navás 1928, *H. resmineda* Malicky 1977, and *H. siltalai* Döhler 1963. The data and taxonomy of these species have been discussed by Bemmuoussat-Dekkak *et al.* (2021).

Family Ecnomidae Ulmer 1903

Ecnomus deceptor McLachlan 1884

Material examined. Tafna wadi Ghar Boumaaza (TGB): 30 L, 14.iii.2014; 4 L, 14.v.2015.

Distribution. This is a West Palearctic and Afrotropical species, occupying western and central Europe (Neu *et al.* 2018), and the Maghreb and central Africa (Tobias & Tobias 2009; Hajji *et al.* 2013; Mabrouki *et al.* 2020). In the study area, this species was collected as a larva from a single station at 1077 m a.s.l. This is a **new record for Algeria**.

Family Psychomyiidae Walker 1852

Genus *Psychomyia* Latreille 1829

Psychomyia pusilla Fabricius 1781

Material examined. Khemis wadi (KH1): 4 L, 03.iii.2015; 3 L, 16.v.2015; 2 L, 21.iv.2019.

Distribution. This West Palearctic species has a wide distribution, including all Europe (Neu *et al.* 2018) and the Maghreb (Tunisia, Algeria, and Morocco; Bonada *et al.* 2008; Hajji *et al.* 2013; Mabrouki *et al.* 2020; Malicky & Loumaci 1987). In our study, it was collected at 1065 m a.s.l.

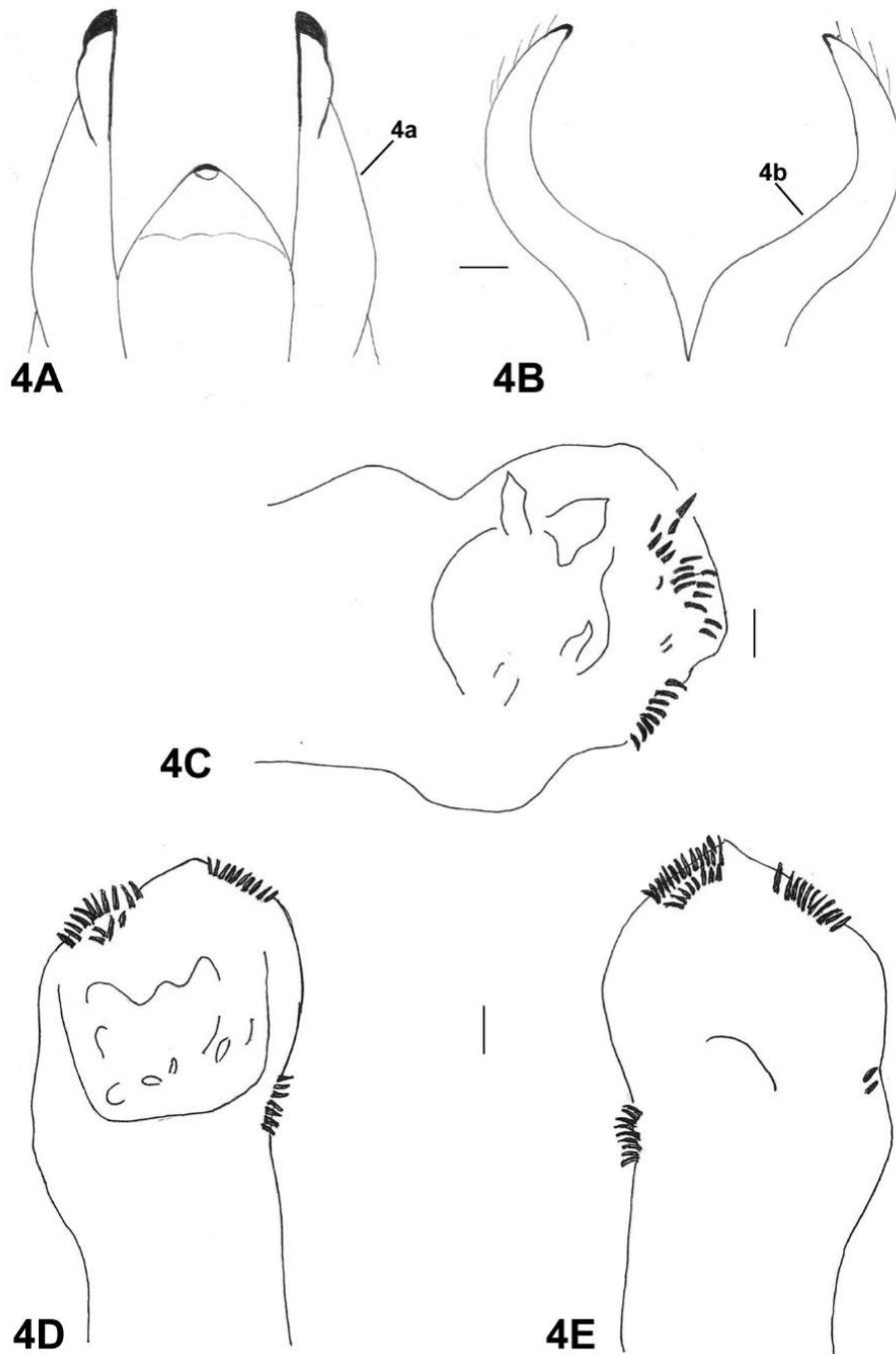


FIGURE 4. *Chimarra* cf. *marginata* (Linnaeus 1767) from northwestern Algeria, male genitalia. 4A, tergum X, ventral (a4 = lateral lobes). 4B, inferior appendages, ventral (b4 = posterior margin of inferior appendages). 4C–4E, distal end of aedeagus: 4C, left lateral; 4D, ventral; 4E, dorsal. Scale bars = 0.25 mm.

Genus *Tinodes* Curtis 1834***Tinodes waeneri* (Linnaeus 1758)**

Distribution. This species is widely distributed in Europe (Malicky 2013; Morse 2021; Neu *et al.*, 2018) and it has been recorded in Morocco by Dakki (1982), Mabrouki *et al.* (2020), and Mosely (1938). This is a **new record for Algeria**.

Ecological Note: The springs and water upwellings connected to the wadis are habitats of the larvae of *Tinodes*. The lighter colored larvae (morphotype 1) were collected from shaded habitats while the darker larvae (morphotype 2) were collected from habitats exposed to sunlight. Melanism or dark coloration in insects has been related to diverse selection mechanisms, with UV light protection among them; melanic forms have higher resistance to UV radiation than less melanic forms (True 2003; Lencioni 2004).

Taxonomical Note. The larva is identical to the *Tinodes* larva figured by Mabrouki *et al.* (2020), and Vieira-Lanero (2000) except in the intensity of the coloration. We distinguish two morphotypes:

***Tinodes waeneri* morphotype 1**

Material examined. Chouly wadi Beni Ghazli (CH0): 7 L, 21.vi.2014; 25 L, 22.ii.2015; 2 L, 14.iii.2015. Chouly wadi Yebder (CH1): 13 L, 16.ii.2019 wadi Safsaf El Ourit (SK1): 15 L, 17.i.2015. Khemis wadi (KH1): 20 L, 22.v.2015.

Remarks. The head capsule has a yellow background color (Fig. 5A); the frontoclypeus and two triangular areas on the genae are conspicuously darker than adjacent areas, the labrum is dark brown, especially around the posterolateral points, and light yellow anteriorly (Fig. 6A: a1). The pronotum has a light-yellow anterior border and two light ovoid yellow marks on either side of the mid-line (Fig. 6A: a2, a3). The submental sclerites and the ventral apotome are yellow (Fig. 6C: c1, c2). In the study area, the larvae were collected at altitudes of 723–1065 m a.s.l.

***Tinodes waeneri* morphotype 2**

Material examined. Chouly wadi Beni Ghazli (CH0): 17 L, 22.ii.2015. Khemis wadi (KH1): 8 L, 14.iii.2015; 12 L, 14.i.2020. In the study area, the larvae were collected at altitudes of 723–1065 m a.s.l.

Remarks. The head capsule has a brown background color (Fig. 5B); all the other characters of this morphotype are similar to those of morphotype 1 (Figs 5B, 6B, 6D). In the study area, the larvae were collected at altitudes of 723–1065 m a.s.l.

***Tinodes algericus* ssp. *algericus* McLachlan 1880**

Materials examined. Wadi Safsaf El Ourit (KS1): 4 ♂, 17.i.2015. Khemis wadi (KH1): 4 ♂ and 3 ♀, 21.vi.2014; 1 ♂P, 16.i.2015; 5 ♂ and 3 ♀, 03.iii.2015; 3 ♂, 14.i.2020.

Distribution. *Tinodes algericus* is an Ibero-Maghrebian species (Neu *et al.* 2018). The subspecies *T. algericus algericus* is distributed in the Maghreb (Tobias & Tobias 2008). It has been recorded in Algeria by McLachlan (1880) and Vaillant (1954), in Tunisia by Malicky & Lounaci (1987), and in Morocco by Dakki (1982) and Hajji *et al.* (2013). Vaillant (1954) reported that the species was common for Algeria, but since that time, it has been collected only in this research. The male was collected at altitudes of 723–854 m a.s.l.

Family Polycentropodidae Ulmer 1903**Genus *Polycentropus* Curtis 1835*****Polycentropus* sp.**

Material examined. Chouly wadi Beni Ghazli (CH0) 33 L, 20.iv.2014; 27 L, 12.v.2014; 12 L, 25.v.2014; 25 L, 21.vi.2014; 22 L, 20.vii.2014; 6 L, 28. x.2014; 8 L, 22.xii.2014; 25 L, 4.i.2015; 5 L, 11.iv.2015; 6 L, 19.v.2015. Chouly wadi Yebder (CH1): 12 L, 20.iv.2014; 8 L, 12.vii.2014; 5 L, 25.v.2014; 4 L, 21.vi.2014; 8 L, 20.vii.2014; 13 L, 28.x.2014; 5 L, 22.xii.2014; 3 L, 4.i.2015; 8 L, 17.i.2015; 13 L, 11.iv.2015; 6 L, 14.v.2015; 14 L, 14.iii.2016; 2 L, 16.v.2016; 12 L, 17.iii.2017; 13 L, 08.iv.2017; 6 L, 23.xii.2017; 5 L, 16.ii.2019; 7 L,

21.vii.2019. Same wadi Ouled Sid El Hadj (CH2): 15 L, 20.iv.2014; 2 L, 12.v.2014; 23 L, 25.v.2014; 12 L, 21.vi.2014; 4 L, 20.vii.2014; 9 L, 28. x.2014; 10 L, 22.xii.2014; Same wadi Ouled Mimoun (CH4): 15 L, 22.xii.2014; 12 L, 14.v.2015. Isser wadi (IOM): 3 L, 17.iii.2015. Khemis wadi (KH1): 5 L, 30.i.2015; 8 L, 30.iv.2015; 7 L, 20.i.2016; 15 L, 16.v.2017; 12 L, 08.iii.2018.

Distribution. This taxon was collected at altitudes of 551–1065 m a.s.l

***Polycentropus kingi* McLachlan 1881**

Materials examined. Chouly Wadi (CH1): 4 ♂, 11.iv.2015; 8 ♂, 23.xii.2017; 5 ♂, 04.vii.2017; 3 ♂, , 21.vii.2019; 5 ♀, 11.iv.2015; 12 ♀, 21.vii.2019. Isser wadi (IOM): 2 ♂, 12.iv.2014. Safsaf El Ourit (SK1): 3 ♂, 16.i.2015. Khemis wadi (KH1): 4 ♂, 20.iv.2014.

Distribution. The distribution area of this species covers western Europe and the Maghreb (Neu *et al.* 2018; Sekhi *et al.* 2016; Tobias & Tobias 2008). In our study, this species was collected at altitudes of 723–916 m a.s.l.

Genus *Plectrocnemia* Stephens 1836

***Plectrocnemia* sp.**

Materials examined. Chouly wadi Yebder (CH1): 7 L, 04.vii.2017; 5 L, 08.vii.2019.

***Plectrocnemia geniculata corsicana* Mosely 1932**

Materials examined. Chouly wadi Yebder (CH1): 3 ♀, 08.vii.2019.

Distribution. *Plectrocnemia geniculata* (McLachlan 1871) is a West Palaearctic species; five subspecies can be distinguished (Neu *et al.* 2018). The subspecies *P. g. corsicana*, is distributed on the islands of Corsica and Sardinia (Lodovici & Valle 2020a), it has been recorded in Morocco by Bouzidi (1989) and Hajji *et al.* (2017), and in Tunisia and Algeria by Malicky & Lounaci (1987). This species was collected at only one site at 916 m a.s.l.

Family Limnephilidae Kolenati 1848

Genus *Limnephilus* Leach 1815

***Limnephilus* sp.**

Materials examined. Chouly wadi (CH0): 5 L, 20.iv.2014. Chouly wadi (CH1): 6 L, 16.v. 2015. Khemis wadi (KH1): 24 L, 21.v. 2015; 53 L, 17.vi.2017; 12 L, 14.vii.2019; 37 L, 07.vii.2019.

***Limnephilus lunatus* Curtis 1834**

Materials examined. Khemis wadi (KH1): 1 ♀, 17.vi.2017.

Distribution. This is a West Palaearctic species whose distribution includes Europe and North Africa (Neu *et al.* 2018). In North Africa, this species has been mentioned previously only in Morocco (Hajji *et al.* 2013; Hajji 2017). In our study, it was collected at 854 m a.s.l. This is a **new record for Algeria**.

Genus *Mesophylax* McLachlan 1882

***Mesophylax aspersus* Rambur 1842**

Material examined. Chouly Beni Ghazli (CH0): 17 L, 17.iv.2014; 37 L, 14.iii.2014; 40 L, 04.i.2015; 25 L, 14.iii.215; 21 L, 11.iv.2014; 18 L, 17.iii.2017; 32 L, 16.ii.2019. Chouly wadi Yebder (CH1): 14 L, 17.iv.2014; 32 L, 04.i.2015; 45 L, 17.iii.2017. Same wadi Ouled Sid El Hadj (CH2): 22 L, 11.iv.2015. Isser wadi (IOM): 2 L, 17.iii.2017. Khemis wadi (KH1): 54 L, 12.i.2014; 22 L, 14.iii.2014; 14 L, 17.i.2017; 10 L, 16.ii.2015; 28 L, 8.iii.2018. Chouly Wadi (CH0): 4 ♂, 14.iii.2014; 24 ♀, 14.iii.2014; 2 ♂, 17.iii.2017; 4 ♂, 8.iv.2017. Wadi Yebder (CH1): 7 ♂, 11.iv.2014. Adults reared in the laboratory: 11 ♂: 6, larvae collected 20.iv.2014; 5, larvae collected 25.v.2015.



FIGURE 5. *Tmodes waeneri* (Linnaeus 1758), habitus of larva, right lateral. 5A, morphotype1; 5B, morphotype2. Scale bars = 1 mm.

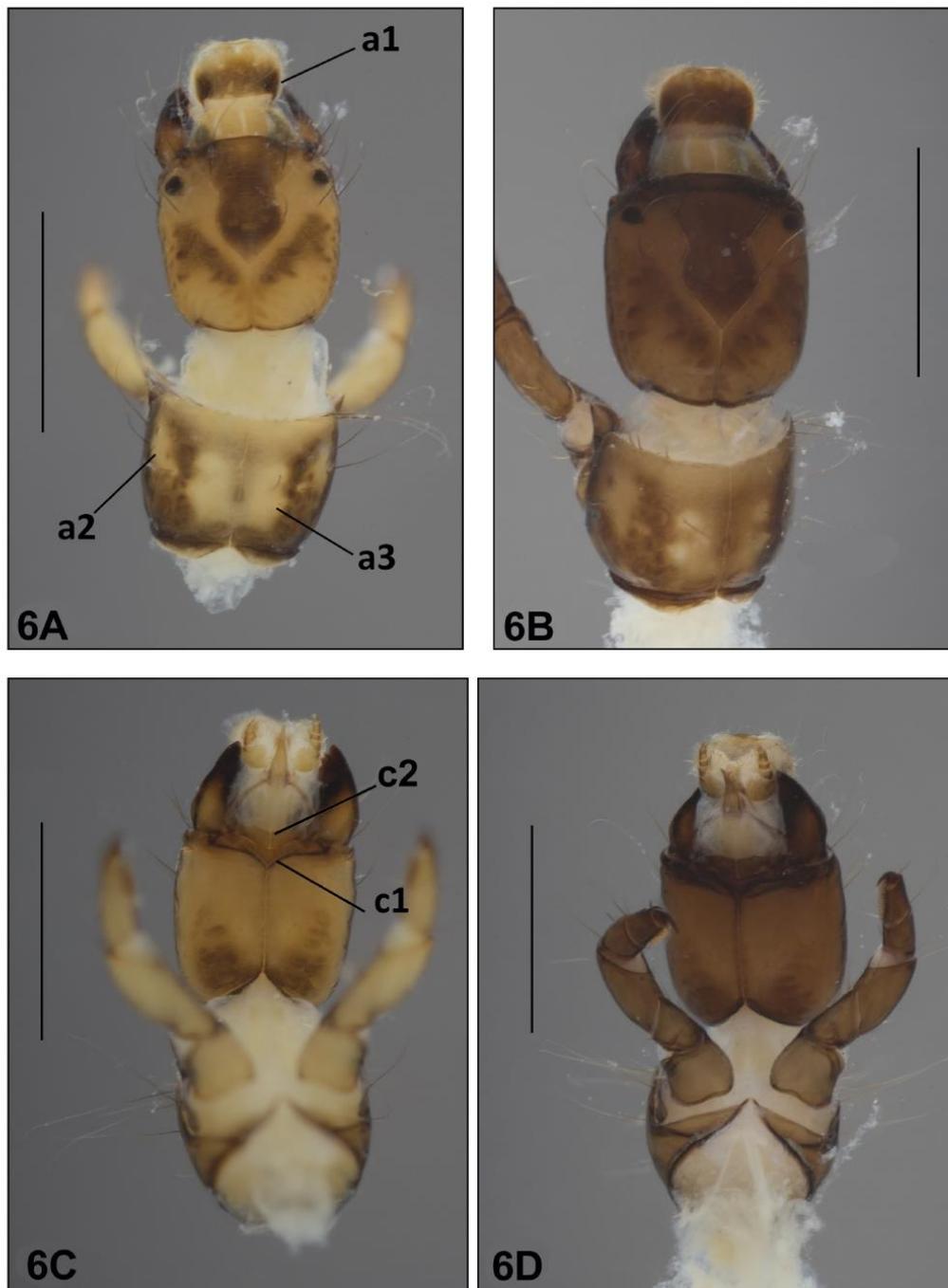


FIGURE 6. Morphotypes of *Tinodes waeneri* (Linnaeus 1758), head and prothorax of larvae. 6A and 6B, dorsal: 6A, morphotype1; 6B, morphotype2. 6C and 6D, ventral: 6C, morphotype1; 6D, morphotype2. Scale bars = 1 mm

Distribution. The range of this species is wide throughout the Mediterranean Basin, reaching the Canary Islands (Morse 2020, referring to subspecies *Mesophylax aspersus canariensis* McLachlan 1882), and including the Maghreb (Dambri *et al.* 2020; Hajji *et al.* 2013; Samraoui *et al.* 2020; Tobias & Tobias 2008). Although the subspecies *M. a. hoggarensis* Malicky 1998 has been recorded in Algeria (Hoggar Mountains), the studied specimens belong to *M. a. aspersus*. During our survey, the latter species was collected only at sites at high altitudes of 916–1065 m a.s.l.

Family Leptoceridae Leach 1815

Genus *Athripsodes* Billberg 1820

Athripsodes sp.

Materials examined. Khemis wadi (KH1): 6 L, 20.ii.2014; 30 L, 21.vii.2014; 12 L, 14.iii.2014; 24 L, 11.i.2015; 9 L, 30.i.2015; 15 L, 17.iii.2015; 18 L, 14.v.2015; 5 L, 14.v.2015; 12 L, 29.viii.2015; 14 L, 23.iii.2016; 16 L, 04.vii.2017; 13 L, 8.iii.2018, 3 L, 4.iii.2019.

Athripsodes ygramul Malicky & Lounaci 1987

Materials examined. Khemis wadi (KH1): 4 ♂P and 5 ♀P, 21.iii.2014; 12 ♂P and 3 ♀P, 21.iv.2015; 7 ♂P, 21.iii.2017.

Distribution. This is an Algerian endemic species known previously only from the type locality (Malicky & Lounaci 1987). We report the second sampling site at 854 m a.s.l.

Genus *Mystacides* Latreille 1825

Mystacides sp.

Materials examined. Chouly wadi CH0: 8 L, 12.viii.2014; in the same wadi Yebder (CH1): 24 L, 12.iv.2014; 65 L, 21.vi.2014; 70 L, 12.vii.2014; 4 L, 12.vii.2014; 3 L, 19.v.2015; 12 L, 08.viii.2015. Same wadi Ouled Sid El Hadj (CH2): 1 L, 4.vi.2015. Khemis wadi (KH1): 15 L, 30.i.2015; 6 L, 21.iv.2015; 10 L, 16.v.2015; 3 L, 12.vii.2016; 8 L, 3.vii.2017.

Mystacides azurea (Linnaeus 1761)

Materials examined. Chouly wadi Yebder (CH1): 14 ♂P and 48 ♀P, 12.viii.2014; 24 ♂P, 3.vii.2017. Adults reared in the laboratory: 4 ♂ collected 14.vii.2015.

Distribution. This is an East and West Palearctic species (Neu *et al.* 2018). It was collected in Algeria by Gauthier (1920) in the Oued Kerma at Saoula, and it has been recorded in Morocco by Berrahou *et al.* (2001), Dakki (1981), El Agbani (1984), and Hajji *et al.* (2013). In our study, this species was collected at 916 m a.s.l.

Genus *Setodes* Rambur 1842

Setodes sp.

Materials examined. Chouly wadi Beni Ghazli (CH0): 8 L, 4.i.2015; 12 L, 19.v.2015. Same wadi (Yebder CH1): 15 L, 21.vi.2014; 12 L, 17.vii.2014; 17 L, 12.viii.2014; 12 L, 25.v.2016; 4 L, 28.iv.2017; 8 L, 3.vii.2017; 25 L, 3.vi.2019.

Setodes argentipunctellus McLachlan 1877

Materials examined. Chouly wadi Yebder (CH1): 4 ♂P, 12.viii.2014; 7 ♂P and 15 ♀P, 25.v.2016.

Distribution. This is a widely distributed West Palearctic species and has been reported for Morocco (Hajji 2017; Neu *et al.* 2018). This species was collected in our study at 916 m a.s.l. This a **new record for Algeria**.

***Setodes acutus* Navás 1936**

Material examined. Chouly wadi Yebder (CH1): 3 ♂P, 17.vii.2014; 4 ♂P, 25.v.2016; 2 ♀P, 04.vii.2017.

Distribution. This West Palearctic species is endemic in the Maghreb (Morse 2021; Neu *et al.* 2018). It has been reported from the Aures region in Algeria by Dambri *et al.* (2020), in Morocco by El Alami & Dakki (1998) and Hajji *et al.* (2013) and in Tunisia by Malicky & Lounaci (1987). In our study, this species was collected from a single site at 916 m a.s.l. where it shared the habitat with its congener *S. argentipunctellus*.

Comparison of species distribution in the western Mediterranean Basin

TABLE 2. Trichoptera species in northwestern Algeria (sex of collected adults indicated) in nearby areas [Rif, Morocco (Hajji *et al.* 2013), Iberian Peninsula (Spain, Portugal) and Balearic Islands (González & Martínez-Menéndez 2011)], and world distribution (Morse 2021; Tobias & Tobias 2008).

	Species in northwestern Algeria	Rif	Iberian Peninsula	World Distribution
Algerian endemics	<i>Agapetus numidicus</i> ♂			Algerian endemic
	<i>Athripsodes ygramul</i> ♂			Algerian endemic
New record for Algeria and North Africa	<i>Hydroptila fortunata</i> ♂		•	Canary Island and Algeria.
New records for Algeria	<i>Ecnomus deceptor</i>	•	•	Western and Afrotropical Palearctic
	<i>Tinodes waeneri</i>		•	West Palearctic.
	<i>Limnephilus lunatus</i> ♀		•	West Palearctic
	<i>Setodes argentipunctellus</i> ♂		•	West Europe
Records for northwestern Algeria	<i>Rhyacophila munda</i> ♂	•	•	Europe
	<i>Agapetus incertulus</i> ♂	•	•	West Mediterranean
	<i>Hydroptila serrata</i> ♂			West Mediterranean
	<i>Hydroptila vectis</i> ♂	•	•	West and East Palearctic-Nearctic-Oriental
	<i>Allotrichia pallicornis</i> ♀	•	•	West Palearctic
	<i>Orthotrichia angustella</i> ♂		•	West Palearctic
	<i>Oxyethira unidentata</i> ♂	•	•	West Mediterranean
	<i>Chimarra marginata</i> ♂	•	•	Europe
	<i>Hydropsyche iberomaroccana</i> ♂	•	•	Ibero-Maghrebian endemic
	<i>Hydropsyche maroccana</i> ♂	•		Ibero-Maghrebian endemic
	<i>Hydropsyche lobata</i> ♂	•	•	Europe
	<i>Hydropsyche obscura</i>	•		Maghrebian endemic
	<i>Hydropsyche fezana</i>	•		Maghrebian endemic
	<i>Hydropsyche pellucidula</i> ♂	•	•	West and East Palearctic, Nearctic, Oriental
	<i>Hydropsyche resmindeda</i>	•		Maghrebian endemic
	<i>Hydropsyche siltalai</i> ♂		•	Europe
	<i>Tinodes algiricus</i> ♂	•		Ibero-Maghrebian endemic
	<i>Psychomyia pusilla</i>	•	•	West Palearctic
	<i>Mesophylax aspersus</i> ♂	•	•	West Palearctic
	<i>Plectrocnemia gemiculata</i> ♀		•	Europe
<i>Polycentropus kingi</i> ♂	•	•	Europe	
<i>Setodes acutus</i> ♂	•		Maghrebian endemic	
<i>Mystacides azureus</i> ♂	•	•	West and East Palearctic	

The previous checklist of Algerian caddisflies published by Dambri *et al.* (2020) included 55 species for the country, to which should be added the record of *P. pusilla* that had been previously reported by Malicky & Lounaci (1987), *Mesophylax aspersus hoggarensis* Malicky 1998 and *H. siltalai* and *H. pellucidula* mentioned in a previous article (Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021). Our study, from the northwestern part of the country, has raised the caddisfly species richness of Algeria to 63 species, adding four species to the inventory (Table 2). The collected species from the northwestern Algerian region alone represent 48% of the total number of Algerian species recorded up to now.

Among the recorded endemic species, two are Algerian endemics (*A. ygramul* and *A. numidicus*) and five are endemic to the Maghreb (*T. algiricus algiricus*, *Hydropsyche fezana*, *H. maroccana*, *H. resmineda*, and *S. acutus*). Especially important is the report for the first time in North Africa of *Hydroptila fortunata*.

The fauna of northwestern Algeria has more species in common with the Moroccan Rif and the Iberian Peninsula (Table 2) than with the Algerian Aures and Great Kabylia regions. The recent studies undertaken in the Great Kabylia by Sekhi *et al.* (2016) and in the Aures region by Dambri *et al.* (2020) revealed 14 and 11 taxa, respectively, that are in common with our Algerian findings. The Rif's area, which was surveyed by Hajji *et al.* (2013), is inhabited by 41 caddisfly taxa of which 19 species and 3 genera are in common with our Algerian records. Research conducted on Trichoptera of the Iberian Peninsula showed the presence of 342 identified species (González & Menendez 2011); 19 of these species are shared with our Algerian study.

In the Maghreb, Morocco has the greatest species richness (74 species: Hajji 2017), followed by Algeria (63 species: Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021; Dambri *et al.* 2020) and Tunisia (49 species: Malicky & Lounaci 1987) (Table 3).

A total of 118 species is now known in the Maghreb, a number of species that is very poor compared to that of the Iberian Peninsula (342 species, González & Martínez-Menéndez 2011), France (520 species, Coppa & Tachet 2021), and Italy (437 species, Lodovici & Valle 2020a). This can be explained partly because faunistic studies on Trichoptera in the Maghreb are still scarce, but mainly because the climatic particularities of the North African region [temporary streams (wadis), long dry summers, and torrential rains in winter] and current and past geographical isolation make the maintenance of a diverse freshwater fauna more difficult (Bonada *et al.* 2008, 2009; Williams 2006).

Although the total number of Maghrebian species is relatively low, the proportion of endemic species (44 species, 37.28 % of the total) is high (Table 3). Apparently, the marine environment of the Mediterranean Sea on the north and the arid environment of the Sahara Desert on the south effectively have left an isolated Maghrebian "island" of habitable terrain for freshwater biota such as caddisflies; that resident biota has been isolated by these inhospitable landscapes over sufficient time to evolve its own distinct species.

TABLE 3. Caddisfly species from the Maghrebian countries (Morocco, Algeria, and Tunisia) and neighboring European countries [References: Algeria (Bemoussat-Dekkak *et al.* 2021; Dambri 2020; Malicky & Lounaci 1987; Sekhi *et al.* 2016), Morocco (Bazi *et al.* 2017; Botosaneanu 1999; Dakki 1978, 1982, 1986; El Alami *et al.* 1998; Giudicelli & Dakki 1980; Hajji *et al.* 2013; Lamri *et al.* 2016; Mabrouki *et al.* 2020); Tunisia (Malicky & Lounaci 1987), Spain and Portugal (González & Martínez-Menéndez 2011); France (Coppa & Tachet 2020), Italy (Lodovici & Valle 2020a), and world (Morse 2021)].

Maghrebian Species	Morocco	Algeria	Tunisia	Spain	Portugal	France	Italy	World distribution
<i>Rhyacophila fonticola</i> Giudicelli & Dakki 1984	•			•				Ibero-Moroccan
<i>Rhyacophila munda</i> McLachlan 1862	•	•	•	•	•			Europe
<i>Rhyacophila ungl</i> Malicky & Lounaci 1987		•						Algerian endemic
<i>Agapetus beredensis</i> Dakki & Malicky 1980	•							Moroccan endemic
<i>Agapetus dakkii</i> Malicky & Lounaci 1987	•							Moroccan endemic
<i>Agapetus dolichopterus</i> Giudicelli & Dakki 1980	•							Moroccan endemic
<i>Agapetus fuscus</i> Vaillant 1954		•						Algerian endemic
<i>Agapetus numidicus</i> Vaillant 1954		•						Algerian endemic
<i>Agapetus incertulus</i> McLachlan 1884	•	•		•	•		•	West Mediterranean

.....continued on the next page

TABLE 3. (Continued)

Maghrebian Species	Morocco	Algeria	Tunisia	Spain	Portugal	France	Italy	World distribution
<i>Allotrichia pallicornis</i> (Eaton 1873)	•	•	•	•	•	•	•	Europe, Iran
<i>Hydroptila angulata</i> Mosely 1922	•		•	•	•	•	•	Europe, China
<i>Hydroptila aegyptia</i> Ulmer 1963			•				•	Europe
<i>Hydroptila aurora</i> Malicky 1997	•		•	•				Ibero-Maghrebian
<i>Hydroptila campanulata</i> Morton 1896	•	•	•	•				Ibero-Maghrebian
<i>Hydroptila mendli</i> Malicky 1980	•		•					Maghrebian endemic
<i>Hydroptila cintrana</i> Morton 1904	•			•	•			Ibero-Moroccan
<i>Hydroptila autonoe</i> Malicky 1980	•			•	•			Ibero-Moroccan
<i>Hydroptila giudicellorum</i> Botosaneanu 1980			•	•	•	•	•	West Mediterranean
<i>Hydroptila dejaloni</i> Botosaneanu 1980			•	•	•			West Mediterranean
<i>Hydroptila engyruwuck</i> Malicky & Lounaci 1987			•	•				West Mediterranean
<i>Hydroptila serrata</i> Morton 1898		•	•				•	West Mediterranean
<i>Hydroptila sparsa</i> Curtis 1834		•		•	•	•	•	Europe, Iran
<i>Hydroptila vectis</i> Curtis 1834	•	•	•	•	•	•	•	Europe
<i>Hydroptila fortunata</i> Morton 1893		•	•	•				West Mediterranean
<i>Orthotrichia angustella</i> (McLachlan 1865)	•	•	•	•	•	•	•	Europe
<i>Orthotrichia costalis</i> (Curtis 1834)	•	•				•	•	Europe, Asia
<i>Oxyethira falcata</i> Morton 1893	•	•	•	•	•	•	•	Europe, Asia
<i>Oxyethira unidentata</i> McLachlan 1884	•	•	•	•	•		•	West Mediterranean
<i>Oxyethira spinosella</i> McLachlan 1884			•	•	•			Ibero-Maghrebian
<i>Oxyethira pirisinui</i> Moretti 1981			•				•	Italy, Tunisia
<i>Ithytrichia clavata</i> Morton 1905	•	•	•	•	•	•		Europe, North America
<i>Stactobia maculata</i> Vaillant 1951		•	•					Maghrebian endemic
<i>Stactobia algira</i> Vaillant 1951		•						Moroccan endemic
<i>Philopotamus ketama</i> Giudicelli & Dakki 1984	•							Moroccan endemic
<i>Chimarra marginata</i> (Linnæus 1767)	•	•	•	•	•	•	•	West palearctic
<i>Wormaldia algirica</i> Lestage 1925		•						Algerian endemic
<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet 1834)		•		•	•	•	•	Europe, Iran
<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet 1834)	•	•						Europe, Asia
<i>Hydropsyche artax</i> Malicky & Lounaci 1987		•	•					Maghrebian endemic
<i>Hydropsyche iberomaroccana</i> González & Malicky 1999	•	•		•				Ibero-Maghrebian
<i>Hydropsyche resmineda</i> Malicky 1977	•	•	•					Maghrebian endemic
<i>Hydropsyche maroccana</i> Navás 1936	•	•	•					West Mediterranean
<i>Hydropsyche obscura</i> Navás 1928	•	•						Maghrebian endemic
<i>Hydropsyche fezana</i> Navás 1932	•	•						Maghrebian endemic
<i>Hydropsyche morla</i> Malicky & Lounaci 1987		•	•					Maghrebian endemic
<i>Hydropsyche pandiel</i> Malicky 2014	•							Moroccan endemic
<i>Hydropsyche punica</i> Malicky 1981		•	•					Maghrebian endemic
<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis 1834)	•	•		•	•	•	•	Europe, China
<i>Hydropsyche siltalai</i> Döhler 1963		•		•	•	•	•	Europe

.....continued on the next page

TABLE 3. (Continued)

Maghrebian Species	Morocco	Algeria	Tunisia	Spain	Portugal	France	Italy	World distribution
<i>Hydropsyche lobata</i> McLachlan 1884	•	•		•	•			Europe
<i>Ecnomus deceptor</i> McLachlan 1884	•	•	•	•	•			Europe
<i>Ecnomus relictus</i> Vaillant 1953	•	•						Maghrebian endemic
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur 1842)	•		•	•	•		•	Europe, Asia
<i>Psychomyia pusilla</i> (Fabricius 1781)	•	•	•	•	•	•	•	Europe, Asia
<i>Lype reducta</i> (Hagen 1868)	•		•	•	•	•	•	Europe
<i>Tinodes algiricus algiricus</i> McLachlan 1880	•	•	•	•				Ibero-Maghrebian
<i>Tinodes waeneri</i> (Linnaeus 1758)		•		•				Ibero-Maghrebian
<i>Tinodes dives</i> (Pictet 1834)		•		•		•	•	Europe
<i>Tinodes waeneri</i> (Linnaeus 1758)	•	•		•	•	•	•	Europe, North Africa
<i>Tinodes maroccanus</i> Mosely 1938	•		•	•			•	Ibero-Maghrebian
<i>Tinodes altsahir</i> González & Malicky 1988	•							Moroccan endemic
<i>Tinodes assimilis rifensis</i> Botosaneanu & González 2001	•							Moroccan endemic
<i>Tinodes admamsederi</i> Malicky 1982			•					Tunisian endemic
<i>Tinodes tunisicus</i> Malicky 1982			•					Tunisian endemic
<i>Paduniella vandeli</i> Décamps 1965	•		•	•	•	•		Mediterranean
<i>Plectrocnemia geniculata corsicana</i> Mosely 1932	•	•	•		•	•	•	West palearctic
<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis 1834)		•		•		•	•	Europe, China
<i>Plectrocnemia laetabilis</i> McLachlan 1880	•			•	•	•		West Mediterranean
<i>Pseudoneureclipsis maroccana</i> Dakki & Malicky 1980	•							Moroccan endemic
<i>Polycentropus kingi</i> McLachlan 1881	•	•	•	•	•			Europe
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (Pictet 1834)		•		•	•	•	•	Europe, Japan
<i>Polycentropus telifer</i> McLachlan 1884			•	•	•			West Mediterranean
<i>Polycentropus variatus</i> Navás 1917		•						Algerian endemic
<i>Polycentropus metirensis</i> Malicky 1982			•					Tunisian endemic
<i>Polycentropus drahamensis</i> Malicky 1982			•					Tunisian endemic
<i>Cyrnus monserati</i> Gonzalez & Otero 1983	•							Ibero-Moroccan
<i>Diplectrona felix</i> McLachlan 1878			•	•	•	•		Europe
<i>Micrasema moestum</i> Hagen 1868	•			•	•	•	•	Europe
<i>Limnephilus alaicus</i> Martynov 1915		•						Europe, Asia
<i>Limnephilus lunatus</i> Curtis 1834	•	•		•	•	•	•	Europe, Iran
<i>Limnephilus barbagaensis</i> Malicky, Sekhi & Lounaci 2019		•						Algerian endemic
<i>Stenophylax crossotus</i> McLachlan 1884	•	•		•	•	•	•	West Mediterranean
<i>Stenophylax mitis</i> McLachlan 1875	•			•		•	•	Europe
<i>Micropterna malatesta</i> (Schmid 1957)		•		•			•	West Mediterranean
<i>Stenophylax nycterobius</i> (McLachlan 1875)	•			•	•			European, Anatolia
<i>Stenophylax espanoli</i> Schmid 1957	•			•				Ibero-Maghrebian
<i>Stenophylax vibex</i> (Curtis 1834)	•			•	•	•	•	West palearctic
<i>Stenophylax mucronatus curvidens</i> Schmid 1957	•	•	•					Maghrebian endemic
<i>Mesophylax aspersus</i> (Rambur 1842)	•	•	•	•	•	•	•	Europe, Yemen
<i>Mesophylax aspersus hoggarensis</i> Malicky 1998		•						Algerian endemic

.....continued on the next page

TABLE 3. (Continued)

Maghrebian Species	Morocco	Algeria	Tunisia	Spain	Portugal	France	Italy	World distribution
<i>Enoicylopsis peyerinhoffi</i> Navás 1917		•						Algerian endemic
<i>Micropterna testacea</i> (Gmelin 1789)		•		•	•	•	•	Europe, Algeria
<i>Micropterna thaleri</i> Malicky 1985	•							Moroccan endemic
<i>Allogamus mortoni</i> (Navás 1907)	•			•	•			Ibero-Maghrebian
<i>Silonella aurata</i> (Hagen 1864)	•	•	•	•			•	West Mediterranean
<i>Athripsodes cinereus</i> (Curtis 1834)	•					•		Europe
<i>Athripsodes taouate</i> Dakki & Malicky 1980	•			•	•		•	West Mediterranean
<i>Athripsodes ygramul</i> Malicky & Lounaci 1987		•						Algerian endemic
<i>Ceraclea dissimilis</i> (Stephens 1836)	•			•		•	•	Europe, Russia
<i>Mystacides azureus</i> (Linnaeus 1761)	•	•		•	•	•	•	Europe, Asia
<i>Triænodes conspersus</i> (Rambur 1842)	•			•		•	•	Europe
<i>Triænodes albicornis</i> Ulmer 1905	•	•	•					Maghrebian endemic
<i>Triænodes laamii</i> Dakki 1980	•							Moroccan endemic
<i>Setodes argentipunctellus</i> McLachlan 1877	•	•		•	•	•	•	Europe
<i>Setodes acutus</i> Navás 1936	•	•	•					Maghrebian endemic
<i>Setodes holocercus</i> Navás 1923	•			•				Ibero-Maghrebian
<i>Setodes punctatus</i> Fabricius 1793	•			•				Europe, Iran, China
<i>Setodes zerroukii</i> Dakki 1980	•							Moroccan endemic
<i>Leptocerus maroccanus</i> Dakki 1982	•		•					Maghrebian endemic
<i>Leptocerus timeiformis</i> Curtis 1834	•			•		•	•	Europe, Morocco
<i>Adicella melanella marocana</i> Botosaneanu 1989	•							Moroccan endemic
<i>Adicella.cf.syriaca</i> Ulmer 1907			•					Tunisian endemic
<i>Adicella maura</i> Navás 1922	•							Moroccan endemic
<i>Oecetis uyulala</i> Malicky & Lounaci 1987		•						Algerian endemic
<i>Schizopelex festiva</i> (Rambur 1842)	•			•	•			Ibero-Moroccan
<i>Beraea auresi</i> Vaillant 1953		•						Algerian endemic
<i>Thremma sardoum africanum</i> Malicky & Lounaci 1987		•						Tunisian endemic
<i>Lepidostoma kunanskii</i> Malicky 1982			•					Tunisian endemic
TOTAL SPECIES	74	63	49	63	46	38	36	

All the Maghrebian species are restricted to the West Palearctic Region except *H. pellucidula*, which is also distributed in the Nearctic and Oriental regions (Morse 2021), and *E. deceptor*, which is a West Palearctic and Afro-tropical species. These results agree with those of Casevitz-Weulersse (1992) and Mabrouki *et al.* (2020), who noted that the invertebrate fauna of the Mediterranean area shows much closer affinities with European Palaearctic species than with those of any other biogeographical region. Apart from the endemic species, all the other species from the Maghreb are found in nearby Mediterranean countries: Spain, Portugal, France, and Italy. The specific affinities among these regions testify to specific exchanges, which took place when the African and Eurasian plates were joined by the Baetic-Rif corridor for 260,000 years before the Messinian Salinity Crisis at the end of the Miocene (Blondel *et al.* 2010; Bonada *et al.* 2009). Afterward, the separation of the two plates during the Pliocene caused not only the opening of the Strait of Gibraltar, but also reflooding of the Mediterranean Sea, resulting in isolation of Mediterranean populations and subsequent speciation, which may also help explain the large number of endemic species on either side of the Gibraltar-Mediterranean corridor (Bonada *et al.* 2009).

Following Mabrouki *et al.* (2020), two routes (Fig. 7) have been hypothesised to explain the faunal exchange between Europe and the Maghreb:

- (i) A passage from the Iberian Peninsula to Morocco, then from Morocco (Rif) to Algeria, and eventually Tunisia. The large number of caddisfly species in common between Spain and the Maghreb (63 species), the high number of endemic Ibero-Maghrebian species (12 species), as well as the affinity among Trichoptera in northwestern Algeria, the Rif, and Spain suggest that this scenario could have dominated the faunal exchanges.
- (ii) A passage from Italy to Tunisia, then to the rest of the Maghreb: The presence of 36 Italian species in common with the Maghreb, including *O. pirisinui* which is restricted to Tunisia (Malicky & Loumaci 1987), and Italy for Sardinia and Isola di Capraia (Lodovici & Valle 2020a), and *H. serrata* reported from Algeria, Tunisia, Corsica, and Sardinia (Neu *et al.* 2018), supports the hypothesis that there has been a dispersal of species also from Italy to Algeria and Morocco via Tunisia.

Among the species in common with France, none of them has been exclusively recorded in France and the Maghreb. Probably this is because the distance between France and the Maghreb is greater than that between the Iberian Peninsula and Morocco or Italy and Tunisia. Phylogeographic studies of the Maghrebian species would help explain further the historical processes that may be responsible for their present distribution.

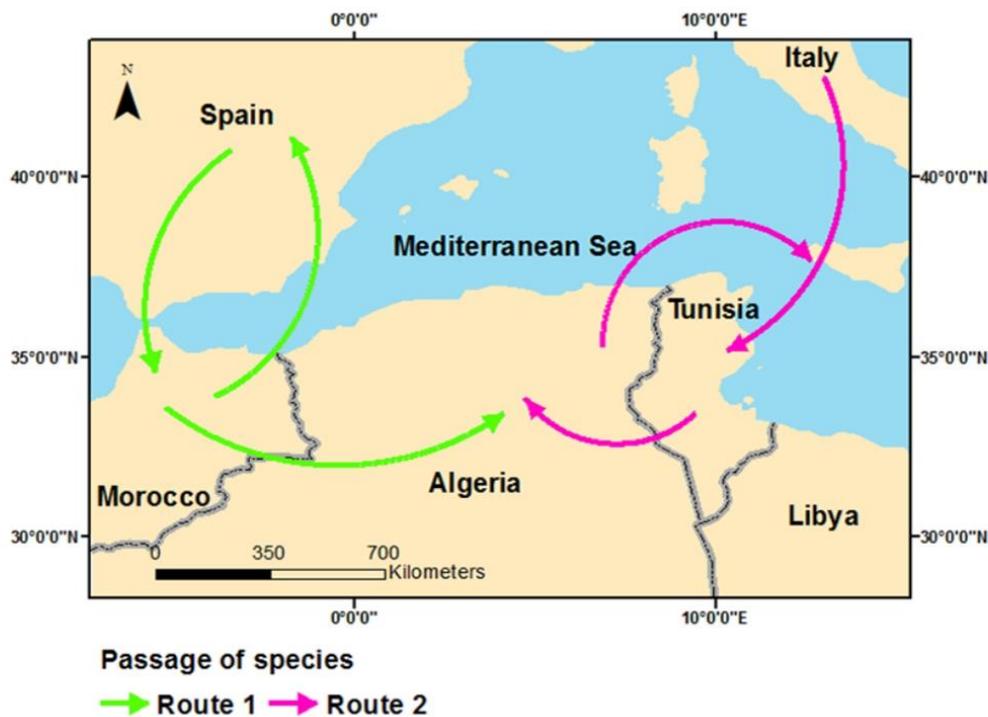


FIGURE 7. Map of species exchanges among North Africa, Spain, and Italy through Route 1 and Route 2.

Acknowledgements

We thank Editor Dr John C. Morse for his valuable advice and support. We also thank Dr Omar Lodovici and an anonymous reviewer for their helpful recommendations.

References

Allaya, W. (2003) Description de cinq larves de Trichoptères du genre *Hydropsyche* récoltées en Tunisie. *Braueria*, 30, 21–22. [in French]

- Arab, A. (1989) *Étude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa*. PhD thesis, University of Bab Ezzouar, Alger. [unknown pagination, in French]
- Arab, A., Lek, S., Lounaci, A. & Park, Y.S. (2004) Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *International Journal of Limnology*, 40 (4), 317–327.
<https://doi.org/10.1051/limn/2004029>
- Barnard, P.C. & Ross, E. (2012) The adult Trichoptera (caddisflies) of Britain and Ireland. *Handbooks for the Identification of British Insects*, 1 (17), i–iv + 1–192.
- Belaidi, N., Taleb, A. & Gagneur, J. (2004) Composition and dynamics of hyporheic and surface fauna in a semi-arid stream in relation to the management of a polluted reservoir. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, Series 40, 3, 237–248.
<https://doi.org/10.1051/limn/2004020>
- Bendouiss Chaoui Boudghan, C. (1991) *Contribution à l'étude de la faune hypogée d'Afrique du nord (milieu hyporhéique et phréatobique)*. PhD thesis, University Abou Bekr Belkaid, Tlemcen 109 pp. [in French]
- Billberg, G.J. (1820) *Enumeratio Insectorum in Museo Gustav Johann Billberg*. Gadelianis, Stockholm, 138 pp. [in Latin]
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.49763>
- Bemmoussat-Dekkak, S., Abdellaoui-Hassaine, K., Sartori, M., Morse, J. C. & Zamora-Munoz, C. (2021) Larval taxonomy and distribution of genus *Hydropsyche* (Trichoptera: Hydropsychidae) in northwestern Algeria. *Zootaxa*, 4915 (4), 481–505.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4915.4.2>
- Berrahou, H., Cellot, B. & Richoux, P. (2001) Distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques la Moulouya et de ses principaux affluents Maroc. *Annales de Limnologie*, Series 37, 3, 223–235. [in French]
<https://doi.org/10.1051/limn/2001020>
- Blondel, J., Aronson, J., Bodiou, J.Y. & Boeuf, G. (2010) *The Mediterranean region: Biological diversity in space and time*. 2nd Edition. Oxford University Press, New York. [unknown pagination]
- Bonada, N., Zamora-Muñoz, C., El Alami, M., Múrria, C. & Prat, N. (2008) New records of Trichoptera in reference Mediterranean climate rivers of the Iberian Peninsula and north of Africa: Taxonomical, faunistic and ecological aspects. *Graellsia*, 64 (2), 189–208.
<https://doi.org/10.3989/graellsia.2008.v64.i2.32>
- Bonada, N., Múrria, C., Zamora-Muñoz, C., El Alami, M., Poquet, J.M., Puntí, T., Moreno, J.L., Bennas, N., Alba-Tercedor, J., Ribera, C. & Prat, N. (2009) Using community and population approaches to understand how contemporary and historical factors have shaped species distribution in river ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 18 (2), 202–213.
<https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2008.00434.x>
- Botosaneanu, L. (2003) Notes sur quelques Hydroptilidae de Iles Canaries (Trichoptères). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 108 (1), 107–108. [in French]
- Bournaud, M., Tachet, H. & Perrin, J.F. (1982) Les Hydropsychidae (Trichoptera) du Haut-Rhône entre Genève et Lyon. *Annales de Limnologie*, Series 18, 61–80. [in French]
<https://doi.org/10.1051/limn/1982002>
- Bouzidi, A. (1989) *Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut-Atlas (Maroc) : bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements*. PhD thesis, University of Aix-Marseille 3, Aix-en-Provence and Marseille, Bouches-du-Rhône, Provence-Alpes-Côte d'Azur. [unknown pagination, in French]
- Casevitz-Weulersse, J. (1992) Analyse biogéographique de la myrmécofaune Corse et comparaison avec celle des régions voisines. *Compte Rendus des Séances de la Société de Biogéographie*, 68, 105–129. [in French]
- Coppa, G. & Tachet, H. (2021) *Groupe OPIE-Benthos*. Available from:
<http://www.opie-benthos.fr> (accessed 19 January 2018)
- Curtis, J. (1834) Descriptions of some hitherto nondescript British species of mayflies of anglers. *Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science*, Series 3, 4, 120–125, 212–218.
<https://doi.org/10.1080/14786443408648304>
- Curtis, J. (1834) s.n. In: *British Entomology; Being illustrations and descriptions of the genera of insects found in Great Britain and Ireland: containing coloured Figs. from nature of the most rare and beautiful species, and in many instances of the plants upon which they are found. Vol. II*. Privately published, London, pp. 482–529.
- Dakki, M. (1981 [*1980*]) Contribution à la connaissance des leptocérides (Trichoptera) du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 1979–80, 41–52. [in French]
- Dakki, M. (1982) Trichoptères du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 6, 139–155. [in French]
- Dakki, M. & Tachet, H. (1987) Les larves d'*Hydropsyche* du Maroc (trichoptères, Hydropsychidae). In: Bournaud, M. & Tachet, H. (Eds.), *Proceedings of the Fifth International Symposium on Trichoptera. Series Entomologica 39*. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht, pp. 25–28. [in French]
https://doi.org/10.1007/978-94-009-4043-7_4
- Dalma, J.W. (1819) Nogra nya insecta-genera beskrifna. *Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 40, 117–127. [in Swedish]
- Dambri, B.M., Karaouzas, I. & Samraoui, B. (2020) Contribution to the knowledge of the caddisfly fauna of Algeria: An updated checklist of Algerian Trichoptera with new records from the Aures region. *Zootaxa*, 4786 (2), 221–232.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4786.2.4>

- Dambri, B.M., Karaouzas, I., Samraoui, B. & Samraoui, F. (2021). Erratum: Contribution to the knowledge of the caddisfly fauna of Algeria: An updated checklist of Algerian Trichoptera with new records from the Aures region. *Zootaxa*, 4942 (4), 600.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4942.4.9>
- Döhler, W. (1950) Zur Kenntnis der Gattung *Rhyacophila* im mitteleuropäischen Raum (Trichoptera). *Archiv Für Hydrobiologie*, 44, 271–293. [in German]
- Döhler, W. (1963) Liste der deutschen Trichopteren. *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*, 17–22. [in German]
- Eaton, A.E. (1873) On the Hydroptilidae, a family of the Trichoptera. *Transactions of the Entomological Society of London*, 2, 125–149.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1873.tb00639.x>
- Edington, J.M. & Hildrew, A.G. (1995) *Caseless Caddis Larvae of the British Isles*. Freshwater Biological Association Scientific (FBA), London, 134 pp.
- El Agbani, M.A. (1984) *Le Réseau Hydrographique du Bassin Versant de l'Oued Bou Regreg (Plateau Central Marocain): Essai de Biotypologie*. PhD thesis, Maroc. [unknown pagination, in French]
- El Alami, M. & Dakki, M. (1998) Peuplements d'Ephéméroptères et de Trichoptères de l'Oued Laou (Rif Occidentale, Maroc): Distribution longitudinale et biotypologie. *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, 21, 51–70. [in French]
- Enderlein, G. (1929) *Entomologica Canaria 2*. *Zoologischer Anzeiger*, 84, 221–234. [in German]
- Fabricius, J.C. (1781) *Species Insectorum, Exhibentes Eorum Differentias Specificas, Synonyma Auctorum, Loca Natalia, Metamorphosin, Adjectis Observationibus, Descriptionibus*. C.E. Bohnii, Hamburgi [Hamburg] and Kilonii [Kiel], viii + 552 pp. [in Latin]
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.36509>
- Faessel, B. & Monnier, A. (1985) Les Trichoptères—Données biologiques, éthologiques et écologiques. Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres en France. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 299, 1–41. [in French]
<https://doi.org/10.1051/kmae:1985001>
- Gagneur, J. & Yadi, B.H. (2000) Intérêt faunistique du peuplement des sources en Algérie et plus généralement en Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle*, Toulouse, 136, 33– 42. [in French]
- Gauthier, H. (1928) *Recherches sur la Faune des Eaux Continentales de l'Algérie et de la Tunisie*. PhD thesis, Université de Paris, Faculté des Sciences, Minerva, Alger [unknown pagination, in French]
- González, M.A. & Malicky, H. (1999) A new species of *Hydropsyche* of the *pellucidula* group (Trichoptera, Hydropsychidae). *Braueria*, 26, 25–26.
- González, M.A. & Menendez, J. (2011) Checklist of the caddisflies of the Iberian Peninsula and Balearic Islands (Trichoptera). *Zoosymposia*, 5 (1), 115–135.
<https://doi.org/10.11646/zoosymposia.5.1.10>
- Holzenthal, R.W. (2009) Trichoptera (Caddisflies). In: Likens, G. & Tockner, K. (Eds.), *Encyclopedia of Inland Waters*. 2009, pp. 456–467
<https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00189-7>
- Hajji, K. (2017) *Les Trichoptères du Maroc : Atlas, Biogéographie et Degré de Vulnérabilité*. PhD thesis, University Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, 309 pp. [in French]
- Hajji, K., El Alami, M., El Moutaouakil, M., Bonada, N. & Zamora-Muñoz, C. (2013) Contribution à la connaissance des Trichoptères (Trichoptera) du Rif (nord du Maroc). *Boletín de l'Asociación Española d'Entomología*, 37, 181–216. [in French, <http://hdl.handle.net/2445/59627>]
- Hughes, S.J. (2006) Temporal and spatial distribution patterns of larval Trichoptera in Madeiran streams. *Hydrobiologia*, 553, 27–41.
<https://doi.org/10.1007/s10750-005-0627-1>
- Ivanov, V.D. (2011) Caddisflies of Russia: Fauna and biodiversity. *Zoosymposia*, 5 (1), 171–209.
<https://doi.org/10.11646/zoosymposia.5.1.15>
- Kolenati, F.A. (1848) *Genera et Species Trichopterorum. Pars prior. Heteropalpoidea*. A. Hasse, Prague, 108 pp., 3 pls.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.130921>
- Latreille, P.A. (1825) *Familles naturelles du règne animal, exposées succinctement et dans un ordre analytique, avec l'indication de leurs genres*. J.B. Baillière, libraire, Paris, 670 pp. [in French]
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.16094>
- Latreille, P.A. (1829) Tome V. Suite et fin des insectes. In: Cuvier, C.G.L.D. (Ed.), *Le Règne animal distribué d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée. Nouvelle édition, revue et augmentée*. Chez Deiterville, Paris, pp. I–XXIV + 1–556, 20 pls. [in French]
- Leach, W.E. (1815) Entomology. In: Brewster, D. (Ed.), *Edinburgh Encyclopedia. Vol. 9*. William Blackwood, Edinburgh, pp. 52–172.
- Lencioni, V. (2004) Survival strategies of freshwater insects in cold environments. *Journal of limnology*, 63 (Supplement 1), 45–55.
<https://doi.org/10.4081/jlimnol.2004.s1.45>
- Lestage, J.A. (1925) Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères recueillis en Algérie par MH Gauthier et liste des espèces

- connues actuellement de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 16, 8–18. [in French]
- Linnaeus, C. (1758) *Systema Naturae, per Regna Tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis. Tomus I. Editio Decima, Reformata*. Laurentii Salvii, Holmiae, 824 pp
- Linnaeus C (1761a) Fauna Svecica sistens animalia Sveciæ Regni: Mammalia, Aves, Amphibia, Pisces, Insecta, Vermes. Distributa per classes & Ordines, Genera & Species, Cum Differentiis Specierum, Synonymis Auctorum, Nominibus Incolarum, Locis Natalium, Descriptionibus Insectorum. Editio altera, auctior. Laurentius Salvius, Stockholmiae, [46] + 578 pp., 1 pl., 2 tabs. [in Latin]
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.46380>
- Linnaeus, C. (1767) s.n. In: *Systema Naturae per Regna Tria Naturae, Secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis. Tom I. Pars II. Editio Duodecima Reformata*. Laurentii Salviae, Holmiae, pp. 533–1327.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.156772>
- Lodovici, O. & Valle, M. (2020) Checklist dei Tricotteri Italiani. Available from: <http://www.trichoptera.it> (accessed 30 April 2020)
- Lodovici, O. & Valle, M. (2020) Nuovi dati sui tricotteri italiani (Insecta, Trichoptera): Rhyacophilidae, Glossosomatidae, Hydroptilidae e Philopotamidae. *Rivista del Museo di Scienze Naturali "E. Caffi."* 33, 71–81. [in Italian]
- Lounaci, A. (1987) *Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie)*. PhD thesis, University of Algiers, Alger, 133 pp. [in French]
- Lounaci, A., (2005) *Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie Tizi Ouzou, Algérie.*, University Mouloud Mammeri, Algérie, 208 pp. [in French]
- Lounaci, A., Brosse S., Thomas, A. & Lek, S. (2000) Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: The Sebaou wadi. *Annals of Limnology*, Series 36, 2, 123–133.
<https://doi.org/10.1051/limn/2000008>
- Mabrouki, Y., Taybi, A.F., Alami, M.E., Wiggers, R. & Berrahou, A. (2020) New data on fauna of caddisflies (Insecta: Trichoptera) from northeastern Morocco with notes on chorology. *Aquatic Insects*, 41 (4), 356–390.
<https://doi.org/10.1080/01650424.2020.1797817>
- Malicky, H. (1977) Ein Beitrag zur Kenntnis der *Hydropsyche guttata*-Gruppe (Trichoptera: Hydropsychidae). *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen*, 29, 1–28. [in German]
- Malicky, H. (1987) *Hydroptila juba*, bona species. *Trichoptera Newsletter*, 14, 30.
- Malicky, H. (1983) *Atlas der Europäischen Köcherfliegen*. Junk, The Hague, x + 298 pp.
- Malicky, H. (1998) Revision der Gattung *Mesophylax* McLachlan (Trichoptera, Limnephilidae). *Beiträge zur Entomologie*, 48, 115–144.
- Malicky, H. & Lounaci, A. (1987) Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algerien und Marokko (Trichoptera). *Opuscula Zoologica Fiuminensia*, 14, 1–20. [in German]
- Martin, L., Martínez, J. & González, M.A. (2014) Observaciones sobre los tricópteros (Insecta: Trichoptera) de las montañas orientales de Galicia (Sierras de Ancares, Courel e Invernadeiro). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, 38 (1–2), 67–90. [in Spanish]
- McLachlan, R. (1862) Characters of new species of exotic Trichoptera; also of one new species inhabiting Britain. *Transactions of the Entomological Society of London*, Series 3, 1, 301–311.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1862.tb00608.x>
- McLachlan, R. (1865) Trichoptera Britanica. A monograph of British species of caddis flies. *Transactions of the Entomological Society of London*, Series 3, 5, 1–184.
- McLachlan, R. (1871) The species of the trichopterous genus *Plectrocnemia*. *Entomologist's Monthly Magazine*, 8, 143–146.
- McLachlan, R. (1877) Description of a new species of *Setodes* occurring in the British Isles. *Entomologist's Monthly Magazine*, 14, 105–106.
<https://doi.org/10.5962/bhl.part.22825>
- McLachlan, R. (1880) *A Monographic Revision and Synopsis of the Trichoptera of the European Fauna. Part 9*. John van Voorst, London, pp. 501–523. (with supplement, xiii–lxxxiv pp.), pls. 52–59.
- McLachlan, R. (1881) Description of a new species of Trichoptera (*Polycentropus kingi*) from Scotland. *The Entomologist's Monthly Magazine*, 17, 254–255.
- McLachlan, R. (1882) The Neuroptera of the Maderia and the Canary Islands. *Journal of the Linnean Society of London*, Zoology, 16, 149–183.
<https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1882.tb02279.x>
- McLachlan, R. (1884) *A Monographic Revision and Synopsis of the Trichoptera of the European Fauna*, First Additional Supplement. John van Voorst and Friedlander & Sohn, London and Berlin, 76 pp., 7 pls.
- Mirzaeiyedi, A. & Malicky, H. (2002) An updated checklist of caddisflies (Insecta, Trichoptera) from Iran, with new records. *Zoology in the Middle East*, 26, 161–168.
<https://doi.org/10.1080/09397140.2002.10637932>
- Moretti, G.P. & Cianficconi, F. (1981) First list of Italian Trichoptera. In: Moretti, G.P. (Ed.), *Proceedings of the 3rd International Symposium on Trichoptera. Perugia July 28–2 August 1980. Series Entomologica 20*. Dr W. Junk, The Hague, pp. 199–211.

- https://doi.org/10.1007/978-94-009-8641-1_24
- Morse, J.C., Frandsen, P.B., Graf, W. & Thomas, J.A. (2019) Diversity and ecosystem services of Trichoptera. *Insects*, 10 (5), 125. <https://doi.org/10.3390/insects10050125>
- Morse, J.C. (2021) *Trichoptera World Checklist*. Available from: <https://entweb.sites.clemson.edu/database/trichopt/> (accessed 19 May 2020)
- Morton, K.J. (1893) Notes on Hydroptilidae belonging to the European fauna, with descriptions of new species. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 1893, 75–82, pls. 75–76. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1893.tb02054.x>
- Morton, K.J. (1898) Two new Hydroptilidae from Scotland and Algeria respectively. *The Entomologist's Monthly Magazine*, 34, 107–109.
- Mosely, M.E. (1932) Corsican Trichoptera and Neuroptera (s.l.) 1931. *Eos-Revista Española Entomología*, 8, 165–184, pls. iv + v.
- Mosely, M.E. (1938) Trichoptera collected in Morocco by Mrs. K.H. Chapman and G.A. Bisset. *Annals and Magazine of Natural History*, London, Series 2, 1, 271–277. <https://doi.org/10.1080/00222933808526766>
- Múrria, C., Zamora-Muñoz, C., Bonada, N., Ribera, C. & Prat, N. (2010) Genetic and morphological approaches to the problematic presence of three *Hydropsyche* species of the *pellucidula* group (Trichoptera: Hydropsychidae) in the westernmost Mediterranean Basin. *Aquatic Insects*, 32 (2), 85–98. <https://doi.org/10.1080/01650424.2010.482939>
- Navás, L. (1917) Deux Trichoptères nouveaux de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 1917, 118–120. [in French]
- Navás, L. (1928) Insectes névroptères et voisins de Barbaries. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 19, 189–190. [in French]
- Navás, L. (1932) Insectos de Berberia. *Boletín de la Sociedad de Iberica Ciencias Naturales*, 31, 106–112. [in Spanish]
- Navás, L. (1936) Insectos de Berberia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Española*, 18, 77–100. [in Spanish]
- Neu, P.J., Malicky, H., Graf, W. & Schmidt-Kloiber, A. (2018) *Distribution Atlas of European Trichoptera. Series: Die Tierwelt Deutschlands. Vol. 84*. Conchbooks Verlag, Harxheim, 891 pp.
- Nybom, O. (1948) The Trichoptera of the Atlantic Isles. *Commentationes Biologicae: Societas Scientiarum Fennica*, 8 (14), 1–19.
- O'Connor, J.P. (2015) A catalogue and atlas of the caddisflies (Trichoptera) of Ireland. *Occasional Publication of the Irish Biogeographical Society*, 11, 1–660.
- Pictet, F.J. (1834) *Recherches pour servir à l'histoire et l'anatomie des Phryganides*. A. Cherbuliez, Geneva, 240 pp. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.8547>
- Rinne, A. & Wiberg-Larsen, P. (2017) *Trichoptera larvae of Finland: A key to the caddis larvae of Finland and nearby countries*. Trificon Books, Helsinki, 151 pp.
- Rambur, J.P. (1842) *Histoire naturelle des insectes : Névroptères. Ouvrage accompagné de Planches. Nouvelles Suites à Buffon*. Librairie Encyclopedique de Roret, Paris, 534 pp. [in French]
- Samraoui, B., Bouhala, Z., García, A.R., Márquez-Rodríguez, J., Ferreras-Romero, M., El-Serehy, H.A. & Samraoui, F. (2020) Trichoptera and Plecoptera of the Seybouse River, northeast Algeria: Distribution, phenology and new records. *Zootaxa*, 4845 (4), 552–564. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4845.4.5>
- Schmid, F. (1957) Les genres *Stenophylax* Kol., *Micropterna* St. et *Mesophylax* McL. (Trichopt. Limnoph.). *Trabajos del Museo de Zoologica, Barcelona*, 2, 1–58. [in French]
- Schrankel, I., Neu, P.J., Dohet, A. & Schoos, F. (2008) Checklist of the Trichoptera of the Grand Duchy of Luxembourg. In: Meyer, M. & Neu, P. (Eds.), *Proceedings, of the First Conference on Faunistics and Zoogeography of European Trichoptera*, Luxembourg, 2–4 September 2005. *Ferrantia*, 55, pp. 89–92.
- Sekhi, S., Haouchine, S., Lounaci-Daoudi, D., El Alami Moutaouakil, M. & Lounaci, A. (2016) Contribution à la connaissance des Trichoptères de grande Kabylie (Algérie) Trichoptera. *Ephemera*, 17(1), 51–69. [in French]
- Sheffield, C.S., deWaard, J.R., Morse, J.C. & Rasmussen, A.K. (2019) Trichoptera of Canada. *Zookeys*, 819, 507–520. <https://doi.org/10.3897/zookeys.819.31140>
- Stephens, J.F. (1829) *A Systematic catalogue of British Insects: being an attempt to arrange all the hitherto discovered indigenous insects in accordance with their natural affinities. Containing also the references to every English writer on entomology; and to the principal foreign authors. With all the published British genera to the present time*. Baldwin & Cradock, London, XXXIV + 416 pp. <https://doi.org/10.5962/t.174460>
- Stephens, J.F. (1836) *Illustrations of British Entomology; or a Synopsis of Indigenous Insects: Containing their Generic and Specific Distinctions; with an Account of their Metamorphoses, Times of Appearance, Localities, Food, and Economy, as far as Practicable. Mandibulata. Vol. VI*. Baldwin and Cradock, London, pp. 369–448. [1835]
- Taleb, A., Belaidi-Alaine, N., Sánchez-Pérez, J.M., Vervier, P., Sauvage, S. & Gagneur, J. (2008) The role of the hyporheic zone in the nitrogen dynamics of a semi-arid gravel bed stream located downstream of a heavily polluted reservoir (Tafia wadi, Algeria). *River Research and Applications*, 24 (2), 183–196.

- <https://doi.org/10.1002/tra.1039>
- Tayoub, H. (1989) *Étude Hydrobiologique d'un Réseau Hydrographique Rifain, l'Oued Laou: Typologie et Ecologie des Trichoptères*. PhD thesis, University of Rabat, Salé, Rabat-Salé-Kénitra region, 137 pp. [in French]
- Tobias, D. & Tobias, W. (1983) Checklist of caddisfly species (Trichoptera) from NE Norway (Finnmark) and the Kola Peninsula. Available from:
<http://trichoptera.senckenberg.de/Trichoptera%20fennoscandinavica-aktuell/introduction.htm> (accessed 26 August 2021)
- Tobias, D. & Tobias, W. (2008) *Trichoptera.Africana*. Available from: <http://trichoptera.senckenberg.de/Trichoptera%20africana/index.htm> (accessed 19 May 2020)
- True, J.R. (2003) Insect melanism: The molecules matter. *Trends in Ecology & Evolution*, 18 (12), 640–647.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.09.006>
- Ulmer, G. (1903) Über die metamorphose der Trichopteren. *Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg*, 18, 1–154. [in German]
- Ulmer, G. (1905) Zur Kenntniss aussereuropäischer Trichopteren. (Neue Trichoptem des Hamburger und Stettiner Museums und des Zoologischen Instituts in Halle, nebst Beschreibungen einiger Typen Kolenati's und Burmeister's.). *Stettiner Entomologische Zeitung*, 66, 1–119. [in German]
- Vaillant, F. (1951) Contribution à l'étude des Trichoptères du genre *Stactobia* Mac Lachlan. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 76, 13–17. [in French]
- Vaillant, F. (1954) VIII. — *Tmodes algerica* MacLachlan, the hygropetric larvæ of the Tinodes (Trichoptera). *Annals and Magazine of Natural History*, Series 7, 73, 58–62.
<https://doi.org/10.1080/00222935408651707>
- Vieira-Lanero, R. (2000) *Las Larvas de los Tricopteros de Galicia (Insecta : Trichoptera)*. PhD thesis, University of Santiago de Compostela, Galicia, 611 pp. [in Spanish]
- Walker, F. (1852) *Catalogue of the Specimens of Neuropterous Insects in the Collection of the British Museum. Part I. Phryganides-Perlides*. *British Museum, London*. Printed by order of the Trustees, London, 192 pp. [1852–1853]
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.9318>
- Wallengren, H.D.J. (1891) Skandinaviens Neuroptera. Andra afdelningen. *Svenska Akademien Handlingar*, 24, 1–173. [in Swedish]
- Waringer, J. & Graf, W. (2011) *Atlas of central European Trichoptera larvae*. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben, 468 pp.
- Williams, D.D. (2006) *The Biology of Temporary Waters*. Oxford University Press, New York, 337 pp.
- Yang, L.F., Sun, C.H. & Morse, J.C. (2016) An amended checklist of the caddisflies of China (Insecta, Trichoptera). *Zoosymposia*, 10 (1), 451–479.
<https://doi.org/10.11646/zoosymposia.10.1.42>
- Zamora-Muñoz, C., Alba Tercedor, J. & De Jalon, G. (1995) The larvae of the genus *Hydropsyche* (Hydropsychidae Trichoptera) and key on identification of species of the Iberian Peninsula. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 68, 189–210.
- Zamora-Muñoz, C., Múrria, C., Bonada, N., González, A.M. (2017) The *Hydropsyche instabilis* Group (Trichoptera Hydropsychidea) on the Iberian Peninsula, new species, taxonomical controversies, and a key to larvae. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 75 (1), 159–172.

III.5. Ecologie des espèces des Trichoptères de l'Ouest Algérien

Plusieurs études concernant le choix des microhabitats par les macroinvertébrés ont été établies soit dans le laboratoire (Philipson, 1954 ; Cummins, 1964 ; Higler, 1975), ou sur le terrain (Ulfstrand, 1967 ; Williams & Hynes, 1973 ; Minshall & Mindoit, 1977 ; Statzner, 1981 ; Phillips, 1994) avec l'importance des variables environnementales pour la micro-distribution. D'après (Towsend et al., 1997, Boyero, 2005), les conditions environnementales sont le principal facteur responsable de l'organisation de la communauté des macroinvertébrés dans les cours d'eau. D'après Ruiz García et al. (2006), les Trichoptères constituent l'un des principaux groupes du benthos fluvial, ils peuvent vivre dans un large éventail de conditions écologiques et sont capables de résider dans un grand nombre d'habitat. La grande diversité du groupe est interprétée comme une expression des grandes opportunités écologiques offertes par la sécrétion de soie des larves et ainsi elles ont développé une série de systèmes adaptatifs complexes afin d'utiliser une variété de ressources Mackay & Wiggins (1979 b). Selon Resh et al. (2002), les paramètres taille du cours d'eau, altitude, pente et vitesse de l'eau étaient liés à la répartition des Trichoptères et selon Wiberg-Larsen et al. (2000), la richesse en espèces et les assemblages de trichoptères étaient principalement corrélés avec la largeur et la pente des cours d'eau alors que la température était d'une importance mineure. Schmera & Erős (2004) ont conclu que la saison, la morphologie du cours d'eau ou du lit de la rivière et l'interaction de ces facteurs avaient un effet significatif sur l'organisation de l'assemblage des Trichoptères des systèmes naturels. En (1990), Basaguren & Orive ont démontré la disparition des Trichoptères des sites à faible teneur en oxygène alors qu'ils étaient insensibles à la conductivité.

Entre 2013-2015, une étude écologique préliminaire des Trichoptères du bassin versant de la Tafna a été effectuée et a fait l'objet de notre première publication où nous avons traité de la composition des taxons, de la macro et de la micro distribution. Cette étude a fait ressortir 17 espèces et 16 genres, cependant le matériel de 2013 a été mal conservé à cause d'une mauvaise qualité des tubes et madame Zamora n'a pas pu confirmer leurs identification, alors nous étions contraint de retirer de la liste 7 taxons (*H.artax*, *H.exocellata*, *H.dissimulata* Lype sp, *Apatania* sp, *Neureclipsis* sp, *Glossoma* sp) une autre récolte de ces taxons s'avère indispensable pour confirmer de nouveau leurs présence. De l'étude 2014-2019, nous notons un gradient amont-aval de la richesse spécifique, les stations en amont [CH0, CH1, KH1] à l'exception de TGB, ont présenté les plus fortes richesses spécifiques respectivement 15-21-18. Les stations intermédiaires, ont abrité de 8 à 5 espèces alors qu'au niveau des stations côtières, une seule espèce s'est accaparée du milieu.

III.5.1 Analyse de la structure des communautés

Nous présentons les résultats publiés dans la revue Agrobiologia.

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES COMMUNAUTÉS DES TRICHOPTÈRES DU BASSIN VERSANT DE LA TAFNA

BEMMOUSSAT-DEKKAK Soumia^{1*} et ABDELLAOUI-HASSAINE Karima¹

1. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen. Laboratoire de Valorisation des actions humaines pour l'environnement, la protection et l'application dans la santé publique. BP 119 13000 Tlemcen, Algérie

Reçu le 22/11/2017, Révisé le 19/12/2017, Accepté le 31/12/2017

Résumé

Description du sujet. L'ordre des Trichoptères est un des groupes parmi les insectes le plus convoité pour l'évaluation de la qualité des eaux, ce sont de remarquables bioindicateurs.

Objectifs. Une contribution à la connaissance des Trichoptères est établie en 2013-2015 sur l'oued Tafna et deux de ses principaux affluents afin de définir la variabilité spatio-temporelle de la composition et la structure des communautés mais aussi et de comprendre la micro-distribution des espèces.

Méthodes. L'échantillonnage des larves et des nymphes matures a été effectué à l'aide de filet surber, trouble eau et pince entomologiste. Les paramètres physico-chimiques sont évalués en parallèle pour chaque station.

Résultats Au niveau d'oued Tafna, la récolte des Trichoptères s'est avérée peu fructueuse seulement trois genres ont été répertoriés. L'étude effectuée au niveau des deux affluents où l'action anthropique est minimale, nous a permis d'établir un constat très encourageant 30 taxons y ont été répertoriés. L'analyse physico-chimique montre des variations spatio-temporelles des paramètres. Les eaux des stations de l'oued Tafna sont plus turbides, moins oxygénées et plus chargées en Nitrates, Nitrites et Salinité que les stations de l'oued Chouly et de l'oued El Khémis.

Conclusion Les résultats obtenus corroborent avec les études antérieures sauf pour certains taxons. Les sites étudiés au niveau des deux affluents de la Tafna peuvent être considérés comme des stations de références qu'il est primordial de préserver.

Mots clé : Trichoptères ; Hydro systèmes ; actions anthropiques; taxons ; bioindicateurs.

CONTRIBUTION TO STUDY OF THE TRICHOPTERS COMMUNITIE IN THE TAFNA WATERSHED

Abstract

Description of the subject. Order of the Trichoptera is one of the most used insect groups for the assessment of water quality, they are remarkable bioindicators.

Objectives. A contribution to the knowledge of the Trichoptera is established in 2013-2015 on Wadi Tafna and two of its main tributaries in order to define the spatio-temporal variability of the composition and the structure of the communities but also to understand the micro-distribution of the species.

Methods. Sampling of larvae and mature nymphs was done using surber net, water mist and entomologist forceps; the physico-chemical parameters are taken in parallel and analyzed for each station.

Results In Wadi Tafna, the harvest of Trichoptera was not very successful, only three genera were listed. The study carried out at the level of the two tributaries where the anthropic action is minimal, allowed us to establish a very encouraging report 30 taxa were listed there. The physico-chemical analysis shows spatio-temporal variations of the parameters. The waters of the Tafna wadi stations are more turbid, less oxygenated and more loaded with Nitrates, Nitrites and Salinity than the Oued Chouly and El Khemis wadi stations.

Conclusion The results obtained corroborate with previous studies except for some taxa. The sites studied at the level of the two tributaries of the Tafna can be considered as reference stations which it is essential to preserve.

Key words: Trichoptera; Hydro systems; anthropogenic actions; taxa; bioindicators.

* Auteur correspondant: BEMMOUSSAT-DEKKAK Soumia, E-mail: dekkaksomia@hotmail.fr

INTRODUCTION

Au cours de ce vingtième siècle, les hydro systèmes lotiques sont soumis aux fortes actions anthropiques ainsi qu'aux changements climatiques qui ont un impact direct sur le régime et la qualité de l'eau ainsi que sur les communautés biologiques [1]. En effet, bien que l'intégrité écologique d'un cours d'eau soit une combinaison des intégrités chimique, physique et biologique, la dégradation d'une ou de plusieurs de ces composantes se reflète généralement dans les communautés biologiques. La surveillance biologique est reconnue comme une composante essentielle des programmes de surveillance de la qualité de l'eau [2].

L'ordre des Trichoptères est un groupe remarquable par la diversité des adaptations morphologiques, physiologiques et comportementales leur permettant d'exploiter la plupart des sources trophiques et de coloniser la plupart des milieux aquatiques d'eau douce [3]. Il est l'un des groupes les plus utiles pour évaluer la qualité des eaux courantes [4].

Un certain nombre de travaux sur les Trichoptères ont déjà été exposé en Tunisie par Malicky et Lounaci (1987), au Maroc par El Alami et Dakki (1998), Aoud et Mathieu (2002) Berrahou, Cellot et Richoux (2011) et Hadji (2013).

Les études précédente en Algérie sont focalisées surtout sur les macros invertébrés benthiques, nous notons les études entreprises par : Gautier (1920), Lestage (1925), Lounaci (1987, 2005, 2011), Ait Mouloud (1988), Bendious Chaoui Boudghan (1991), Taleb (1991), Belaidi (1992), Haoucine (2011), Arab *et al.*, (2004, 2013), Bouayad (2006 et 2011), Bouklikha (2011).

Aucun inventaire exhaustif des Trichoptères n'a été à l'heure actuelle mené sur le bassin versant de Tafna, d'où l'intérêt que nous portons à mener une recherche plus approfondie sur ce terrain non suffisamment exploré. Partant de ce concept notre étude est basée sur les données recueillies durant la période de 2013-2015.

La finalité de notre travail se résume en un point essentiel formulé des constats sur la répartition spatio-temporelle des abondances des Trichoptères, définir leurs microhabitats et enfin déterminer les sites à préserver.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Zone d'étude et choix des stations

Notre zone d'étude est incluse dans le bassin versant de la Tafna qui est située au Nord-Ouest du territoire Algérien, sur une zone comprise entre 1°00' et 1°45' longitude ouest et 32°40' et 35° 20' latitude nord. Il s'étend sur la totalité de la wilaya de Tlemcen et déborde sur le royaume du Maroc, avec une superficie de 7245 km². Notre zone d'étude se situe dans un seul étage bioclimatique semi-aride caractérisé par un hiver froid pour la station de Beni Bahdel et frais pour la station de Sidi Abdeli. Pour pouvoir apprécier la macro distribution des Trichoptères ; trois cours d'eau ont été retenus présentant des caractéristiques morphologiques et anthropiques différentes : Oued Tafna (cours d'eau principal) et deux de ses affluents : oued Chouly (affluent secondaire) et oued El Khémis (affluent primaire).

Dix stations d'étude ont été choisies au hasard. Quatre stations ont été retenues au niveau du cours d'eau principal Tafna, cinq stations au niveau de l'oued Chouly et une station sur oued El Khemis. Le choix de ces stations a été effectué en tenant compte de certains paramètres tels que : l'altitude, la diversité des biotopes et l'accessibilité (les cultures et les vergers sur les rives constituent souvent des contraintes de terrain pour accéder à plusieurs endroits). Etant donné que la zone du rithron a été privilégiée pour cette étude, toutes les stations sont dotées d'un courant rapide au niveau des radiers, d'un courant moyen sur les plats courants et d'un courant lent sur certaines berges et petits méandres.

Dix stations d'étude ont été choisies. Quatre stations ont été retenues au niveau du cours d'eau principal Tafna ; cinq stations au niveau de oued Chouly et une station sur oued El Khemis. La localisation des stations d'étude avec toutes les caractéristiques géographiques et physiques sont mentionnées dans la figure 1 et le Tableau 1.

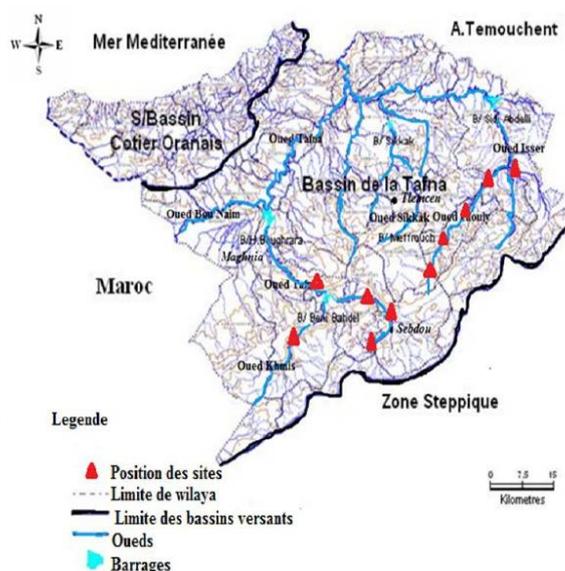


Figure 1 : Position des sites sur carte de (A.N.A.T., 2010)

Tableau 1 : Caractéristiques géographiques et physiques des stations d'étude

Sites d'étude	Code	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Altitude (m)	Exposition
Béni Ghazli	CH0	34° 47'	1°13'	1022	SW-NE
Ouled Sid El Hadj	CH1	34° 54'	1°10'	916	SW-NE
Chouly Yebder	CH2	34° 54'	1°09'	806	SW-NE
El -Wadi Lakhdar	CH3	34° 55'	1°08'	718	SW-NE
Ouled El Mimoum.	CH4	35° 08'	1°24'	552	SW-NE
Ghar Boumaaza	TGA	34° 97''	1°72'	1117	SE-NW
Ain El Ghoraba	TAG	34° 95'	1° 01'	835	SE-NW
Tafessera	TFF	34° 07'	1° 80'	731	SE-NW
Kef	TKEF	34° 39'	1° 17'	517	SE-NW
El -Khémis	KBB	34°38'	1° 85'	893	SE-NW

2. Matériel et méthodes

Dans les dix stations, nous avons procédé à quatre prélèvements allant du mois de février au mois de mai de l'année 2013 et 24 allant du mois de janvier au mois de décembre de l'année 2014 et 2015 , à raison d'un prélèvement par mois.

3.1. Analyses physico-chimiques

Afin de cerner certaines exigences ou les tolérances des espèces de Trichoptères vis-à-vis des paramètres physico chimiques (Température, pH, conductivité, salinité, turbidité, oxygène dissous, nitrate et nitrite),

des mesures de ces derniers ont été réalisé à chaque campagne d'échantillonnage. Les analyses ont été réalisées sur le terrain mis à part la Turbidité, Nitrates et Nitrites qui ont été effectués au laboratoire.

-Sur terrain, cinq paramètres physico-chimiques ont été mesurés pour chaque station à l'aide d'un appareil multi paramètres (de type WTW : la température de l'eau, la conductivité, le pH, l'oxygène dissous et la salinité.

-Au laboratoire, sur les eaux prélevées nous avons effectué une quantification des Nitrites (NO₂), des Nitrates (NO₃) et une estimation de la turbidité.

3.2. Techniques d'échantillonnage des Trichoptères

Les récoltes des Trichoptères ont été réalisées à l'aide de type Suber 500µm d'ouverture, de la passoire à riz et de la pince entomologique en tenant compte des différents micro- habitats choisis en fonction de la vitesse du courant [5] selon les deux faciès lotique et lenitique. Les individus sont identifiés jusqu'au genre à l'aide des clés de détermination de Faessel [6] et celle de Tachet *et al.* [7]. Mme Allami Madjida a contribué l'identification des Trichoptères jusqu'à l'espèce à l'aide de l'atlas des Trichoptères de Hans Maliky [8] et du document de travail « Trichoptères des écozones paléarctiques occidentales et Afro-tropicales de l'Afrique » établie par Dagmar Tobias et Wolgans Tobias sur le net [9].

3.3. Méthodes d'analyse de la structure des peuplements des Trichoptères

Il existe plusieurs méthodes d'analyse numérique des relevés et chacune d'entre elles a une part de subjectivité. Ainsi pour comparer la diversité des Trichoptères, nous nous sommes servis de: l'abondance, richesse spécifique ou taxonomique et de plusieurs indices: Shannon, équitabilité, Simpson, Berger-Parker, Margalef, Menhinick et Chao1.

RÉSULTATS

1. Inventaire des taxons identifiés

Au cours des campagnes d'échantillonnage 2013-2015, 8285 individus ont été récoltés. La faune des Trichoptères recensée se compose de 33 taxons (17 espèces et 16 genres) identifiés à partir de larves et de nymphes mâles matures.

2. Analyse de la composition taxonomique

Analyse de l'abondance relative du peuplement des Trichoptères a montré une nette dominance du sous ordre Scipalpia avec 60,65% par rapport aux Annulipalpia et Integripalpia qui sont représentés successivement avec 36,8% et 2,51%. Les familles les mieux représentée en abondance relative et en richesse taxonomique sont respectivement les Hydropsychidea, les Hydroptilidea suivies des Glossomatidea, Rhyacophilidea et Polycentropidea (Fig. 2). Les genres Hydropsyche, Hydroptila et Agapetus sont les plus abondants. Les résultats obtenus sont confirmé par les travaux antérieurs, en particulier les larves du genre Hydropsyche qui constituent un élément fréquent, souvent abondant du benthos des eaux courantes.

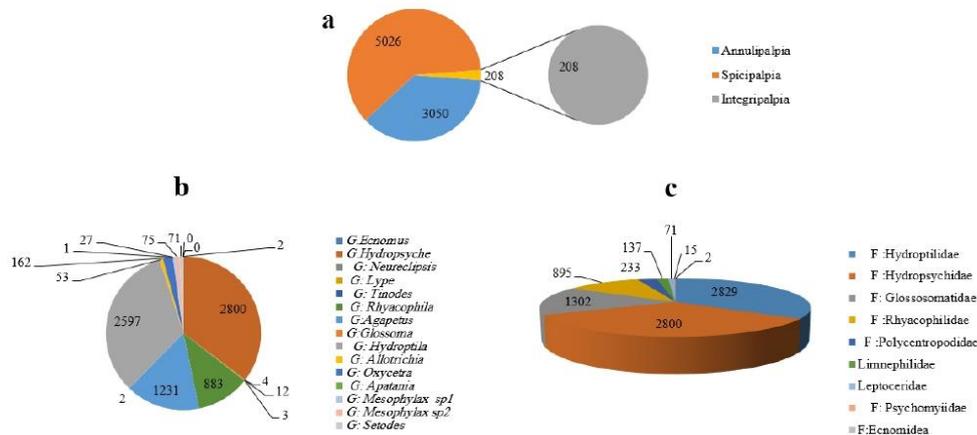


Figure 2: Répartition des abondances en fonction a: des sous ordre, b: genres, c: familles

BEMMOUSSAT -DEKKAK *et al.*

Revue Agrobiologia (2017) 7(2): 471-482

3. Distribution spatiale de la richesse taxonomique

Une variabilité de la richesse taxonomique est observée à deux échelles oueds et stations. La richesse taxonomique est particulièrement plus importante au niveau des affluents que sur la Tafna.

Elle varie respectivement de 25 à 5 sur Oued Chouly et 5 à 2 sur Oued Tafna. Oued El Khémis a présenté une richesse identique à celle de station CH4 de l’oued Chouly. Les valeurs de richesses taxonomiques des stations le long du gradient amont –aval diffèrent fortement d’un oued à l’autre. On observe un net gradient décroissant de l’amont vers aval pour l’oued Chouly et des fluctuations de cette dernière le long de l’oued Tafna voir tableau 2.

Tableau 2 : Richesse taxonomique et abondance pour les oueds et les 10 sites d’étude

Bassin principal et affluents	Chouly (affluent)					Khémis (affluent)		Tafna principal			
	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	KBB	TGB	TAG	TTF	TAZ	
Stations											
Abondance	1435	2174	372	139	738	202	1500	325	1251	148	
Richesse taxonomique	25	22	8	5	8	8	3	2	5	3	

Béni Ghazli CH0, Ouled Sid El Hadj CH1, Chouly Yebder CH2, El -Wadi Lakhdar CH3, Ouled El Mimoum CH4, Ghar Boumaaza TGB, Ain El Ghoraba TAG, Tafessera TFF, Kef TAZ, El –Khémis KBB

4. Distribution spatiale des abondances

L’analyse de distribution spatiale selon les modèles de distribution montre une irrégularité des peuplements des stations de la Tafna et une régularité pour les peuplements des sites de Chouly et Khémis. Le peuplement global est régulier et homogène.

5. Etude indicielle

Les indicateurs de biodiversité ont montré une faible diversité au niveau des sites situés sur oued Chouly et Khémis et une diversité médiocre pour les sites situés sur oued Tafna (Tableau 3).

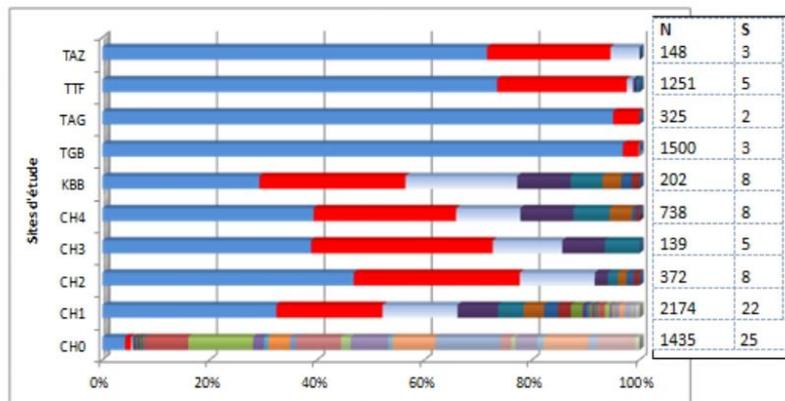


Figure 3: Distribution de la richesse taxonomique et de l’abondance des taxons selon le modèle des bâtons brisés

Béni Ghazli CH0, Ouled Sid El Hadj CH1, Chouly Yebder CH2, El -Wadi Lakhdar CH3, Ouled El Mimoum CH4, Ghar Boumaaza TGB, Ain El Ghoraba TAG, Tafessera TFF, Kef TAZ, El –Khémis KBB

Tableau 3: Indices de diversité calculés pour les peuplements des dix sites d'étude

Indices de diversité	Stations										
	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	KBB	TGB	TGA	TTF	TAZ	Global
Richesse spécifique	25	22	8	5	8	8	3	2	5	3	32
Nombre d'individus	1435	2174	372	139	738	202	1500	325	1251	148	8284
Dominance_D	0,31	0,20	0,34	0,29	0,26	0,22	0,94	0,91	0,60	0,57	0,17
Simpson_1-D	0,69	0,80	0,66	0,71	0,74	0,78	0,06	0,09	0,40	0,43	0,83
Shannon_H	1,87	1,94	1,33	1,38	1,59	1,69	0,14	0,20	0,68	0,73	2,14
Evenness_e^H/S	0,26	0,32	0,47	0,79	0,61	0,68	0,39	0,61	0,40	0,69	0,27
Menhinick	0,66	0,47	0,41	0,42	0,29	0,56	0,08	0,11	0,14	0,25	0,35
Margalef	3,30	2,73	1,18	0,81	1,06	1,32	0,27	0,17	0,56	0,40	3,44
Equitabilité J	0,58	0,63	0,64	0,86	0,76	0,81	0,13	0,28	0,43	0,67	0,62
Berger-Parker	0,53	0,35	0,47	0,39	0,39	0,29	0,97	0,95	0,73	0,72	0,31
Réciproque Berger Parker	1,887	2,857	2,128	2,564	2,564	3,448	1,031	1,053	1,37	1,389	3,226
Chao-1	26	22	8	5	8	8	3	2	5	3	32,33

Béni Ghazli CH0, Ouled Sid El Hadj CH1, Chouly Yebder CH2, El -Wadi Lakhdar CH3, Ouled El Mimoum CH4, Ghar Boumaaza TGB, Ain El Ghoraba TAG, Tafessera TFF, Kef TAZ, El -Khémis KBB

5. Individualisation des microhabitats

A partir des 257 prélèvements réalisés sur le terrain, la classification hiérarchique ascendante CAH a mis en évidence dix groupements correspondants à dix microhabitats.

L'analyse de la répartition des microhabitats montrent que les stations présentent des faciès différents. Les deux stations KBB et CH1 présentent un faciès hétérogène, les stations CH0, CH4, CH2 et TTF sont moyennement hétérogènes et les stations TAZ, TGB, CH3 sont faiblement hétérogènes (Tableau 4)

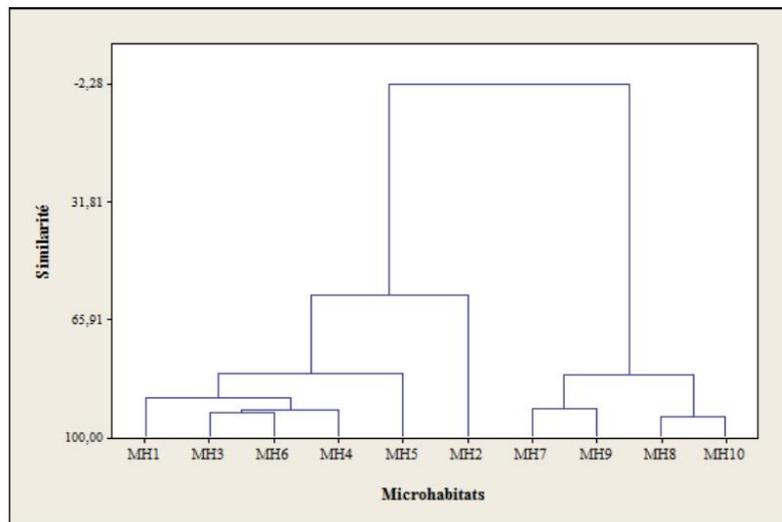


Figure 4 : Dendrogramme issu de la CAH de la matrice de répartition des prélèvements par station.

Tableau 4: Répartition des dix microhabitats par stations

Stations	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	TGB	TAG	TTF	TAZ	KBB
MH1	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
MH2	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
MH3	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+
MH4	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
MH5	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+
MH6	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
MH7	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+
MH8	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+
MH9	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+
MH10	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+

Béni Ghazli CH0, Ouled Sid El Hadj CH1, Chouly Yebder CH2, El -Wadi Lakhdar CH3, Ouled El Mimoun CH4, Ghar Boumaaza TGB, Ain El Ghoraba TAG, Tafessera TFF, Kef TAZ, El -Khémis K1

6. Répartition des espèces par type de courant

Il apparait que les Trichoptères semblent avoir une préférence pour les habitats à courants modérés (rapide (moyen et lent), seuls quelques taxons supportent des conditions extrêmes vis-à-vis de ce facteur.

7. Répartition par type de substrat

Les blocs et galets hétérométriques nus ou couverts de périphyton semblent être l'habitat privilégié des Trichoptères vu la forte abondance relative enregistrée 87,34 %. Les blocs et galets nus sélectionnent une grande proportion de taxons rhéophiles au détriment des taxons limniques. Les algues abritent 8,65 % des abondances relatives, cependant le bois et la vase sont des substrats peu convoités par les Trichoptères (Fig. 6).

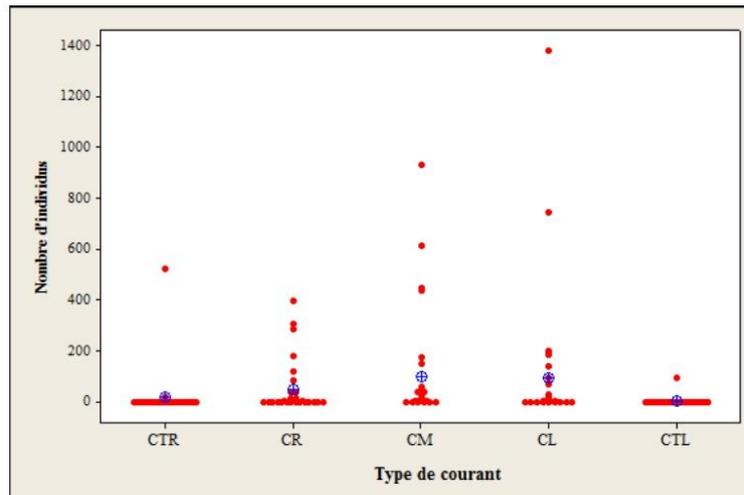


Figure 5 : Répartition des abondances des espèces dans les différents types de courant

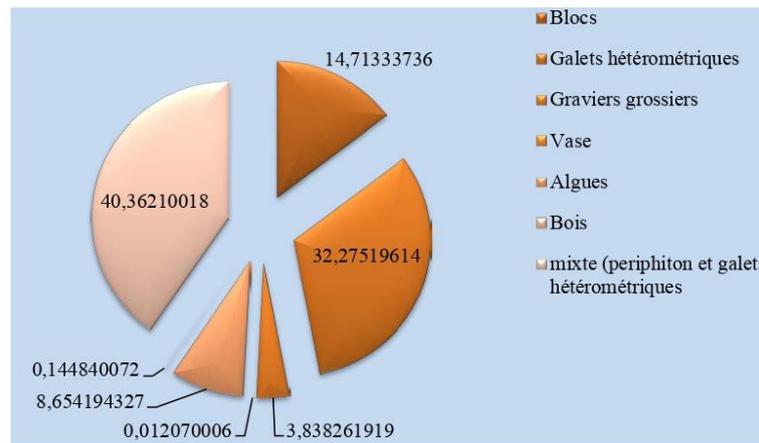


Figure 6 : Répartition des abondances par types de substrats

8. Répartition des abondances des Trichoptères mensuelles et saisonniers

Au mois de février et mars, l'abondance et la richesse taxonomique des Trichoptères est à son niveau le plus bas. C'est pendant la saison du printemps et plus précisément aux mois de mai et juin que la faune des Trichoptères se développe et s'équilibre avec une colonisation assez rapide de tous les micros habitats disponibles.

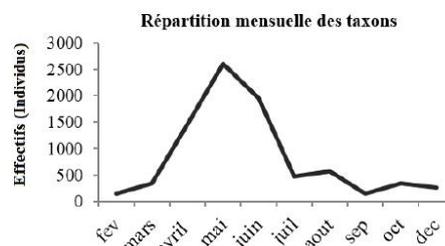
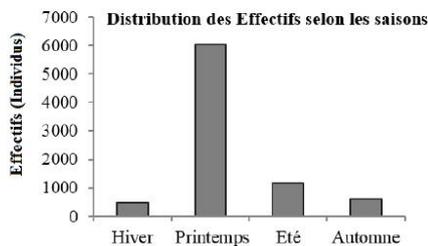


Figure 7 : Répartition mensuelle et saisonnier des abondances des taxons des Trichoptères

9. Analyse des paramètres physico chimiques

L'analyse physico-chimique montre des variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques. Les eaux des stations de la Tafna et les stations aval de Chouly sont plus chargées en nitrates, nitrites, salinité et turbidité que les stations amont de Chouly et Khémis.

10. Ecologie des taxons récoltés

Nos observations relatives à l'habitat des espèces corroborent avec les études antérieures sauf :

- le genre *Polycentropus sp* a présenté un caractère limnique au lieu de rhéophile [17].
- le genre *Rhyacophila sp* et l'espèce *Rhyacophila munda* ont montré des préférences pour des eaux froides et des substrats grossiers au lieu du substrat fins riche en sable et graviers [17].

Tableau 5 : Moyennes des paramètres physico-chimiques des stations

Stations	TGB	TAG	TFF	KBB	TAZ	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4
T -Air	30,85	29,8	28,3	27,16	26,375	28,36	26,98	27,92	26,63	29,24
T- Eau	18,48	21,18	19,72	14,66	20,82	15,13	15,97	16,06	16,58	18,2
Vitesse	0,85	1,02	1,33	1,56	1,3	0,67	0,64	0,62	0,73	0,72
Profondeur	20,7	37,5	33,5	45,33	20	27,72	21,36	22,22	25	15,71
O ² dissous	7,28	6,88	7,27	8,67	6,2	10,06	8,41	8,05	8,11	8,01
Conductivité	671,1	808	663,6	624	777,25	575,16	579,4	551,42	609,33	649,5
Salinité	0	0,14	0,15	0	0,17	0	0	0,01	0,02	0,05
pH	7,41	8,4	8,45	8,22	8,45	7,76	7,94	8,15	8,27	8,23
Turbidité	5,6	7	4,3	2	5,7	2,6	3,5	4,66	7,33	4
Nitrate	7,53	7,85	8,31	3,7	8,9	3,1	3,6	2,24	3,22	3,25
Nitrite	0,03	0,02	0,052	0,01	0,02	0,03	0,02	0,06	0,07	0,07

Béni Ghazli CH0, Ouled Sid El Hadj CH1, Chouly Yebder CH2, El -Wadi Lakhdar CH3, Ouled El Mimoum CH4, Ghar Boumaaza TGB, Ain El Ghoraba TAG, Tafessera TFF, Kef TAZ, El -Khémis K1

DISCUSSION

Les recherches sur les Trichoptères entreprises en Europe démontrent la présence d'une multitude d'espèces et de genres, ce qui rend le rapprochement avec notre propre étude quelque peu difficile. Pour ne citer que quelques exemples, les espèces identifiées sont au nombre de 480 réparties en 107 genres et 23 familles (O.P.I.E benthos) en France, de 303 espèces évaluées en Suisse dont 51% figurent sur la liste rouge. L'ordre de grandeur est le même pour l'Allemagne avec 315 espèces [10], et pour l'Autriche 308 [11]. En Italie 416 espèces selon Cianficconi [12]. Les chiffres énumérés représentent à peine le tiers de la faune européenne [11]. En France sur les Bassins de l'Alignon et Goudesche, 7 genres ont été signalés par Decamps [13], dont *Hydropsyche*, *Philopotamus*, *Rhyacophila* ce qui se rapproche de nos résultats. Sur le bassin d'Adour-Garonne, 28 genres répertoriés par Compin 2000 (Listes rouges 2010), dont trois genres communs dont *Hydropsyche*, *Rhyacophila*, *Hydroptila*. Tous les taxons recensés dans notre étude ont déjà été cités en Europe à l'exception d'*Hydropsyche fezana*, *Hydropsyche punica*, *Hydropsyche artax*, *Hydropsyche resminida* qui sont des espèces endémiques Algérie -Maroc ou Magrébines. Quant au rapprochement de notre étude avec celles des pays limitrophes, il donne lieu à une certaine similitude spécifique et générique. En effet, les recherches entreprises au Maroc sur oued Laou par El Alami et Dakki [14],

révèlent la présence de plus de 26 genres et 34 espèces, dont 6 genres communs : *Rhyacophila*, *Hydroptila*, *Hydropsyche*, *Setodes*, *Agapetus* et *Polycentropus*. Sur oued Moulouya, Berrahou, Cellot et Richoux [15], ont identifié 8 genres dont deux communs aux nôtres : *Hydropsyche* et *Hydroptila*. Au niveau de l'oued Tizguit Touabay, Aoud et Mathieu [16], signalent 6 genres dont 3 identiques à ceux que nous avons recensés : *Hydropsyche*, *Hydroptila* et *Rhyacophila*. La zone du Rif, quant à elle, a fait l'objet des recherches de Kamilia Hadji [17], et a abouti à 41 espèces identifiées dont 12 sont communs aux nôtres : *Rhyacophila munda*, *Agapetus incertulus*, *Allotrichia pallicornis*, *Hydroptila vectis*, *Oxyethira*, *Hydropsyche fezana*, *Hydropsyche pellucidula*, *Hydropsyche resminida*, *Polycentropus kingi*, *Mesophylax aspersus*, *Ecnomus sp*, *Lype sp* et *Tinodes sp*.

En Afrique à Madagascar l'étude de Gibon et Elouard [18], montre la présence de 45 genres dont *Agapetus*, *Hydroptila*, *Hydropsyche*, *Polycentropus*, *Setodes*, communs à ceux que nous avons récoltés.

En poursuivant la comparaison avec les études antérieures établies par Gautier et Lestage [19] sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et la Tunisie 1920, nous dégageons cinq genres et une espèce commune.

Nous devons préciser que ces études ont fait l'objet de 15 espèces et 8 genres recueillis sur différents oueds de différentes villes dont *Rhyacophila sp* (oued Béni Messous) *Allotrichia pallicornis* (Bouzaréa), *Hydroptila sparsa* (Frais Fallon près de Biskra), *Hydroptila campanulata* (Biskra), *Hydroptila femoralis* (Alger), *Hydroptila maclachani* (Médéa), *Hydroptila serrata*, *Oxyethira sp* (Alger), *Polycentropus variatus* (Blida), *Polycentropus flavomaculatus* (Oued Ighzer Kabylie), *Chimarra marginata* (Hammam Meskoutine), *Wormadia algerica* (Oued Ighzer), *wormadia sp* (Tala Kitane Kabylie), *Hydropsyche instabilis* (Oued Ighzer, Temda et Tala kitane), *Oecetis* (Oued Aissa), *Setodes sp* (oued Réghaia), *Linnipphilus* (Alger), *Mystacides azurea* (Oued Kerma à Saoula), *Microterma sp* (source près de l'Agoulmine Kabylie), *Enocyclopsis peyerimoffi* (Djurdjura), *Selix aurata* (ruisseau des singes gorges de Chiffa) et *Themma sp* (oued Ighzer).

Au niveau de la Kabylie, l'étude de Haouchine [20], a révélé 12 genres qui sont essentiellement représentés par les *Hydropsyche*, *Rhyacophila*, *Ecnomus*, *Hydroptila*, *Ithytrichia*, *Glossosoma*, *Agapetus*, *Micrasema*, *Psychomyia*, *Polycentropus*, *Sericostoma* et *Trichstegia*. Quant à l'étude de Lounaci [21] elle a abouti à 20 genres recensés, comprenant entre autres les *Hydropsyche* et *Agapetus*. La comparaison de ces résultats avec ceux de notre propre étude, fait ressortir sept genres en commun.

Dans le bassin versant de la Tafna, les Trichoptères ont été récoltés dans différents oueds

-Oued Sikkak Ecnomidae (Attar, 1990), Ecnomidae, Sericostomatidae [22],

-Moyenne et basse Tafna Hydropsychidae, Hydroptila, Glossosoma, La haute Tafna Hydropsychidae, Hydroptila, Ecnomidae, Hydropsychidae, Psychomyiidae, Philopotamidae et Ecnomidae, Oued Khemis et oued Tafna Hydropsychidae, Oued Isser Ecnomidae, Hydropsychidae, Prganeidae [21]

Les variations dans la répartition spatiale de la richesse taxinomique et de la composition des communautés peuvent être expliquées en partie par les différentes actions anthropiques exercées sur les stations aval de Chouly et celles de la Tafna. Ces actions anthropiques ont modifiées la qualité de l'eau.

Les eaux des stations en amont de Chouly et celles d'El Khémis sont claires, bien oxygénées, très peu concentrées en nitrites, nitrates et salinité, les températures y sont fraîches. Ces stations ne sont pas perturbées par les activités polluantes. La bonne qualité de leurs eaux, auxquelles s'ajoutent la disponibilité des micro-habitats pour le stade larvaire et des habitats pour les adultes par la présence

d'une ripisylve assez importante, en fait un milieu favorable pour le développement de certaines espèces polluo-sensibles.

Les eaux des stations de l'oued Tafna sont plus turbides, moins oxygénées et plus chargées en nitrates, nitrites et salinité ce qui favorisent le développement excessif des taxons qui supportent la pollution organique.

CONCLUSION

Notre étude a montré que les stations de Chouly et celle de Khemis les moins perturbées par les activités humaines présentent une richesse taxinomique et une diversité plus importantes que celle des stations de la Tafna où les actions anthropiques sont assez importantes. Ces mois d'études ont aussi permis l'acquisition des données physiques et physicochimiques à l'échelle de station. L'analyse de ces paramètres a permis de définir certaines exigences des espèces et d'acquérir certaines informations sur leur écologie.

L'inventaire des espèces des trichoptères demeure un chantier largement inachevé et l'ampleur de la tâche reste inconnue, du moment qu'aucune étude n'est complète. Il semble donc important de poursuivre l'inventaire au niveau de toute la Tafna et ses affluents sans changer de méthode d'échantillonnage mais en l'améliorant par la captures des imagos et des adultes afin de compléter les informations recueillies, ainsi une fois que l'on aura obtenu assez de données, il serait envisageable d'identifier des réservoirs de biodiversité qu'il est primordial de préserver.

BEMMOUSSAT -DEKKAK et al.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Anonyme (2003)**. Nature, 11/2005, Planète Science 03/2006. GIEC.
- [2] **Barbour T., Faulkner C., Gerritsen J.D., (1999)**. Stribling Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers- Periphyton, Benthic Macroinvertebrates- and Fish Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 339p.
- [3] **Wiggins G.B., Mackay R. J., (1978)**. Some relationships between systematics and trophic ecology in Nearctic aquatic insects, with special reference to Trichoptera - *Ecology, Illinois Press. Urbana*. 59: 1211-1220.
- [4] **Menetrey N. (2008)**. Existe-t-il des bioindicateurs pour évaluer la qualité écologique des petits plans d'eau ? Université de Genève, Cercl'eau, 39p.
- [5] **Fergani H., Arab A. (2013)**. Utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de pollution d'Oued El-Harrach-FBS-4th International Congress of the Populations et Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems" CIPCA4 TAGHIT (Bechar) – Algeria
- [6] **Malavoi, J.R. Souchon Y. (2002)**. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 365/366 : 357-372
- [7] **Faessel B. (1985)**. Les Trichoptères Données biologiques, éthologiques et écologiques Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres de France - *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 1985 - 299 : 1-141
- [8] **Tachet H., Bournaud M et Richoux P., (1980)**. Introduction à l'étude des macros invertébrés des eaux douces systématique élémentaire et aperçus écologique – Université, Lyon 1. Ass. Française de limnologie. 155p.
- [9] **Tachet H., Bournaud M et Richoux P., (2006)**. Invertébrés d'eau douce – Systématique, biologie et écologie. CNRS Editions. ISBN 9782271057457
- [10] **Hans Maliky H. (1983)**. Atlas des Trichoptères d'Europe-Published by Springer Netherlands ISBN: 978-90-481-6755-5
- [11] **Tobias D. et Tobias W. (1981)**. Trichoptera germanica, vol. 1&2, Imagines. Senckenbergische Naturforschende Gemeinschaft, Frankfurt a.M. 671 p.
- [12] **Robert B., et Der Köcherfliegen V. (2007)**. Trichoptera Deutschlands Fortschreibung- *Lauterbornia* 61 :79-99
- [13] **Malicky H., (2009)**. Rote Liste der Köcherfliegen Österreichs (Insecta: Trichoptera). — In: ZULKA K.P. (ed), Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs, Teil 3: Flusskrebse, Köcherfliegen, Skorpione, Weberknechte, Zikaden: 319-358. Umweltbundesamt. Böhlau Verlag.
- [14] **Cianficconi F., (2006)**. Insecta Trichoptera. In: Ruffo S. and Stoch F. (eds.), Checklist and distribution of the Italian fauna-Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, *Verona*, 2 (16): 251–253.
- [15] **Decamps H., (1967)**. Introduction à l'étude écologique des Trichoptères des Pyrénées – *Annal Limno* 3 (1) : 101-176
- [16] **Dakki M. (1986)**. Biotypologie et gradient thermique spatio-temporel, étude sur un cours d'eau du Moyen Atlas (Maroc). *Bull. Ecol.*, 17 : 79-85.
- [17] **Dakki M. (1987)**. Ecosystèmes d'eau courante du haut Sebou (Moyen Atlas):Etudes typologiques et analyses écologiques et biogéographiques des principaux peuplements entomologiques- *Trav. Inst. Sci., Rabat, sér. Zool.*, 42, 99 p.
- [18] **Michel B, Bernard C., Richoux P, and Berrahou A (1996)**. Macroinvertebrate Community Structure and Environmental Characteristics along a Large River: Congruity of Patterns for Identification to Species or Family. *Journal of the North American Benthological Society* 15:232–253
- [19] **Touabay M. , Mathieu J. et Aouad N. (2002)**. Etude hydrobiologique d'un cours d'eau du Moyen-Atlas : l'oued Tizguit (Maroc). *Ann Limnol* 38(1) :65-80.

BEMMOUSSAT -DEKKAK et al.

- [20] **Hadji M., EL ALami M., Bonada N., et Zamora-Munoz C., (2013).** Contribution à la connaissance des Trichoptères du Rif (Nord du Maroc)- ISSN: 0210-898. Listes rouges Ephemères, Plécoptères, Trichoptères. Espèces menacées en Suisse, état 2010. OFEV, Bern & CSCF, Neuchâtel. *L'environnement pratique* n°1212:111p
- [21] **Elouard J. et Gibon F.M., (2001).** Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar. IRD, Montpellier, 447 p.
- [22] **Gautier M.H., (1928).** Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie- Thèse de doctorat série A-N°: 1160 N° d'ordre 2020
- [23] **Haouchine S., (2011).** Recherches sur la faunistique et l'écologie des macros - invertébrés des cours d'eau de Kabylie - Mémoire de Magister En Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou
- [24] **Lounaci A., et Haouchine S., (2011)** Les macroinvertébrés benthiques des cours d'eau de Kabylie: faunistique, écologie et répartition géographique. *In*: Francour P., Bodilis P. et Arceo, H. (Eds.), Actes du congrès de la Société Zoologique de France. Université de Nice, Nice, pp, 92–93.
- [25] **Ammar T., (2012).** La mise en place d'un Protocol d'échantillonnage des invertébrés aquatiques adaptés aux zones amont des oueds. Thèse de magister. Écologie et biodiversité des écosystèmes continentaux. Univ. Tlemcen: 80p
- [26] **Bern & CSCF, Neuchâtel.** L'environnement pratique n°1212:111p. Available from: https://www.researchgate.net/publication/293813037_Listes_rouges_Ephemeres_Plecopteres_Trichopteres_Especes_menacees_en_Suisse_etat_2010_OFEV_Bern_CSCF_Neuchatel_L'environnement_pratique_n1212111p [accessed Dec 31 2017]. <http://www.opie-benthos.fr/opie/insecte.php>

III.5.2. Traits écologiques des espèces

D'autres échantillonnages ainsi que d'autres paramètres physico chimiques ont été prélevés entre 2016-2019 et ont été combiné avec ceux de 2014-2015. Notre aire d'étude a été élargie par l'ajout des stations côtières du bassin versant de Ghazouana en 2019.

L'analyse des paramètres physico-chimique, de la macro et de la micro distribution a permis de relever certains traits écologiques des espèces

****Rhyacophila* et *Rhyacophila munda***

Synonymes

Rhyacophila atlantica L Navas 1936 en Espagne

Rhyacophila oreina L Navas 1936 en Espagne

Le genre *Rhyacophila* vit dans les eaux fraîches (Decamps, 1968 ; EL Alami et Dakki, 1998), mais il est indifférent au changement thermique puisqu'il est décrit dans des milieux dont la température maximum varie de 8 à 21° C (Decamps, 1968 ; Lavandier, 1984).

C'est un genre rhéophile (Tachet et al., 1980 ; Gibon, 2001). Les larves sont capables de résister à des vitesses supérieures à 1,50m/s (Faessel, 1985).

Les larves du genre *Rhyacophila* ont été ramassées dans toutes les stations de l'oued Chouly et dans la station de l'oued El Khémis à des altitudes allant de 1022 à 552m. Elles sont abondantes en février et mars puis elles amorcent une diminution en avril et en mai.

Elles se déplacent avec agilité sur les blocs et les galets hétérométriques au niveau du courant très rapide à rapide. Ce sont des larves sténothermes, elles ont marqué des préférences envers les eaux froides et très oxygénées. Quand les températures de l'eau augmentent et les vitesses d'eau diminuent, les larves de petites et moyennes tailles n'errant plus sur les galets, elles fabriquent un fourreau et y restent à l'intérieur en diapause.

La *Rhyacophila munda* est une espèce eurytope largement répandue dans les réseaux hydrographiques Rifains Marocain dans des biotopes très variés caractérisés par des substrats fins riches en sable et graviers. Elle tolère de larges variations de températures (6,3 – 34°C) (Hajji et al., 2013). D'après Munda, c'est une espèce tolérante à la contamination, elle supporte de hautes concentrations de sulfates (> 142 mg/l) (Bonada et al., 2004).

Les nymphes qui ont permis l'identification de l'espèce ont été retrouvées au mois de mai et juin dans des cocons nymphaux attachés aux substrats sur le courant rapide et moyen.

****Agapetus incertulus* & *Agapetus numidicus***

Le genre *Agapetus* est décrit dans les ruisseaux de moyenne et basse altitude à différents types de courant, avec une forte préférence pour le petit ruisseau de source où le courant est moyen (El Alami & Dakki, 1998).

Les larves du genre *Agapetus sp* ont été enregistrées à une altitude de 1065 et 723 m sur CH0, CH1 et SK1 au niveau des sources ou pas très loin avec de très fortes densités sur les galets grossiers et roches hétérométriques recouverts de périphyton. Elles ont colonisé tous les différents faciès de courant avec une affinité pour le courant moyen à lent. Elles ont révélé leurs préférences pour des eaux claires, fraîches, dépourvues de salinité avec un taux de nitrates faible variant entre 3,10 et 3,6mg/l.

Les deux espèces *Agapetus incertulus* et *Agapetus numidicus* ont cohabité ensemble dans les deux stations CH1 et SK1.

****Hydroptila sp***

Le genre *Hydroptila* est décrit selon plusieurs auteurs comme une larve à la fois limnophile et rhéophile (Hoarau C & Horeau G, 1999 ; Gibon et al., 2001).

Les larves de cinquième stade larvaires ont été enregistrées sur toutes les stations à différentes altitudes allant de 1117 à 517m au mois de mai et juin. Les plus fortes densités ont été relevées dans TGB à une altitude de 1117m.

Malgré les densités élevées des larves de ce genre, le nombre des nymphes qui arrivent à maturité est très limité car elles sont sujettes à de fortes prédateurs. Nous avons retrouvé plusieurs nymphes aspirées de leurs contenus cellulaires, leurs fourreaux ont présentés des orifices circulaires percés par le prédateur. Les larves d'*Hydroptila* sans fourreau ont été retrouvées dans la zone hyporhéique par Benkebil (2021), nous supposons que ces larves fuient les prédateurs dans le sous écoulement pendant les premiers stades larvaires.

-*Hydroptila vectis*

L'espèce *Hydroptila vectis* identifiée à partir des nymphes mâles matures est recueillie sur six stations où les températures de l'eau varient entre 14.33 et 18.2°C. C'est une espèce eurycène à caractère limnique bien qu'elle a été retrouvée au niveau du courant rapide et moyen.

-*Hydroptila serrata* et *Hydroptila fortunata*

Contrairement à leurs congénères *Hydroptila vectis*, chacune de ces deux espèces a été récoltée sur une seule station, la première au niveau de Ouled El Mimoun et l'autre sur Chouly Yebder en présentant des préférences thermiques différentes, *Hydroptila serrata* est euritherme alors que

Hydroptila fortunata a affiché une préférence pour une eau froide, bien oxygénée, dépourvue de salinité avec un taux de nitrates de (3,6 mg/l).

* *Allotrichia sp & Allotrichia pallicornis*

Synonyme : *Allotrichia tauri* S Jacquemart, 1965

Les larves peuvent être trouvés dans les ruisseaux à vitesses modérée jusqu'aux rivières rapides. Sa préférence va vers le substrat de sable et de gravier fin. *Allotrichia pallicornis* a un fourreau en filaments d'algues fortement aplati latéralement. En termes d'alimentation, cette espèce est tout à fait un brouteur / racleur. Nous avons récolté les larves de ce genre à des altitudes de 1022 et 916m sur les galets hétérométriques au niveau du courant rapide et lent mais les plus fortes densités ont été enregistrées au niveau du courant rapide. Les larves et les nymphes ont présenté une préférence pour des eaux oxygénées dépourvu de salinité.

Orthotrichia sp & Orthotrichia angustella

Les larves ont marqué une préférence pour des eaux froides, oxygénée, dépourvues de salinité. Les galets hétérométriques recouverts de périphyton constituent leurs habitats. Comme tous les Hydroptilidae, les larves et les cocons nymphaux sont accrochés aux substrats.

Oxyethira sp – Oxyethira unidentata

Le genre *Oxyethira* ne se trouve qu'à des stations de très haute altitude à partir de 800 m avec une gamme de température restreinte entre 13 et 19°C. Il se trouve dans des eaux qui ont un taux de MES très bas, entre 0 et 2 mg/l, ce sont aussi des eaux de bonne qualité (Horeau C & Horeau G, 1999).

Durant, notre étude, les larves de ce genre n'ont été retrouvées qu'aux mois de juillet et août attachées aux galets hétérométriques. Elles ont montré une distribution potentiellement clairsemée, elles ont été prélevées sur CH1 à une altitude de 916m et sur CH4 à une altitude de 551m dans des eaux dont les moyennes de températures varient entre de 15,97 et 18,21°C.

Le genre Hydropsyche

Les larves d'Hydropsychidae vivent dans un tube retraite fixé au substrat prolongé vers l'avant par une sorte d'auvent qui représente la structure filtrante ou filet constitué par un maillage très régulier de fils entrecroisés face au courant. Les jeunes larves sont surtout algivores détritivores, les stades plus âgés deviennent plutôt algivores carnivores (Tachet, 2006).

Les Hydropsyche sont des larves généralement rhéophiles (Decamps, 1968 ; Vernaux, 1973 ; Hoarau & Hoareau, 1999 ; Gibon, 2001).

Les larves de ce genre ont été retrouvées sur toutes les stations avec de très fortes abondances dans les zones où le courant est maximum, dans les zones les plus lentes elles semblent céder la place aux larves de *Polycentropus* sp. Cependant les espèces d'*Hydropsyche* n'ont pas montré le même degré de rhéophilie. Certains traits écologie des espèces récoltées ont déjà mentionnée dans l'article destiné aux espèces d'*Hydropsyche*.

****Chimarra* cf. *marginata***

Cette espèce a été récoltée sur une seule station CH0 avec de faible abondance. Les larves se trouvent à l'intérieur d'un filet accroché aux substrats en forme de poche droite de de 4 à 5 cm de longueur et 3 à 4 mm de diamètre. Cette espèce a marqué une préférence pour des eaux froides, oxygénée, claire et dépourvue de salinité.

****Wormaldia* sp.**

Ce taxon a été prélevé pas loin des sources et résurgences, c'est un taxon à caractère limnique sténotherme.

****Ecnomus* *deceptor***

Cette espèce est caractéristique de la station TGB qui se trouve à 1117m d'altitude. Les larves de stade 5 ont été prélevées au mois mars et avril au niveau du courant rapide. . Les larves de 1 et 2 stade larvaire ont été retrouvées dans la zone hyporhéique par Benkebil (2021), probablement comme pour les larves d' *Hydroptila*, ces larves fuient les prédateurs. Il a figuré une préférence pour des eaux oxygénées et peu minéralisées dont la température n'excède pas les 17, 5 °C.

****Psychomyia* *pusilla***

Les larves ont été retrouvées accrochées à la végétation aquatique, à l'intérieur de fourreaux tissés avec de fins brins végétaux.

Tinodes waeneri* & *Tinodes algericus* ssp. *Algericus

Ce sont des espèces de sources, les larves fabriquent des galeries en forme de (L) à partir de matière végétale. Elles ont été retrouvées au niveau de tout type de courant. Elles ont montré des préférences pour des eaux claires, oxygénées dénuées de salinité.

Le genre *Polycentropus* et *Polycentropus kingi*

Les espèces du genre *Polycentropus* sont des rhéophiles (Philipson, 1954 ; Edington, 1965), la localisation de larve face au courant est commandée par leur possibilité de construire leur filet (Decamps, 1968).

Ce taxon est présent dans toutes les stations de l'oued Chouly et la station de l'oued El Khémis à des altitudes comprises entre 1022 et 552m. C'est un taxon eurytherme à caractère limnique vivant sous les galets hétérométriques. Il a été récolté durant tous les mois pendant nos investigations à l'exception du mois de février. Il a montré des exigences pour des eaux moyennement oxygénées et minéralisées et faiblement chargées en nitrates. L'espèce *Polycentropus kingi* qui a été identifiée à partir des nymphes retrouvées sous les blocs près des berges.

Limnephilus lunatus & Mesophylax aspersus

Du point de vue biologique, les adultes de *M. aspersus* émergent au printemps et se mettent en diapause en été dans les grottes (Bournaud & Bouvet, 1969 ; Botosaneanu, 1974 ; Salavert et al., 2011). Les deux espèces ont cohabité dans les mêmes stations à la même période au niveau de microhabitats différents avec des abondances et des stades larvaires différents.

En période hivernale, les larves récoltées de *Mesophylax* étaient au 5 stades larvaires alors que celles de *Limnephilus lunatus* étaient au 2 stade larvaire. Bien qu'elles ont présenté toute les deux un caractère limnique, *Mesophylax aspersus* était inféodé au substrat grossier alors que *Limnephilus lunatus* au substrat fin riche en matières végétales mortes.

Setodes acutus & Setodes argentipunctellus

Le taxon *Setodes* est présent dans des cours d'eau semi- temporaires et permanents. Ce taxon occupe une large gamme de biotopes, mais il manifeste une forte préférence pour le petit ruisseau héli-eurytherme à hiver et été tempéré où le substrat contient une proportion de sable à partir duquel les larves construisent leur étui. Il occupe une large gamme de biotopes, mais il manifeste une préférence pour les eaux calmes et riches en végétaux (El Alami & Dakki, 1998).

Des substrats majoritairement rocheux, des courants vifs, des eaux froides et pauvres en petites particules de matières organiques concourent à l'éliminer (Gibon et al., 2001).

Dans notre étude, les fourreaux de ce genre ont été retrouvés attachés aux blocs et galets. Il a manifesté des préférences pour le courant moyen bien qu'il a été aussi récolté au niveau du courant lent avec des effectifs plus faibles que ceux du courant moyen. Nous ne supposons que le passage du courant moyen à lent est nécessaire à la nymphose ? (des nymphes immatures ont été retrouvées au niveau du courant lent près des berges).

Les deux espèces ont cohabité dans les mêmes stations et ont manifesté des attirances pour des températures d'eaux proches de 19°C, moyennement minéralisés et riches en végétations semi aquatique.

****Athripsodes ygramul* & *Mystacides azureus***

Ces deux espèces avec des étuis mobiles ont été prélevées dans les mêmes stations mais dans des biotopes différents, *Athripsodes ygramul* a manifesté une préférence pour le substrat constitué de sable grossiers alors que *Mystacides azureus* a partagé le même biotope que celui de *Limnephilus lunatus*, un substrat fin limoneux riche en matière végétales mortes.

Discussion

Nos observations relatives à l'habitat des espèces corroborent avec les études antérieures sauf pour :

- le genre *Polycentropus sp* a présenté un caractère limnique au lieu de rhéophile.
- le genre *Rhyacophila sp* et l'espèce *Rhyacophila munda* ont montré des préférences pour des eaux froides et des substrats grossiers au lieu du substrat fin riche en sable et graviers.
- le genre *Allotrichia et Allotrichia pallicornis* ont été retrouvé attaché aux galets hétérométriques au lieu du sable et graviers.

Les résultats concernant la macro distribution et la micro distribution concordent avec ceux de Resh et al. (2002) et Basaguren & Orive (1990) sauf pour la station TGB qui se trouve à haute altitude et qui est caractérisée par un écoulement permanent, des eaux claires et très oxygénées, une diversité des microhabitats et pourtant seulement deux espèces y ont été relevé. Nous supposons que la végétation riveraine joue un rôle sur la répartition des Trichoptères aussi puisqu'elle constitue un habitat pour les adultes or les rives de la station TGB sont dénudées de ripisylve.

III. 6. Proposition pour évaluation du statut de protection de certaines espèces

III.6.1 Analyse des critères par CAH

Trente espèces sont récoltés dans la région et aucun doute sur leur identification des espèces n'est à retenir, elles peuvent de ce fait être proposées pour évaluation. Elles présentent des caractéristiques quelque peu différentes. Les paramètres retenus sont regroupés dans le tableau 5.

Pour dégager les dissimilarités et les similarités entre espèces, une analyse ascendante hiérarchique est réalisée selon la méthode d'ordination Ward. Le dendrogramme (Fig. 26) issu de la CAH de la matrice du tableau 5 est le résultat de pondération des cinq critères pris en compte.

La figure montre que la communauté de Trichoptères récoltés est formée de cinq groupes composés d'un maximum de 12 espèces et un minimum de 3 espèces. L'espèce endémique *Hydropsyche maroccana* s'isole en raison de sa forte contribution bionomique liée à sa forte abondance et sa forte occurrence. Les groupes notés de G1 à G5 sont classés selon l'abondance, l'occupation de l'espace et la distribution géographique. Les caractéristiques de chaque groupe sont les suivantes :

- Le groupe G1 est formé de quatre espèces *Mesophylax aspersus*, *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche pellucidula* et *Hydropsyche iberomaroccana* caractérisés par de forte

abondance et moyenne occurrence (4 à 5 stations). Les trois premières sont à large répartition dans le monde, seul *Hydropsyche iberomaroccana* est une endémique West méditerranéenne. Ces espèces à degré d'euryécie relativement important, sont soumises à des actions anthropiques variables. Ces critères laissent penser que ces dernières sont plutôt sans préoccupations majeures.

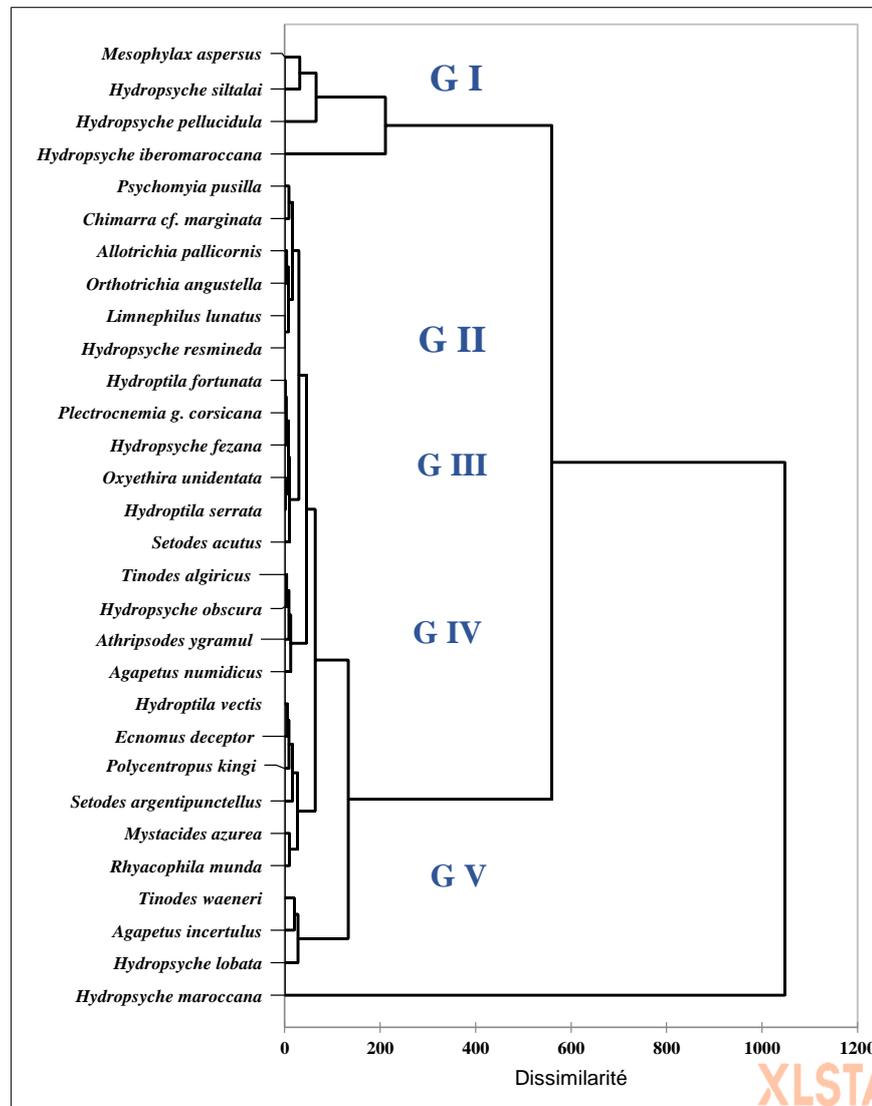


Figure 26 : Dendrogramme issu de la CAH de la matrice des critères de protection appliqué aux Trichoptères de l'Ouest algérien

- Le groupe G2 renferme douze espèces très rares aussi bien par leur nombre que par leur occurrence, la taille des populations est inférieure de 10 individus présents dans une seule localité. Ce groupe est subdivisé en deux sous-groupes, le premier englobe six espèces à large répartition, il s'agit de *Psychomyia pusilla*, *Chimarra cf. marginata*, *Allotrichia pallicornis*, *Orthotrichia angustella*, *Limnephilus lunatus* et *Hydropsyche resmineda*. Elles supportent de faibles variations des variables écologiques et restent de ce fait très sensibles aux modifications du milieu. Les menaces sont très

fortes limitant leur prolifération dans les différents habitats aquatiques. Ces caractéristiques suggèrent qu'elles soient classées dans la catégorie des espèces menacées. Le second correspond à six endémiques *Hydroptila fortunata*, *Plectrocnemia g. corsicana*, *Hydropsyche fezana*, *Oxyethira unidentata*, *Hydroptila serrata* et *Setodes acutus*. Ces espèces sont également exigeantes et fortement menacées par les actions anthropiques. Très rares et très limitées dans l'espace, ces espèces pourraient être considérées également comme espèces en danger critique.

- Les espèces endémiques strictes *Tinodes algiricus ssp. algiricus*, *Hydropsyche obscura*, *Athripsodes ygramul* et *Agapetus numidicus* forme le groupe G III caractérisé relativement par de faibles abondances et faibles occurrences. La taille des populations est comprise entre 10 et 30 individus, occupant une à deux stations seulement. Les menaces qui pèsent sur ces espèces est assez conséquents obligeant les espèces à se cantonner dans une ou deux stations situées en amont des cours d'eau là où les actions anthropiques sont minimales. Ces espèces pourraient être considérées comme en danger.
- Formé de sept espèces, le groupe G IV se caractérise par des espèces de grande répartition géographique. La taille des populations récoltées est comprise entre 30 et 50 individus et une occurrence variable allant d'une à six stations. D'abondance moyenne et de moyenne à faible occurrence, ces espèces font face à de profondes modifications de leurs habitats ce qui les rend vulnérables.
- Dans le groupe G V, sont associées deux espèces à large répartition *Tinodes waeneri*, et *Hydropsyche lobata* et une espèce endémique West méditerranéenne *Agapetus incertulus*. Cette association exprime une abondance relativement importante et une faible occurrence. La taille des populations varie entre 90 et 120 individus et elles sont présentes dans deux à quatre stations situées dans la partie amont des cours d'eau. Les menaces sont variables ce qui suggère de catégoriser les espèces de ce groupe comme espèces à préoccupations mineures.

Des tronçons de cours d'eau naturels plus ou moins intacts (à perturbations relativement minimales) existent encore dans le bassin versant de la Tafna, ils sont situés plus précisément en amont des deux affluents de la Tafna oued Khémis et oued Chouly. Ce sont des habitats à eaux relativement propres provenant de multiples résurgences dans les monts de Tlemcen qui semblent abriter le plus grand nombre de ces espèces menacées. Aujourd'hui, la plupart grande partie des cours d'eau ont toutefois été modifiés par l'homme, le principal cours d'eau et ses principaux affluents Isser et Sikkak subissent de profondes modifications (modification du lit et des régimes hydrologiques, rejets des eaux usées, eutrophisation, altération du milieu naturel, pollutions, changements des débits...).

Les Trichoptères sont dépendants de microhabitats, tels que la vitesse de l'eau, la nature du substrat, les herbiers aquatiques, oxygénation et la végétation riveraine est également très importante, comme lieu de repos, d'émergence et de parades des imagos et comme lieu de mue subimaginale. Leur existence reste tributaire des menaces sans cesse croissantes et d'absence de programmes de gestion, de protection et conservation des habitats naturels des eaux douces.

III.6.2 Essai d'évaluation des espèces

La CAH s'est avérée insuffisante pour évaluer plus ou moins correctement les espèces. Le degré de peuplement n'apparaît pas clairement dans l'analyse. Pour tenir compte de tous les critères et également du critère degré de peuplement des espèces et des échanges éventuels avec les communautés avoisinantes, chaque espèce est examinée à l'égard des cinq critères. Les résultats pouvant être retenus sont successivement (Tab. 5) :

- Une espèce classée dans la catégorie **NE**, il s'agit de *Hydroptila fortunata* ; bien qu'endémique ibéro-algérienne, cette espèce ne peut être évaluée en raison de son nombre très réduit, un seul individu récolté au stade immature.
- Quatorze espèces peuvent être placées dans la catégorie **DD** pour lesquelles les données sont insuffisantes. En étant de grande répartition géographique, les données sur leur occupation de l'espace, le degré de peuplement sont manquantes.
- Les espèces qui apparaissent dans la catégorie **LC** Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition est faible), sont en nombre de cinq *Agapetus incertulus*, *H. iberomaroccana*, *Hydropsyche maroccana*, *Mesophylax aspersus* et *Polycentropus kingi*. Ces espèces endémiques, assez abondantes et présentes dans plusieurs stations, occupent plusieurs localités avoisinantes supposant un degré de peuplements satisfaisant et supportent de grandes variations dans leurs habitats. Le risque d'extinction serait minime.
- Peuvent être considérées comme espèces de catégorie **NT** i.e Quasi menacée, les trois espèces *Hydropsyche fezana*, *Hydropsyche obscura* et *Hydropsyche resmineda*. A faible abondance et faible occurrence, leurs présences en grand nombre dans les localités non éloignées supposent des échanges éventuels entre communautés. Sur le plan local, elles occupent des habitats très limités dans l'espace.
- Sept espèces pourraient être casées dans la catégorie des espèces menacées réparties entre deux espèces en danger critique (**CR**), trois espèces En danger (**EN**) et deux espèces Vulnérables (**VU**). Les habitats des deux espèces *Oxyethira unidentata* et *Tinodes algiricus ssp. algiricus* subissent de fortes dégradations, leurs exigences écologiques font que leurs habitats sont fortement menacés. Ils sont présents en faible abondance et faible occurrence et leurs habitats se limitent aux stations amont des affluents de la Tafna. *Agapetus numidicus*, *Setodes acutus* et *Hydroptila serrata* pourraient être considérées en danger **EN**. *Athripsodes ygramul* et *Plectrocnemia geniculata corsicana* pourraient être en danger critique **CR** en raison de leur endémisme strict, leur très faible nombre, leur localisation très limitée dans l'espace et son isolement dans la partie ouest (absente dans le Rif), elle pourrait être considérée comme menacée à l'échelle mondiale.

Tableau 5 : Critères retenus et catégorisation des Trichoptères de l'Ouest algérien

Espèces	Catégorie	Taille de la population	Répartition spatiale	Occupation de L'espace	Degré de peuplement		Actions anthropiques
					Bassins versants du Nord de l'Algérie où l'espèce est signalée (Dambri et al 2020-2021, Dekkak-Bemoussat et al, 2021)	Rif et Péninsule Iberique (PI)	
<i>Rhyacophila munda</i>	DD	50	CH0-CH1-KH1-CH4	Europe	Oued de Beni Messous, Bouzareah ; Kabylia, Djurdjura -northwestern Algeria	Rif+PI	Forte
<i>Hydroptila vectis</i>	DD	33	CH0-CH1-CH2-CH4-TGB-KH1	Europe	Gorges de la Chiffa, Bouarfa, Blida ; Kabylia, Djurdjura -northwestern Algeria	Rif+PI	Forte
<i>Allotrichia pallicornis</i>	DD	3	CH0	Europe, Iran	Bouzaréa, El-Biar, Kabylia, Djurdjura -northwestern Algeria	Rif+PI	Faible
<i>Orthotrichia angustella</i>	DD	4	KH1	Europe	Constantine-northwestern Algeria	PI	Faible
<i>Chimarra cf. marginata</i>	DD	16	CH0	Europe	Hammam Debagh (lestage)	Rif+PI	Faible
<i>Hydropsyche lobata</i>	DD	93	CH1-KH1	Europe	Chelif river, North West Algeria; Kabylia, Djurdjura	Rif+PI	Faible
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	DD	541	CH1-KH1-TFF-IOM-SIB	Europe, China	Northwestern Algeria	Rif+PI	Forte
<i>Hydropsyche siltalai</i>	DD	502	CH0-CH1-SK1-KH1	Europe	Northwestern Algeria	Pi	Faible
<i>Ecnomus deceptor</i>	DD	34	TGB	Europe	Northwestern Algeria	Rif+PI	Moyenne
<i>Psychomyia pusilla</i>	DD	9	KH1	Europe, Maghreb	Kabylia -northwestern Algeria	Rif+PI	Faible
<i>Tinodes waeneri</i>	DD	119	CH0-CH1-SK1-KH1	Europe, North Africa	Northwestern Algeria	PI	Faible
<i>Limnephilus lunatus</i>	DD	1	KH1	Europe, Iran-North Africa	Northwestern Algeria	PI	Faible
<i>Mystacides azurea</i>	DD	48	CH1	Europe, Asia	Oued Kerma, Wilaya de Tipaza	Rif+PI	Faible
<i>Setodes argentipunctellus</i>	DD	26	CH1	Europe- Morocco	Northwestern Algeria	PI	Faible
<i>Agapetus incertulus</i>	LC	108	CH0-CH1-SK1	West Mediterranean	Aures Mts; Kabylia, Djurdjura Mts.-northwestern Algeria	Rif+PI	Moyenne
<i>H. iberomaroccana</i>	LC	347	CH0-CH1-SK1	Ibero-Maghrebian	Kabylia, Djurdjura -northwestern Algeria	Rif+PI	Forte
<i>Hydropsyche maroccana</i>	LC	1023	Toutes les stations	West Mediterranean (Canary)	Chelif River, Northwest Algeria ; Kabylia, Djurdjura Mts- Aures	Rif+PI	Forte
<i>Mesophylax aspersus</i>	LC	476	CH0-CH1-CH2-KH1	Mediterranean Basin-Yemen	Aures -northwestern Algeria	Rif+PI	Faible
<i>Polycentropus kingi</i>	LC	40	CH1-IOM-SK1-KH1	Western Europe and the Maghreb	Kabylia, Djurdjura Mts.-northwestern Algeria	Rif+PI	Moyenne
<i>Hydropsyche fezana</i>	NT	2	CH0	Maghrebian endemic (Algeria-Marocco)	Kabylia, Djurdjura Mts-northwestern Algeria	Rif	Faible
<i>Hydropsyche obscura</i>	NT	21	CH0	Maghrebian endemic (Algeria-Marocco)	Kabylia, Djurdjura Mts.-northwestern Algeria	Rif	Faible
<i>Hydropsyche resmineda</i>	NT	1	KH1	Maghrebian	Kabylia, Djurdjura Mts.-northwestern Algeria	Rif	Faible
<i>Oxyethira unidentata</i>	VU	4	CH4	West Mediterranean	Northwestern Algeria	Rif+PI	Forte
<i>Tinodes algericus ssp. algericus</i>	VU	23	SK1-KH1	Ibero-Maghrebian	Aures Mts.; Constantine; Djurdjura Mts.; Atlas of Blida, Ghouffi-northwestern Algeria	Rif+PI	Forte
<i>Agapetus numidicus</i>	EN	16	CH1-SK1	Algerian endemic	La Chiffa, Atlas of Blida ; Bouzina, Oued Talha, Aures -northwestern Algeria		Forte
<i>Setodes acutus</i>	EN	9	CH1	Maghrebian endemic	Aures -northwestern Algeria	Rif	Forte
<i>Hydroptila serrata</i>	EN	4	CH4	West Mediterranean	Annaba (Bône)-northwestern Algeria	Italy	Forte
<i>Athripsodes ygramul</i>	CR	28	CH1	Algerian endemic	Kabylia (Tizi Ouzou oued Aissi), Djurdjura Mts.-northwestern Algeria		Forte
<i>Plectrocnemia geniculata corsicana</i>	CR	1	CH1	West Mediterranean	Northwestern Algeria	PI	Forte
<i>Hydroptila fortunata</i>	NE	1	CH1	Endemic ibero algerian (insulaire Canary)	Northwestern Algeria	Canary Island	Faible

Les espèces désignées comme menacées sont toutes localisées dans l'oued Chouly, oued Khémis et en amont du Sikkak (Station El Ourit), elles pourraient être retenues comme espèces de déclenchement pour l'admission des ces sites en tant que ZCB d'eau douce potentielle.

En termes de ce travail d'essai d'évaluation qui est loin d'être achevé, certaines espèces posent difficulté de pouvoir trancher sur leur catégorie ; il nécessite de ce fait un travail de groupe avec les partenaires spécialistes de l'évaluation selon les critères de L'UICN. Un travail que nous envisageons dans un proche avenir avec les scientifiques du parc national de Tlemcen.

III.6.3. Propositions de mesures de conservation des espèces des sous bassins-versants

Les deux cours d'eau Khémis et Chouly proches de l'état naturel devraient jouir d'une protection légale. Des atteintes à leur structure ou à leur équilibre hydrologique sont toujours possibles. De ce fait, leur protection est primordiale pour le maintien de la biodiversité de ces écosystèmes aquatiques, ils restent les moins affectés par les actions anthropiques sévères. Les mesures proposées correspondent à :

- préserver l'état initial des cours d'eau naturels ainsi que la ripisylve typique en conservant les différentes structures des lits et des rives et tolérer l'érosion latérale. Il est impératif d'entretenir les boisements riverains à l'origine de l'équilibre écologique et éviter les coupes rases anarchiques le long des rives ;
- empêcher tout apport de polluants (engrais, pesticides, micropolluants...) en utilisant les cours d'eau comme drainage et exutoire des eaux usées ;
- maintenir les zones tampon suffisamment larges au bord des cours d'eau pour éviter le ruissellement superficiel de matériel fin et de polluants et promouvoir leur recolonisation par une végétation naturelle ;
- respecter les distances entre le cours d'eau et les terrains limitrophes exploités intensivement et préconiser des cultures extensives en équilibre avec les écosystèmes limitrophes,
- Eviter les pompages intensifs responsables de la mise à sec du cours d'eau ou à la réduction du plan d'eau pouvant engendrer un réchauffement brutal et/ou un changement des conditions physicochimiques ;
- exploiter les graviers de manière écologique selon des études préétablis assurant l'équilibre de l'écosystème ;
- maintenir les ravins et les cheabets en bon état et ne pas les transformer en décharges brutes où s'accumulent des remblais, des déchets de coupes forestières voire même des déchets ménagers ;

- éviter l'introduction d'espèces de poissons sans études préalables exemple de la carpe commune dans tous les cours d'eau mais plutôt procéder à un alevinage ponctuel et écologiquement fondé.

Toute fois pour une très grande partie des cours d'eau des deux bassins versants de l'Ouest algérien qui ont perdu leur état naturel et ne remplissent plus leurs fonctions écologiques initiales, des mesures de revitalisation devraient être envisagées. Dans son sens le plus large le concept de revitalisation recouvre la revalorisation écologique d'un cours d'eau ou d'un système hydrologique. Dans l'idéal, un tel système doit parvenir à s'autoréguler et correspondre à un type morphologique en adéquation avec le paysage environnant. Les quelques mesures pouvant être envisagées à moyen ou court terme pour revitaliser les cours d'eau de la région les plus affectés correspondent aux pratiques suivantes :

- rétablir un régime hydrologique dynamique assurant un charriage de sédiments proche de l'état naturel ; procéder aux nettoyages en supprimant tous les types de déchets qui entravent les écoulements.
- redonner une largeur suffisante au cours d'eau pour lui permettre d'exprimer sa propre dynamique en aménageant des zones de profondeurs différentes dans le profil transversal et longitudinal, ce qui permet de restaurer la diversité morphologique typique du milieu naturel ;
- favoriser la connectivité transversale et longitudinale de l'écosystème aquatique en supprimant tout obstacle à la migration des espèces, en reconnectant méandres et affluents latéraux, en créant des zones inondables, en aménageant des plans d'eau (cuvettes inondables, étangs, mares) dans la zone alluviale et en les abandonnant à l'atterrissement naturel;
- maintenir les débits naturels et éviter le débit d'étiage et les sécheresses prolongés ;
- restaurer la végétation riveraine des cours d'eau avec reboisement compatible avec les objectifs de revitalisation en préconisant des plantes autochtones ; et le bois mort devrait être laissé sur place car il joue un rôle conséquent pour dans l'équilibre écologique des zones tampon ;
- améliorer la qualité de l'eau là où c'est nécessaire en remplaçant les petites stations d'épuration obsolètes par de plus grandes et plus performantes en adaptant la quantité d'eau épurée déversée au volume des eaux réceptrices ;

Conclusion générale

L'

étude des Trichoptères du Nord-ouest algérien établie entre 2014-2019, a permis (i) de traiter la taxonomie de huit espèces d'*Hydropsyche* et leurs morphotypes ainsi que celles de quelques autres espèces de Trichoptères, (ii) d'établir une clé de détermination des larves des espèces d'*Hydropsyche* du Magreb ; (iii) d'actualiser la checklist des Trichoptères du Maghreb et d'élargir l'aire de distribution pour certaines espèces (iv) de décrire les microhabitats et l'écologie des espèces (v) de proposer sept espèces de déclenchement pour la conservation et la désignation des deux sous bassins versants Chouly et Khémis comme ZCB.

30 espèces et 18 genres ont été identifiés dans la zone d'étude. Parmi les taxons répertoriés, cinq espèces (*Hydroptila fortunata*, *Ecnomus deceptor*, *Tinodes waeneri*, *Limnephilus lunatus*, *Setodes argentipunctellus*) sont de nouveaux signalements pour l'Algérie.

Douze espèces du genre *Hydropsyche* (Trichoptera) sont signalées au Maghreb : six en Tunisie, huit au Maroc et onze en Algérie. Ces trois pays d'Afrique du Nord présentent une composition faunistique très proche, sauf que *H. siltalai* a été signalé uniquement en Algérie et *H. pandiel* signalé uniquement au Maroc. La clé d'identification des larves établie pour les espèces d'*Hydropsyche* du Maghreb constitue un outil crucial pouvant rendre la détermination plus aisée.

Le travail a abouti à la mise à jour de la liste de contrôle des espèces de Trichoptères d'Algérie formée de 63 espèces mais également celle du Maghreb avec des commentaires sur la répartition des espèces. La liste de contrôle de phryganes maghrébines comprenant 44 espèces endémiques maghrébines, est encore très pauvre par rapport à celle des aires géographiques et des pays méditerranéens voisins, comme la Péninsule Ibérique (Espagne et Portugal), la France ou l'Italie. Néanmoins, la communauté de Trichoptères de la région se caractérise par un taux d'endémisme remarquable atteignant les 53 % dont 26 % sont des endémiques stricts.

Le nombre important des espèces endémiques Maghrébines ainsi que les affinités faunistiques entre les pays du Maghreb et celles des pays limitrophes à savoir l'Espagne, la France et l'Italie, témoignent des échanges faunistiques qui se sont déroulées entre tous ces pays. Des hypothèses sur ces échanges faunistiques ont été analysées et proposées.

L'analyse de la macro-distribution a montré une diversité et une richesse spécifique concentrées au niveau des stations en amont de l'oued Chouly, oued Khemis et El Ourit où l'écoulement est permanent, une ripisylve dense, des microhabitats diverses et une intensité des actions anthropiques faible. Les eaux de ces stations sont claires bien oxygénées, dépourvues de salinité avec un taux de nitrates très faible. Ces tronçons semblent conserver plus ou moins leur état primaire.

Au niveau des autres stations situées en aval, les actions anthropiques sont multiples et affectent directement la qualité des eaux à cela s'ajoutent un écoulement temporaire pour certaines stations et un appauvrissement des microhabitats pour d'autres, la récolte des Trichoptères s'y est avérée peu fructueuse.

Ces années d'étude ont permis l'acquisition de données physico-chimiques à l'échelle des stations. L'analyse de ces paramètres a permis de dégager certaines préférences des espèces et d'acquérir certaines informations sur leur écologie. Ainsi, 20 espèces soit 67% du contingent global se limitent à des habitats très limités et des conditions très peu variables. Ces exigences à l'écart des facteurs du milieu les rendent fortement vulnérables.

Durant cette étude, nous avons également observé un espace faunistique qui semble être organisé en fonction de la végétation riveraine et aquatique, de la vitesse du courant ainsi que de la nature du substrat. La microdistribution a permis d'expliquer la coexistence perpétrée et durable des espèces dans le bassin versant de la Tafna.

L'essai d'évaluation du statut de conservation et protection des espèces a abouti à la proposition de sept espèces de déclenchement pour une éventuelle protection des sous bassins de Chouly et Khémis.

L'inventaire des espèces des Trichoptères demeure un chantier largement inachevé et l'ampleur de la tâche reste inconnue, du moment qu'aucune étude n'est complète. Il semble donc important de poursuivre ce travail en améliorant la méthode d'échantillonnage par l'acquisition de pièges lumineux pour la capture des adultes et d'extrapoler ce travail vers une étude phylogénique par l'utilisation du gène Barcoding.

Il serait judicieux de continuer les recherches pour compléter les données manquantes pour de nombreuses espèces qui paraissent menacées d'extinction, comme il est temps de concevoir une recherche sur les Plécoptères et de dresser une checklist des Ephémères-Plécoptères-Trichoptères appelés aussi EPT, ainsi nous pourrions améliorer notre analyse sur l'évaluation des statuts des espèces d'insectes de la région et de déterminer les réservoirs de biodiversité qui serait judicieux de préserver surtout avec les changements climatiques actuels.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- A.N.A.T. 2010 Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya de Tlemcen, 1ère phase, D.U.C de la wilaya de Tlemcen., 257p.
- Adler PH, Foottit RG. (2017) Introduction. In : Foottit RG, Adler PH. (Eds) *Insect Biodiversity : Science and Society*. Wiley-Blackwell, Oxford, United Kingdom, 1–7.
10.1002/9781118945568.ch1
- Allaya, W. (2003). Description de cinq larves de Trichoptères du genre *Hydropsyche* récoltées en Tunisie. *Braueria*, 30, 21-22.
- Axelrod, D. I. (1973). History of the Mediterranean ecosystem in California. In *Mediterranean, type ecosystems* (pp. 225-277). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Badcock, R. M. (1977). *Hydropsyche Fulvipes instabilis saxonica* (Trichoptera) complex in Britain and the recognition of *Hydropsyche siltalai* Dohler. *Entomol Mon Mag.*
- Bagnouls F. & Gaussen J., 1953 - Saison sèche et indice xérothermique - Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 88 fass. 34: 139 -239.
- Barbour, M. T. (1999). *Rapid bioassessment protocols for use in wadeable streams and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. US Environmental Protection Agency, Office of Water.
- Barry R. G., (1979). Recent advances in climate theory based on simple climate models. *Progress in Physical Geography*, 3(1), 119-131.
- Basaguren, A., & Orive, E. (1990). The relationship between water quality and caddisfly assemblage structure in fast-running rivers. The river Cadagua Basin. *Environmental monitoring and assessment*, 15(1), 35-48.
- Bemoussat A., 2012 – Impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux souterraines à travers le bassin versant de la Tafna – Thèse de Magister, Université de Tlemcen.
- Bemoussat-Dekkak S. & Abdellaoui-Hassaine K. (2017) Contribution à l'étude des communautés des trichoptères du bassin versant de la Tafna. *Revue Agrobiologia* 7(2) : 471-482
- Bemoussat-Dekkak, S., Abdellaoui-Hassaine, K., Sartori, M., Morse, J. C., & Zamora-Munoz, C. (2021a). Larval Taxonomy and Distribution of Genus *Hydropsyche* (Trichoptera : Hydropsychidae) in Northwestern Algeria. *Zootaxa*, 4915(4), zootaxa-4915.
- Bemoussat-Dekkak, S., Abdellaoui-Hassaine, K. & Zamora-Muñoz, C. (2021b). Checklist and key for identification of larvae of *Hydropsyche* species (Hydropsychidae, Trichoptera) of the Maghreb. *Zootaxa*, 5052(2), 83-98.

- Bemoussat-Dekkak, S. Abdellaoui-Hassaine, K., Sartori, M., & Zamora-Muñoz, C. (2021c). Contribution to knowledge of the Trichoptera of northwestern Algeria : New species records for the Algerian fauna and taxonomic remarks for the Maghreb fauna. *Zootaxa*, 5068(2), 186-210.
- Benhadji (2013) ; Contribution à l'étude de la faune hyporhéique des zones de sources –memore de Magister *Université de Tlemcen*
- Benhadji, N., Abdellaoui-Hassaine, K., Gattolliat, J. L., & Sartori, M. (2019). Thirty years after : an update to the mayflies composition in the Tafna basin (Algeria). *Zoosymposia*, 16(1), 22-35.
- Benkebil, Z., Taleb, A., Zenagui, I., & Belaidi, N. (2021). Changes in the vertical distribution of hyporheic and benthic fauna associated with low flow conditions in the headwaters of the Tafna river (northwest Algeria). *Limnology*, 22(1), 69-80.
- Bensaoula, F., & Adjim, M. (2006). Synthèse sur les forages hydrauliques profonds de la zone frontalière algéro-marocaine. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (5).
- Bensettiti, F., & Lacoste, A. (1999). Les ripisylves du nord de l'Algérie : essai de synthèse synsystématique à l'échelle de la Méditerranée occidentale. *Ecologia mediterranea*, 25(1), 13-39.
- Bertrand, H (1954) : Les insectes aquatiques d'Europe. - Encycl. Ent. skr. A, Vol. 2 (Trichoptera: 1- 136).
- Bonada, N., Zamora-Muñoz, C., Rieradevall, M., & Prat, N. (2004). Trichoptera (Insecta) collected in Mediterranean river basins of the Iberian Peninsula : taxonomic remarks and notes on ecology. *Graellsia*, 60(1), 41-69.
- Boon, P. J. (1978). The use of ventral sclerites in the taxonomy of larval hydropsychids. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Trichoptera* (pp. 165-173). Springer, Dordrecht.
- Botosaneanu L., 1974. Notes descriptive, faunistiques, ecologiques, sur quelques trichopteres du "trio subtroglophile" (Insecta : Trichoptera). *Travaux de l'Institut de Spéologie "E. Racovitza"*, 13: 61–75
- Botosaneanu, L. (1983). Histoire de la trichoptérologie. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 88(1), 74-81.
- Botosaneanu, L., & Marinković-Gospodnetić, M. (1966). Contribution à la connaissance des Hydropsyche du groupe fulvipes-instabilis. Etude des genitalia mâles [Trichoptera]. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 2, No. 3, pp. 503-525). EDP Sciences.

- Bouabdellah, H. (1992). Dégénération du couvert végétal steppique de la zone Sud-Ouest oranaise (le cas d'El Aricha). Thèse de Magister. *Université d'Oran, Oran*.
- Bouanani A., 2004 - Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna NW Algérie - Thèse de doctorat d'état, Université de Tlemcen., 250 p.
- Bouayad Alam S., 2006 - Contribution à l'étude comparative de la faune du rithron dans deux Oueds du bassin versant de la Tafna Oued Sikkak, Oued Chouly Nord-ouest Algérie - Mémoire d'ingénieur d'état, Université Tlemcen.
- Bournaud, M. (1971). Observations biologiques sur les Trichoptères cavernicoles. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 40(7), 196-211.b
- Bournaud, M., & Bouvet, Y. (1969). Récollections des Trichoptères dans les grottes de Chartreuse et dans la grotte du Crochet (Jura meridional). *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, 5, 139-147.
- Bournaud, M., Tachet, H., & Perrin, J. F. (1982). Les hydroptéridés (trichoptera) du haut-rhône entre Genève et Lyon. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 18, No. 1, pp. 61-80). EDP Sciences.
- Boyero, L. (2005). Multiscale variation in the functional composition of stream macroinvertebrate communities in low-order mountain streams. *Limnetica*, 24(3-4), 245-250.
- Bustos-Baez, S., & Frid, C. (2003). Using indicator species to assess the state of macrobenthic communities. In *Advances in Polychaete Research* (pp. 299-309). Springer, Dordrecht.
- Chao, A. (1987). Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics*, 783-791.
- Cicuzza, D., Kessler, M., Pitopang, R., Tjitrosoedirdjo, S., & Gradstein, S. R. (2010). Terrestrial herb communities of tropical submontane and tropical montane forests in Central Sulawesi, Indonesia. In *Tropical Rainforests and Agroforests under Global Change* (pp. 377-390). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Cole, L. J., Brocklehurst, S., Robertson, D., Harrison, W., & McCracken, D. I. (2015). Riparian buffer strips: Their role in the conservation of insect pollinators in intensive grassland systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 211, 207-220.
- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 345(1311), 101-118.

- Cummins, K. W., 1964. Factors limiting the microdistribution of larvae of Caddisflies *Pycnopsyche lepida* (Hagen) and *Pycnopsyche guttifera* (Walker) in a Michigan stream (Trichoptera: Limnephilidae). *Ecological Monographs* 34: 271–295
- Cummins, K. W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annu. Rev. Entomol.* 18: 183-206
- Daget, P. (1977). Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34(2), 87-103.
- Dahmani, B., Hadji, F., & Allal, F. (2003). Traitement des eaux du bassin hydrographique de la Tafna (NW Algeria). *Desalination*, 152(1-3), 113-124.
- Dajoz R., 1979 - Précis d'écologie- Ed Dunod, Paris., 549 p.
- Dakki, M. & Tachet, H. (1987). Les larves d'Hydropsyche du Maroc (Trichoptères, Hydropsychidae). In *Proceedings of the Fifth International Symposium on Trichoptera* (pp. 25-28). Springer, Dordrecht.
- Darwall W., Carrizo S., Numa C., Barrios V., Freyhof J. et Smith K. 2015. Les Zones clés pour la biodiversité d'eau douce dans le hotspot du bassin méditerranéen Un éclairage pour la conservation des espèces et la planification du développement dans les écosystèmes d'eau douce. Document occasionnel de la Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN No. 52, 86p.
- Decamps H., 1967 - Introduction à l'étude écologique des Trichoptères des Pyrénées. *Annl. Limnol.*, 1 (1) : 51-72.
- Decamps P., 1968 - Vicariance écologique chez les Trichoptères des Pyrénées -*Annl. Limnologie.*, 4 : 150.
- D'Haese, C. A. (2004). Hexapoda phylogeny: implications for an aquatic origin hypothesis. *Journal de la Societe de Biologie*, 198(4), 311-321.
- Dia, A., & Botosaneanu, L. (1983). Six espèces nouvelles de Trichoptères du Liban (Insecta : Trichoptera). *Bulletin Zoologisch Museum*, 9(14), 125-135.
- Donaldson MR, Burnett NJ, Braun DC, Suski CD, Hinch SG, Cooke SJ, Kerr JT. 2016. Taxonomic bias and international biodiversity conservation research. *Facets* 1. 105–113.
- Dudgeon D., 1997 - Life histories, secondary production and microdistribution of hydropsychid caddisflies (Trichoptera) in a tropical forest stream. *J. ZOO., Land.*, 243 : 191-210.
- Dudgeon D., 1999 - The population dynamics of three species of Calamoceratidae (Trichoptera) in a tropical forest stream. Pages 83-91 in Malicky H. & Chantaramongkol P. (eds.): *Proceedings of the 9th International Symposium on Trichoptera*. Faculty of Science of the Chiang-Mai University, Chiang-Mai, Thaïlande.

- Dunn, R. R. (2005). Modern insect extinctions, the neglected majority. *Conservation biology*, 19(4), 1030-1036.
- El Alami M., et Dakki M., 1998 - Peuplement d'éphéméroptères et de Trichoptères de l'oued Laou Rif occidental, Maroc - Distribution longitudinale et biotypologie, *Bulletin de l'institut scientifique Rabat.*, 1997-1998 : 51-70.
- Emberger, L., 1930. - La végétation de la région méditerranéenne : essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gen. Bot.* 42 : 641-662, 705-721.
- Emberger, L., 1955. Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Lab. Géol. Rec. Trav. Lab. Géol. Bot. Zool. Fac. Sci. Montpellier* 7 : 1-47.
- Faessel B., 1985 - Les Trichoptères Données biologiques, éthologiques et écologiques Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres de France - *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 1985 - 299 : 1-141
- Faurie, C., Ferrà, C., & Médori, P. (1978). *Ecologie : classes de seconde, premières et terminales des lycées agricoles*. J.-B. Baillière.
- Feoli, E., Ferro, G., & Ganis, P. (2006). Validation of phytosociological classifications based on a fuzzy set approach. *Community Ecology*, 7(1), 99-108.
- Fox, H. M., & Sidney, J. (1953). The influence of dissolved oxygen on the respiratory movements of caddis larvae. *Journal of Experimental Biology*, 30(2), 235-237.
- Frontier S., 1983 - Stratégies d'échantillonnage en écologie -Ed Masson, 494 p.
- Garcia de Jalon, D. G. (1981). Description of Hydropsyche larvae found in the Iberian Peninsula. In *Proceedings of the Third International Symposium on Trichoptera* (pp. 87-92). Springer, Dordrecht.
- Gibon, F. M., Randraimasimanana, R., & Andriambelo, Z. (2001). Ordre des Trichopteres. *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar. Institut de Recherche pour le Développement, Paris*, 141-195.
- Ginet, R. (1955). Études sur la biologie d'Amphipodes troglobies du genre Niphargus. *Bull. Soc. Zool. France*, 80, 332-349.
- Gleason, H. A. (1922). On the relation between species and area. *Ecology*, 3(2), 158-162.
- Gose, K. (1970). Life history and instar analysis of *Stenopsyche griseipennis* (Trichoptera). *Japanese Journal of Limnology*, 31, 96-106.
- 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.
- Grassé, P. P. (1951). Insectos supérieurs et-hémiptéroïdes. *Insectos supérieurs et-hémiptéroïdes*.

- Gratton, C., & Zanden, M. J. V. (2009). Flux of aquatic insect productivity to land : comparison of lentic and lotic ecosystems. *Ecology*, 90(10), 2689-2699.
- Greco J., (1966). L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie -.
- Hajji, K., El Alami, El Moutaouakil, M., Bonada, N. & Zamora-Muñoz, C. (2013) Contribution à la connaissance des Trichoptères (Trichoptera) du Rif (nord du Maroc). Boletín de l'Asociación Española d'Entomología, 37, 181–216. [In French]
<http://hdl.handle.net/2445/59627>
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., ... & de Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one*, 12(10), e0185809.
- Harper, P. P., & Hynes, H. B. N. (1970). Diapause in the nymphs of Canadian winter stoneflies. *Ecology*, 51(5), 925-927.
- Harrison, P. A., Vaillancourt, R. E., Harris, R. M., & Potts, B. M. (2017). Integrating climate change and habitat fragmentation to identify candidate seed sources for ecological restoration. *Restoration ecology*, 25(4), 524-531.
- Herzog, S. K., Kessler, M., & Cahill, T. M. (2002). Estimating species richness of tropical bird communities from rapid assessment data. *The Auk*, 119(3), 749-769.
- Higler, L. W. G., 1975. Reactions of some caddis larvae (Trichoptera) to different types of substrate in a n experimental stream. *Freshwater Biology* 5: 151–158.
- Hildrew A.G. & Morgan J.C. (1974). The taxonomy of the British Hydropsychidae (Trichoptera). *J. Ent. (B)*, 43, 2 : 217-229.
- Holland, R. A., Darwall, W. R. T., & Smith, K. G. (2012). Conservation priorities for freshwater biodiversity: the key biodiversity area approach refined and tested for continental Africa. *Biological Conservation*, 148(1), 167-179.
- Horeau C. et Horeau G., 1999 - Bilan bibliographique de deux ordres de larves d'insectes aquatiques, les Ephéméroptères et les Trichoptères : systématique, écologie, biologie et répartition - Université de la Réunion Maitrise de biologie des populations et des écosystèmes.
- Hortal, J., Lobo, J. M., & Jiménez- Valverde, A. L. B. E. R. T. O. (2007). Limitations of biodiversity databases: case study on seed- plant diversity in Tenerife, Canary Islands. *Conservation Biology*, 21(3), 853-863.
- Hufty, A. (2001). Introduction à la climatologie : le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine. Presses Université Laval. Hufty, A. (1981). Fluctuations climatiques récentes au Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 35(1), 49-55.

- Kaesler, M. J., & Kirkman, L. K. (2009). Estimating total plant species richness in depressional wetlands in the longleaf pine ecosystem. *Wetlands*, 29(3), 866-874.
- Karr, J. R., & Dudley, D. R. (1981). Ecological perspective on water quality goals. *Environmental management*, 5(1), 55-68.
- Karydis, M., & Tsirtsis, G. (1996). Ecological indices: a biometric approach for assessing eutrophication levels in the marine environment. *Science of the Total Environment*, 186(3), 209-219.
- Kimmins, D. E. (1957). *Neuroptera and Trichoptera collected by Mr. JD Bradley on Guadalcanal Island, 1953-54*. British Museum (Natural History).
- Kjer, K. M., Blahnik, R. J., & Holzenthal, R. W. (2001). Phylogeny of Trichoptera (caddisflies) : characterization of signal and noise within multiple datasets. *Systematic Biology*, 50(6), 781-816.
- Kobayashi, Y., & Ando, H. (1988). Phylogenetic relationships among the lepidopteran and trichopteran suborders (Insecta) from the embryological standpoint 1. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 26(3), 186-210.
- Kristensen, N. P., Scoble, M. J., & Karsholt, O. L. E. (2007). Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. *Zootaxa*, 1668(1), 699-747.
- Kumanski K., 1985. Trichoptera, Annulipalpia. Fauna Bulgarica 15, Bulgarska Akademi na Naukite, Sofia, 243 pp.
- Kumanski K., 1988. Trichoptera, Integripalpia. Fauna Bulgarica 19, Bulgarska Akademi na Naukite, Sofia, 354 pp.
- Kumanski K., 1997. Contributions to the caddisfly fauna (Trichoptera) of the central-western part of the Balkan Peninsula. *Lauterbornia*, 31: 73–82.
- Kunz, T. H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T., & Fleming, T. H. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York academy of sciences*, 1223(1), 1-38.
- Lavandier, P. (1984). Dynamique des populations larvaires et régime alimentaire de *Rhyacophila tristis* Pictet (Trichoptera: Rhyacophilidae) dans un ruisseau de haute montagne. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 20, No. 3, pp. 209-214). EDP Sciences.
- Liljelund, L. E. (1977). Diversity indices-a review [Shannon's H', Brillouin's H, Simpson's D, Hurlbert's PIE, McIntosh's M]. *Svensk Botanisk Tidskrift*.
- Longino, J. T., Coddington, J., & Colwell, R. K. (2002). The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. *Ecology*, 83(3), 689-702.

- Losey, J. E., & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56(4), 311-323.
- Maas, B., Karp, D. S., Bumrungsri, S., Darras, K., Gonthier, D., Huang, J. C. C., ... & Williams-Guillén, K. (2016). Bird and bat predation services in tropical forests and agroforestry landscapes." *Biological Reviews* 91.4: 1081-1101.
- Mackay, R. J. (1979). Life history patterns of some species of Hydropsyche (Trichoptera : Hydropsychidae) in southern Ontario. *Canadian Journal of Zoology*, 57(5), 963-975.
- Mackay, R. J., & Wiggins, G. B. (1979). Ecological diversity in Trichoptera. *Annual review of entomology*, 24(1), 185-208.
- Magurran, A. E. (1988). Diversity indices and species abundance models. In *Ecological diversity and its measurement* (pp. 7-45). Springer, Dordrecht.
- Magurran, A. E. (2005). Species abundance distributions: pattern or process? *Functional Ecology*, 19(1), 177-181.
- Malavoi, J. R., & Souchon, Y. (2002). Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (365-366), 357-372.
- Malicky, H. (1977) Ein Beitrag zur Kenntnis der *Hydropsyche guttata*-Gruppe (Trichoptera, Hydropsychidae). *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichische Entomologen*, 29, 1-28.
- Malicky H., 2004. Atlas of European Trichoptera. 2nd Edition, Springer, Netherlands, 359 pp
- Martonne, E. D. (1926). L'indice d'aridité. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 3(9), 3-5.
- Menhinick, E. F. (1964). A comparison of some species- individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45(4), 859-861.
- Milne, Margery J. (1938). Case building in Trichoptera as an inherited response to oxygen deficiency. *The Canadian Entomologist* 70.9: 177-180.
- Minshall, G. W. & Minshall J. N., 1977. Microdistribution of benthic macroinvertebrates in a Rocky mountain (USA) stream. *Hydrobiologia* 55: 231-249.
- Moretti, G. P., & Gianotti, F. S. (1956). La distribuzione e l'avvicendamento stagionale dei Tricotteri nella Grotta delle Tassare (Monte Nerone.-Pesaro). *Atti VII Congr. Naz. Speleol. Como, Memorie*, 3, 263-296.
- Morse, J. C., Ross, H. H., & Gordon, A. E. (1971). New species of Cheumatopsyche from the southeastern United States (Hydropsychidae, Trichoptera). *Proceedings of the Biological Society of Washington*.

- Morse, J. C. (1997). Phylogeny of trichoptera. *Annual review of entomology*, 42(1), 427-450.
- Morse, J. C. (2009). Trichoptera (caddisflies). In *Encyclopedia of insects* (pp. 1015-1020). Academic Press.
- Morse, J. C., Frandsen, P. B., Graf, W., & Thomas, J. A. (2019). Diversity and ecosystem services of Trichoptera. *Insects*, 10(5), 125.
- Morse, J. C., Ross, H. H., & Gordon, A. E. (1971). New species of Cheumatopsyche from the southeastern United States (Hydropsychidae, Trichoptera). *Proceedings of the Biological Society of Washington*.
- Mosely, M. E., Kimmins, D. E., & Riley, N. D. (1939). British caddis flies (Trichoptera). *Mouffets Theatrum Insectorum published in 1658*.
- Nakache J.P., Confais J., 2005 -*Approche pragmatique de la classification, Ed. Technip, Paris*.
- Nakache, J. P., & Confais, J. (2004). *Approche pragmatique de la classification : arbres hiérarchiques, partitionnements*. Editions Technip.
- Nielsen, A. (1957). A comparative study of the genital segments and their appendages in male Trichoptera, Anker Nielsen. *Biologiske Skrifter Udgivet af det kongelige danske videnskabernes selskab*. 8. 5.
- Niemen, A. (1957). A comparative study of the genitals segments and their appendages in male Trichoptera.
- P.D.A.U Plan de développement et Aménagement urbain 2002 Plan d'Aménagement urbain de la commune d'Oued Lakhdar., 92p.
- Pascual-Hortal, L., & Saura, S. (2006). Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices : towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape ecology*, 21(7), 959-967.
- Pashley, D. P., McPheron, B. A., & Zimmer, E. A. (1993). Systematics of holometabolous insect orders based on 18S ribosomal RNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2(2), 132-142.
- Pearson, T. A. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16, 229-311.
- Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 5(1), 285-307.
- Peterson, D. J., & Prasad, R. (1998). The biology of Canadian weeds. 109. *Cytisus scoparius* (L.) Link. *Canadian journal of plant science*, 78(3), 497-504
- Petersson, E., & Hasselrot, A. T. (1994). Mating and nectar feeding in the psychomyiid caddis fly *Tinodes waeneri*. *Aquatic Insects*, 16(3), 177-187.

- Philipson, G. N., 1954. The effect of water flow and oxygen concentration on six species of caddis fly (Trichoptera) larvae. *Proceedings of the Zoological Society of London* 124: 547–564.
- Phillips, E. C., 1994. Habitat preference and seasonal abundances of Trichoptera larvae in Ozark stream, Arkansas. *Journal of Freshwater Ecology* 9 : 92–95.
- Pictet, F. J. (1834). *Recherches pour servir à l'histoire et à l'Anatomie des Phryganides: avec 20 planches*. Cherbuliez.
- Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology*, 13, 131-144.
- Pielou, E. C. (1969). An introduction to mathematical ecology. *An introduction to mathematical ecology*.
- Remaoun, K. (2003). Le bassin-versant de l'Oued Tafna (Algérie occidentale): mise en place du réseau hydrographique et processus morphogéniques à l'origine de l'organisation du bassin. *Collection EDYTEM. Cahiers de géographie*, 1(1), 73-82.
- Resh, V. H., Reynoldson, T. B. & Rosenberg, D. M. (2002): Trichoptera of the Fraser River catchment, British Columbia, Canada, and their applicability to a large scale water quality monitoring program. – *Proc. 10th Internat. Symp. Trichopt.* 15: 551–558.
- Roberts, R.D., Gregory, M.R., & Foster, B.A. (1998). Developing an efficient macrofauna monitoring index from an impact study—a dredge spoil example. *Marine Pollution Bulletin*, 36(3), 231-235.
- Ross, H.H. (1956). Evolution and classification of the mountain caddis-flies.
- Ross, H.H. (1964). Evolution of caddisworm cases and nets. *American Zoologist*, 209-220.
- Ross, H.H. (1967). The evolution and past dispersal of the Trichoptera. *Annual review of entomology*, 12(1), 169-206.
- Ruiz García, A., Herrera Grao, A. F., & Ferreras- Romero, M. (2006). Distribution of Trichoptera communities in the Hozgargantacatchment (Los Alcornocales Natural Park, SW Spain). *International Review of Hydrobiology*, 91(1), 71-85.
- Gibon F.M., 2001- Biotypologie des Hydrosystèmes tropicaux. Exemples chez les Trichoptères africains et malgaches - Thèse de l'École nationale supérieure agronomique de Montpellier 2 vol.
- Ruiz García, A., Herrera Grao, A.F., & Ferreras- Romero, M. (2006). Distribution of Trichoptera communities in the Hozgargantacatchment (Los Alcornocales Natural Park, SW Spain). *International Review of Hydrobiology*, 91(1), 71-85.
- Rygg, B. (1985). Distribution of species along pollution-induced diversity gradients in benthic communities in Norwegian fjords. *Marine Pollution Bulletin*, 16(12), 469-474.

- Samways, M.J. (2007). Insect conservation: a synthetic management approach. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 465-487.
- Sauvage, Ch., 1963. - Le coefficient pluviothermique d'Emberger, son utilisation et la représentation graphique de ses variations au Maroc. *Ann. Sér. Phys. Du Globe et de la Météo., Ins. Sc. Chérifien* 20 : 11-23.
- Schmid, F. (1998) *Genera of the Trichoptera of Canada and Adjoining or Adjacent United States. The Insects and Arachnids of Canada Series, Part 7.* NRC Research Press, 319 pp.
- Schorscher, J. (1992). *Ecologie des prédateurs des stades préimaginaux de simulium damnosum theobald, vecteur de l'onchocercose en Afrique de l'ouest : dynamique des relations prédateurs/proies et des peuplements* (Doctoral dissertation, Paris 11).
- Schuldt A, Assmann T. 2010. Invertebrate diversity and national responsibility for species conservation across Europe - A multi-taxon approach. *Biological Conservation* 143. 2747–2756.
- Sedlak, E. (1971). Bestimmungstabelle der Larven der häufigen tschechoslowakischen Arten der Gattung Hydropsyche Pictet (Trichoptera). *Acta ent. bohemoslov.*, 68 : 185-187.
- Sheffield, C. S., deWaard, J. R., Morse, J. C., & Rasmussen, A. K. (2019). Trichoptera of Canada. *ZooKeys*, (819), 507.
- Simboura, N., & Zenetos, A. (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterranean Marine Science*, 3(2), 77-111.
- Small E. 2012. The new Noah's Ark: beautiful and useful species only. Part 2. The chosen species. *Biodiversity* 13. 37–53.
- Sorensen, J. N., & Shen, W. Z. (2002). Numerical modeling of wind turbine wakes. *J. Fluids Eng.*, 124(2), 393-399.
- Statzner, B. (1976) Zur Unterscheidung der Larven und Puppen der Kocherfliegen-Arten Hydropsyche angustipennis und pel/ucidula (Trichoptera: Hydropsychidae).- *Ent. Germ.* 3: 265-26
- Statzner, B. (1981). A Progress Report on Hydropsychidae from the Ivory Coast: Characters for the Specific Identification of Larvae and Population Dynamics of Four Abundant Species. In *Proceedings of the Third International Symposium on Trichoptera* (pp. 329-335). Springer, Dordrecht
- Statzner, B. (1982). Population dynamics of Hydropsychidae (Insecta; Trichoptera) in the N'Zi River (Ivory Coast), a temporary stream partly treated with the insecticide

- Statzner, B., 1981. The relation between “hydraulic stress” and microdistribution of benthic macroinvertebrates in a lowland running water system, the Shierenseebrooks (North Germany). *Archiv für Hydrobiologie* 91: 192–218.
- Stenroth, K., Polvi, L. E., Fältström, E., & Jonsson, M. (2015). Land- use effects on terrestrial consumers through changed size structure of aquatic insects. *Freshwater Biology*, 60(1), 136-149.
- Stewart, J. E., Illán, J. G., Richards, S. A., Gutiérrez, D., & Wilson, R. J. (2020). Linking inter-annual variation in environment, phenology, and abundance for a montane butterfly community. *Ecology*, 101(1), 02906.
- Stork NE. 2009. Biodiversity IN Encyclopedia of INSECTS. Resh VH, Cardé RT (Eds.). Second Edition, Vol. 53. London, UK: Academic Press, Elsevier. 75-80.
- Stork NE, McBroom J, Gely C, Hamilton AJ. 2015. New approaches narrow global species estimates for beetles, insects, and terrestrial arthropods. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112. 7519–23.
- Sukatcheva, I. D. (1980). Order Phryganeida. *The Historical Development of the Class Insecta. Institute of Palaeontology [in Russian]. Moscow : USSR Academy of Science, 175, 104-9.*
- Sukatcheva, I. D. (1991). The Late Cretaceous stage in the history of the caddisflies (Trichoptera). *Acta Hydroentomol Latv, 1, 68-85.*
- Tachet H., Bournaud M et Richoux P., 1980 - Introduction à l'étude des macros invertébrées des eaux douces systématique élémentaire et aperçus écologique – Université, Lyon 1. Ass. Française de limnologie. 155p.
- Tachet H., Bournaud M et Richoux P., 2006 - Invertébrés d'eau douce - Systématique, biologie écologique- Ed CNRS.
- Thinhoin R., 1948 - Les aspects physiques du tell oranais Essai de morphologie de pays semi-aride - Ouvrage publié avec les concours du C.N.R.S.E de L'Europe., 639p.
- Tobias W. (1972). Zur Kenntnis europäischer Hydropsychidae (Insecta: Trichoptera). I. *Senckenbergiana biol*, 53, 1-2: 59-89.
- Townsend C.R., Dolédec S. & Scarsbrook M.R. 1997. — Species traits in relation to temporal and spatial heterogeneity in streams: a test of habitat templet theory. *Freshwater Biol*, 37: 367-387.
- Townsend, C. R., & Hildrew, A. G. (1994). Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater biology*, 31(3), 265-275.
- Travers, M. (1971). Diversité du microplankton du Golfe de Marseille en 1964. *Marine Biology*, 8(4), 308-343.

- Tullyard, R. J. (1935). The evolution of the scorpion flies and their derivatives (Order Mecoptera). *Annals of the entomological Society of America*, 28(1), 1-45.
- UICN. 2012. Lignes directrices pour l'application des Critères de la Liste rouge de l'UICN aux niveaux régional et national : Version 4.0. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni : UICN.
- U. I. C. N. France, (2018). Guide pratique pour la réalisation de Listes rouges régionales des espèces menacées-Méthodologie de l'UICN & démarche d'élaboration. Seconde édition. Paris, France.
- Ulfstrand, S. (1968). Life cycles of benthic insects in Lapland streams (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera Simuliidae). *Oikos*, 167-190.
- Ulfstrand, S., 1967. Microdistribution of benthic species (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera: Simuliidae) in Lapland streams. *Oikos* 18: 93-310.
- Vernaux J., 1973 - Cours d'eau de Franche Comté, Recherches écologiques sur le réseau Hydrographique du Doubs Mémoire -Thèse, Docteur Etat, Université Besançon.
- Verneaux, J., & Faessel, B. (1976). Larves du genre Hydropsyche (Trichoptères Hydropsychidae). Taxonomie, données biologiques et écologiques. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 12, No. 1, pp. 7-16). EDP Sciences.
- 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.
- Waringer, J., & Graf, W. (2013). Key and bibliography of the genera of European Trichoptera larvae. *Zootaxa*, 3640(2), 101-151.
- Washington, H. G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water research*, 18(6), 653-694.
- Whelan, C. J., Wenny, D. G., & Marquis, R. J. (2008). Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York academy of sciences*, 1134(1), 25-60.
- Wiberg-Larsen, P. (1980). Bestemmelsesnøgle til larver af de danske arter af familien Hydropsychidae (Trichoptera) med noter om arternes udbredelse og økologi. *Ent. Meddr*, 47, 125-140.
- Wiberg- Larsen, P., Brodersen, K. P., Birkholm, S., Grøn, P. N., & Skriver, J. (2000). Species richness and assemblage structure of Trichoptera in Danish streams. *Freshwater Biology*, 43(4), 633-647.
- Wiggins, G. (1977). *Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera)*. University of Toronto Press.

- Wiggins, G. B. (1973a). Contribution to the biology of caddisflies (Trichoptera) in temporary pools. *Toronto R Ont Mus Life Sci Contrib*
- Wiggins, G. B. (1973b) New systematic data for the North American caddisfly genera *Lepania*, *Goeracea* and *Goerita* (Trichoptera: Limnephilidae. *Toronto R Ont Mus Life Sci Contrib*.
- Wiggins, G. B., Lin, E. Y. C., & Chua, K. E. (1976). Preliminary SEM investigation of an aqueous carbohydrate material, the gelatinous matrix of caddisfly eggs (Insecta: Trichoptera). In *Proceedings of the Scanning Electron Microscope Symposium*.
- Wiggins, G.G., (1998). Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera), 2nd edn., Univ. of Toronto Press, Toronto, Canada, pp. 3 – 40
- Wilhm, J.L. (1967). Comparison of some diversity indices applied to populations of benthic macroinvertebrates in a stream receiving organic wastes. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 1673-1683.
- Williams, N. E. & Hynes H. B. N., (1973). Microdistributions and feeding of the net-spinning caddisflies of a Canadian stream. *Oikos* 24: 73–84.
- Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J., & García de Jalón, D. (1995). The larvae of the genus *Hydropsyche* (Hydropsychidae; Trichoptera) and key for the identification of species of the Iberian Peninsula. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 68(1-2), 189-210.
- Zamora-Muñoz, C., Múrria, C., Bonada, N., & González, M. A. (2017). The *Hydropsyche instabilis* group (Trichoptera: Hydropsychidae) on the Iberian Peninsula: evolutionary relationships, new species, taxonomical controversies, and a key to larvae. *Arthropods Systematics & Phylogeny*, 75, 159-17

Sitographie

Opie Benthos : <http://www.opie-benthos.fr/opie/monde-des-insectes.html>

Trichoptera Africana: <http://trichoptera.senckenberg.de/Trichoptera%20africana/index.htm>

Trichoptera world checklist: <https://entweb.sites.clemson.edu/database/trichopt/>

Fauna Europea : <https://fauna-eu.org/>

INPN: https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/79010/tab/taxo

www.cepf.net/sites/default/files

ANNEXES

Annexe.

Fiche de terrain

Description générale de la station - niveaux

2 3

Cours d'eau : _____ Largeur moyenne en eau (m) :

_____ Largeur moyenne aux berges (m)

Observateurs : _____ Profondeur moyenne (cm)

Climat :

Date : _____ **Heure :** _____

Altitude : _____ mètres

Vitesse du courant :

Température air _____

Température eau _____

Oxygène dissous : _____

Conductivité : _____

PH : _____

Nitrate :

Nitrite

Note :
