

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALE

N°...../SNV/2019

## THÈSE

Présentée par

**ARIGUE Soulef Farida**

En vue de l'obtention du diplôme de

## DOCTORAT EN SCIENCES

Filière : **BIOLOGIE**

Spécialité : **BIOLOGIE ANIMALE**

## THÈME

# ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES DIPTÈRES DANS LES OUEDS D'AURÈS ET BISKRA

Soutenue le : 06/ 07/ 2019

### DEVANT LE JURY :

Président: **BOUNECHADA Mustapha Pr. Université Ferhat Abbas Sétif 1**

Rapporteur: **ARAB Abdeslem Pr. USTHB Alger**

Co-Rapporteur: **BELQAT Boutaina Pr. Université Abdelmalek Essaâdi**

**Faculté des Sciences de Tétouan-Maroc**

Examineurs: **MOULAI Riadh Pr. Université Abderrahmane Mira de Béjaia**

**BENIA Farida Pr. Université Ferhat Abbas Sétif 1**

**AISSAOUI Linda MCA. Université Ferhat Abbas Sétif 1**

*Laboratoire de Dynamique et Biodiversité -FSB/USTHB-*

# Remerciement

*Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*La première personne que je tiens à remercier est mon directeur de thèse Monsieur **ARAB Abdeslem**, professeur à l'USTHB, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.*

*Mes plus vifs remerciements vont également à Madame BELQAT Boutaina professeur d'enseignement supérieur à la faculté des Sciences de Tétouan (Maroc) qui m'a fait la grande faveur de partager son savoir scientifique, en acceptant d'être co-directrice de cette thèse. Je tiens à exprimer toute ma gratitude et mes sincères remerciements pour m'avoir accueilli au sein de son laboratoire, pour l'aide compétente qu'elle m'a apportée dans l'identification des Simuliidae, pour sa patience et son encouragement. Son œil critique m'a été très précieux pour structurer ce travail et pour m'avoir mis à disposition le temps nécessaire à sa réalisation.*

*Conjointement je souhaite remercier très chaleureusement Monsieur Adler Peter, professeur à l'université de Clemson (USA), pour son aide très précieuse dans l'identification des spécimens de Simulies.*

*J'exprime mes profonds remerciements à Madame **DEHAMNA Saliha**, professeur à l'université Ferhat Abbas Sétif 1, pour les facilités et les conseils qui m'ont été offertes, pour son aide précieuse qu'elle m'a apporté afin que je puisse déposer cette thèse.*

*Je tiens ensuite à exprimer mes remerciements aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer mon travail de thèse :*

- *A Monsieur **BOUNECHADA Mustapha** professeur à l'université Ferhat Abbas Sétif 1, qui me fait l'honneur de sa présence à mon jury et qui a eu l'amabilité d'accepter de présider ce jury.*
- *A Monsieur **MOULAI Riadh** professeur de l'université de Béjaia qui m'a fait l'honneur de juger mon travail.*
- *A Madame **BENIA Farida** professeur à l'université Ferhat Abbas Sétif 1 qui m'a fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.*

- *A Madame AISSAOUI Linda maitre de conférences à l'université Ferhat Abbas Sétif 1, dont la participation à mon jury me fait le plus grand honneur.*

*J'aimerais aussi particulièrement remercier Monsieur BEBBA Mabrouk pour son aide sur le terrain, et d'avoir consacré son temps, sa véhicule pour réaliser les sorties durant deux années.*

*J'adresse toute ma reconnaissance et ma gratitude à ma collègue, ma copine et ma chère amie BEBBA Nadjat, pour son support inestimable et son encouragement tout au long des années de notre amitié qui témoigne sa grande générosité, pour tous les moments de bonheur partagés ensemble.*

*Je tiens à témoigner aussi toute ma gratitude et ma reconnaissance à ma chère amie **KHELLOU Meïada**, pour son soutien moral, son aide, sa belle gentillesse et pour sa sincère amitié.*

*Je tiens ensuite à exprimer mes sincères remerciements à tous mes collègues et amis du Département de Sciences de la Nature et de la Vie de Biskra, pour leur soutien moral et leur encouragement.*

*Je n'oublie pas non plus d'exprimer ma profonde gratitude, toute ma reconnaissance aux Professeurs et doctorants du laboratoire de Diversité et Conservation des Systèmes Biologiques de la Faculté des Sciences de Tétouan (Maroc), pour leur chaleureux accueil, pour leur amabilité et leur collaboration.*

*J'adresse enfin une pensée spéciale à toute ma famille, mes parents, mes sœurs, mon frère ainsi que mon cher mari, pour leur soutien dans mes choix et leur attention sans faille, dont leurs encouragements et leur amour m'accompagnent depuis toujours.*

*Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de cette thèse.*

# Dédicace

*Je dédie cette thèse à la mémoire de mes chers grands-parents maternels, pour leur amour, leurs prières et leurs encouragements qui m'ont été d'un grand soutien au cours de ce long parcours. Je suis sûr qu'ils seront fiers de moi s'ils sont ici aujourd'hui. Que dieu ait leur âme et les accepte à son vaste paradis. Amen*

*Avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance, je dédie ce travail à toute ma famille : mes chers parents, **Zoulikha** et **Tidjani**, mes chers sœurs, **Leïla**, **Fahima**, **Fawzia**, **Safa** et **Chaïmaa**, mon cher frère, **Soufiene** et sa femme ma chère **Souad**, mon cher neveu **Ayham** et ma chère nièce **Athir**. Que Dieu les garde et les protège.*

*A mon cher mari **Moez**, pour son amour, son soutien, sa tendresse, sa patience. Puisse Dieu nous préserver du mal, nous combler de santé, de bonheur et nous procurer une longue vie pour le service de Dieu....*

## ملخص

يسعى هذا العمل لدراسة التوزيع المكاني والزمني لثنائية الأجنحة في ثلاثة أودية من منطقة الأوراس، مع الأخذ بعين الاعتبار الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الأودية. تم رصد 16 محطة على طول الواد الأبيض، وادي عبيدي ووادي الحي على مدى فترة تتراوح من جانفي 2008 إلى ديسمبر 2009. جمع خلالها 37128 فرد موزعة على 43 صنف تنتمي إلى 17 عائلة، معبرا عن ثروة هامة في المنطقة. عائلة Chironomidae كانت أعلى وفرة ولا سيما من جانب غلبة Orthoclaadiinae ب 13503 فرد 36.37٪، ثم نجد أنواع عائلة Simuliidae (سبعة أنواع) حيث تمثل العائلة الأكثر تنوعا، و الأنواع الأكثر وفرة منها هم: *Simulium gr.aureum* (5405 فرد، 14.56٪)، *S. gr. ornatum* (5142ind، 13.85٪) و *S.pseudequinum* (2668 فرد، 7.19٪). Orthoclaadiinae تتميز بتوزيع زمني - مكاني واسع تشكل، جنبا إلى جنب مع غيرها من أصناف Chironomidae ، العناصر الأولى التي تستوطن الوسط بعد فترات طويلة من الجفاف أو الفيضانات. وسجلت أعلى نسب الوفرة في المحطات التالية: Dj ، In ، Mn و Fed2 حيث بلغ مجموع تعدادها نسبة 47.71٪ من إجمالي الثروة الحيوانية، في حين أن المحطات الأعلى تنوعا هي: Mn ، Fed2 ، Hai2 و Dj. تتبع المكاني-الزمني للعوامل الفيزيائية والكيميائية يكشف عن نوعية عادية لمياه الأودية الثلاثة ، باستثناء محطة شديدة التلوث في وادي الحي، Til حيث تستقبل تفرغ مفرط لمياه الصرف الصحي من مدينة من عين توتة. التحليلات الإحصائية CPA و CFA المستخدمة أظهرت تقسيم واضح للمناطق من المنبع إلى المصب في أوديتنا، وثلاث مجموعات متميزة على التصاميم العاملة: محطات الروافد العليا تأوي الأصناف التي تفضل المرتفعات و المياه العذبة الباردة ، المحطات متوسطة الارتفاع و تأوي الأصناف المحبة للتيارات السريعة وذات نطاق حراري واسع و أخيرا المحطات الدنيا التي تستضيف الأصناف المحبة للحرارة. لتوضيح المعايير البيئية المسيطرة على التوزيع المكاني لثنائية الأجنحة ، تم تنفيذ ACC. وتفيد النتائج أن المجتمع يصنف كالتالي: أصناف المرتفعات العالية مفضلة للتيارات السريعة والمياه الباردة: *M.blanci* ، *Clinocera sp.* ، *Chelifera sp.* ، *Chrysops sp.* ، *S. gr. ornatum* ، *Atylotus sp.* ، *Rhabdomastix sp.* ، *Wiedemannia sp.* ، *Ulomyia sp.* ، *Tonnoirella sp.* ، *Hybomitra sp.* ، *Leptoconops sp.* ، *Tipula sp.* ، *Tipula (Yamatotipula) sp.* ، *Heamatopota sp.* ، *Psychoda sp.* ، *Tipula (Acutipula) sp.* ، *Setacera sp.* ؛ الأصناف المحبة للحرارة للمناطق متوسطة إلى منخفضة الارتفاع تتحمل تركيزات عالية من العناصر المعدنية: *S.ruficorne* ، *S.velutinum* ، *S.sergenti* ، *Chrysopilus sp.* ، *Ochtera sp.* ، *Ephydra sp.* ، *Tabanus sp.* ، *Silvius sp.* . والأصناف واسعة الانتشار لا تكثرت بالظروف البيئية مهما كانت: *S.pseudequinum* ، *S. gr. aureum* ، *Dasyhelea sp.* ، *Chironomus sp.* ، والأصناف التي تفضل المياه الهادئة *Anopheles sp.* و *Culex sp.* .

**الكلمات المفتاحية:** التوزيع المكاني والزمني، ثنائية الأجنحة، واد الأبيض ، واد عبيدي ، واد الحي، المعلمات الفيزيائية، ACC، AFC، ACP.

# Résumé

Ce travail cherche à étudier la distribution spatio-temporelle des Diptères dans trois oueds dans la région des Aurès en tenant compte des caractéristiques physico-chimiques des eaux de ces oueds. 16 stations ont été prospectées le long de l'oued El Abiod, oued Abdi et oued El Haï sur une période s'étalant de janvier 2008 à décembre 2009. La faune recensée se compose de 37128 individus correspondant à 43 taxons appartenant à 17 familles, exprimant une importante richesse dans la région. La famille des Chironomidae présente l'abondance la plus élevée et se manifeste particulièrement par la prédominance des Orthocladiinae avec 13503 individus (36,37%) ; la famille des Simuliidae s'avère être la plus diversifiée avec sept espèces nominales et complexes d'espèces, dont les plus abondantes sont *Simulium* gr. *aureum* (5405 individus, 14,56%), *S.* gr. *ornatum* (5142 individus, 13,85%) et *S. pseudequinum* (2668 individus, 7,19%). Les Orthocladiinae ont une large distribution spatio-temporelle et constituent, avec les autres taxons des Chironomidae, les premiers éléments qui se réinstallent après les longues périodes d'assèchements ou après les crues. Les effectifs les plus élevés sont enregistrés à Dj, In, Mn et Fed2, totalisant 47,71% de la faune totale, alors que les richesses taxonomiques sont plus élevées dans les stations Mn, Fed2, Haï2 et Dj. Le suivi spatio-temporel des paramètres physico-chimiques révèle une qualité normale de l'eau des trois oueds, à l'exception de la station fortement polluée de l'oued El Haï (Til) qui reçoit des rejets excessifs des eaux usées de la ville d'Aïn Touta. Les analyses statistiques exploitées ACP et AFC montrent une certaine zonation de l'amont vers l'aval dans nos cours d'eau ; 3 groupements bien distincts sur les plans factoriels : stations du cours supérieur qui réfugient les taxons alticoles préférant les eaux fraîches, stations du cours moyen qui abritent les taxons rhéophiles eurythermes et les stations du cours inférieur qui hébergent les taxons thermophiles. Afin de préciser les paramètres environnementaux commandant la distribution spatiale des Diptères recensés, une ACC a été réalisée. Les résultats obtenus rapportent que notre peuplement est classé en : taxons des hautes altitudes rhéophiles préférant les courants rapides et les eaux fraîches : *Metacnephia blanci*, *Clinocera* sp., *Chelifera* sp., *Chrysops* sp., *S.* gr. *ornatum*, *Atylotus* sp., *Rhabdomastix* sp., *Wiedemannia* sp., *Ulomyia* sp., *Tonnoirella* sp., *Hybomitra* sp., *Heamatopota* sp., *Leptoconops* sp., *Tipula* sp., *Tipula (Yamatotipula)* sp., *Tipula (Acutipula)* sp., *Psychoda* sp. et *Setacera* sp.; taxons thermophiles de moyenne à basse altitude supportant de grandes concentrations de minéralisation : *S. ruficornis*, *S. velutinum*, *S. sergenti*, *Chrysopilus* sp., *Ochtera* sp., *Ephydra* sp., *Silvius* sp. et *Tabanus* sp.; taxons eurytopes à large répartition se manifestant indifféremment par rapport aux conditions du milieu : *S. pseudequinum*, *S.* gr. *aureum*, *Dasyhelea* sp., *Chironomus* sp. et des taxons préférant les eaux calmes : *Anopheles* sp. et *Culex* sp.

**Mots clés :** Distribution spatio-temporelle, Diptères, Oued El Abiod, Oued Abdi, Oued El Haï, Paramètres physico-chimiques, ACP, AFC, ACC.

# Abstract

This work seeks to study the spatio-temporal distribution of Diptera in three wadis in the Aurès region taking into account the physicochemical characteristics of the waters of these wadis. 16 sampling sites were prospected along El Abiod Wadi, Abdi Wadi and El Haï Wadi from January 2008 to December 2009. The fauna counted includes 37128 individuals corresponding to 43 taxa belonging to 17 families, expressing an important richness in the region. The Chironomidae family has the highest abundance, manifested in particular by the predominance of Orthocladiinae with 13503 individuals (36.37%), then we find the Simuliidae species which was the most diversified family (seven nominal and complex species) whose the most abundant are *Simulium gr.aureum* (5405 individuals, 14.56%), *S. gr. ornatum* (5142 individuals, 13.85%) and *S.pseudequinum* (2668 individuals, 7.19%). Orthocladiinae have a wide spatio-temporal distribution, constitutes with the other Chironomidae taxa, the first elements that are reinstalling after a long drying periods or after floods. The highest numbers are recorded in Dj, In, Mn and Fed2, accounting for 47.71% of the total fauna, while the taxonomic richness is higher in the Mn, Fed2, Haï2 and Dj sampling sites. The spatio-temporal monitoring of the physicochemical parameters reveals a normal water quality in the three wadis, with the exception of the highly polluted sampling site of El Haï wadi (Til) which receives excessive discharges of wastewater from the Aïn Touta city. The statistical analyzes exploited by PCA and FCA show a certain zonation from upstream to downstream in our rivers, 3 distinct groups on the factorial planes: headwaters sampling sites which take refuge alticoles taxa preferring fresh waters, those of the middle course which shelter the eurythermic rheophilous taxa and the lower course sampling sites which lodge the thermophilic taxa. In order to define the environmental parameters controlling the spatial distribution of the recorders Diptera, an CCA has been realized. The obtained results indicate that our population is classified as: high-altitude rheophilous taxa preferring fast currents and cold waters: *M.blanci*, *Clinocera* sp., *Chelifera* sp., *Chrysops* sp., *S. gr. ornatum*, *Atylotus* sp. sp., *Rhabdomastix* sp., *Wiedemannia* sp., *Ulomyia* sp., *Tonnoirella* sp., *Hybomitra* sp., *Heamatopota* sp., *Leptoconops* sp., *Tipula* sp., *Tipula (Yamatotipula)* sp., *Tipula (Acutipula)* sp., *Psychoda* sp. and *Setacera* sp.; thermophilic taxa of average to low altitude wich support a high concentrations of mineralization: *S. ruficorne*, *S.velutinum*, *S.sergenti*, *Chrysopilus* sp., *Ochtera* sp., *Ephydra* sp., *Silvius* sp. and *Tabanus* sp.; eurytopic taxa broadly distributed manifeste indifferently to environmental conditions: *S.pseudequinum*, *S. gr. aureum*, *Dasyhelea* sp., *Chironomus* sp. and finally taxa preferring calm waters: *Anopheles* sp. and *Culex* sp.

**Key words:** Spatio-temporal distribution, Diptera, El Abiod wadi, Abdi wadi, El Hai wadi, Physico-chemical parameters, CPA, FCA, CCA.

# Liste des travaux

## PUBLICATIONS

ARIGUE S. F., ADLER P. H., BELQAT B., BEBBA N. & ARAB A. (2016).- **Biodiversité des mouches noires (Diptera : Simuliidae) et qualité physico-chimique des eaux du bassin versant de l'oued El Haï (Aurès - Algérie) [Biodiversity of the Black Flies (Diptera : Simuliidae) and physicochemical quality of watercourses of the oued El Haï basin (Aures - Algeria)].** *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (12) (2016) 4839-4849

ADLER P.H., CHERAIRIA M., ARIGUE S.F., SAMRAOUI B., BELQAT B. (2015).- **Cryptic biodiversity in the cytogenome of bird-biting blackflies in North Africa.** *Med. Vet. Entomol.* 29 (3) (2015) 276.

BEBBA N., EL ALAMI M., ARAB A. & ARIGUE S. F. (2015).- **Etude mésologique et Biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l'oued Abdi (Algérie) [Mesological and biotypological study of Mayflies populating in Abdi wadi (Algeria)].** *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (4) (2015) 1164-1177

## COMMUNICATIONS

ARIGUE S. F., BEBBA N., HAFIANE M. & ARAB A. (2009).- **ETUDE DE LA REPARTITION DES DIPTERES ET DE LA QUALITE D'EAU DE L'OUED EL HAI (BATNA, BISKRA).** Communication orale au 3<sup>ème</sup> congrès international des populations et des communautés aquatiques (CIPCA) du 3 au 6 octobre 2009 à El Goléa, Algérie.

BEBBA N., ARIGUE S. F., HAFIANE M. & ARAB A. (2009).- **BIODIVERSITE ET DISTRIBUTION DES LARVES D'EPHEMEROPTERES DANS L'OUED ABDI (BATNA, BISKRA).** Communication orale au 3<sup>ème</sup> congrès international des populations et des communautés aquatiques (CIPCA) du 3 au 6 octobre 2009 à El Goléa, Algérie.

HAFIANE M., BEBBA N., ARIGUE S. F. & ARAB A. (2009).- **VARIATION SPATIO-TEMPORELLE DES DIPTERES DANS L'OUED EL ABIOD (REGION DES AURES).** Communication affichée au 3<sup>ème</sup> congrès international des populations et des communautés aquatiques (CIPCA) du 3 au 6 octobre 2009 à El Goléa, Algérie.

BEBBA N., ARIGUE S. F., HAFIANE M. & ARAB A. (2010).- **ETUDE SAISONNIERE DES EPHEMEROPTERES D'OUED EL ABIOD (BISKRA-BATNA).** Communication affichée au 21<sup>ème</sup> Forum International des Sciences Biologiques du 15 au 18 Mars 2010 à Mahdia, Tunisie.

ARIGUE S. F., BEBBA N., HAFIANE M. & ARAB A. (2010).- **ETUDE DE LA QUALITE DE L'EAU ET INVENTAIRE DES FAMILLES DE DIPTERES D'OUED**

**EL HAI (BATNA, BISKRA).** Communication orale au VII<sup>ème</sup> Conférence Internationale Francophone d'Entomologie du 5 au 10 juillet 2010 à Louvain-la-Neuve, Belgique.

BEBBA N., ARIGUE S. F., HAFIANE M. & ARAB A. (2010).- **DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DES LARVES D'EPHEMEROPTERES DANS L'OUED ABDI (BATNA, BISKRA).** Communication orale au VII<sup>ème</sup> Conférence Internationale Francophone d'Entomologie du 5 au 10 juillet 2010 à Louvain-la-Neuve, Belgique.

HAFIANE M., BEBBA N., ARIGUE S. F. & ARAB A. (2010).- **ADAPTATION D'UN INDICE BIOLOGIQUE POUR L'EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX DE L'OUED EL HARRACH.** Communication orale au VII<sup>ème</sup> Conférence Internationale Francophone d'Entomologie du 5 au 10 juillet 2010 à Louvain-la-Neuve, Belgique.

BEBBA N., ARIGUE S. F., HAFIANE M. & ARAB A. (2010).- **REPARTITION SPATIO-TEMPORELLE DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES DE L'OUED ABDI (ALGERIE).** Communication orale au 1<sup>ère</sup> Conférence Internationale Sur la "Biodiversité de l'Environnement aquatique: vers un monde divers et soutenable" du 13 au 15 Décembre 2010 à Hôtel Meridien, Lattakia, Syrie.

ARIGUE S. F., BEBBA N., HAFIANE M. & ARAB A. (2011).- **A STUDY OF WATER QUALITY OF AN ALGERIAN STREAM WITH PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS.** Poster communication in The 2011 International Conference on Water, Energy and Environment November 14-17, 2011 – Sharjah, United Arab Emirates

BEBBA N., ARIGUE S. F., HAFIANE M. & ARAB A. (2011).- **DETERMINATION OF THE WATER QUALITY OF WADI ABDI EFFECT FROM THE SPACE-TIME DISTRIBUTION OF BENTHIC MACROINVERTEBRATES, AND ANALYSIS PHYSICO-CHEMICAL (ALGERIA).** Poster communication in The 2011 International Conference on Water, Energy and Environment November 14-17, 2011 – Sharjah, United Arab Emirates.

HAFIANE M., ARIGUE S. F., BEBBA N., & ARAB A. (2011).- **CONTRIBUTION DES EAUX COURANTES DANS LA BIODIVERSITE ENTOMOLOGIQUE (CAS D'OUED EL HARRACH).** Communication affichée au Séminaire International sur la protection des végétaux. ENSA d'El Harrach du 18 au 21 avril 2011.

BEBBA N., ARIGUE S. F., HAFIANE M. & ARAB A. (2013).- **DETERMINATION DE LA QUALITE D'EAU D'OUED EL ABIOD (ALGERIE) A PARTIR DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES.** Communication affichée au 4<sup>ème</sup> Edition du Congrès International : Eau, Déchets et Environnement. Agadir, 18- 20 Décembre 2013, Maroc.

ARIGUE S. F., BEBBA N., ARAB A. (2014).- **QUALITE DES EAUX DES DEUX OUEDS APPARTIENNENT AU GRAND BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE CHOTT MELGHIR (ALGERIE).** (2014).-Communication affichée au II<sup>ème</sup> Congrès de l'AT-BVBR le 18 au 20 Mars 2014, Hôtel Itropika– Tabarka, Tunisie.

BEBBA N., ARIGUE S. F., ARAB A. (2014).- **EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX DE L'OUED EL ABIOD (ALGERIE)**. Communication affichée au II<sup>ème</sup> Congrès de l'AT-BVBR le 18 au 20 Mars 2014, Hôtel Itropika– Tabarka, Tunisie.

ARIGUE S. F., BEBBA N., BELQAT B. & ARAB A. (2014).- FAUNE SIMULIDIENNE (DIPTERA: SIMULIIDAE) D'OUED EL HAI A L'EST ALGERIEN. Communication orale au VIII<sup>ème</sup> Conférence Internationale Francophone d'Entomologie du 23 au 27 juin 2014 à El Hammamet, Tunisie.

BEBBA N., ARIGUE S. F., ARAB A. & EL ALAMI M. (2014).- **EPHEMEROPTERES DES AURES (ALGERIE): TAXONOMIE, DIAGNOSE SYSTEMATIQUE, BIOGEOGRAPHIE ET ECOLOGIE** Communication orale au VIII<sup>ème</sup> Conférence Internationale Francophone d'Entomologie du 23 au 27 juin 2014 à El Hammamet, Tunisie.

ARIGUE S. F., BEBBA N. & ARAB A. (2015).- **A COMPARATIVE STUDY OF WATER QUALITY BETWEEN TWO STREAMS IN AURES (ALGERIAN EAST)**. Poster presentation presentation at the 2015 International Conference on Water, Energy and Environment (ICWEE 2015) taking place 24-26 March 2015, at the American University of Sharjah, Sharjah, UAE.

BEBBA N., ARIGUE S. F., ARAB A. & EL ALAMI M. (2015).- **WATER QUALITY OF THE WADI EL ABIOD (ALGERIA)** Oral presentation at the 2015 International Conference on Water, Energy and Environment (ICWEE 2015) taking place 24-26 March 2015, at the American University of Sharjah, Sharjah, UAE.

BEBBA N., EL ALAMI M., ARAB A. & ARIGUE S. F. (2015).- **BIODIVERSITY AND LONGITUDINAL DISTRIBUTION OF EPHEMEROPTERA (INSECTA) IN THE WADI ABDI (REGION OF AURES, ALGERIA)** Poster presentation at XVI International Conference on Ephemeroptera and XVIII International Symposium on Plecoptera 31/05-5/6/2015, Aberdeen, Scotland.

ARIGUE S. F., BELQAT B., BEBBA N., & ARAB A. (2016).- **SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF BLACK FLIES (DIPTERA: SIMULIIDAE) IN THE ABDI RIVER BASIN (AURÈS - ALGERIA)**. Poster presentation at VII International Simuliidae Symposium, from 5th to 8th September 2016, Zaragoza, Spain.

# Sommaire

Remerciements.....	i
Dédicace.....	iii
ملخص.....	iv
Résumé.....	v
Abstract.....	vi
Liste des travaux.....	vii
Liste des figures.....	xiv
Liste des tableaux.....	xvi
Liste des abréviations.....	xvii
<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>6</b>
1. Caractères généraux des Diptères.....	6
2. Morphologie .....	6
2.1. Œuf .....	7
2.2. Larve .....	7
2.3. Nymphe .....	8
2.4. Adulte .....	9
3. Biologie .....	9
4. Ecologie.....	10
4.1. Habitat .....	10
4.2. Régime alimentaire .....	10
5. Nuisance .....	11
6. Systématique .....	12
6.1. Nématocères .....	12
6.2. Brachycères .....	12
6.2.1. Brachycères orthorrhaphes .....	12
6.2.2. Brachycères cyclorrhaphes.....	13
<b>Chapitre II : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE.....</b>	<b>14</b>
1. Cadre physique de la zone d'étude (Aurès).....	14
2. Réseaux hydrographiques étudiés .....	15
2.1. Oued El Haï .....	15
2.2. Oued Abdi .....	17
2.3. Oued El Abiod.....	20
3. Données climatiques générales .....	23
3.1. Températures .....	23
3.2. Précipitations .....	24
3.3. Humidité relative de l'air .....	25
3.4. Vent .....	26
3.5. Synthèse climatique.....	26
3.5.1. Diagramme ombrothèrmique de GAUSSEN et BAGNOULS.....	26
3.5.2. Climagramme d'EMBERGER .....	28
<b>Chapitre III : MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>30</b>
1. Description des cours d'eaux et des stations étudiées .....	30
2. Méthodologie .....	38
2.1. Etude de la faune .....	38
2.1.1. Calendrier des prélèvements.....	38
2.1.2. Techniques de prélèvement .....	38
2.1.3. Tri et détermination .....	38

2.1.4. Traitement des données faunistiques.....	39
2.1.4.1. Etude indicielle.....	39
2.1.4.2. Traitement statistiques des Données .....	42
2.2. Etude de la qualité physico-chimique des eaux.....	43
2.2.1. Paramètres physiques .....	43
2.2.2. Paramètres chimiques .....	46
2.2.3. Traitement statistiques des Données .....	48

## **Chapitre IV : RESULTATS ET DISCUSSION-ETUDE FAUNISTIQUE 49**

1. Résultats .....	49
1.1. Liste taxonomique .....	49
1.1.1. Famille Chironomidae .....	51
1.1.1.1. Sous-famille Chironominae.....	52
1.1.1.2. Sous-famille Orthoclaadiinae.....	52
1.1.2. Famille Simuliidae.....	52
1.1.3. Famille Ceratopogonidae.....	54
1.1.3.1. Sous-famille Leptoconopinae.....	55
1.1.3.2. Sous-famille Forcipomyinae.....	55
1.1.3.3. Sous-famille Dasyheleinae .....	55
1.1.3.4. Sous-famille Ceratopogoninae .....	55
1.1.4. Famille Tabanidae .....	56
1.1.4.1. Sous-famille Tabaninae.....	56
1.1.4.2. Sous-famille Chrysopsinae.....	57
1.1.5. Famille Stratiomyidae.....	57
1.1.6. Famille Rhagionidae.....	58
1.1.6.1. Sous-famille Chrysopilinae .....	58
1.1.7. Famille Athericidae .....	58
1.1.8. Famille Ephydridae .....	58
1.1.8.1. Sous-famille Ephydrinae .....	58
1.1.8.1. Sous-famille Gymnomyzinae .....	58
1.1.9. Famille Anthomyiidae .....	59
1.1.10. Famille Tipulidae.....	59
1.1.11. Famille Limoniidae .....	59
1.1.11.1. Sous-famille Chioneinae.....	60
1.1.11.2. Sous-famille Limoniinae .....	60
1.1.12. Famille Psychodidae.....	60
1.1.12.1. Sous-famille Psychodinae.....	60
1.1.13. Famille Empididae.....	61
1.1.13.1. Sous-famille Clinocerinae.....	61
1.1.13.2. Sous-famille Hemerodromiinae .....	61
1.1.14. Famille Dolichopodidae .....	62
1.1.15. Famille Culicidae.....	62
1.1.15.1. Sous-famille Culicinae .....	62
1.1.15.2. Sous-famille Anophelinae .....	63
1.1.16. Famille Chaoboridae.....	63
1.1.17. Famille Dixidae .....	63
1.2. Analyse de la composition faunistique globale .....	63
1.2.1. Abondance des familles et des taxons .....	64
1.2.2. Fréquence des taxons recensés .....	66
1.3. Analyse de la composition faunistique par oued .....	68
1.3.1. Variation spatiale.....	68
1.3.1.1. Richesse taxonomique .....	68
1.3.1.2. Abondance des familles.....	69

1.3.1.3. Abondance des taxons .....	71
1.3.1.4. Fréquence des taxons par oued .....	75
1-3-2-Variation temporelle .....	77
1.3.2.1. Richesse spécifique.....	77
1.3.2.2. Abondance relative .....	78
1. 4. Etude indicielle de la diversité taxonomique.....	79
1.4.1. Etude indicielle globale .....	79
1.4.2. Variation spatiale de la diversité .....	80
1.4.2.1. Indice de Shannon et Weaver (H') .....	80
1.4.2.2. Indice d'Equitabilité de Pielou (E) .....	81
1.4.2.3. Indice de Simpson (D').....	81
1.4.2.4. Indice de similarité de Sorensen (I <sub>s</sub> ).....	83
1.4.3. Variation temporelle de la diversité.....	84
1.4.3.1. Indice de Shannon et Weaver (H') .....	84
1.4.3.2. Indice d'Equitabilité de Pielou (E) .....	84
1.4.3.3. Indice de Simpson (D').....	84
1.5. Répartition spatio-temporelle des Diptères dans les trois oueds .....	86
1.5.1. Variation spatio-temporelle des Diptères dans l'oued El Abiod .....	86
1.5.2. Variation spatio-temporelle des Diptères dans l'oued Abdi .....	89
1.5.3. Variation spatio-temporelle des Diptères dans l'oued El Haï .....	92
1.6. Biotypologie des réseaux hydrographiques des bassins versants étudiés .....	95
1.6.1. Oued El Abiod.....	95
1.6.2. Oued Abdi .....	98
1.6.3. Oued El Haï .....	101
1.6.4. Biotypologie globale des Diptères.....	104
1.7. Influence des paramètres physico-chimiques sur la répartition des Diptères .....	106
2. Discussion .....	108

## **Chapitre V : RESULTAS ET DISCUSSION- QUALITE DE L'EAU .... 118**

1. Résultats .....	118
1.1. Nature des eaux des oueds étudiés .....	118
1.1.1. Oued El Haï .....	118
1.1.1.1. Température de l'eau .....	118
1.1.1.2. Potentiel hydrogène (pH).....	118
1.1.1.3. Oxygène dissous.....	119
1.1.1.4. Conductivité électrique.....	120
1.1.1.5. Salinité.....	120
1.1.1.6. Potentiel redox (Eh).....	120
1.1.1.7. Matière en suspension (MES).....	121
1.1.1.8. Vitesse du courant .....	121
1.1.1.9. Calcium (Ca <sup>+2</sup> ).....	121
1.1.1.10. Magnésium (Mg <sup>+2</sup> ) .....	121
1.1.1.11. Nitrites (Azote nitreux).....	122
1.1.1.12. Nitrates .....	122
1.1.1.13. Chlorures .....	122
1.1.1.14. Sulfates .....	122
1.1.1.15. Phosphores.....	123
1.1.1.16. Bicarbonates .....	123
1.1.2. Oued Abdi .....	123
1.1.2.1. Température de l'eau .....	123
1.1.2.2. Potentiel hydrogène (pH).....	123
1.1.2.3. Oxygène dissous.....	124
1.1.2.4. Conductivité électrique.....	124
1.1.2.5. Salinité.....	124

1.1.2.6. Potentiel redox (Eh).....	124
1.1.2.7. Matière en suspension (MES).....	124
1.1.2.8. Vitesse du courant .....	125
1.1.2.9. Calcium (Ca <sup>+2</sup> ).....	125
1.1.2.10. Magnésium (Mg <sup>+2</sup> ) .....	125
1.1.2.11. Nitrites (Azote nitreux).....	125
1.1.2.12. Nitrates .....	125
1.1.2.13. Chlorures .....	126
1.1.2.14. Sulfates .....	126
1.1.2.15. Phosphores.....	126
1.1.2.16. Bicarbonates .....	126
1.1.3. Oued El Abiod .....	126
1.1.3.1. Température de l'eau.....	126
1.1.3.2. Potentiel hydrogène (pH).....	127
1.1.3.3. Oxygène dissous.....	127
1.1.3.4. Conductivité électrique.....	127
1.1.3.5. Salinité.....	127
1.1.3.6. Potentiel redox (Eh).....	127
1.1.3.7. Matière en suspension (MES).....	128
1.1.3.8. Vitesse du courant .....	128
1.1.3.9. Calcium (Ca <sup>+2</sup> ).....	128
1.1.3.10. Magnésium (Mg <sup>+2</sup> ) .....	128
1.1.3.11. Nitrites (Azote nitreux).....	128
1.1.3.12. Nitrates .....	128
1.1.3.13. Chlorures .....	129
1.1.3.14. Sulfates .....	129
1.1.3.15. Phosphores.....	129
1.1.3.16. Bicarbonates .....	129
1.2. Etude typologique des réseaux hydrographiques .....	130
1.2.1. Oued El Haï .....	130
1.2.1.1. Variabilité spatiale de la qualité physico-chimique.....	130
1.2.1.2. Classification des stations en fonction de leur qualité physico-chimique .....	132
1.2.2. Oued Abdi .....	132
1.2.2.1. Variabilité spatiale de la qualité physico-chimique.....	132
1.2.2.2. Classification des stations en fonction de leur qualité physico-chimique .....	134
1.2.3. Oued El Abiod .....	135
1.2.3. 1. Variabilité spatiale de la qualité physico-chimique.....	135
1.2.3.2. Classification des stations en fonction de leur qualité physico-chimique .....	137
1.3. Etude typologique globale de la qualité physico-chimique des eaux des 3 oueds .....	138
2. Discussion .....	141
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>146</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>149</b>
<b>Annexe</b>	

# Liste des figures

Figure	Titre	Page
<b>Figure 2.1.</b>	Carte de la situation de la région des Aurès (GARAH <i>et al.</i> , 2016).	14
<b>Figure 2.2.</b>	Localisation et situation des trois bassins versants étudiés.	16
<b>Figure 2.3.</b>	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Batna durant les deux années d'études	27
<b>Figure 2.4.</b>	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Biskra durant les deux années d'études	28
<b>Figure 2.5.</b>	Situation des régions de Batna et Biskra dans le climagramme d'EMBERGER (Données climatiques 1995-2008)	29
<b>Figure 3.1.</b>	Localisation des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued El Haï.	32
<b>Figure 3.2.</b>	Photos des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued El Haï (originales).	33
<b>Figure 3.3.</b>	Localisation des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued Abdi.	34
<b>Figure 3.4.</b>	Photos des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued Abdi (originales).	35
<b>Figure 3.5.</b>	Localisation des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued El Abiod.	36
<b>Figure 3.6.</b>	Photos des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued El Abiod (originales).	37
<b>Figure 4.1.</b>	Représentation de l'abondance globale des Diptères dans les trois oueds étudiés.	63
<b>Figure 4.2.</b>	Représentation de l'abondance des familles des Diptères dans les trois oueds.	65
<b>Figure 4.3.</b>	Représentation de l'abondance des taxons des Diptères dans les trois oueds.	65
<b>Figure 4.4.</b>	Représentation de la richesse taxonomique par oued.	68
<b>Figure 4.5.</b>	Distribution spatiale de la richesse spécifique des Diptères par oued.	69
<b>Figure 4.6.</b>	Distribution spatiale des abondances relatives des taxons des Diptères dans les stations de l'oued El Abiod.	73
<b>Figure 4.7.</b>	Distribution spatiale des abondances relatives des taxons des Diptères dans les stations de l'oued Abdi.	74
<b>Figure 4.8.</b>	Distribution spatiale des abondances relatives des taxons des Diptères dans les stations de l'oued El Haï.	75
<b>Figure 4.9.</b>	Variation temporelle de la richesse taxonomique globale.	77
<b>Figure 4.10.</b>	ACP des paramètres physico-chimiques de l'oued El Haï.	78
<b>Figure 4.11.</b>	Variation saisonnière de l'abondance relative par station.	79
<b>Figure 4.12.</b>	Valeurs des indices de diversité calculés dans la région d'étude.	80
<b>Figure 4.13.</b>	Variation spatiale de l'indice de diversité de Shannon-Weaver,	82
<b>Figure 4.14.</b>	Variation spatiale de l'indice d'Equitabilité.	82
<b>Figure 4.15.</b>	Variation spatiale de l'indice de Simpson	82
<b>Figure 4.16.</b>	Variation temporelle de l'indice de diversité de Shannon-Weaver	85
<b>Figure 4.17.</b>	Variation temporelle de l'indice d'Equitabilité.	85
<b>Figure 4.18.</b>	Variation temporelle de l'indice de Simpson.	85
<b>Figure 4.19a.</b>	Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued El Abiod (2008).	87
<b>Figure 4.19b.</b>	Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued El Abiod (2009).	88
<b>Figure 4.20a.</b>	Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued	90

	Abdi (2008).	
<b>Figure 4.20b.</b>	Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued Abdi (2009).	91
<b>Figure 4.21a.</b>	Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued El Haï (2008).	93
<b>Figure 4.21b.</b>	Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued El Haï (2009).	94
<b>Figure 4.22a.</b>	AFC de la typologie de l'oued El Abiod (stations).	96
<b>Figure 4.22b.</b>	AFC de la typologie de l'oued El Abiod (taxons).	97
<b>Figure 4.23a.</b>	AFC de la typologie de l'oued Abdi (stations).	98
<b>Figure 4.23b.</b>	AFC de la typologie de l'oued Abdi (taxons).	100
<b>Figure 4.24a.</b>	AFC de la typologie de l'oued El Haï (stations).	102
<b>Figure 4.24b.</b>	AFC de la typologie de l'oued El Haï (taxons).	103
<b>Figure 4.25a.</b>	AFC de la biotypologie globale des Diptères : (stations)	105
<b>Figure 4.25b.</b>	AFC de la biotypologie globale des Diptères : (taxons).	105
<b>Figure 4.26.</b>	ACC : paramètres mésologiques, espèces et stations des cours d'eaux d'Aurès.	107
<b>Figure 5.1a.</b>	ACP des paramètres physico-chimiques de l'oued El Haï.	131
<b>Figure 5.1b.</b>	ACP des stations de l'oued El Haï.	131
<b>Figure 5.2.</b>	Classification hiérarchique des stations de l'oued El Haï sur la base des valeurs des paramètres physico-chimiques	132
<b>Figure 5.3a.</b>	ACP des paramètres physico-chimiques de l'oued Abdi.	134
<b>Figure 5.3b.</b>	ACP des stations de l'oued Abdi	134
<b>Figure 5.4.</b>	Classification hiérarchique des stations de l'oued Abdi sur la base des valeurs des paramètres physico-chimiques	135
<b>Figure 5.5a.</b>	ACP des paramètres physico-chimiques de l'oued El Abiod.	136
<b>Figure 5.5b.</b>	ACP des stations de l'oued El Abiod.	136
<b>Figure 5.6.</b>	Classification hiérarchique des stations de l'oued El Abiod sur la base des valeurs des paramètres physico-chimiques	137
<b>Figure 5.7a.</b>	ACP des paramètres physico-chimiques des 3 oueds étudiés.	138
<b>Figure 5.7b.</b>	ACP des stations des 3 oueds étudiés.	139
<b>Figure 5.8.</b>	Classification hiérarchique de toutes les stations étudiées.	140

# Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
<b>Tableau 2.1.</b>	Températures moyennes mensuelles enregistrées à Batna et à Biskra durant la période d'étude (ONM, 2012).	24
<b>Tableau 2.2.</b>	Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Batna et à Biskra durant la période d'étude (ONM, 2012).	25
<b>Tableau 2.3.</b>	Humidité relative moyennes mensuelles enregistrées à Batna et à Biskra durant la période d'étude (ONM, 2012).	25
<b>Tableau 2.4.</b>	Vitesse du vent moyenne mensuelle enregistrée à Batna et à Biskra durant la période d'étude (ONM, 2012).	26
<b>Tableau 2.5.</b>	Les valeurs de Q d'EMBERGER	28
<b>Tableau 3.1.</b>	Caractéristiques des stations prospectées à oued El Haï.	30
<b>Tableau 3.2.</b>	Caractéristiques des stations prospectées à oued Abdi.	31
<b>Tableau 3.3.</b>	Caractéristiques des stations prospectées à oued El Abiod.	31
<b>Tableau 3.4.</b>	Classification de la vitesse du courant selon l'échelle de BERG (DECAMPS, 1971)	44
<b>Tableau 3.5.</b>	Classes de minéralisation d'après la conductivité (RODIER <i>et al.</i> , 2009).	45
<b>Tableau 4.1.</b>	Liste taxonomique des Diptères récoltés	49
<b>Tableau 4.2.</b>	Effectifs, Abondances relatives et Fréquences des Diptères recensés dans les 3 oueds (AR% : Abondance relative, F% : Fréquence)	66
<b>Tableau 4.3.</b>	Nombre d'individus ( $n_i$ ), abondance relative (AR%) et fréquence (F%) des taxons recensés par oued	70
<b>Tableau 4.4.</b>	Classification des taxons par oued en fonction de leur fréquence.	76
<b>Tableau 4.5.</b>	Valeurs de l'indice de similarité entre les stations de l'oued El Abiod	83
<b>Tableau 4.6.</b>	Valeurs de l'indice de similarité entre les stations de l'oued Abdi	83
<b>Tableau 4.7.</b>	Valeurs de l'indice de similarité entre les stations de l'oued El Haï.	84
<b>Tableau 5.1.</b>	Répartition de l'inertie entre les deux axes (F1x F2) (oued El Haï).	131
<b>Tableau 5.2.</b>	Répartition de l'inertie entre les deux axes (F1x F2) (oued Abdi).	133
<b>Tableau 5.3.</b>	Répartition de l'inertie entre les deux axes (F1x F2) (oued El Abiod).	136

# Liste des abréviations

<i>Abréviations</i>	<i>Illustrations</i>
O	Oued
St	Station
Br	Branis
Dj.	Djemourah
Mn	Menâa,
Nd	Nouader
Th	Teniet El Abed
In.	Inoughissen
Ar	Arris
Tf	Tifelfel
Gh	Ghoufi
M'ch	M'chouneche
Fg	Foum El Gherza
Til	Tilatou
Fed	Fedhalah
Moy.	Moyenne
°C	Degré Celsius
Jan	Janvier
Fev	Février
Mar	Mars
Avr	Avril
Jui	Juin
Juil	Juillet
Août	Août
Sep	Septembre
Oct	Octobre
Nov	Novembre
Déc	Décembre
ONM	Office national de la météorologie
Mm	Millimètre
Tab.	Tableau
Fig.	Figure
P.	Précipitation
T.	Température annuelle
Al.	Altitude
Lat.	Latitude
Long.	Longitude
Lar.	Largeur
Pr.	Profondeur
Vég.	Végétation
Sub.	Substrat
Vit	Vitesse du courant
M	Mètre
Cm	Centimètre
A.F.C.	Analyse factorielle des correspondances
C.A.H.	Classification ascendante hiérarchique
Sp	Espèce inconnue
AR.	Abondance relative

F	Fréquence
H'	Indice de Shannon-Weaver
E	Equitabilité
ANOVA1	Analyse de variance à un facteur
ACC	Analyse Canonique des Correspondances
ACP	Analyse en Composantes Principales
CE	Conductivité
MES	Matière en suspension
Sal	Salinité
OD	Oxygène dissout
Mbl	<i>Metacnephia blanci</i>
gr. Or	<i>Simulium</i> gr. ornatum
gr. Au	<i>Simulium</i> gr. aureum
Sps	<i>Simulium pseudequinum</i>
Sru	<i>Simulium ruficorne</i>
Sve	<i>Simulium velutinum</i>
Sse	<i>Simulium sergenti</i>
Orth	Orthoclaadiinae
Tany	Tanytarsini
Chir	<i>Chironomus</i> sp
Das	<i>Dasyhelea</i> sp
Cer	Ceratopogoninae
For	Forcipomyinae
Lep	<i>Leptoconops</i> sp
Dol	Dolichopodidae
Ant	Anthomyiidae
Cha	Chaoboridae
Dix	Dixidae
Cul	<i>Culex</i> sp
Ano	<i>Anopheles</i> sp
Atr	Athericidae
Str	Stratiomyiidae
Chry	<i>Chrysopilus</i> sp
Tab	<i>Tabanus</i> sp
Sil	<i>Silvius</i> sp
Chps	<i>Chrysops</i> sp
Atyl	<i>Atylotus</i> sp
Hyb	<i>Hybomitra</i> sp
Heam	<i>Heamatopota</i> sp.
Tip	<i>Tipula</i> sp
Yam	<i>Tipula (Yamatotipula)</i> sp.
Acu	<i>Tipula (Acutipula)</i> sp.
Psy	<i>Psychoda</i> sp
Ton	<i>Tonnoiriella</i> sp.
Ul	<i>Ulomyia</i> sp.
Chl	<i>Chelifera</i> sp.
Cli	<i>Clinocera</i> sp
Wied	<i>Wiedemannia</i> sp.
Set	<i>Setacera</i> sp
Och	<i>Ochtera</i> sp
Ephy	<i>Ephydra</i> sp

Rhab	<i>Rhabdmastix</i> sp
Dic	<i>Dicranomyia</i> sp

# *Introduction générale*

# Introduction générale

L'eau est une ressource vitale pour tous les êtres vivants, mais est aussi devenue, avec l'accroissement de l'activité anthropique, le récepteur et le vecteur d'un bon nombre de substances polluantes (KOSMALA, 1998). Son analyse ne peut être complète sans une évaluation de ses qualités en tant que telles. Il est souvent nécessaire de connaître la qualité non pas de l'eau prise isolément, mais du milieu aquatique dans son ensemble (GENIN *et al.*, 2003). La qualité des eaux d'un hydrosystème dépend de nombreux facteurs et processus environnementaux. Elle est définie plus particulièrement par les caractéristiques géomorphologiques (altitude, pente...), pédologiques et géologiques (origine et nature des terrains) et anthropiques (degré d'urbanisation, activités industrielles, agricoles...) du bassin versant.

Les cours d'eau constituent des écosystèmes d'eau courante (écoulement perpétuel) partie d'un hydrosystème, milieux hétérogène abritant une grande diversité de communautés d'êtres vivants (GENIN *et al.*, 2003). L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau. Les indicateurs physico-chimiques de la qualité de l'eau sont souvent assujettis à des variations spatio-temporelles induites par les activités anthropiques qui modifient les caractéristiques de l'eau et ils affectent sa qualité (KARROUCH et CHAHLAOUI, 2009). Ces caractéristiques physico-chimiques de l'eau conditionnent celles des biocénoses aquatiques d'un point de vue structurel et fonctionnel (VOELZ et MCARTHUR, 2000). Les modifications structurelles et fonctionnelles des communautés constituent des témoins de perturbations et sont à l'origine des outils de bioindication utilisés par les gestionnaires des milieux aquatiques (MADIGOU, 2005).

L'analyse des paramètres physicochimiques d'une eau ne donne de celle-ci qu'un état instantané de ses qualités. Les communautés benthiques, contrairement aux analyses chimiques, intègrent les qualités de l'eau et des sédiments sur de longues périodes, de quelques semaines (algues) à quelques mois (macrophytes et macroinvertébrés). Les communautés benthiques sont des observatoires permanentes du milieu, et leur étude donne une idée assez correcte de la qualité de l'eau et du substrat (ANGELIER, 2000). De ce fait, les macroinvertébrés sont de bons bioindicateurs en raison de leur sédentarité, de leur grande

diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat (MOISAN et PELLETIER, 2008). Cette grande diversité de formes confère à ce groupe une grande diversité de réponses potentielles aux perturbations, ce qui fait de ce groupe de bons candidats pour la bioévaluation (ROSENBERG et RESH, 1993). En outre, ils sont facilement prélevables et la taxonomie est bien connue. Les macroinvertébrés sont donc un groupe très fréquemment utilisé (FRIEDRICH *et al.*, 1992; BONADA *et al.*, 2006). Certains indices sont fondés sur l'ensemble des macroinvertébrés et d'autres sont basés sur des groupes particuliers. Citons les trois principaux groupes utilisés : les Oligochètes, les Chironomidae (Diptères) et les Mollusques (GENIN *et al.*, 2003).

En comparaison avec les données chimiques, le contrôle biologique offre un moyen relativement abordable de mesure environnementale pour l'évaluation de la dégradation des habitats aquatiques et de la perte de la diversité biologique induite par les perturbations anthropiques (HYNES, 1960 ; HAWKES, 1979, KARR, 1991). La surveillance biologique des communautés benthiques est aujourd'hui l'outil le plus sensible pour détecter de façon rapide et précise les perturbations dans les biocénoses aquatiques (CAIRNS et PRATT, 1993 ; CUMMINS, 1993).

Dans ce contexte, nous avons choisi un groupe faunistique d'une grande importance, celui des Diptères. L'ordre des Diptères constitue l'un des groupes les plus abondants de la faune benthique des cours d'eau. L'écologie des Diptères est extrêmement variée ; le plus souvent, larves et adultes ont des comportements très différents. Les nombreuses espèces prédatrices, parasites ou hématophages confèrent aux Diptères une grande importance en entomologie agricole, médicale ou vétérinaire ; certaines espèces sont des vecteurs de graves maladies et causent une source de nuisance que ce soit pour l'Homme ou les bétails. Les Diptères sont parmi les principaux groupes utilisés dans la bioévaluation des milieux aquatiques, en particulier la famille des Chironomidae. Cette famille est caractérisée par un grand nombre d'espèces dont la polluosensibilité est très variable. L'indice chironomidien de Bazerque, LAVILLE et BROUQUET (1989) utilise 24 espèces indicatrices, certaines permettent d'évaluer les pollutions moyennes à élevées et d'autres sont plus polluo-sensibles permettent d'évaluer les milieux de moyenne et bonne qualité (ANGELIER, 2000).

Dans le monde, beaucoup de travaux sur les diptères ont été entrepris depuis ceux de MEIGEN (1800). Nous citons les plus anciens tels que ceux de STROBL (1909a et 1909b) et de KIEFFER (1925) sur les diptères nématocères piqueurs, SENEVET (1935) sur les *Anopheles* de la France, notons également les travaux de SEGUY (1950) sur la biologie des

Diptères, PAL ARADI (1958) sur les Tabanidae de la Hongrie, THOMAS (1979a et 1979b) sur les Dixidae de la France. WIRTH (1954 et 1978) sur les Ephydriidae et les Ceratopogonidae du California, MATILE (1989) s'est approfondi sur l'étude de la biologie et systématique des diptères de l'Europe occidentale, LOBINSKE *et al.* (1996) et LANGTON et CASAS (1999) sur les chironomes, WAGNER (1987) sur les Psychodidae, VAILLANT (1964, 1966, 1967) sur l'utilisation de certains Diptères comme des bioindicateurs, VAILLANT et VINÇON (1986) sur les Empididae des Pyrénées et CROSSKEY (1969, 1970, 1981, 1991) sur les Simuliidae de l'Afrique, l'Angleterre et la région paléarctique. Et parmi les plus récents ceux de : SANSEVERINO et NESSIMIAN (2001) sur les Chironomes, PAPE *et al.* (2011), REUSCH et OOSTERBROEK (1997) sur les Limoniidae et Pediciidae, CROSSKEY et HOWARD (1997), ADLER et CROSSKEY (2011, 2013, 2016) sur les Simuliidae du monde, OOSTERBROEK (2007) sur la biologie des Diptères d'Europe.

En Afrique du nord et au Maghreb plusieurs travaux ont été réalisés, nous citons les plus anciens ceux de : SURCOUF (1913), SEGUY (1930), GAUD (1953), GRENIER et THEODORIDES (1953), SENEVET et ANDERELLI (1960, 1963a, 1963b, 1964a, 1964b, 1964c et 1966), LECLERCQ (1968), CLERGUE-GAZEAU *et al.* (1991), BAILLY-CHOUMARA *et al.* (1970), BAILLY-CHOUMARA et BEAUCOURNU-SAGUEZ (1978, 1981), BOUZIDI et GIUDICELLI (1986, 1989), BOUMAIZA et CLERGUE-GAZEAU (1986), THOMAS (1979b), GIUDICELLI et BOUZIDI (1989), BOUZIDI (1989), TRARI (1991). Plus récemment les travaux de : GIUDICELLI *et al.* (2000), BELQAT (2000, 2002), BELQAT et ADLER (2001), BELQAT *et al.* (2001a, 2001b, 2005, 2008), BELQAT et DAKKI (2004), KETTANI *et al.* (2001), KETTANI et LANGTON (2011, 2012), DHOUBI (2002), CORNELIU *et al.* (2006), CORNELIU et ZAHARIA (2007), HIMMI (2007), EL IMRANI et KETTANI (2016), EL HAOUARI et KETTANI (2014a, 2014b), BOULAABA *et al.* (2014), AFZAN et BELQAT (2016), DRIAUAACH *et al.* (2013), DRIAUAACH et BELQAT (2015a, 2015b), DRIAUAACH et BELQAT (2016), EL HARYM et BELQAT (2017), YIMLAHI et BELQAT (2017).

En Algérie, les travaux sur les Diptères avaient commencé depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle dont nous citons à titre d'exemple : EDWARDS (1923), PARROT (1949), VAILLANT (1952, 1954), SATCHELL (1955), SENEVET et ANDARELLI (1955, 1959). Généralement, les recherches sont consacrées à un genre ou à une espèce bien précise mais rarement à l'ensemble ou à plusieurs familles de Diptères. Nous mentionnons les travaux de GAGNEUR et CLERGUE-GAZEAU (1988) sur les simulies, ceux de LOUNACI *et al.* (2000a, 2000b) sur

les macroinvertébrés, de LOUNACI (2003) sur le Culicidae, les études de MOUBAYED *et al.* (1992, 2007) sur les chironomes, et celles de BENDALI (2006) qui a révélé l'importance écologique et pathologique des Culicidae. Les travaux de KHARI (1987) et BOUNAMOUS (2010) se sont effectués sur les phlébotomes de l'Est Algérien. BELAZZOUG et MAHZOUL (1986) se sont intéressés aux phlébotomes du Hoggar. TAMALOUST (2007) a étudié les Nématocères dans l'algérois, MESSAI *et al.* (2011), se sont intéressés à la diversité biologique des phlébotomes dans la région de MILA. Plus récemment nous mentionnons les travaux de CHAIB *et al.* (2011, 2013) sur les chironomes, ceux de CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.* (2012, 2014), de CHERAIRIA *et al.* (2014), et finalement, les travaux de ADLER *et al.* (2015) et CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS (2016) sur les simulies. Mais la majorité de ces études se sont limitées à des régions du nord de l'Algérie et ne couvrent pour autant pas tout le territoire algérien. Pour remédier à cette lacune et dans le souci de contribuer à améliorer nos connaissances sur les Diptères des autres régions d'Algérie, nous avons réalisé cette présente étude dans trois cours d'eau de la région d'Aurès de l'Est du pays, non encore explorée et qui appartient à l'étage bioclimatique semi-aride et aride.

Notre étude s'est focalisée sur les objectifs suivants :

- ✓ La caractérisation physico-chimique des eaux de trois cours d'eau de la région des Aurès et la réalisation d'un suivi des variations spatio-temporelles des différents paramètres physico-chimiques visant à mettre le point sur l'état de la qualité des eaux de ces oueds.
- ✓ La détermination de la composition taxonomique globale du peuplement diptérien essentiellement des points de vue : structure, abondance et distribution spatio-temporelle afin de contribuer à l'évaluation de la biodiversité de la région.
- ✓ L'établissement des typologies, physico-chimiques et faunistique propres à notre région d'étude et la recherche des liens possibles entre les deux compartiments physicochimiques et faunistique.

Pour répondre à ces principaux objectifs, cette étude sera structurée en cinq chapitres :

- Le premier présente un aperçu général sur la morphologie des Diptères, sur leurs caractères généraux, leur biologie, leur écologie et leur systématique.
- Le deuxième sera réservé à la présentation de la région d'étude (Aurès), à sa situation géographique, et aux descriptions des caractéristiques géographiques, géologiques, pédologiques, hydrologiques et climatiques des trois oueds étudiés.

- Le troisième sera consacré à la présentation de la méthode d'approche utilisée et à la démarche méthodologique pour la réalisation des prélèvements de l'eau et de la faune, et des analyses physico-chimiques, à la détermination des taxons et à l'analyse des données.
- Le quatrième fait référence à l'analyse des résultats de la qualité physico-chimique des eaux dans les différentes stations, de l'évolution spatio-temporelle des différents paramètres et à la discussion de nos résultats.
- Le cinquième porte sur l'étude de la biodiversité des Diptères, de leur distribution spatio-temporelle, de leur écologie et de la biotypologie de ce peuplement ; l'intérêt sera porté sur l'influence des paramètres physico-chimiques sur la répartition de nos taxons, avec la discussion des résultats.

Enfin, nous terminerons notre travail de recherche par une conclusion générale.

# *CHAPITRE I*

## CHAPITRE I : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

La majorité des macroinvertébrés d'eau douce appartient à la classe des insectes. Les Diptères constituent l'ordre le plus important après les Coléoptères (TACHET *et al.*, 2006). Il présente 120000 espèces environ réparties en 120 familles. Ces insectes mécoptéroïdes sont remarquables par l'évolution progressive qui affecte parallèlement l'imago et la larve et qui conduit à partir d'un type aussi primitif que le moustique à une forme aussi évoluée que la mouche (BEAUMONT et CASSIER, 2006).

On distingue deux sous-ordres dont la dénomination repose sur la structure des antennes des adultes. Le plus primitif est représenté par le sous-ordre des Nématocères, chez qui les antennes, même courtes comme chez les Simuliidae, sont toujours constituées de plus de trois articles, et le sous-ordre des Brachycères, plus évolués, chez qui les antennes sont toujours constituées de trois articles.

Comme les Coléoptères, la plupart des Diptères sont terrestres ; les familles adaptées exclusivement à la vie aquatique sont peu nombreuses (Blephariceridae, Ptychopteridae, Chaoboridae, Culicidae, Dixidae, Simuliidae et Thaumaleidae) ; dans les autres familles, seuls quelques genres d'une famille ont des larves en milieu aquatique, la majorité des autres genres étant terrestres (TACHET *et al.*, 2006).

### 1. Caractères généraux des Diptères

Ces insectes, comme leur nom l'indique, ne possèdent qu'une paire d'ailes qui est mésothoracique. Les ailes métathoraciques sont très réduites et transformées en une paire d'organes en forme d'altère, nommés balanciers. Corrélativement le dernier segment thoracique est réduit.

Les trois paires de pattes sont dans la majorité des cas bien développées et possèdent des tarsi de cinq articles. Les pièces buccales des imagos sont primitivement de type suceur. Chez les Diptères hématophages, certaines d'entre elles sont transformées en stylets ou en lames vulnérantes aptes à percer la peau de l'hôte. Le développement est de type holométabole ; c'est à dire à métamorphose complète. Les larves sont de forme variée, possèdent ou non une tête différenciée mais sont toujours dépourvues de pattes thoraciques articulées.

Le mode de vie des adultes est terrestre, tandis que les larves vivent dans des milieux très variés selon les familles et les espèces considérées (ELOUARD, 1981).

### 2. Morphologie et anatomie

Chez les Diptères adultes, le corps est divisé en trois parties comme chez tous les insectes (tête, thorax et abdomen). Les larves sont toujours dépourvues de pattes articulées

(apodes) mais possèdent parfois des excroissances (pseudopodes) qui facilitent leurs déplacements. Les nymphes sont libres, elles peuvent être mobiles ou immobiles. Certaines d'entre elles sont enfermées dans une enveloppe dure appelée puparium. Cette enveloppe correspond à la dernière mue larvaire.

### 2.1. Œuf

La plupart des larves de Diptères proviennent d'un œuf, même quand la femelle donne naissance à une larve. La coquille de cet œuf peut être de consistance très différente, toujours mince, quelquefois rigide et cassante, molle ou extrêmement dure, souvent couverte de sculptures en relief (SEGUY, 1923).

Les Diptères sont ovipares, leurs œufs sont en général d'une couleur blanche ou jaunâtre, mais leur configuration est loin d'être uniforme. Ils sont allongés ou conoïdes; ovales ou oblongs globuleux enfin, hémisphériques et munis d'un bourrelet circulaire.

### 2.2. Larve

Chez les diptères, les larves désignées sous le nom de vers ou d'Asticots, Elles se caractérisent par l'absence de pattes thoraciques articulées (TACHET *et al.*, 2010).

Ces dernières peuvent être fonctionnellement remplacées par des pseudopodes ou des bourrelets locomoteurs (en milieu aquatique, il existe également des larves apodes c'est-à-dire dépourvues de pattes thoraciques). La capsule céphalique est, soit bien individualisée (larves eucéphales), soit partiellement sclérifiée et rétractile dans les premiers segments thoraciques (larves hémicéphales), ou encore totalement régressée (larves acéphales) et rétractile dans les premiers segments thoraciques. Chez les Brachycères (sauf les Stratiomyidae), les mandibules sont articulées, la partie distale est transformée en crochet dont les déplacements sont verticaux. Les antennes chez les Nématocères sont courtes, composées de un à six articles; chez les Brachycères, elles sont souvent réduites à des papilles. Chez les Nématocères, outre les mandibules, il peut y avoir des prémandibules qui dérivent du labre; ces prémandibules sont bien développées chez les Simuliidae. Les yeux sont réduits à des taches oculaires ou absentes (certaines larves acéphales) (TACHET *et al.*, 2010).

Le corps comprend de onze à quinze segments dont les trois premiers correspondent aux trois segments thoraciques. Il peut y avoir des fusions secondaires réduisant le nombre de segments. Sauf chez quelques familles (par exemple, les Psychodidae), il n'y a pas de plaque sclérifiée sur les différents segments (thoraciques ou abdominaux), les téguments sont généralement membraneux; ces téguments sont imprégnés de calcaire chez les Stratiomyidae. La respiration peut se faire directement à travers les téguments (larves Apneustiques) (par exemple, les Chironomidae), ou par l'intermédiaire de branchies

trachéennes comme chez les Tipulidae et certains Limoniidae, ou exceptionnellement grâce à des branchies sanguines chez Chironomus (Chironomidae). Certaines larves présentent uniquement des stigmates postérieurs (larves métapneustiques) comme chez les Tipulidae, d'autres larves (comme les Stratiomyidae) ont en outre des stigmates antérieurs (larves amphipneustiques). Chez les Ptychopteridae et les Tabanidae, les stigmates postérieurs s'ouvrent à l'extrémité d'un siphon ; ce dernier qui s'ouvre à la surface peut être pourvu d'une rosette de soies hydrofuges (cas des Stratiomyidae et de certains Psychodidae) (TACHET *et al.*, 2010).

La vie des larves non parasites ne présente pas de manifestations intéressantes et semble être fréquemment sous la dépendance de tropismes. La plupart sont nettement hygrophiles, quelques-unes cependant recherchent les endroits absolument secs. Le régime, à peu près uniforme dans une même famille, est parfois différent d'un groupe à l'autre (SEGUY, 1923).

### 2.3. Nymphe

La nymphe est une forme de passage de la larve à l'imago dont l'organisation est intermédiaire entre celle des deux états, cette forme de passage amène les différents organes de la larve à l'état définitif qui s'adaptent avec le mode de vie de l'imago. Les parties les plus spécialisées de la larve disparaissent totalement. Les pièces chitineuses du squelette sont rejetées, les parties molles seront utilisées après une digestion convenable. Les organes les plus spécialisés de l'imago s'édifient à nouveau ; en outre un certain nombre de cellules ou d'organes communs à la larve et à l'imago persistent, plus ou moins profondément modifiés (SEGUY, 1950).

Elle est libre chez les Nématocères, enfermée dans la dernière exuvie larvaire chez de nombreux Brachycères. Chez les Chaoboridae et les Culicidae, la nymphe est mobile ; elle présente des palettes natatoires à l'extrémité de l'abdomen. Chez de nombreuses familles, il existe des processus respiratoires plus ou moins ramifiés portés par le thorax (par exemple, les Simuliidae et les Chironomidae) ou même l'abdomen (certains Empididae). Les nymphes sont soit aquatiques et mobiles (comme chez les Culicidae ou les Chironomidae), soit aquatiques et fixées au substrat (Simuliidae et Blephariceridae), soit aquatiques et peu mobiles (certaines espèces d'Empididae et de Psychodidae), soit enfin terrestres ; dans ce cas, la larve de dernier stade sort de l'eau et effectue sa mue nymphale en milieu terrestre humide (généralement près des rives) (TACHET *et al.*, 2010).

## 2.4. Adulte

Chez les diptères adultes, la tête est très mobile, les yeux sont généralement grands et occupent la majeure partie de la tête. Trois ocelles en triangle sont souvent présents sur le vertex. Les antennes ont une taille et une configuration très variable selon les familles, les genres et les espèces (MARTINEZ, 2013).

Les ailes postérieures sont transformées en organe d'équilibration « le balancier », ce balancier est soit non protégé (notamment chez les Nématocères) ou partiellement protégé par une sorte d'écaille (le cuilleron) chez les Brachycères. L'appareil buccal est de type lécheur (majorité des Diptères) ou lécheur-piqueur (Simuliidae, Leptoconopinae et Tabanidae) ou piqueur (Culicidae). Certaines espèces sont prédatrices d'autres invertébrés terrestres ; c'est notamment le cas des Rhagionidae, de certains Ceratopogonidae et des Empididae (TACHET *et al.*, 2010).

Les Nématocères possèdent des antennes filiformes ou moniformes comprenant 5 à 40 articles ; elles sont toujours plus long que la tête et ne portent ni stylet ni arista.

Les Brachycères ont des antennes courtes, formées de 3 articles, le dernier article porte une longue soie, nommée arista, ou un stylet plurisegmenté.

Les yeux des diptères sont généralement bien développés. Ils sont dioptiques lorsqu'ils sont séparés et haloptiques lorsqu'ils se rejoignent sur la ligne médiane. Le vertex porte généralement 3 ocelles.

Les Diptères ont pour caractéristique de posséder de nombreuses soies, dont la présence ou l'absence, l'inclination et l'orientation sont utilisées pour la classification.

L'abdomen comprend primitivement 11 segments, mais le nombre de segments apparents est beaucoup plus réduit, par suite de la fusion des segments basaux et du télescopage des segments terminaux ; les génitalia des mâles sont utilisés pour la reconnaissance des espèces (DELVARE et ABERLENC, 1989).

## 3. Biologie

La reproduction est toujours de type sexué, il y a des cas de parthénogenèse chez certains Chironomides. Le rapprochement entre les sexes peut donner lieu à la formation d'essaims comprenant parfois des milliers d'individus (cas de certains Chironomides). La vie imaginaire est en général courte, mais les capacités de vol sont importantes, ce qui assure une large dispersion des adultes. Les œufs sont soit pondus dans l'eau en une masse unique au sein d'une matrice gélatineuse (cas de certains Chironomidae et Ceratopogonidae), soit pondus isolément à la surface de l'eau mais rassemblés ensuite en une seule masse par des phénomènes de tension superficielle (cas des pontes flottantes des Anophelinae). Beaucoup de

Brachycères pondent sur des supports situés au-dessus de l'eau, les larves tombent à l'eau ou elles poursuivront leur développement (c'est le cas notamment des Athericidae, des Stratiomyidae et des Tabanidae) (TACHET *et al.*, 2010). Le nombre d'œufs pondus est très variable, de quelques centaines à quelques milliers.

La durée du cycle vital est très variable : de quelques semaines chez les Culicidae et les Chironomidae à un ou deux ans pour certains Tabanidae. Beaucoup d'espèces sont monovoltines, quelques-unes polyvoltines. Il y a en général quatre stades larvaires, sept chez les Simuliidae (TACHET *et al.*, 2010).

## 4. Ecologie

### 4.1. Habitat

Les Diptères ont colonisé le monde entier, des régions subarctiques aux régions subantarctiques; ils sont particulièrement diversifiés dans les régions tropicales.

Les larves des diptères évoluent dans les milieux les plus variés. De nombreuses espèces sont aquatiques, certaines étroitement accrochées aux pierres, ne vivent que dans les cours d'eau rapides (Blépharocérides) dans les torrents ou les eaux absolument immobiles (chironomides, culicides), dans les liquides acides ou en état de fermentation alcoolique (Drosophilides) ou contenant des substances en décomposition (*Eristalis*) ou excrémentielles (*Fannia*), dans l'urine (*Teichomyza*), dans l'eau salée (Stratiomyiides, Ephydrides, Culicides) ou fortement minéralisée (*Coenia*), ou dans le pétrole (*Psilopa*).

De nombreuses espèces évoluent dans l'eau froide, d'autres se développent dans l'eau glacée (chironomides) ou dans les eaux thermales nombreux Tipuliformes. (SEGUY, 1950).

Dans un cours d'eau, les Diptères se rencontrent aussi bien dans des zones à courant très vif (Bléphariceridae et Simuliidae) que dans les zones hygropétriques (madicoles) (Dixidae et Thaumaleidae) ou que dans des milieux stagnants (Culicidae et Chaoboridae). Les larves de *Chaoborus* (Chaoboridae) sont les seules larves d'insectes à présenter une adaptation à la vie planctonique. De nombreuses espèces ont un comportement fouisseur ; c'est le cas notamment des larves de Limoniidae du genre *Hexatoma*, des larves de Ceratopogonidae et des larves de Tabanidae (TACHET *et al.*, 2010).

### 4.2. Régime alimentaire

Le régime alimentaire des larves de Diptères est très varié. Il y a des formes broyeuses détritivores (Tipulidae), des formes racleuse de substrat (certains Chironomidae), des formes filtreuses (Simuliidae, certains Chironomidae, Culicidae, Syrphidae), des formes prédatrices (par exemples : les Tanypodinae, les Chaoboridae, les Athericidae etc. Les larves de Diptères, et plus particulièrement les Chironomides, constituent une source de nourriture importante

pour les autres invertébrés et les poissons. En milieu aérien, là encore, ce sont les Chironomides qui constituent la principale source de nourriture notamment pour les oiseaux et les Chiroptères (TACHET *et al.*, 2010).

Le régime des Diptères adultes est peu connu, si l'on excepte les familles Hématophages, certaines Mouches qui habitent les maisons et celles qui importunent les animaux domestiques. Les Empides, les Asilides, les Dolichopodidés, les Scatophagides et les Cordylurides sont des Mouches prédatrices qui chassent les petits insectes. Cependant, les Empides comme les Bombylides, se rencontrent aussi très fréquemment sur les fleurs; Comme ces derniers, beaucoup de Diptères sont floricoles et on peut rencontrer pendant la belle saison, sur les fleurs, les feuillages et les herbes, des représentants de toutes les familles (SEGUY, 1923).

## 5. Nuisance

Vis-à-vis de l'homme, les adultes de Diptères peuvent constituer une source de nuisance soit en raison de leur pullulation (les chironomides notamment), soit parce qu'ils appartiennent à des groupes dont les femelles ont un régime hématophage : Culicidae, Leptoconopinae, Simuliidae et Tabanidae (TACHET *et al.*, 2010). Par ailleurs, Certaines familles de diptères ont un intérêt positif comme les Chironomidae, qui constituent, à l'état larvaire, une source de nourriture pour de nombreux poissons et autres insectes aquatiques (Odonates, Trichoptères et Hémiptères) (DEJOUX, 1981), ou utilisées comme indicateurs biologiques de pollution (ARMITAGE et BLACKBURN, 1985 ; PASCOE *et al.*, 1989 ; GERHART et JANSSENS DE BISTHOVEN, 1995).

Parmi les nombreux groupes d'insectes piqueurs, les Culicidae sont, sans doute, les plus connus et les plus redoutés tant pour le désagrément causé par leurs piques que par les maladies parasitaires qu'ils peuvent inoculer pendant leur repas sanguin. L'étude des insectes piqueurs-suceurs de sang, a pris un intérêt de premier ordre lorsque les scientifiques furent convaincus qu'ils étaient des agents vecteurs d'un grand nombre de maladies infectieuses de l'homme et des animaux (SENEVET et ANDARELLI, 1956).

D'autres espèces constituent un sérieux problème dans d'autres domaines, notamment le secteur agricole. C'est le cas des mouches des légumes qui détruisent les récoltes. Les dégâts sont très variables selon la culture, le lieu et la période, atteignent souvent la totalité de la production (VAYSSIERES, 1999 ; RYCKEWAERT *et al.*, 2010)

Malgré leur fréquente nocivité pour l'homme, les mouches jouent un rôle important dans l'équilibre de la nature. Elles transportent le pollen de plante en plante. Elles constituent

également un maillon important de la chaîne alimentaire, car elles accélèrent la décomposition des cadavres des animaux, des excréments et des végétaux.

## 6. Systématique

La systématique des diptères est difficile. On distingue environ 120 familles. L'ordre de Diptères se partage en deux sous-ordres : les Nématocères ou Némocères, appelés aussi Macroceres, puis les Brachycères ou Brachycères (ROBERT, 2001). La classification des Diptères s'appuie d'abord sur la forme des antennes et sur la manière de naître de la puppe. C'est ainsi que l'on distingue les nématocères des brachycères et à l'intérieur de ces derniers les brachycères orthorraphes et des brachycères cyclorraphes.

### 6.1. Nématocères

Le sous-ordre réunit des formes terrestres et des formes aquatiques. Leurs larves ont toujours une tête bien individualisée (larves dites eucéphales). Les adultes ont des antennes longues, à multiples articles filiformes. Leurs palpes sont formés généralement de 3 à 5 articles.

Ce sous-ordre est divisé en 4 groupes (Tipuliformes, Bibioniformes, Culiciformes et Blépharoceriformes) répartis en plusieurs sous-familles (DHOUBI, 2002). Parmi le sous-ordre des Nématocères, treize familles principales ont leurs larves inféodées aux différents milieux dulçaquicoles qui vont des milieux d'eaux courantes (Blépharocéidae, Simuliidae, Chironomidae) aux milieux d'eaux stagnantes (Chironomidae, Chaoboridae, Culicidae, Dixidae) et aux milieux d'eaux croupissantes (Psychodidae). De nombreuses familles comprennent des espèces hématophages, vectrices de zoonoses ou d'anthroponoses, et qui jouent un grand rôle économique ou entraînent des nuisances (ELOUARD, 1981).

### 6.2. Brachycères

Ils ont les antennes courtes, faites de peu d'articles, les palpes dressés, le corps en général plus court et plus épais que celui des Nématocères. Les larves, eucéphales chez les Brachycères primitifs, sont acéphales chez les autres; elles possèdent dans la partie antérieure du corps deux crochets, arqués et dentés, représentant ce qui reste des pièces buccales; les stigmates sont rejetés à l'extrémité postérieure du corps.

#### 6.2.1. Brachycères orthorraphes

Les brachycères orthorraphes naissent par une fente dorsale et longitudinale qui s'ouvre sur la puppe. Leurs palpes maxillaires ont deux articles. Leurs antennes sont plantées sur une plaque post frontale.

Les larves sont le plus souvent vermiformes présentant ou non des appendices ambulatoires non articulés. Elles sont eucéphales, hémicéphales ou acéphales, cependant la

tête lorsqu'elle est différenciée est rétractile ou partiellement rétractile. Quatre familles possèdent des représentants dont les larves sont aquatiques ou sub-aquatiques. Ce sont les Stratiomyidae, les Tabanidae, les Rhagionidae et les Dolichopodidae. Ces larves colonisent les collections d'eaux stagnantes ou croupissantes telles que les mares, les étangs, les creux d'arbres, etc. (ELOUARD, 1981).

### **6.2.2. *Brachycères cyclorraphes***

Les brachycères cyclorraphes naissent par une ouverture circulaire de la partie antérieure de leur puppe. Leurs palpes maxillaires sont multiarticulés. Leurs antennes possèdent trois articles et une soie articulée.

Les larves sont vermiformes et acéphales. Les mandibules sont réduites à des crochets buccaux mobiles verticalement et s'articulant sur un squelette céphalique interne. Les larves subissent trois mues. La dernière exuvie servant de puppe à la nymphe. L'éclosion se fait par une fente circulaire du côté de la tête. Quatre familles possèdent des représentants aquatiques. Ce sont les Syrphidae, les Chloropidae, les Ephydridae et les Empididae (ELOUARD, 1981).

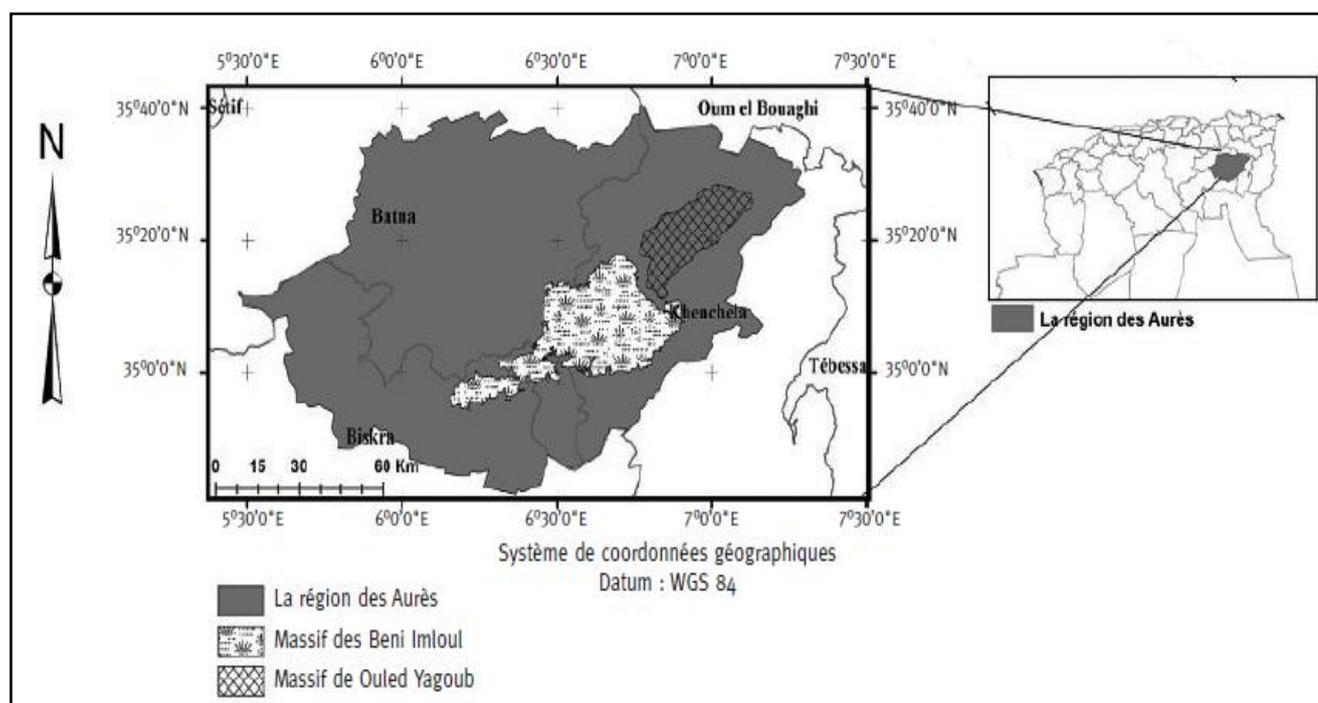
# *CHAPITRE II*

## CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

### 1. Cadre physique de la zone d'étude (Aurès)

En Algérie, les Aurès correspondent à la partie orientale du bassin atlasique, qui comprend, à l'ouest, le haut Atlas marocain et se prolonge à l'est dans la dorsale tunisienne. Le massif des Aurès est essentiellement constitué par un ensemble des chaînons parallèles dirigés sud-ouest nord-est (BUSSON, 1900). Il est limité par les coordonnées géographiques  $35^{\circ}10' - 35^{\circ}30'$  de latitude nord et  $6^{\circ}30' - 7^{\circ}10'$  de longitude est. (Fig. 2.1)

Les cours d'eau de la chaîne des Aurès font partie du bassin des chotts sahariens Melghir et Rasra (BLAYAC, 1899 ; MITARD, 1941). Ces cours d'eau sont généralement temporaires, ils s'écoulent principalement pendant la saison de pluie. Les précipitations sont fortes et irrégulières, critère climatique représentatif des régions arides et semi-arides.



**Figure 2.1.** Carte de la situation de la région des Aurès (GARAH *et al.*, 2016).

Dans ce travail, nous étudions trois cours d'eau de la région des Aurès appartenant au grand bassin hydrologique du chott Melghir. Ce bassin s'étend sur une superficie de 68750 km<sup>2</sup> et est situé à environ 300 km de la mer. Il se situe dans la zone de transition entre le domaine atlasique et le domaine saharien. Les oueds étudiés sont oued El Haï, oued Abdi et oued Abiod qui appartiennent à deux wilayas Batna en amont et Biskra en aval.

## **2. Réseaux hydrographiques étudiés**

### **2.1. Oued El Haï**

#### **2.1.1. Localisation géographique**

Le bassin versant de l'oued El Haï se situe dans le piedmont Sud des Aurès ; il est limité au nord par le bassin versant des Hauts plateaux constantinois ; à l'Est par le bassin versant de l'oued Abdi ; à l'ouest par le bassin versant de Chott El Hodna (RERBOUDJ, 2005).

L'oued El Haï prend son origine sur les flancs d'Atlas Saharien, qui à son tour prend sa naissance du confluent des deux oueds : oued Fedhala issue du djebel Ich Ali (1815 m) et l'oued Tilatou qui descend des monts de Bellezma (2091 m) et coule dans la direction SE-NO (BELAGOUNE, 2012).

Administrativement, oued El Haï se situe entre les wilayas de Batna et Biskra, avec une latitude de 35° 5' 53" et 35° 35' 21" Nord et une longitude comprise entre 5° 30' et 6° 17' 36" Est. (Fig.2.2).

#### **2.1.2. Topographie**

D'après RERBOUDJ (2005), les chaînes de montagnes caractérisant le bassin versant de l'oued El Haï ont une orientation NE-SO, avec une décroissance d'altitude du nord vers le sud. On cite quelques exemples :

Les monts de Belezma au nord (Djebel Tuggurt 2091 m), les monts de Metlili à l'ouest (1496 m), Djebel Bous au sud (1789 m) et à l'est Ras Elkrouch (1508 m), Djebel El Malou (2091 m) etc.

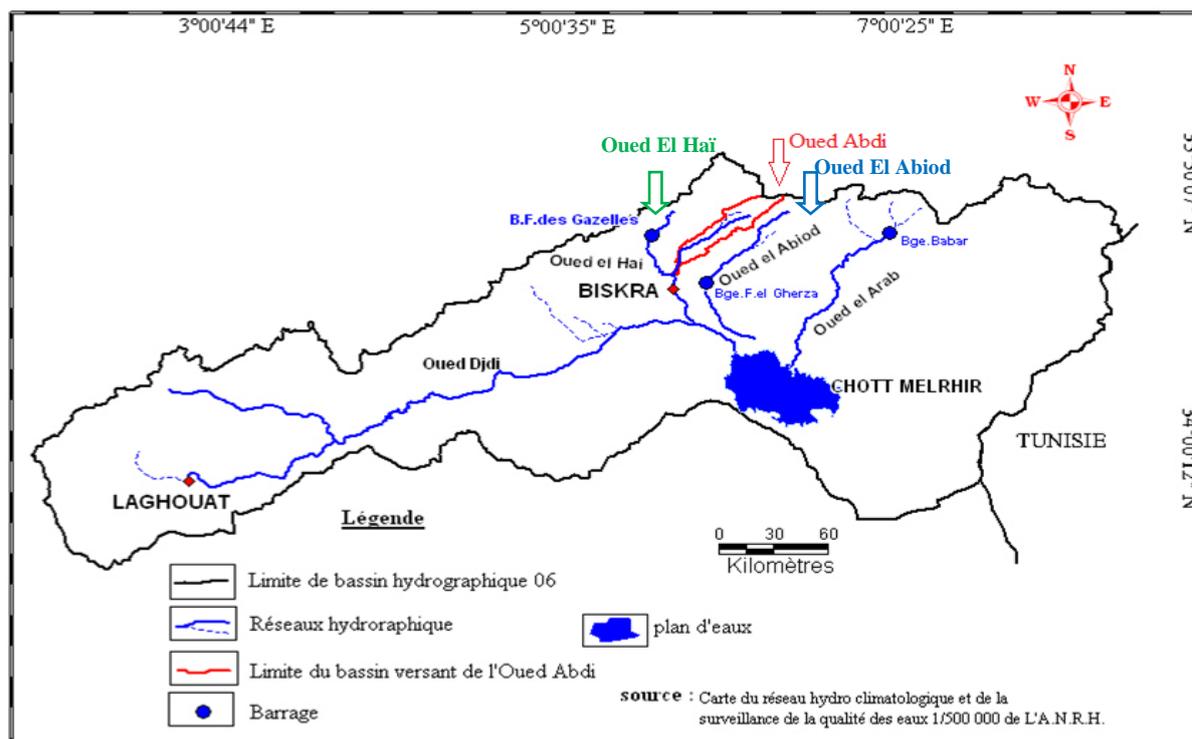
Les piedmonts constituent la plus grande partie du bassin. Concernant les plaines, on distingue deux dans cette région : une entre Batna et Ain Touta et l'autre entre El Kantara jusqu'au barrage Fontaine des gazelles le long de l'oued El Haï.

#### **2.1.3. Géologie**

La géologie des terrains influe non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine mais également sur le ruissellement des surfaces.

Selon BELAGOUNE (2012) le bassin de l'oued El Haï, est caractérisé par une formation gréseuse épaisse de plusieurs dizaines de mètres, elle débute par quelques bancs de grés relativement tendres bruns rosâtres à petits galets, qui alternent avec des marnes gréseuses rosâtres.

Les formations à perméabilité moyenne sont formées de calcaires du cénomanién supérieur et les formations dolomitiques, ainsi que les marnes du miocène. Elles appartiennent



**Figure 2.2.** Localisation et situation des trois bassins versants étudiés (BAALA, 2012).

approximer de déchera Tilatou (extrémité Nord du Djebel Metlili), la vallée de l'oued Fedhala.

Ainsi les formations à forte perméabilité telles les conglomérates et les brèches du miocène marin, dont les éléments généralement très grossiers sont soudés entre eux par un ciment calcaire bio détritiques fin, laissant subsister autour d'eux des rives ; ces formations occupent le Nord d'El Kantara.

#### 2.1.4. Pente

La pente est l'inclinaison d'une surface exprimée en degrés ou en pourcentage par rapport au plan de l'horizon. Le bassin versant de l'oued El Haï est caractérisé par des pentes moyennes à fortes. Les pentes faibles (0-3%) coïncident essentiellement avec les plaines et les terrasses fluviales ; occupant 20,17% de la superficie totale du bassin versant. Par contre, les pentes moyennes (4-12%) au niveau des piedmonts avec une surface de 22,79%. La classe (12,5-20%) de pente moyenne à forte est la plus dominante avec 48,84% de la superficie totale du bassin versant. Les pentes (20,5- 25%) les plus fortes s'étalent sur les crêtes des hautes altitudes (RERBOUDJ, 2005).

### **2.1.5. Hydrologie**

Dans les régions arides et semi-arides, les précipitations, étant caractérisées par de fortes irrégularités, ont généralement des effets dévastateurs et néfastes à travers les crues des cours d'eau (CHABOUR, 2006). Le régime hydrologique du bassin versant de l'oued El Haï se caractérise par l'irrégularité d'un mois à l'autre, et d'une année à l'autre. Les crues de fortes puissances d'automne et de printemps sont produites par des averses violentes (RERBOUDJ, 2005).

### **2.1.6. Climatologie**

Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant sur le régime d'un cours d'eau, ce sont les précipitations surtout liquides, qui constituent le facteur essentiel ; leur répartition annuelle et mensuelle, leur total journalier et surtout les averses génératrices des crues (BELAGOUNE, 2012). Les précipitations saisonnières de sous bassin amont sont concentrées essentiellement en automne et au printemps, par contre au niveau du sous bassin aval, les précipitations sont concentrées en automne et hiver. Les températures augmentent du nord vers le sud du bassin. Le bassin versant de l'oued El Haï est caractérisé par un climat semi-aride en amont et aride en aval (RERBOUDJ, 2005).

### **2.1.7. Couverture végétale**

La végétation joue un rôle essentiel dans la protection du sol, elle exerce une protection mécanique directe sur l'écoulement fluvial, en diminuant la force vive des eaux et en favorisant leur infiltration ; cette résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense (BELAGOUNE, 2012). Le couvert végétal du bassin versant de l'oued El Haï diffère entre plusieurs formes. Le nord du bassin est occupé par les forêts de cèdre, pin d'Alep, chêne vert et genévriers ; par les cultures des céréales et l'arboriculture et par des maquis dégradés. Le sud du bassin est une région aride caractérisé par des parcours sahariens.

### **2.1.8. Pédologie**

Les sols de la région d'étude sont généralement marno-calcaire en particulier dans les hautes montagnes, caractérisés par une texture grossière et grumeleuse. Les sols peu évolués se localisent dans la plaine d'Aïn Touta et autour de l'oued Tiltou. Les sols calcaires se situent sur les formations quaternaires autour des plaines.

## **2.2. Oued Abdi**

### **2.2.1. Localisation géographique**

Le bassin versant de l'oued Abdi est situé dans le piedmont Sud des Aurès ; il fait partie du grand bassin hydrographique de Chott Melhrir ; il est limité au Nord par le bassin

versant des hauts plateaux constantinois ; à l'Est par le bassin versant de l'oued El Abiod ; à l'Ouest par le bassin versant de l'oued Al Haiï (BAALA, 2012). (Fig. 2.2)

Le bassin est cadré par les coordonnées géographiques suivantes :

**Latitude** : 34° 92'39'' et 35° 35'81'' Nord.

**Longitude** : 5° 74'80'' et 6° 38'38'' Est

Oued Abdi prend sa source du Djebel Lazreg (1937 m) et Djebel Boutlarmine (2178m), il coule vers le Sud-ouest (BELAGOUNE, 2012).

### 2.2.2. Topographie

La morphologie de surface de la vallée de l'oued Abdi est caractérisée par des terrains accidentés qui sont limités par : Djebel El Mahmel au nord avec 2321 m d'altitude, à l'est Djebel El Azreg à 1937 m, à l'ouest nous trouvons Djebel Bousse avec 1789 m.

Les piedmonts s'installent entre les plaines et les montagnes. Les plaines s'étendent du nord-est vers le sud-ouest, elles sont entourées à l'ouest par Djebel Kromet El Dib de 1000 m d'altitude et à l'est par le Djebel El Azreg à 1937 m (BAALA, 2012).

### 2.2.3. Géologie

Les variations de faciès sont nombreuses ; à l'approche de la vallée de l'oued Abdi et du Flan nord-ouest du Djebel Azreg, nous observons une invasion de l'ensemble de la série Crétacé et tertiaire par des grés et les carbonates, ainsi que des éléments détritiques aux dépend des niveaux argilo-marneux (BAALA, 2012).

Tout au long de la vallée de l'oued Abdi, le Cénomaniens a une composition très uniforme, avec à la base des marnes peu fossilifères à empreintes de Céphalopodes, puis vers le sommet nous avons des marnes et des calcaires.

Au niveau de la vallée de l'oued Abdi, les masses calcaires du Turonien disparaissent au Nord Est, vers Menâa, sous le Miosène. Lorsque l'étage réapparaît, à partir de Chir et surtout la rive droite de l'oued Abdi, il est formé de la manière suivante : marne, calcaire et marne, coiffés au sommet par des bancs de calcaire massif d'environ 5 mètres d'épaisseur.

Le Miocène est représenté par de nombreux lambeaux conservés dans la vallée de l'oued Abdi, et les dépressions du vaste synclinal de Bouzina. Dans la commune de Menâa, il présente la succession suivante ; Conglomérats à éléments empruntés, pour la majeure partie au Trias sous – jacent, des galets, des marnes verdâtres et à un niveau moindre par un deux bancs de calcaire d'échelle métrique au sommet de la série (BAALA, 2012).

### 2.2.4. Pente

Après une déclivité d'environ une dizaine de km, la pente du bassin versant de l'oued Abdi devient très douce notamment après avoir reçu l'apport de l'oued Bouzina au niveau de

Menâa et poursuit sa descente jusqu'à Branis où il se perd dans les sables du présahara vers 500m d'altitude (MEHARZI, 2010).

Selon BAALA (2012), le bassin versant de l'oued Abdi est divisé en quatre classes de pente :

- ✓ **La classe 0-3 %** : occupe une superficie de 55.25 Km<sup>2</sup> soit 7.99 % du bassin versant.
- ✓ **La classe 3-12,5 %** : caractérise la zone des piedmonts avec une superficie de 229.65 Km<sup>2</sup> de la surface totale avec un pourcentage de 33.23 %.
- ✓ **La classe 12.5-25 %** : elle occupe une superficie très importante de 273.6 Km<sup>2</sup> de la surface totale du bassin versant avec un pourcentage de 39.59 %.
- ✓ **La classe plus de 25 %** : elle occupe une superficie de 132.5 Km<sup>2</sup> de la surface totale du bassin versant avec un pourcentage de 19.17 %.

### 2.2.5. Hydrologie

Oued Abdi est une vallée très encaissée, et comme tous les autres oueds de la région d'Aurès il prend son véritable importance qu'au moment des fortes pluies. Son principal affluent reste l'oued Bouzina qui prend naissance dans le synclinal du même nom. Ensuite et après écoulement d'environ 35 Km, il bifurque vers l'Est pour se jeter dans l'oued Abdi au niveau de Menâa à environ 900 m d'altitude (MEHARZI, 2010).

### 2.2.6. Climatologie

Le bassin versant de l'oued Abdi est soumis sous l'influence de deux régimes climatiques : le versant septentrional (Bouzina et Teniet El Abed) avec un climat semi-aride à hiver froid et le versant méridional (Menâa, Djemourah) dont le réseau hydrographique est plus développé avec un climat pratiquement saharien (climat aride à hiver tempéré) (BAALA, 2012).

### 2.2.7. Couverture végétale

La végétation est l'un des facteurs physiques qui a une influence directe sur l'écoulement pluvial et l'érosion hydrique des sols. Le bassin versant de l'oued Abdi présente une grande variété des formations végétales distribuées selon les caractéristiques climatiques du nord vers le sud.

Dans les monts de Dj. Azreg où le micro climat est subhumide on trouve les forêts de Cèdre et de Pin d'Alep, tandis que les versants de Dj. Mahmel, ils sont caractérisés par les forêts de Chêne vert aux abords de la région de Menâa.

L'intensité du couvert végétal est diminuée du nord vers le sud en raison de la différence d'altitude et l'exposition topographique.

A l'aval du bassin versant nous trouvons la végétation steppique présentée par l'Armoise et le genévrier de Phénicie (BAALA, 2012).

### **2.2.8. Pédologie**

La partie Sud du bassin (Djemourah et Branis) se caractérise par une profondeur importante, une charge caillouteuse moyenne (galets et caillou), une texture équilibrée sablo-limono- argileuse. Les sols calcaires humifères occupent une superficie important de 439.8 km<sup>2</sup> soit 63.64 % de surface totale du bassin, se situent au niveau des montagnes sous couvert forestier. Ils se distinguent par une charge caillouteuse élevée (cailloux et pierres).

La partie Est du bassin se caractérise par une texture limono- sablo- argileuse. Les carbonates y sont rares. La roche mère apparaitre beaucoup plus dans la partie Sud de la vallée de l'oued Abdi (BAALA, 2012).

## **2.3. Oued El Abiod**

### **2.3.1. Localisation géographique**

Le bassin versant de l'oued El Abiod est situé dans le versant sud de la partie oriental de l'Atlas Saharien, ce bassin versant est annexé au bassin hydrologique de chott Melghir. L'oued El Abiod prend sa source dans le massif des Aurès (monts Chélia 2326 m). Il se dirige dans une direction NE-SO vers le pré-Sahara. Il couvre une superficie de 1325 Km<sup>2</sup> (Fig. 2.2).

Le bassin est cadré par les coordonnées géographiques suivantes :

Latitude : 35° 6'16'' et 35° 10'44'' Nord.

Longitude : 6° 55'39'' et 6° 92'75'' Est.

### **2.3.2. Topographie**

La région d'étude est située sur la bordure méridionale du domaine atlasique plissé. Morphologiquement le bassin se présente comme une vallée allongée entre les grands reliefs de Djebel Azreg (1937 m) et Djebel Zellatou (1994 m) au nord et Djebel Ahmar Khaddou au sud. Le sous bassin prend naissance à Djebel Chélia (2326 m) et s'achève à la région de Droh, selon un axe orienté NE-SW. La majeure partie du bassin versant est constituée de pentes de la classe 12.5% - 25%, présentant 51.91% de la superficie du bassin versant, ce qui favorise plutôt le ruissellement des eaux de pluies (REZGUI, 2013).

### **2.3.3. Géologie**

La vallée de l'oued El Abiod, est appelée synclinal de Rhassira. Selon les travaux de LAFFITTE (1939), la région de l'oued El Abiod présente une série stratigraphique qui s'échelonne du Jurassique au Quaternaire faisant 6000 m d'épaisseur environs. Le Cénomaniens à lui seul fait 1000 m et le Sénonien 2000 m. Le Trias constitue les plus anciennes formations identifiées dans la région, est observé au niveau du pointement de

Djebel Ichemoul à Médina et à El Outaya. Il s'agit de diapirs présentant des argiles violacées azoïques.

Le fait remarquable dans ce contexte, c'est l'inexistante d'une formation géologique prédominante sur le bassin versant. Géologiquement le bassin versant est subdivisé en deux parties :

- La première partie comprise entre Djebel Chélia jusqu'au gorges de Tighanimine est occupée par les formations de la série suivante: Cénomaniens, Albien, Aptien, Barrémien, Sénonien, Turonien, qui contiennent généralement des calcaires massifs, des calcaires massifs à silex, marnes grises bleues ou marnes blanchâtres.
- La deuxième partie s'étend des gorges de Tighanimine jusqu'aux gorges de Foug El Gherza, et qui contiennent les formations suivantes : Damien, Le Nummulitique, Eocène inférieur et moyen, Eocène supérieur et Oligocène, Miocène inférieur, Miocène supérieur (HAMEL, 2009).

#### **2.3.4. Pente**

D'après MEHARZI (2010), le profil du bassin versant de l'oued El Abiod démontre la faible déclivité qui caractérise ce cours d'eau. Nous pouvons distinguer deux unités : la première depuis sa naissance (2300 m) jusqu'à la ville d'Arris à 1250 m où la pente enregistrée est de 1050 m/20 km soit 50 m tous les kilomètres. Après Arris, il suit son cours presque régulièrement à travers les différents milieux morphologiques de la partie méridionale de l'Aurès (les gorges de Tighanimine, Ghoufi,...) pour qu'enfin il soit endigué par le barrage de Foug El Gherza 90 km plus loin. La pente moyenne du bassin versant est de 22.74% (HAMEL, 2009).

#### **2.3.5. Hydrologie**

L'oued El Abiod qui est le drain naturel et le collecteur principal de la vallée s'étend sur une longueur de 85 km et c'est le plus important dans le massif des Aurès. La faible densité du réseau hydrographique s'explique par le fait que les terrains sont assez perméables. Son cours d'eau est dompté car celui-ci termine sa source dans un barrage appelé « Foug El Gherza ». Il coule parallèlement et parfois perpendiculairement aux axes des plis, en traversant les affleurements géologiques, mettant en reliefs les accidents transversaux qui affectent ces plis. Le débit de l'oued reste néanmoins tributaire des précipitations. Les variations de l'écoulement sont synchrones, particulièrement avec celles des précipitations et particulièrement dans la partie amont du bassin (REZGUI, 2013).

### 2.3.6. Climatologie

Le bassin de l'oued Abiod appartient à un domaine climatique semi-aride. En effet, l'influence du climat méditerranéen sur la région se limite à une étroite frange littorale, du fait de blocage, par une bande de chaînes montagneuses qui empêche la pénétration de ce climat vers l'intérieur, l'air tropical où règnent les hautes pressions, joue aussi un rôle de barrière à l'extension des coulis polaires vers le sud. La région se trouve donc dans une zone de transition entre deux milieux différents, un climat plus ou moins tempéré au nord et le climat tropical (désertique) au sud (REZGUI, 2013).

### 2.3.7. Couverture végétale

Le couvert végétal, est constitué principalement de forêts (cèdre, chêne vert, pin d'Alep et maquis), les vergers et jardins, cultures céréalière, cultures maraîchère de montagne intermittentes. Ce couvert végétale, vient ajouter son influence à celle de la géologie et la topographie pour accentuer la rapidité du ruissellement des eaux, l'évapotranspiration et la capacité de rétention du bassin, le reste présente des affleurements rocheux, sol très érodé, maigres végétation ou sol nu. Les parcours constitués d'étendus d'Alfa et de prairies, des terres improductives.

L'Arboricultures, spécialement la culture du pommier et l'abricotier est la principale activité de la population de la région pour sa rentabilité économique et les conditions pédologiques et climatiques favorables (HAMEL, 2009).

En général, la répartition végétale du bassin versant de l'oued Abiod se présente comme suit: une partie couverte représentant 42% de la superficie totale du bassin versant soit 54767 ha compris entre Djebel Chélia et les gorges de Tighanimine, d'une part et sur les montagnes de Ahmar-Kheddou et Djebel Takhmout d'autre part. Une deuxième zone qu'on peut qualifier de semi-aride ou aride représentant 58% de la superficie totale du bassin versant soit 74949 ha (REZGUI, 2013).

### 2.3.8. Pédologie

L'Aurès est formé, le plus souvent de calcaires datant du Crétacé et de l'Eocène. Il n'est pas surprenant de constater que, dans la plupart des sites, le sol soit argileux avec des blocs rocheux constitués de calcaires (BEGHAMI, 2013).

Dans le synclinal de Rhassira, le Maastrichtien est constitué d'une épaisse série carbonatée formée par des calcaires massifs (200 à 350 m), très fissurés et souvent productifs d'eau, formant un réservoir d'eau important, d'une bonne qualité. Viennent, ensuite, des calcaires phosphatés du Danien.

Le Paléocène est représenté par des calcaires contenant quelques bancs marneux. L'Eocène inférieur est formé de marnes blanches et des calcaires marneux à silex et nummulites. Le Lutétien est présenté par des calcaires à silex. Les terrains du Quaternaire sont rares et sont représentés par les éboulis aux pieds des montagnes et les terrasses des oueds.

Le bassin versant de l'oued Abiod est formé principalement de roches carbonatées fissurées et souvent karstifiées (HAMEL, 2009).

### **3. Données climatiques générales**

Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant sur le régime d'un cours d'eau, ce sont les précipitations surtout liquides, qui constituent le facteur essentiel intervenant par :

- Leur répartition annuelle et mensuelle, leur total journalier et surtout les averses génératrices des crues.
- Ces différents aspects des précipitations sont plus ou moins modifiés selon un effet combiné des autres paramètres physiques (altitude et exposition) et climatiques: la température l'évaporation l'évapotranspiration, les vents et l'humidité aussi ; des facteurs qui influent sur l'écoulement et le régime hydrologique du bassin (BELAGOUNE, 2012).

#### **3.1. Températures**

La température de l'air est un paramètre important qui régit les déperditions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration (BELAGOUNE, 2012).

Ce paramètre joue un rôle essentiel dans l'évaluation du déficit d'écoulement qui intervient dans l'estimation du bilan hydrologique (RIHANI, 2008).

##### **a. Batna**

Les températures moyennes mensuelles enregistrées en 2008 montrent que le mois le plus froid est décembre avec 5,6°C et le plus chaud est juillet avec 28,4°C. La température moyenne annuelle notée cette année est de 15,78°C. Par contre, durant l'année 2009, la température moyenne annuelle enregistrée est légèrement inférieure à celle de l'année précédente, elle est de 15,50°C. La température moyenne minimale est de 6,1°C notée au mois de février et la maximale au mois de juillet avec 29,6°C (Tab.2.1).

##### **b. Biskra**

La température moyenne annuelle notée durant 2008 est de 22,67°C. Nous observons que la température moyenne mensuelle minimale est de 10,9°C enregistrée au mois de décembre tandis que la température moyenne mensuelle maximale est notée au mois de juillet avec 36,2°C. En 2009, nous remarquons que la température moyenne annuelle est de 22,36°C,

où le mois le plus froid est janvier avec une moyenne mensuelle de l'ordre de 12°C et le mois le plus chaud est celui de juillet avec une moyenne de 36°C (Tab. 2.1).

**Tableau 2.1.** Températures moyennes mensuelles enregistrées à Batna et à Biskra durant la période d'étude (ONM, 2012).

Mois /Année		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy.
<b>Batna</b>	<b>2008</b>	6,4	7,9	9,9	14,6	19,3	22,7	28,4	26,8	22,2	16,2	9,4	5,6	<b>15,78</b>
	<b>2009</b>	6,2	6,1	9,5	11	17,6	23,6	29,6	26,7	20,4	15,3	10,8	9,4	<b>15,50</b>
<b>Biskra</b>	<b>2008</b>	12,1	13,3	17,8	22,6	26,6	30,8	36,2	34,4	29,6	22,5	15,3	10,9	<b>22,67</b>
	<b>2009</b>	12	12,1	16,2	18,7	26,3	32,1	36	34,8	27,1	23	16,9	13,2	<b>22,36</b>

### 3.2. Précipitations

Les précipitations mensuelles ou annuelles ne nous renseignent pas sur la vraie répartition des pluies dans le temps. Afin de mettre en évidence l'importance de celles-ci sur les différents domaines que sont le couvert végétal, le ruissellement, le drainage... les données sont d'une très grande importance notamment dans les pays maghrébins où se rencontrent les masses d'air chaud et les masses d'air froid provoquant ainsi des averses très souvent nuisible que profitable (MEHARZI, 2010).

#### a. Batna

L'année 2008 totalise 212,23 mm de précipitations dont le mois le plus pluvieux est celui de septembre avec une moyenne mensuelle de 39,9 mm. Tandis que la moyenne minimale est enregistrée au mois de février avec 1,02 mm (Tab. 2.2).

En revanche, l'année 2009 marque une quantité plus élevée en précipitations avec un total de 337,05 mm, dont le mois d'avril enregistre la moyenne mensuelle maximale avec 75,18 mm et le mois de juin enregistre la moyenne minimale avec 0,25 mm (Tab. 2.2).

#### b. Biskra

Durant l'année 2008, Biskra totalise 100,09 mm de précipitations, où elle rencontre plusieurs mois sans pluie (février, avril, juin, juillet et août) tandis que le mois de décembre est le plus pluvieux avec une moyenne mensuelle de 28,2 mm (Tab. 2.2).

Les précipitations annuelles totales enregistrées pendant 2009 sont de 133,61 mm dont le mois de janvier marque la moyenne mensuelle maximale avec 38,1 mm. Cependant, les précipitations nulles ont été notées durant trois mois (juin, août et octobre) (Tab. 2.2).

**Tableau 2.2.** Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Batna et à Biskra durant la période d'étude (ONM, 2012).

Mois/Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Année	
<b>Batna</b>	<b>2008</b>	6,1	1,02	35,3	9,4	8,13	10,79	19,05	17,76	39,9	26,43	22,1	16,25	<b>212,23</b>
	<b>2009</b>	66,55	13,45	33,27	75,18	51,56	0,25	6,36	14,22	45,22	22,61	3,05	5,33	<b>337,05</b>
<b>Biskra</b>	<b>2008</b>	3,05	0	1,02	0	9,15	0	0	0	19,3	22,35	17,02	28,2	<b>100,09</b>
	<b>2009</b>	38,1	7,12	13,21	8,89	15,24	0	3,56	0	32	0	0,25	15,24	<b>133,61</b>

### 3.3. Humidité relative de l'air

L'humidité relative est le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau à l'air humide et la pression de saturation, à la même température.

#### a. Batna

Selon les données de l'humidité relative menées dans le tableau 2.3, l'année 2008 a enregistré une moyenne annuelle de 56,42%. Les moyennes mensuelles maximale et minimale sont enregistrées respectivement aux mois de décembre (71,9%) et juillet (39,6) (Tab. 2.3).

Durant 2009, le maximum de l'humidité relative a été enregistré au mois de janvier avec 75,4% et le minimum au mois de juillet avec 31%. La valeur moyenne annuelle enregistrée est de 56,48% (Tab. 2.3).

#### b. Biskra

Les moyennes annuelles de l'humidité relative qui ont été enregistrées durant les deux années d'étude sont 41,89% en 2008 et 42,65% en 2009. Cependant, les moyennes mensuelles maximales ont été notées en décembre 2008 avec 69,2% et en janvier 2009 avec 66,3%. Par contre, les moyennes minimales ont été observées au mois de juillet durant les deux années avec 23,3% en 2008 et 24% en 2009 (Tab. 2.3).

**Tableau 2.3.** Humidité relative moyennes mensuelles enregistrées à Batna et à Biskra durant la période d'étude (ONM, 2012).

Mois/Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy.	
<b>Batna</b>	<b>2008</b>	68,8	58,9	56,6	48	51,9	52,2	39,6	42,3	51,3	70,2	65,4	71,9	<b>56,42</b>
	<b>2009</b>	75,4	63,6	61,8	64,6	57,7	38,3	31	41,3	63,9	63,1	56,8	60,3	<b>56,48</b>
<b>Biskra</b>	<b>2008</b>	50,8	45	37,4	29,3	31,8	28,6	23,3	29,7	38,7	59,8	58,7	69,6	<b>41,89</b>
	<b>2009</b>	66,3	50,9	45,9	41,9	30,7	24,7	24	26	50,5	44,9	45,9	60,2	<b>42,65</b>

### 3.4. Vent

Le vent, caractérisé par sa fréquence, son intensité et sa direction dominante, est un facteur météorologique non négligeable.

#### a. Batna

Les vents les plus dominants sont de direction sud-ouest et ouest. En été, le sirocco qui est un vent sec et chaud, provoque une chute brutale de l'humidité et une augmentation de la température. Celui-ci est rare pendant les mois les plus froids, le maximum de fréquence a lieu généralement en juin-juillet, exerçant aussi une action desséchante (ZEMOURA, 2005).

D'après les données portées dans le tableau 2.4, nous remarquons que la vitesse moyenne annuelle est de 14,26 km/h en 2008 et de 15,82 km/h en 2009. Les vitesses moyennes mensuelles maximales ont été observées au mois d'avril 2008 avec 17,06 km/h et au mois de février en 2009 avec 18,6 km/h (Tab. 2.4).

#### b. Biskra

En hiver, les vents sont fréquemment humides et soufflent d'une direction nord-ouest. Par contre, à la fin du printemps et durant l'été, les vents deviennent très desséchants (le sirocco et les vents de sable). Le tableau 2.4 indique que les vitesses moyennes annuelles enregistrées sont 15,47 km/h en 2008 et 13,47 km/h en 2009. Cependant, les vitesses les plus élevées ont été notées au mois de mai 2008 avec 25,1 km/h et au mois d'avril 2009 avec 20,3 km/h. Tandis que les vitesses les plus basses ont été enregistrées au mois de février 2008 avec 9,3 km/h et au mois d'octobre 2009 avec 7,7 km/h (Tab. 2.4).

**Tableau 2.4.** Vitesse du vent moyenne mensuelle enregistrée à Batna et à Biskra durant la période d'étude (ONM, 2012).

Mois/Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy.	
<i>Batna</i>	<b>2008</b>	9,8	8,8	16,5	17,6	16,2	14,3	15,5	14,2	14,6	12,6	16,6	14,4	<b>14,26</b>
	<b>2009</b>	15,3	18,6	18,1	17,4	13	14,1	16,3	17,2	14,8	14,9	12,7	17,5	<b>15,82</b>
<i>Biskra</i>	<b>2008</b>	10,6	9,3	19,6	20	25,1	16	16,5	13,2	14	11,9	14,9	12,2	<b>15,27</b>
	<b>2009</b>	16,4	16,4	15,1	20,3	14,5	13,5	10,7	12,3	12,2	7,7	12,3	10,3	<b>13,47</b>

### 3.5. Synthèse climatique

#### 3.5.1. Diagramme ombrothèrmique de GAUSSEN et BAGNOULS

Il s'agit de la représentation de deux courbes relatives à deux paramètres climatiques principaux qui sont la température et la précipitation.

Nous utilisons cette méthode pour déterminer la période sèche et la période humide. Pour GAUSSEN et BAGNOULS (1957), le climat sec est celui où la totalité des précipitations exprimé en (mm) est inférieure ou égale au double des températures moyennes

$P \text{ (mm)} \leq 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$ . Cette relation permet d'établir un graphique ombrothermique sur lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations.

L'analyse du diagramme ombrothermique distingue deux périodes : sèche et humide. La période sèche correspond à toute la partie pour laquelle la courbe thermique se tient au-dessus de la courbe pluviométrique. Les autres zones extrêmes du graphique sont des périodes humides.

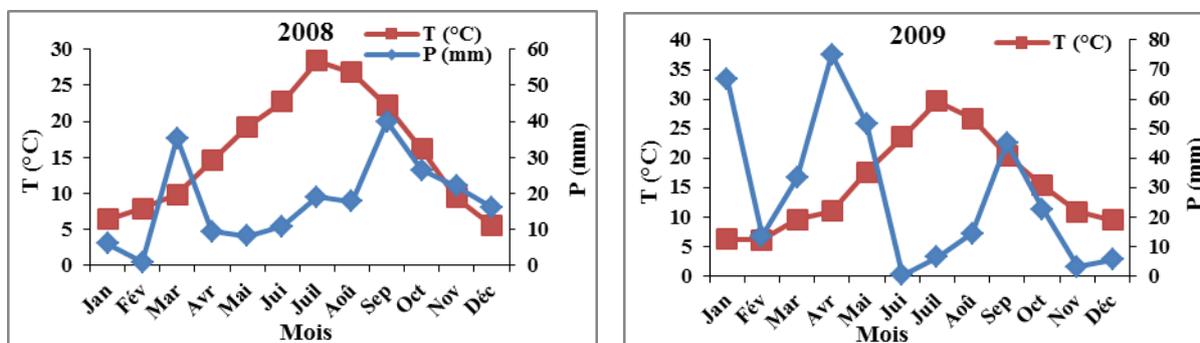
#### a. Batna

En 2008, nous avons constaté deux périodes humides, une au mois de mars et l'autre s'étale de la mi-novembre jusqu'à la fin du décembre. En ce qui concerne la période sèche qui a duré plusieurs mois du janvier et début de février et puis du mois d'avril jusqu'au mois de novembre.

En 2009, nous avons distingué une période humide s'étalant du janvier jusqu'à mai, et une période sèche débute en juin jusqu'à la fin de l'année.

#### b. Biskra

Biskra est caractérisée d'un climat sec où la période sèche s'étale presque sur les deux années, alors que la période humide n'a duré que quelques jours en décembre 2008 et janvier 2009.



**Figure 2.3.** Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Batna durant les deux années d'études.

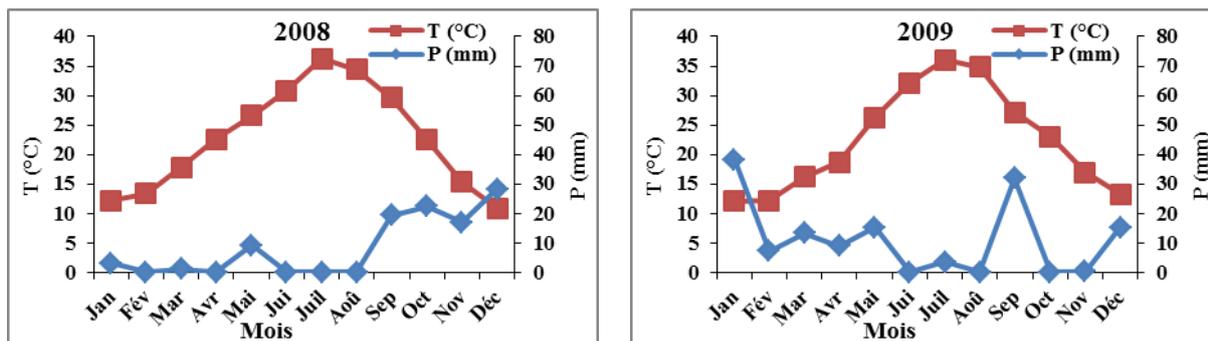


Figure 2.4. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Biskra durant les deux années d'études.

### 3.5.2. Climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q) permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région donnée et de la situer dans le climagramme d'EMBERGER. C'est un quotient qui est fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la moyenne minimale (m) du mois le plus froid, et de la pluviosité moyenne annuelle (P). Ce quotient est d'autant plus élevé que le climat de la région est humide.

L'équation d'EMBERGER (1932) est:

$$Q = 2000P/M^2 - m^2$$

Q : Quotient pluvio-thermique d'Emberger

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

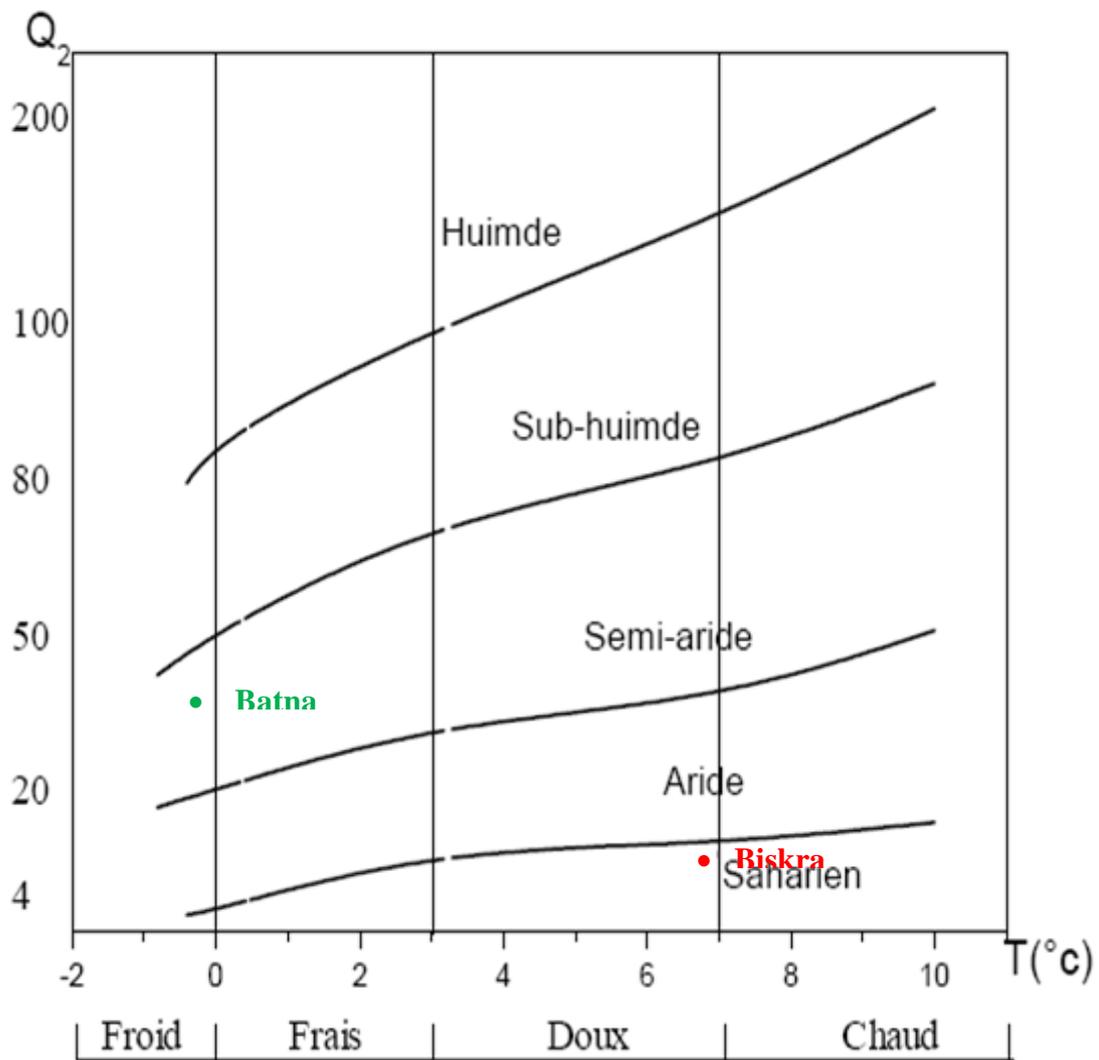
M : la moyenne des maxima de la T du mois le plus chaud en kelvin (°K)

m : la moyenne des minimal de la T du mois le plus froid en kelvin (°K)

Les résultats sont reportés dans le tableau suivant (T en (°K) = T en (°C) + 273,2) :

Tableau 2.5. Les valeurs de Q d'EMBERGER

Zone d'étude	P (mm)	M		m		Q
		(°C)	(°K)	(°C)	(°K)	
Batna	354,68	36,82	310,02	-0,23	272,97	32,84
Biskra	129,5	41	314,2	6,84	280,04	12,76



**Figure 2.5.** Situation des régions de Batna et Biskra dans le climagramme d'EMBERGER (Données climatiques 1995-2008).

D'après l'analyse des résultats des valeurs de  $Q$  d'EMBERGER on distingue que :

- **Batna** : appartient à l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid.

**Biskra**: appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux.

# *CHAPITRE III*

### CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

Ce chapitre présente une description des stations étudiées et une présentation des méthodes utilisées.

#### 1. Description des cours d’eaux et des stations étudiées

Dans le cadre de la réalisation d’une étude préliminaire sur la biodiversité et la distribution spatio-temporelle des Diptères dans la région des Aurès, et suite à la prospection dans trois réseaux hydrographiques (oueds) : oued El Haï, oued Abdi et oued El Abiod, nous avons choisi 16 stations réparties comme suit : 5 à oued El Haï, 5 à oued Abdi et 6 stations à oued El Abiod. Ces stations ont été choisies de l’amont vers l’aval, en tenant compte toutefois de l’hétérogénéité spatiale et de l’accessibilité du cours d’eau. Les caractéristiques des stations sont résumées dans les tableaux 3.1, 3.2 et 3.3. La localisation et la photographie des stations sont indiquées dans les figures 3.1, 3.2 (oued El Haï), 3.3 et 3.4 (oued Abdi) et 3.5 et 3.6 (oued El Abiod).

**Tableau 3.1.** Caractéristiques des stations prospectées à oued El Haï.

Al. Altitude ; O. oued ; St. Station ; Lat. Latitude ; Long. Longitude ; Lar. Largeur ; Pr. Profondeur ; Vég. Végétation ; Sub. Substrat ; Vit. Vitesse du courant.

Stations	O.Tilatou	O.Fedhala St1	O.Fedhala St2	O.El Haï St1	O.El Haï St2
Code	Til.	Fed1.	Fed2.	Haï1	Haï2
Al. (m)	930	720	600	530	250
Lat.	35°33’40 N	35°33’02 N	35°32’51 N	35°16’51 N	35°13’07 N
Long.	06°00’44 E	06°00’22 E	06°00’15 E	05°47’42 E	05°42’36 E
Lar. (m)	3,1 à 12,5	2,6 à 7,05	2 à 13,5	3 à 23	3,4 à 16
Pr. (cm)	8 à 38,5	5,5 à 42,5	13 à 31	22,5 à 54	5,5 à 37
Vég.	Arbres fruitiers, lauriers roses	Lauriers roses, autres arbustes	Lauriers roses, autres arbustes, terrains agricoles	Lauriers roses, palmiers	Roseaux arbustes
Sub.	Dalles, pierres, cailloux	Blocs, pierres	Dalles, pierres, graviers, sable	Blocs, pierres, cailloux, sable, graviers, dalles	Pierres, graviers, cailloux, limons, sable
Vit (cm/s)	8,97 à 79,36	0 à 75,64	0 à 142,86	0 à 94,34	9,24 à 120,48

**Tableau 3.2.** Caractéristiques des stations prospectées à oued Abdi.

Al. Altitude ; Lat. Latitude ; Long. Longitude ; Lar. Largeur ; Pr. Profondeur ; Vég. Végétation ; Sub. Substrat ;  
Vit. Vitesse du courant.

Stations	Theniet El Abed	Nouader	Mena	Djamourah	Branis
Code	Th.	Nd.	Mn.	Dj.	Br.
Al. (m)	1434	1043	990	712	50
Lat.	35°17'34 N	35°13'06 N	35°12'11 N	35°10'44 N	34°59'42 N
Long.	06°16'19 E	06°06'57 E	06°04'05 E	05°59'22 E	05°46'16 E
Lar. (m)	1,2 à 6	1,4 à 8,5	2,1 à 10,8	3,9 à 10,5	0,8 à 16
Pr. (cm)	7,5 à 31	4,5 à 28	15 à 55	15 à 41,5	3 à 38,5
Vég.	Arbres fruitiers, terrains agricoles	Lauriers roses, arbres fruitiers, terrains agricoles	Arbres fruitiers, lauriers roses	Lauriers roses	Palmiers, terrains agricoles, figuier de Barbarie
Sub.	Cailloux, sable, pierres, limons.	Graviers, cailloux, sable	Graviers, cailloux, sable grossier, blocs. Dalles	Graviers, cailloux, blocs, pierres, sable, Dalles	Gravier, cailloux, qlq. pierres, sable.
Vit (cm/s)	15 à 145	9 à 143	15 à 216	18 à 137	0 à 136

**Tableau 3.3.** Caractéristiques des stations prospectées à oued El Abiod.

Al. Altitude ; Lat. Latitude ; Long. Longitude ; Lar. Largeur ; Pr. Profondeur ; Vég. Végétation ; Sub. Substrat ;  
Vit. Vitesse du courant.

Stations	Inoughissene	Arris	Tifelfel	Ghoufi	M'chounche	Foum El Gherza
Code	In.	Ar.	Tf.	Gh.	M'ch.	Fg.
Al. (m)	1360	1080	761	617	323	125
Lat.	35°16'50 N	35°14'21 N	35°06'17 N	35°03'04 N	34°57'20 N	34°50'55 N
Long.	06°31'52 E	06°20'50 E	06°15'41 E	06°09'51 E	06°00'26 E	05°55'04 E
Lar. (m)	0,6 à 10,75	3 à 10,5	3,65 à 15	3,3 à 9,2	4,75 à 14,85	1,55 à 18,10
Pr. (cm)	2,6 à 55	9,5 à 37,5	8 à 33,5	21,25 à 60	16,5 à 52	13 à 43
Vég.	Ripisylve	Ripisylve (herbacés), arbustes	Ripisylve, arbres fruitiers, palmiers, arbustes	Ripisylve, arbres, palmiers	Palmiers, oranges, grenadiers	Ripisylve (herbacées)
Sub.	Graviers, galets, pierres, blocs	Vase, galets, sablo-limons, graviers, pierres	Blocs, pierres, galets, graviers	Sablo-limons, graviers, galets, pierres, blocs, roches	Graviers, galets, pierres	Pierres, blocs, galets, graviers
Vit (cm/s)	9,23 à 170,2	16,01 à 116,1	12,78 à 99,4	36,1 à 125,8	32,92 à 92,1	23,01 à 156,3

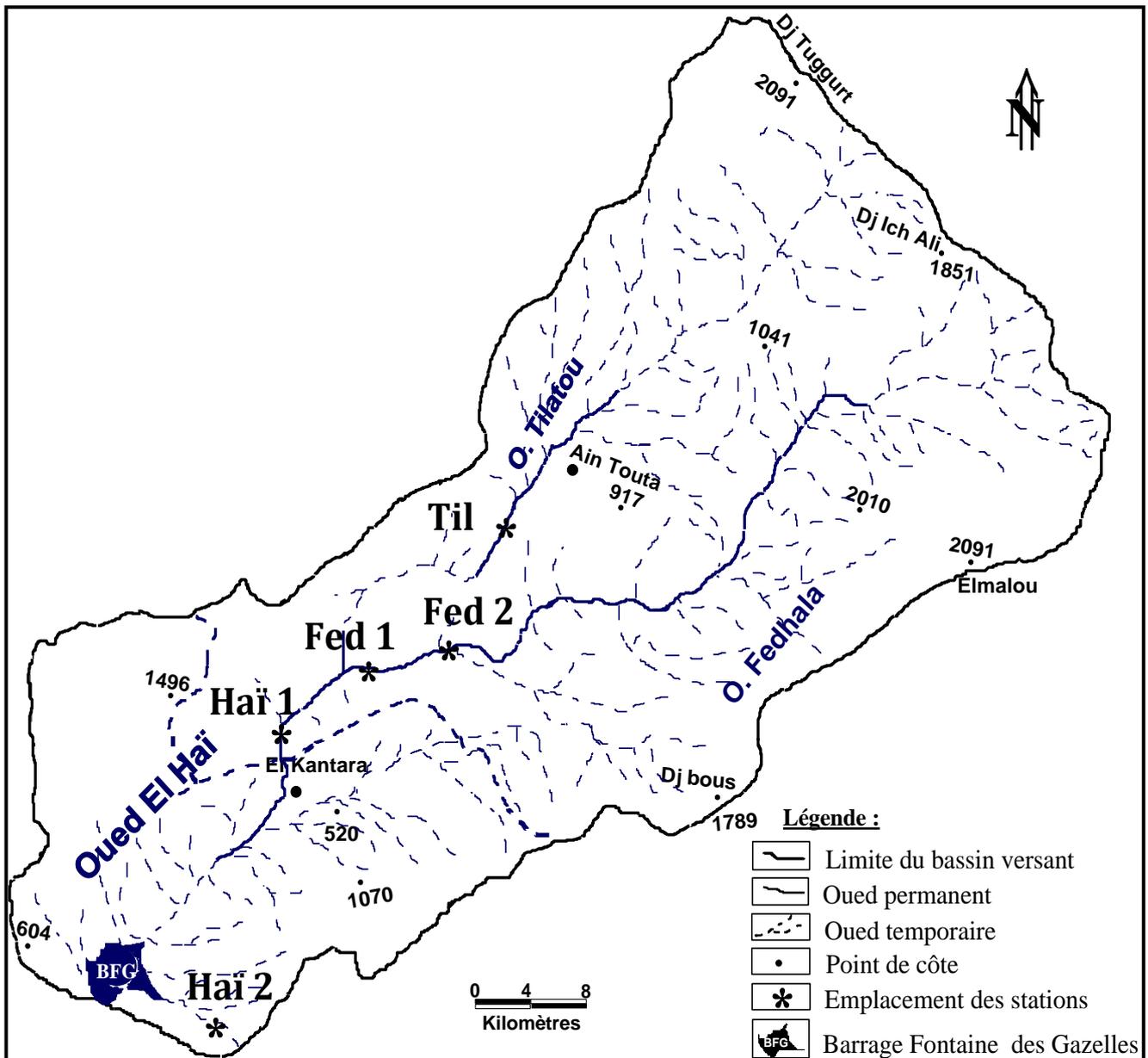


Figure 3.1. Localisation des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued El Hai.



**Station de l'oued Tilatou (Til)**



**Station1 de l'oued Fedhala (Fed1)**



**Station2 de l'oued Fedhala (Fed2)**



**Station1 de l'oued El Haï (Haï1)**



**Station2 de l'oued El Haï (Haï2)**

**Figure 3.2.** Photos des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued El Haï (originales).

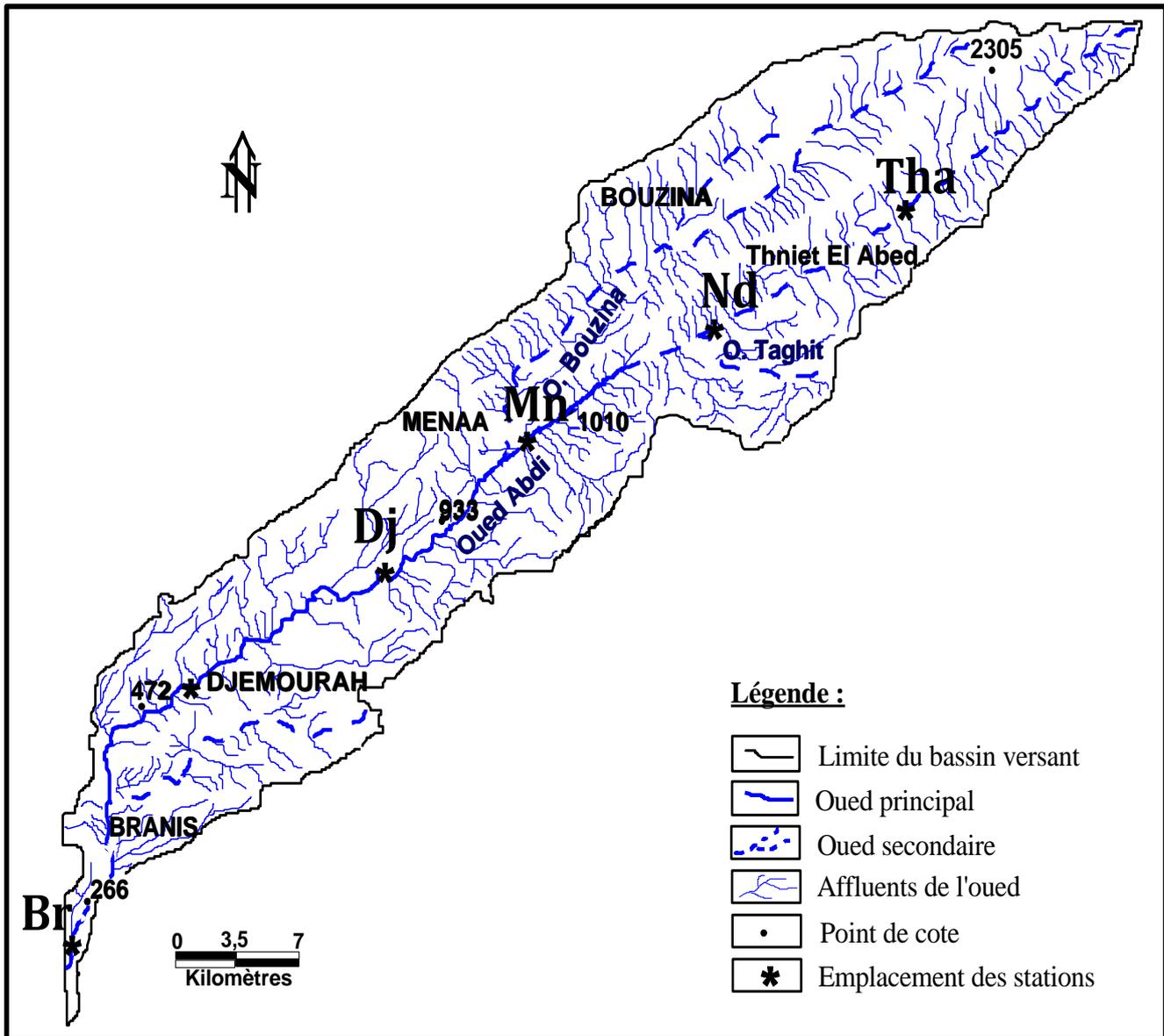


Figure 3.3. Localisation des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued Abdi.



**Station de Theniet El Abed (Th)**



**Station de Nouader (Nd)**



**Station de Menaâ (Mn)**



**Station de Djamourah (Dj)**



**Station de Branis (Br)**

**Figure 3.4.** Photos des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued Abdi (originales).

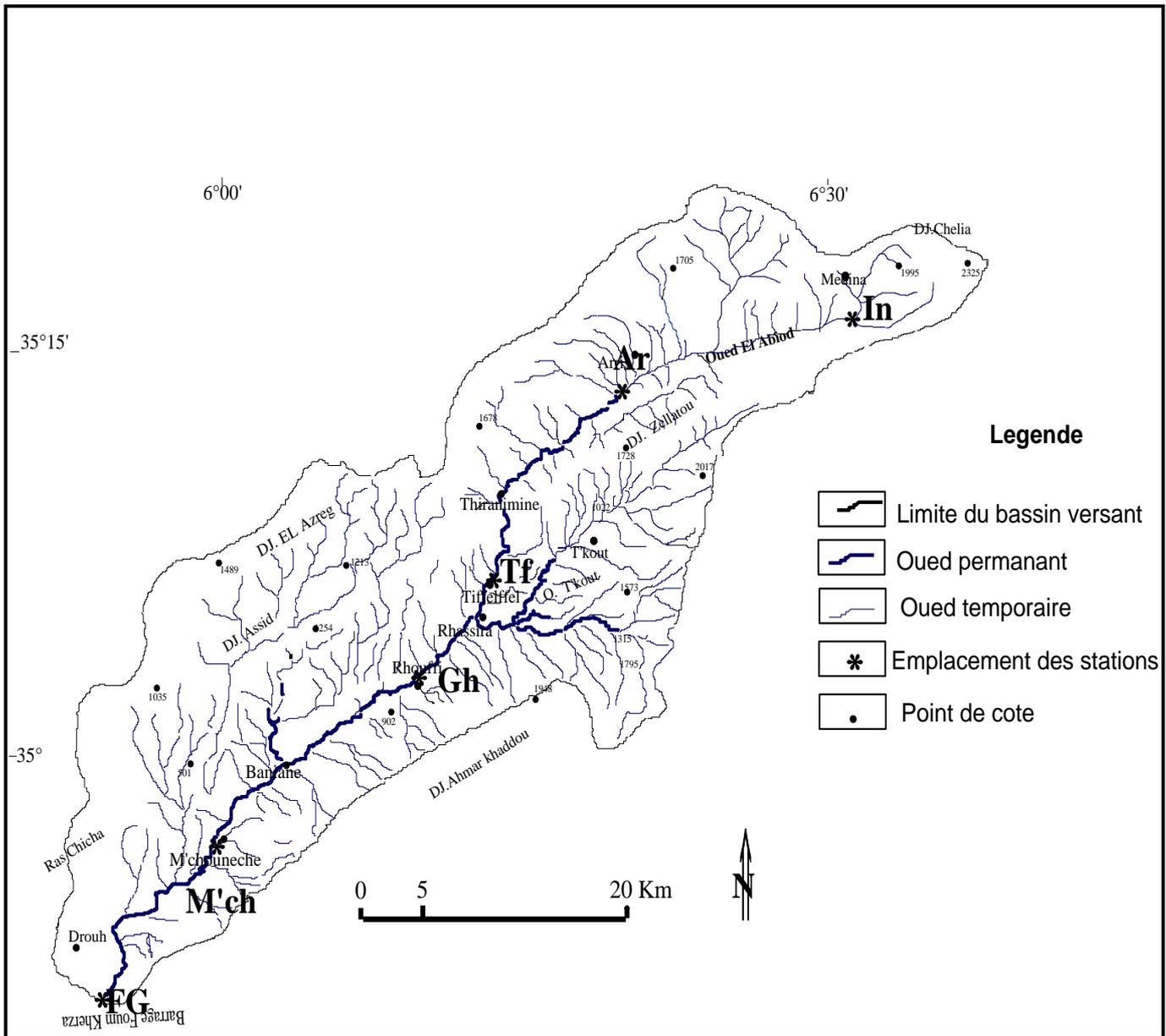


Figure 3.5. Localisation des stations prospectées dans le sous bassin versant de l’oued El Abiod.



**Station d'Inoughissene (In)**



**Station d'Arris (Ar)**



**Station de Tifelfel (Tf)**



**Station de Ghoufi (Gh)**



**Station de M'chouneche (M'ch)**



**Station de Foug El Gherza (Fg)**

**Figure 3.6.** Photos des stations prospectées dans le sous bassin versant de l'oued El Abiod (originales).

## 2. Méthodologie

### 2.1. Etude de la faune

#### 2.1.1. Calendrier des prélèvements

Notre objectif dans cette étude est d'avoir une image faunistique de la faune des Diptères dans la région des Aurès. C'est ainsi qu'entre janvier 2008 et décembre 2009, 24 campagnes d'échantillonnages ont été réalisées sur les 16 stations (Annexe 1), à raison d'un prélèvement par mois. Il est à noter que pendant les périodes d'importantes crues, les prélèvements n'ont pas été réalisés cela s'est présenté deux fois : octobre 2008 et février 2009. La réinstallation de la faune nécessite 2 semaines après les crues pour reprendre à nouveau l'échantillonnage.

#### 2.1.2. Techniques de prélèvement

Les stades préimaginaux (larves et nymphes) des Diptères ont été récoltés en un échantillonnage mensuel du mois de janvier 2008 au mois de décembre 2009, à l'aide d'un filet surber de 250 µm de vide de maille, à raison de huit prélèvements par station. La méthodologie de récolte a consisté en l'échantillonnage de huit microbiotopes différents en fonction des couples substrat/vitesse sur les stations d'étude.

La technique consiste à placer le filet face au courant afin d'entraîner les organismes dans le filet. Les pierres et les galets, contenus dans la surface échantillonnée, sont délicatement retournés en amont du filet, raclés et lavés dans le filet afin de prélever les spécimens fixés à ces substrats. Un prés-tri est réalisé préalablement sur un tamis afin d'éliminer les éléments les plus grossiers. Cette opération permet de réduire le volume de récipient, de limiter les risques des détériorations de la faune et le volume d'échantillon à fixer. Une fois prélevés, les échantillons ont été fixés au formol 10% dans des piluliers appropriés en plastique sans oublier de les étiqueter en mentionnant la station, la date et le type d'habitat du prélèvement réalisé.

Afin de réaliser une analyse chromosomique du genre *Simulium* (Simuliidae) nous avons procédé une technique de récolte différente. Elle consiste à fixer les larves prélevées dans le Carnoy (un fixatif : 1 part d'acide acétique glacial + 3 parts d'éthanol absolu). Une fois prélevés, le fixatif doit être changé trois fois puis nous conservons les échantillons dans le réfrigérateur.

#### 2.1.3. Tri et détermination

Au laboratoire, le matériel biologique est mis dans une cuvette à tri afin de séparer les Diptères du reste de la macrofaune benthique. Une fois séparés, les larves et les nymphes des Diptères sont conservés dans des tubes contenant de l'alcool 70%.

La détermination a été effectuée sous une loupe binoculaire à l'aide de plusieurs clés d'identification. Premièrement, pour séparer les Diptères des autres macroinvertébrés nous avons utilisé la clé de TACHET *et al.* (2006) et de même pour définir les familles diptériennes. Une détermination plus précise des spécimens a été effectuée à partir de la clé d'Oosterbroek (2006) pour l'ensemble des familles des Diptères, sauf la famille des Simuliidae qui a été identifiée à partir de la clé de détermination établie par BELQAT et DAKKI (2004). L'identification des espèces de Simuliidae a été réalisée au laboratoire « Diversité et Conservation des Systèmes Biologiques » de l'Université Abdelmalek Essaâdi, au Maroc, avec la contribution du professeur BELQAT Boutaina, spécialiste des Simuliidae. Ainsi que l'identification des spécimens du groupe *aureum* récoltés de deux stations de l'oued El Haï a été établie génétiquement par le professeur ADLER Peter H. de l'Université de Clemson (USA).

L'identification des espèces de Simuliidae est difficile comme tous les Diptères, nécessitant des préparations microscopiques. Ces préparations passent par plusieurs étapes en utilisant des produits chimiques. En premier temps, nous disséquons délicatement les spécimens avec des pinces très fines afin de séparer les pièces chitineuses servant à l'identification (pièces des genitalia, frontoclypeus, processus *tp* de la mandibule, hypostomium, etc.). Après, nous mettons ces pièces dans l'acide lactique durant une nuit pour se débarrasser des structures molles. Puis, un montage entre lame et lamelle de ces pièces est réalisé en utilisant le liquide de Hoyer, avant de passer à l'observation microscopique.

#### **2.1.4. Traitement des données faunistiques**

##### **2.1.4.1. Etude indicielle**

###### ***a. Descripteurs statistiques***

Les différents indices de diversité actuellement utilisés en écologie des peuplements permettent d'étudier leur structure en faisant référence à un cadre spatio-temporel concret. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la biodiversité des peuplements (BOUKLI HACENE, 2012).

La description et l'évaluation de la structure générale des peuplements reposent sur l'usage des deux variables qui sont la richesse spécifique et l'abondance (GRALL et HILY, 2003).

###### **➤ L'abondance absolue**

C'est le nombre d'individus d'une espèce récoltés dans le prélèvement considéré ou d'une population donnée présent par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003).

➤ **L'abondance relative**

Elle représente le nombre d'individus du taxon (i) par unité de surface ou de volume par rapport au nombre total d'individus (N). Ce paramètre est important pour la description de la structure d'un peuplement ; il varie aussi bien dans le temps et dans l'espace (RAMADE, 2003). Elle est donnée par la formule :

$$\text{Ar (\%)} = n_i/N \times 100 \quad \text{où :}$$

$n_i$  : nombre d'individus de l'espèce  $i$ .

N : nombre total d'individus.

➤ **La richesse spécifique totale S**

Est le nombre total des espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. Elle représente un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement (RAMADE, 2003). Cet indice S permet de distinguer des variations spatiales, avec des secteurs riches et des secteurs plus pauvres, et des variations temporelles avec des minima et des maxima en fonction des saisons (GRALL et COÏC, 2005).

➤ **La fréquence**

C'est le nombre total des prélèvements où l'espèce considérée est présente, par rapport au nombre total des prélèvements effectués. La fréquence est exprimée en pourcentage :

$$\text{F \%} = (p_i / P) * 100$$

F%: Fréquence de l'espèce  $i$ .

$p_i$ : Nombre des prélèvements où l'espèce «  $i$  » existe.

P: Nombre total des prélèvements réalisés.

En fonction de la valeur de F%, nous qualifions les espèces de la manière suivante (DAJOZ, 1985) :

F = 100% espèces omniprésentes

F = [100- 75[espèces constantes

F = [75- 50[espèces fréquentes

F = [50- 25[espèces communes

F = [25- 5[espèces accessoires

F ≤ 5% espèces rares.

**b. Indices de diversité**

La diversité est un thème central en écologie. La richesse en espèce d'un peuplement est une mesure imprécise de cette diversité car elle ne tient pas compte de l'importance numérique des espèces.

Divers indices de diversité ont été proposés (DAGAT, 1976 et MAGURRAN, 1988).

➤ **Indice de Shannon -Weaver H'**

Permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu et d'observer son évolution au cours du temps (DAGAT, 1976 ; BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979 ; BARBAULT, 1992).

Cet indice est mesuré en bit, est défini comme étant la probabilité d'occurrence d'un événement. Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum p_i \text{Log}_2 p_i \quad \text{où}$$

$$p_i = n_i / N$$

$n_i$  : nombre d'individus d'une espèce  $i$

$N$  : nombre total d'individus

$p_i$  : fréquence de l'espèce  $i$

$S$  : Nombre d'espèces contenues dans l'échantillon.

Il est égal à zéro lorsqu'il y a une seule espèce dans l'échantillon. Il est maximal lorsque toutes les espèces ont la même abondance dans ce cas  $H'$  est égale à  $\log_2(S)$ . La valeur maximale de l'indice de Shannon est obtenue quand la distribution est parfaitement régulière.

➤ **L'équitabilité de Pielou**

L'équitabilité, nommée aussi régularité (FRONTIER, 1976). Afin de pouvoir comparer la diversité de deux peuplements qui refferment des nombres d'espèces différents, on calcule l'équitabilité  $E$  qui est égale au rapport entre la diversité réelle  $H$  et la diversité théorique maximale :

$$E = \frac{H'}{\text{Log}_2 S}$$

$H'$ : Indice de Shannon-Weaver.

$S$ : nombre d'espèces.

L'équitabilité  $E$  tend vers zéro (0) lorsqu'une espèce domine largement le peuplement et elle est égale à Un (1) lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Lorsque les espèces sont nombreuses difficiles à identifier, on peut calculer l'indice de diversité à partir du nombre de genre ou même nombre de famille (ROGER, 2006 et RICKLEF et MILLER, 2005).

➤ **Indice de Simpson D'**

Est essentiellement lié aux variations d'abondance entre espèces dominantes. La formule de cet indice est la suivante :

$$D' = \sum n_i (n_i - 1) / N (N - 1)$$

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

$N$  : nombre total d'individus.

Cet indice tend vers une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité.

➤ **Indice de Sorensen (Similarité entre stations)**

Afin d'évaluer les ressemblances entre les populations des différentes stations, nous avons comparé leurs peuplements deux à deux en utilisant l'indice de similarité de Sorensen ( $I_s$ ) (MOUBAYED, 1986) :

$$I_s = 2 \times C / A + B$$

A : le nombre de familles de la première station.

B : le nombre de familles de la deuxième station.

C : le nombre de familles communes aux stations A et B.

Cet indice varie entre 0 et 1 ; il tend vers 0 lorsque les deux biocénoses considérées n'ont aucune espèce commune et vers 1, quand les deux biotopes présentent des biocénoses identiques.

#### 2.1.4.2. Traitement statistiques des Données

➤ **Analyse de variance** : l'ANOVA1 nous a permis d'étudier la variabilité spatio-temporelle des peuplements faunistiques des Diptères. A travers cette analyse, on peut savoir si l'abondance relative et la richesse spécifique obtenues par station et les indices de diversité obtenus par oued, varient de façon significative d'une saison à l'autre. L'analyse a été effectuée à l'aide de logiciel XLstat.

➤ **L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)** : est une méthode couramment utilisée en études biologiques (HOTELLING, 1933 et 1936 ; CHARDY *et al.*, 1976 ; DESPREZ, 1981 ; HILY, 1984 ; LE BRIS, 1988 ; BOUKLI-HACENE, 2012). Elle permet un traitement synthétique des données multivariées et a pour but la simplification, l'ordination et la coordination des données initiales, en exprimant la trame complexe dans des inter-relations entre variables par un plus petit nombre de facteurs. Ces facteurs sont représentés par des axes perpendiculaires qui délimitent les plans.

Elle s'applique par excellence aux tableaux de contingence qui utilise la distance Chi-2 pour comparer les variables ou les individus entre eux. Cette distance est un coefficient de ressemblance asymétrique (DAGET, 1976 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1984) qui confère une sensibilité plus importante aux espèces de faibles abondances et permet une analyse symétrique sur les lignes et les colonnes du tableau de données. L'analyse a été effectuée à l'aide de logiciel SPSS.

➤ **Analyse Canonique des Correspondances (ACC) :** L'Analyse Canonique des Correspondances ou ACC (Canonical Correspondence Analysis ou CCA) (TER BRAAK, 1986, 1987 ; CHESSEL *et al.*, 1987), ou Analyse Factorielle des Correspondances sur Variables Instrumentales (AECVI) (LEBRETON *et al.*, 1988), a été développée afin de décrire la typologie du cours d'eau et la relation entre l'abondance des espèces et les paramètres du milieu, une analyse canonique des correspondances (TER BRAAK, 1986). Cette analyse a été réalisée par le biais du logiciel Past3.

## **2.2. Etude de la qualité physico-chimique des eaux**

Une étude exhaustive des peuplements benthiques des eaux courantes passe nécessairement par des analyses physico-chimiques de l'eau en tant que milieu de vie (CHAOUI BOUDGHENE- BENDIOUIS, 2016). Pour cela, nous avons réalisé des prélèvements de l'eau en parallèle avec les prélèvements faunistique.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne le résultat analytique et l'interprétation qui en sera donné. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (pH, gaz dissous, matière de suspension ...) (RODIER, 2005). Pour chaque station nous avons prélevé un litre d'eau dans une bouteille fermée hermétiquement puis conservée dans une glacière afin d'éviter toute modification des caractéristiques physico-chimiques de l'eau résultant des activités biochimiques. Les analyses doivent être effectuées dans les 24 heures qui suivent le prélèvement au laboratoire.

Au moment du prélèvement sur terrain, nous avons utilisé une fiche technique pour noter quelques données concernant l'état général de la station comme : la vitesse du courant, la largeur et la profondeur du lit, nature de substrat, degré de la pollution, la turbidité de l'eau et les nouvelles activités humaines (pompage, construction des ponts...).

### **2.2.1. Paramètres physiques**

Dans cette étude, on indique aussi les données complémentaires concernant l'hydro morphologie des cours d'eau (vitesse, profondeur, substrat, largeur...), les mesures

physicochimiques de base (pH, O<sub>2</sub> dissout, conductivité etc). Ces données permettent d'interpréter les résultats et d'élargir l'évaluation du site au niveau écologique.

#### ✓ **Température de l'air et de l'eau**

La température est un facteur important de la vie d'un cours d'eau, qui intervient directement dans la qualité chimique des eaux puisqu'elle agit sur les concentrations des différents composés essentiels présents dans l'eau.

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. La mesure de la température est à effectuer sur le terrain. Il y a lieu de déterminer la température de l'air au même endroit et au même moment (RODIER, 2005).

La température a été mesurée in situ par un analyseur multiparamètre de type WTW multi 340i.

#### ✓ **pH**

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. D'après, HIMMI *et al.* (2003), le pH de l'eau mesure la concentration des protons H<sup>+</sup> y contenus. Les valeurs de pH dépendent étroitement de la température, des facteurs chimiques et biologiques tels que la photosynthèse et la respiration. Le pH a été mesuré in situ par un analyseur multiparamètre de type WTW multi 340i.

#### ✓ **Vitesse du courant**

Le courant est un facteur écologique essentiel qui conditionne les possibilités d'existence des organismes en fonction de leurs limites de tolérance (CHAMPOUX et CLAUD, 1993). La vitesse du courant dépend de la pente, des précipitations (périodique) et de la fonte des neiges qui en provoquent de grandes variations (LOUANACI, 1987). Elle dépend de débit, de substrat du fond et de la largeur de lit, elle augmente avec la profondeur, la pente et elle est aussi en fonction de crue.

La vitesse du courant est mesurée sur le terrain à l'aide d'un flotteur parcourant une distance de 10 mètres en temps  $t_0$ , elle est exprimée en m/seconde et calculée à partir de la formule suivante :

$$V=L/t$$

V : vitesse du courant (m/s).

L : distance de 10 mètres (m).

T : le temps de parcours (s).

**Tableau 3.4.** Classification de la vitesse du courant selon l'échelle de BERG  
(DECAMPS, 1971)

<b>Vitesse (m/s)</b>	< 0,1	0,1 à 0,25	0,25 à 0,5	0,5 à 1
<b>Classification</b>	Très lente	Lente	Moyenne	Rapide

### ✓ Conductivité

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Elle s'exprime généralement en millisiemens par mètre (mS/m). D'une façon générale la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau (RODIER, 1996). La conductivité a été mesurée in situ par un analyseur multiparamètres de type WTW multi 340i.

**Tableau 3.5.** Classes de minéralisation d'après la conductivité (RODIER *et al.*, 2005).

<i>Conductivité</i>	<i>Minéralisation</i>
conductivité < 100 $\mu\text{S/cm}$	très faible
100 $\mu\text{S/cm}$ < conductivité < 200 $\mu\text{S/cm}$	faible
200 $\mu\text{S/cm}$ < conductivité < 333 $\mu\text{S/cm}$	moyenne
333 $\mu\text{S/cm}$ < conductivité < 666 $\mu\text{S/cm}$	moyenne accentuée
666 $\mu\text{S/cm}$ < conductivité < 1000 $\mu\text{S/cm}$	importante
conductivité > 1000 $\mu\text{S/cm}$	élevée

### ✓ Salinité

La salinité d'une eau est sa concentration en électrolytes c'est-à-dire les anions et les cations dissous dans l'eau. La teneur de l'eau en sels électrolysables dissous augmente en parallèle avec sa conductivité électrique et avec sa température (AMIARD et AMIARD, 2009). La salinité a été mesurée in situ par un analyseur multiparamètre de type WTW multi 340i.

### ✓ Potentiel redox (Eh)

Le potentiel d'oxydoréduction, ou potentiel redox, est une mesure qui indique le degré auquel une substance peut oxyder ou réduire une autre substance. Il se mesure en millivolts (mV). Le potentiel d'oxydoréduction mesuré par comparaison avec une électrode standard. (REJSEK, 2002) La mesure du potentiel d'oxydo-réduction peut être utile pour évaluer l'état d'une ressource en eau naturelle, ainsi que pour le traitement des eaux (ex. déferrisation et démantanisation des eaux souterraines) ou encore en épuration biologique des eaux usées (ex. par boues activées) (RODIER, 2009). Le potentiel redox a été mesuré in situ par un analyseur multiparamètre de type WTW multi 340i.

### ✓ Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les

matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau.

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eaux (sables, particules organiques, plancton etc.) ; elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux des rejets (RODIER *et al.*, 2005).

Les MES ont été mesurés par la méthode de filtration sur papier filtre en fibres de verre.

### 2.2.2. Paramètres chimiques

#### ✓ Oxygène dissous et pourcentage de saturation en oxygène

Le taux de l'oxygène dissout dans une eau détermine directement la nature de l'écosystème aquatique (BONTOUX, 1993). L'oxygène dissout joue un rôle important, il peut jouer le rôle de facteur limitant dans le milieu aquatique (DAJOZ, 2000). L'oxygène dissout et le pourcentage de saturation ont été mesurés in situ par un analyseur multiparamètre de type WTW multi 340i.

#### ✓ Calcium

Le calcium est extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables (RODIER, 1984). La teneur en calcium des biotopes terrestres ou limniques présente une importance écologique majeure (RAMADE, 2002). Le dosage du calcium a été effectué par la méthode de titrage molaire aux réactifs d'Hydroxyde de Sodium, EDTA et Muriate.

#### ✓ Magnésium

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Le magnésium est un composant de tout type de chlorophylle (RODIER, 1984). Le dosage du magnésium a été réalisé par la méthode de titrage molaire aux réactifs d'Hydroxyde d'Ammonium, EDTA et noir Eriochrome.

#### ✓ Chlorure

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Les teneurs en chlorures des eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations provoquées : dans les zones arides par un lessivage superficiel en cas de fortes pluies (RODIER, 1984). Le dosage du chlorure a été effectué par la méthode volumétrique aux réactifs de Nitrate d'Argent et  $K_2CrO_4$ .

### ✓ Nitrates

Ils représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble, sa présence est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques (LHADI *et al.*, 1996). Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique. Leur présence dans une eau polluée atteste que le processus d'auto-épuration a déjà joué.

Les nitrates participent aux phénomènes d'eutrophisation ; en période de faible oxygénation (période estivale) les nitrates peuvent jouer le rôle de donneurs d'oxygène et éviter l'anaérobiose (RODIER, 1984).

Le dosage des nitrates a été effectué par la méthode spectrophotométrique aux réactifs de Salicylate de Sodium, Acide Sulfurique et solution d'Hydroxyde de Sodium et de Tartrate double de Sodium et de Potassium.

### ✓ Nitrites

Selon POTELON et ZYSMAN (1998), les nitrites présentent une forme transitoire instable lors de la nitrification ou la dénitrification, leur présence dans le milieu naturel est faible.

Le nitrite est le premier résultat de la dégradation des organismes végétaux et animaux en milieu aqueux. Très toxique, il est rapidement et naturellement oxydé en ion de nitrate (MELQUIOT, 2003). Les nitrites peuvent être rencontrés dans les eaux, mais généralement à des doses faibles. Pour interpréter les résultats, il sera nécessaire de tenir compte des teneurs en nitrates, en azote ammoniacal, en matière organique et de l'examen bactériologique (RODIER, 1984).

Le dosage des nitrites a été fait par la méthode spectrophotométrique aux réactifs de Zambelli et Ammoniaque pure.

### ✓ Phosphore

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (RODIER *et al.*, 2005).

Le dosage du phosphore a été réalisé par la méthode spectrophotométrique aux réactifs de Paramolybdate d'Ammonium, Acide Sulfurique, Acide Ascorbique et Oxytartrate de Potassium et d'Antimoine.

### ✓ Sulfate

Les sulfates, composés naturels des eaux, sont liés aux cations majeurs : calcium, potassium et sodium (BREMOND et VUICHARD, 1973).

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé. Les sulfates peuvent atteindre les 300 mg/l (RODIER, 1984).

Le dosage du sulfate a été réalisé par la méthode gravimétrique aux réactifs d'Acide Acétique concentré et Chlorure de Baryum.

✓ **Bicarbonates**

Le dosage des bicarbonates a été effectué par la méthode de titration au réactif d'Acide Chlorhydrique.

### **2.2.3. Traitements statistiques des données**

#### ➤ **Analyse de la variance ANOVA**

La variabilité spatio-temporelle de la qualité physico-chimique des eaux a donc été étudiée à l'aide d'ANOVA à deux facteurs (le temps et l'espace). Celle-ci a permis de savoir si les mesures physico-chimiques variaient de façon significative dans l'espace entre les stations d'un sous bassin versant à l'autre, et dans le temps d'une année à l'autre. L'analyse a été effectuée à l'aide de logiciel XLstat.

#### ➤ **Analyse en Composantes Principales (ACP)**

Afin de connaître les liaisons globales entre les différents paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés lors de notre étude, d'établir une (ou des) structure (s) typologique (s) spatiotemporelle (s) et de repérer les variables déterminantes dans la dynamique et le fonctionnement des oueds, toutes les variables mesurées (18 variables) ont été soumises à des Analyses en Composantes Principales. Cette méthode permet de déceler les liens existant entre les différentes variables étudiées. Le logiciel que nous avons utilisé pour la réalisation de cette analyse est le XLstat.

Toutes les variables ont été suivies durant deux années (24 mois) ; de janvier 2008 jusqu'à décembre 2009. Ainsi, nous étions amené à effectuer 3 ACP, une pour chaque oued, les trois matrices de données sont formées de 18 variables x le nombre de stations pour chaque oued.

#### ➤ **Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)**

Cette analyse consiste à agréger progressivement les individus selon leur ressemblance, mesurée à l'aide d'un indice de similarité ou de dissimilitude (DUCHEZ et LOY, 2005). Cette méthode de classification est destinée à produire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères (LEBART *et al.*, 1982).

L'objectif de la classification hiérarchique est la production d'une structure (arborescence) permettant la mise en évidence des liens hiérarchique entre individus ou groupes d'individus et la détection d'un nombre de classes au sein de la population.

# *CHAPITRE IV*

## CHAPITRE IV

## RESULTATS ET DISCUSSION : ETUDE FAUNISTIQUE

## 1. Résultats

Les taxons inventoriés dans cette étude sont pour la plupart déterminés jusqu'au genre. La détermination des Diptères s'avère très difficile se base sur le montage des genitalia mâle et femelle et nécessite la récolte des individus adultes. Cependant, nous avons pu arriver jusqu'à l'espèce, pour la majorité des espèces de la famille des Simuliidae en utilisant des nymphes mûres.

## 1.1. Liste taxonomique

Notre étude qui s'est étalée sur 2 années de janvier 2008 à décembre 2009 nous a permis de collecter 37128 individus répartis en 43 taxons appartenant à 17 familles et 26 genres. Concernant la famille des Simuliidae, nous avons pu identifier 7 espèces nominales et des complexes d'espèces appartenant à 2 genres (Tab.4.1). Ce nouveau recensement construit une liste préliminaire des familles de Diptères dans la région d'Aurès.

Tableau 4.1. Liste taxonomique des Diptères récoltés

Famille	Sous famille	Tribu	Genre /espèce
1. Chironomidae	Orthoclaadiinae Chironominae	Tanytarsini Chironomini	<i>Chironomus</i> (Meigen, 1803)
2. Simuliidae		Simuliini	<i>Metacnephia blanci</i> (Grenier&Theodorides, 1953) <i>Simulium</i> gr. <i>aureum</i> <i>Simulium</i> (E.) <i>velutinum</i> Cytospecies '3' <i>Simulium</i> ( <i>Nevermania</i> ) <i>ruficorne</i> (Macquart, 1838) <i>Simulium</i> gr. <i>ornatum</i> <i>Simulium</i> ( <i>Wilhelmia</i> ) <i>pseudequinum</i> (Séguy, 1921) <i>Simulium</i> ( <i>Wilhelmia</i> )

			<i>sergenti</i> (Edwards, 1923)
3. Ceratopogonidae	Ceratopogoninae Dasyheleinae Leptoconopinae Forcipomyiinae		<i>Dasyhelea</i> sp. (Kieffer, 1911) <i>Leptoconops</i> sp. (Skuse, 1889)
4. Tabanidae	Tabaninae       Chrysopsinae		<i>Tabanus</i> sp. (Zetterstedt, 1758) <i>Heamatopota</i> sp. (Meigen, 1803) <i>Atylotus</i> sp. (Osten-Sancken, 1876) <i>Hybomitra</i> sp. (Enderlein, 1922) <i>Chrysops</i> sp. (Meigen, 1803) <i>Silvius</i> sp.
5. Ephydriidae	Ephydrinae   Gymnomyzinae		<i>Ephydra</i> sp. <i>Setacera</i> sp. <i>Ochthera</i> sp.
6. Anthomyiidae			
7. Tipulidae	Tipulinae		<i>Tipula</i> sp. ( <a href="#">Linnaeus, 1758</a> ) <i>Tipula (Yamatotipula)</i> sp. <i>Tipula (Acutipula)</i> sp.
8. Limoniidae	Chioneinae   Limoniinae		<i>Rhabdomastix</i> sp. (Skuse, 1890) <i>Dicranomyia</i> sp. (Stephens, 1829)
9. Psychodidae	Psychodinae		<i>Psychoda (Tinearia)</i> sp. (Schellenberg, 1803) <i>Tonnoiriella</i> sp. (Vaillant, 1982) <i>Ulomyia</i> sp. (Walker,

			1856)
10. Empididae	Clinocerinae		<i>Clinocera</i> sp. (Meigen, 1803)
	Hemerodromiinae		<i>Wiedemannia</i> sp. (Zetterstedt, 1838) <i>Chelifera</i> sp. (Macquart, 1823)
11. Culiciidae	Culicenaе		<i>Culex</i> sp. (Linnaeus, 1758)
	Anophelinae		<i>Anopheles</i> sp. (Meigen, 1818)
12. Dolichopodidae			
13. Stratiomyidae			
14. Rhagionidae	Rhagioninae		<i>Chrysopilus</i> sp. (Macquart, 1826)
15. Chaoboridae			
16. Dixidae			
17. Athericidae			

### 1.1.1. Famille Chironomidae

Les espèces de Chironomidae existent sur tous les continents. En effet, dans le monde, un total de 7053 espèces (PAPE *et al.*, 2011) et en Europe 1262 espèces (SAETHER et SPIES, 2013). La systématique des larves au niveau générique reste difficile puisqu'elle implique un certain nombre de montages microscopiques ; l'identification des larves au niveau spécifique est impossible dans de très nombreux cas. Dans les pays voisins, un total de 388 taxa est répertorié actuellement à l'échelle du Maroc (KETTANI et LANGTON, 2012) et 79 taxons ont été identifiés en Tunisie (BOULAABA *et al.*, 2012). Le premier inventaire des chironomes réalisé en Algérie date de 1992 par MOUBAYED *etal.*(1992) qui ont identifié 101 espèces dans oued Sébaou. Plus tard, LOUNACI *et al.* (2000a) ont recensé de nouvelles espèces pour l'Algérie ; d'où le nombre total atteint 130 espèces. Récemment, plusieurs contributions se sont réalisées en Algérie, tels que lestravaux de MOUBAYED *et al.*(2007), DEBBICHE ZERGUINE (2010) et de CHAIB *et al.* (2011). Cette famille pullule dans tous les cours d'eau étudiés.

### 1.1.1.1. Sous-famille Chironominae :

❖ *Chironomus* (Meigen, 1803) : Les larves sont connues sous le nom de « vers de vase ». Ce genre a une distribution mondiale allant des tropiques à l'Arctique. En Tunisie, ce genre présente deux espèces selon l'étude de BOULAABA *et al.* (2012). En Algérie, deux espèces de ce genre ont été mentionnées dans le travail de DEBBICHE ZERGUINE (2010) capturées dans des mares temporaires de la région d'El Kala et celui de CHAIB *et al.* (2011) sur oued El Kebir Est. Dans nos cours d'eau, il a été récolté dans 15 stations.

Sites: Fed1, Fed2, Hai1, Hai2, Th, Nd, Mn, Dj, Br, In, Ar, Tf, Gh, M'ch et Fg.

❖ Tribu Tanytarsini : regroupe plusieurs espèces qui vivent dans les eaux lotiques rapides et lentes, littorales lenticues; occasionnellement dans les eaux polluées. 12 espèces de cette tribu sont identifiées par DEBBICHE ZERGUINE (2010) et 4 espèces par CHAIB *et al.* (2011). Dans nos oueds, elle est recensée dans 13 stations.

Sites: Fed1, Fed2, Hai1, Hai2, Nd, Mn, Dj, In, Ar, Tf, Gh, M'ch et Fg.

1.1.1.2. Sous-famille Orthoclaadiinae : Les Orthoclaadiinae comprennent un nombre élevé d'espèces qui colonisent les milieux les plus variés, à partir des torrents glaciaux, aux fleuves des plaines. Les stades aquatiques des Orthoclaadiinae, notamment les larves et les nymphes, peuvent vivre dans un intervalle assez large de température. MOUBAYED *et al.* (2007) ont recensé 57 espèces d'Orthoclaadiinae dans la région de la Kabylie, DEBBICHE ZERGUINE (2010) a identifié 17 espèces d'Orthoclaadiinae, alors que CHAIB *et al.* (2011) ont recensé 15 espèces. Dans les cours d'eau étudiés, elle a été échantillonnée dans 15 stations.

Sites: Fed1, Fed2, Hai1, Hai2, Th, Nd, Mn, Dj, Br, In, Ar, Tf, Gh, M'ch et Fg.

### 1.1.2. Famille Simuliidae

D'après la dernière révision de ADLER et CROSSKEY (2017), il existe 2232 espèces vivantes de Simuliidae au monde. Au Maroc, 42 espèces avaient été identifiées (ADLER & BELQAT 2001; BELQAT & ADLER 2001; BELQAT *et al.* 2001a, 2001b, 2005, 2008, 2011; BELQAT 2002; BELQAT et DAKKI, 2004). En Tunisie, 18 espèces de Simulies sont connues (CLERGUE-GAZEAU et BOUMAIZA, 1986 ; ADLER et CROSSKEY (2017). A l'état actuel de nos connaissances, 33 espèces ont été recensées en Algérie (ADLER et CROSSKEY (2017). Elles sont de distribution large ou limitée et d'origine biogéographique différente (CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS, 2016).

❖ *Metacnephia blanci* (Grenier et Theodorides, 1953): L'espèce a une distribution ouest-méditerranéenne (CROSSKEY et CROSSKEY 2000). Elle se localise dans les pays suivants : Maroc, Algérie, France, Italie (Sicile) et Macédoine (ADLER et CROSSKEY,

2017). Décrite du Maroc, elle a été récoltée et répertoriée par BELQAT (2002), BELQAT *et al.* (2008). La première mention de l'espèce en Algérie a été faite par CROSSKEY et HOWARD (1997). Récemment, elle est mentionnée par CHERAIRIA *et al.* (2014). Dans nos récoltes, elle a été trouvée dans deux cours d'eaux, et trois stations, dont deux à régime permanent (Mn et Dj) à oued Abdi et une semi-permanente (Fd2) à oued El Haï, à des altitudes variant entre 600m et 990m.

Site : Fed 2, Mn et Dj.

❖ *Simulium velutinum* (Santos Abreu, 1922) cyto species '3' : En Algérie, *Simulium velutinum* complexe a été mentionnée dans les monts de Tlemcen (GAGNEUR et CLERGUE-GAZEAU, 1988 ; CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2012 ; CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014), de ceux de la Djurdjura (LOUNACI *et al.*, 2000a ; 2000b) et dans le nord-est algérien (CHERAIRIA *et al.*, 2014). Très récemment, ADLER *et al.* (2015) ont étudié la biodiversité criptique dans le génome de larves d'espèces du groupe *aureum* d'Algérie et du Maroc ; ils ont découvert, parmi les sept ségrégations cytologiques identifiées, cinq formes cytogénétiques de *S. velutinum* s.l. dont la cyto-espèce '3' a été identifiée sur des larves récoltées dans Fed2 et Haï2 en 2013 et 2014 et dans les provinces de Guelma (oueds Bouhamdane, Zenati et Ain Arko) et de Souk Ahras (oued M'gisba). Dans notre étude, *S. velutinum* complexe affectionne les eaux de deux stations de l'oued El Haï (Fed2 et Haï2). Tandis que le reste des stations de l'oued sont occupées par *S. velutinum* sensu stricto qui est largement distribuée durant toutes les saisons.

❖ *Simulium (Nevermania) ruficorne* (Macquart, 1838) Cette espèce a une large distribution mondiale et maghrébine selon ADLER et CROSSKEY (2017). Elle a été mentionnée dans la région de Biskra (EDWARDS, 1923 ; PARROT, 1949), dans le Sahara oriental (GRENIER et CLASTRIER, 1960), dans les monts de Tlemcen (ADLER *et al.*, 2015), dans le bassin versant de Seybousse (CHERAIRIA *et al.*, 2014) ; une seule larve a été reportée dans le Tafna (CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014). Cette espèce a été rencontrée dans les 3 oueds, dans 6 stations à différentes altitudes, allant de 125 m à 990 m : Fed2, Haï2, Mn, Dj, Tf et Fg.

❖ *Simulium* gr. *ornatum* : les espèces du gr. *Ornatum* ont une large distribution mondiale (ADLER et CROSSKEY, 2017). Au Maroc, elles ont été signalées par BELQAT *et al.* (2001, 2005, 2008, 2011), BELQAT 2002 et BELQAT et DAKKI (2004) et en Tunisie par BOUMAIZA et CLERGUE-GAZEAU (1986). En Algérie, elles sont mentionnées dans plusieurs travaux (EDWARDS, 1923 ; GAGNEUR et CLERGUE-GAZEAU, 1988 ;

LOUNACI *et al.*, 2000a et 2000b, CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2012 ; CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014 ; CHERAIRIA *et al.*, 2014). Ce groupe que nous avons rencontré s'est avéré très abondant, puisqu'il habite 13 stations de différentes altitudes, de 50m à 1434 m : Fed2, Haï1. Th, Nd, Mn, Dj, Br, In, Ar, Tf, Gh, M'ch et Fg.

- ❖ *Simulium (Wilhelmia) pseudequinum* (Séguy, 1921). Ce taxon se distribue largement à travers la région paléarctique. Elle fréquente le sud de la Grande Bretagne (CROSSKEY, 1981), le Maroc et les pays méditerranéens (BELQAT *et al.*, 2008). C'est une espèce commune dans les pays maghrébins qui colonise la plupart des cours d'eau. Au Maroc, elle a été signalée par BELQAT *et al.* 2001, 2005, 2008, 2011), BELQAT 2002 et BELQAT et DAKKI(2004) et en Tunisie par BOUMAIZA et CLERGUE-GAZEAU (1986). *Simulium pseudequinum* était parmi les premières espèces identifiées en Algérie (EDWARDS, 1923). Depuis, elle a été rapportée dans plusieurs travaux (GAGNEUR et CLERGUE-GAZEAU, 1988 ; LOUNACI *et al.*, 2000a et 2000b, CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2012 ; CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014 ; CHERAIRIA *et al.*, 2014). Dans notre aire d'étude, elle a été récoltée dans 15 stations. Elle apparaît pendant plusieurs mois de l'année, atteignant son abondance maximale en juin.

Sites: Fed1, Fed2, Haï1, Haï2, Th, Nd, Mn, Dj, Br, In, Ar, Tf, Gh, M'ch et Fg.

- ❖ *Simulium (Wilhelmia) sergenti* (Edwards, 1923) a une distribution ibéro-maghrébine (EDWARDS, 1923 ; PARROT, 1949 ; BAILLY-CHOUMARA *et al.*, 1970 ; BOUMAIZA et CLERGUE-GAZEAU, 1986 ; GAGNEUR et CLERGUE-GAZEAU, 1988 ; CLERGUE-GAZEAU *et al.*, 1991). Décrite sur du matériel algérien (Biskra) par (EDWARDS, 1923), l'espèce a été citée, depuis, par d'autres auteurs dans les monts de Tlemcen et du Djurdjura (GAGNEUR et CLERGUE-GAZEAU, 1988 ; LOUNACI *et al.*, 2000a et 2000b, CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2012 ; CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014). Dans la présente étude, elle n'a été échantillonnée qu'une seule fois dans une seule station à régime permanent de l'oued El Haï à une altitude de 600 m : Fed2.

### 1.1.3. Famille Ceratopogonidae

Actuellement, il existe au monde 6180 espèces vivantes et 274 espèces fossiles (BORKENT, 2014). Seuls quatre genres sont considérés comme hématophages dans cette famille: *Culicoides*, *Leptoconops*, *Forcipomyia* (sous-genre *Lasiohelea*) et *Austroconops* (présent seulement dans la région australienne) (RONDEROS *et al.*, 2003). Le genre le

plus étudié est celui du *Culicoides*, à cause de son pouvoir pathogène (vecteurs de nombreuses affections humaines et animales). La taxonomie est essentiellement basée sur les adultes ; seules les formes préimaginales d'un petit nombre d'espèces ont été décrites. La famille des *Ceratopogonidae* est actuellement divisée en cinq sous-familles, quatre sont représentées dans notre région d'étude : Ceratopogoninae, Dasyheleinae, Leptoconopinae, Forcipomyinae.

**1.1.3.1. Sous-famille Leptoconopinae** (Noé, 1907). Cette sous-famille n'est représentée que par un seul genre dans le monde:

❖ *Leptoconops* (Skuse, 1889) le genre *Leptoconops* est connu dans diverses parties du monde en raison de ses morsures nuisibles et bouleversées pendant la journée. En outre, les *Leptoconops* peuvent causer des blessures graves, surtout lorsqu'ils sont présents en grand nombre ([CARRIERI et al., 2007](#)). En Europe, 11 espèces de *Leptoconops* ont été signalées, six appartenant au sous-genre *Holoconops* et cinq au sous-genre *Leptoconops* ([SZADZIEWSKI et al., 2004](#)). Seules deux espèces ont été signalées en Espagne (DELECOLLE, 1999). En France, neuf espèces de *Leptoconops sensu lato* sont présentes (GONZALEZ et al., 2013). Ce genre a été récolté une seule fois dans une station semi permanente du cours supérieur de l'oued El Hai.

Site : Fed2.

**1.1.3.2. Sous-famille Forcipomyinae** (Lenz, 1934) sous-famille comprenant 2 genres : *Forcipomyia* (Meigen, 1818) et *Atrichopogon* (Kieffer, 1906). Des spécimens de cette sous-famille ont été rencontrés dans deux stations permanentes de l'oued Abdi une à haute altitude (Mn) et l'autre à moyenne altitude (Dj).

Sites : Mn, Dj.

**1.1.3.3. Sous-famille Dasyheleinae** (Lenz, 1934) un seul genre *Dasyhelea* représente cette sous-famille.

❖ *Dasyhelea* (Kieffer, 1911) le genre *Dasyhelea* a été enregistré dans toutes les régions du monde sauf Antarctique (GROGAN et WIENERS, 2006). Actuellement, 612 espèces valides de *Dasyhelea* ont été décrites, dont 14 espèces fossiles (BORKENT, 2012). Dans notre aire d'étude, ce genre a été récolté dans 15 stations.

Sites: Fed1, Fed2, Hai1, Hai2, Th, Nd, Mn, Dj, Br, In, Ar, Tf, Gh, M'ch et Fg.

**1.1.3.4. Sous-famille Ceratopogoninae** (Newman, 1834) est la sous-famille la plus diversifiée ; le genre *Culicoides* est le plus connu. Elle a été récoltée dans 15 stations étudiées.

Sites: Fed1, Fed2, Hai1, Hai2, Th, Nd, Mn, Dj, Br, In, Ar, Tf, Gh, M'ch et Fg.

#### 1.1.4. Famille Tabanidae

Les Tabanidae, connus sous le nom de taons «*horse-flies*». La classification actuelle des Tabanidae comporte 4400 espèces qui appartiennent à quatre sous-familles et dix tribus. Le nombre de genres connu dans le monde est de 144, dont certains sont médicalement importants comme par exemple *Chrysops* Meigen, *Tabanus* Linnaeus et *Haematopota* Meigen. (GAWHARA *et al.*, 2010). A l'échelle mondiale, les Tabanidae constituent une famille de diptères hématophages peu étudiée par comparaison avec d'autres familles comme les Culicidae. L'identification spécifique est loin d'être aisée. Les taons sont globalement des espèces qui aiment la chaleur. Au Maroc, les premières recherches sur les Tabanidae ont été réalisées par LECLERCQ (1968) qui recensé 60 espèces dans le Haut Atlas. Un nouveau recensement au Maroc dénombre 65 espèces, 23 espèces du Rif et 30 espèces du Haut Atlas (EL HAOUARI et KETTANI, 2014a ; 2014b). Ces nouvelles récoltes permettent de construire un inventaire préliminaire des Tabanidae en Algérie.

##### 1.1.4.1. Sous-famille Tabaninae

❖ *Genre Tabanus* (Zetterstedt, 1758). A l'intérieur de la famille des Tabanidae, le genre *Tabanus* est celui qui comprend le plus d'espèces : 1200 connues environ. On les trouve dans les régions à climat chaud ou tempéré, dans les régions plates ou montagneuses. On y rencontre des *Tabanus* de grande taille et de couleur foncée caractéristiques des régions méditerranéennes. Les *Tabanus* sont les taons les plus importants du point de vue vétérinaire parce qu'ils s'attaquent au gros bétail. Au Maroc, ce genre est le plus diversifié des Tabanidae avec 18 espèces (EL HAOUARI et KETTANI, 2014a ; 2014b). Une seule note concernant ce genre a été réalisée pour l'Algérie et la Tunisie par SURCOUF (1913). Dans la région des Aurès, il est récemment collecté dans 15 stations à travers les 3 oueds étudiés.

Sites: Fed1, Fed2, Hai1, Hai2, Th, Nd, Mn, Dj, Br, In, Ar, Tf, Gh, M'ch et Fg.

❖ *Genre Haematopota* (Meigen, 1803). On trouve plus particulièrement les *Haematopota* dans les régions méditerranéennes. Le genre est riche en espèces (environ 400). EL HAOUARI et KETTANI (2014a et 2014b) ont révélé la présence de 11 espèces de ce genre au Maroc. Durant notre période d'étude, il a été rencontré deux fois, une fois à Dj en juin 2008 et l'autre à Mn en août 2008.

Sites : Mn, Dj

❖ *Atylotus* (Osten-Sancken, 1876). On connaît 65 espèces d'*Atylotus* à travers le monde. Trois espèces seulement ont été signalées au Maroc (EL HAOUARI et KETTANI, 2014a ; 2014b). Ce travail montre l'existence de ce genre dans 4 stations.

Sites : Th, Dj, Gh, M'ch

❖ *Hybomitra* (Enderlein, 1922). Les *Hybomitra* sont les espèces les plus communes de la faune ibérique et sont présentes dans des lieux humides et montagneux. Cinq espèces ont été recensées au Maroc (EL HAOUARI et KETTANI, 2014a ; 2014b). Dans notre aire d'étude, ce genre a été retrouvé dans 3 stations deux permanentes et montagneuses (Mn et Dj) et une semi-permanente à haute altitude (Ar).

Sites : Ar, Mn et Dj.

#### 1.1.4.2. Sous-famille Chrysopsinae

❖ Genre *Chrysops*(Meigen, 1803). Les *Chrysops*vivent dans les régions tempérées et froides de la zone paléarctique. On en connaît 25 espèces à travers le monde. La plupart vivent dans les beaux marécages et leurs larves se nourrissent de matières végétales en décomposition(ANONYME, 2010). Au Maroc, 7 espèces de ce genre ont été signalées (EL HAOUARI et KETTANI, 2014a ; 2014b). Ce travail indique la présence de ce taxon dans deux stations (permanentes) en aval à basse altitude.

Sites : Fg, Hai2

❖ Genre *Silvius*(Meigen 1820), Tabanidae méditerranéens pour la plupart (PAL ARADI, 1958). Au Maroc, 3 espèces de ce genre sont citées (EL HAOUARI et KETTANI, 2014a ; 2014b). Nos récoltes contiennent 15 spécimens recensés dans 5 stations de haute à basse altitude.

Sites : Fed2, Hai2, Ar, Gh et Fg.

**1.1.5. Famille Stratiomyidae :** Il existe 2715 espèces de Stratiomyidae dans le monde (WOODLEY, 2001 ; 2011). CORNELIU et RĂZVAN (2007) ont signalé la présence d'une espèce *Chloromyiaformosa*(Scopoli, 1763) dans trois pays Maghrébins (Algérie, Maroc et Tunisie). De nouvelles données ont été publiées sur les startiomyidae du Maroc, incluant un inventaire bibliographique des espèces Nord Africaines. Au Maroc, 33 espèces ont été recensées, 35 espèces en Algérie, 19 en Tunisie, 2 en Libye et 18 en Egypte (YIMLAHI *et al.*, 2017). WOODLEY (2001) a signalé la présence de cinq espèces du genre *Oxycera* dans la région des Aurès (Arris) : *O. germanica* (Szilday, 1932), *O. ochracea* (Vaillant, 1950), *O. rara* (Scopoli, 1763), *O. torrentium* (Vaillant, 1950), *O. trilineata* (Linnaeus, 1767). Les spécimens récoltés durant la période d'étude ont été rencontrés dans une seule station à haute altitude (In) de l'oued El Abiod pas loin d'Arris.

Sites : In.

### 1.1.6. Famille Rhagionidae

#### 1.1.6.1. Sous-famille Chrysopilinae

❖ *Chrysopilus*(Macquart, 1826) est le genre le plus diversifié(268 espèces décrites) de Rhagionidae. Il a une large distribution, englobant toutes les régions biogéographiques (SANTOS et DALTON, 2007). La présence de ce genre au Maroc a été signalée par THOMAS (1979a) dans le Haut Atlas. Durant notre période d'étude nous avons récolté des spécimens dans 4 stations permanentes à différentes altitudes.

Sites: In, Tf, Fed2, Hai2.

**1.1.7. Famille Athericidae :** Il existe 124 espèces d'Athericidae dans le monde (PAPE et al., 2011). Durant notre période d'étude nous n'avons récolté que deux spécimens dans une station permanente de l'aval de l'oued El Hai2 (250 m).

Site: Hai2

**1.1.8. Famille Ephydridae :** Aussi nommée Shoreflies. Selon ZATWARNICKI et KAHANPÄÄ(2014) il existe 1927 espèces au monde. En Afrique du nord, 14 espèces ont été recensées en Tunisie, 3 en Algérie (CORNELIU et RĂZVAN, 2007) et 7 au Maroc (CORNELIU et al., 2006). La présence de cette famille en Algérie a été mentionnée dans plusieurs travaux publiés et non publiés traitant la faune benthique de différents cours d'eaux comme ceux de HAFIANE et al. (2013); ZOUGGAGHE et al. (2014); SELLAM et al. (2016); OULDJAOUI et al. (2017).

#### 1.1.8.1. Sous-famille Ephydrinae

❖ *Ephydra*(Fallen, 1810). Une espèce *Ephydrariparia* a été recensée en Tunisie (CORNELIU et RĂZVAN, 2007). Ce genre n'a été rencontré que dans deux stations permanentes de l'oued El Hai, une à moyenne altitude et l'autre à basse altitude en aval.

Sites : Hai1, Hai2.

❖ *Setacera*(Cresson, 1930). Ce taxon est le plus abondant des Ephydridae dans notre aire d'étude ; il est rencontré dans six stations dans les trois oueds.

Sites : Mn, Dj, Ar, Fed1, Fed2, Hai1.

#### 1.1.8.2. Sous-famille Gymnomyzinae

❖ *Ochthera*(Latreille, 1802). Ce genre est distribué sur deux oueds et dans trois stations de haute à moyenne altitude de la région d'étude.

Sites : Nd, Mn, Fed2.

**1.1.9. Famille Anthomyiidae :** La famille Anthomyiidae est un groupe taxonomiquement difficile qui a souffert d'une taxonomie et d'une nomenclature instables. Au monde, il existe 2000 espèces, 199 espèces confirmées classées dans 41 genres et sous-genres (MICHELSEN, 2014). En Algérie, une espèce, *Paregle audacula*, a été signalée (Harris 1780) et en Tunisie 3 espèces (CORNELIU et RĂZVAN, 2007). La présence de cette Famille au Maroc a été signalée par CORNELIU *etal.* (2006) et El IMRANI et KETTANI, (2012). Dans ce travail, les Anthomyiidae ont été récoltés dans six stations à différentes altitudes à travers les trois oueds.

Sites : Mn, Fed2, Haï1, Haï2, Gh, M'ch.

**1.1.10. Famille Tipulidae :** les craneflies, forment l'une des plus grandes familles de Diptères, dont plus de 15 000 espèces sont connues (OOSTERBROEK, 2010). Seules, 4 espèces ont été signalées en Tunisie par CORNELIU et RĂZVAN (2007).

❖ *Tipula* (Linnaeus, 1758). Ce genre a une distribution paléarctique. OOSTERBROEK (2011) a signalé la présence de 16 espèces de *Tipula* en Algérie, 6 en Tunisie et 7 au Maroc. Il est subdivisé en 40 sous-genres ; nous avons pu identifier quelques spécimens jusqu'au sous-genre.

Sites : In, Ar, Fg.

❖ *Tipula (Yamatotipula)*. Ce sous-genre a une distribution ouest-paléarctique. Il a été cité dans trois pays du Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie) par OOSTERBROEK (2011). Durant ce présent travail, il a été récolté dans 4 stations, dans 2 oueds (Abdi et El Abiod), trois à haute altitude (In, Ar, Mn) et une à moyenne altitude (Dj).

Sites: In, Ar, Mn, Dj.

❖ *Tipula (Acutipula)*. Ce sous-genre a une distribution ouest-paléarctique. Il n'a été signalé en Afrique du Nord que d'Algérie par OOSTERBROEK (2011). Nos résultats montrent la présence de ce taxon dans 4 stations à haute altitude.

Sites : In, Th, Nd, Mn.

**1.1.11. Famille Limoniidae :** Elle contient 10528 espèces dans le monde (OOSTERBROEK, 2014). Les limoniidés comprennent plus de 741 espèces déjà connues dans la région ouest-paléarctique, dont 102 espèces sont connues en Afrique du nord : au Maroc (49), l'Algérie (32), la Tunisie (9), la Libye (1) et l'Égypte (11) (DRIAUAACH et BELQAT, 2016). Très bien étudiés au Maroc (DRIAUAACH et *al.*, 2013, DRIAUAACH et BELQAT 2015, DRIAUAACH et BELQAT, 2016), les Limoniidae (avec les Pediciidae et Trichoceridae) ont fait l'objet d'une thèse Nationale (DRIAUAACH, 2017).

#### 1.1.11.1. Sous-famille Chioneinae

❖ *Rhabdomastix* (Skuse, 1890). Ce genre a une distribution paléarctique. Il est mentionné pour la première fois en Algérie par STARY (2004) qui a identifié deux espèces : *Rhabdomastix (Rhabdomastix) hirticorni* et *Rhabdomastix (Rhabdomastix) japonica*. Cette citation est la seule en Afrique du nord. Cette présente étude signale sa présence dans 5 stations permanentes à différentes altitudes.

Sites : In, Fg, Mn, Hai1, Hai2.

#### 1.1.11.2. Sous-famille Limoniinae

❖ *Dicranomyia* (Stephens, 1829). De distribution paléarctique, il est représenté en Algérie par 8 espèces, tandis qu'une seule figure en Tunisie d'après OOSTERBROEK (2011) et 10 au Maroc (DRIAUAACH et BELQAT, 2016). Dans notre région d'étude il été recensé dans 3 stations de différentes altitudes, une de chaque oued.

Sites : In, Br, Hai1.

**1.1.12. Famille Psychodidae** : famille cosmopolite avec plus de 3000 espèces décrites existantes (CURLER et MOULTON, 2012; JEZEK et BARTAK, 2000), généralement connue par le nom « mouches de sable » contient des espèces hématophages, des vecteurs importants de maladies. En Algérie, 14 espèces de Psychodidae ont été décrites par SEGUY (1925). Les phlébotomes sont les plus étudiés, étant les seuls vecteurs connus des protozoaires du genre *Leishmania*. Les phlébotomes ont pris une très grande importance dans tous les pays où les leishmanioses existent (BOUKRAA *et al.*, 2010). Le travail de BOUNAMOUS (2010) s'est effectué sur les phlébotomes de l'Est algérien. BELAZZOUG et MAHZOUL (1986) s'intéressent aux phlébotomes du Hoggar (Sud d'Algérie). Au Maroc, une récente étude a traité le statut écologique et épidémiologique des espèces du complexe *Phlebotomus perniciosus* (ZARROUK *et al.* 2016).

**1.1.12.1. Sous-famille Psychodinae** ou « Mouches papillons » est la sous-famille la plus diversifiée des Psychodidae. Elle contient 49 espèces en Afrique du nord : Algérie (33), Maroc (27), Tunisie (18) et Egypte (5) (AFZAN et BELQAT, 2016).

❖ *Psychoda* ([Latreille, 1796](#)). Le genre *Psychoda* est cosmopolite. Selon MATILE (1993), les espèces du genre *Psychoda* sont pathogéniques vu qu'elles se développent dans les étables, des fermes ou des conduits d'évacuations des eaux usées des maisons. Cette étude indique l'apparition de ce genre dans 9 stations qui se répartissent sur deux oueds. Les spécimens récoltés appartiennent au sous-genre *Tinearia* (Schellenberg, 1803) ; la seule espèce de ce sous-genre qui se trouve en Algérie est *Psychoda (Tinearia) alternata* (Say,

1824). Cependant, AFZAN et BELQAT (2016) rendent compte de l'existence en total de, 8 espèces de *Psychoda* en Algérie, 5 au Maroc et 5 en Tunisie.

Sites : In, Ar, Tf, Gh, Th, Nd, Mn, Dj, Br

❖ *Tonnoiriella* (Vaillant, 1982) Selon AFZAN et BELQAT (2016), deux espèces de *Tonnoiriella* existent en Algérie : *T. atlantica* (Satchell, 1953) et *T. pulchra* (Eaton, 1893), deux au Maroc et une en Tunisie. Nous avons récolté 4 spécimens seulement dans une station permanente à haute altitude en décembre 2008.

Site : Mn.

❖ *Ulomyia* (Walker, 1856). En Algérie ce genre a été signalé seulement par BRAHMI *et al.* (2013) dans le barrage de Taksebt (Kabylie). Nous n'avons récolté qu'un seul spécimen dans une station semi-permanente à haute altitude en mars 2009.

Site : Nd

**1.1.13. Famille Empididae**, une des plus grandes familles des Diptères avec près de 5000 espèces décrites dans le monde (YANG *et al.*, 2007; CHVALA, 2013). En Algérie, elle a fait l'objet de plusieurs études, dont celles de VAILLANT (1952, 1954) et de même pour l'Afrique du nord (VAILLANT, 1955a ; 1956 ; 1964 ; CASSAR *et al.*, 2005 ; CORNELIU et RĂZVAN, 2007 ; BAHID et KETTANI, 2013). Selon la littérature, cette famille est représentée, en Algérie, par 4 genres.

#### **1.1.13.1. Sous-famille Clinocerinae**

❖ *Clinocera* (Meigen, 1803). Ce genre est largement distribué en Europe (VAILLANT, 1964). CHVALA et WAGNER (1989) ont signalé la présence de *Clinocera* au Nord d'Afrique (Maroc et Algérie) et en Asie Centrale. La première citation en Espagne correspond à celle de STROBL (1909b). Il est recensé dans 10 stations différentes de nos oueds.

Sites: In, Ar, Fg, Th, Mn, Dj, Br, Fed2, Haï1, Haï2.

❖ *Wiedemannia* (Zetterstedt, 1838). Selon VAILLANT (1967), les espèces de ce genre ont une large distribution altitudinale. Elles ont été récoltées au moyen Atlas au Maroc par BAHID et KETTANI (2013). La présence de ce genre en Algérie n'était pas signalée avant. Nous n'avons récolté qu'un seul spécimen dans une station permanente à haute altitude en mars 2009.

Site : In.

#### **1.1.13.2. Sous-famille Hemerodromiinae**

❖ *Chelifera* (Macquart, 1823). Le genre a une distribution paléarctique. Nous n'avons récolté que trois spécimens dans deux stations à haute altitude, une permanente (Mn : un seul spécimen en février 2008) et l'autre semi-permanente (Ar : 2 spécimens en mai 2008).

Sites : Ar et Mn.

**1.1.14. Famille Dolichopodidae.** Il existe plus de 7400 espèces décrites dans le monde appartenant à 268 genres (GRICHANOV, 2011). La présence de cette famille en Afrique du Nord a été signalée par CORNELIU *et al.* (2006) et CORNELIU et RĂZVAN (2007) ; ils révélaient l'existence de 5 espèces en Algérie, 8 au Maroc et 10 en Tunisie. Récemment, le genre *Rhaphium* a été mentionné dans le travail d'OULDJAOUI *et al.* (2017) au nord-est de l'Algérie. Cette famille est rencontrée dans 4 stations à une amplitude altitudinale variant entre 250 m (Haï2) et 1043 m (Nd).

Sites : Fed1, Haï2, Tf, Nd.

**1.1.15. Famille Culicidae.** La famille Culicidae comprend 3539 espèces existantes dans le monde entier. En raison de l'importance médicale de cette famille, elle a été largement étudiée de façon taxonomique, mais de nouvelles espèces sont encore découvertes (HULDEN et HULDEN, 2014). En Algérie, comme dans tous les pays d'Afrique du nord, elle a fait l'objet de plusieurs études dès le début du XX<sup>ème</sup> siècle jusqu'à présent, nous citons les travaux de: SENEVET (1931, 1935, 1947a et 1947b, 1949, 1954) ; SENEVET et PRUNNELLE(1928) ; SENEVET et FRATANI (1938) ; SENEVET *et al.* (1954, 1959); ANDARELLI (1960);SENEVET et ANDARELLI (1963a, 1963b, 1964a, 1964b) et plus récemment BERCHI (2000) ; LOUNACI (2003); BEBBA (2004) ; BENDALI (2006); MESSAI *et al.* (2011) qui ont révélé l'importance écologique et pathologique des Culicidae. BENHISSEN *et al.* (2014) a révélé la présence de 11 espèces de Culicidae appartenant à 4 genres différents *Culex*, *Aedes*, *Anopheles* et *Culiseta* dans la région de Biskra.

#### **1.1.15.1. Sous-famille Culicinae**

❖ *Culex* (Linnaeus, 1758) En Algérie, ce genre a fait l'objet de plusieurs citations parmi lesquelles: SENEVET (1947a et 1947b; 1949; 1954), SENEVET et ANDARELLI (1959), BERCHI (2000), BEBBA (2004). En notant que l'espèce *Culex pipiens* est la plus répandue et a une très vaste distribution. BENHISSEN *et al.* (2014) citent 7 espèces de *Culex* dans la région de Biskra, tandis que MESSAI *et al.* (2011) comptent 8 espèces à Mila. Selon TRARI *et al.* (2002), il existe 12 espèces de *Culex* sur le territoire marocain. Durant nos prélèvements, nous avons récolté les *Culex* une fois dans une flaie à la station (Fd1) de l'oued El Haï.

Site: Fed1

### 1.1.15.2. Sous-famille Anophelinae

❖ *Anopheles* (Meigen, 1818). Les plus anciennes recherches sur ce genre en Algérie sont: SENEVET et PRUNNELLE (1928), SENEVET (1931), SENEVET et FRATANI (1938), SENEVET *et al.* (1959), SENEVET et ANDARELLI (1964a). Plus récemment, deux espèces du genre *Anopheles* sont recensées à Mila (MESSAI *et al.*, 2011) et une à Biskra (BENHISSEN *et al.*, 2014). Au Maroc, 9 espèces d'*Anopheles* sont récoltées (TRARI *et al.*, 2002). Les *Anopheles* sont récoltés dans deux stations de l'oued El Haï, une à moyenne altitude et l'autre à basse altitude.

Sites: Fed2, Haï2

**1.1.16. Famille Chaoboridae.** Cette famille compte 54 espèces seulement dans le monde (PAPE *et al.*, 2011). Elle a été signalée avant par HAFIENE *et al.* (2013). Dans notre région d'étude, deux spécimens ont été récoltés une fois dans une station semi-permanente à haute altitude.

Site: Th

**1.1.17. Famille Dixidae.** Il existe 186 espèces de Dixidae à travers le monde (PAPE *et al.*, 2011). Elle a été rencontrée une fois en septembre 2008 dans une station permanente à haute altitude de l'oued El Haï.

Site: Fed2.

## 1.2. Analyse de la composition faunistique globale

Durant nos prélèvements qui ont duré deux années, nous avons récolté un total de 37128 individus dans 15 stations prospectées, à l'exception de la station Til qui marque une absence totale de la faune à cause de sa pollution excessive. Les spécimens capturés se répartissaient sur 17 familles et 26 genres. Le plus grand nombre d'individus a été

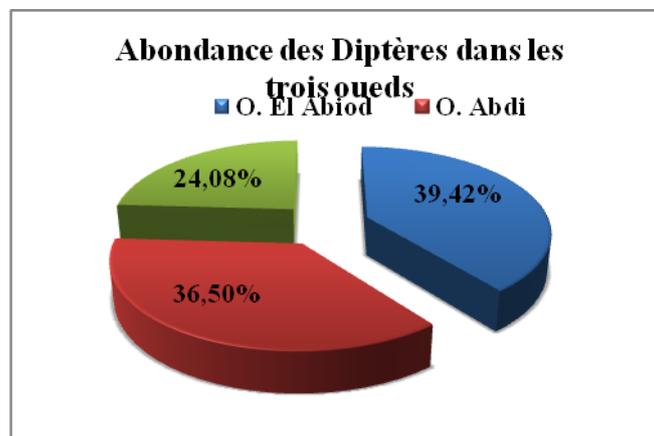


Figure 4.1. Représentation de l'abondance globale des Diptères dans les trois oueds étudiés.

échantillonné à oued El Abiod avec 14636 spécimens représentant 39,40% de la faune totale. En deuxième position, oued Abdi qui représente 36,50% (13551 individus) et enfin oued El Haï avec 24,08% du total (8941 individus) (Fig.4.1).

### 1.2.1. Abondance des familles et des taxons

Du point de vue abondance des familles, la famille des Chironomidae est la plus dominante du fait qu'elle présente environ la moitié de la faune récoltée avec 47,05% de la faune totale (17468 individus). La famille des Simuliidae vient en deuxième position en abondance, en représentant 39,77% de la faune totale (soit 14655 individus). Les Chironomidae et les Simuliidae sont abondants dans toutes les stations et totalisent plus de 86% de la faune diptérienne récoltée. Les Ceratopogonidae, moins abondants, avec 7,60% de la faune totale (soit 2820 individus), occupent la troisième place.

Les Ephydriidae et les Tabanidae occupent respectivement la 4<sup>ème</sup> et la 5<sup>ème</sup> place avec 2,36% (875 individus) et 1,43% (532 individus). Les Anthomyidae, les Tipulidae et les Psychodinae sont faiblement représentés. Ils ne constituent respectivement que, 0,57% (213 individus), 0,32% (118 individus) et 0,29% (109 individus). Ils sont suivis des Empididae et des Culicidae avec 0,23% (86 individus) et 0,21% (78 individus), respectivement (Fig.4.2).

En ce qui concerne les taxons et les espèces recensées, les Orthocladiinae sont les plus abondants, avec 36,37% (13503 individus) de la faune totale. Elles sont suivies par *Simulium* gr. *aureum* et *Simulium* gr. *ornatum* avec, respectivement, 14,55% (5405 individus) et 13,8% (5142 individus). L'espèce *Simulium pseudequinum* est en quatrième position avec 7,19% (2668 individus), suivie par le genre *Chironomus* avec 7,13% (2646 individus) et le genre *Dasyhelea* avec 2350 individus, soit 6,33% du total. Les Tanytarsini représentent 3,55% (1319 individus) suivies par l'espèce *Simulium ruficorne*, le genre *Setacera* et l'espèce *S. velutinum* avec respectivement 2,16% (804 individus), 2,14% (798 individus) et 1,91% (708 individus). Les taxons restants sont, peu abondants à rares, leurs abondances varient entre 1,26% et 0,003% (Fig.4.3).



### 1.2.2. Fréquences des taxons recensés

Les taxons du peuplement diptérien recensés ont été classés selon la classification de DAJOZ (1985) comme suit :

- ✓ Taxons omniprésents : *Chironomus*, Orthoclaadiinae et *Dasyhelea*.
- ✓ Taxons constants : Tanytarsini, *Simulium* gr. *aureum*, *S.velutinum*, *S.pseudequinum*, *S.gr. ornatum*, Ceratopogoninae et *Tabanus*.
- ✓ Taxon fréquent : *Simulium ruficorne*.
- ✓ Taxons communs : *Metacnephia blanci*, *Silvius*, *Tipula* (*Yamatotipula*), *Rhabdomastix*, *Psychoda* (*Tinearia*), *Clinocera* et Anthomyiidae.
- ✓ Taxons accessoires : *Tipula*, *Hybomitra*, *Tipula* (*Acutipula*), *Dicranomyia*, *Setacera*, *Ochtera*, *Chrysopilus*, *Chrysops*, Dolichopodidae, Chaoboridae, *Atylotus*, Forcipomyiinae, *Heamatopota*, *Chelifera*, *Ephydra* et *Anopheles*.
- ✓ Taxons rares : *Simulium sergenti*, *Leptoconops*, *Tonnoiriella*, *Ulomyia*, *Wiedemannia*, *Culex*, Stratiomyiidae, Athericidae et Dixidae.

Pour établir une classification hiérarchique des taxons, nous nous sommes basés sur deux autres classifications : celle de BOURNAUD et KECK (1980), qui classent les espèces selon leurs abondances relatives, en quatre classes dominantes, sub-dominantes, résidentes et sub-

**Tableau 4.2.** Effectifs, Abondances relatives et Fréquences des Diptères recensés dans les 3 oueds (AR% : Abondance relative, F% : Fréquence)

Taxon	Effectif	AR%	F%
<i>Chironomus</i> sp.	2646	7,13	100
Tanytarsini sp.	1319	3,55	82,6
Orthoclaadiinae sp.	13503	36,4	100
<i>Simulium ruficorne</i>	804	2,17	73,9
<i>Simulium</i> gr. <i>aureum</i>	5405	14,6	95,7
<i>Simulium velutinum</i> Cyto-espèce '3'	708	1,91	78,3
<i>Simulium pseudequinum</i>	2668	7,19	91,3
<i>Simulium sergenti</i>	2	0,01	4,35
<i>Simulium</i> gr. <i>ornatum</i>	5142	13,8	95,7
<i>Metacnephia blanci</i>	35	0,09	30,4
<i>Dasyhelea</i> sp.	2350	6,33	100
Ceratopogoninae	466	1,26	91,3
Forcipomyiinae	3	0,01	8,7
<i>Leptoconops</i> sp.	1	0,003	4,35
<i>Tabanus</i> sp.	456	1,23	91,3
<i>Silvius</i> sp.	17	0,05	26,1
<i>Chrysops</i> sp.	15	0,04	17,4
<i>Atylotus</i> sp.	6	0,02	13
<i>Hybomitra</i> sp.	35	0,09	21,7

<i>Heamatopota</i> sp.	3	0,01	8,7
<i>Tipula</i> sp.	44	0,12	21,7
<i>Tipula</i> ( <i>Yamatotipula</i> )	59	0,16	34,8
<i>Tipula</i> ( <i>Acutipula</i> )	14	0,04	21,7
<i>Dicranomyia</i> sp.	5	0,01	21,7
<i>Rhabdomastix</i>	8	0,02	30,4
<i>Psychoda</i> ( <i>Tinearia</i> )sp.	104	0,28	43,5
<i>Tonnoiriella</i> sp.	4	0,01	4,35
<i>Ulomyia</i> sp.	1	0,003	4,35
<i>Chelifera</i> sp.	3	0,01	8,7
<i>Clinocera</i>	82	0,22	43,5
<i>Wiedemannia</i> sp.	1	0,003	4,35
<i>Ephydra</i> sp.	13	0,04	8,7
<i>Setacera</i> sp.	798	2,15	21,7
<i>Ochtera</i> sp.	64	0,17	17,4
<i>Chrysopilus</i>	9	0,02	17,4
<i>Culex</i> sp.	44	0,12	4,35
<i>Anopheles</i> sp.	34	0,09	8,7
Anthomyiidae	213	0,57	47,8
Dolichopodidae	21	0,06	17,4
Stratiomyiidae	6	0,02	4,35
Chaoboridae	8	0,02	13
Athericidae	2	0,01	4,35
Dixidae	7	0,02	4,35
<b>Total</b>	<b>37128</b>	<b>100</b>	

résidentes et celle de GUIDICELLI (1968) qui relie entre la fréquence de prélèvement, l'abondance relative et l'abondance absolue pour donner quatre classes (fondamentales, constantes, accessoires et sporadiques). Ces deux classifications, ont permis de ranger nos taxons en six catégories comme suit :

- Dominants et fondamentaux : *Chironomus*, Orthoclaadiinae, *Simulium* gr. *aureum*, *Simulium* *pseudequinum* et *Dasyhelea*.
- Subdominants fondamentaux : Tanytarsini et *Simulium* *ruficornis*.
- Subdominant sporadique : *Setacera*.
- Résidents fondamentaux : *Simulium* *velutinum* Cyto-espèce '3', *Tabanus* et Ceratopogoninae.
- Subrésidents accessoires : *Metacnephia* *blanci*, *Silvius*, *Tipula* (*Yamatotipula*), *Rhabdomastix*, *Psychoda* (*Tinearia*), *Clinocera* et Anthomyiidae.
- Subrésidents sporadiques : *Simulium* *sergenti*, Forcipomyinae, *Leptoconops*, *Chrysop*, *Atylotus*, *Hybomitra*, *Heamatopota*, *Tipula*, *Tipula*(*Acutipula*), *Dicranomyia*,

*Tonnoiriella*, *Ulomyia*, *Chelifera*, *Wiedemannia*, *Ephydra*, *Ochtera*, *Chrysopilus*, *culex*, *Anopheles*, Dolichopodidae, Stratiomyiidae, Chaoboridae, Athericidae et Dixidae.

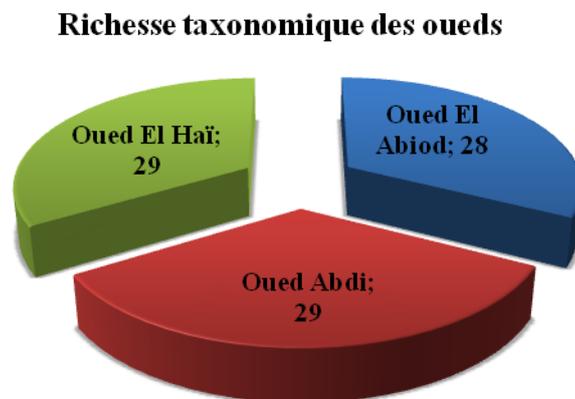
### 1.3. Analyse de la composition faunistique par oueds

#### 1.3.1. Variation spatiale

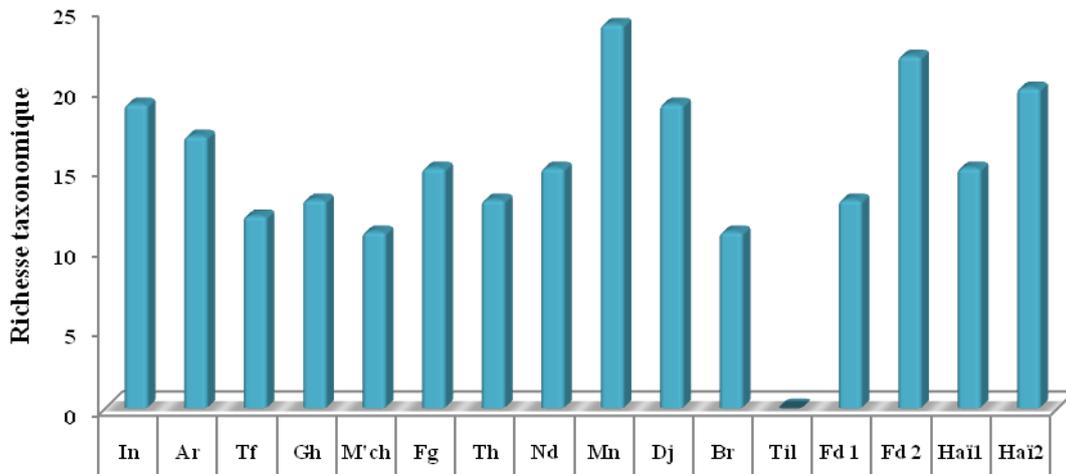
##### 1.3.1.1. Richesse taxonomique

Le peuplement des Diptères dans la région des Aurès paraît assez diversifié. Nous avons recensé 43 taxons en total, malgré que nous n'ayons pas arrivé à l'identification spécifique de tous les taxons. Les trois oueds étudiés présentent des richesses taxonomiques importantes : oued El Haï et oued Abdi affichent une richesse taxonomique identique avec 29 taxons pour chaque oued, suivis par oued El Abiod avec 28 taxons (Fig.4.4).

L'étude spatiale des peuplements montre une évolution hétérogène dans les stations étudiées. La valeur maximale de la richesse spécifique est observée dans la station Mn avec 24 taxons suivie par Fd2 avec 22 taxons, puis la station Haï2 (20 taxons), In et Dj avec 19 taxons pour chacune. Ces stations permanentes appartiennent soit au cours supérieur ou moyen, à l'exception d'une seule station Haï2 qui est de l'aval. Elles sont caractérisées par une végétation riveraine abondante, par la régulation du régime thermique de leurs eaux, par l'hétérogénéité du substrat et par la diversification de leurs micro-habitats. Une richesse taxonomique assez importante et comparable est enregistrée dans Ar (17), Fg (15), Nd (15) et Haï1 (15). La plupart de ces stations sont semi-temporaires à part la station Fg, qui est permanente. Néanmoins, ces stations ont été exposées à plusieurs perturbations telles que, le pompage, l'élevage des volailles, le pâturage et l'assèchement durant la période estivale.



**Figure 4.4.** Représentation de la richesse taxonomique par oued.



**Figure 4.5.** Distribution spatiale de la richesse spécifique des Diptères par oued.

Cependant, les stations Th, Fd1, Br, Gh, Tf et M'ch présentent des richesses moins élevées (de 11 à 13 taxons). Cela pourrait être expliqué par l'assèchement de Th, Br et Fd1 pendant la première année du prélèvement, et par l'impact des crues sur les autres. En revanche, la station Til marque une richesse taxonomique nulle, due certainement à sa pollution excessive par les rejets des eaux usées de la ville d'Aïn Touta. Néanmoins, certaines espèces de Diptères sont polluo-résistantes comme celles des chironomes ; mais nous avons enregistré une absence totale de la faune.

D'une manière générale, les Diptères colonisent tous les milieux de haute à basse altitude et peuvent résister aux changements brutaux des biotopes surtout, la famille des Chironomidae.

### 1.3.1.2. Abondance des Familles

L'analyse de nos résultats des abondances des familles et des taxons se révèle très différente d'un oued à l'autre et d'une station à l'autre. En effet, le nombre des familles recensées dans chaque oued est presque comparable : oued El Haï est en première position avec 14 familles, suivi par oued El Abiod avec 13 familles et enfin oued Abdi avec 12 familles. En ce qui concerne les effectifs des individus récoltés, la situation s'inverse : oued El Abiod se classe le premier avec 14636 individus, suivi par oued Abdi avec 13551 et finalement oued El Haï avec 8941 individus. La famille des Chironomidae occupe la première place dans deux oueds : celui de l'oued El Abiod et de l'oued El Haï avec respectivement, 9297 individus (63,52%) et 4673 individus (52,26%), suivie par les

Simuliidae avec respectivement, 4118 individus et 1760 individus. Tandis que dans oued Abdi, les Simuliidae viennent en premier avec 4673 individus (65,57%), suivis par les Chironomidae avec 3498 individus (25,81%). Les Ceratopogonidae viennent en troisième position dans les trois oueds mais sont plus abondants à oued El Haï avec 1211 individus, puis oued El Abiod avec 868 individus et oued Abdi avec 741 individus (Tab.4.3).

Cependant, il reste six autres familles qui sont communes dans les trois oueds, mais avec des abondances différentes ; les Tabanidae sont plus abondants à oued Abdi (211 individus) puis oued El Abiod (193 individus) et oued El Haï (128 individus). Les Ephydriidae, les Anthomyiidae et les Dolichopodidae sont plus abondants à oued El Haï avec respectivement, 847 individus, 199 individus et 14 individus. Par contre, les Empididae sont plus abondants à oued Abdi avec 48 individus ; les Limoniidae montrent une faible abondance dans tous les oueds. Le reste des familles présente de faibles abondances et ne s'observe que dans un seul ou deux oueds.

**Tableau 4.3.** Nombre d'individus ( $n_i$ ), abondance relative (AR%) et fréquence (F%) des taxons recensés par oued

Familles/taxons	Oued El Abiod			Oued Abdi			Oued El Haï		
	$n_i$	AR%	F%	$n_i$	AR%	F%	$n_i$	AR%	F%
<b>Chironomidae</b>	<b>9297</b>	<b>63,52</b>		<b>3498</b>	<b>25,81</b>		<b>4673</b>	<b>52,26</b>	
<i>Chironomus</i> sp.	1306	8,92	82,61	184	1,36	40,91	1156	12,93	86,36
Tanytarsini	714	4,88	86,96	92	0,68	36,36	513	5,74	86,36
Orthoclaadiinae	7277	49,72	86,96	3222	23,78	68,18	3004	33,60	95,45
<b>Simuliidae</b>	<b>4118</b>	<b>28,14</b>		<b>8886</b>	<b>65,57</b>		<b>1760</b>	<b>19,68</b>	
<i>Simulium ruficorne</i>	189	1,29	47,83	64	0,47	36,36	551	6,16	59,09
<i>Simulium</i> gr. <i>aureum</i>	1715	11,72	69,57	3690	27,23	86,36	0	0	0,00
<i>Simulium velutinum</i> Cyto-espèce '3'	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	708	7,92	81,82
<i>Simulium pseudequinum</i>	330	2,25	65,22	1931	14,25	86,36	407	4,55	40,91
<i>Simulium sergenti</i>	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	2	0,02	4,55
<i>Simulium</i> gr. <i>ornatum</i>	1884	12,87	65,22	3170	23,39	86,36	88	0,98	13,64
<i>Metacnephia blanci</i>	0	0,00	0,00	31	0,23	22,73	4	0,04	9,09
<b>Ceratopogonidae</b>	<b>868</b>	<b>5,93</b>		<b>741</b>	<b>5,47</b>		<b>1211</b>	<b>13,54</b>	
<i>Dasyhelea</i> sp.	686	4,69	86,96	669	4,94	59,09	995	11,13	95,45
Ceratopogoninae	182	1,24	69,57	69	0,51	36,36	215	2,40	77,27
Forcipomyiinae	0	0,00	0,00	3	0,02	9,09	0	0,00	0,00
<i>Leptoconops</i> sp.	0	0,00	0,00	0	0,00	0	1	0,01	4,55
<b>Tipulidae</b>	<b>94</b>	<b>0,64</b>		<b>23</b>	<b>0,17</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<i>Tipula</i> sp.	44	0,30	21,74	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
<i>Tipula (Yamatotipula)</i> sp.	43	0,29	13,04	16	0,12	31,82	0	0,00	0,00
<i>Tipula (Acutipula)</i> sp.	7	0,05	4,35	7	0,05	18,18	0	0,00	0,00

<b>Limoniidae</b>	<b>7</b>	<b>0,05</b>		<b>3</b>	<b>0,02</b>		<b>3</b>	<b>0,03</b>	
<i>Dicranomyia</i> sp.	3	0,02	17,39	1	0,01	4,55	1	0,01	4,55
<i>Rhabdomastix</i> sp.	4	0,03	13,04	2	0,01	9,09	2	0,02	9,09
<b>Culicidae</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>		<b>0</b>	<b>0,00</b>		<b>78</b>	<b>0,87</b>	
<i>Culex</i> sp.	0	0,00		0	0,00	0	44	0,49	4,55
<i>Anopheles</i> sp.	0	0,00		0	0,00	0	34	0,38	9,09
<b>Chaoboridae</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>3</b>	<b>0,02</b>	<b>4,55</b>	<b>5</b>	<b>0,06</b>	<b>9,09</b>
<b>Dixidae</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>0,08</b>	<b>4,55</b>
<b>Psychodidae</b>	<b>8</b>	<b>0,05</b>		<b>101</b>	<b>0,75</b>		<b>0</b>	<b>0,00</b>	
<i>Psychoda (Tinearia)</i> sp.	8	0,05	21,74	96	0,71	22,73	0	0,00	0,00
<i>Tonnoiriella</i> sp.	0	0,00	0,00	4	0,03	4,55	0	0,00	0,00
<i>Ulomyia</i> sp.	0	0,00	0,00	1	0,01	4,55	0	0,00	0,00
<b>Tabanidae</b>	<b>193</b>	<b>1,32</b>		<b>211</b>	<b>1,56</b>		<b>128</b>	<b>1,43</b>	
<i>Tabanus</i> sp.	161	1,10	52,17	173	1,28	72,73	122	1,36	63,64
<i>Silvius</i> sp.	12	0,08	17,39	0	0,00	0,00	5	0,06	9,09
<i>Chrysops</i> sp.	14	0,10	13,04	0	0,00	0,00	1	0,01	4,55
<i>Atylotus</i> sp.	3	0,02	8,70	3	0,02	9,09	0	0,00	0,00
<i>Hybomitra</i> sp.	3	0,02	8,70	32	0,24	18,18	0	0,00	0,00
<i>Heamatopota</i> sp.	0	0,00	0,00	3	0,02	9,09	0	0,00	0,00
<b>Ephydriidae</b>	<b>3</b>	<b>0,02</b>		<b>25</b>	<b>0,18</b>		<b>847</b>	<b>9,47</b>	
<i>Ephydra</i> sp.	0	0,00	0,00	0	0,00	0	13	0,15	9,09
<i>Setacera</i> sp.	3	0,02	8,70	9	0,07	9,09	786	8,79	9,09
<i>Ochtera</i> sp.	0	0,00	0,00	16	0,12	13,64	48	0,54	9,09
<b>Empididae</b>	<b>30</b>	<b>0,20</b>		<b>48</b>	<b>0,35</b>		<b>8</b>	<b>0,09</b>	
<i>Chelifera</i> sp.	2	0,01	4,35	1	0,01	4,55		0,00	0,00
<i>Clinocera</i> sp.	27	0,18	17,39	47	0,35	31,82	8	0,09	9,09
<i>Wiedemannia</i> sp.	1	0,01	4,35	0	0,00	0,00		0,00	0,00
<b>Rhagionidae</b>	<b>3</b>	<b>0,02</b>		<b>0</b>	<b>0,00</b>		<b>6</b>	<b>0,07</b>	
<i>Chrysopilus</i> sp.	3	0,02	8,70	0	0,00	0	6	0,07	13,64
<b>Anthomyiidae</b>	<b>3</b>	<b>0,02</b>	<b>4,35</b>	<b>11</b>	<b>0,08</b>	<b>13,64</b>	<b>199</b>	<b>2,23</b>	<b>40,91</b>
<b>Dolichopodidae</b>	<b>6</b>	<b>0,04</b>	<b>4,35</b>	<b>1</b>	<b>0,01</b>	<b>4,55</b>	<b>14</b>	<b>0,16</b>	<b>18,18</b>
<b>Stratiomyiidae</b>	<b>6</b>	<b>0,04</b>	<b>4,35</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Athericidae</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0,02</b>	<b>4,55</b>
<b>Total</b>	<b>14636</b>	<b>100</b>		<b>13551</b>	<b>100</b>		<b>8941</b>	<b>100</b>	

### 1.3.1.3. Abondance des taxons

Concernant les abondances des taxons recensés, nous remarquons les Orthocladiinae prennent la première place dans oued El Abiod avec (49,72%) presque la moitié de la faune récoltée, et dans oued El Haï, ils représentent 33,60%. Par contre, à oued Abdi l'espèce *S. gr. aureum* occupait la première place avec 27,23% suivie par les Orthocladiinae avec 23,78% puis *S. gr. ornatum* avec 23,39%. Cette dernière prend la deuxième position à oued El Abiod

avec 12,87% suivie par *S. gr. aureum* avec 11,72%. Le genre *Chironomus* sp. représente 12,93% à oued El Haï, 8,92% à oued El Abiod et une faible abondance à oued Abdi (1,36%).

L'espèce *S.pseudequinum* est la mieux représentée à oued El Abiod avec 14,25% par rapport aux autres oueds où elle enregistre de faibles abondances. Le genre *Dasyhelea* sp. apparaît dans les trois oueds mais son abondance maximale est observée à oued El Haï avec 11,13%. Les taxons restants apparaissent avec des abondances très faibles et marquent leur présence dans un seul ou deux oueds seulement ; *M.blanci* apparaît dans oued Abdi et oued El Haï alors que *S.velutinum* et *S.sergenti* apparaissent uniquement dans ce dernier (Tab.4.3).

En effet, l'analyse de la distribution spatiale indique que la station de Dj est la plus dominante avec un total de 5052 individus, soit 37,28% de l'ensemble des stations de l'oued Abdi et 13,60% de toutes les stations prospectées. Une nette dominance des Orthocladiinae est observée dans la quasi-totalité des stations à l'exception de Mn, Dj et Fed1 où les espèces des Simuliidae dominent à Mn et Dj. *Setacera* sp. domine à Fed1 avec 49,30%. L'espèce *S.gr.aureum* domine à Mn avec 33,91%, suivie par *S.gr.ornatum* et *S.pseudequinum* avec respectivement, 18,79% et 17,32%. Cependant, à Dj les espèces *S.gr.ornatum* et *S.gr.aureum* ont presque des abondances identiques avec 33,77% et 32,21% suivies par *S.pseudequinum* avec 19,85% (Fig.4.7).

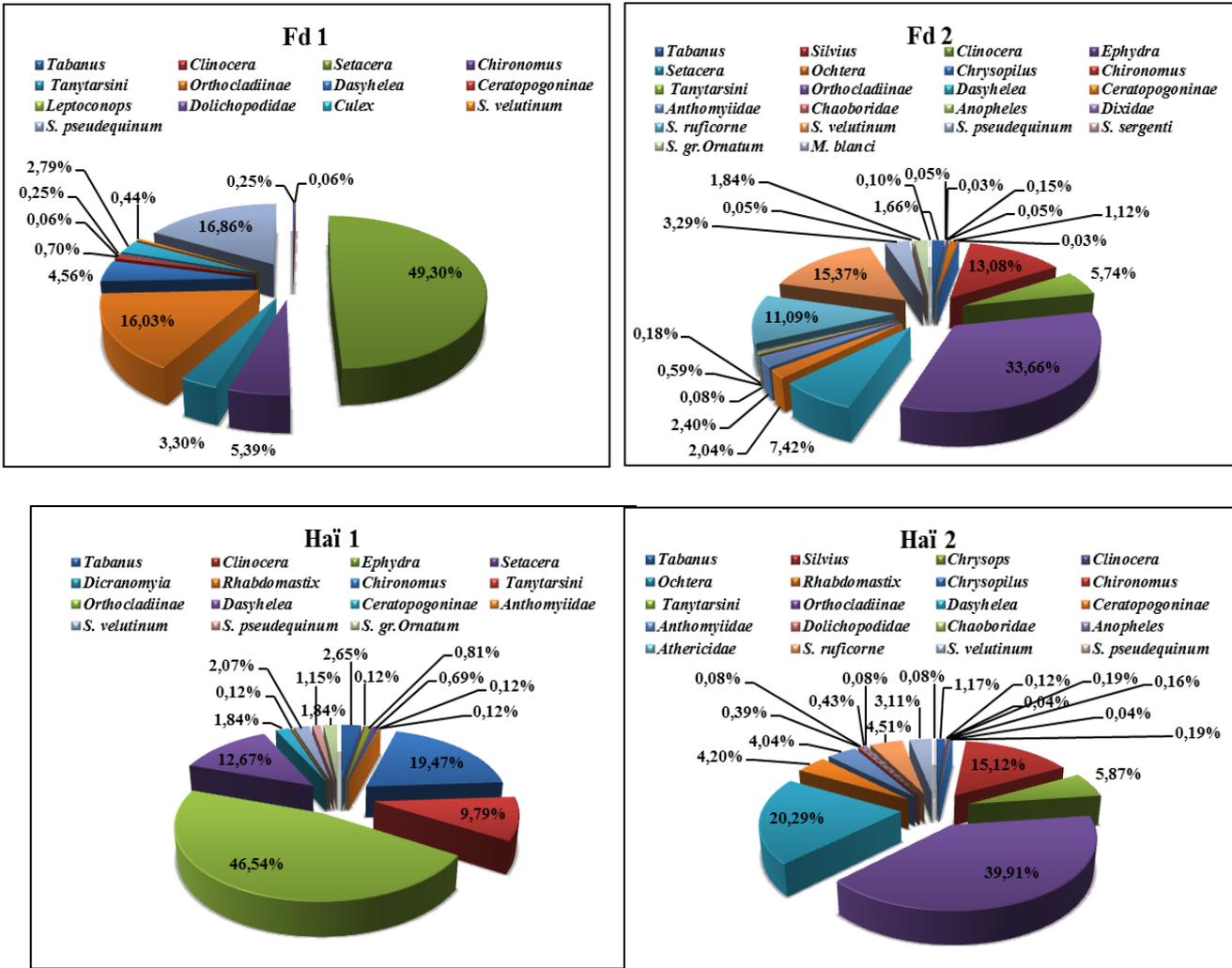
Dans les stations Fg, M'ch, Gh et Tf, les Orthocladiinae dominent avec respectivement, 37,84%, 34,69%, 57,09% et 65,94% suivies par *S.gr. aureum* avec respectivement 15,71%, 31%, 22,94% et 8,45%. Par ailleurs, aux stations In et Ar les Orthocladiinae représentent la moitié des Diptères récoltés avec respectivement 52,57% et 53,56% et sont suivies par *S.gr.ornatum* avec respectivement, 18,64% et 20,22% (Fig.4.6).

Dans la station Br, les Orthocladiinae occupent la première place avec 67,42%, suivies par *Dasyhelea* avec 13,01% puis *S.pseudequinum* avec 8,50%. Alors que dans Th et Nd, les Orthocladiinae qui enregistrent respectivement 56,38% et 35,88% sont suivies par *S.gr.aureum* et *S.gr.ornatum* à Th avec respectivement 21,11% et 13,13% ; à Nd les taxons prennent des positions inverses, avec respectivement, 28,24% et 15,83% (Fig.4.7).

Dans la station Haï1 et Haï2, le taxon le plus dominant est Orthocladiinae avec respectivement 46,54% et 39,91%, suivi par *Chironomus* sp. avec 19,47% puis *Dasyhelea* sp. avec 12,67% à Haï1 ; la situation s'inverse à Haï2 où *Dasyhelea* sp. représente 20,29% et *Chironomus* sp. 15,12%. Dans la station Fed1, *S.pseudequinum* prend la deuxième place après *Setacera* sp. avec 16,86% puis viennent les Orthocladiinae en troisième place avec 16,03%. Alors que dans Fed2, l'espèce *S.velutinum* cyto-espèce '3' prend la deuxième place avec 15,37%, après les Orthocladiinae (33,66%), suivie par *Chironomus* sp. avec 13,08% puis







**Figure 4.8.** Distribution spatiale des abondances relatives des taxons des Diptères dans les stations de l’oued El Haï.

*S. ruficornis* avec 11,09% (Fig.4.8). Les taxons restants sont d’une très faible dominance ou des espèces rares.

**1.3.1.4. Fréquence des taxons par oued**

Le tableau 4.4 indique la classification de nos taxons dans chaque oued en fonction de leur fréquence selon DAJOZ (1985) :

- Oued El Abiod compte 12 taxons accessoires, 4 constants, 5 fréquents, une espèce commune et 5 rares.
- Oued Abdi présente 11 taxons accessoires, 6 communs, 3 espèces constantes, 3 taxons fréquents et 6 rares.
- Oued El Haï comprend 12 taxons accessoires, 6 constants, 2 fréquents, 2 communs et 6 rares.

Nous remarquons que les taxons récoltés dans les trois oueds sont répartis en 5 classes (constantes, fréquentes, accessoires, communes et rares). La plupart des taxons sont accessoires, alors que classes restantes sont représentées par des nombres faibles.

**Tableau 4.4.** Classification des taxons par oued en fonction de leur fréquence.

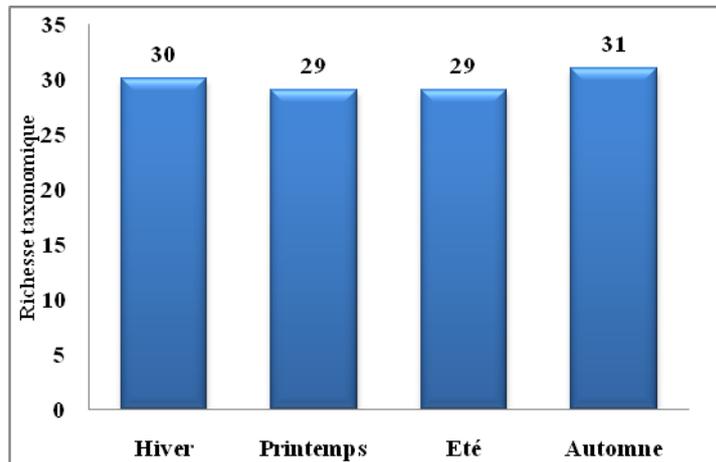
Taxons	F% O. El Abiod	Classe	F% O.Abdi	Classe	F% O. El Haï	Classe
<i>Chironomus</i> sp.	82,61	constante	40,91	commune	86,36	constante
Tanytarsini	86,96	constante	36,36	commune	86,36	constante
Orthocladiinae	86,96	constante	68,18	fréquente	95,45	constante
<i>Simulium ruficorne</i>	47,83	commune	36,36	commune	59,09	fréquente
<i>Simulium</i> gr. <i>aureum</i>	69,57	fréquente	86,36	constante	/	/
<i>Simulium velutinum</i> cyto-espèce '3'	/	/	/	/	81,82	constante
<i>Simulium pseudequinum</i>	65,22	fréquente	86,36	constante	40,91	commune
<i>Simulium sergenti</i>	/	/	/	/	4,55	/
<i>Simulium</i> gr. <i>ornatum</i>	65,22	fréquente	86,36	constante	13,64	accessoire
<i>Metacnephia blanci</i>			22,73	accessoire	9,09	accessoire
<i>Dasyhelea</i> sp.	86,96	constante	59,09	fréquente	95,45	constante
Ceratopogoninae	69,57	fréquente	36,36	commune	77,27	constante
Forcipomyiinae	/	/	9,09	accessoire	/	/
<i>Leptoconops</i> sp.	/	/	/	/	4,55	rare
<i>Tipula</i> sp.	21,74	accessoire	/	/	/	/
<i>Tipula</i> ( <i>Yamatotipula</i> ) sp.	13,04	accessoire	31,82	commune	/	/
<i>Tipula</i> ( <i>Acutipula</i> ) sp.	4,35	rare	18,18	accessoire	/	/
<i>Dicranomyia</i> sp.	17,39	accessoire	4,55	rare	4,55	rare
<i>Rhabdomastix</i> sp.	13,04	accessoire	9,09	accessoire	9,09	accessoire
<i>Culex</i> sp.	/	/	/	/	4,55	rare
<i>Anopheles</i> sp.	/	/	/	/	9,09	accessoire
Chaoboridae	/	/	4,55	rare	9,09	accessoire
Dixidae	/	/	/	/	4,55	rare
<i>Psychoda</i> ( <i>Tinearia</i> ) sp.	21,74	accessoire	22,73	accessoire	/	/
<i>Tonnoiriella</i> sp.	/	/	4,55	rare	/	/
<i>Ulomyia</i> sp.	/	/	4,55	rare	/	/
<i>Tabanus</i> sp.	52,17	fréquente	72,73	fréquente	63,64	fréquente
<i>Silvius</i> sp.	17,39	accessoire	/	/	9,09	accessoire
<i>Chrysops</i> sp.	13,04	accessoire	/	/	4,55	rare
<i>Atylotus</i> sp.	8,70	accessoire	9,09	accessoire	/	/
<i>Hybomitra</i> sp.	8,70	accessoire	18,18	accessoire	/	/
<i>Heamatopota</i> sp.	/	/	9,09	accessoire	/	/
<i>Ephydra</i> sp.	/	/	/	/	9,09	accessoire
<i>Setacera</i> sp.	8,70	accessoire	9,09	accessoire	9,09	accessoire
<i>Ochtera</i> sp.	/	/	13,64	accessoire	9,09	accessoire
<i>Chelifera</i> sp.	4,35	rare	4,55	rare	/	/

<i>Clinocera</i> sp.	17,39	accessoire	31,82	commune	9,09	accessoire
<i>Wiedemannia</i> sp.	4,35	/	/	/	/	/
<i>Chrysopilus</i> sp.	8,70	accessoire	/	/	13,64	accessoire
Anthomyiidae	4,35	rare	13,64	accessoire	40,91	commune
Dolichopodidae	4,35	rare	4,55	rare	18,18	accessoire
Stratiomyiidae	4,35	rare	/	/	/	/
Athericidae	/	/	/	/	4,55	rare

### 1.3.2. Variation temporelle

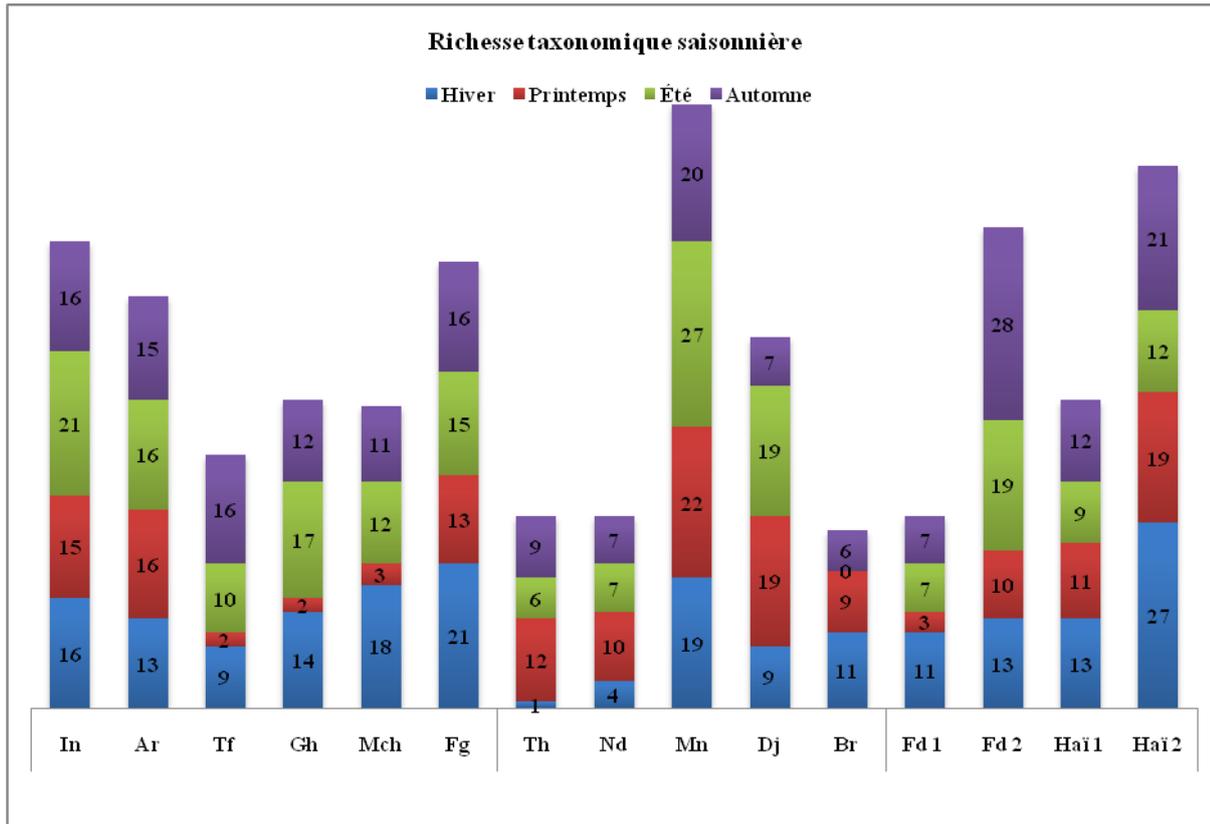
#### 1.3.2.1. Richesse taxonomique

Le peuplement de Diptères subit des variations de structure tout au long de la période d'étude dans les différentes stations. La richesse taxonomique globale ne présente pas de grande variation saisonnière, elle varie entre 29 et 31 taxons. L'automne et l'hiver sont les plus riches en taxons avec respectivement 31 et 30 taxons soit 72,09% et 69,77% suivies par le printemps et l'été avec 29 taxons (67,44%) pour chacun (Fig.4.9).



**Figure 4.9.** Variation temporelle de la richesse taxonomique globale.

Les fluctuations saisonnières dans les stations sont marquées par un minimum (0 taxon) durant l'été dans la station de Br (période d'assèchement). De faibles richesses sont également enregistrées dans Th avec un seul taxon en hiver, dans Tf (2 taxons), Gh (2 taxons), et Mch (3 taxons) au printemps. En revanche, le maximum de la richesse a été signalé en automne dans Fed2 avec 28 taxons, suivi par Mn en été et Haï2 en hiver avec 27 taxons pour chacune. (Fig.4.10).



**Figure 4.10.** Variation saisonnière de la richesse taxonomique par station.

**1.3.2.2. Abondance relative**

Le nombre d'individus présente des variations saisonnières très nettes d'une station à une autre. La saison estivale durant les deux années est la plus riche en individus puisqu'elle renferme 31,62% de l'effectif total récolté ; l'augmentation de la température est favorable à la prolifération de plusieurs espèces de Diptères. La période automnale a montré une abondance remarquable avec 26,56%. Cependant, l'abondance minimale a été observée en hiver avec 19,52%, coïncidant avec la crue de février 2009 qui a pratiquement désinstallé la faune de toutes les stations, suivie par la saison printanière qui a enregistré 22,30% de l'effectif total et qui voit la réinstallation de la faune à nouveau et la relance de l'activité de nombreuses espèces (Fig.4.11).

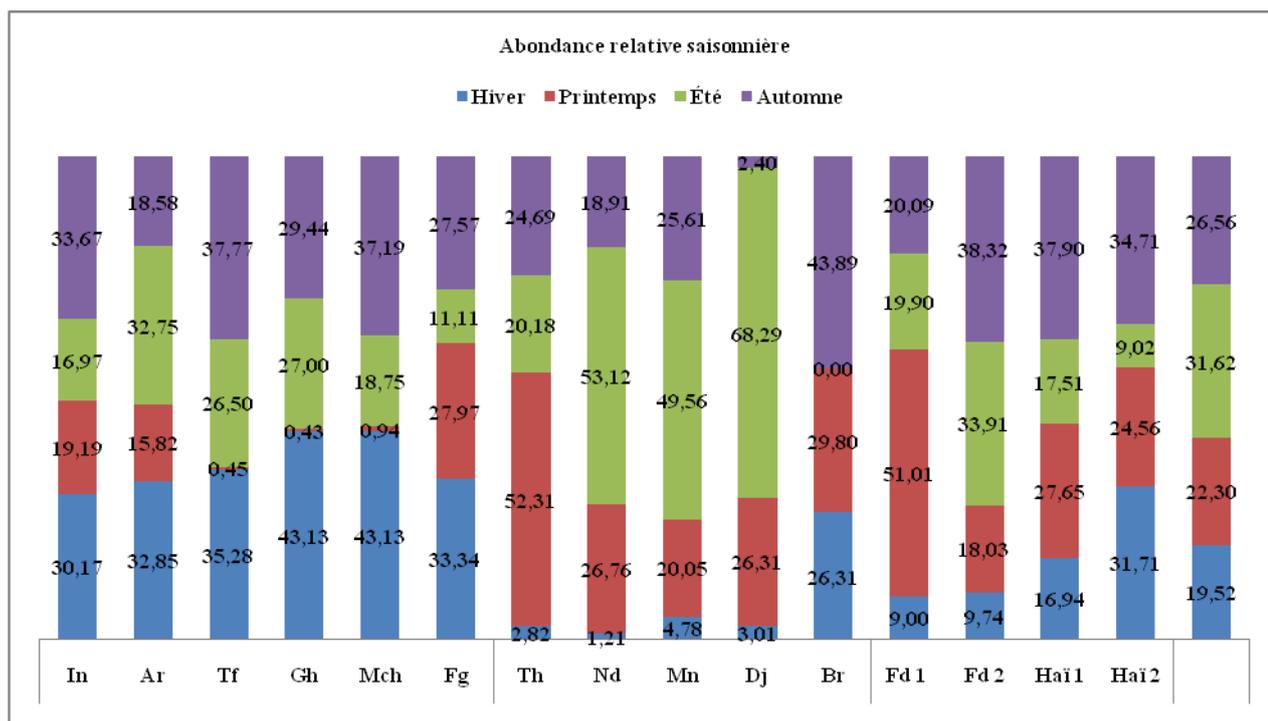


Figure 4.11. Variation saisonnière de l'abondance relative par station.

En outre, plusieurs stations ont connus de faibles abondances au cours de l'été et au printemps, périodes qui correspondaient à l'étiage ou à l'assèchement total des stations. De faibles abondances ont été enregistrées en hiver et au printemps, ces périodes coïncidaient à la crue d'octobre 2008 et de février 2009. Le maximum de l'abondance a été enregistré durant la période estivale à Dj avec 68,29%, et en second lieu à Nd avec 53,12% puis Th et Fed1 avec respectivement 52,31% et 51,01% au printemps. Les stations Mn et Br ont connu des abondances considérables avec respectivement 49,56% en été, 43,89% en automne (Fig.4.11).

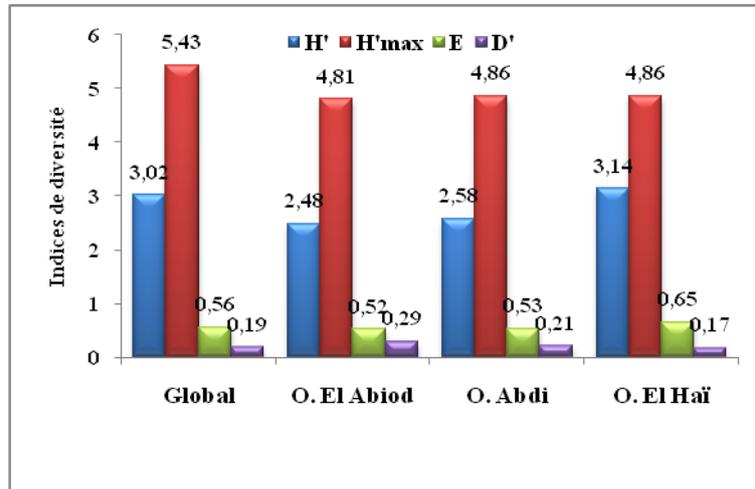
#### 1.4. Etude indicielle de la diversité taxonomique

Pour établir une bonne description du peuplement des Diptères, une étude indicielle a été adoptée ; quatre descripteurs ont été retenus à savoir, la diversité de Shannon-Weiner H', l'Equitabilité de Pielou E, l'indice de Simpson (D') et l'indice de similarité (I<sub>s</sub>).

##### 1.4.1. Etude indicielle globale

Pour l'ensemble des 3 oueds étudiés, la valeur de l'indice de Shannon calculé est 3,02 bits ; cette valeur est moyennement élevée indiquant une diversité assez considérable de notre peuplement : 37128 individus répartis sur 43 taxons. Liée directement à la richesse spécifique, Hmax enregistre une valeur relativement élevée avec 5,43 ; ces deux valeurs témoignent d'une certaine codominance de plusieurs espèces dans ce peuplement de Diptères. La valeur de l'Equitabilité est égale à 0,56, valeur moyenne indiquant que le peuplement est

moyennement équilibré et homogène. L'indice de Simpson tend vers le 0 ( $D'=0,19$ ) montrant une diversité assez élevée (Fig.4.12).



**Figure 4.12.** Valeurs des indices de diversité calculés dans la région d'étude.

En ce qui concerne les résultats de l'étude par oueds, oued El Abiod enregistre les valeurs suivantes de  $H'= 2,48$  bits,  $H_{max}= 4,81$ ,  $E= 0,52$  et  $D'= 0,29$ , traduisant une diversité assez importante et une homogénéité du peuplement. Les deux autres oueds étudiés marquent les valeurs de  $H'= 2,58$  bits,  $H_{max}= 4,86$ ,  $E= 0,53$  et  $D'= 0,21$ , notées à oued Abdi et  $H'= 3,14$  bits,  $H_{max}= 4,86$ ,  $E= 0,65$  et  $D'= 0,17$ , enregistrées à oued El Haï.

Ces valeurs montrent que le peuplement de l'oued El Haï est mieux équilibré et plus homogène que celui de l'oued Abdi malgré qu'il présente l'abondance la moins élevée, notant que ces deux oueds ont une diversité élevée (29 taxons pour chaque oued) (Fig.4.12).

## 1.4.2. Variation spatiale de la diversité

### 1.4.2.1. Indice de Shannon - Weaver ( $H'$ )

Les valeurs de l'indice de Shannon calculées pour toutes les stations varient entre 1,41 bits (Br) et 2,92 bits (Fed2). Les plus faibles indices sont signalés dans les stations de Br (1,41 bits), Tf (1,82 bits), Th (1,83 bits) et Gh (1,92 bits) qui coïncident avec la dominance des Orthoclaadiinae dans ces stations. Les valeurs moyennes de l'indice sont enregistrées dans les stations d'In, Ar, Fed1, Dj, Haï1 et Nd avec respectivement 2,12 bits, 2,18 bits, 2,23 bits, 2,3 bits, 2,37 bits et 2,4 bits où plusieurs taxons sont bien représentés. Des valeurs relativement élevées sont rencontrées dans M'ch, Haï2 et Mn avec respectivement 2,47 bits, 2,62 bits et 2,67 bits. Cependant, les valeurs maximales sont enregistrées dans Fed2 et Fg avec respectivement 2,98 bits et 2,79 bits puisque la plupart des taxons recensés dans ces stations sont plus ou moins proches, et montrent une très bonne représentation (Fig.4.13).

#### 1.4.2.2. *Indice d'Équitabilité de Pielou (E)*

À nombre d'espèces égales, la présence d'espèces très dominantes entraîne mathématiquement la rareté de certaines autres : nous comprenons donc assez intuitivement que le maximum de diversité sera atteint quand les espèces auront une répartition très régulière. Un indice d'équitabilité est indépendant du nombre d'espèces. Les valeurs de l'équitabilité de nos stations fluctuent entre 0,4 (Br) et 0,71 (Fg et M'ch). Les plus faibles valeurs ont été calculées dans Br (0,4), Th (0,49) et Tf (0,49) ; ces valeurs sont plus ou moins proches du 0 indiquant une certaine hétérogénéité de la répartition des taxons dans ces stations. Des valeurs moyennes ont été signalées dans In, Gh, Ar, Dj et Mn avec respectivement 0,5, 0,52, 0,53, 0,54 et 0,58 traduisant des peuplements moyennement équilibrés et homogènes. En revanche, les valeurs les plus élevées qui tendent vers le 1 ont été rencontrées dans Fed1 (0,6), Haï1, Haï2 et Nd avec 0,61 pour chacune, Fed2 (0,67) et finalement M'ch et Fg avec la valeur maximale 0,71 dans les deux stations ; ces valeurs traduisent une bonne équi-répartition des individus entre les différents taxons recensés et témoignent de la présence de peuplements réguliers (Fig.4.14).

#### 1.4.2.3. *Indice de Simpson (D')*

L'indice de Simpson confirme la dominance de plusieurs espèces dans les peuplements, sa valeur diminuant avec la régularité de la distribution. D'après nos résultats, nous remarquons que la valeur maximale est 0,54 (Br), valeur moyenne qui signifie que nous avons une probabilité de 54 % pour rencontrer la même espèce. Des valeurs inférieures à 0,5 et relativement élevées sont rencontrées dans Tf (0,46), Gh (0,39), Th (0,38), Ar (0,34), In (0,33) et Fed1 (0,3) où la diversité est assez importante. Les valeurs les plus faibles et les plus proches du 0 sont enregistrées dans le reste des stations ; elles varient entre 0,18 (Fed2) et 0,26 (Dj), signifiant des diversités élevées dans ces stations ; la probabilité de rencontrer la même espèce est inférieure ou égale à 26% (Fig.4.15).

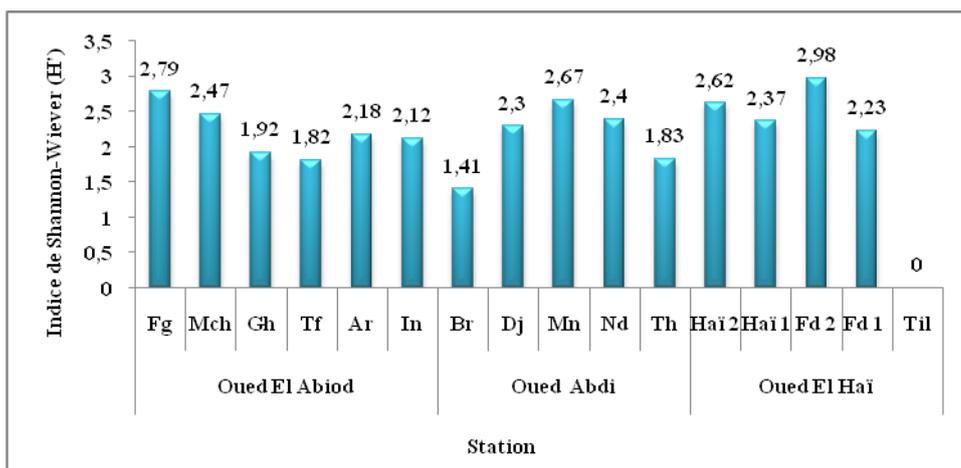


Figure 4.13. Variation spatiale de l'indice de diversité de Shannon-Weaver.

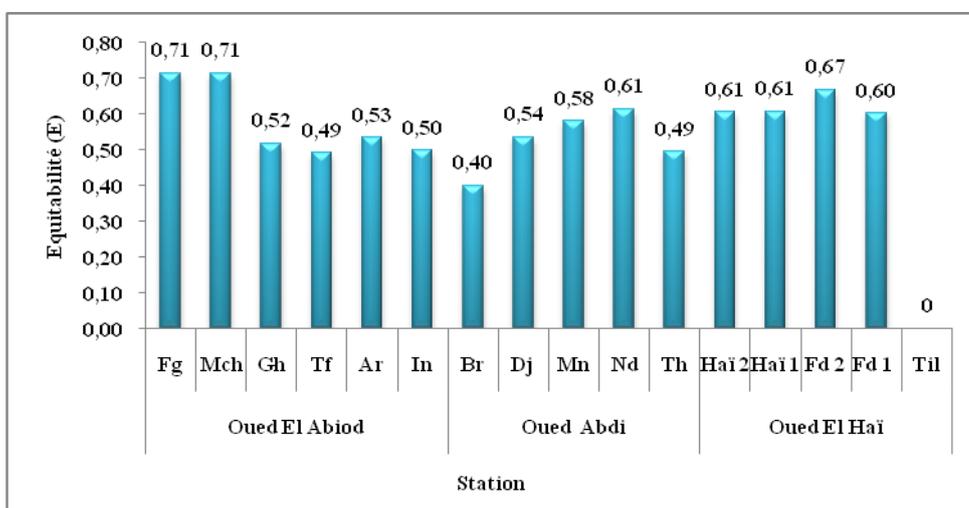


Figure 4.14. Variation spatiale de l'indice d'Equitabilité.

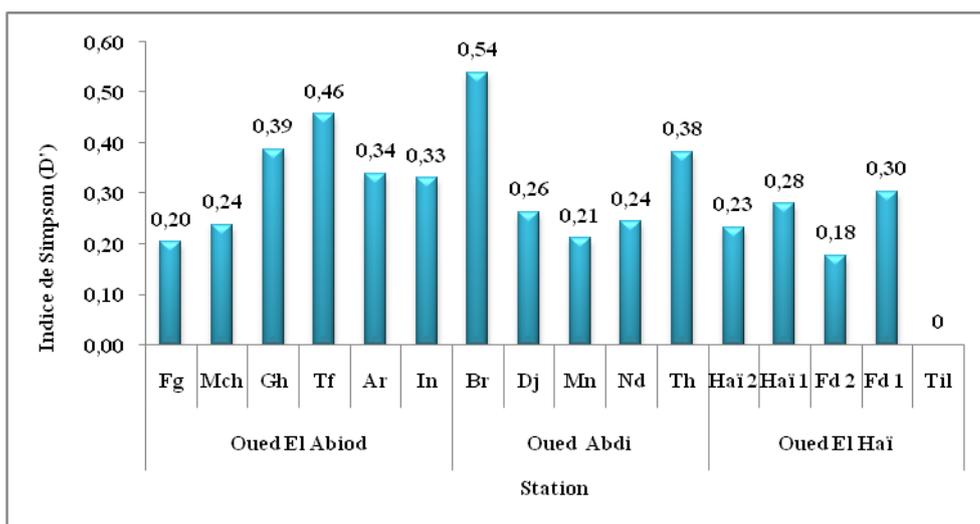


Figure 4.15. Variation spatiale de l'indice de Simpson.

#### 1.4.2.4. Indice de similarité de Sorensen ( $I_s$ )

Afin d'évaluer les ressemblances entre les populations des différentes stations dans chaque oued, nous avons comparé leurs peuplements deux à deux en utilisant l'indice de similarité. L'indice varie de 0 quand il n'existe aucune espèce commune entre les deux habitats, à 1 quand toutes les espèces rencontrées dans l'habitat 1 existent aussi dans l'habitat 2.

La matrice de similitude (Tab.4.5), établie à partir de l'indice de similitude de Sorensen calculé pour les peuplements dans les six stations de l'oued El Abiod montre que les peuplements des différentes stations sont semblables. Le plus fort indice de similarité apparaît entre M'ch et Gh avec 0,92 signifiant que les deux biotopes présentent des biocénoses presque identiques (11 taxons communs). En effet, les valeurs variant entre 0,6 et 0,92, nous pouvons dire qu'il y a un grand équilibre entre les biotopes des différentes stations de cet oued.

**Tableau 4.5.** Valeurs de l'indice de similarité entre les stations de l'oued El Abiod

	Fg (15)	Mch (11)	Gh (13)	Tf (13)	Ar (17)	In (19)
Fg						
Mch	0,69 (9)					
Gh	<b>0,71</b> (10)	<b>0,92</b> (11)				
Tf	<b>0,71</b> (10)	0,67 (8)	<b>0,77</b> (10)			
Ar	0,69 (11)	0,64 (9)	<b>0,73</b> (11)	0,67 (10)		
In	<b>0,70</b> (12)	0,6 (9)	0,62 (10)	0,69 (11)	<b>0,72</b> (13)	

En ce qui concerne les stations de l'oued Abdi, nous trouvons que les valeurs les plus élevées sont mentionnées entre Dj et Mn avec 0,84 et Br et Th avec 0,83 qui sont approximativement deux biotopes présentant des biocénoses identiques. Le reste des valeurs fluctue entre 0,57 (Br et Mn) et 0,79 (Nd et Th), ces valeurs indiquent qu'il y a un grand équilibre entre les biotopes des stations comparées (Tab.4.6).

**Tableau 4.6.** Valeurs de l'indice de similarité entre les stations de l'oued Abdi

	Br (11)	Dj (19)	Mn (24)	Nd (15)	Th (13)
Br					
Dj	0,67 (10)				
Mn	0,57 (10)	<b>0,84</b> (18)			
Nd	<b>0,77</b> (10)	0,65 (11)	0,67 (13)		
Th	<b>0,83</b> (10)	0,69 (11)	0,65 (12)	<b>0,79</b> (11)	

Les valeurs mesurées à oued El Haï, montrent que la forte valeur est signalée entre Haï2 et Fd2 avec 0,91 indiquant que les deux biotopes ont presque des biocénoses identiques. Un grand équilibre entre les biotopes de Fd2 et Haï1(0,67) et Haï1et Haï2 (0,63). La plus faible valeur est enregistrée entre Fd1 et Haï2 avec 0,48 ces deux stations présentent quelques

taxons communs. La valeur nulle de l'indice est calculée entre Til et toutes les stations en raison de l'absence totale de la faune dans cette station (Tab.4.7).

**Tableau 4.7.** Valeurs de l'indice de similarité entre les stations de l'oued El Haï

	Haï 2 (20)	Haï 1 (15)	Fed2 (22)	Fed1 (13)	Til
Haï 2					
Haï 1	0,63 (11)				
Fd 2	<b>0,91</b> (16)	0,67 (10)			
Fd 1	0,48 (10)	0,54 (10)	0,57 (10)		
Til	0	0	0	0	

### 1.4.3. Variation temporelle de la diversité

#### 1.4.3.1. Indice de Shannon et Weaver ( $H'$ )

Les valeurs les plus élevées de  $H'$  (3,31 bits et 3,08bits) sont enregistrées respectivement au cours de l'été et le printemps de l'année 2008. Ces valeurs élevées témoignent de la codominance de plusieurs taxons durant ces périodes. En effet, l'indice de diversité de Shannon augmente progressivement au cours des saisons de l'année 2008 avec, en hiver 2,18 bits, au printemps 3,08 bits, en été 3,31 bits, puis diminue en automne avec 2,7 bits. En revanche, les valeurs baissent progressivement durant l'année 2009 avec en hiver 2,56 bits, au printemps, en été la même valeur de 2,42 bits, puis diminue encore en automne avec 2,23 bits. D'une manière générale, les valeurs enregistrées durant toute la période sont relativement élevées et montrent une très bonne représentation (Fig.4.16).

#### 1.4.3.2. Indice d'Équitabilité de Pielou ( $E$ )

Les valeurs de l'équitabilité varient d'une saison à l'autre ; les valeurs les plus élevées sont 0,7 au printemps et 0,69 en été de l'année 2008. Les valeurs élevées de cet indice traduisent une bonne équi-répartition des individus entre les différents taxons et témoignent de la présence de peuplements homogènes. La valeur minimale est enregistrée au cours de la période hivernale 2008 avec 0,45 ; les valeurs restantes sont moyennes et varient entre 0,53 et 0,59, indiquant que les peuplements sont proches de l'homogénéité(Fig.4.17).

#### 1.4.3.3. Indice de Simpson ( $D'$ )

La majorité des valeurs de cet indice sont faibles plus proches du (0), varient entre 0,13 en été et 0,39 en hiver de l'année 2008. Ces valeurs indiquent que la diversité est assez importante au cours des différentes saisons. La probabilité de rencontrer le même taxon est inférieure à 40%. En effet, la période estivale est la plus diversifiée, enregistrant les plus faibles valeurs au cours des deux années (Fig.4.18).

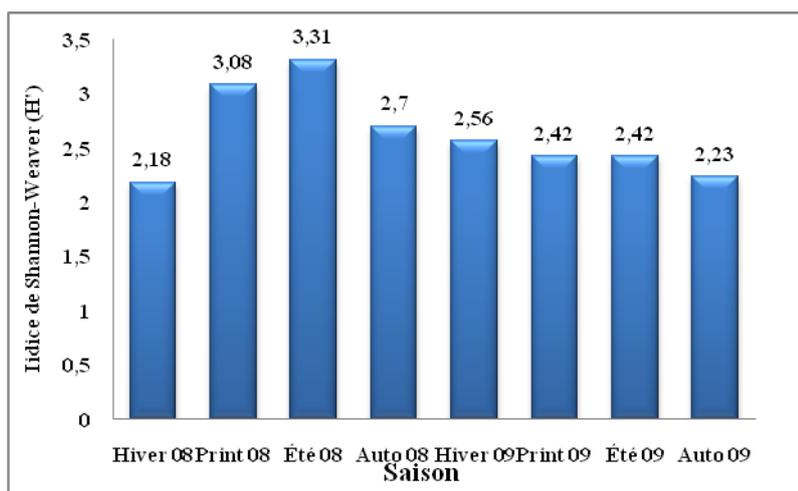


Figure 4.16. Variation temporelle de l'indice de diversité de Shannon-Weaver

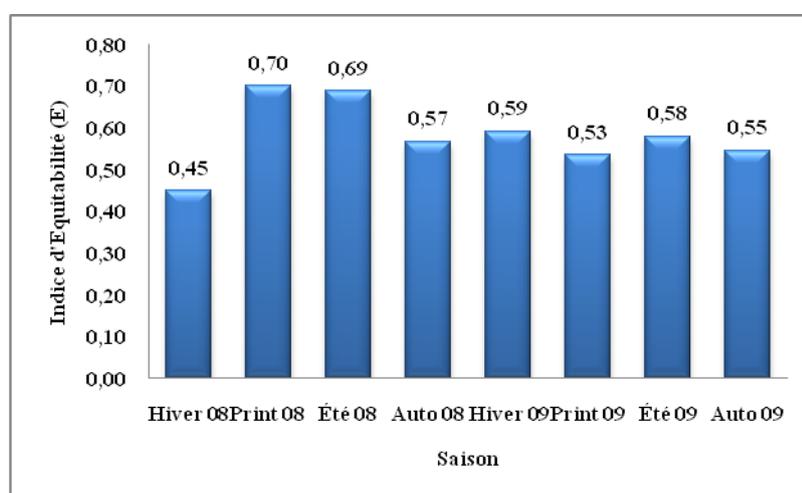


Figure 4.17. Variation temporelle de l'Equitabilité

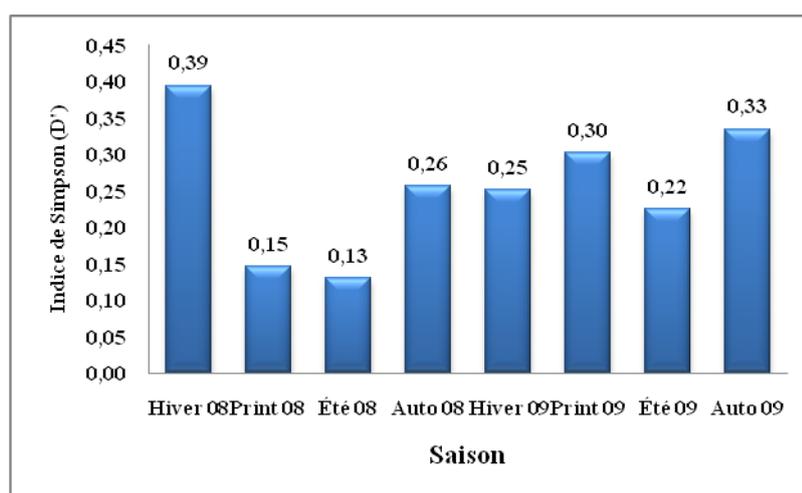


Figure 4.18. Variation temporelle de l'indice de Simpson.

## 1.5. Répartition spatio-temporelle des Diptères dans les trois oueds

### 1.5.1. Variation spatio-temporelle des Diptères dans l'oued El Abiod

Le peuplement des Diptères présente des fluctuations d'abondance en fonction du temps et de l'espace à oued El Abiod. Cette variation spatio-temporelle diffère d'un taxon à un autre. Les Orthocladiinae sont le taxon le plus abondant et qui colonise toutes les stations. Ils atteignent leur abondance maximale en janvier 2008 à In avec 346 individus ; ils présentent également des effectifs importants dans d'autres stations : 291 individus à Ar et 269 individus à Tf au mois de janvier 2008, qui est le mois le plus riche en Orthocladiinae. En deuxième position d'abondance, *Simulium gr.ornatum* qui a été rencontré également dans toutes les stations. Les effectifs les plus élevés sont enregistrés à Fg (307 individus en mai 2009), à In (281 individus en novembre 2008) et à Ar (206 individus en mai 2008). L'espèce *Simulium gr.aureum* vient en troisième position ; elle occupe toutes les stations dont les effectifs les plus élevés ont été recensés à Gh avec 259 individus en décembre 2009 et à Fg avec 233 individus en novembre 2008. Le genre *Chironomus* sp. est un genre ubiquitaire ; il fréquente tous les milieux ; son abondance maximale a été signalée à M'ch en septembre 2008 avec 67 individus (Fig.4.19).

Parmi les autres taxons qui fréquentent toutes les stations mais avec des abondances moins importantes, nous avons les Tanytarsini qui marquent leur abondance maximale à In en juin 2008 (107 individus) et *Simulium pseudequinum* qui enregistre 60 individus à Fg en mai 2009. Le reste des taxons présentent des abondances moyennes à faibles se limitant en deux ou trois stations : *S.ruficornis* (44 individus en juillet 2008 à Fg) espèce fréquentant les cours d'eaux à fond limoneux et à faible altitude *Tipula (Yamatotipula) sp.* et *Tipula sp.* avec respectivement, 41 individus et 36 individus en juin 2008 à In, *Clinocera sp.* (14 individus en mars 2009 à In) ; les taxons rares ont été rencontrés une ou deux fois : Stratiomyidae (6 individus en avril 2009 à In), Dolichopodidae (6 individus en mars 2009 à Tf), *Atylotus* sp. (2 individus en juin 2008 à Gh et 1 individu en décembre 2009 à M'ch), *Hybomitra* sp. (1 individu et 2 individus respectivement en mai et juin 2008), Anthomyiidae (2 individus et 1 individu respectivement à Gh et M'ch en juin 2009), *Wiedemannia sp.* (1 individu en mars 2009 à In), *Rhabdomastix sp.* (2 individus en 2008 au mois d'août à In et en 2009 1 individu au mois de janvier à In et 1 individu au mois de février à Fg) (Fig.4.19).

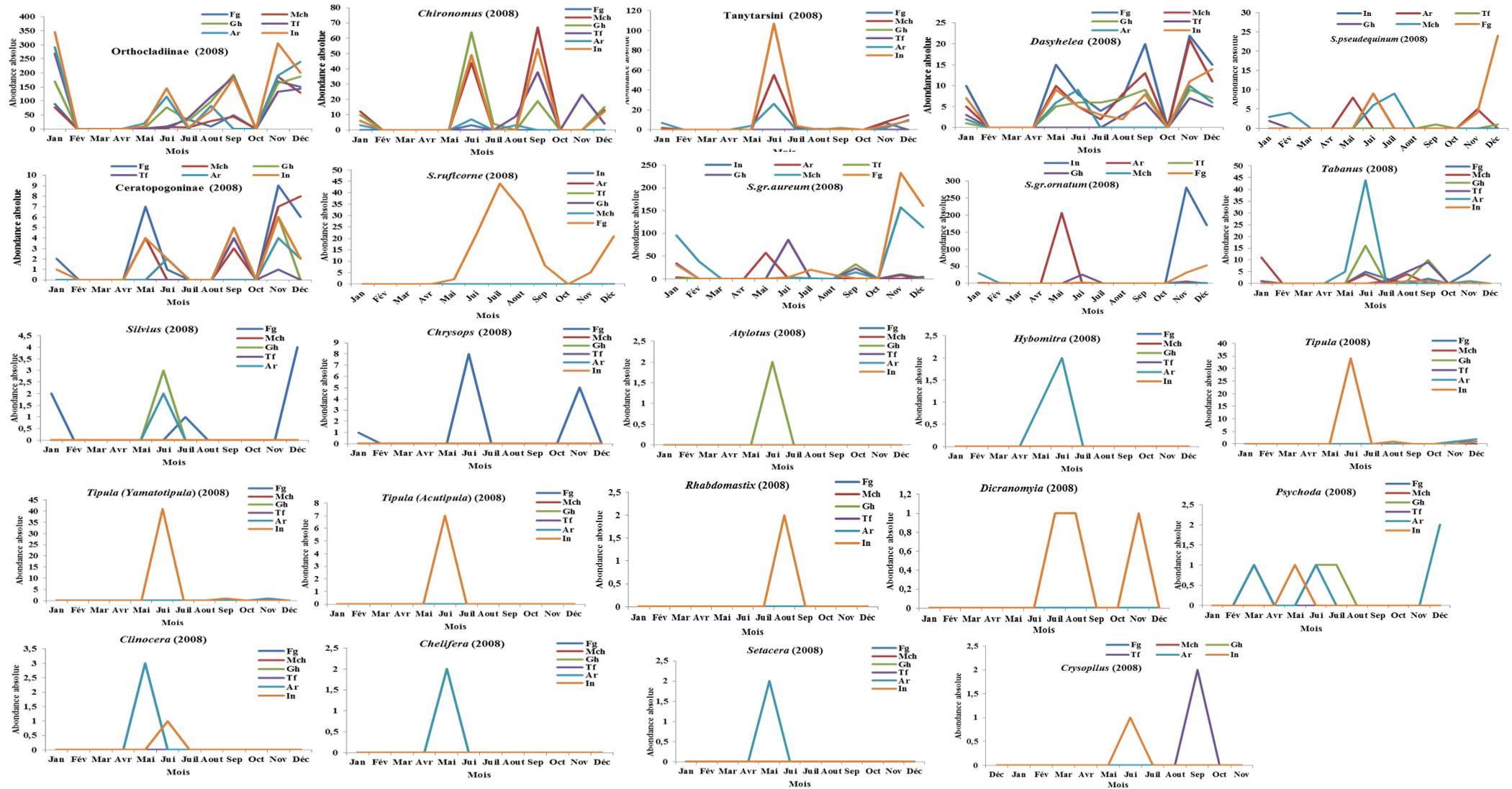


Figure 4.19a. Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued El Abiod (2008)

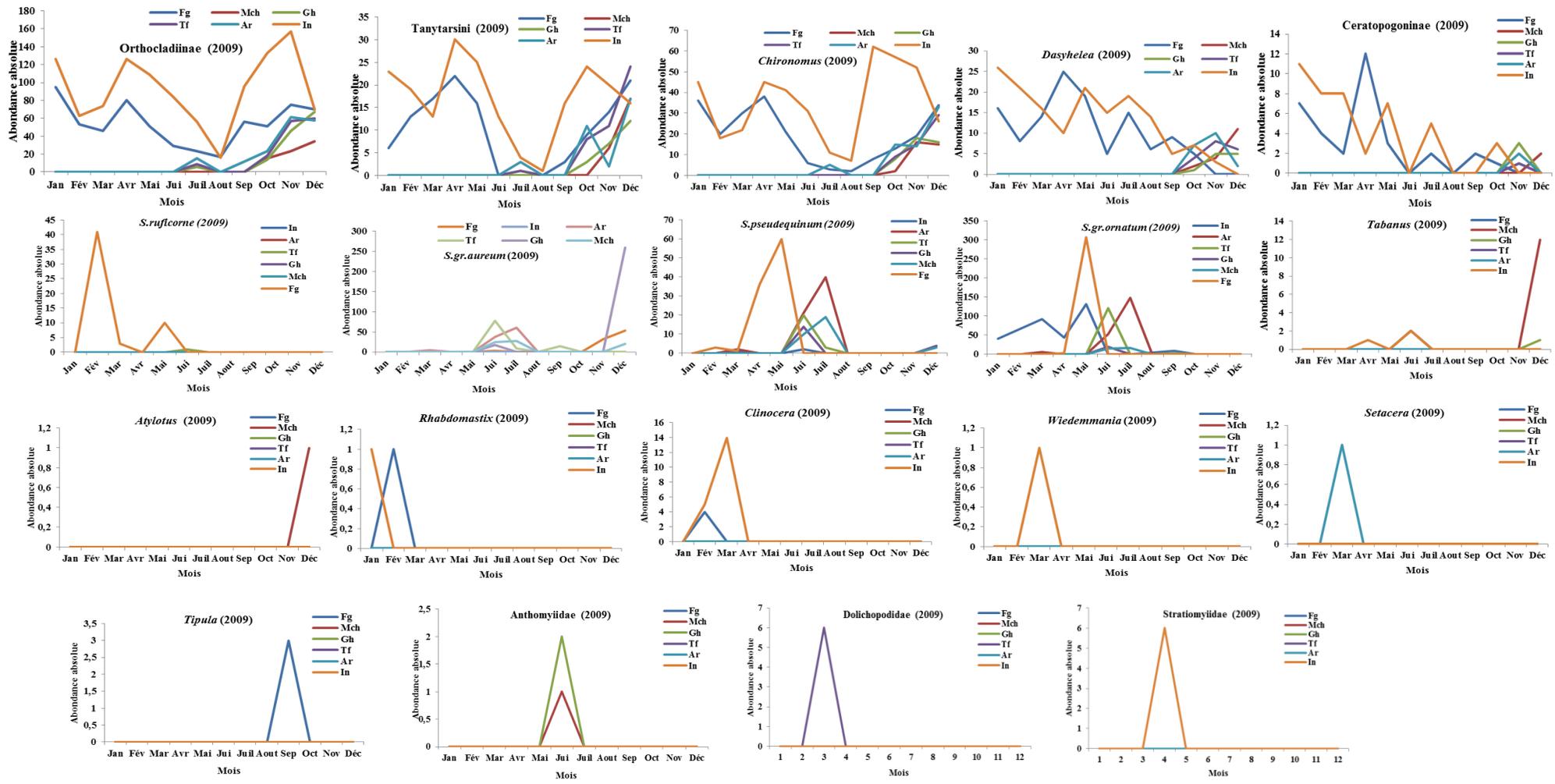


Figure 4.19b. Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued El Abiod (2009)

### 1.5.2. Variation spatio-temporelle des Diptères dans l'oued Abdi

La variation spatio-temporelle de l'abondance des Diptères recensée à oued Abdi montre que l'espèce *Simulium* gr. *aureum* est la plus abondante dans toutes les stations avec des effectifs élevés à Mn 507 individus et 528 individus en août et septembre 2008, à Dj avec 371 individus en avril 2008, 275 individus et 316 individus en juin et juillet 2009. En deuxième place, les Orthocladiinae avec des abondances importantes 528 individus à Th, 230 individus à Nd et 200 individus à Mn en avril 2009, 198 individus à Br en décembre 2008 (Fig.4.20).

*Simulium* gr.*ornatum* colonise aussi toutes les stations avec des abondances importantes à Dj (636 individus en juin 2008, 317 individus en juin et 478 individus en juillet 2009), à Mn (252 individus en avril 2008, 205 individus en juin 2009), à Nd (211 individus en juillet 2009) et à Th (127 individus en octobre 2009). L'espèce *S.pseudequinum* occupe également tous les milieux avec des effectifs élevés à Dj (472 individus en juin 2008), à Mn (332 individus en juin 2009). Nous remarquons que ces deux espèces enregistrent des abondances très élevées durant la période estivale où elles préfèrent les eaux tempérées. Parmi les taxons qui ont des abondances moyennes, nous avons *Dasyheleasp.* qui atteint son maximum en avril 2009 avec 80 individus à la station Th ; le genre *Tabanus* marque son abondance maximale à Dj au mois de juin 2008 avec 44 individus; *Chironomus* sp. est rencontré dans les stations avec un maximum (58 individus) à Mn au mois de septembre 2008 ; *Psychoda* sp. marque son maximum en avril 2009 (43 individus) dans la station de Dj ; Tanytarsini avec 25 spécimens en août et septembre 2008 à Mn (Fig.4.20).

Les taxons restants sont rares et ne sont rencontrés qu'une ou deux fois et dans une ou deux stations : *S.ruficornis* (par un maximum de 41 individus en juin 2008 à Dj), *Metacnephia blanci*, espèce préférant les eaux fraîches (par un maximum de 24 individus en janvier 2008 à Mn), *Hybomitra* sp. (avec un maximum de 22 individus en juin 2008 à Dj), les Anthomyiidae (avec 9 individus à Mn au mois de juin 2009), *Ulomyia* sp. (1 individu à Nd au mois de mars 2009), *Dicranomyia* sp. (1 individu à Br en janvier 2009), *Tonnoiriella* sp. (4 individus à Mn en décembre 2008) (Fig.4.20).

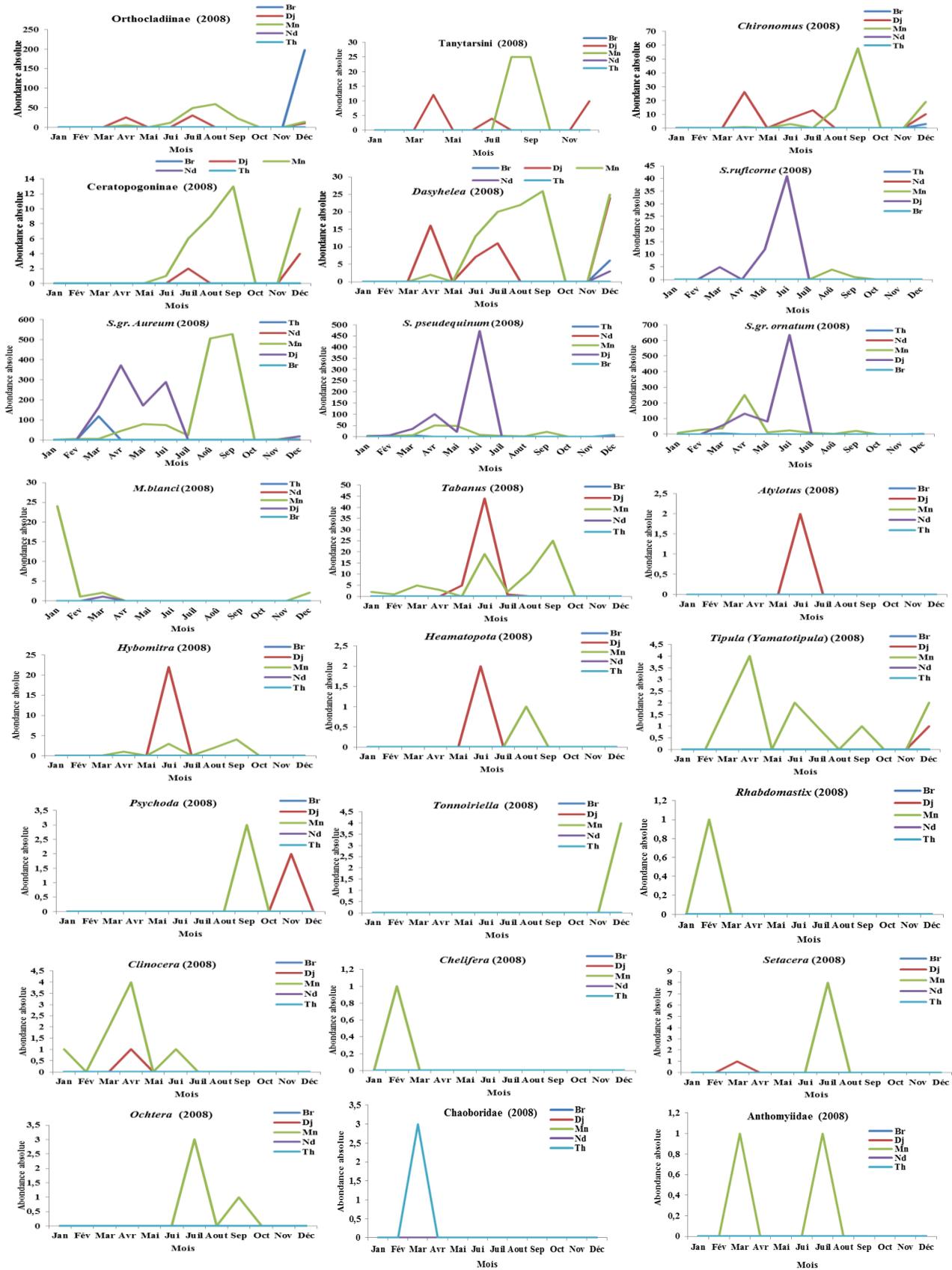


Figure 4.20a. Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued Abdi (2008)

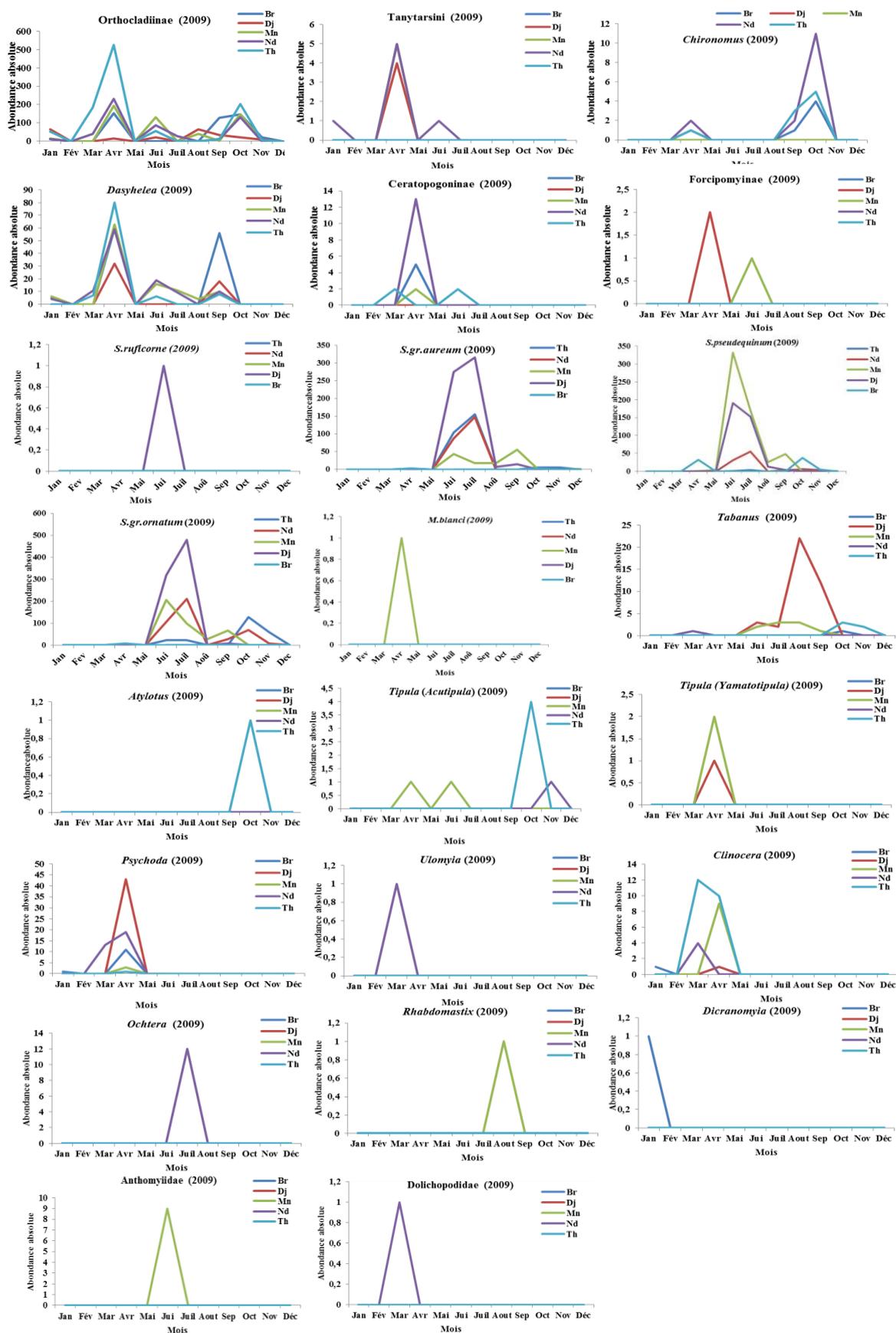


Figure 4.20b. Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued Abdi (2009)

### 1.5.3. Variation spatio-temporelle des Diptères dans l'oued El Haï

L'évolution de l'abondance des Diptères recensés et leurs variations dans l'espace et dans le temps, révèle que les Orthoclaadiinae sont les plus abondants dans toutes les stations de l'oued El Haï, à l'exception de la station polluée Til où aucune faune n'a été récoltée. Le maximum des Orthoclaadiinae a été enregistré en septembre 2008 à Fed2 avec 210 individus ; des effectifs relativement élevés sont observés à Haï2 au mois de décembre 2008 avec 117 individus, 160 et 141 individus respectivement aux mois d'octobre et novembre 2009 à la station de Fed2. En deuxième place d'abondance, le genre *Chironomus* marque son maximum d'abondance (96 individus) au mois de septembre 2008 dans la station Fed2 (Fig.4.21).

Le genre *Dasyhelea* est observé aussi dans toutes les stations ; son abondance maximale est enregistrée dans la station Haï2 (111 individus) au mois de décembre 2008. Les Ceratopogoninae marquent leur maximum (55 individus) au mois de décembre 2009 dans la station Haï2.

L'espèce *Simulium velutinum* est la plus abondante des Simuliidae et colonise toutes les stations. Elle atteint son abondance maximale au mois de juin 2008 (289 individus) dans la station Fed2. *Simulium pseudequinum* colonise aussi toutes les stations avec un maximum en juin 2009 (241 individus) dans la station Fed1. *Simulium ruficorne* et *S. gr. ornatum* occupent deux stations seulement, se réunissent en Fed2 et se séparent respectivement en Haï2 et Haï1. *S. ruficorne* atteint son abondance maximale au mois de juin 2008 (394 individus) à Fed2. D'après les données de la littérature, cette espèce fréquente les cours d'eaux à fond limoneux et à faible altitude, cas de la station Haï2. Mais dans notre oued, nous avons également récolté *S. ruficorne* dans une autre station à fond pierreux avec une forte abondance. Sur les 24 mois d'étude, *S. gr. ornatum* n'apparaît qu'en mars, octobre et novembre, avec de faibles abondances. Les espèces restantes sont rares et ne sont rencontrées qu'une ou deux fois et dans une seule station Fed2, avec des abondances très faibles : *S. sergenti* (2 individus) récoltée au mois de juin 2008 et *M. blanci* rencontrée deux fois, avec 3 individus au mois de novembre 2008 et 1 individu au mois d'octobre 2009. Par conséquent, les stations en amont du réseau hydrographique de l'oued El Haï abritent une faune simulidienne plus diversifiée et plus abondante que celles situées en aval du réseau (Fig.4.21).

Le genre *Tabanus* est récolté dans toutes les stations ; l'effectif le plus élevé est observé dans la station Fed2 avec 29 individus au mois d'août 2009. Tandis que le genre *Silvius* est rencontré deux fois dans deux stations seulement, Haï2 et Fed2 avec, respectivement, 3 individus.

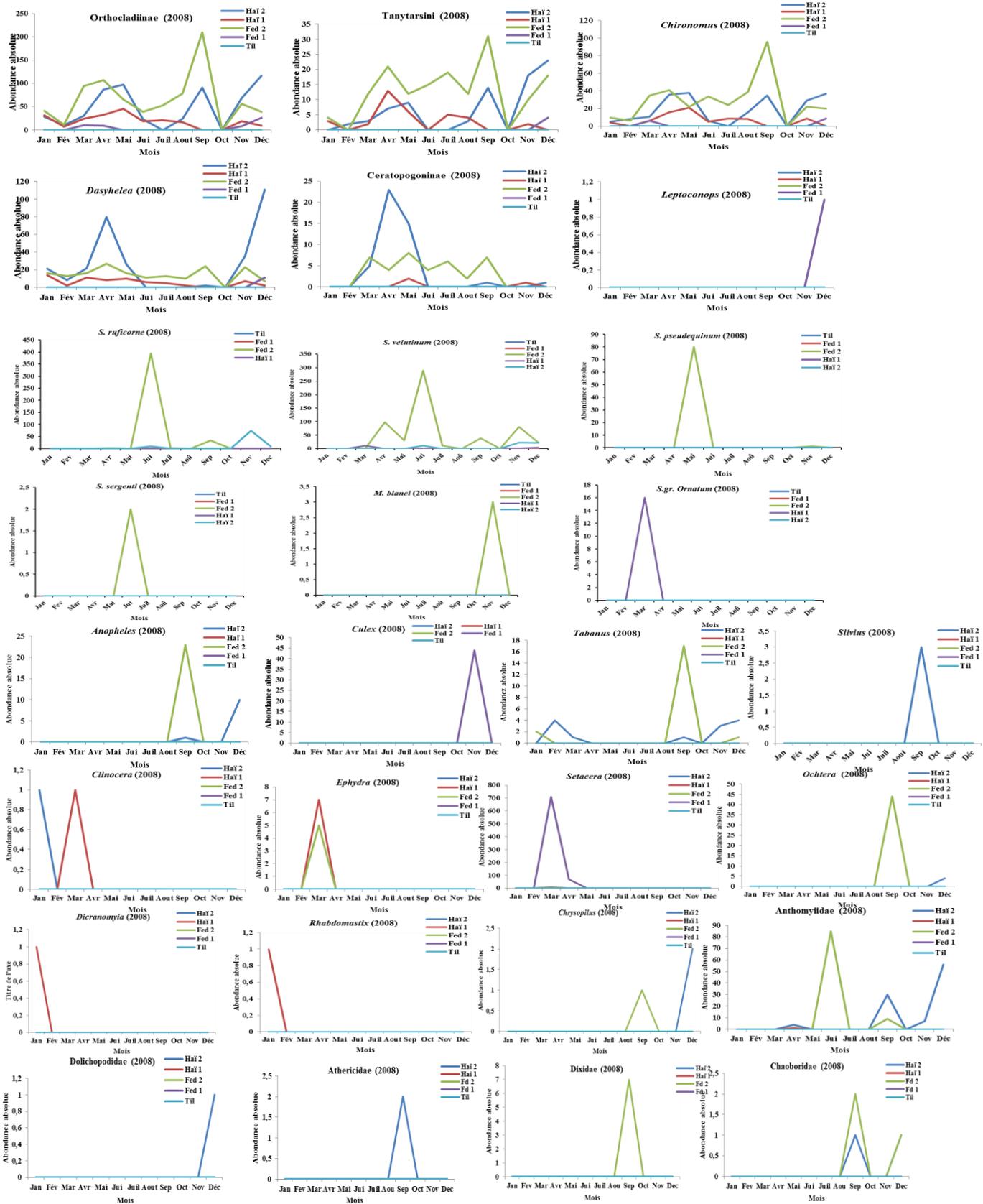


Figure 4.21a. Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued El Hai (2008)

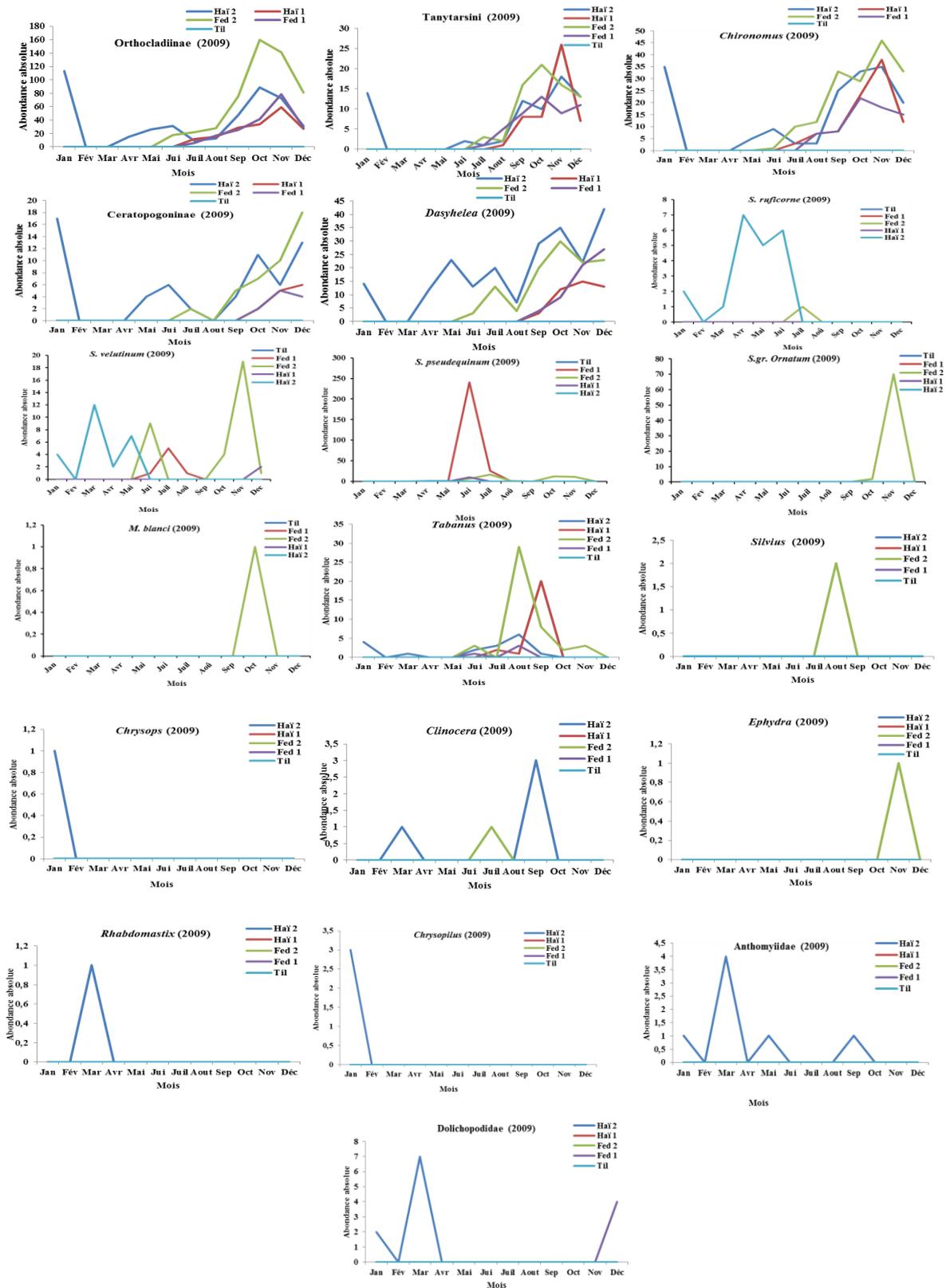


Figure 4.21b. Variation spatio-temporelle de l'abondance absolue des Diptères dans l'oued El Haï (2009)

(septembre 2008) et 2 individus (août 2009) ; le genre *Chrysops* est récolté une fois dans Hai2, avec 1 spécimen au mois de janvier 2009.

Le genre *Setacera* occupe trois stations ; son abondance maximale est observée dans Fed1 (709 individus) au mois de mars 2008 ; *Ochtera* est rencontré une fois dans la station Fed2 (44 individus) au mois de septembre 2008 ; *Ephydra* est observé dans deux stations Hai1 et Fed2 avec respectivement 7 et 5 individus au mois de mars 2008. Les *Anopheles* et les *Culex* ne sont récoltés qu'en 2008 avec respectivement 23 (septembre à Fed2) et 44 individus (novembre à Fed1) ; les genres *Clinocera* et *Crysopilus* sont rencontrés principalement dans la station Hai2 avec 3 spécimens respectivement en septembre et janvier 2009; *Rhabdomastix* est observé dans les stations Hai1 et Hai2 avec à chaque fois 1 spécimen (janvier 2008 et mars 2009). Par contre *Dicranomyia* n'est rencontré qu'une fois dans Hai1 avec 1 individu (janvier 2008) (Fig.4.21).

Les Athericidae et les Dixidae ne sont récoltées qu'en 2008, une ou deux fois avec des abondances très faibles : 2 individus d'Athericidae à Hai2, 7 individus de Dixidae à Fed2 en septembre. En revanche, les Chaoboridae sont rencontrés quatre fois dans deux stations Hai2 et Fed2 avec un maximum 2 individus en septembre à Fed2. Les Anthomyiidae et les Dolichopodidae sont observées durant les deux années avec respectivement un maximum 85 individus (juin 2008 à Fed2) et 7 individus (mars 2009 à Hai2) (Fig.4.21).

## 1.6. Biotypologie des réseaux hydrographiques des bassins versants étudiés

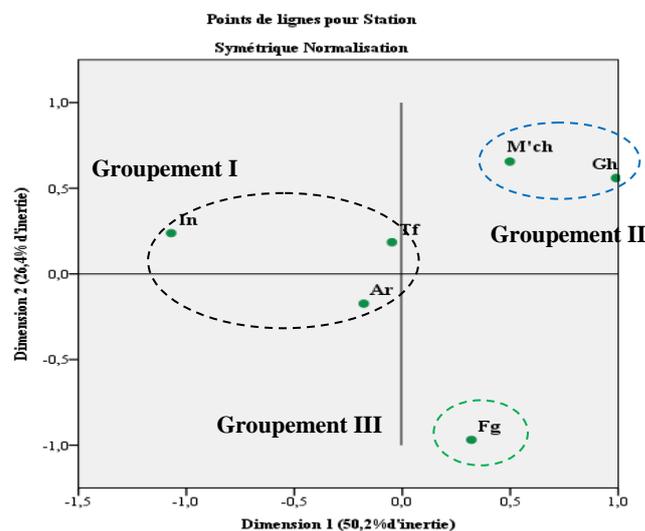
### 1.6.1. Oued El Abiod

Le traitement des données, acquis pour la représentation des plans factoriels, nécessite l'établissement d'un tableau binaire composé de 28 taxons et 6 stations de l'oued El Abiod. Les deux premiers axes totalisent 76,6% de l'inertie totale, avec 50,2% sur l'axe 1 et 26,4% sur l'axe 2, le plan factoriel se traduisant par la figure 4.22. Les stations de haute altitude se localisent vers la gauche du plan factoriel et celles de basse et moyenne altitude vers la droite. Le plan factoriel nous a permis de distinguer 3 groupements des stations (Fig.4.22a):

➤ **Le groupement I des stations du cours supérieur et moyen** : il comprend la station permanente In (1360 m), Ar temporaire et Tf semi-permanente qui se caractérisent par des eaux très fraîches, faiblement minéralisées, un courant rapide et une dureté faible. Ces stations sont liées à un peuplement diptériens constitué par : Stratiomyidae, *Dicranomyiasp.* et *Weidemanniasp.* qui sont exclusivement recensés à In ; *Hybomitra sp.*, *Chelifera sp.*, et *Setacera sp.* (exclusives à Ar) ; Dolichopodidae (exclusive à Tf) ; Orthocladiinae, Tanytarsini, *Dasyhelea sp.*, *Tipulasp.*, *Tipula (Yamatotipula)sp.*, *Tipula (Acutipula)sp.*, *Psychodasp.*, *Chrysopilus sp.*, *Tabanus sp.*, *Rhabdomastix sp.* et *Clinocera sp.*

➤ **Le groupement II des stations du cours moyen et inférieur** : se compose de deux stations, Gh une station semi permanente du cours moyen à moyenne altitude et l'autre M'ch, une station permanente à basse altitude. Ces stations se caractérisent par des eaux tempérées, un courant rapide, une minéralisation importante et une dureté assez élevée. Elles regroupent exclusivement le genre *Atylotus*, les Anthomyiidae et présentent les abondances les plus élevées en *Simulium gr.aureum* et en *Chironomus* sp.

➤ **Le groupement III des stations du cours inférieur** : il contient une seule station du cours inférieur à basse altitude Fg qui se caractérise par une température élevée, un courant rapide, une minéralisation importante et une dureté élevée. Cette station présente l'abondance la plus élevée de l'espèce *S. pseudequinum*, *Simulium ruficorne* et le genre *Silvius* et englobe exclusivement le genre *Chrysops*.



**Figure 4.22a.** AFC de la typologie de l'oued El Abiod (stations).

En effet, la figure 4.22b montre que la plupart des taxons sont très proches de l'origine et en sont donc mal représentés sur ce plan. Effectivement, nous pouvons distinguer à partir du plan F1-F2 nuage-taxons, 3 groupements faunistiques :

➤ **Groupement A** : il renferme les taxons alticoles qui préfèrent les hautes altitudes et les eaux fraîches : le genre *Tipula*, *Wiedemannia* et les Stratiomyiidae. Ces taxons sont relativement bien connus à travers le monde, mais malheureusement, en Algérie, les données faunistiques manquent considérablement. Les espèces du genre *Tipula* sont bien connues pour habiter une grande variété d'eaux intérieures (BYERS et GELHAUS, 2008). CHINO (1975) a rapporté que les larves de *Tipula* sont distribuées dans les flux entrants et/ou sortants des lacs. Ces faits suggèrent que les débits entrants et/ou sortants et la zone environnante des lacs fournissent également un bon habitat pour les larves des tipulidés. Concernant le genre *Wiedemannia*, il se répartit dans la plupart des habitats aquatiques et terrestres au voisinage

des zones humides lotiques à eau turbulente et à granulométrie grossière des cours amont. Ce genre présente une grande valence écologique et un large rang altitudinal. Les larves de *Wiedemannia* vivent exclusivement dans les eaux courantes, à l'intérieur des coussinets de mousse immergés à faible profondeur et recouvrant les pierres, parmi les algues filamenteuses (VAILLANT, 1967). Le genre est présent au Maroc, récolté dans le Moyen Atlas à 2400 m d'altitude et dans le Haut Atlas à des altitudes comprises entre 1740 et 3250 m (BAHID et KETTANI, 2013). DRIAUAACH et al. (2016) révèlent la présence du genre *Dicranomyia* à haute altitude dans les montagnes du Rif et du Haut Atlas. Selon VAILLANT(1964), le genre *Clinocera* préfère les hautes altitudes. D'après DEBBICHE ZERGUINE (2010), les Orthocladiinae et les Tanytarsini colonisent les eaux lotiques et lentique. Le reste des taxons semble préférer les eaux fraîches de hautes altitudes.

➤ **Groupement B** : il renferme principalement des taxons qui préfèrent les moyennes à basses altitudes : le genre *Atylotus*, *S.gr.aureum* et les Anthomyiidae. Selon EL HAOUARI et KETTANI (2014a), une espèce du genre *Atylotus* est récoltée au Maroc ; elle préfère les embouchures des cours d'eau ainsi que des cours d'eau moyens qui reflètent un impact anthropogénique. *S.gr.aureum* est un groupe d'espèces largement distribuées dans les pays maghrébins et qui ont différentes préférences écologiques. Nous pensons que les individus récoltés dans cette étude appartiennent à l'espèce *S.velutinum sensu stricto* mais en l'absence de nymphe mûres et/ou de larves conservées dans le carnoy en vue d'une étude chromosomique, nous ne pouvons en confirmer l'identité. Le genre *Chironomus* préfère les habitats lentiques littoraux et profonds (DEBBICHE ZERGUINE, 2010).

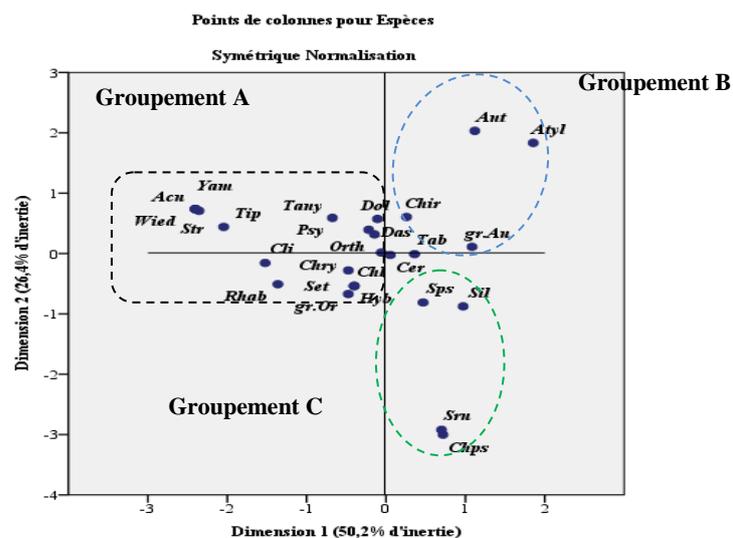


Figure 4.22b. AFC de la typologie de l'oued El Abiod (taxons).

➤ **Groupement C** : il contient les taxons qui préfèrent les basses altitudes et qui sont peu exigeants : *S.ruficorne*, *S. pseudequinum*, *Silvius* sp. et *Chrysops* sp. D'après les données de la littérature, *S.ruficorne* fréquente les cours d'eaux à fond limoneux et à faible altitude comme la station Fg. Selon BELQAT (2002), l'espèce semble se limiter, au Maroc, aux altitudes faibles à moyennes. Elle a une large répartition maghrébine. En Algérie, elle a été mentionnée dans la région de Biskra (EDWARDS, 1923 ; PARROT, 1949), dans le Sahara oriental (GRENIER et CLASTRIER, 1960 ; CLASTRIER et GRENIER, 1961 ; BELAZZOUG et Tabet-DERRAZ, 1980), dans les monts de Tlemcen et du Djurjura (CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS et al., 2012 et 2014), dans oued Seybousse (CHERAIRIA et al., 2014). L'espèce *S.pseudequinum* est collectée dans de nombreux microhabitats à substrat érodé et à courant rapide, avec ou sans végétation, mais rarement récoltée à courant faible (CROSSKEY, 1981). Elle est particulièrement peu exigeante du point de vue écologique et affectionne tous les types de cours d'eaux (BELQAT, 2002).

### 1.6.2. Oued Abdi

La matrice binaire utilisée pour l'analyse factorielle des correspondances, de l'oued Abdi, compte 29 taxons et 5 stations. Les deux premiers axes détiennent 88,3% de l'inertie totale, avec 71,5% pour l'axe 1 et 16,8% pour l'axe 2. Nous remarquons que les stations temporaires (Br, Th et Nd) se situent vers la gauche du plan factoriel tandis que les stations permanentes se trouvent vers la droite. Le plan factoriel nous a permis de distinguer 3 groupements de stations (Fig.4.23a):

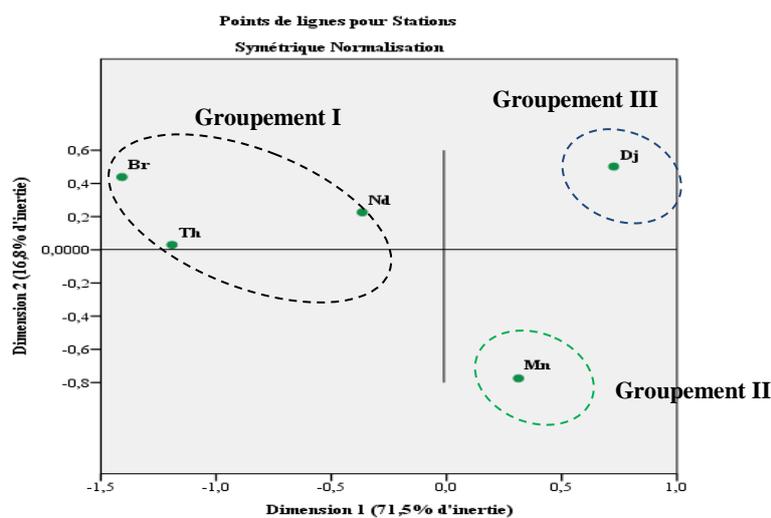


Figure 4.23a. AFC de la typologie de l'oued Abdi (stations).

➤ **Groupement I des stations temporaires** : regroupe Th, Nd et Br. Ces stations sont caractérisées par des eaux douces faiblement minéralisées, une profondeur moyenne à faible, un courant assez rapide. Leurs peuplements renferment les taxons les plus abondants dans les 3 stations : les Orthocladiinae (taxons exclusifs à Th), les Chaoboridae, *Atylotus* sp., *Clinocera* sp., *Tipula* (*Acutipula*) sp., (taxon exclusif à Br), *Dicranomyia* sp. et les taxons qui marquent des abondances maximales à Th et Nd : *Dasyhelea* sp., les Ceratopogoninae et *Ochtera* sp.

➤ **Groupement II des stations permanentes à haute altitude** : il contient une station (Mn), la station typique de cet oued et la plus diversifiée (24 taxons). Elle se caractérise par des eaux tempérées, à courant fort et à profondeur élevée. Elle regroupe des taxons exclusifs et rares (les Anthomyiidae, *Tonnoiriella* sp., *Rhabdomastix* sp., *Chelifera* sp.) ainsi que des taxons à abondance très élevée tels que les Tanytarsini, *Chironomus* sp., *Tipula* (*Yamatotipula*) sp., *Setacera* sp. et *Metacnephia blanci*.

➤ **Groupement III des stations permanentes à moyenne altitude** : renferme une seule station (Dj) caractérisée par des eaux fortement minéralisées et dures, un courant très fort et une température élevée. Elle renferme les taxons : *Psychoda* sp., *S. ruficornis*, *S. gr. ornatum*, *S. pseudequinum*, *Tabanus* sp., *Heamatopota* sp., *Hybomitra* sp. et les Forcipomyiinae.

Effectivement, nous pouvons distinguer à partir du plan F1-F2 nuage-taxons, 3 groupements faunistiques (Fig.4.23b) :

**Groupement A** : il englobe les taxons qui préfèrent les hautes altitudes et ceux qui ont une large répartition altitudinale. Les Orthocladiinae sont ubiquistes et occupent tous les milieux. Ils affectionnent une grande variété d'habitats lenticules et lotiques et même les milieux marins (DEBBICHE ZERGUINE, 2010). Le genre *Clinocera* occupe normalement les zones près des ruisseaux (PUSCH, 1996). Sa répartition altitudinale est très large mais il préfère des altitudes proches de 2300 m (VAILLANT, 1964 ; WAGNER, 1995). Les larves du genre *Dasyhelea* vivent sur les algues, les mousses ou les plantes sur les marges d'eau. Elles habitent dans les flaques, les sources, les marécages, les tourbières et les sols humides (DOMINIAK, 2012). Plusieurs espèces du genre *Dicranomyia* sont récoltées au Maroc, principalement dans le Haut Atlas et le Rif (DRIAUAACH *et al.*, 2013 ; DRIAUAACH et BELQAT, 2016). Dans notre oued, *Dicranomyia* sp. est rencontré à basse altitude (Br : 50m). *Atylotus* sp. préfère les cours moyens et supérieurs des eaux.

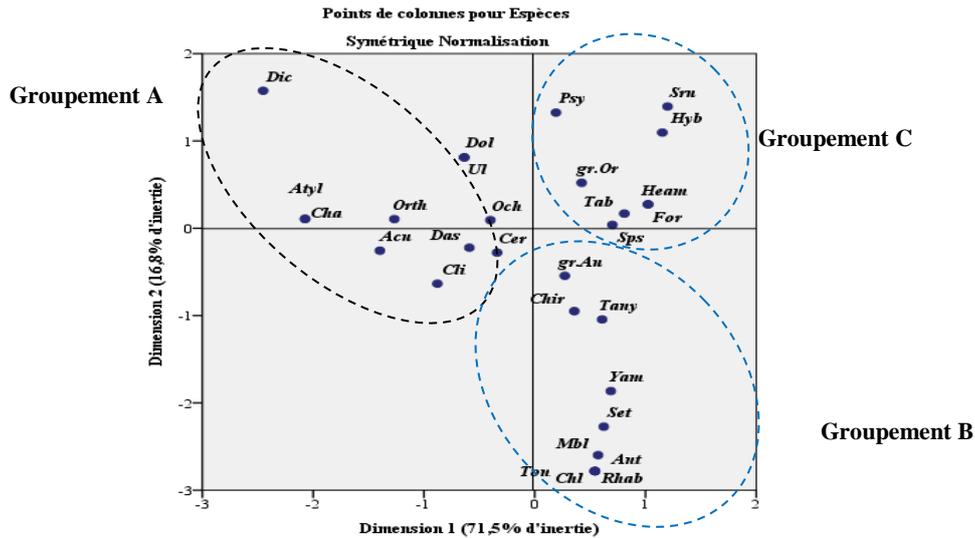


Figure 4.23b. AFC de la typologie de l'oued Abdi (taxons).

➤ **Groupement B** : est constitué par des taxons qui sont recensés exclusivement à Mn et des taxons qui marquent des préférences aux courants rapides en hautes altitudes. L'espèce *Metacnephia blanci* affectionne dans notre région les eaux partiellement froides et à courant rapide, tandis que CHERAIRIA *et al.* (2014) indiquent que cette espèce fréquente les eaux froides à chaudes avec écoulement modéré à rapide dans le bassin versant de Seybouse. En revanche, BAILLY-CHOUMARA et BEAUCOURNU-SAGUEZ (1978) signalent qu'elle préfère les ruisseaux et les petites rivières à courant faible ou moyen.

Le genre *Tonnoiriella* est signalé en Algérie et au Maroc mais sa biologie est mal connue. L'espèce *Tonnoiriella pulchra*, signalée aux Aurès par VAILLANT (1955b) a été trouvée dans des habitats madicoles dont le substrat est constitué de roches nues ou recouvertes d'algues, ou de particules minérales. Le genre *Chironomus*, comme tous les Chironomini, préfère les habitats lentiques littoraux et profonds et lotiques lents, surtout sur des substrats sableux et associés aux macrophytes aquatiques. Les Tanytarsini colonisent les eaux lotiques rapides et lentes, lentiques et, occasionnellement, les eaux polluées (DEBBICHE ZERGUINE, 2010). Selon MATILE(1993), certaines espèces de la sous famille Chironominae sont thermophiles.

➤ **Groupement C** : Il regroupe des taxons à écologie plus ou moins variable. L'espèce *S.pseudequinum* est particulièrement peu exigeante du point de vue écologique (BELQAT, 2002) vu qu'elle est rencontrée dans tous les biotopes, même pollués et qu'elle peut supporter de grande amplitude thermique. Elle est parmi les premières espèces à être signalées dans différentes régions en Algérie. *S. ruficorne*, espèce thermophile fréquentant les altitudes moyennes à faibles, a été récoltée dans des différents biotopes en Algérie. *S.gr.*

*ornatum* est un groupe qui rassemble plusieurs espèces. Ce groupe semble préférer dans notre oued, les stations à courants rapides. Selon EL HAOUARI et KETTANI (2014a), les genres *Tabanus*, *Hybomitra* et *Heamatopota* sont largement répartis et peuvent coloniser différents biotopes. Plusieurs espèces du genre *Psychoda* sont récoltées en Algérie, au Maroc et en Tunisie dans différents habitats, mêmes dans des eaux polluées (AFZAN et BELQAT, 2016).

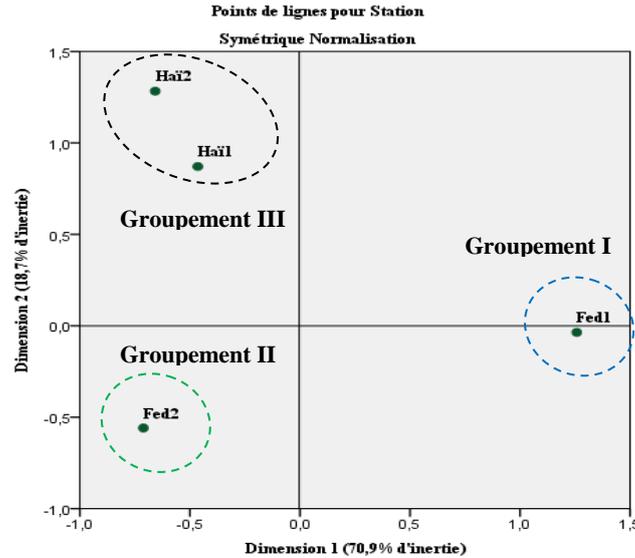
### 1.6.3. Oued El Hai

La matrice binaire utilisée pour l'analyse factorielle des correspondances, de l'oued El Hai, compte 29 taxons et 4 stations. Les deux premiers axes totalisent 89,9% de l'inertie totale, dont l'axe1 présente 70,9% et l'axe2 18,7%. Nous remarquons que la station en amont du cours moyen Fed1 est nettement opposée au reste des stations des cours moyen et inférieur. Le plan factoriel démontre la présence de 3 groupements bien distincts (Fig.4.24a):

➤ **Groupement I de la station temporaire en amont du cours moyen** : renferme la station Fed1 (720 m) qui se caractérise par des eaux fraîches bien oxygénées à courant rapide et avec une concentration faible en nitrites, nitrates, phosphores et sulfates. Elle englobe une faune diptérienne constituée de deux taxons exclusifs : *Culex* sp., *Leptoconops* sp., *S. pseudequinum* (les plus fortes abondances de l'espèce) et *Setacera* sp.

➤ **Le groupement II de la station semi permanente du cours moyen de moyenne altitude** : comprend la station Fed2 qui se caractérise par des eaux tempérées, bien oxygénées, avec une vitesse du courant modérée, et avec une concentration moyenne en nitrites, nitrates, phosphores et de faibles teneurs en sulfates. Sa faune est constituée par des espèces exclusives telles que : *S. sergenti*, *M. blanci* et les Dixidae, et les espèces de forte abondance : *S. ruficorne*, *S. velutinum*, *S. gr.ornatum*, *Ochtera* sp., *Anopheles* sp., *Tabanus* sp., *Clinocera* sp., Orthocladiinae, Tanytarsini, *Chironomus* sp., Anthomyiidae et Chaoboridae.

➤ **Le groupement III des stations, semi permanente du cours moyen et permanente du cours inférieur** : il est formé de deux stations : Hai1 à moyenne altitude qui se caractérise par des eaux tempérées bien oxygénées et à courant moyen, présentant une concentration moyenne en nitrites, nitrates, phosphores et faible en sulfates ; la deuxième station, Hai2 (diversifiée avec 22 taxons), se distingue par des eaux les plus minéralisées, les plus dures, les plus tempérées et pourvues de fortes teneurs en chlorures et sulfates et de faibles teneurs en nitrites, nitrates et phosphores. Elles regroupent plusieurs taxons : *Dasyhelea* sp., Ceratopogoninae, Dolichopodidae, Athericidae, *Chrysopilus* sp., *Silvius* sp., *Chrysops* sp., *Ephydra* sp., *Rhabdomastix* sp. et *Dicranomyia* sp.



**Figure 4.24a.** AFC de la typologie de l'oued El Haï (stations).

Le plan factoriel F1-F2 nuage-taxons montre 3 groupements faunistiques :

➤ **Groupement A :** il renferme les taxons qui préfèrent les moyennes altitudes. L'espèce *Simulium pseudequinum* supporte de grandes amplitudes thermiques et colonise différents biotopes. Les espèces du genre *Setacera* colonisent les algues flottantes pour lesquelles elles ont une préférence écologique (FOOTE, 1982). Les *Culex* ainsi que tous les Culicidae préfèrent les eaux à faible vitesse voire à vitesse nulle, comme les bords des cours d'eaux. Dans notre oued les *Culex* sp. ont été récoltés en période d'étiage à partir des flaques. Le genre *Leptoconops* est exclusivement recensé à Fed1 avec une très faible abondance où il semble préférer les eaux fraîches oxygénées à courant rapide des cours de moyennes altitudes.

➤ **Groupement B :** Il est représenté par les taxons eurythermes préférant les moyennes altitudes. L'espèce *S. sergenti* est une espèce eurytope (PARROT, 1949 ; BEAUCOURNU-SAGUEZ, 1975a) et eurytherme (GUIDICELLI *et al.*, 2000). L'espèce *M. blanci* affectionne tous types de cours d'eau à large éventail altitudinal (BELQAT, 2002). Les Dixidae, les Anthomyiidae et les Chaoboridae semblent préférer les moyennes altitudes et les eaux oxygénées à courant rapide. L'espèce *S. velutinum sensu stricto* semble peu exigeante dans les pays du bassin méditerranéen. Elle serait l'espèce la mieux représentée en Afrique du nord (BEAUCOURNU-SAGUEZ, 1975b). Par ailleurs, *S. velutinum sensu stricto* s'avère être l'espèce la mieux adaptée aux conditions écologiques estivales en région méditerranéenne : température élevée des eaux, affaiblissement du courant... (BELQAT, 2002).

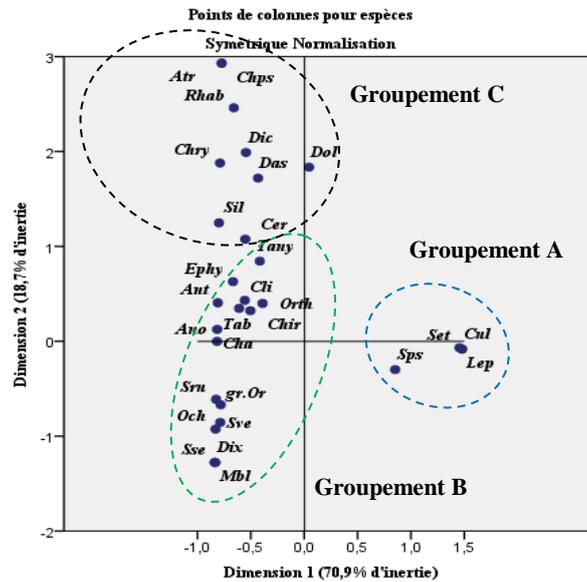


Figure 4.24b. AFC de la typologie de l'oued El Haï (taxons).

Concernant l'espèce *S.ruficornis* est une espèce thermophile fréquentant les altitudes moyennes à faibles. Dans cet oued *S. gr. ornatum* préfère les moyennes altitudes avec des eaux relativement calmes. Le genre *Clinocera* a une répartition altitudinale très large, avec des préférences pour les hautes altitudes. D'après EL HAOUARI et KETTANI (2014a), les *Tabanus* préfèrent les cours d'eaux des hautes altitudes qui se caractérisent par une forte pollution due aux activités humaines, principalement les activités agricoles (élevage, pâturage...). Dans notre aire d'étude, les *Tabanus* sont abondants à moyenne altitude et dans une station près des terrains agricoles.

En ce qui concerne les Orthoclinidiinae, Tanytarsini, elles sont généralement rhéophiles tandis que les Chironomini (*Chironomus*), sont plus fréquents dans les eaux plus lenticules et soumises à des pollutions (KETTANI *et al.*, 2001). Généralement, les Culicidae préfèrent les eaux à une vitesse nulle ou faible ; les *Anopheles* ont été prélevés également en bordure des eaux calmes durant la période à faible débit.

➤ **Groupement C** : il renferme les taxons thermophiles qui ont des préférences pour les basses et moyennes altitudes. Selon DOMINIAK (2012), les larves du genre *Dasyhelea* peuvent fréquenter différents types de milieux. Plusieurs espèces du genre *Dicranomyia* sont récoltées au Maroc, principalement dans le Haut Atlas et le Rif (DRIAUAACH *et al.*, 2013 ; DRIAUAACH et BELQAT, 2016). Dans notre oued *Dicranomyia* est rencontré à moyenne altitude. Les *Chrysops* sont parmi les Tabanidae qui affectionnent des biotopes eutrophisés par des charges de matières organiques (EL HAOUARI et KETTANI, 2014a). Le genre

*Ephydra* se localise dans notre oued dans les stations à moyenne altitude à courant modéré. En revanche le reste des taxons de ce groupe semble préférer les basses altitudes et les eaux tempérées, minéralisées et dures.

#### 1.6.4. Biotypologie globale des Diptères

Le traitement global des données acquises sur l'ensemble des stations des 3 oueds pour la représentation des plans factoriels, nécessite l'établissement d'un tableau binaire composé de 43 taxons et 15 stations. Les deux premiers axes totalisent 64,8% de l'inertie totale, avec 37,5% sur l'axe 1 et 27,3% sur l'axe 2 ; le plan factoriel est traduit par la figure 4.25. D'après ce plan nous avons pu déterminer 3 noyaux d'affinité entre les stations et les taxons.

❖ **Noyau 1** : Il comprend principalement les taxons alticoles rhéophiles qui habitent les stations de haute et moyenne altitude (In, Th, Nd, Ar, Tf, Mn, Dj et Gh) qui ont des préférences écologiques hétérogènes. Il s'agit de :

- Espèce rhéophile : *Metacnephia blanci* qui ne se trouve que dans Mn et Dj (oued Abdi), stations permanentes à courant rapide.

- Taxons eurytopes eurythermes : *S.pseudequinumn* qui marque sa forte abondance à Dj puis Mn du cours moyen, ainsi que les deux autres taxons de Simulies *S. gr. ornatum* et *S. gr. aureum*. Les Orthocladiinae sont plus abondants à Th.

- Taxons alticoles sténotopes : *Wiedemannia* sp., Stratiomyidae, *Tipula* sp., *Tipula (Yamatotipula)* sp., *Tipula (Acutipula)* sp. et *Clinocerasp.* qui préfèrent les hautes altitudes et les eaux de la station d'In. Le genre *Tonnoiriella* est exclusivement rencontré à Mn, et *Ulomyia* à Nd. Tandis que *Hybomitra* et *Heamatopota* préfèrent les moyennes altitudes et les eaux tempérées de Dj.

❖ **Noyau 2** : constitué de trois taxons seulement, qui affectionnent la station du cours moyen Fed1 : le genre *Leptoconops* est rencontré en très faible abondance ainsi que les *Culex*, alors que *Setacera* enregistre sa forte abondance dans cette station.

❖ **Noyau 3** : formé de taxons qui préfèrent les moyennes et basses altitudes, et les eaux tempérées et qui ont des préférences écologiques hétérogènes:

- Espèces thermophiles rares du cours moyen : *Simulium sergenti* qui n'est recensée que dans Fed2, ainsi que le genre *Ephydra* qui préfère les eaux de la station Hai1.

- Taxons thermophiles rares du cours inférieur : les Athericidae, Dolichopodidae, *Silvius* sp. et *Chrysopilus* sp., qui préfèrent les eaux dures et minéralisées de la station Hai2. Le genre *Chrysops* préfère les eaux de Fg.

- Taxon thermophile et lénithophile : *Anopheles* sp. qui préfère les eaux calmes et chaudes.

- Espèces thermophiles eurythermes : *Simulium ruficorne*, *S. velutinum*, *Tabanus* sp., *Chironomus* sp., Tanytarsini, *Dasyhelea* sp., Ceratopogoninae, *Ochtera* sp., et les Anthomyidae qui préfèrent les eaux permanentes de Fed2.

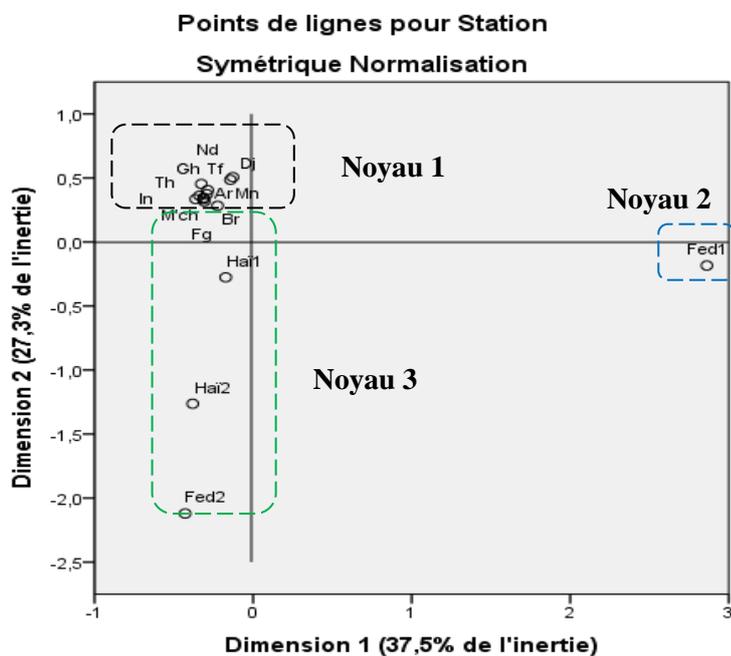


Figure 4.25a. AFC de la biotypologie globale des Diptères : (stations)

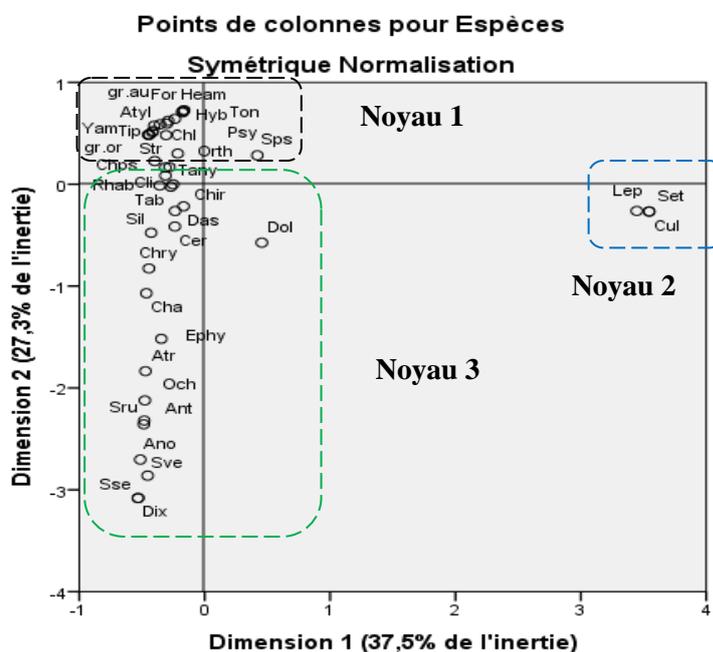


Figure 4.25b. AFC de la biotypologie globale des Diptères : (taxons).

### 1.7. Influence des paramètres physico-chimiques sur la répartition des Diptères

Afin de décrire la typologie du cours d'eau et la relation entre l'abondance des espèces et les paramètres du milieu, une analyse canonique des correspondances (TER BRAAK, 1986) a été réalisée par le biais du logiciel Past3, traitant 16 descriptifs du milieu aquatique (paramètres physico-chimiques) reconnus comme facteurs écologiques responsables de la distribution spatiale des macroinvertébrés aquatiques, et 43 taxons dans 15 stations ; la station Til, altérée par une forte pollution organique a été supprimée de l'analyse car elle ne contient aucun macroinvertébré.

L'analyse des matrices des données a permis d'obtenir une organisation assez significative de la typologie des trois cours d'eau étudiés à travers la projection du plan factoriel F1-F2. La représentation graphique de l'Analyse Canonique des Correspondances permet de visualiser simultanément les taxons, les sites et les variables (paramètres physico-chimiques). Les trois premiers axes détiennent l'essentiel de l'information puisqu'ils représentent 78,89% de l'inertie totale (38,03% pour l'axe1, 27,92% pour l'axe2 et 12,94% pour l'axe3). L'axe1 oppose les stations les plus diversifiées et qui se caractérisent par des taxons rares exclusifs ou des taxons avec de fortes abondances. En ce qui concerne l'axe2, il représente la température, la minéralisation et la dureté de l'eau ; oppose les stations du cours moyen et inférieur de l'oued El Haï qui sont les plus tempérées avec des eaux plus minéralisées plus dures et calmes au reste des stations moins minéralisées avec des eaux fraîches à courant rapide. Ainsi, Le plan factoriel F1-F2 permet de classer notre peuplement comme suit (Fig.4.26) :

- ✓ Taxons thermophiles de moyenne à basse altitude supportant de grande concentrations de minéralisation (EC, Sa, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) : *S.ruficornis*, *S.velutinum* cyto-espèce '3', *S.sergenti*, *Chrysopilus* sp., *Ochtera* sp., *Ephydra* sp., *Silvius* sp., *Tabanus* sp., Anthomyiidae, Chaoboridae, Dixidae, Athericidae et Dolichopodidae.
- ✓ Taxons des hautes altitudes rhéophiles préférant les courants rapides et les eaux fraîches: *M.blanci*, *Clinocera* sp., *Chelifera* sp., *Chrysops* sp., *S. gr. ornatum*, *Atylotus* sp., *Rhabdomastix* sp., *Wiedemannia* sp., *Ulomyia* sp., *Tonnoiriella* sp., *Hybomitra* sp., *Heamatopota* sp., *Leptoconops* sp., *Tipula* sp., *Tipula (Yamatotipula)* sp., *Tipula (Acutipula)* sp., *Psychoda* sp., *Setacera* sp., Forcipomyiinae et Stratiomyidae.
- ✓ Taxons eurytopes à large répartition se manifestent indifféremment par rapport aux conditions du milieu : *S. pseudequinum*, *S. gr. aureum*, *Dasyhelea* sp., Ceratopogoninae, Tanytarsini, Orthoclaadiinae, *Chironomus* sp.

✓ Taxons préférant les eaux calmes : *Anopheles* sp. et *Culex* sp.

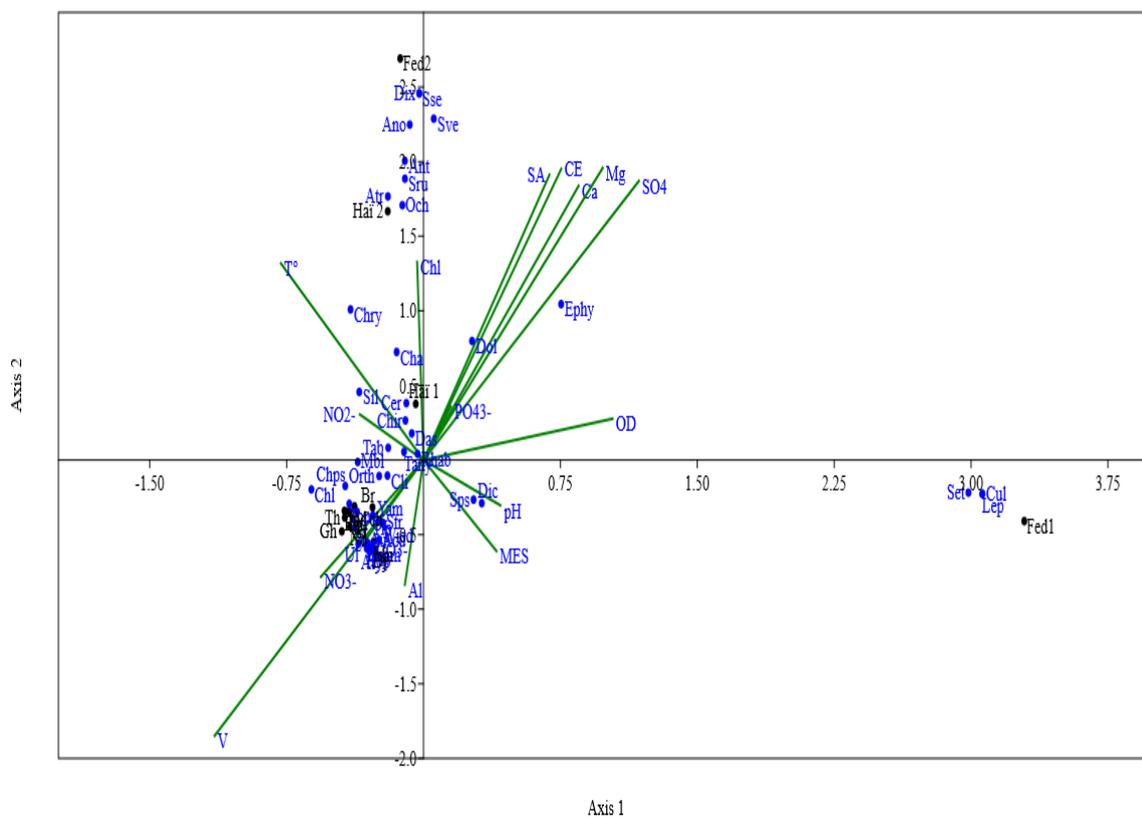


Figure 4.26. ACC : paramètres mésologiques, espèces et stations des cours d’eaux d’Aurès.

## 2. Discussion générale

La communauté biotique qui occupe un cours d'eau offre donc une bonne représentation de l'état général de l'écosystème aquatique et peut être utilisée comme un instrument de surveillance intégrée de l'état écologique du cours d'eau (STUCKI, 2010). L'ordre des Diptères compte parmi les ordres les plus importants de la macrofaune benthique ; cette importance s'exprime par leur intérêt médico-vétérinaire. Leurs connaissances et leurs identifications sont indispensables pour les médecins, écologistes, hygiénistes, zoologistes, et entomologistes.

L'inventaire des Diptères que nous avons dressé dans ce présent travail fonde une importante base de données pour la région des Aurès et essaye de compléter les études sur toute l'Algérie. Cette étude s'étale sur deux années dans 16 stations situées le long de trois oueds de la région des Aurès de l'Est algérien. Cette étude a mis en évidence une richesse taxonomique relativement importante avec 43 taxons répartis en 17 familles et 26 genres. Cependant, cette richesse diffère d'une station à l'autre suivant les paramètres mésologiques de chaque station. La richesse en espèces est influencée par les conditions environnementales (LEGENDRE et LEGENDRE, 1998). En effet, un cours d'eau perturbé peut créer des conditions défavorables pour certains organismes (polluosensibles) laissant la place ainsi à d'autres organismes plus tolérants (polluorésistants) (BEN MOUSSA *et al.*, 2014). L'effectif total du peuplement étudié est de 37128 individus, avec une nette dominance des Orthoclaadiinae (13503 individus soit 36,37%), suivis par *Simulium gr.aureum* (5405 individus soit 14,56%) puis *S. gr. ornatum* (5142 individus soit 13,85%). La station la plus diversifiée est celle du cours supérieur (permanente) Mn avec 24 taxons. En revanche la station la plus riche numériquement en individus est Dj (permanente) du cours moyen avec 5052 individus. Par conséquent, les cours d'eau temporaires accueillent habituellement moins d'espèces que les cours d'eau permanents (DEL ROSARIO et RESH, 2000 ; BONADA, 2003). La grande richesse spécifique observée dans les zones de moyenne montagne et de piémont supporte l'hypothèse selon laquelle la biodiversité est accrue par l'hétérogénéité spatio-temporelle des conditions du milieu (WARD et STANFORD, 1983) qui procure un large éventail de possibilités de développement (FEMINELLA et RESH, 1990).

Généralement, les études réalisées s'intéressent plus particulièrement à une seule famille de Diptères à raison de la difficulté et la complexité de la détermination des espèces de cet ordre. Beaucoup de travaux sont réalisés dans le monde concernant la taxonomie et la biologie de certaines familles de Diptères. Par contre en Algérie ils sont très restreints. Les

familles les plus étudiées sont celles qui ont un intérêt médico-vétérinaire. Selon LOUNACI (2014), le territoire algérien contient 369 espèces de Diptères, jusqu'à présent.

A titre comparatif, citons la faune diptérienne des autres bassins versants algériens : 19 familles et 191 taxons dans le bassin de Sébaou (LOUNACI *et al.*, 2000a), 18 familles à oued El Harrach (FERGANI et ARAB, 2013), 16 familles dans le bassin versant de la Soummam (ZOUGGAGHE *et al.*, 2014), 12 familles dans oued Sahel, 5 familles à oued Djedir et 10 familles à oued M'zi (SELLAM *et al.*, 2016) et 20 familles dans oued Boumerzoug (OULDJAOUI *et al.*, 2017).

Malheureusement, dans cette étude nous n'avons pas pu identifier tous les taxons jusqu'à l'espèce, une exception faite pour la famille des Simuliidae, où nous avons identifié 7 espèces nominales et complexes d'espèces appartenant à 2 genres (*Simulium* et *Metacnephia*), sur l'ensemble des stations des trois oueds. Les espèces recensées sont : *M. blanci*, *S. velutinum* cyto-espèce '3', *S. ruficorne*, *S. gr. ornatum*, *S. pseudequinum* et *S. sergenti*. Cette faible diversité de la faune simulidienne, par rapport aux autres bassins versants algériens où 23 espèces sont enregistrées à oued Sébaou (LOUNACI *et al.*, 2000a) et 10 espèces sont répertoriées dans le Tafna (CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014). Dans le Seybouse qui est le plus proche de notre région d'étude, 8 espèces ont été recensées (CHERAIRIA *et al.*, 2014). La physionomie des réseaux hydrographiques de notre région et le climat semi-aride seraient probablement à l'origine de cette pauvre diversité. La liste des Simulies d'Algérie (Diptera : Simuliidae) dressée jusqu'à présent contient 33 espèces (ADLER et CROSSKEY, 2017) intermédiaire entre le Maroc avec 44 espèces (ADLER et CROSSKEY, 2017) et la Tunisie avec 18 espèces (ADLER et CROSSKEY, 2017).

Les Simuliidae regroupent les espèces les plus exigeantes en oxygène dissous, puisque ces espèces vivent généralement au niveau des plans d'eau douce à courants vifs où les teneurs en oxygène sont élevées (MATILE, 1993). Les Simuliidae abondent dans les milieux riches en matières organiques, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures (SELLAM *et al.*, 2016). Nos espèces identifiées sont :

- ❖ *Metacnephia blanci* : Dans nos récoltes, elle a été trouvée dans trois stations à régime permanent d'une altitude de 600 m à 990 m, dans une eau fortement oxygénée (9,93-10,83 mg/l), moyennement minéralisée (708-2450  $\mu\text{S/cm}$ ), fraîche (7-18,4°C) et coulant à une vitesse rapide. Les larves ont été récoltées sur un substrat de cailloux, de pierres et de blocs parfois recouverts d'algues vertes, à des profondeurs entre 1 et 100 cm. Ces résultats sont, en partie, en accord avec ceux de CHERAIRIA *et al.* (2014) qui ont recensé cette espèce à

oued Seybousse où elle apparaît pendant plusieurs mois de janvier à avril et d'octobre à décembre. Le fait de trouver *M. blanci*, dans l'oued Fedhala, où de fortes teneurs en nitrites (2,09-2,58 mg/l), en nitrates (2,52-12,16mg/l) et en phosphore (0,49-1,3 mg/l) ont été enregistrées, montre qu'elle résiste à la pollution. Au Maroc, l'espèce affectionne tous types de cours d'eau à large éventail altitudinal (BELQAT, 2002).

❖ *Simulium velutinum* cyto-espèce '3' : Son abondance maximale est atteinte à 600m d'altitude (Fed 2) au mois d'avril. Les larves et les nymphes occupent des habitats à caractéristiques diverses: largeurs (0,2-31 m), profondeurs (1-100 cm), vitesses variables (0,13-1,42 m/s), eaux froides à chaudes (7,5-31,6°C), eaux alcalines (7,14-8,95) à fortement minéralisée (1265-6160  $\mu$ S/cm), eaux faiblement à fortement oxygénée (3-16.25 mg/l), eaux douces à salines (0,4-3,3). L'espèce occupe tous les types de substrats, et tolère donc des variations importantes des conditions abiotiques du milieu. Ces résultats corroborent avec ceux de (CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014 ; CHERAIRIA *et al.*, 2014).

❖ *Simulium* gr. *aureum* : plusieurs espèces de ce groupe sont communément connues en Algérie. Ce groupe est observé dans toutes les stations à différentes altitudes de 50 m à 1434 m avec une préférence des moyennes altitudes, les abondances les plus élevées ayant été observées durant la période estivale.

❖ *Simulium* (*Nevermania*) *ruficorne* : elle se limite à six cours d'eaux, cinq permanents et un semi-permanent, tempérés (10,5-33°C), situés à 990 et 125 mètres d'altitude, coulant à des vitesses variables, sur un substrat à granulométrie diversifiée, sur une largeur de 0.2 à 38 m, à une profondeur variant entre 1 et 85 cm, et où parfois pullulent des algues. L'espèce supporte de faibles teneurs en oxygène dissous (0,96-16,25 mg/l), une minéralisation très élevée (1035-6160  $\mu$ S/cm), une dureté calcique de 13,63-362,32 mg/l et des teneurs magnésiennes élevées (81,65-385,88 mg/l). Des conductivités extraordinairement hautes ayant été préalablement reportées dans des oueds algériens (MAOUI *et al.*, 2011 ; REGGAM *et al.*, 2015). Cependant, elle habite les eaux modérément polluées. Ces résultats sont en partie, en accord avec ceux de CHERAIRIA *et al.* (2014), sauf que dans notre étude, elle apparaît pendant 11 mois de l'année, alors que dans le bassin versant de Seybousse, elle n'est récoltée que durant cinq mois. Une seule larve a été reportée dans le Tafna (CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014).

❖ *Simulium* gr. *ornatum* : des espèces de ce groupe, ont été mentionnées dans plusieurs travaux en Algérie (EDWARDS, 1923 ; GAGNEUR et CLERGUE-GAZEAU, 1988 ; LOUNACI *et al.*, 2000a et 2000b, CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2012 ; CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014 ; CHERAIRIA *et al.*, 2014). Ce

groupe que nous avons rencontré s'est avéré très abondant, puisqu'il habite 13 stations de différentes altitudes, allant de 50m à 1434 m. Elle supporte de fortes teneurs en nitrites et nitrates, résultant ainsi être polluo-tolérante.

❖ *Simulium (Wilhelmia) pseudequinum* est observée dans toutes les stations sur des substrats diversifiés, dans des eaux d'une salinité qui varie de 0 à 2,5, alcalines, minéralisées, de dureté moyenne avec de grandes fluctuations en oxygène dissous. Elle ne tolère cependant pas les grandes variations en nitrites et nitrates. Ces résultats s'accordent avec ceux décrits dans le bassin versant du Seybousse (CHERAIRIA *et al.*, 2014) et celui du Tafna (CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014).

❖ *Simulium (Wilhelmia) sergenti* collectée en juin, sur un fond constitué essentiellement de pierres et de cailloux, là où le lit acquiert une largeur de 2,2 m à 27 cm de profondeur. L'eau coulait à une vitesse lente et enregistrait une température de 31,6°C, une minéralisation élevée (3480 µS/cm), un pH alcalin (8,09) et des teneurs en nitrites, nitrates et phosphore peu élevées. Ces résultats s'accordent avec ceux de (CHERAIRIA *et al.*, 2014).

La famille la plus abondante dans notre région d'étude est celle des Chironomidae qui est représentée par trois taxons : la sous-famille Orthoclaadiinae, la tribu Tanytarsini et le genre *Chironomus*. LOUNACI (2000a) révèle une richesse spécifique importante à oued Sébaou avec 130 espèces. DEBICHE-ZERGUINE (2010) a réalisé une étude plus récente et approfondie sur cette famille dans 26 mares temporaires de la région de la Numidie orientale dans l'Est algérien, et a recensé 64 espèces de Chironomidae réparties sur trois sous familles : celles des Chironominae, Orthoclaadiinae et Tanypodinae. L'étude de CHAIB *et al.* (2013) sur oued El Kébir Est et oued Seybousse, révèle l'existence de 65 espèces de chironomes répartis en ces mêmes trois sous – familles avec la dominance des Orthoclaadiinae. CHAIB *et al.* (2011) ont prouvé que la saisonnalité joue un rôle fondamental dans la composition des communautés de Chironomidae dans la région sud de la Méditerranée. En comparaison avec les pays du Maghreb, 388 espèces sont recensées au Maroc (KETTANI et LANGTON., 2012) alors qu'en Tunisie, 127 taxons ont été identifiés (BOULAABA *et al.*, 2014).

Les Chironomidae envahissent la mer, nichant aux bords de la mer et vivant à 30 m au fond des océans (CRANSTON, 1983). De plus, les larves des Chironomidae se retrouvent dans tous les milieux dulçaquicoles et même terrestres (DELETTRE, 2000). Sous certaines conditions, comme une teneur extrêmement basse en oxygène dissous, les larves de Chironomidae sont les seules à être présentes dans les sédiments benthiques. Les variations extrêmes de températures (MCMULLIN *et al.*, 2000), de pH, de salinité, de profondeur, de

courant et de productivité sont exploitées par les larves et les imagos de quelques espèces de Chironomidae. Les Chironomidae peuvent tolérer des concentrations importantes de salinité arrivant à 10 g/l (WALKER *et al.*, 1995). Des études écologiques ont montré que la distribution des larves de Chironomidae est conditionnée par certains facteurs du milieu tels que : la profondeur, le type du substrat, le niveau trophique du milieu et les facteurs chimiques comme, la concentration en oxygène (LOBINSKE *et al.*, 1996). Un grand nombre d'espèces de Chironomidae se classent comme étant euryhalines (DEJOUX, 1981).

BORKENT (2012) a cité 75 espèces de Ceratopogonidae réparties en 12 genres. En Algérie, 8 appartiennent au genre *Leptoconops* et 34 au genre *Dasyhelea*. Les larves de certaines espèces de *Dasyhelea* sont bien adaptées pour survivre à de longues périodes de dessiccation, de fluctuations de température et de faibles niveaux d'oxygène (DISNEY, 1975 ; LEE et CHAN, 1985). Certaines larves de *Dasyhelea* vivent dans des sols salins ou dans des eaux salées des zones intertidales des mers (WIRTH, 1978). Plusieurs études indiquent que les Ceratopogonidae sont abondants dans de nombreux habitats. Les larves et les pupes ne peuvent pas être identifiées avec certitude, pas même au niveau générique ; ils restent largement non étudiés (WAGNER *et al.*, 2008).

Le peuplement tabanidien recensé dans ce travail se compose de 6 genres dont 3 sont médicalement importants : *Chrysops* Meigen, *Tabanus* Linnaeus et *Haematopota* Meigen. La faune nord-africaine compte 133 espèces où 65 espèces sont recensées au Maroc (EL HAOUARI et KETTANI, 2014a et b). Les Tabanidae vivent dans les eaux à température moyennement élevées (MATILE, 1993). Les larves sont carnivores et se développent dans différents types d'habitats : débris végétaux, humus, sols détrempés, boue en bordure d'étang, marais, sous les rochers d'un cours d'eau. Il existe 3 types morpho-écologiques de larves caractérisées par les milieux de vie différents et des adaptations morphologiques à ces milieux : (sub-) rhéophile, (semi-) hydrobionte et édaphobionte (ANDREYEVA, 1982 ; BALDACCHINO, 2014).

Les tipules récoltées durant la période d'étude appartiennent à un seul genre : *Tipula* avec une forte abondance en haute altitude (1360 m) en été. OOSTERBROEK (2011) a signalé la présence de 16 espèces de *Tipula* en Algérie, LOUNACI (2000a) a mentionné la présence de 8 taxons de tipules à oued Sébaou. Dans les pays voisins, OOSTERBROEK (2011) révèle la présence de 6 espèces en Tunisie et 7 au Maroc. KIMURA *et al.* (2011) indique que les espèces de Tipulidae peuvent servir d'indicatrices de la qualité de l'eau.

Deux genres de Limoniidae sont récoltés dans ce travail : *Rhabdomastix* et *Dicranomyia* avec de très faibles abondances dans des habitats à différentes altitudes de 50m

à 1360m durant les périodes hivernale et estivale. OOSTERBROEK (2011) mentionne la présence de 2 espèces du genre *Rhabdomastix* et 8 du genre *Dicranomyia* en Algérie. Les stades immatures sont habituellement trouvés dans différents habitats aquatiques et semi-aquatiques (REUSCH et OOSTERBROEK, 1997). En Algérie, 32 espèces sont identifiées (OOSTERBROEK, 2015 ; DRIAUAACH et BELQAT, 2016), LOUNACI *et al.* (2000a) a signalé l'existence de 6 taxons à oued Sébaou. Cependant, au Maroc 49 espèces ont été identifiées, en Tunisie (9), en Libye (1) et en Egypte (11) (OOSTERBROEK, 2015 ; DRIAUAACH et BELQAT, 2016).

La présence de deux espèces du genre *Tonnoiriella* en Algérie a été signalée par (VAILLANT, 1955b ; SATCHELL, 1955) dont une est observée dans la région des Aurès. Nous avons récolté 4 individus, une fois en hiver à une altitude de 990m. En ce qui concerne le genre *Psychoda*, SATCHELL (1955) révèle la présence de 9 espèces de ce genre en Algérie. Dans ce présent travail les *Psychoda* ont été récoltés à différents altitudes de 50 m à 1434 m avec une abondance maximale au printemps. Le dernier genre des Psychodinae récolté est *Ulomyia* qui a été observé une fois au printemps à haute altitude (1043 m) ; il est cité pour la première fois en Algérie. Selon AFZAN et BELQAT (2016), le peuplement psychodidien du Nord de l'Afrique contient 49 espèces : Maroc (27 espèces), Algérie (33 espèces), Tunisie (18 espèces) et Egypte (5 espèces). La plupart des larves des Psychodinae se trouvent partout, mais en plus grand nombre dans les eaux polluées, riches en matières organiques (VAILLANT, 1967).

Les Empididae rencontrés durant notre période d'étude appartiennent à 3 genres : *Clinocera*, *Chelifera* et *Wiedemannia*. Selon VAILLANT et VINÇON (1986), cette famille fréquente différentes altitudes et aime la fraîcheur et l'humidité. Leurs larves font partie des biocénoses hygropétriques et ripicoles. Elles vivent sur et sous les pierres immergées dans un sédiment grossier du fond ou des rives, ou bien se tiennent dans les endroits humides près de l'eau sous le sable, sur un substrat riche en matière organique en voie de décomposition et en bois mort (OOSTERBROEK, 2007). Le genre *Clinocera* est le plus abondant dans notre étude ; il fréquente 10 stations mais il est plus abondant en haute altitude et rarement en basse altitude. *Clinocera* occupe normalement les zones près des ruisseaux (PUSCH, 1996). Sa répartition altitudinale est très large, où il préfère des altitudes près de 2300 m (VAILLANT, 1964, WAGNER 1995). *Chelifera* n'est rencontré que dans deux stations entre 1080m et 990m dans des eaux relativement fraîches (11-20,1°C). *Wiedemannia* lui, n'est observé qu'une fois dans une station permanente à haute altitude (1360m) dans des eaux fraîches (14,4°C) à courant rapide.

Les *Wiedemannia* vivent presque partout dans les eaux à cours rapide. Leur absence est toujours significative, soit de pollution, soit d'une très grande pauvreté de la faune dans son ensemble (VAILLANT, 1967). Ils se répartissent dans des eaux lotiques à eau turbulente et à granulométrie grossière des cours amont. Ce genre présente une grande valence écologique et un large rang altitudinal. Ce genre présente une grande valence écologique et un large rang altitudinal (BAHID et KETTANI, 2013).

Parmi les Ephyridae recensés, *Setacera* est le plus abondant ; il se limite entre les altitudes 712m et 1080m en période printanière et rarement en période estivale ; il fréquente les cours d'eau à courant rapide, à températures variant entre 15,1-25,9°C et à salinité oscillant entre 0,2 et 2. En ce qui concerne le genre *Ochtera*, il est recensé à des altitudes qui varient de 250m à 1043m, dans des eaux relativement rapides à des températures qui varient de 14-26°C et supporte une salinité élevée (0,2-3,1). De nombreux Ephyrides affectionnent les lieux humides : rivages d'eau douce, saumâtre ou salée (PANIS, 2010). *Ephydra* se limite à deux stations du cours moyen (530 m et 600 m), à courant modéré, à eaux fraîches (8,8-17,4°C) et à faible salinité (0,9-1,1). Des habitats larvaires extrêmes sont mentionnés dans la littérature pour des espèces du genre *Ephydra* presque exclusivement : eaux fortement alcalines, eaux chlorées, eaux riches en gaz carbonique, mares et lacs très fortement salés, sources sulfureuses (WIRTH, 1954) sources d'eau chaude (30-45°C) (BROCK *et al.*, 1969).

Les Rhagionidae se manifestent à faible abondance avec un seul représentant *Chrysopilus* ; il est observé à différentes altitudes (250 m-1360 m), dans des eaux à courant rapide, à températures variant entre 12,2 et 20,9°C, à salinité variable (0,1- 3,1) et à minéralisation allant de 636 à 5810µS/cm.

La faune Culicidienne d'Algérie a fait l'objet d'un grand nombre de travaux dans différentes régions. Les espèces du genre *Culex* sont très répandues dans toute l'Algérie, dont *Culex pipiens* est l'espèce la plus abondante tant en Algérie qu'en Afrique du Nord (SENEVET et ANDARELLI, 1960). Parmi les études les plus récentes dans la région de Biskra, celle de BENHISSEN *et al.* (2104) où les auteurs indiquent la présence de 7 espèces de ce genre et une espèce du genre *Anopheles*. De même, dans la région de Mila, MESSAI *et al.* (2011) révèlent la présence de 8 espèces de *Culex* et 2 d'*Anopheles*.

Dans nos récoltes, ces deux genres sont présents à faible abondance durant les périodes de faible débit dans des flaques d'eau stagnante, à température (8,8-20,1°C) et d'une salinité (1,6-3,1). Les Culicidae peuvent également supporter un taux important de salinité (GAUD, 1953; TRARI, 1991; HIMMI, 2007). HIMMI (2007) signale que les basses

températures retardent la croissance et les périodes inter-mues et rallongent ainsi le cycle de développement de ces espèces.

Les Stratiomyiidae sont parmi les familles rares ; ils sont observés une fois à une altitude de 1360 m dans une station permanente à courant rapide et à une température de 11,8°C. Les larves sont des indicateurs extrêmement sensibles à la présence de surfactants ou de polluants pétroliers des cours d'eau (THOMAS, 1979b). En raison de leur biologie et de leur écologie, ces Diptères peuvent être considérés comme de bons indicateurs biologiques (MARTINEZ, 1986). Ils peuvent peupler les milieux salés (MATILE, 1993).

Les larves de Dixidae sont des filtreurs qui se trouvent à la surface de l'eau ; elles ont été attribuées à la «Faune Hygropetrica», c'est-à-dire au microhabitat où un mince film d'eau s'écoule de façon permanente (ou par intermittence) sur des structures émergentes (WAGNER *et al.*, 2008). Dans cette étude les Dixidae apparaissent une fois dans une station permanente (600 m) dans des eaux à courant faible et à une température de 18°C.

Les larves d'Athericidae préfèrent les eaux à courant rapide et fréquentent rarement les eaux à faible vitesse (NAGATOMI et STUCKENBERG, 2004). Dans nos échantillons, elles sont récoltées une fois dans une station permanente du cours inférieur (250 m), dans des eaux à faible écoulement, d'une température 20,1°C et salinité 3,1.

Toutes les espèces connues des Chaoboridae ont des larves aquatiques qui vivent dans les eaux stagnantes (ANDERSEN et KVIFTE, 2012). Dans nos prélèvements les Chaoboridae ont une distribution limitée dans 3 stations (250, 600 et 1043m), dans des eaux à faible vitesse et des températures variant entre 7,7- 20,1°C et d'une salinité de 0,2- 3,1.

Quelques espèces des Dolichopodidae sont inféodées dans les lieux humides plus ou moins proches de l'eau, au bord des lacs et des ruisseaux. Les Dolichopodidae récoltés apparaissent dans trois stations (250, 761 et 1043 m) à faible abondance pendant le printemps et l'hiver dans des eaux relativement fraîches (13,8-15,4°C) à courant modéré et à salinité variant de 0 à 3,1.

Les Anthomyiidae se répartissent entre 250 et 990 m préférant les eaux tempérées (14-31,6°C).

En termes d'abondance familiale, la famille de Chironomidae prédomine le peuplement recensé avec environ la moitié, suivie par les Simuliidae. Les Chironomidae sont des habitants communs de la plupart des habitats aquatiques ; souvent ils sont les communautés d'insectes les plus dominantes par leur abondance et leur richesse spécifique (DEBBICHE-ZERGUINE, 2010). Beaucoup de travaux sur la faune benthique rapportent que les Chironomidae sont toujours dominants. Nos résultats restent en adéquation avec

ceux de LOUNACI *et al.* (2000a), ARAB *et al.* (2004), ZOUGGACHE *et al.* (2014) ; (2015), OULDJAOUÏ *et al.* (2017). Les Chironomidae appartiennent au groupe des polluo-résistants, ubiquistes, et supportent bien l'élévation de températures. Les larves de Chironomidae peuvent survivre pendant les périodes de sécheresse par la migration dans les couches profondes qui sont plus froides et plus humides surtout si le substrat est constitué de tourbe (JACKSON et MC LACHLAN, 1991). Le reste des familles ont des abondances variables, de moyennes à rares, suivant les préférences écologiques et les conditions du milieu.

La distribution du peuplement de macro-invertébrés benthiques dépend étroitement des facteurs du milieu, leur composition et leur abondance étant conditionnées par les caractéristiques physico-chimiques et écologiques du milieu physique (ZOUGGACHE *et al.*, 2014). La distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés benthiques dans une portion de cours d'eau peut être considérée comme le résultat d'un ensemble d'interactions, entre variables biotiques ou abiotiques du type vitesse du courant, substrat, profondeur, ressources trophiques et/ou compétition (USSEGLIO-POLATERA *et al.*, 1999). La température joue un rôle capital dans la zonation longitudinale des communautés biologiques des eaux courantes (EL ALAMI et DAKKI, 1998).

D'après TAZI *et al.*, (2004), le stress hydrique, engendré par l'assèchement estival sévère et prolongé, alternant avec une phase de mise en eau souvent brutale, provoque la désorganisation totale de la biocénose du milieu aquatique. Les perturbations abiotiques sont considérées comme l'un des facteurs dominants qui contribuent fortement à la modification du modèle spatial et temporel de la structure des communautés benthiques dans les écosystèmes lotiques (SCRIMGEOUR *et al.*, 1994).

D'après l'analyse de la richesse taxonomique, les stations présentant une richesse élevée (Mn, Fed2, Hai2 et Dj) sont des stations permanentes qui se caractérisent par une végétation riveraine abondante, un substrat hétérogène, une régulation du régime thermique et une vitesse du courant rapide à moyenne. En effet, la pérennité des eaux des stations favorise l'installation d'une importante biodiversité et permet aux espèces de développer plus d'une génération par an, fait, prouvé par El JOUBARI *et al.* (2015). En outre, la taille du substrat a un rôle important dans la distribution spatiale des macroinvertébrés (SANSEVERINO et NESSIMIAN, 2001; BROOKS *et al.*, 2005).

En revanche, les stations qui présentent une richesse faible telles que : Br, Fed1 et Th, elles ont subi un assèchement durant de longues périodes. Les stations M'ch et Gh sont des stations permanentes dont la faible richesse pourrait être expliquée par la présence de

groupes qui se nourrissent des larves des Diptères. La destruction des habitats sous l'effet des crues et le régime hydrique temporaire -qui ne permet la survie que des espèces capables de tolérer le déficit hydrique et de résister à la sécheresse estivale- pourraient expliquer cette faible richesse. Ces perturbations peuvent aussi changer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau qui influencent et déterminent étroitement la composition faunistique.

Une nette dominance des Orthocladiinae est observée dans la quasi-totalité des stations à l'exception de trois stations (Mn, Dj et Fd1), bien évidemment en dehors des périodes des crues ou d'assèchement de certaines stations. La dominance des Orthocladiinae a été démontrée par MOUBAYED *et al.*(2007) ; CHAIB *et al.*(2011 et 2013).

# *CHAPITRE V*

## CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSION- QUALITE DE L'EAU

### 1. Résultats

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure des paramètres physico-chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau. Ces paramètres permettent d'évaluer l'état des cours d'eaux et la qualité de leurs eaux. C'est dans ce but nous avons réalisé des analyses physico-chimiques des eaux des trois oueds durant 2 années consécutives (2008 et 2009).

#### 1.1. Nature des eaux des oueds étudiés

##### 1.1.1. Oued El Haï

###### 1.1.1.1. Température de l'eau

La température joue un rôle capital dans la zonation longitudinale des communautés biologiques des eaux courantes, la viscosité des eaux et la solubilité des sels et des gaz. Dans ce cours d'eau, les valeurs de la température ont oscillé entre 6,3°C (Fed1) et 34,5°C (Haï1) pendant l'année 2008. L'eau se réchauffait de l'amont (Til) vers l'aval (Haï2) (Annexe 1a). L'année 2009 a été plus froide que la précédente, dont la température variait entre 5,5°C (Til) et 31,5 (Haï2). Nous remarquons qu'il y a un gradient décroissant aval-amont. Il est remarquable qu'il existe des variations thermiques saisonnières entre les cinq stations pendant les deux années d'étude. Les stations de l'aval (Haï1 et Haï2) sont les seules à présenter les températures les plus élevées ; ces valeurs sont acceptables et peuvent être expliquées par le climat aride et semi-aride de la région et par le manque de la ripisylve et l'exposition des surfaces à de longues périodes d'insolation.

###### 1.1.1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Le pH des eaux de l'oued El Haï est nettement alcalin. Il fluctue entre 7,14 (Haï2) et 9,28 (Haï1) en 2008 et entre 7,76 (Haï2) et 8,84 (Fd2) en 2009. Les valeurs moyennes des deux années sont presque identiques avec 8,2 en 2008 et 8,3 en 2009 (Annexe 1a).

Pendant l'année 2008, le pH ne présente pas de grandes fluctuations, les valeurs sont plus ou moins homogènes dans l'ensemble des cinq stations. Les valeurs extrêmes sont enregistrées en aval, la valeur maximale (9,28) au mois d'avril dans la station Haï1 et la plus faible (7,14) en juin dans la station Haï2. Durant l'année 2009, les valeurs sont plus homogènes que l'année précédente. La valeur maximale est enregistrée au mois de juin dans la station Fed2 (8,84) en amont et la plus faible est notée en octobre dans la station

Haï2 (7,76) en aval. Selon la classification de NISBET et VERNEAUX (1970), les eaux de l'oued El Haï sont d'une alcalinité faible à forte durant la période d'étude.

### 1.1.1.3. Oxygène dissous

Selon KLEIN (1959), les conditions biologiques normales s'accompagnent d'un minimum de saturation de 75% et dans les eaux courantes, on peut relever des pourcentages de 110 et même davantage. La saturation en oxygène de l'eau à la température considérée est assurée par les échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère à travers l'interface air-eau (LEYNAUD et VERREL, 1980). L'oxygène est un facteur primordial dans l'autoépuration du milieu aquatique. L'oxygène dissous dépend essentiellement de la température de l'eau qui conditionne sa solubilité et, il dépend également de nombreux autres facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments.

Selon les valeurs relevées de l'oxygène dissous, oued El Haï est divisé en deux secteurs. Un premier secteur représenté par la station Til en amont où les teneurs en oxygène dissous sont les plus faibles durant toute la période d'étude. Les teneurs enregistrées oscillent entre 0,3mg/l (4,8%) en septembre et 5,82mg/l (84,9%) en juillet ; de 0,03mg/l (2,1%) en juin et 6,46mg/l (55,6%) en novembre pendant les années 2008 et 2009 respectivement (Annexe 1a). En effet, les eaux de cette station sont totalement des eaux usées riches en matière organique dont elle reçoit d'une façon permanente les rejets de la ville d'Ain Touta, ce qui fait d'elle une station fortement polluée. Les rejets domestiques diminuent la teneur en oxygène, ce dernier étant consommé par les micro-organismes pour dégrader la matière organique. Sachant que la décomposition de la matière organique par les bactéries peut engendrer des conditions potentiellement dommageables pour la faune aquatique (HEBERT et LEGARE, 2000). Le taux moyen d'oxygène dissous dans cette station est de 2mg/l (21%) ; ce taux la met dans une situation dangereuse.

Le deuxième secteur regroupe le reste des stations où les teneurs sont variables d'une station à l'autre et d'un mois à l'autre. Les valeurs relevées en 2008 varient entre 3mg/l (33,6%) dans Haï2 en juin et de 16,25mg/l (217%) dans Fed2 en avril ; ce taux dépasse la normale faisant preuve d'un phénomène d'eutrophisation.

Au cours de l'année 2009, les teneurs en oxygène dissous varient entre 3,75 mg/l (45,6%) à Haï1 au mois d'août et de 12,98 mg/l (118,6%) à Fed1 au mois de novembre. Les moyennes les plus élevées sont observées en octobre et novembre, coïncidant avec la

période pluviale. Ceci est essentiellement dû à la diminution de la température de l'eau puisqu'une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissous qu'une eau chaude (HEBERT et LEGARE, 2000).

#### **1.1.1.4. Conductivité électrique (CE)**

Les eaux de l'oued El Haï sont considérées comme fortement minéralisées, lorsqu'on observe les valeurs de la conductivité où elles dépassent 5000 et 6000 $\mu$ s/cm en particulier dans la station Haï2 en aval. Ces valeurs élevées peuvent être expliquées par le lessivage du sol et l'augmentation d'évaporation pendant la période estivale (période d'étiage) et les activités anthropiques dans la région qui se manifestent dans la construction de deux ponts, dans le pompage et le rejet des eaux usées au niveau de la station de Tilatou en amont. La conductivité varie entre 973 $\mu$ s/cm (Fed1) en décembre et 6160 $\mu$ s/cm (Haï2) en juin durant l'année 2008. Pendant l'année 2009, nous notons une diminution considérable de la conductivité dans toutes les stations de l'oued El Haï avec une moyenne de 2414 $\mu$ s/cm, pouvant être expliquée par la forte crue du mois de février (Annexe 1a). Selon la classification de RODIER *et al.* (2005) et de NISBET et VERNEAUX (1970) ces eaux sont fortement minéralisées.

#### **1.1.1.5. Salinité**

La salinité est la quantité de sels secs dissous dans l'eau. L'augmentation de la salinité en saison sèche résulterait d'une importante évaporation (KAMBIRE *et al.*, 2014). Les teneurs les plus élevées de la salinité s'observent principalement au niveau de la station situées en aval (Haï2). L'évolution spatiale de la salinité est similaire à celle de la conductivité. La salinité en 2008 oscille entre 0,2 dans Fd1 au mois de décembre et 3,3 dans Haï2 au mois de juin (Annexe 1a). Nous avons remarqué une diminution considérable de la salinité durant 2009, étant due à l'effet des crues enregistrées cette année, résultant des fortes précipitations en janvier, février, mars et mai. La salinité fluctue entre 0,3 à Til au mois de novembre et 2,6 à Haï2 au mois d'octobre.

#### **1.1.1.6. Potentiel redox (Eh)**

Dans les systèmes aqueux, le potentiel redox (ou disponibilité en électrons) affecte les états d'oxydation des éléments (H, C, N, O, S, Fe...). Dans une eau bien oxygénée, les conditions d'oxydation dominent. Quand les concentrations d'oxygène diminuent, le milieu devient plus réducteur se traduisant par une réduction du potentiel redox. Les eaux de l'oued El Haï sont caractérisées par des valeurs négatives du potentiel redox et un caractère basique réducteur. Ces valeurs oscillent entre un maximum de -35 mV dans la

station d'aval Haï2 en juin 2008 et un minimum de -166 mV dans Haï1 en avril 2008 durant la période d'étude (Annexe 1a).

#### **1.1.1.7. Matière en suspension (MES)**

Les MES interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les microorganismes (RODIER *et al.*, 2005). L'évolution spatio-temporelle montre une faible variabilité entre les cinq stations. Il est à noter que les teneurs en MES sont presque nulles dans toutes les stations. Les concentrations en MES fluctuent entre 0,001mg/l au mois de mai 2008 et 0,24mg/l au mois de décembre 2009 dans la station Haï1 (Annexe 1a).

#### **1.1.1.8. Vitesse du courant**

La vitesse d'écoulement est un facteur prépondérant dans la dynamique d'un cours d'eau et elle influe sur le transport des matériaux et participe à l'érosion des substrats. Elle contribue également à la répartition de la faune benthique, où nous trouvons des espèces rhéophiles qui vivent dans le courant fort ou au contraire des espèces limnophiles qui préfèrent vivre dans le courant faible ou nul. Nous constatons que la vitesse du courant durant les 9 premiers mois de l'année 2008 est lente et commence à croître relativement après la crue d'octobre. En 2009, les moyennes mensuelles classent les vitesses en trois catégories : très rapide (avril et mai), rapide (mars, juin-décembre) et moyenne (janvier) (Annexe 1a). En effet, la vitesse du courant de l'oued El Haï durant la période d'étude se classe dans la catégorie moyenne ( $M = 0,47$  m/s) selon l'échelle de Berg (DECAMPS, 1971).

#### **1.1.1.9. Calcium ( $Ca^{2+}$ )**

Le calcium est un élément de la dureté. Il existe surtout à l'état de bicarbonates et en quantités moindres sous forme de sulfates, chlorures, etc. (RODIER *et al.*, 2005). Les teneurs en calcium sont variables d'une station à une autre et d'un mois à un autre. En 2008, les teneurs oscillent entre 27,25 mg/l à Til au mois d'août et 440,88 mg/l à Haï2 au mois de septembre. En 2009, les teneurs en calcium ont connu une certaine baisse par rapport à l'année précédente ; ceci s'explique par le phénomène de dilution qui est dû à la quantité considérable des précipitations en cette année. Les eaux de l'oued El Haï présentent des teneurs assez élevées en calcium, la moyenne enregistrée durant les deux années étant de 170,64 mg/l (Annexe 1a).

#### **1.1.1.10. Magnésium ( $Mg^{+2}$ )**

Selon BREMOND et VUICHARD (1973), le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans en être l'élément essentiel. Les teneurs en magnésium sont variables d'une station à une autre et d'un prélèvement à un autre ; elles semblent être proportionnelles aux teneurs en

calcium. Les valeurs extrêmes 60,75 mg/l et 445,18 mg/l ont été relevées aux mois de décembre et de mai de l'année 2008 aux stations Fd1 et Hai2 respectivement. En effet, au niveau de l'oued El Hai les teneurs en  $Mg^{+2}$  sont très élevées, avec une moyenne enregistrée de 198,70 mg/l et un rapport de  $Mg^{+2}/Ca^{2+}$  supérieur à un. Ceci nous permet de conclure que le magnésium l'emporte sur le calcium (Annexe 1a).

#### **1.1.1.11. Nitrites (Azote nitreux $NO_2$ )**

Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique (RODIER *et al.*, 2005). L'évolution des nitrites au niveau de ce cours d'eau montre des teneurs très élevées en particulier dans la station d'amont Til où les teneurs dépassent les normes fluctuant entre 0,684 mg/l en janvier et 7,168 mg/l en juillet et avec une moyenne de 2,229 mg/l. Selon le classement de NISBET et VERNEAUX (1970), cette station est dans un état de pollution critique. En effet, les eaux de l'oued El Hai possèdent des quantités remarquablement élevées de nitrites avec une moyenne pour toute la période d'étude de 0,788 mg/l. Ces eaux sont sensiblement polluées selon la classification de NISBET et VERNEAUX (1970) (Annexe 1a).

#### **1.1.1.12. Nitrates ( $NO_3$ )**

Les eaux de surface ne sont pas chargées en nitrates à plus de 10 mg/l  $NO_3^-$  (O.M.S, 1989). BONTOUX *et al.* (1979) admettent des teneurs naturelles en nitrates dans les rivières de l'ordre de 3 mg/l  $NO_3^-$ . L'analyse des teneurs des nitrates dans les eaux de cet oued montre que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées dans la station Til en amont. Elle est la plus polluée puisqu'elle atteint la valeur maximale de 18,031 mg/l en août 2008 à cause, du rejet des eaux usées domestiques dans cette station. Par contre, la valeur minimale a été signalée dans la station Hai2 en mars 2008 avec 0,206 mg/l. En ce qui concerne la teneur moyenne de toute la période d'étude, elle est de 2,534 mg/l selon la classification de NISBET et VERNEAUX (1970), cette concentration est tout à fait normale (Annexe 1a).

#### **1.1.1.13. Chlorure (Cl)**

Les concentrations en chlorures au niveau de l'oued El Hai sont très élevées et varient entre 21,3 mg/l à Hai1 au mois de janvier 2008 et 1341,9 mg/l à Hai2 au mois de février 2008. Nous constatons que les fortes teneurs dépassant 1000 mg/l ont été toutes enregistrées dans la station Hai2, phénomène probablement expliqué par la nature géologique du terrain traversé par le cours d'eau (Annexe 1b).

#### **1.1.1.14. Sulfates ( $SO_4^{2-}$ )**

Les concentrations observées au niveau de ce cours d'eau indiquent que les teneurs en sulfates sont très faibles et ne dépassent pas les normes. Les concentrations oscillent entre

0,198mg/l à Hai1 et Til en janvier et février respectivement et 2,330mg/l à Hai2 en juin de l'année 2008. D'une manière générale, les eaux de l'oued El Hai ne contiennent pas de fortes teneurs en sulfates, la teneur moyenne de toute la période d'étude étant de 1,094mg/l (Annexe 1b). Ceci place les eaux en classe des eaux normales selon NISBET et VERNEAUX (1970).

#### **1.1.1.15. Phosphore ( $PO_4^{2-}$ )**

Le phosphore est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible concentration. Selon RODIER *et al.* (2005), le phosphore joue un rôle très important dans le développement des algues. Les teneurs en phosphore au niveau de l'oued El Hai s'échelonnent entre 0,007mg/l à Hai1 en mai 2008 et 5,790 mg/l à Til au mois de décembre 2009. Nous remarquons une augmentation des teneurs en 2009, probablement dues au lessivage intense des terrains suite aux crues de cette année (Annexe 1b). Selon NISBET et VERNEAUX (1970), les eaux de cet oued sont nettement polluées ou très eutrophes.

#### **1.1.1.16. Bicarbonates ( $HCO_3^-$ )**

Les bicarbonates sont la forme dominante entrant dans la mesure de l'alcalinité totale avec les carbonates ( $CO_3^{2-}$ ), les hydroxydes ( $OH^-$ ), les phosphates ( $PO_4^{3-}$ ) et l'ammoniac libre ( $NH_4OH$ ). Les valeurs des concentrations en bicarbonates de l'oued El Hai varient entre 67,1 mg/l à Hai2 au mois de mars et 902,8 mg/l à Til au mois de février 2008. Les teneurs en 2009 ont diminué en raison de l'effet diluant des pluies de cette année. En effet, les eaux de l'oued El Hai contiennent des concentrations relativement élevées en bicarbonates enregistrant une moyenne de 258,3 mg/l durant toute la période d'étude (Annexe 1b).

### **1.1.2. Oued Abdi**

#### **1.1.2.1. Température de l'eau**

Les températures dans cet oued en 2008 fluctuent entre 3,9°C à Djamourah (Dj) au mois de janvier et 33,1°C au mois de juillet dans la même station. En 2009, la valeur minimale est enregistrée en amont dans la station de Theniet el Abed (Th) au mois de janvier (5,9°C) tandis que la valeur maximale est signalée en aval à Djamourah (Dj) au mois de juillet (29,4°C). Les eaux de l'oued se réchauffent progressivement de l'amont vers l'aval (Annexe 2a).

#### **1.1.2.2. Potentiel hydrogène (pH)**

Le pH des eaux de l'oued Abdi se situe entre 7,33 à Menàa (Mn) et 8,75 à Branis (Br). Les eaux sont légèrement alcalines, pendant 2008. L'évolution spatiale montre que la station du cours moyen Menàa représente la moyenne la plus faible (7,8) et celle du cours inférieur Branis représente la moyenne la plus élevée (8,6). Les eaux de l'oued Abdi sont nettement alcalines en 2009 dont le pH varie entre 7,68 (Mn) et 9,39 (Nd) (Annexe 2a). Selon la

classification de NISBET et VERNEAUX (1970), les eaux de l'oued Abdi sont d'une alcalinité faible à forte le long des deux années d'étude.

#### **1.1.2.3. Oxygène dissous**

Les eaux de l'oued Abdi sont généralement bien oxygénées en 2008 ; les teneurs d'oxygène dissous varient entre 0,96mg/l (11,6%) en août et 18,87mg/l (233%) en juin dans la même station Mn. Dans cette station, le faible débit, le manque de précipitations et la température élevée en août provoquent la diminution de la dissolution de l'oxygène dissous malgré la présence des algues vertes qui doivent enrichir le milieu en oxygène. Au cours de l'année suivante, les teneurs oscillent entre 5,19mg/l (66,7%) à Mn en août et 15,49mg/l (173,5%) à Br en octobre (Annexe 2a). D'une manière générale, la teneur moyenne en oxygène dissous à oued Abdi pendant toute la période d'étude est de 8,14 mg/l et d'un pourcentage de saturation de 92,8% ; nous pouvons dire que ces eaux sont bien oxygénées et d'une qualité normale.

#### **1.1.2.4. Conductivité électrique (CE)**

Les eaux de l'oued Abdi ont une conductivité moyenne égale à 1562  $\mu\text{s/cm}$  ; elles sont caractérisées par une minéralisation très forte selon la classification de NISBET et VERNEAUX (1970). Pendant l'année 2008, la conductivité au niveau des stations varie entre 770  $\mu\text{s/cm}$  enregistrée à Th et 2897  $\mu\text{s/cm}$  à Dj. Pendant 2009, les eaux de l'oued Abdi présentent une conductivité maximale de 3140  $\mu\text{s/cm}$  à Dj au mois de juillet et minimale de 475  $\mu\text{s/cm}$  à Th au mois de mars (Annexe 2a).

#### **1.1.2.5. Salinité**

La salinité des eaux de l'oued Abdi en 2008 oscille entre 0,1 et 2,5 comme valeurs extrêmes, minimale et maximale, enregistrées respectivement dans Th en janvier et Dj en juin. La salinité en 2009, a diminué considérablement ; la valeur minimale enregistrée est 0 ; elle a été enregistrée dans 3 stations Th, Nd et Mn durant plusieurs mois de l'année (Annexe 2a).

#### **1.1.2.6. Potentiel redox (Eh)**

Les eaux de l'oued Abdi sont aussi caractérisées par des valeurs négatives du potentiel redox ; elles varient entre -35mV à Mn et Nd et -127mV dans la station Nouader (Nd.) durant toute la période d'étude (Annexe 2a).

#### **1.1.2.7. Matière en suspension (MES)**

Les teneurs en MES au niveau de l'oued Abdi sont comprises entre 0mg/l à Br au mois de décembre 2008 et 0,13 mg/l à Dj en juin 2009. Il est à noter que l'année 2009 présente une légère augmentation de la concentration en MES par rapport à l'année précédente, la moyenne enregistrée étant de 0,042 mg/l (Annexe 2a).

#### **1.1.2.8. Vitesse de courant**

En fonction des stations, nous avons distingué un gradient croissant amont-aval des moyennes de la vitesse ; elle est lente à Th et Nd et rapide à Mn, Dj et Br durant l'année 2008. La situation a changé dans toutes les stations en 2009 puisque la vitesse varie entre rapide à très rapide. D'une manière générale, la vitesse du courant des eaux de l'oued Abdi est rapide (0,63 m/s) durant toute la période d'étude (Annexe 2a).

#### **1.1.2.9. Calcium ( $Ca^{2+}$ )**

Les concentrations en calcium varient entre 13,63mg/l à Mn au mois d'août et 270,14mg/l à Dj au mois d'avril en 2008. En 2009, les concentrations en calcium ont diminué, enregistrant des valeurs entre 19,24 mg/l à Nd en juin et 222,84 mg/l à Br en octobre. En effet, les eaux de l'oued Abdi ne présentent pas des teneurs élevées en calcium où la moyenne de toute la période d'étude ne dépasse pas 100 mg/l ; elle est de 95,10 mg/l (Annexe 2a).

#### **1.1.2.10. Magnésium ( $Mg^{+2}$ )**

Les teneurs les plus élevées en  $Mg^{+2}$  sont observées durant l'année 2008 avec des teneurs qui oscillent entre 39,85mg/l à Th au mois de mars et 370,80mg/l à Dj au mois de juillet. Les crues de 2009 ont contribué à la diminution des concentrations de  $Mg^{+2}$  ; les valeurs extrêmes 42,77 mg/l et 243 mg/l ont été relevées aux mois d'avril et d'octobre aux stations Th et Br respectivement. Généralement, les eaux de l'oued Abdi contiennent des concentrations élevées en  $Mg^{+2}$  mais restent inférieures à celles de l'oued El Haï avec la moyenne enregistrée de 119,7 mg/l (Annexe 2a).

#### **1.1.2.11. Nitrites (Azote nitreux $NO_2$ )**

Les teneurs en nitrites à oued Abdi varient entre 0,007 mg/l à Mn et Dj aux mois de juin et juillet respectivement et 0,688 mg/l à Nd au mois de décembre en 2008. Contrairement aux résultats de l'oued El Haï en 2009, nous observons que les teneurs en nitrites à oued Abdi durant cette année ont connu une augmentation considérable. Les valeurs extrêmes 0,063 mg/l et 3,343 mg/l ont été relevées aux mois de juillet et octobre au niveau de la même station Nd (Annexe 2a). La moyenne des deux années (0,346 mg/l) est qualifiée selon NISBET et VERNEAUX (1970) comme des eaux en état de pollution sensible.

#### **1.1.2.12. Nitrates ( $NO_3$ )**

Les concentrations des eaux de l'Abdi en 2008 fluctuent entre 0,751 mg/l à Dj au mois d'avril et 17,160 mg/l à Nd au mois de décembre. Par ailleurs en 2009, nous avons observé une légère augmentation. Les concentrations varient entre 1,219 mg/l à Dj au mois

d'août et 6,320 mg/l à Nd au mois de juin. En général, les eaux de l'oued Abdi ne contiennent pas des concentrations fortement élevées en nitrates d'où la moyenne annuelle est de 2,912 mg/l (Annexe 2b).

#### **1.1.2.13. Chlorure ( $Cl^-$ )**

Les quantités des chlorures dans les eaux de l'oued Abdi s'échelonnent entre 24,85 mg/l à Mn et 1022,4 mg/l à Dj pendant les mois de janvier et de juin 2008, respectivement. L'année suivante est marquée par une diminution considérable des teneurs. Les proportions varient entre 35,5mg/l à Th et 433,1mg/l à Dj pendant le même mois (juillet) (Annexe 2b). La teneur moyenne est de 224mg/l pour les deux années. Cette valeur permet de classer ces eaux à la 7<sup>ème</sup> classe selon NISBET et VERNEAUX (1970), qualifiant ce cours d'eau comme plus ou moins pollué.

#### **1.1.2.14. Sulfates ( $SO_4^{2-}$ )**

Au niveau de l'oued Abdi, la teneur minimale de 0,148mg/l en sulfates a été enregistrée au mois de février à Mn ; la teneur maximale 1,773mg/l a été mesurée au mois de juin à Dj pendant l'année 2008(Annexe 2b). Généralement les eaux de cet oued ne sont pas riches en sulfates, probablement à cause de la nature géologique de la région qui est pauvre en formations gypseuses.

#### **1.1.2.15. Phosphore ( $PO_4^{2-}$ )**

Les concentrations en phosphore oscillent entre 0,005 mg/l à Th en septembre et 1,216mg/l à Dj aux mois de mars 2009 et mai 2008 (Annexe 2b). En 2009, nous constatons une diminution considérable des concentrations en phosphore, à cause de l'effet diluant des pluies. En effet, les eaux de l'oued Abdi présentent des teneurs faibles en phosphore avec une moyenne de 0,150 mg/l prouvant une forte productivité.

#### **1.1.2.16. Bicarbonates ( $HCO_3^-$ )**

Les concentrations fluctuent entre 42mg/l à Br au mois de septembre 2009 et 298,9 mg/l à Mn au mois d'août 2008 (Annexe 2b). D'une manière générale les eaux de l'oued Abdi ne contiennent pas de fortes teneurs en bicarbonates dont la moyenne signalée durant les deux années d'étude est de 197,2 mg/l.

### **1.1.3. Oued El Abiod**

#### **1.1.3.1. Température de l'eau**

En général, la température des eaux de l'oued El Abiod croit de l'amont vers l'aval le long de la période d'étude. En 2008, la température varie entre 4°C et 30°C dans la même station (Ghoufi) avec une variation des moyennes mensuelles entre 10,15°C

(décembre) et 24,62°C (mai). Le mois le plus froid en 2009 est janvier avec une moyenne de 10,75°C et le plus chaud est juin avec une moyenne de 24,5°C (Annexe 3a).

#### **1.1.3.2. Potentiel hydrogène (pH)**

Les eaux de l'oued El Abiod se caractérisent par une légère alcalinité durant la période d'étude avec un pH qui varie entre 7,21 (In) et 8,96 (Tf) (Annexe 3a). Selon la classification de NISBET et VERNEAUX (1970), les eaux de l'oued El Abiod sont proches de la neutralité à une alcalinité moyenne durant toute la période d'étude.

#### **1.1.3.3. Oxygène dissous**

Les teneurs en oxygène dissous enregistrées à oued El Abiod en 2008 sont comprises entre 1,96mg/l (23,6%) au mois de juillet et 14,41mg/l (180,3%) au mois de juin dans la même station In. Pendant l'année 2009, les teneurs en oxygène dissous varient entre 3,75 mg/l (41,4%) à Fg au mois d'août et 13,63 mg/l (129%) à Tf au mois de décembre (Annexe 3a). L'évolution temporelle indique que les moyennes les plus élevées sont observées pendant la période hivernale et les plus faibles en période estivale. Ceci est dû à la diminution de la température de l'eau et les vents de fortes vitesses qui exercent un brassage des eaux et par conséquent un enrichissement des eaux en oxygène dissous.

#### **1.1.3.4. Conductivité électrique (CE)**

La conductivité de cet oued varie entre 334  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à Arris au mois d'août 2008 et 1980  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à Ghoufi au mois de mars 2008 (Annexe 3a). Selon la classification de RODIER (2009), la station d'In est d'une minéralisation moyenne accentuée et Ar est d'une minéralisation importante. Le reste des stations de l'oued El Abiod a une minéralisation élevée.

#### **1.1.3.5. Salinité**

Comparativement aux deux oueds précédents, oued El Abiod représente les teneurs de la salinité les plus faibles avec une moyenne enregistrée de 0,4. Nous avons remarqué qu'il n'existe pas de grande différence entre les deux années d'étude, la salinité oscillant entre 0 et 0,8 (Annexe 3a).

#### **1.1.3.6. Potentiel redox (Eh)**

Les valeurs de l'Eh de l'oued El Abiod en 2008 varient entre -133 mV à Tf au mois de février et -33 mV à In au mois de septembre. Les eaux de l'oued El Abiod ont des valeurs d'Eh plus élevées en 2009, variant entre -114 mV à Tf au mois de juin et -35 mV à In au mois de janvier (Annexe 3a).

### **1.1.3.7. Matière en suspension (MES)**

Les eaux de l'oued El Abiod contiennent de faibles concentrations en MES comme les deux oueds précédents ; ces concentrations fluctuent entre 0,001 mg/l à In au mois d'avril et 0,210 mg/l à Gh au mois de décembre en 2008 (Annexe 3a). Nous avons remarqué que la moyenne la plus basse a été enregistrée toujours dans la station Fg située en aval du barrage de Foug El Gherza ; ceci peut s'expliquer par l'effet de la sédimentation des particules dans le barrage.

### **1.1.3.8. Vitesse du courant**

Selon l'échelle de berg, la vitesse du courant à oued El Abiod est rapide (0,74m/s) durant les deux années d'études (Annexe 3a). Les précipitations de 2009 ont joué un rôle important dans la modification du débit et dans le régime d'écoulement de ce cours d'eau. Les cinq premiers mois de l'année constituent la période pluviale de l'année où les vitesses sont devenues très rapides.

### **1.1.3.9. Calcium ( $Ca^{2+}$ )**

Les teneurs en calcium varient entre 16,03 mg/l à In en décembre et 395,19 mg/l à M'ch en février 2008. D'une manière générale, les teneurs en calcium à oued El Abiod ne sont pas très élevées, la moyenne des deux années d'étude étant de 99,82 mg/l (Annexe 3a).

### **1.1.3.10. Magnésium ( $Mg^{+2}$ )**

Les eaux de l'oued El Abiod se caractérisent par des concentrations élevées en  $Mg^{+2}$ , celles de 2008 étant plus élevées de celles de 2009 (Annexe 3a). Les concentrations augmentent de l'amont vers l'aval. Ceci est principalement expliqué par la nature géologique des terrains traversés par le cours d'eau.

### **1.1.3.11. Nitrites (Azote nitreux $NO_2$ )**

Les concentrations en nitrites de l'oued El Abiod varient entre 0,019 mg/l à Fg et 8,697 mg/l à Ar (Annexe 3a). Cette teneur extrêmement élevée, qui sort de la plage des autres valeurs, pourrait être expliquée par une pollution accidentelle. En effet, la moyenne de toute la période d'étude est de 0,407 mg/l, classant les eaux de l'oued El Abiod en état de pollution sensible selon NISBET et VERNEAUX (1970).

### **1.1.3.12. Nitrates ( $NO_3$ )**

Les eaux de l'oued El Abiod paraissent les moins riches en nitrates par rapport aux deux autres oueds. Les concentrations varient entre 0,417 mg/l à Fg au mois de juillet et 6,150 mg/l à Gh au mois de décembre (Annexe 3b) ; cette valeur est enregistrée après la crue d'octobre suite à l'augmentation du lessivage. D'une manière générale, selon

NISBET et VERNEAUX (1970), les eaux de cet oued ont une situation normale quant aux teneurs en nitrates.

#### **1.1.3.13. Chlorure ( $Cl^-$ )**

Au niveau de l'oued El Abiod, les concentrations en chlorure pendant la période d'étude oscillent entre 14,2mg/l à In au mois de juin (2009) et 904,54mg/l à Fg au mois d'avril (2008)(Annexe 3b). L'évolution spatiale montre un gradient croissant amont-aval des teneurs moyennes en chlorure. En général, les eaux de l'oued El Abiod contiennent des concentrations en chlorures inférieures aux deux autres oueds. Elles sont classées 7<sup>èmes</sup> selon NISBET et VERNEAUX (1970), qualifiant ce cours d'eau comme plus ou moins pollué.

#### **1.1.3.14. Sulfates ( $SO_4^{2-}$ )**

Les teneurs en sulfates à oued El Abiod oscillent entre 0,135mg/l à In au mois de janvier et 2,390mg/l à Gh au mois de mars (Annexe 3b). Comme les autres oueds, oued El Abiod présente des teneurs faibles en sulfates ne dépassant pas les normes ; la moyenne pour les deux années est de 0,601 mg/l ; un tel résultat range les eaux en classe normale selon NISBET et VERNEAUX (1970).

#### **1.1.3.15. Phosphore ( $PO_4^{2-}$ )**

Les concentrations varient entre 0,008mg/l à Fg au mois de septembre et 2,42mg/l à Ar au mois d'août ; cette forte valeur est favorisée par l'étiage de l'oued (Annexe 3b). D'une manière générale, les eaux de l'oued El Abiod contiennent des concentrations en phosphore dans les normes avec une moyenne de 0,175 mg/l reflétant, selon NISBET et VERNEAUX (1970), une forte productivité.

#### **1.1.3.16. Bicarbonates ( $HCO_3^-$ )**

Les concentrations en bicarbonates au niveau de l'oued El Abiod montrent des variations importantes durant les deux années d'étude. Les teneurs s'échelonnent de 61 mg/l à Fg au mois de septembre (2009) et 402,6 mg/l à Gh au mois d'août (2008) (Annexe 3b). En général, les eaux de l'oued El Abiod présentent des concentrations remarquablement élevées. Selon NISBET et VERNEAUX (1970), nos concentrations varient entre une limite d'alcalinité faible et très forte.

Les résultats de l'ANOVA1, appliquée sur tous les paramètres pour chercher des différences saisonnières significatives, montrent que la température de l'eau change significativement en fonction des saisons du prélèvement ( $p = 0,000 < 0,05$ ).

## 1.2. Etude typologique des réseaux hydrographiques

### 1.2.1. Oued El Haï

#### 1.2.1.1. Variabilité spatiale de la qualité physico-chimique

L'analyse en composantes principales des paramètres mésologiques et physico-chimiques, dans les différentes stations de l'oued El Haï montre que le plan factoriel F1-F2 explique 90,85% de la variabilité totale (Tab.5.1). L'examen des corrélations entre les axes et les différentes composantes étudiées permet d'expliquer la signification de chaque axe (Fig.5.1a). Ainsi, L'axe F1 explique 58,06% de l'inertie totale ; il oppose deux groupes de variables : le premier est corrélé positivement avec l'altitude (dont la corrélation avec cet axe est de 0,93) et les paramètres indicateurs de pollution organique (nitrites (0,95), nitrates (0,97), phosphore (0,92) et les bicarbonates (0,92) et le deuxième est corrélé négativement avec le calcium (-0,95), magnésium (-0,96), sulfates (-0,96), la vitesse du courant (-0,79), oxygène dissous (-0,77), saturation en oxygène (-0,78) et la température de l'eau (-0,63). La position de ces paramètres sur la partie négative de l'axe F1 pourrait être justifiée par le fait que les eaux sont plus dures, plus chaudes et également plus oxygénées dans la partie aval, loin de l'impact des rejets urbains situés en amont du cours d'eau.

Cet axe définit un gradient de pollution organique allant de la droite vers la gauche et l'altitude des stations (partie positive) et un gradient d'enrichissement en sels dissous, croissant de la gauche vers la droite de l'axe.

L'axe 2 quant à lui, représente uniquement 32,79% de l'inertie totale ; il est déterminé par le potentiel redox, la salinité, le chlorure et la conductivité dans sa partie positive et par le pH dans sa partie négative. Il définit alors un gradient de minéralisation allant du pôle négatif vers le pôle positif de l'axe.

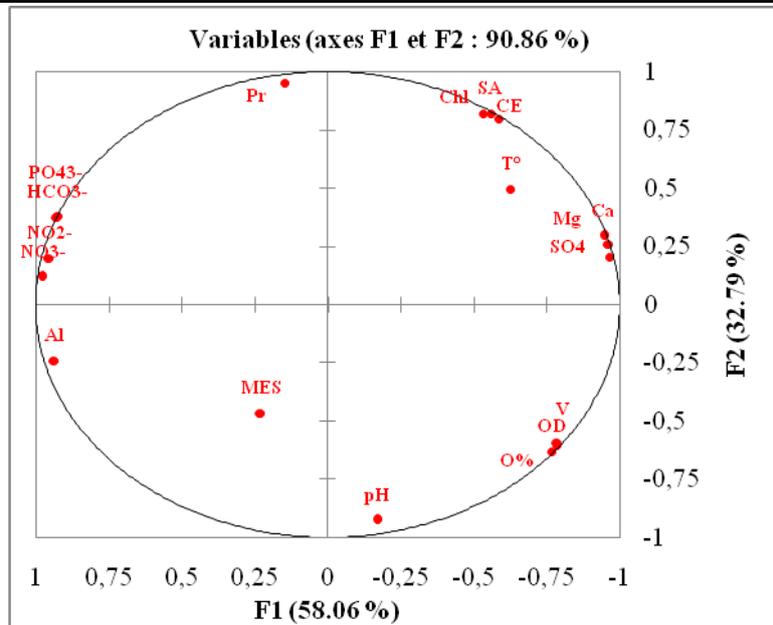
La projection des stations de prélèvement sur le plan factoriel F1-F2 (Fig.5.1b), nous a permis de définir une typologie de l'oued par l'existence de trois groupes de stations plus ou moins distincts :

- Groupe I : Constitué exclusivement par la station Tillatou (Til) en amont de l'oued (altitude est de 930m), corrélée positivement avec F1. Elle est caractérisée par une pollution organique importante qui se manifeste par les concentrations très élevées en nitrites, nitrates, phosphore et bicarbonates. Cela qualifie les eaux de cette station d'une mauvaise qualité.

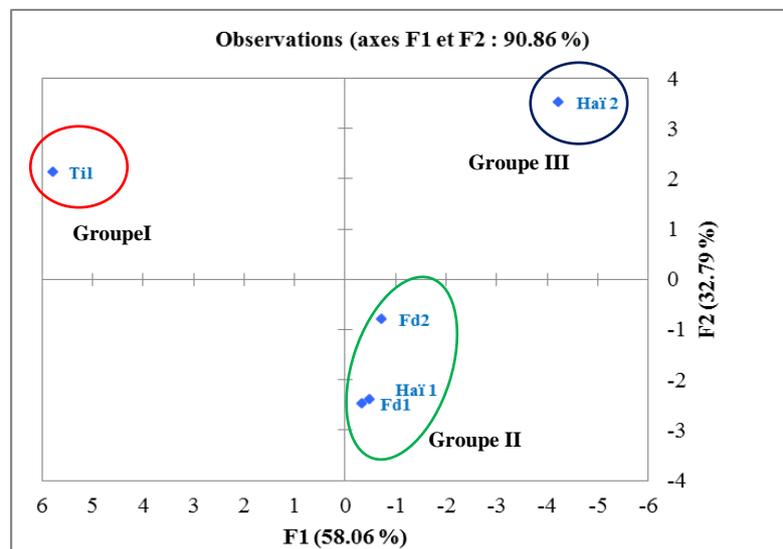
- Groupe II : Représenté par les stations Fed1, Fed2 et Haï1 qui sont caractérisées par les eaux rapides et bien oxygénées, non menacées par les rejets directs des eaux usées. Au niveau de ces stations, les eaux sont d'une qualité moyenne.

**Tableau 5.1.** Répartition de l'inertie entre les deux axes (F1x F2) (oued El Haï).

	F1	F2
<b>Valeur propre</b>	10,451	5,903
<b>Variabilité (%)</b>	58,060	32,795
<b>Cumulé (%)</b>	58,060	90,855



**Figure 5.1a.** ACP des paramètres physico-chimiques de l'oued El Haï.



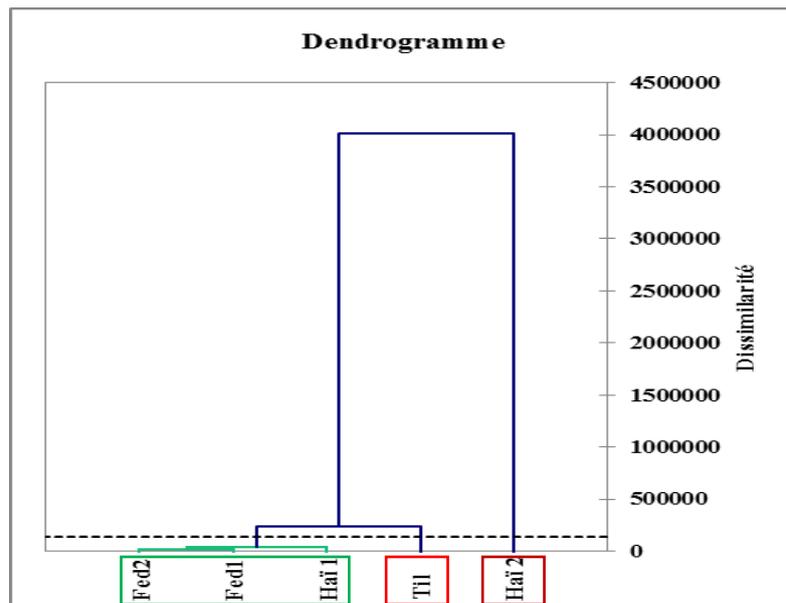
**Figure 5.1b.** ACP des stations de l'oued El Haï.

▪ **Groupe III :** Constitué uniquement par la station d'aval Haï2, caractérisée par les eaux les plus minéralisées, les plus salées, les plus dures, les plus chaudes et les plus riches en chlorures et sulfates. Cette station est protégée par le barrage des Fontaines des Gazelles

qui limite l'entraînement des polluants provenant de l'amont de l'oued, ce qui qualifie les eaux de qualité moyenne.

### 1.2.1.2. Classification des stations en fonction de leur qualité physico-chimique

La classification hiérarchique a été effectuée à partir des données physico-chimiques des 5 stations de l'oued El Haï de toute la période d'étude pour compléter les résultats de l'ACP. Les résultats de cette analyse confirment totalement ceux de l'ACP. D'après le dendrogramme illustré dans la figure 5.2, nous avons distingué trois groupements des stations : le premier est constitué par la station permanente en amont (Til) qui est fortement polluée à cause du rejet des eaux usées de la ville d'Aïn Touta. Le second groupement comporte les trois stations semi permanentes du cours moyen qui se caractérisaient par une qualité moyenne des eaux. Le troisième groupement est constitué par la station permanente de l'aval Haï2 qui se caractérise par des eaux fortement salées, minéralisées.



**Figure 5.2.** Classification hiérarchique des stations de l'oued El Haï sur la base des valeurs des paramètres physico-chimiques

## 1.2.2. Oued Abdi

### 1.2.2.1. Variabilité spatiale de la qualité physico-chimique

Cette analyse a été effectuée sur un tableau de données formé de cinq individus (stations de l'oued Abdi) et dix-huit variables (18 paramètres physico-chimiques). Le cercle de corrélation formé par les axes F1 et F2 (Fig.5.3a, Fig.5.3b, Tab.5.2) donnant

76,40 % de l'information totale, montre que quinze des dix-huit variables sont prises en compte dans l'ACP. L'axe F1 explique 48,76% de la variabilité totale ; il est structuré positivement par le Mg (0,99%), la salinité (0,98%), Ca (0,98%), SO<sub>4</sub> (0,98%), la conductivité (0,95%), la vitesse du courant (0,89%) et la température de l'eau (0,73%) et corrélé négativement avec l'altitude (-0,75%) et les MES (-0,60%). Cet axe exprime la minéralisation et la dureté des eaux. L'axe F2 représente uniquement 27,65% de l'inertie totale ; déterminé par l'oxygène dissous, le pH, les nitrites et les bicarbonates, il est considéré comme un axe caractérisant la pollution.

La projection des stations sur le plan factoriel F1xF2 nous montre l'existence de trois groupes de stations :

Groupe I : constitué par les trois stations de haute altitude Th, Nd (semi permanentes) et Mn (permanente) ; ces stations sont caractérisées par des eaux douces faiblement minéralisées et fortement chargées en bicarbonates et en MES. Les eaux de ces stations, en particulier celles de Mn, sont d'une qualité moyenne à bonne.

**Tableau 5.2.** Répartition de l'inertie entre les deux axes (F1x F2) (oued Abdi).

	<b>F1</b>	<b>F2</b>
<b>Valeur propre</b>	8,776	4,977
<b>Variabilité (%)</b>	48,756	27,649
<b>Cumulé (%)</b>	48,756	76,405

Groupe II : comprend uniquement la station Dj (permanente) de moyenne altitude, fortement minéralisées, caractérisée par les eaux les plus salées, les plus dures, les plus rapides et les plus chaudes. La qualité des eaux de cette station est généralement bonne à moyenne.

Groupe III : regroupe la station temporaire Br en aval de l'oued, caractérisée par des eaux oxygénées et un pH alcalin. Les eaux de cette station sont d'une bonne qualité.

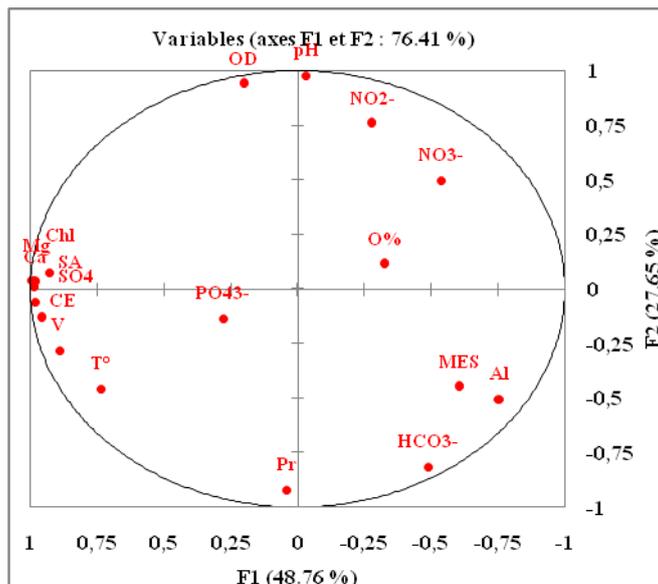


Figure 5.3a. ACP des paramètres physico-chimiques de l'oued Abdi.

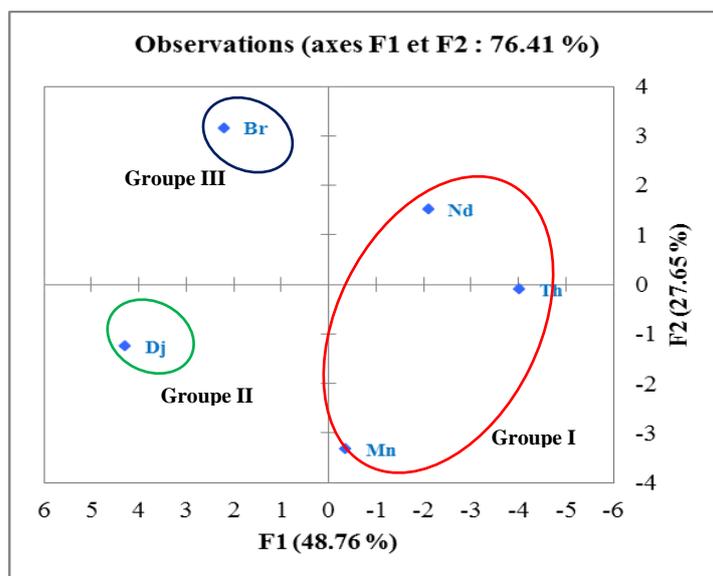
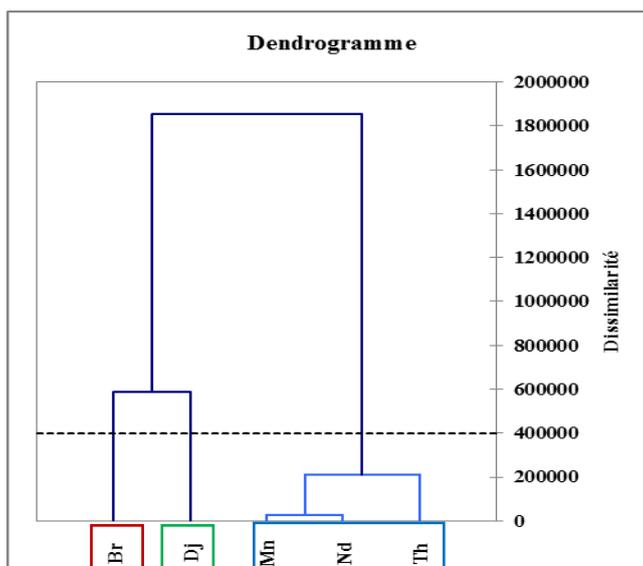


Figure 5.3b. ACP des stations de l'oued Abdi.

### 1.2.2.2. Classification des stations en fonction de leur qualité physico-chimique

Les résultats de la classification hiérarchique des stations de l'oued Abdi sont identiques à ceux de l'ACP. Nous distinguons trois groupements de stations : le premier est formé par les stations du cours supérieur de haute altitude, deux semi-permanentes (Th et Nd) et une permanente urbaine (Mn). Le second comprend la station permanente du cours moyen (Dj) et le dernier groupe présente la station (Br), temporaire en aval à basse altitude (Fig.5.4).



**Figure 5.4.** Classification hiérarchique des stations de l'oued Abdi sur la base des valeurs des paramètres physico-chimiques.

### 1.2.3. Oued El Abiod

#### 1.2.3.1. Variabilité spatiale de la qualité physico-chimique

L'examen des résultats numériques de l'ACP de l'oued El Abiod montre que chaque axe explique près de 40% de la variabilité totale (Tab.5.3). Ainsi, le plan factoriel F1xF2 explique 79,54% de l'information totale. Le cercle de corrélation (Fig.5.5a) montre que dix-sept paramètres pris en compte dans l'ACP contribuent à la formation du plan factoriel F1xF2. L'axe F1 est structuré positivement par le potentiel redox (0,92%) et négativement par O<sub>2</sub> (-0,90%), nitrites (-0,89%), nitrates (-0,88%), l'oxygène dissous (-0,86%), phosphore (-0,81%), pH (-0,81%), MES (-0,71%) et les bicarbonates (-0,67%). Cet axe peut être assimilé à un axe traduisant le degré de pollution organique des eaux et de la saisonnalité. Alors que, l'axe F2 est structuré positivement par le magnésium (0,96%), sulfate (0,93%), chlorure (0,91%), température de l'eau (0,87%), calcium (0,87%), salinité (0,85%) et la conductivité (0,83%) et négativement par l'altitude (-0,95%). Cet axe pourrait être assimilé au gradient de minéralisation et à la dureté des eaux.

D'après la carte factorielle F1xF2 nous constatons que les stations sont réparties en trois groupes (Fig.5.5b) :

Groupe I : renferme les stations du cours supérieur de haute altitude : une permanente (In) et l'autre temporaire (Ar) ; ces stations sont caractérisées par les eaux les plus fraîches et douces, les moins minéralisées et les moins chargées en MES. Elles sont soumises à plusieurs activités anthropiques, telles que, le pompage, le rejet des déchets de démolition de bâtiments, le lavage des véhicules à In et le rejet des déchets de volailles à Ar.

Tableau 5.3. Répartition de l'inertie entre les deux axes (F1x F2) (l'oued El Abiod).

	F1	F2
Valeur propre	7,183	7,133
Variabilité (%)	39,905	39,630
Cumulé (%)	39,905	79,535

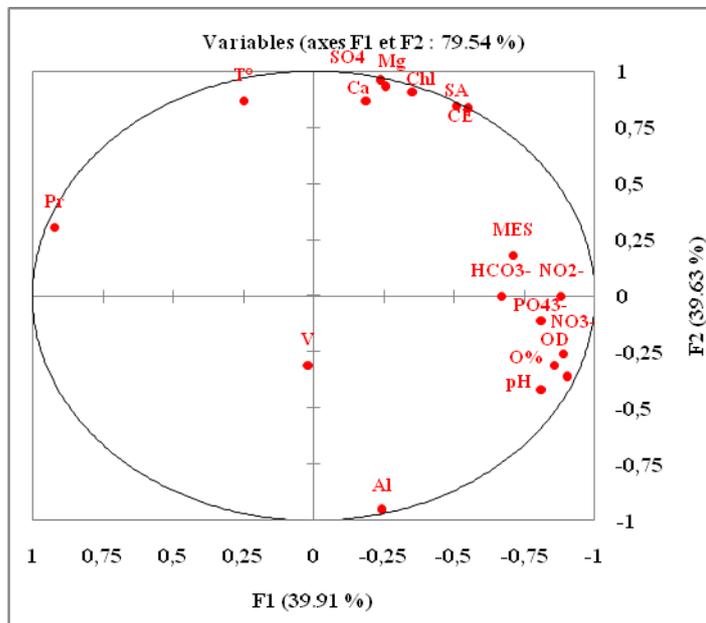


Figure 5.5a. ACP des paramètres physico-chimiques de l'oued El Abiod.

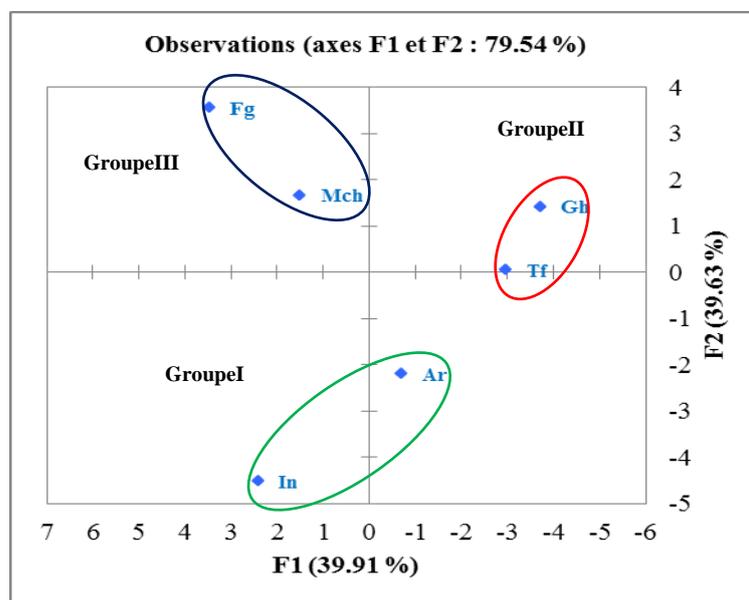


Figure 5.5b. ACP des stations de l'oued El Abiod.

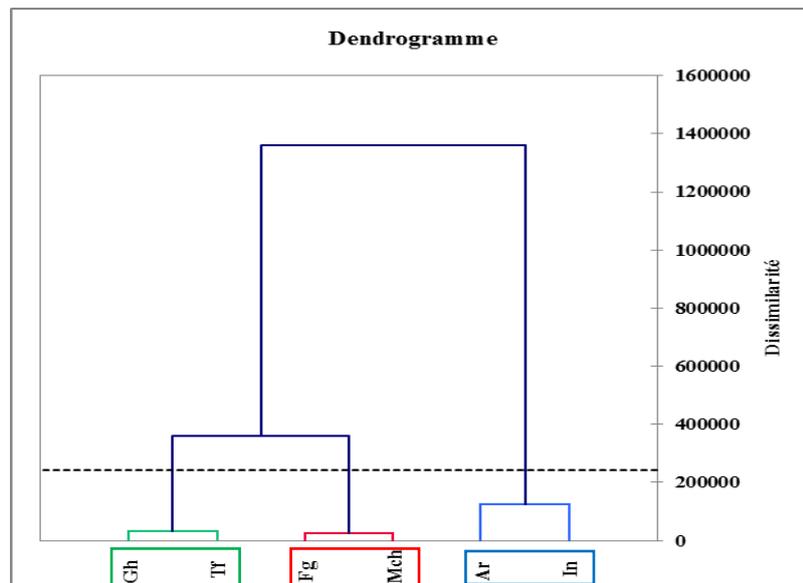
Groupe II : regroupe les stations semi-permanentes du cours moyen Tf et Gh qui sont caractérisées par les eaux les plus oxygénées, les plus alcalines et les plus riches en matière organique.

Groupe III : constitué par les deux stations permanentes de l'aval à basse altitude M'ch et Fg qui sont caractérisées par les eaux les plus chaudes, les plus dures, les plus minéralisées et les moins oxygénées.

Selon cette analyse, nous concluons que les six stations de l'oued El Abiod sont bien typées et bien structurées selon leurs données physico-chimiques ; elles se rassemblent en trois groupes bien distincts, deux à deux, comme il était mentionné précédemment.

### 1.2.3.2. Classification des stations en fonction de leur qualité physico-chimique

D'après le dendrogramme de la figure 4.6, nous distinguons la présence de trois groupes de stations, les mêmes que ceux de l'ACP. Un groupe renferme les stations du cours supérieur de haute altitude, In (permanente) et Ar (temporaire), qui sont sous l'influence de plusieurs activités anthropiques, et un deuxième groupe comporte les deux stations semi-permanentes du cours moyen à moyenne altitude, Tf et Gh. Tf se situe près des terrains agricoles tandis que Gf est entouré par des montagnes. Le troisième groupe est constitué par les deux stations de l'aval à basse altitude M'ch et Fg, cette dernière étant située après le barrage de Foug El Gherza.



**Figure 5.6.** Classification hiérarchique des stations de l'oued El Abiod sur la base des valeurs des paramètres physico-chimiques.

### 1.3. Etude typologique globale de la qualité physico-chimique des eaux des trois oueds

Une ACP globale a été réalisée sur une matrice des 18 paramètres physico-chimiques pour l'ensemble des 16 stations étudiées dans les trois oueds. Les deux premiers axes détiennent 66,08% de l'inertie totale dont l'axe F1 qui représente 40,47% de l'information totale (Fig.4.7a). Il s'exprime par la minéralisation élevée des eaux ( $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  et Cl), la salinité, température de l'eau, vitesse du courant, altitude, et nitrates. L'axe F2 exprime le  $PO_4^-$ ,  $NO_2^-$  et  $HCO_3^-$ , variables indicatrices de la pollution des eaux. Cette pollution provenait soit des rejets urbains des eaux usées, soit de l'excès de l'utilisation des engrais dans les terrains agricoles riverains. A l'opposé de ces variables, l'oxygène dissous est corrélé négativement avec l'axe F2.

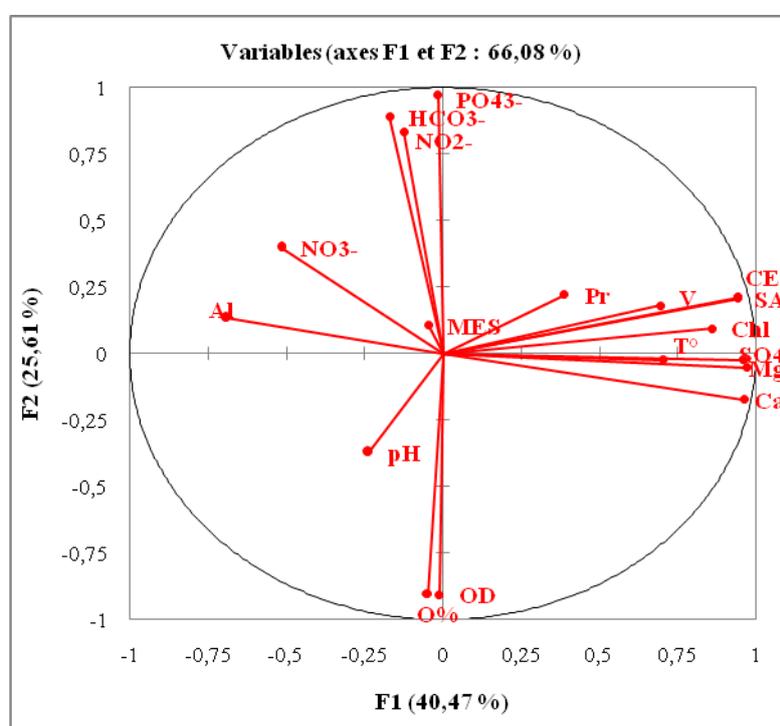
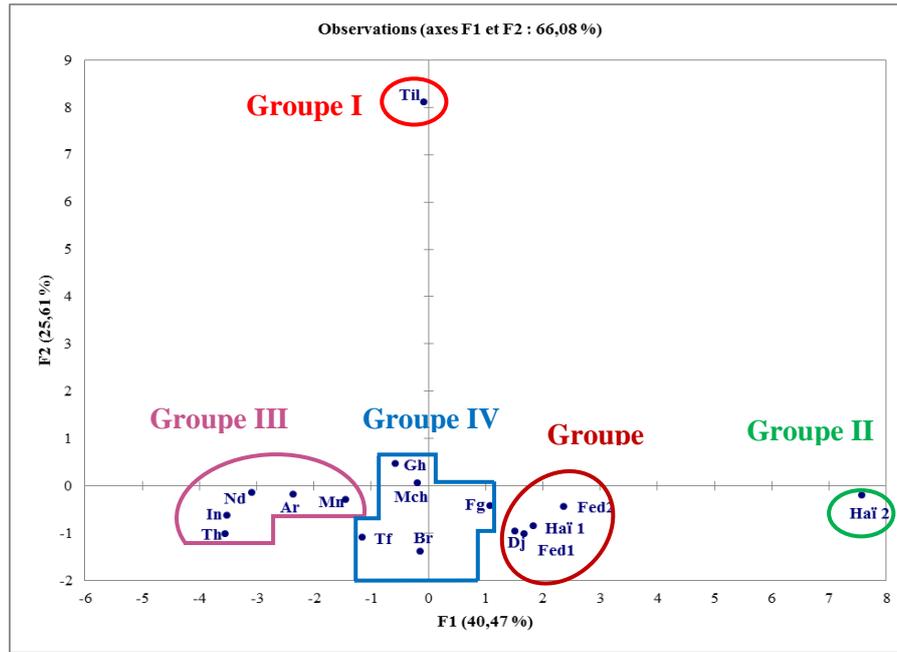


Figure 5.7a. ACP des paramètres physico-chimiques des 3 oueds étudiés.



**Figure 5.7b.** ACP des stations des 3 oueds étudiés.

La projection des stations sur le plan factoriel F1xF2 nous montre l'existence de plusieurs groupes (Fig.5.7b). Premièrement, nous pouvons discerner deux stations bien distinctes des autres stations, vu leurs caractéristiques spéciales Til et Haï2. La première est caractérisée par une pollution très forte due au rejet urbain des eaux usées de la ville d'Aïn Touta et la deuxième par une salinité et minéralisation élevées des eaux. En seconde place, nous pouvons observer trois autres groupements de stations : III (In, Tha, Ar, Nd et Mn), IV (Tf, Gh, M'ch, Fg et Br) et V (Fed2, Fed1, Haï1 et Dj). D'après cette analyse globale, les 16 stations étudiées se sont assemblées en 5 groupes distincts :

Groupe I : constitué par une seule station, celle de Til, station en amont de l'oued El Haï à haute altitude, qui est caractérisée par une pollution élevée due au rejet des eaux usées comme il était indiqué préalablement. Cette pollution est exprimée par des teneurs très élevées en nitrates, nitrites et phosphore et un faible taux d'oxygénation.

Groupe II : formé uniquement par la station d'aval de l'oued El Haï, Haï2 à basse altitude. Les eaux de cette station se distinguent par une forte minéralisation, une salinité élevée et une haute température.

Groupe III : regroupe les stations de l'amont, à haute altitude Th, Nd, In et Ar (cours supérieur) et Mn (cours moyen) à moyenne altitude. Elles se caractérisent par des teneurs élevées en nitrates, provenant du lessivage des terrains agricoles avoisinants, des activités du pâturage, des élevages de bovins et de volailles, des terres voisines. Les eaux de ces stations sont douces et faiblement minéralisées.

Groupe IV : renferme les stations du cours moyen à moyenne altitude (Tf et Gh) et les stations du cours inférieur à basse altitude (M'ch, Fg et Br). Les eaux de ces stations sont d'une qualité moyenne, moyennement minéralisées et d'une dureté calcique et magnésienne moyenne.

Groupe V : constitué par les stations du cours moyen à moyenne altitude (Fed1, Fed2, Haï1 et Dj). Nous constatons que ce groupe possède une qualité moyenne des eaux et qu'il est plus proche du groupe précédent. La différence est due à des teneurs plus élevées en calcium, magnésium, sulfates, chlorures et à une minéralisation assez élevée.

Ces mêmes groupes ont été obtenus après la réalisation d'une classification ascendante hiérarchique (Fig.5.8).

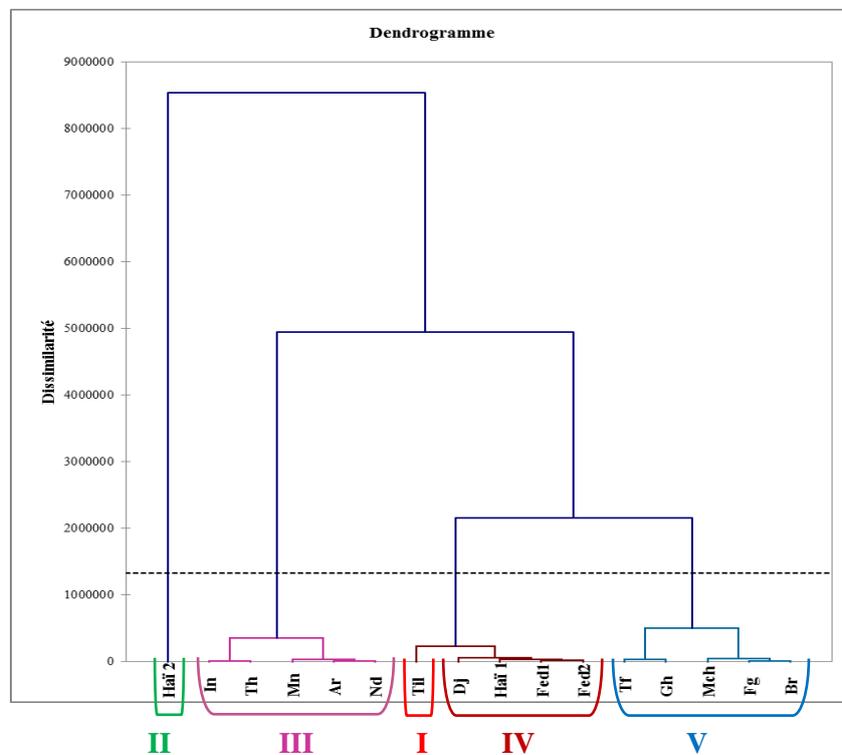


Figure 5.8. Classification hiérarchique de toutes les stations étudiées.

## 2. Discussion

La qualité physico-chimique des eaux de nos trois oueds paraît totalement normale, à l'exception d'une seule station à oued El Haï, celle de Til, qui est en état de forte pollution. Cette pollution est due principalement aux rejets excessifs des eaux usées de la ville d'Aïn Touta dans cette station.

Les eaux de nos oueds sont d'une température variable qui augmente de l'amont vers l'aval, d'un pH basique, majoritairement bien oxygénées et d'une vitesse du courant moyenne à rapide. Les valeurs de la conductivité varient entre des valeurs moyennes et très élevées. Les valeurs élevées sont notamment enregistrées dans la station Hai2 à oued El Haï. La variation de la salinité est similaire à celle de la conductivité. D'après les résultats du potentiel redox, les eaux des trois oueds ont un caractère antioxydant (réducteur). Les teneurs en MES sont négligeables.

Les eaux de nos oueds ont des teneurs très élevées en  $Mg^{+2}$  et le rapport  $Mg^{+2}/Ca^{+2}$  est supérieur à un, ce qui indique que les eaux sont magnésiennes. Ces deux éléments sont les principaux constituants de la dureté des eaux. Nous concluons que les eaux sont très dures et incrustantes.

La minéralisation générale, exprimée par les teneurs de la conductivité, de la salinité, du calcium, du magnésium, des chlorures, des sulfates et bicarbonates, est moyenne à élevée, dans l'ensemble des oueds.

Les paramètres indicateurs de pollution (nitrite, nitrate et phosphore) ne sont enregistrés en fortes teneurs que dans la station polluée : Til. Le reste des stations marque des teneurs moyennes de ces paramètres. Ces proportions sont expliquées par l'utilisation des engrais et par les activités agricoles dans les terrains proches aux stations d'échantillonnage.

En comparaison avec d'autres oueds algériens :

L'oued Bousselam de la région de Sétif est l'un des cours d'eau permanents algériens les plus touchés par le phénomène de la pollution. La conductivité y est inférieure à  $750\mu s/cm$ , les taux moyens de nitrites y varient entre 0,215 et 6,870 mg/l, les teneurs de phosphate y fluctuent entre 1 et 5 mg/l. La pollution s'explique par de grandes teneurs en phosphates et nitrites dans toutes les stations, ainsi que par des taux très élevés de turbidité (BENTOUATI et BOUZIDI, 2012). Le suivi spatio-temporel de plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau de l'oued Seybousse montre une pollution intense due aux concentrations élevées en chlorures (1358.78mg/l), en sulfates (290.52mg/l), à la matière organique, à la dureté totale de l'eau (62.68NTU), et aux faibles teneurs en

oxygène dissous, au niveau de toutes les stations (REGGAM *et al.*, 2015). Les niveaux de pollution des eaux des oueds Seybouse et Mellah tendent vers un état alarmant surtout avec la poursuite du déversement de rejets et l'utilisation excessive d'engrais en agriculture (CHAOUI *et al.*, 2013). Ces oueds enregistrent des teneurs nettement plus élevées que celles trouvées dans nos oueds. Les eaux de l'oued Seybousse sont affectées surtout par l'effet des rejets industriels et urbains d'où la forte concentration des eaux en fer, en manganèse, en ammonium et en phosphate (DEBIECHE, 2002).

Les analyses de 14 paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité, oxygène dissous, Eh,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NH}_4^+$ ) de l'oued Medjerda (Souk-Ahras) ont montré qu'il est en état de dégradation. Cette zone se caractérise par l'interférence des rejets industriels et urbains, par ailleurs l'agriculture est intensément pratiquée ce qui nécessite l'utilisation de beaucoup d'engrais (GASMI *et al.*, 2006).

Un suivi de quelques éléments chimiques de l'oued Saf-Saf, a permis de visualiser une altération et une dégradation spatiale de la qualité des eaux de l'oued, avec une augmentation des concentrations des éléments chimiques de l'amont vers l'aval. La qualité des eaux dans sa partie aval est passée, de bonne à mauvaise, parfois très mauvaise en période sèche (KHELFAOUI et ZOUINI, 2010). Ces résultats sont, en partie, comparables aux nôtres.

Les analyses physico-chimiques des eaux de l'oued Sebaou indiquent que les eaux sont incrustantes, de dureté moyenne à forte. Les conductivités, attestent d'une minéralisation globale moyenne qui s'atténue d'amont en aval, en périodes de hautes et de basses eaux. La minéralisation globale est sensiblement conforme aux normes de potabilité chimique requises, si ce n'est les fortes concentrations en carbonates, bicarbonates et magnésium. Les concentrations des paramètres de pollution comme, l'ammonium, les nitrites, le phosphore et le fer ferreux, se présentent selon des concentrations supérieures aux normes de qualité des eaux de surface (DJEMAI et MESBAH, 2007). Les valeurs notées dans cet oued sont inférieures à celles enregistrées dans nos stations ; ceci est expliqué par la nature géologique des terrains traversés par les cours d'eau.

La caractérisation physico-chimique a révélé que l'eau de l'oued Soummam au niveau des quatre stations étudiées, présente une pollution accrue et des paramètres mesurés dont la majorité n'est pas conformes aux normes exigées. L'oued Soummam a subi et continue de subir des dégradations importantes, suite aux déversements des déchets industriels ainsi qu'à l'augmentation observée jour après jour des points de

déversement des eaux usées domestiques (MOUNI *et al.*, 2009). Les teneurs en MES, nitrates et chlorure de cet oued sont plus élevées que les nôtres.

Ainsi, les oueds de la région constantinoise tels que, l'oued Rhumel et oued El Kébir Ouest, présentent un degré élevé de pollution. Les paramètres analysés, ont révélé des cas de perturbations et d'altérations dus à une CE généralement élevée, traduisant une minéralisation excessive. Les taux importants des MES, les teneurs en cations ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ) et en anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ) traduisent une salinité importante. L'élévation des teneurs en phosphates, ammonium, nitrites et nitrates profèrent une qualité médiocre aux eaux analysées (MELGHIT, 2012). Cette pollution s'accroît en fonction d'un certain nombre de facteurs, tels que l'emplacement du cours d'eau par rapport aux rejets des eaux usées et l'activité agricole (BENRABAH *et al.*, 2013). Selon ZENATI et MESSADI (2015), les propriétés physico-chimiques de l'oued El Kebir Est et de l'oued Bounamoussa reflètent une qualité variable de l'eau en fonction des stations, qui passe de très bonne à très mauvaise qualité. Ces résultats sont plus ou moins comparables à nos résultats au niveau des trois oueds.

Les résultats de la physico-chimie de l'oued Beni Aza montrent que le cours d'eau est exposé à une forte pollution, principalement, d'origine organique. Cette pollution est exprimée par des concentrations en MES qui fluctuent entre 182 mg/l et 1190 mg/l, dépassant largement les normes algériennes, des nitrates entre 0 mg/l et 1,3 mg/l, des nitrites inférieures aux normes, de fortes concentrations en phosphates (pic de 12,008 mg/l) (BENGHERBIA *et al.*, 2014).

Les analyses physico-chimiques des eaux de l'oued El Arab de la région des Aurès, proche géographiquement à nos oueds, montrent des teneurs assez comparables à nos résultats. Elles se présentent comme suit : valeurs de la conductivité électrique, comprises entre 880ms/cm et 3750 ms/cm, pH (7.4 - 8.3), calcium (49.69 mg/l - 346.29 mg/l), magnésium (55.2 mg/l - 194.64 mg/l), chlorure (319.5mg/l - 49.7 mg/l), bicarbonate (158.6 mg/l - 312.32 mg/l), sulfates (470 mg/l - 1218 mg/l), nitrates (0.5 - 28.5mg/l) (GAAGAI, 2009).

Plusieurs études réalisées dans des pays voisins (Maroc et Tunisie) indiquent que les eaux de surface subissent une détérioration de leur qualité par les différents rejets polluants. Nous citons comme exemples au Maroc :

Oued Moulouya qui reçoit des déversements des eaux usées des villes de Missour, Outat El Haj, Tindit et Guercif, provoquant une augmentation des teneurs en DBO<sub>5</sub>, en  $\text{PO}_4^{3-}$ , en

chlorures, en DCO et une diminution des teneurs en oxygène dissous ce qui indique une dégradation de la qualité de l'eau (MAKHOUKH *et al.*, 2011).

Oued Merzeg qui démontre une forte charge organique comme en témoignent les valeurs des principaux paramètres: DBO5 (0-186 mg/l), DCO (0- 201,6 mg/l), Ammonium (0- 68,5 mg/l), Orthophosphates (0,02- 5,52 mg/l) et phosphores total (0,62- 7,93 mg/l). Les eaux des stations d'étude peuvent être qualifiées de mauvaise à très mauvaise. Une minéralisation importante a été mise en exergue au niveau de ce cours d'eau. Celle-ci résulterait de l'effet conjugué de la dégradation de la nappe phréatique de la Chaouia côtière et de la charge minérale des eaux usées (MOUNJID *et al.*, 2014).

L'étude physico-chimique de treize paramètres à oued Za : la température, pH, la conductivité (CE), l'oxygène dissous,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4$ , Pt, DBO5, DCO et MES montre que la pollution des eaux est très importante ; elle atteint des seuils dépassant les normes des rejets admises (BRAHIMI et CHAFI, 2014). De même, l'oued Martil a présenté de fortes teneurs en nitrites indiquant une dégradation du milieu à cause des rejets intensifs des eaux usées selon BELHAJ et KETTANI (2013).

A la lumière des résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les eaux de l'oued Khoumane, BEN MOUSSA *et al.* (2012) ont trouvé que les eaux sont fortement minéralisées, très dures, qu'elles enregistrent des teneurs élevées de chlorure, de sulfates, de nitrates, d'orthophosphates, DCO, DBO et des MES. Ces résultats font ressortir une situation alarmante de la qualité des eaux de l'oued, à cause de déversement direct des eaux de la source thermale Ain Hamma et du rejet des eaux usées domestiques de la ville Moulay Idriss Zerhoun.

Cependant, l'analyse des données physicochimiques des eaux de l'oued Laou indique une qualité bonne à moyenne. La dégradation de la qualité de l'eau du bassin versant du Laou est liée essentiellement aux altérations par les nitrates, les phosphates et à un degré moindre à l'altération par les matières organiques et oxydables en termes d'ammonium (ERROCHDI *et al.*, 2012).

En Tunisie, oued Méliane est le deuxième oued pérenne du pays enregistre des teneurs en sels nutritifs (nitrates, phosphates et ammonium) très élevées et ont classé la qualité des eaux dans la catégorie "médiocre" favorisant une eutrophisation accrue (BEN LAMINE *et al.*, 2011).

L'ANPE a réalisé en 2008 un rapport de suivi sur plusieurs cours d'eau en Tunisie qui a démontré un état de dégradation des eaux des oueds suivants :

Oued Hamdoun, un lieu caractérisé par diverses activités industrielles, urbaines, touristiques commerciales et agricoles. Ces activités ont entraîné la pollution de l'Oued par des déchets solides provenant des différentes agglomérations et des zones industrielles de M'Saken et de Sousse Sud.

Oued El Bey qui reçoit des quantités énormes de rejets urbains, tant domestiques qu'industriels, rejetées par les zones industrielles.

Le bassin versant de l'oued Medjerda est un milieu récepteur des effluents urbains, des déchets industriels chargés en pollution organique et des déchets solides. Rejets des eaux usées urbaines non traitées (ANONYME, 2008).

# *Conclusion générale*

## **Conclusion générale**

Les Diptères constituent un ordre à large distribution mondiale qui colonise les milieux terrestres et aquatiques. Vu leur importance écologique, pathologique et agricole, ils ont fait l'objet de plusieurs études depuis longtemps. Les données sur les Diptères demeurent insuffisantes en Algérie et ne portent que sur un nombre assez limité de familles et d'espèces qui ont une importance médico-vétérinaire. Ainsi, nous avons prospecté 16 stations le long de trois oueds de la région des Aurès, qui fait partie des zones semi-arides et arides de l'Est de l'Algérie sur une période qui s'étale sur deux années (2008 et 2009).

A la lumière des résultats des analyses physico-chimiques obtenus, nous enregistrons une qualité normale de l'eau des trois oueds, à l'exception d'une seule station à oued El Haï, Tilatou (Til) qui reçoit des rejets excessifs des eaux usées de la ville d'Aïn Touta. La température de l'eau est variable ; elle augmente de l'amont vers l'aval ; la vitesse du courant est moyenne à rapide et le pH est basique. La faible oxygénation n'est observée que dans la station polluée Til, le reste des stations se caractérise par une bonne oxygénation. Les eaux des oueds El Abiod et Abdi se caractérisent par une conductivité moyenne. Cependant, les eaux de l'oued El Haï enregistrent des valeurs élevées de la conductivité.

Les eaux sont généralement dures, consécutivement au lessivage des terrains traversés de nos oueds. En ce qui concerne les paramètres indicateurs de la pollution des eaux (nitrites, nitrates et phosphores), la situation est normale dans toutes les stations à l'exception de la station Til de l'oued El Haï qui enregistre des teneurs élevées. Ces teneurs sont dues essentiellement au rejet des eaux usées des agglomérations de la ville d'Aïn Touta et à l'utilisation intensive des engrais dans les terrains agricoles au voisinage de la station. Les résultats de l'ANOVA1 indiquent que la saisonnalité a un effet significatif sur la température de l'eau dans toutes les stations.

Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) et la classification hiérarchique ascendante (CAH) nous ont permis d'établir une typologie physico-chimique de nos cours d'eaux. Les stations de chaque oued ont été réparties en trois groupements bien distincts :

- ✓ Les stations de haute altitude en amont qui sont caractérisées par des eaux fraîches, douces et faiblement minéralisées. A l'exception d'une seule station (Til) qui présente un degré élevé de pollution.
- ✓ Les stations du cours moyen à moyenne altitude qui sont caractérisées par les eaux rapides et bien oxygénées.

✓ Les stations du cours inférieur à basse altitude qui sont caractérisées par les eaux les plus chaudes, les plus dures et les plus minéralisées.

Il était nécessaire d'évaluer la qualité des eaux de nos oueds avant d'entamer la partie faunistique pour voir s'il existe des liens entre la qualité physicochimique des eaux et la répartition de notre faune recensée.

La faune recensée dans ce travail se compose 37128 individus, correspondant à 17 familles et à 43 taxons appartenant à 26 genres. Le peuplement de Diptères inventoriés se caractérise par une diversité assez importante. Dans ce peuplement, les Orthocladiinae dominant avec 13503 individus (36,37%), suivies par *Simulium* gr. *aureum* (5405 individus, 14,56%), *S.* gr. *ornatum* (5142 individus, 13,85%) et *S. pseudequinum* (2668 individus, 7,19%).

L'analyse spatio-temporelle de la variabilité de la richesse taxonomique fait apparaître que les stations permanentes ont rencontré le maximum de richesse en automne. Cependant, les abondances les plus élevées sont enregistrées pendant la saison estivale dans les stations permanentes. Cette période est la plus favorable pour la prolifération des Diptères. La plupart de nos taxons sont thermophiles et présentent des optima thermiques relativement élevés tels que : les chironomes, les tabanides, quelques espèce de similies. En revanche, la richesse et les abondances les plus faibles sont observées durant les périodes de perturbation hydrologique (crue ou assèchement des stations) notamment dans les stations temporaires et semi-temporaires.

L'étude de variations spatio-temporelles des indices de diversité montre que le peuplement de Diptères a changé dans l'espace et dans le temps au cours de la période d'étude. Les valeurs maximales de l'indice de diversité  $H'$  de Shannon-Weaver, de l'indice de l'équitabilité  $E$  et minimales de l'indice de Simpson  $D'$  sont enregistrées pendant les périodes, estivale et printanière, de l'année 2008 dans les stations permanentes du cours moyen et inférieur. Globalement dans nos oueds, le peuplement diptérien est assez diversifié et moyennement équilibré à cause de la codominance de certains taxons dans ce peuplement.

Les résultats de l'indice de similarité utilisé pour évaluer les ressemblances entre les populations des différentes stations dans chaque oued, montrent qu'il y a un grand équilibre entre les biotopes des différentes stations puisque la plupart des valeurs tendent vers 1.

L'étude biotypologique nous a permis de distinguer 3 noyaux d'affinité entre les stations et les taxons :

- Noyau 1 : il est constitué essentiellement par les taxons alticoles rhéophiles, les taxons eurytopes eurythermes et sténotopes.
- Noyau 2 : il comprend les taxons qui préfèrent les eaux calmes.
- Noyau 3 : il est formé des taxons thermophiles qui préfèrent les basses altitudes.

L'étude de l'influence des paramètres physico-chimiques du milieu sur la répartition des Diptères, nous a permis de classer notre peuplement en :

- Taxons thermophiles de moyenne à basse altitude supportant de grandes concentrations de minéralisation (EC, Sa, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) : *S. ruficornis*, *S. velutinum*, *S. sergenti*, *Chrysopilus*, *Ochtera*, *Ephydra*, *Silvius*, *Tabanus*, Anthomyiidae, Chaoboridae, Dixidae, Athericidae et Dolichopodidae.
- Taxons des hautes altitudes rhéophiles préférant les courants rapides et les eaux fraîches: *M. blanci*, *Clinocera*, *Chelifera*, *Chrysops*, *S. gr. ornatum*, *Atylotus*, *Rhabdomastix*, *Wiedemannia*, *Ulomyia*, *Tonnoirella*, *Hybomitra*, *Heamatopota*, *Leptoconops*, *Tipula*, *Tipula (Yamatotipula)*, *Tipula (Acutipula)*, *Psychoda*, *Setacera*, Forcipomyiinae et Stratiomyidae.
- Taxons eurytopes à large répartition et se manifestant indifféremment par rapport aux conditions du milieu : *S. pseudequinum*, *S. gr. aureum*, *Dasyhelea*, Ceratopogoninae, Tanytarsini, Orthoclaadiinae, *Chironomus*.
- Taxons préférant les eaux calmes : *Anopheles* et *Culex*.

En perspectives, les résultats obtenus nécessitent des recherches complémentaires, plateforme nécessaire dans le domaine de l'écologie et l'entomologie médicale et agricole. Pour cela, il est souhaitable de :

- ❖ Poursuivre les études sur les Diptères notamment dans les régions arides et semi-arides du sud pour couvrir tout le territoire algérien.
- ❖ Identifier au rang espèce, les taxons indéterminés dans notre étude, en utilisant d'autres techniques d'identification (identification moléculaire, génétique ...)
- ❖ Coordonner avec d'autres travaux pour l'élaboration d'une clé d'identification des Diptères d'Algérie.

*Références  
bibliographiques*

## Références bibliographiques

-A-

1. ADLER, P.H. & CROSSKEY, R. W. (2011).- World Blackflies (Diptera: Simuliidae): A Comprehensive Revision Of The Taxonomic And Geographical Inventory [2011], 1-117. Available from <https://biomia.sites.clemson.edu/pdfs/blackflyinventory.pdf> (consulté 6 février 2012).
2. ADLER, P.H. & CROSSKEY, R. W. (2013).- World Blackflies (Diptera: Simuliidae): A Comprehensive Revision Of The Taxonomic And Geographical Inventory [2013], 1-120. Available from <https://biomia.sites.clemson.edu/pdfs/blackflyinventory.pdf> (consulté 19 février 2014).
3. ADLER P.H. & CROSSKEY R. W. (2016).- World Blackflies (Diptera: Simuliidae): A Comprehensive Revision Of The Taxonomic And Geographical Inventory [2016], 1-126. Available from <https://biomia.sites.clemson.edu/pdfs/blackflyinventory.pdf> (consulté 14 juin 2016).
4. ADLER, P.H., CHERAIRIA, M., ARIGUE, S.F., SAMRAOUI, B. & BELQAT, B. (2015).- Cryptic biodiversity in the cytogenome of bird-biting blackflies in North Africa. *Med. Vet. Entomol.* 29 (3) 276.
5. AFZAN, H. & BELQAT, B. (2016).- Faunistic and bibliographical inventory of the Psychodinae moth-flies of North Africa (Diptera, Psychodidae). *ZooKeys* 558: 119–145.
6. AMIARD, J.C & AMIARD, T.C., (2009).- Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques. Edition Tec & Doc Lavoisier, Paris, 63p.
7. ANDARELLI, L. (1960). - Contribution à la biologie des Moustiques en Algérie et dans le "Sahara algérien". *Arch Inst. Past. Algérie*, 38, 2.
8. ANDERSEN, T. & KVIFTE, G. M. (2012). Phantom midges (Diptera, Chaoboridae) from Finnmark, northern Norway. *Norwegian Journal of Entomology* 59 : 155–157.
9. ANDREYEVA, V. R. (1982).- On ecologo-morphological typing of tabanid larvae (Diptera, Tabanidae). *Entomological Review*, 64, 49-54.
10. ANGELIER, E. (2000).- *Ecologie des eaux courantes*. 2<sup>ème</sup> Ed. Tech et Doc, Paris, p.199.
11. ANONYME (2008).- Réseau de contrôle de la pollution de l'eau en Tunisie. Rapport annuel. Ministère de l'environnement et du développement durable, Tunisie, 63 p.
12. ANONYME (2010).- Inventaire préliminaire des taons de la Manche (*Diptera Tabanidae*) Bull. trim. ass. Manche-Nature, L'Argiope N° 70 : 12-41.
13. ARAB, A. (2004).- *Recherches faunistiques et écologiques sur les réseaux hydrographiques du Chelif et du Mazafran*. Thèse de Doctorat d'Etat. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Faculté des Sciences Biologiques, Alger, Algérie, 171 p.

14. ARAB, A., LEK, S., LOUNACI, A. & PARK, Y. S. (2004).- Distribution patterns of benthic macroinvertebrates in an intermittent river. *Annls. Limnol.* 40 (4): 123-133.

15. ARMITAGE P.D. & BLACKBURN J.H. (1985).- Chironomidae in a Pennine stream system receiving mine drainage and organic enrichment. *Hydrobiologica*, vol 121: 165-172.

-B-

16. BAALA, F. (2012).- *Analyse des contraintes physiques et potentialité d'aménagement dans la vallée d'Oued Abdi -Approche systémique*. Mémoire de Magister. Université El Hadj Lakhdar. Département Sciences de la Terre, Batna, Algérie, 225 p.

17. BAGNOULS, F. & GAUSSEN, H. (1957).- Les climats biologiques et leur classification. [Annales de Géographie](#). 355 (66) : 193-220.

18. BAILLY-CHOUMARA, H., BERNARD, M.R., GRENIER, P., LEROY-MORET, M.C. & MOUCHET, J. (1970).- Note faunistique sur les Simulies (Diptera, Simuliidae) du Nord de la Tunisie. *Cah. O.R.S.T.O.M (série Entomologie Médicale et Parasitologie)*, 8, 4, 377-382.

19. BAILLY-CHOUMARA, H. & BEAUCOURNU-SAGUEZ, F. (1978).- Contribution à l'étude des simulies du Maroc (Diptera, Simuliidae). 1. Le Rif. *Bull. Inst. Sci.*, Rabat, 3, 121-144.

20. BAILLY-CHOUMARA, H. & BEAUCOURNU-SAGUEZ, F. (1981).- Contribution à l'étude des simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. 2. Le Haut-Atlas. *Bull. Inst. Sci.*, Rabat, 5, 39-57.

21. BAHID, F.Z. & KETTANI, K. (2013).- Données génériques préliminaires sur les Empididae (Diptera, Empidoidea) du Rif méditerranéen (Maroc). *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, Série Zoologie, n°49, 59-69*.

22. BAILLY-CHOUMARA, H., BERNARD, M.R., GRENIER, P., LEROY-MORET, M.C. & MOUCHET, J. (1970).- Note faunistique sur les Simulies (Diptera, Simuliidae) du Nord de la Tunisie. *Cah. O.R.S.T.O.M (série Entomologie Médicale et Parasitologie)*, 8, 4, 377-382.

23. BALDACCHINO, F. (2014).- *Ecologie des Tabanidae en zones pastorales méditerranéennes et perspectives de lutte*. Thèse de doctorat. Université Paul-Valéry, Montpellier, France, 248 p.

24. BARBAULT, T. R. (1992).- Ecologie des peuplements: structure, dynamique et évolution. *Masson ed.*, Paris, 273p.

25. BEAUCOURNU-SAGUEZ, F. (1975a).- Récoltes des Simulies (Diptera Simuliidae) dans le sud-est de l'Espagne. *Annales Société Entomologique France*, 11(1) :73-89.

26. BEAUCOURNU-SAGUEZ, F. (1975b).- Sur quelques Simulies (Diptera, Simuliidae) du Nord-Ouest de l'Espagne. *Ann.Pars.Hum.Comp.*, 50(1) :105-122.

27. BEAUMONT, A. & CASSIER P. (2006).- Biologie animale des protozoaires aux métazoaires épithélioneuriens, Tome 2, Ed. DUNOD, Paris, 996p.

28. BEBBA, N. (2004). Etude comparative des effets d'insecticides sur les populations larvaires des *Culicidae* de Constantine et de Oued Righ (Tougourt et Djamaa). Mémoire de Magistère. Université de Mentouri. Constantine.102p.
29. BEGHAMI, Y. (2013).- Ecologie et dynamique de la végétation de l'Aurès : Analyse spatio-temporelle et étude de la flore forestière et montagnarde. Univ. Mouhamed Kheidher, Biskra, 288 p.
30. BELAGOUNE, F. (2012).- *Etude et modélisation des crues des cours d'eaux en milieu semi-aride « Cas des grands bassins versants 05, 06 et 07 »*. Thèse de Magister. Département d'Hydraulique et de Génie Civil, Faculté des Sciences et de la Technologie et Sciences de la Matière, Université d'Ouargla. Ouargla, Algérie, 181 p.
31. BELAZZOUG, S. & MAHZOUL, D. (1986).- Notes sur les phlébotomes (Diptera, Psychodidae) du Hoggar. Arch.Inst.Past.Alger, 55, 113-116.
32. BELAZZOUG, S. et TABET-DERRAZ, O. (1980).- Note sur les Simulies du Tassili N'Ajjer. Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie, 54, 107-108.
33. BELHAJ, H. & KETTANI, K. (2013).- Evaluation de la qualité physico-chimique de l'oued Martil (Rif occidental, Maroc). Gestion et protection de l'environnement, proceedings G-ENVIRON-5, volume 3 : 31-38.
34. BELQAT, B. (2000).- Découverte de *Simulium (Obuchovia) galloprovinciale* et *Simulium (obuchovia) auricoma*: deux nouvelles espèces pour le Nord de l'Afrique. *British Simuliid Group Bulletin*, 15, 15-18.
35. BELQAT, B. & ADLER, P. (2001).- Ecologie et Biogéographie du genre *Prosimulium* Roubaud (Diptera, Simuliidae) dans le Rif (Nord du Maroc). *Zoologica baetica*, 12, 119-134.
36. BELQAT, B., ADLER, P. & DAKKI M. (2001a).- Distribution summary of the Simuliidae of Morocco with new data for the Rif mountains. *British Simuliid Group Bulletin*, 17, 10-16.
37. BELQAT, B., DAKKI, M. & ERRAMI, M. (2001b).- Deux nouvelles Simulies pour le Nord de l'Afrique : *Simulium (Nevermannia) angustitarse* et *Simulium (Simulium) trifasciatum*. *British Simuliid Group Bulletin*, 17, 7-10.
38. BELQAT, B. (2002).- *Etude systématique, écologique et caryologique des Simulies (Diptera : Simuliidae) du Maroc : cas particulier du Rif*. Thèse Doctorat d'Etat es Sciences. Univ. Abdelmalek Essaâdi, Fac. Sci., Tétouan, 322 p.
39. BELQAT, B. & DAKKI, M. (2004).- Clés analytiques des Simulies (Diptera) du Maroc. *Zoologica Baetica*, 15, 77-137.
40. BELQAT, B., DAKKI, M. & EL ALAMI, M. (2005). Estructura Biotipológica de las principales redes hídricas Rifeñas a través de los Simúlidos (Diptera: Simuliidae). *Ecosistemas*, 14, 3, 50-56.
41. BELQAT, B., BENNAS, N., EL ALAMI, M., KETTANI K. & AOULAD ALI S. (2008).- Faune Simulidienne (Diptera : Simuliidae) du bassin versant de Oued Laou (Maroc), *Travaux de l'Institut Scientifique*, Rabat, série générale, n°5, 61-66.

42. BELQAT, B., ADLER, P.H. & CROSSKEY, R.W. (2011).- Faunistic and bibliographical inventory of the blackflies (Diptera: Simuliidae) of Morocco. *Zootaxa*, 2829: 46-58.
43. BENDALI, F. (2006).- Etude bioécologique, systématique et biochimique des Culicidae (Diptera : Nematocera) de la région d'Annaba. Lutte biologique anticulicidienne.Thèse de Doctorat en Biologie Animale.Université de Annaba. 113p.
44. BENGHERBIA, A., HAMAIDI, F., ZAHRAOUI, R., HAMAIDI, M.S. & MEGATELI, S. (2014).- Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'Oued Beni Aza (Blida, Algérie). *Lebanese science journal*, 15(2) : 39-55.
45. BENHISSEN, S., HABBACHI, W., MASNA, F., MECHELI, H., OUKAKID, M. L. & BAIRI A. (2014).- Inventaire Des Culicidae Des Zones Arides Inventory Culicidae dry lands: The case of Oasis Ouled Djellal (Biskra : Algérie) *Revue El Wahat pour les Recherches et les Etudes* Vol.7n°2 : 86 -91.
46. BEN LAMINE, Y., DALY YAHIA-KEFI, O. & DALY YAHIA MOHAMED, N. (2011).- Caractérisation physico-chimique de la partie sud-ouest de la baie de Tunis sous l'influence des apports de l'oued Méliane. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, Vol. 38 :123-129.
47. BEN MOUSSA, A., CHAHLAOUI, A. & ROUR, E. (2013).- Changement de la qualité physico-chimique des eaux de l'oued Khoumane au voisinage de la ville de Moulay Idriss Zerhoun –Maroc. *ScienceLib Editions Mersenne* : Volume 5, N ° 130308 :1-15.
48. BENRABAH, S., BOUSNOUBRA, H., KHERICI, N. & COTE, M. (2013).- Caractérisation de la qualité des eaux de l'oued Kébir Ouest (Nord-Est algérien). *Rev. Sci. Technol., Synthèse* 26: 30-39.
49. BEN TOUATI, L. & BOUZIDI, A. (2012).- Etude de l'impact de la pollution sur oued Bousselam (wilaya de Sétif – nord est de l'Algérie). *ScienceLib Editions Mersenne* : Volume 4, N ° 120108.
50. BERCHI, S. (2000).- *Bioécologie de Culex pipiens L. (Diptera: Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de luttés*. Thèse de Doctorat es Sciences, option Entomologie. Université de Constantine, Algérie, 133 p.
51. BLAYAC, J. (1899).- Le pays des Nememchas à l'est des monts Aurès. *Annales de Géographie*, 38 : 141-159.
52. BONADA, N. (2003).- Ecology of the macroinvertebrate communities in Mediterranean rivers at different scales and organization levels.Doctoral thesis. University of Barcelona, Barcelona, Spain. 355 p.
53. BONADA, N., PRAT N., RESH V. H. & STATZNER B. (2006).- Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*, 51, 495-523.
54. BONTOUX, J. (1993).-Introduction à l'étude des eaux douces.2<sup>ème</sup> édition Tec et Doc Lavoisier, paris, 169p.

55. BORKENT, A. (2012).- World species of biting midges (Diptera: Ceratopogonidae). Available at: <http://www.inhs.uiuc.edu/cee/FLYTREE/CeratopogonidaeCatalog.pdf>. (Last updated: February 28, 2012).
56. BORKENT, A. (2014).- World species of Biting Midges (Diptera: Ceratopogonidae). [+ Number of taxa summarized] <http://wx.inhs.illinois.edu/files/9913/9144/3328/CeratopogonidaeCatalog.pdf>, <http://wx.inhs.illinois.edu/files/7613/9136/7587/WorldCatalogtaxa.pdf> [Update January 20, 2014].
57. BOUKLI HACENE, S. (2012).- *Bioécologie des Coléoptères (Arthropodes-Insectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Tlemcen)*. Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen. Tlemcen, Algérie, 142 p.
58. BOUKRAA, S., BOUBIDI, S.C., ZIMMER, J.Y., FRANCIS, F., HAUBRUGE, E., ALIBENALI-LOUNACI, Z. & DOUMANDJI, S. (2010).- Surveillance des populations de phlébotomes (Diptera: Psychodidae), vecteurs des agents responsables des leishmanioses dans la région du M'Zab-Ghardaïa (Algérie) *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology* 2011 63 (3), 97-101.
59. BOULAABA, S., ZRELLI, S., PLOCIENNIK, M. & BOUMAIZA, M. (2014).- Diversity and distribution of Chironomidae (Insecta: Diptera) of protected areas in North Tunisia *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 415, 06.
60. BOUMAIZA, M. & CLERQUE-GAZEAU, M. (1986).- Le peuplement simuliidien de la Tunisie : I. Inventaire faunistique et Biogéographique (Diptera-Nematocera). *Ann. Limnol.*, 1, 22, 31-39.
61. BOUNAMOUS, A. (2010).- Biosystématique et caractérisation par la biologie moléculaire des phlébotomes de l'Est Algérien. Thèse doctorat. Sci. Bio. Ent. Université Mentouri, Constantine, 302p.
62. BOURNAUD, M. & KECK, G. (1980).- Diversité spécifique et structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques au long d'un cours d'eau : le Furans (Ain). *Acta Oecologica, Oecologica generalis*. 1 (2): 131-150.
63. BOUZIDI, A. & GIUDICELLI, J. (1986). Contribution à l'étude faunistique et écologique des simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. I. Une nouvelle espèce du Haut-Atlas: *Simulium (Nevermannia) toubkal* n.sp. *Ann. Limnol.*, 22, 41-52.
64. 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 Doctorat d'Etat, Univ. Aix-Marseille III, 190 p.
65. BRAHIMI, A. & CHAFI, A. (2014).- Etude écotoxicologique de l'oued Za et de son affluent Oued Tizeghrane (Basse Moulouya, Maroc Oriental). *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (5) 1671-1682.
66. BRAHMI, K., OUELHADJ, A., GUERMAH, D. & DOUMANDJI, S. (2013).- Inventaire des diptères en particulier ceux d'intérêt médico-vétérinaire dans le Barrage Taksebt et la ferme d'élevage à Fréha (région de Tizi-Ouzou, Algérie) 11ème Journée

entomologique de Gembloux «*L'entomologie, une science réservée aux professionnel(le)s*» le samedi 19 octobre 2013.

67. BREMOND, R. & VUICHARD, R. (1973).- Les paramètres de la qualité de l'eau. Ed. La documentation française. Paris. 173p.

68. BROCK, M.L., WIEGERT, R.G. & BROCK, T.D. (1969).- Feeding by *Paracoenia* and *Ephydra* (Diptera : Ephydriidae) on the microorganisms of hot springs. *Ecology*, 50 :192-200.

69. BROOKS, A.J., HAEUSLER, T., REINFELDS, I. & WILLIAMS, S. (2005).- Hydraulic microhabitats and the distribution of macroinvertebrate assemblages in riffles. *Freshwat. Biol.* 50: 331-344.

70. BUSSON, H. (1900).- Les vallées de l'Aurès. *Annales de Géographie*, 43 : 43-55.

71. BYERS, G.B., GELHAUS, J.K. (2008). Tipulidae. In: Merritt RW, Cummins KW, Berg MB, editors. An introduction to the aquatic insects of North America. 4th ed. Iowa: Kendall/Hunt. p. 763–790.

-C-

72. CAIRNS, J. JR. & PRATT, J. R. (1993).- A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In ROSENBERG D. M. & RESH V. H. (eds), Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates, Chapman and Hall, New York, 10–27.

73. CARRIERI, M., MONTEMURRO, E., VITO VALENTINO, S., BELLINI, R. (2007).- Étude sur la hauteur de vol de *Leptoconops noei* et *Leptoconops irritans* dans le sud de l'Italie. *Bulletin d'Insectologie*. 60 (1): 83-87.

74. CASSAR, L. F., GATT, P., LANFRANCO, E., LANFRANCO, S. & MALLIA, A. 2005. Smir Lagoon (Northern Morocco) and its surroundings: an environmental management approach. *Trav.Inst. Sci.*, Rabat, Sér. Gén., 4, 65-74.

75. CHABOUR, N. (2006).- Hydrogéologie des domaines de transition entre l'Atlas Saharien et Plate-Forme Saharienne à l'est de l'Algérie. Thèse Doctorat. Univ. Mentouri, Constatntine, 176p.

76. CHAIB, N., SAMRAOUI, B., MARZIALI, L., ROSSARO, B., (2011). - Chironomid taxocenosis in a south Mediterranean wadi, the Kebir- East. - Studi Trentini di Scienze Naturali 89: 29-34.

77. CHAIB, N., FOUZARI, A., BOUHALA, Z., SAMRAOUI, B. & ROSSARO, B. (2013).- Chironomid (Diptera, Chironomidae) species assemblages in northeastern Algerian hydrosystems. *Journal of Entomological and Acarological Research*, volume 45:e2 ,4-11.

78. CHAHLAOUI, A., RAMDANI, M. & ZAID, A. (1996).- Etude biotypologique de l'oued Boufekrane- Maroc. *TROPICULTURA*, 14, 3 : 94-99.

79. CHAMPOUX, M. & CLAUD, T. (1993).- Elément d'hydrologie. 1<sup>ère</sup> édition revue et revue- les éditions : le griffon d'argiles, 257 p.

80. CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS, C., BELQAT, B., HASSAINE-ABDELLAOUI, K. & YADI, B. (2012).- Check-list des simulies (Diptera: Simuliidae) d'Algérie. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 50, 305–308.
81. CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS, C. (2016).- Caractérisation et modélisation des habitats des Simulies (Diptera : Simuliidae) du bassin versant de la Tafna. Thèse de Doctorat. Univ. Abou Bekr Belkaid. Fac. Sci. Nat. Vie et Sci. Terre et Univers, Tlemcen, Algérie. p 70.
82. CHAOUI BOUDGHANE-BENDIOUIS, C., ABDELLAOUI-HASSAÏNE, K., BELQAT, B. FRANQUET, E., BOUKLI HACENE, S. & YADI, B. (2014).- Habitat Characterization of Black Flies (Diptera : Simuliidae) in the Catchment of Western Algeria. *Open Journal of Ecology*, 4: 1014-1024.
83. CHAOUI, W., BOUSNOUBRA, H., BENHAMZA, M. & BOUCHAMI, T. (2013).- Etude de la pollution des eaux des oueds Seybouse et Mellah (Region de l'Est Algerien). *Rev. Sci. Technol.*, Synthese 26: 50- 56.
84. CHARDY, P., GLEMARC, M. & LAUREC, A. (1976).- Application of inertia methods to benthic marine ecology: practical implications of the basic options. *Estuarine and coastal marine, Science*. 4: 176-205.
85. CHERAIRIA, M., ADLER, P.H. & SAMRAOUI, B. (2014).- Biodiversity and Bionomics of the Black Flies (Diptera: Simuliidae) of Northeastern Algeria. *Zootaxa* 3796 (1): 166–174.
86. CHESSEL, D., LEBRETON, J.D. & YOCCOZ, N. (1987).- Propriétés de l'analyse canonique des correspondances. Une utilisation en hydrobiologie. *Revue de Statistique Appliquée*. 35 (4) : 55-72.
87. CHINO, Y. (1975).- On the aquatic insect communities in shore zone and influents as well as effluents of lakes in Shinshu. *New Entomologist*. 24(1):8–17.
88. CHVALA, M., (2013).- Fauna Europaea: *Empididae*. In: PAPE, T., BEUK, P., de JONG, Y.S.D.M., Fauna Europaea: *Empididae*. Fauna Europaea version 2.6, <http://www.faunaeur.org> (2013).
89. CHVALA, M. & WAGNER, R. (1989).- *Empididae*. In SOOS Á. & PAPP, L. (Eds.), *Catalogue of Palaearctic Diptera*, VI, Therevidae- Empididae. Elsevier Science Publishing, 228–336.
90. CLASTRIER, J. & GRENIER, P. (1961).- Nouvelles récoltes de *Simulium ruficornis* Macq. au Sahara. *Archives de l'institut Pasteur d'Algérie*, 39, 106–107.
91. CLERGUE-GAZEAU, M., LEK, S. & LEK, S. (1991).- Les Simulies d'Afrique du Nord: nouvelles données sur la répartition de la faune du Maroc et biogéographie des espèces maghrébines (Diptera, Simuliidae). *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 24, 47-59.
92. CORNELIU, P. & RĂZVAN, Z. (2007).- FAUNISTIC CONTRIBUTIONS ON SOME DIPTERAN FAMILIES (INSECTA: DIPTERA) FROM TUNISIA [Results of „Punia” 2006 expedition] *du Muséum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa»* Vol. L pp. 447–461.

93. CORNELIU, P., RĂZVAN P. M. & RĂZVAN Z. (2006).- Faunistic data on some dipteran families (Insecta: Diptera) from Morocco (Results of "Hamada" Expedition *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa»* Vol. XLIX pp. 271–281.
94. CRANSTON, P. S. (1983).- The larvae of Telmatogetoninae (Diptera : Chironomidae) of the Holarctic region. Keys and Diagnoses. *Ent. Scand. Suppl.* 19 :17-23.
95. CROSSKEY, R.W. (1969).- The re-classification of Simuliidae of Africa and its Islands. *Bulletin of the British Museum (Natural History) (Entomology)*, Supplement, 14: 1-195.
96. CROSSKEY, R.W. (1970).- Simuliidae (Diptera) from the Channel Island: first records. *Entomologist's Gaz.*, 21, 125-132.
97. CROSSKEY, R.W. (1981).- The identity and Synonymy of *S.(W)pseudequinum* Séguy and occurrence of This Species in England (Diptera : Simuliidae). *Entomologist's Gaz*, 32, 137-148.
98. CROSSKEY, R.W. (1991).- On *Simulium xanthinum*, a curious yellowbodied blackfly of the southwestern Palaearctic region (Diptera: Simuliidae). *Journal of Natural History*, 25, 691-702.
99. CROSSKEY, R.W. & HOWARD, T. (1997).- A new taxonomic and geographical inventory of world blackflies (Diptera: Simuliidae). The Natural History Museum, London, 144 pp.
100. CROSSKEY, R.W. & CROSSKEY, M. (2000).- An investigation of the blackfly fauna of Andalousia, southern Spain (Diptera: Simuliidae), *J. Natur. History*, 34, 895-951.
101. CUMMINS, K.W. (1993).- Invertebrates. In Calow P. & Petts G.E. (eds.), *Rivers Handbook*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, U.K., 243-250.
102. CURLER, G. R. & MOULTON, J. (2012).- Phylogeny of psychodid subfamilies (Diptera, Psychodidae) inferred from nuclear DNA sequences with a review of morphological evidence for relationships. *Systematic Entomology* 37: 603–616.
- D-
103. DAJET, J. (1976).- Les modèles mathématiques en écologie, *Masson Ed.*, Paris, 172p.
104. DAJOZ, R. (1985).- Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliqué. 5<sup>ème</sup> édition. Gauthier Villard, Paris, 505 pp.
105. DAJOZ, R. (2000).- Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliqué. 7<sup>ème</sup> édition. DUNOD, Paris, 615 pp.
106. DEBICHE-ZERGUINE, K. (2010).- Contribution à l'étude des Chironomidae (Diptera, Insecta) des mares temporaires de la Numidie Orientale. Aspect de Biologie, Ecologie et Systématique. Thèse Doctorat. Univ. Badji Moukhtar, Annaba. 319 p.
107. DECAMPS, H. (1971).- La vie dans les cours d'eau. Press universitaires de France N°1452, Paris, 128 p.

108. DEJOUX, C. (1981).- Chironomides. pp 583-616. In : DURAND J. R. & LEVEQUE C. (Eds). Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahelo-Soudanienne. Office de Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris, 1023 p.
109. DEL ROSARIO, R.B. & RESH, V.H. (2000). - Invertebrates in intermittent and perennial streams: is the hyporheic zone a refuge from drying? *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 19, 680-696.
110. DELECOLLE, J.C. (1999).- Ceratopogonidés (Diptera, Nematocera) de Los Monegros. En: MELIC, A. & BLASCO-ZUMETA, J. (Eds.). Manifiesto científico por Los Monegros. *Bol. SEA*, 24: 137.
111. DELETTRE, Y.R. (2000).- Larvae of terrestrial Chironomidae (Insecta: Diptera) colonize the vegetation layer during the rainy season. *Pedobiologia*, 44, 622-26.
112. DELVARE, G. & ABERLENC, P. (1989).- Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Clés pour la reconnaissance des familles. Prifas, Cirad-Gerdat, Montpellier, 302 p.
113. DESPREZ, M. (1981).- Etude du macro benthos intertidal de l'estuaire de la Seine. Thèse Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle. Université de Rouen (France) : 186p.
114. DHOUBI, M.H. (2002) - Introduction à l'entomologie : Morphologie, anatomie, systématique et biologie des principaux ordres des insectes. Centre de publication universitaire, Tunis. p 182.
115. DISNEY, R.H.L. (1975). A midge (Diptera, Ceratopogonidae) new to Britain that is abundant in the limestone pavement of the Yorkshire Pennines. *Entomologist's Monthly Magazine* 110: 227-228.
116. DJEMAÏ, M. & MESBAH, M. (2007).- Caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux du bassin versant de l'oued Aissi (Grande Kabylie, Algérie). *Bull. Serv. Géol. Nat.* 19 (1) : 51-70.
117. DOMINIAK, P. (2012).- Biting midges of the genus *Dasyhelea* KIEFFER (Diptera: Ceratopogonidae) in Poland, *Polish Journal Of Entomology*, vol. 81: 211-304.
118. DRIAUACH, O. BELQAT, B. & DE JONG, H. (2013).- A first checklist of the short-palped crane flies (Diptera: Limoniidae, Pediciidae) of Morocco. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, n° 53 : 187-190.
119. DRIAUACH, O. et BELQAT, B. (2015a).- A new species of the genus *Baeoura* from Morocco, with a key to the West Palaearctic species (Diptera, Tipuloidea, Limoniidae). *ZooKeys* 532: 99–105.
120. DRIAUACH, O., [KRZEMINSKA, E.](#) & [BELQAT, B.](#) (2015b).- Genus *Trichocera* in Morocco: first records from Africa and a new species (Diptera: Trichoceridae). *Zootaxa* 4059 (1): 181–190.
121. DRIAUACH, O. BELQAT, B. (2016).- Additions to the Limoniidae and Pediciidae fauna of Morocco, with an updated checklist (Diptera, Tipuloidea). *ZooKeys* 563: 129–146.

122. DRIAUAACH, O. (2017).- Biodiversité diptérienne des écosystèmes aquatiques du Rif : cas particulier des Limoniidae. Thèse de doctorat, Université Abdelmalek Essaâdi – Tétouan, Maroc.

123. DUCHEZ, J. & LOY, M. (2005).- La classification ascendante hiérarchique. Projet d'analyse de données. Insa ; Rouen.

-E-

124. EDWARDS, F.W. 1923. One some Algerian species of *Simulium*. British Museum. *Entomologiske Meddelelser, (Natural history)*, I, 4, 647-653.

125. EL ALAMI, M. & DAKKI, M. (1998).- Peuplements d'Ephéméroptères et de Trichoptères de l'oued Laou (Rif occidental, Maroc) : distribution longitudinale et biotypologie. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, n°21 (1997-1998), pp. 51 -70.

126. EL HAOUARI, H. & KETTANI, K. (2014a).- Premier inventaire des Tabanidés (Diptera: Tabanidae) du Rif occidental (Maroc) *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 2014, n°36, 00-00.

127. EL HAOUARI, H. & KETTANI, K. (2014b).- Les Tabanidae (insecta : Diptera) du Maroc *Bull. Soc. zool. Fr.*, 2014, 139(1-4) : 91-105.

128. EL HARYM, Y. & BELQAT, B. (2017).- First checklist of the fruit flies of Morocco, including new records (Diptera, Tephritidae). *ZooKeys* 702: 137–171.

129. EL IMRANI, K. & KETTANI, K. (2014).- Dynamique de la structure des communautés benthiques après des perturbations hydrologiques et morphologiques dans l'oued Ez-Zarka (bassin Martil, Rif occidental, Maroc), *Méditerranée* [En ligne], 118 | 2012, mis en ligne le 30 mai 2014, consulté le 01 octobre 2016. URL : <http://mediterranee.revues.org/6166> ; DOI : 10.4000/mediterranee.6166.

130. EL JOUBARI, M., HAJJI, K., HIMMI, O., EL ALAMI, M., EL AGBANI, M. A. & LOUAH, A. (2015).- Etude des Macroinvertébrés (Gastéropodes, Diptères et Odonates) des marais de Smir-Restinga (Nord-Ouest du Maroc). *Faunistic Entomology*, 68, 17-31.

131. ELOUARD, J.M. (1981).- Diptères : Caractères généraux, clés systématiques et familles peu importantes. In : Durand Jean-Rene (ED.), Leveque Christian (ED.). Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne : tome 2. Paris : ORSTOM, (45), 553-567.

132. EMBERGER, L. (1930).- La végétation de région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux, 1 graphique. *Revue générale de botanique. Paris.* 42 : 38 p.

133. EMBERGER, L. (1955).- Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot. Montpellier.* 7 : 3-43.

134. ERROCHDI, S., EL ALAMI, M., BENNAS, N., BELQAT, B. & ATER, M. (2012).- Étude de la qualité physicochimique et microbiologique de deux réseaux hydrographiques nord marocains : Laou et Tahaddart. *Méditerranée* n°118 : 41-51.

-F-

135. FEMINELLA, J.W. & RESH, V.H. (1990).- Hydrologic influences, disturbance and intraspecific competition in a stream caddisfly population. *Ecology*, 71: 2083-2094.
136. FERGANI, H. et ARAB, A. (2013).- Utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de pollution d'Oued El-Harrach. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems" CIPCA4 TAGHIT (Bechar) – ALGERIA, 19-21 November, 2013
137. FOOTE, B. A. (1982).- Biology And Immature Stages Of *Setacera Atrovirens*, A Grazer Of Floating Algal Mats (Diptera: Ephydriidae)' Proc. *Entomol. Soc. Wash.* 84(4), 1982, pp. 828-844.
138. FRIEDRICH, G., CHAPMAN, D. & BEIM, A. (1992).- The use of biological material. In D. Chapman, Chapman & Hall (eds.), Water quality assessment - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition, 171-238.

-G-

139. GAAGAI, A. (2009).- *Etude hydrologique et hydrochimique du bassin versant du barrage de Babar sur oued El Arab région Est de l'Algérie*. Magister Thesis, Université De Batna 2. 108 p.
140. GAGNEUR, J. & CLERGUE-GAZEAU, M. (1988).- Les Simulies d'Algérie (Diptera, Simuliidae). I. Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest algérien. *Ann. Limnol.*, 24, 3, 275-284.
141. GARAH, K., CHAFAI, C. & BENTOUATI, A. (2016).- Évolution spatiotemporelle des écosystèmes forestiers à Pin d'Alep de l'Aurès oriental (Algérie). *Rev. For. Fr.* LXVIII (3): 217-229.
142. GASMI, I., DJABRI, L., HANI, A. & LAMOUREUX, C. (2006).- Pollution des eaux de l'oued medjerda par les nutriments. *Larhyss Journal*, 5 :113-119.
143. GAUD, J. (1953).- Notes biogéographiques sur les Culicidés du Maroc. *Archive de l'Institut Pasteur du Maroc* 4(7), p. 443-490.
144. GAUTHIER, H. (1928).- *Recherche sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie*. Thèse Doctorat es- Sciences. Minerva, Alger, Algérie, 149 p.
145. GAWHARA, M., ABU EL-HASSAN, M. & BADRAWY, H. B. M. (2010).- Cladistic analysis of Egyptian horse flies (Diptera: Tabanidae) based on morphological data. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 3, 2, 51-62.
146. GENIN, B., CHAUVIN, C. & MENARD, F. (2003).- *Cours d'eau et indices biologiques : pollution – méthodes – IBGN*. (2e éd). Educargi édition, Dijon. France. 224 pp.

147. GERHART, A. & JANSSENS DE BISTHOVEN, L. (1995).- Behavioural, developmental and morphological responses of Chironomus gr. thummi larvae (Diptera, Nematocera) to Aquatic pollution. Journal of Aquatic Ecosystem Health 4: 205-214.
148. GIUDICELLI, J. (1968).- *Recherches sur le peuplement, l'écologie et la biogéographie d'un réseau hydrographique de la Corse centrale, I-II*. Thèse de Doctorat, Univ. Aix-Marseille, France, 437 p.
149. GIUDICELLI, J. & BOUZIDI, A. (1989).- Contribution à l'étude faunistique et écologique des Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. III. Deux espèces nouvelles du Haut Atlas : *Simulium (Simulium) atlasicum* n.sp. et *Simulium (Simulium) berberum* n.sp. *Ann. Limnol.*, 25, 145-158.
150. GIUDICELLI, J., BOUZIDI, A. & AIT ABDELAALI, N. (2000).- Contribution à l'étude faunistique et écologique des simulies (Diptera: Simuliidae) du Maroc. IV. Les simulies du Haut Atlas. Description d'une nouvelle espèce. *Ann. Limnol.*, 36, 57-80.
151. GONZALEZ, M. A., LOPEZ, S., & GOLDARAZENA, A. (2013).- New record of the biting midge *Leptoconops noei* in northern Spain: notes on its seasonal abundance and flying height preference. *Journal of Insect Science*: Vol. 13 : 1-10.
152. GRALL, J. & HILY, C. (2003).- Traitement des données situationnelles (Faune). *Rebint. FT.10- 2003 -01*. Doc.
153. GRALL, J. & COÏC, N. (2005).- Une synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Laboratoire des Sciences de l'environnement marin. REF. Ifremer Dyneco/ Vigies/ 06-13/ Rebent.
154. GRENIER, P. & THEODORIDES, J. (1953).- Simulies (Dipt. Simuliidae) du Maroc. *Archives Institut Pasteur Maroc*, 4, 429-441.
155. GRENIER, P. & CLASTRIER, J., (1960).- Une simolie saharienne: *Simulium ruficornis* Macquart. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*. 38, 329-330.
156. GRENIER, P., FAURE, P.R. & LAURENT, J. 1957. Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc (Deuxième mémoire). *Archives Institut Pasteur Maroc*, 5, 218-242.
157. GRICHANOV, I. Y. (2011).- A Brief Synopsis of Palaearctic Genera of the Family Dolichopodidae (Diptera). *Ukrainska Entomofaunistyka* 2(2) :11-40.
158. GROGAN, W.L. & WIENERS, J.A. (2006).- A new species of the biting midge genus *Dasyhelea* KIEFFER (Diptera: Ceratopogonidae) from the Bahamas. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 108: 467-473.

-H-

159. HAFIANE, M., HAMZAOU, D., BOUCHELOUCHE, D., MEBARKI, M. & ARAB, A. (2013).- Application de l'I.B.G.N et du B.M.W.P' sur un oued temporaire d'Algérie. *Application of the I.B.G.N and B.M.W.P' on the intermittent river in Algeria*. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems" CIPCA4 TAGHIT (Bechar) – ALGERIA, 19-21 November, 2013.

160. HAMEL, A. (2009).- *Hydrogéologie des systèmes aquifères en pays montagneux à climat semi-aride. Cas de la vallée d'oued El Abiod (Aurès)*. Mémoire de Magister en Géologie. Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire. Université de Constantine. Constantine, Algérie, 231 p.
161. HAWKES, H. A. (1979).- Invertebrates as indicators of river water quality. In James A. & Evison L. (Eds.), *Biological indicators of water quality 2*. Chichester, Great Britain: Wiley, 1–45.
162. HEBERT, S. & LEGARE, S. (2000).- *Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau*. Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec 24. Envirodoq no ENV-2001-0141. Rapport n° QE-123.
163. HILY, C. (1984).- *Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest*. Thèse Doctorat d'état. Université. Bretagne Occidentale, Brest (France) : 696p.
164. HIMMI, O. (2007).- *Les culicidés (Insectes, diptères) du Maroc: Systématique, écologie et études épidémiologiques pilotes*. Thèse de doctorat d'Etat, Université Mohamed V, Faculté des Sciences de Rabat, Maroc, 288 p.
165. HIMMI, N., FEKHAOUI, M., FOUTLANE, A., BOURCHIC, H., EL MMAROUFY, M., BENAZZOUT, T. & HASNAOUI, M. (2003).- *Relazione plankton-parametri fisici chimici in un bacino dimaturazione (laguna mista Beni Slimane –Morocco*. Rivista Di Idrobiologia. Universitadegli studi di perugia, Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia laboratorio Di Idrobiologia “G.B. Grassi”, pp.110–111.
166. HOTELLING, H. (1933).- “Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components”, *Journal of Educational Psychology*, 24, 417-441 and 498-520.
167. HOTELLING, H. (1936). – Relations Between Two Sets of Variates”, *Biometrika*, 28, 321-337. INAGAKI, H. (1967). –Mise au point de la loi de Motomura et essai d'une écologie évolutive. *Vie Milieu 18, (1-B)*, 153-166p.
168. HULDEN, L. & HULDEN, L. (2014).- Checklist of the Culicidae (Diptera) in Finland. In: Kahanpaa J, Salmela J (Eds) Checklist of the Diptera of Finland. ZooKeys 441: 47–51. doi: 10.3897/zookeys.441.7743.
169. HYNES, H.B.N., (1960).- *The biology of Polluted Waters*. Liverpool Univ. Press. Liverpool, England, 202 p.

-J-

170. JACKSON, J. M. & MCLACHLAN, A. J. (1991).- Rain pools on peat moorland as island habitats for midge larvae. *Hydrobiologia*. 209, 59-65.
171. JEZEK, J. & BARTAK, M. (2000).- Psychodidae. BARTAK M., VANHARA J., eds. *Diptera in an industrially affected region (North-western Bohemia, Bilina and Duchcov environs)*. I. *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Biol.*, 104: 93-100.

-K-

172. KAMBIRÉ, O., ADINGRA, A.A., EBLIN, S.G., AKA, N., KAKOU, A.C. & KOFFI-NEVRY, R. (2014).- Caractérisation des eaux d'une lagune estuarienne de la Côte D'Ivoire : La lagune Aby. *Larhyss Journal n° 20* : 95-110.
173. KARR, J. R. (1991).- Biological integrity. A long-neglected aspect of water resource management. *Applied Ecology*, 1, 66–84.
174. KARROUCH, L. & CHAHLAOUI, A., Bio-évaluation de la qualité des eaux de l'oued Boufekrane (Meknes, Maroc) *Biomatec Echo*, 03 (6) (2009) 6 – 17.
175. KETTANI, K., EL OUAZZANI, T. & CALLE MARTINEZ, D. 2001- Mise à jour de l'inventaire des Chironomidae (Diptera) connus de Maroc. *Ann. Limnol.* 37 (4) : 323-333.
176. KETTANI, K. & LANGTON, P.H. (2011). New data on the Chironomidae (Diptera) of the Rif (Northern Morocco). *Pol. J. Entomol.*, 80, 587–599.
177. KETTANI, K. & LANGTON, P.H. (2012).- Les Chironomidae du Maroc (Diptera, Nematocera) = Chironomidae of Morocco (Diptera, Nematocera), *Bulletin de la Société entomologique de France*, vol. 117, n°4, pp. 411-424.
178. KHARI, O. (1987). - Etude des phlébotomes (Diptera, Phlebotominae) de Constantine. Mém.DES.en biologie animale, Université de Constantine, 43p.
179. KHELFAOUI, F. & ZOUINI, D. (2010).- Gestion intégrée et qualité des eaux dans le bassin versant du Saf-Saf (wilaya de Skikda, nord-est algérien). *Nature et Technologie*, n° 03 : 50-56.
180. KIMURAA, G., MISHIMAB, T. & HIRABAYASHI, K. (2011).- Species composition and abundance of craneflies (Diptera: Tipulidae) in the highland lakes of Japan. *Journal of Freshwater Ecology* Vol. 26, No. 1, March 2011, 91–97.
181. KIEFFER, J.J (1925).- Diptères (Nématocères piqueurs) : Chironomidae, Ceratopogonidae. Faune n°11. Ed.Faune de France, Paris, 183p.
182. KLEIN, L. (1959). - River Pollution : Chemical Analysis. Butter-worths, Londres : 206p.
183. KOSMALA A. (1998).- Evaluation ecotoxicologique de l'impact des effluents de station d'épuration sur les cours d'eau : intérêt d'une approche intégrée. Thèse de doctorat. Univ. de METZ. 189p.

-L-

184. LAFFITTE R. (1939).- *Etude géologique de l'Aurès*. Thèse Sci. Paris. B.S.G.A. 1° série. N°11, 484 p.
185. LAIR X., LIVORY A. & SAGOT P. (2010).- Inventaire préliminaire des taons de la Manche (Diptera Tabanidae) *Bull. trim. ass. Manche-Nature, L'Argiope N° 70 (2010)*.
186. LANGTON P. & CASAS J., 1999 - Changes in chironomid assemblage composition in two Mediterranean mountain streams over a period of extreme hydrological conditions. *Hydrobiologia*, 390: 37-49.

187. LEBART, L., MORINEAU, A. & FENELON, J .P. (1982).- Traitement des données statistiques méthodes et programmes ; *Dunod édition. Paris.* 518p.
188. LEBRETON J.D, CHESSEL D., PRODON R. & YOCCOZ N. (1988).- L'analyse des relations espèces-milieu par l'Analyse canonique des correspondances. I. Variables de milieu quantitatives. *Acta Oecologia. Oecol. Gener.* 9 : 53-67.
189. LE BRIS H. (1988).- Fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers au contact d'estuaires : la rade de Lorient et la baie de Vilaine. Thèse Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest (France) : 311p.
190. LECLERCQ M. (1968).- Tabanidae (Diptera) du Maroc IV. Diagnose de *Pangonius hassani* n. sp. *Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux*, 3, 4, 21–23.
191. LEE K.M. & CHAN K.L. (1985).- The biology of *Dasyhelea ampullariae* in monkey cups at Kent Ridge (Diptera: Ceratopogonidae). *Journal of the Singapore National Academy of Science* 14: 6-14.
192. LEGENDRE L. & LEGENDRE P. (1984).- Ecologie numérique. I. Le traitement multiple des données écologiques ; II. La structure des données écologiques. 2<sup>ème</sup> ed., *Masson ., Presses de l'Université du Québec*, Paris : 260p./335p.
193. LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. (1998).- Numerical ecology. Elsevier, Amsterdam, 853 p.
194. LHADI, E.K., MOUNTADAR, M. & TOUNSI, A. (1996). Pollution par les nitrates des eaux souterraines de la zone littorale de la province d'El Jadida (Maroc). *Hydrogeol.*, 3, 21-23.
195. LEYNAUD, G. & VERREL, J. L. (1980).- Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions, 1-80 in Pesson P., (La pollution des eaux continentales, incidence sur les biocénoses aquatiques). Gautier-Villards. (Ed.). Paris, 345p.
196. LOBINSKE, R.J., ALI A. & STOUT J., 1996. Qualitative and quantitative studies on Chironomidae and selected physico-chemical parameters in two tributaries of the Wekiva river, central Florida. *Florida Entomol.* 79 (4), 531-542.
197. LOUNACI, A. (1987).- Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (Grande Kabylie). Thèse de Magister. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Institut des Sciences de la Nature, Alger, 133 p.
198. LOUNACI, Z. (2003).- Biosystématique et bioécologie des Culicidae (Diptera, Nematocera) en milieu rurale et agricole. Thèse Magister Inst.Nati.Agro. El Harrach, 324p.
199. LOUNACI, A., BROSSE, S., AIT MOULOUD, S., LOUNACI-DAOUDI, D., MEBARKI, N. & THOMAS, A.G.B. (2000a).- Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sébaou River basin (Tizi-Ouzou). *Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse.* 136 : 43-55.

200. LOUNACI, A., BROUSSE, S., THOMAS, A.G.B. & LEK, S. (2000b).- Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream : the Sébaou wadi. *Annls Limnol.* 36 (2): 123-133.

201. LOUNACI, A. (2014).- Diversité de la faune macro-invertébrés benthiques d'Algérie. 4ème Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie & 5èmes Journées Franco-Tunisiennes de Zoologie Korba –Tunisie du 13 au 17 novembre 2014.

-M-

202. MADIGOU, E. (2005).- Influence du statut trophique de cours d'eau sur les fonctionnalités microbiennes des biofilms (Epipsammonet Epilithon), thèse de l'université Claude-Bernard-Lyon 1, France, 235p.

203. MAKHOUKH, M., SBAA, M., BERRAHOU, A. & CLOOSTER, M., (2011).- Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental). *Larhyss Journal.* 1112-3680 (09): 149-169.

204. MAOUI, A., KHEROUF, M. & DERRADJI, F. (2011). Évolution de la pollution des eaux de l'Oued El Mellah (Djelfa région steppique de l'Algérie). *Afrique SCIENCE* 07(3) : 49 – 54.

205. MARTINEZ, M. (1986).- Les Dipteres Stratiomyidae 1<sup>ère</sup> partie. CAH. Liaison O.P.I.E. vol. 20 (3) : 62,5-16.

206. MARTINEZ, M. (2013).- Caractéristiques morphologiques de l'ordre (Diptera). Disponible depuis <http://ephytia.inra.fr/fr/C/7562/Insectes-Caracteristiques-morphologiques>. (Consulté 26 janvier 2018).

207. MATILE, L. (1993).- Les diptères d'Europe occidentale, introduction, techniques d'étude, et morphologie (Nematocères et Brachycères orthorhaphes et Aschizes). Ed Boubée, Paris, 439p.

208. MCMULLIN, E. R., BERGQUIST, D. C. & FISHER, C. R. (2000).- Metazoans in Extreme Environments: Adaptations of Hydrothermal Vent and Hydrocarbon Seep Fauna. *Grav. Space. Biol. Bul.* 13 (2) : 13-23.

209. MEHARZI, M.K.E. (2010).— *Forêt, géosystème et dynamique du milieu (le cas de l'Aurès)*. Thèse de Doctorat. Univ. Mentouri de Constantine. Constantine, Algérie, 258 p.

210. MEIGEN, J.W. (1800).- Nouvelle classification des mouches à deux ailes. *Bull. Zool. Nomencl.* ; (18) : 9-64.

211. MELGHIT, M. (2012).- Qualité physico-chimique, pollution organique et métalliques des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Mém. Magistère, Univ. Mentouri, Constantine, Algérie, 144p.

212. MELQUIOT, P. (2003).- *1.100 mots et abréviation de l'environnement et développement durable*. Recyconsulte. Lyon. France. 190 pages

213. MESSAI, N., BERCHI, S., BOULKNAFD, F. & LOUADI, K. (2011).- Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie), *Faunistic Entomology* 2011 (2010) 63 (3), 203-206.
214. MICHELSEN, V. (2014).- Checklist of the family Anthomyiidae (Diptera) of Finland. In: KAHANPAA J. & SALMELA J. (Eds) Checklist of the Diptera of Finland. *ZooKeys* 441: 369–382.
215. MITARD, A.E. (1941).- Aperçu des grands traits géographique de l'Aurès, Algérie. *Revue de géographie alpine*. Tome 29, n°4 : 557-578.
216. MOISAN, J. & PELLETIER, L. (2008).- *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2008*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-53590-4 (version PDF), 86 p.
217. MOUBAYED, J., AIT-MOULOUD, S. & LOUNACI, A. (1992).- Les Chironomides (Diptera) d'Algérie. Bassin de l'oued Aïssi (Grande Kabylie). *NachrBl. Bayer. Ent.*, 41(1) :21-29.
218. MOUBAYED, J., LOUNACI, A. & LOUNACI-DAOUDI, D. (2007).- Non-biting midges from Algeria, North Africa (Diptera, Chironomidae). -*Ephemera* 8: 93-99.
219. MOUNI, L., MERABET, D., ARKOUB, H. & MOUSSACEB, K. (2009).- Étude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie). *Science et changements planétaires*. 20 (4) : 360-6.
220. MOUNJID, J., COHEN, N., FADLAOUI, S., BELHOUARI, A., OUBRAIM S. (2014).- Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique du cours d'eau Merzeg (périurbain de Casablanca, Maroc). *Larhyss Journal*, n° 18 : 31-51.
221. MULLEN, G.R. & DURDEN, L.A. (2002).- *Medical and veterinary entomology*. Academic Press, Amsterdam ; Boston. p. 597.

-N-

222. NAGATOMI, A. & STUCKENBERG, B. R. (2004).- Insecta: Diptera, Athericidae p 791-797 in *Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region* [Catherine Mary Yule](#), [Hoi-Sen Yong](#) Ed. Academy of Sciences Malaysia, 861pp.
223. NISBET, M. & VERNAUX, J. (1970).- Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annls. Limnol.* 6 : 161-190.
- 224.

-O-

225. O.M.S. (Organisation Mondiale de la Santé), 1989. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. 3ème rapport du comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, rapport technique n°776 de l'OMS. Genève (Suisse). 156p.
226. O.N.M., (2012).- Office national de la météorologie.
227. OOSTERBROEK, P. (2007).- *The European Families of the Diptera. Identification. Diagnosis. Biology.* KNNV Publishing, Utrecht, 205 p.
228. OOSTERBROEK, P. (2010).- Catalogue of the craneflies of the world [Internet]. [Accessed 2010 August 15]. Available from: <http://nlbif.eti.uva.nl/ccw/index.php>.
229. OOSTERBROEK, P. (2011).- Catalogue of the craneflies of the world [Internet]. Last [Update : 1 nov 2017], Available from: <http://ccw.naturalis.nl/index.php>.
230. OOSTERBROEK, P. (2014).- Catalogue of the Craneflies of the World. Online available at <http://nlbif.eti.uva.nl/ccw/index.php> (latest version 21 March 2014).
231. OOSTERBROEK, P. (2015).- Catalogue of the Craneflies of the World (Insecta, Diptera, Nematocera, Tipuloidea). <http://ccw.naturalis.nl/index.php> [version 26 November 2015].
232. OUHMIDOU, M., CHAHLAOUI, A., KHARROUBI, A., CHAHBOUNE, M. (2015).- Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage Hassan Addakhil d'Errachidia (Maroc). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (6) : 1663-1671.
233. OULDJAOUI, A. BEKHOUCHE, N. & MARNICHE, F. (2017).- Contribution to the study of the biodiversity of benthic invertebrates and the biological quality of some rivers in the watershed Boumerzoug (East of Algeria). *J Fundam Appl Sci.*, 9(1), 234-260.
- P-
234. PAL ARADI, M. (1958).- Tabanidae Extrait de FAUNA HUNGARICAE Vol. XIV - Diptera I - 9 fasc. AKADEMIAI KIADO BUDAPEST 43-74.
235. PANIS, A. (2010).- Habitats, quelques espèces de Sud de la Province, parasitoïdes des Ephydriidae (Diptera) Neotrichoporoides gordensis Graham (Hymenoptera : Eulophidae). *Bull. Soc. Ent. Mulhouse*, 66(1) : 1-15.
236. PAPE, T., BLAGODEROV, V. & MOSTOVSKI, M.B. (2011) Order Diptera Linnaeus, 1758. In: Zhang Z-Q (Ed) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* 3148: 222-229.
237. PARROT, L. (1949). Quelques notes sur les Simulies d'Algérie. *Archives Institut Pasteur, Algérie*, 27, 3, 273-275.
238. PASCOE, D., WILLIAMS, K. A. & GREEN, D. W. J. (1989).- Chronic toxicity of Cadmium to Chironomus riparius Meigen-effets upon larval development and adult emergence. *Hydrobiologia* 175 : J09-115.
239. POTELON, J.-L. & ZYSMAN, K. 1998. *Le guide des analyses de l'eau potable*. Édition naturelle, p. 249.

240. PUSCH, M.H.E. (1996).- *Clinocerinae* (Diptera: Empididae) from Corsica with description of six new species. *Annals de Limnol.*, 32, 3, 171-184.

-R-

241. RAMADE, F. (2002).- Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2ème Ed. *DUNOD*. Paris. 1075 pp.

242. RAMADE, F. (2003).- Elément d'écologie. Ecologie fondamentale. 3<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, Rapport bibliographique. Ecole doctorale Vie-Agro-Santé Université de Rennes. 23p.

243. REJESK, F. (2002).-Analyse des eaux aspect réglementaire et technique. Edition, CRDP d'aquitaine.63-69p.

244. REGGAM, A., BOUCHELACHEM, H. & HOUHAMDI, M. (2015).- Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis. *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (5): 1417-1425.

245. RERBOUDJ A.M. (2005).- *Essai de quantification de l'érosion et perspective de la protection du barrage des gazelles contre l'envasement*. Mémoire de Magister. Département de Sciences de la Terre, Université de Batna. Batna, Algérie, 147 p.

246. RESH, V.H., MYERS, M.J. & HANNAFORD, M.J. (1996).- Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality. In : *Methods in Stream Ecology*, *Academic Press*. 647-667.

247. REUSCH, H. & OOSTERBROEK, P. (1997).- Diptera Limoniidae and Pediciidae, Short-palped Crane Flies. In: Nilsson A (Ed.) *Aquatic Insects of North Europe 2*: 105–132.

248. ROBERT P. (2001).- Les insectes. Delachaux et Niestlé SA, Paris. pp. 243-244.

249. REZGUI Z. (2013).- Caractérisation des crues de oued abiod au droite de la retenue du barrage de Foug El Gherza (Biskra). Mémoire Master, Univ. Mohamed Khider, Biskra, 110 p.

250. RIHANI, A. (2008).- Etude hydrogéologique du bassin de Bouzina (Sous-bassin versant de l'oued Abdi- Massif des Aurès). Mém. De Magistère. Univ. El Hadj Lakhdar, Batna, 157 p.

251. RODIER, J. (1984).- L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer), 7<sup>ème</sup> Ed., Dunod Edition, Paris, France. 177 pp.

252. RODIER, J. (1996).- L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. Dunod 8<sup>e</sup> Ed., Paris, 1383 p.

253. RODIER, J. (2009).- L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. Dunod 9<sup>e</sup> Ed., Paris, 1600pp.

254. RODIER, J., BAZIN, C., BROUTIN, J. P., CHAMPSAUR, H. & RODI, L. (2005).- L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer. 8ème Ed. *DUNOD*. Paris, 1383 pp.
255. RONDEROS, M.M., SPINELLI, G.R., LAGER, I. & DIAZ, F. (2003).- La importancia sanitaria de los jejenes del género *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) en Argentina. *Entomología y Vectores* 10: 601-612.
256. ROSENBERG D.M. & RESH V.H. (1993).- Introduction to Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M., Resh, V.H., Eds., *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, Chapman & Hall, New York, 1-9.
257. ROSSARO B., (1991a).- Chironomids of stony bottom streams: a detrended correspondence analysis. *Archiv für Hydrobiologie*, 122: 79-93.
258. ROSSARO B. (1991b).- Factors that determine Chironomidae species distribution in fresh waters. *Boll. Zool.*, 58: 281-286.
259. RYCKEWAERT P., DEGUINE J.P., BREVAULT T. & VAYSSIERES J.F. (2010).- Fruit flies (Diptera: Tephritidae) on vegetable crops in Reunion Island: state of knowledge, control methods and prospects for management. *Fruits* 2010, 65: 113-130.

-S-

260. SALMELA J., PETRAŠIŪNAS A. (2014).- Checklist of the infraorder Tipulomorpha (Trichoceridae, Tipuloidea) (Diptera) of Finland. In: KAHANPAA J. & SALMELA J. (Eds) Checklist of the Diptera of Finland. *ZooKeys* 441: 21–36. doi: 10.3897/zookeys.441.7533
261. SANSEVERINO, A.M. & NESSIMIAN, J.L. (2001).- Habitats de larvas de Chironomidae (Insecta, Diptera) em riachos de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. - *Acta Limnol. Bras.* 13: 29-38.
262. SANTOS, C. M. D. & DALTON, D. S. A. (2007).- *Chrysopilus* (Diptera: Rhagionidae) from Brazil: redescription of *Chrysopilus fascipennis* Bromley and description of eleven new species, *Zootaxa* 1510: 1–33.
263. SATCHELL, G.H. (1955) New and little known Algerian and Canary Island Psychodidae. *Annals of the Natal Museum* 13: 101–120.
264. SATHER, O.A. & SPIES, M. (2013).- Fauna Europaea: Chironomidae. In: Pape T, Beuk P (Eds) *Fauna europaea: Diptera*, version 2.6. <http://www.faunaeur.org/>.
265. SCRIMGEOUR, G.J., PROWSE, T.D., CULP, J.M. & CHAMBERS, P.A. (1994).- Ecological effects of river ice break-up: a review and perspective, *Freshwater biology* 32, p. 261-275.
266. SEGUY, E. (1923).- *Diptères* Anthomyidae. Fed. Franc, des Sci. Nat. Faune de France, Ed. Lechevalier, Paris. Vol. 6, 393 pp.
267. SEGUY, E. (1930).- Contribution à l'étude des Diptères du Maroc. *Mémoires de la Société des Sciences Naturelles du Maroc*, 14, 1-206.

268. SEGUY, E. (1950).- *La Biologie des Diptères*. Paris, Ed. Paul Lechevallier, 609 p.
269. SELLAM, N., VINOLAS, A., ZOUGGAGHE, F. & MOULAI, R. (2016).- L'utilisation des Coléoptère, Epheméroptère et Diptera comme bio indicateurs de la qualité des eaux de quelques oueds en Algérie. *Butlleti de la Institutio Catalana d'Historia Natural*, 80 :47-56.
270. SENEVET, G. (1931).- Contribution à l'étude des nymphes d'Anophelinés. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 9, p.20.
271. SENEVET, G. (1935). Les *Anopheles* de la France et de ces colonies, Part 1: *France, Corse, Afrique, Madagascar, La Reunion* · [nach diesem Titel suchen]. Lechevalier, Paris, 1935. 361 pp.
272. SENEVET, G. (1947a). - Le genre *Culex* en Afrique du Nord. I-Les larves. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 25, 107-136, 4 pls.
273. SENEVET, G. (1947b).- Le genre *Culex* en Afrique du Nord. I bis - Clef de détermination. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 25, 212-213.
274. SENEVET, G. (1949).- Le genre *Culex* en Afrique du Nord. II- Les armatures génitales mâles *Arch Inst Pasteur Algérie*, 27, 48-65.
275. SENEVET, G. (1954).- Le genre *Culex* en Afrique du Nord. III- Les adultes. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 32, 36-70.
276. SENEVET, G. & PRUNNELLE, M. (1928).- Les Anophèles d'Algérie. Leur diagnose d'après l'armature génitale des mâles. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 6, 468-485.
277. SENEVET, G. & FRATANI, L. (1938).- *Anopheles d'thali* Patton dans le Sud oranais. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 16, 320-321.
278. SENEVET, G & ANDARELLI, L. (1954).- Le genre *Aedes* en Afrique du Nord. I- Les larves. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 32, 310-351.
279. SENEVET, G. & ANDARELLI, L. (1955).- A propos de *A. algeriensis*. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 33, 269-272.
280. SENEVET, G. & ANDARELLI, L. (1956).- *Les Anophèles de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen*. Lechevalier, Paris, *Encycl. Ent.*33, 280 p.
281. SENEVET, G. & ANDARELLI, L. (1958).- Le genre *Aedes* en Afrique du Nord. II- Les nymphes. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 36, 266-292.
282. SENEVET, G. & ANDARELLI, L. (1959). - Un nouveau caractère pour la diagnose des larves de *Culex*. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 37,447-461.
283. SENEVET, G. & ANDERLLI, L. (1960).- *Les Anophèles de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen*. *Encycl. Ent. Paris*, pp.33.
284. SENEVET, G. & ANDARELLI, L. (1963a).- Les Moustiques de l'Afrique du Nord et du Bassin méditerranéen. II- Les *Aedes*, *I è r e p a r t i e* : généralités. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 41, 115-141, 17 figs.

285. SENEVET, G. & ANDARELLI, L. (1963b).- Les Moustiques de l'Afrique du Nord et du Bassin méditerranéen. III- Les *Aedes*, 2ème partie: description des espèces. Sous-genre *Ochlerotatus*: groupe B. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 41, 142-172.
286. SENEVET, G. & ANDARELLI, L. (1964a).- Durée de la survie des larves d'*Anopheles multicolor* hors de leurs gîtes naturels. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 42, 60-72.
287. SENEVET, G. & ANDARELLI, L. (1964b). - Les Moustiques de l'Afrique du Nord et du Bassin méditerranéen. III- Les *Aedes*, 2ème partie (suite) : description des espèces. Sous-genre *Ochlerotatus*: groupe E. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 42, 94-144.
288. SENEVET, G. & ANDARELLI, L. (1964c).- Les Moustiques de l'Afrique du Nord et du Bassin méditerranéen. III-Les *Aedes*, 2ème partie (suite) : description des espèces. Sous-genre *Ochlerotatus*: groupe G. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 42, 145-192.
289. SENEVET, G. & ANDARELLI, L. (1966).- Les Moustiques de l'Afrique du Nord et du Bassin méditerranéen. III-Les *Aedes*, 2ème partie (suite) : description des espèces. Sous-genre *Ochlerotatus*: groupe H. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 44, 51-74.
290. SENEVET, G., GAUD, J. & MILLET, A. (1949).- Validité de l'espèce *Culex mauritanicus* Callot, 1940. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 27, 42-47.
291. SENEVET, G. ANDARELLI, L. & DUZER, A. (1954).- Sur la présence en Algérie de *Aedes longitubus* Cambournac et sur quelques espèces de moustiques peu communes en Afrique du Nord. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 32, 266-275.
292. SENEVET, G., ANDARELLI, L. & REHM G. (1955).- Anomalies chez une larve de *A. maculipennis*. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 33, 279-290
293. SENEVET G., CLASTRIER, J. & MORVAN, R. (1959).- Une nouvelle station d'*Anopheles (Myzomyia) d'thali* Patton dans le Sahara français. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 37, 165-166.
294. SENEVET, G. BERNET, I., CLASTRIER, I. & ABONNENC, E. (1960).- Présence d'*Anopheles (Myzomyia) d'thali* Patton en deux régions de l'Afrique voisines de l'Atlantique, sa répartition géographique dans le continent africain. *Arch. Inst. Pasteur Algérie*, 38, 108-111.
295. STARÝ, J. (2004).- Revision of European species of the genus *Rhabdomastix* (Diptera: Limoniidae). Part 2: Subgenus *Rhabdomastix* s. str. *Eur. J. Entomol.* 101: 657–687.
296. STROBL, B.G. (1909a).- Die Dipteren von Steiermark. II Nachtrag. Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, 46: 45-293.
297. STROBL, B.G. (1909b).- Bombyliidae, Therevidae, Empididae. In: Czerny L. & G. Strob: Spanische Dipteren. III. Beitrag. *Verh. Zool. Bot. Ges. Wien*, 59, 121-301.
298. STUCKI, P. (2010).- Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoobenthos – niveau R. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1026: 61 p.

299. SURCOUF, M.J. (1913).- Note on the Tabanidae of Algeria and Tunis. [Archives de l'Institut Pasteur du Tunis](#) pp.183-186 pp.

300. SZADZIEWSKI, R., BORKENT, A. & DE JONG, H. (2004). éditeur. Fauna Europaea: Ceratopogonidae. *Fauna Europaea: Diptera: Nematocera, version 1.0-27*. Disponible en ligne: <http://www.faunaeur.org/>

-T-

301. TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNAUD, M. & USSEGLIO-POLATERA, P. (2006).- *Invertébrés d'eau douce: Systématique, Biologie, Ecologie*. 15<sup>e</sup> édition, CNRS Edition, Paris, France, 587 p.

302. TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNARD, M. & USSEGLIO-POLATERA, P. (2010).- *Invertébrés d'Eau Douce, Systématique, Biologie, Ecologie*. Paris, Ed. CNRS, 588 pp.

303. TAMALOUST, N. (2007). – Bioécologie des Nématocères dans l'Algérois. Essai de lutte biologique par *Metarhizium anisopliae* contre les larves de *Culex pipiens* L, (Nematocera, Culicidae). Thèse Magister, Inst. nati. agro, El Harrach, p 152.

304. TAZI, O., LOUTFI, M., CASANOVAS, P.F. & FAHDE, A. (2004).- Impact du climat sur le réseau hydrographique Nfefikh (Meseta atlantique du Maroc). *Sécheresse* 15 (4) : 361-5.

305. TER BRAAK, C.J.F. (1986).- Canonical Correspondence Analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*. 67: 1167-1179.

306. TER BRAAK, C.J.F. (1987).- The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*. 69:69-77.

307. THIENEMANN, A. (1954).- *Chironomus*, Leben, Verbreitung und Wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. *Die Binnengewässer*, 20: 1-834.

308. THOMAS, A.G.V. (1979a).- “*Chrysopilus tsacasi* n. sp., Rhagionidae nouveau du Haul Atlas Marocain (Diptera, Brachycera),” *Bul. Soc. Hist. nat. Toulouse* 115(1, 2), 136–139.

309. THOMAS, A. (1979b).- Diptères torrenticoles peu connus. VI. Les Dixidae du sud-ouest de la France (Nematocera) (*Dixa puberula* Loew, 1849. Ecologie, microhabitat et intérêt pratique pour le dépistage des pollutions per les stations touristiques de montagne). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse* 115: 242–268.

310. TRARI, B. (1991).- *Culicidae (Diptera): Catalogue raisonné des peuplements du Maroc et études typologiques de quelques gîtes du Gharb et de leurs communautés larvaires*. Thèse de 3eme cycle, Université Mohamed V, Faculté des Science de Rabat, Maroc, 209 p.

311. TRARI, B., DAKKI, M. HIMMI, O. & El AGBANI, M.A. (2002).- Les moustiques (Diptera, Culicidae) du Maroc, *Revue bibliographique (1916-2001) et inventaire des espèces*. *Bull Soc Pathol Exot*, 95, 4, 329-334.

-U-

312. USSEGLIO-POLATERA, P., THOMAS, S., BEISEL, J.-N. & MORETEAU, J.C. 1999- Illustration de la valeur indicatrice des caractéristiques biologiques des macroinvertébrés d'une communauté benthique à différentes échelles d'observation. *Annls Limnol.* 35 (1) 1999 : 71-80.

-V-

313. VAILLANT, F. (1952).- Quelques Empididae nouveaux pour l'Algérie. *Revue franç. Ent.*, XIX, 1, 64-67.

314. VAILLANT, F. (1954).- Quelques Empididae de France et d'Algérie. *Encyclop. Entom.*, XI., 57-63.

315. VAILLANT, F. (1955a).- *Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord.* Mém. Mus. H. N., A, 11, 258 p.

316. VAILLANT, F. (1955b).- Recherche sur la faune Madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Mémoire du National d'histoire Naturelle Série A. Zoologie. Tome XI, fascicule unique 233-246.

317. VAILLANT, F. (1956).- Contribution à l'étude des diptères Empididae du Grand Atlas marocain. *Bull. Coc. Sc. Nat. Phys. Maroc*, 36, 61-71.

318. VAILLANT, F. (1964).- Révision des Empididae Hemerodromiinae de France, d'Espagne et d'Afrique du Nord (Dip.). *Annales de la Société Entomologique de France*, 133, 143-170.

319. VAILLANT, F. (1966).- Utilisation des Diptères Psychodidae comme indicateur de certains caractères des eaux courantes. *Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 16, 1721-1725.

320. VAILLANT, F. (1967).- La répartition des *Wiedemannia* dans les cours d'eau et leur utilisation comme indicateurs de zones écologiques [Diptera, Empididae] - *Annales de Limnologie*, t. 3, fasc. 2, p267-293.

321. VAILLANT, F. & VINÇON G. (1986).- Quelques Clinocerini (Diptera, Empididae, Hemerodromiinae) nouveaux ou mal connu des Pyrénées. *Annls Limnol.*, 22, 3, 261-275.

322. VAYSSIERES, J.F. (1999). Les relations plantes-insectes chez les Dacini (Diptera-Tephritidae) ravageurs des Cucurbitacées à La Réunion. Thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturel de Paris.

323. VOELZ, N.J. & MCARTHUR, J.V. (2000).- An exploration of factors influencing lotie insect species richness. *Biodiversity and Conservation*. 9: 1543-1570.

-W-

324. WAGNER, R. (1987).- Tunesische Psychodiden (Diptera, Psychodidae). *Entomofauna* 8: 9-25.

325. WAGNER, R. (1995).- Empididen aus dem Mitteleerraum (Diptera, Empididae: Hemerodromiinae und Clinocerinae), *Acta Entomologica Slovenica* 3,1: 5-23.
326. WAGNER, R., BARTA'K, M., BORKENT, A., COURTNEY, G. , GODDEERIS, B., HAENNI, J.P., KNUTSON, L., PONT, A., GRAHAM, E. ROTHERAY,, ROZKOS'NY', R. , SINCLAIR, B., WOODLEY, N., T. ZATWARNICKI, , ZWICK, P. (2008).- Global diversity of dipteran families (Insecta Diptera) in freshwater (excluding Simuliidae, Culicidae, Chironomidae, Tipulidae and Tabanidae), *Hydrobiologia* 595:489–519.
327. WALKER, I.R., WILSON, S.E. ET SMOL, J.P. (1995).- Chironomidae (Diptera): quantitative palaeosalinity indicators for lakes of western Canada. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*52(5), p. 950-960.
328. WARD, J. V. & STANFORD, J. A. (1983).- The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. Pages 29-42 in T. D. Fontaine and S. M. Bartell, editors. Dynamics of lotic ecosystems. Ann Arbor Sciences, Ann Arbor, MI.
329. WIRTH, W.W., 1954- A new genus and species of Ephydriidae (Diptera) from a California sulphur spring. *Wasmann Journal of Biologie*, 12 :195-202.
330. WIRTH, W.W. 1978. New species and records of intertidal biting midges of the genus *Dasyhelea* KIEFFER from gulf of California (Diptera: Ceratopogonidae). *Pacific Insects* 18: 191-198.
331. WOODLEY, N.E. (2001).- A World Catalog of the Stratiomyidae (Insecta: Diptera). *Myia* 11: 1–473.
332. WOODLEY, N.E. (2011).- A World Catalog of the Stratiomyidae (Insecta: Diptera): A Supplement with Revisionary Notes and Errata. In: Brake I, Thompson FC (Eds) Contributions to the Systema Dipterorum (Insecta: Diptera). *Myia* 12. Pensoft Publishers & North America Dipterists Society, Sofia, Moscow & Washington D.C., 379–415.

-Y-

333. YANG, D., ZHANG, K., YAO, G. & ZHANG, J. (2007).- *World Catalog of Empididae (Insecta: Diptera)*. China Agricultural University Press, Beijing, 599.
334. YIMLAHI, D., USTUNER, T., ZINEBI, S. & BELQAT, B. (2017).- New records of the soldier flies of Morocco with a bibliographical inventory of the North African fauna (Diptera, Stratiomyidae). *ZooKeys* 709: 87–125.

-Z-

335. ZARROUK, A. KAHIME, K., BOUSSAA, S. & BELQAT, B. (2016).- Ecological and epidemiological status of species of the *Phlebotomus perniciosus* complex (Diptera : Psychodidae, Phlebotominae) in Morocco. *Parasitol Res.* 115 (3) : 1045-1051.
336. ZATWARNICKI, T. & KAHANPÄÄ, J. (2014).- Checklist of the family Ephydriidae of Finland (Insecta, Diptera). In: KAHANPÄÄ J., SALMELA J. (Eds) Checklist of the Diptera of Finland. *ZooKeys* 441: 339–346.

337. ZEMOURA, A. K. 2005. Etude comparative de quelques méthodes de dosage du phosphore assimilable des sols calcaires en région semi-aride (Batna). Mémoire de Magister, Université El hadj Lakhdar de Batna, 182 p.
338. ZENATI, N. & MESSADI, D. (2015).- Système d'évaluation de la qualité des eaux superficielles - Application au bassin versant côtier constantinois Est. *Le Journal de l'Eau et de l'Environnement*, 120-131.
339. ZOUGGAGHE, F., MOUNI, L. & TAFER, M. (2014).- Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam (Nord de l'Algérie). *Larhyss Journal*, 17 : 21-33.
340. ZOUGGAGHE, F., TAFER, M. & MOUNI, L. (2015).- effet du climat sur les peuplements aquatiques dans le bassin versant de la Soummam (nord de l'Algérie), *International Journal for Environment & Global Climate Change*, Vol 3, Issue 2, 54-65.

# *Annexe*

### Annexe 1 : Calendrier des prélèvements

Prélèvement	Oued	Station	Date	Heure	Remarque
1	O. El Hai	Haï1	24/01/2008	14 :50	
		Haï2		15 :50	
		Fd2		16 :34	
		Fd1			A sec
		Til		17 :25	
	O. Abdi	Br	25/01/2008		A sec
		Dj		9 :00	
		Mn		10 :05	
		Nd			A sec
		Th		11:40	
	O. El Abiod	Fg	26/01/2008	9:00	
		M'ch		10:17	
		Gh	25/01/2008	11:20	
		Tf		12:30	
Ar		13:35			
In		15:15			
2	O. El Hai	Haï1	27/02/2008	14:30	
		Haï2		15:38	
		Fd2		17:30	
		Fd1			A sec
		Til		16:25	
	O. Abdi	Br	28/02/2008	07 :05	A sec
		Dj		08:03	
		Mn		10:19	
		Nd			A sec
		Th		10:45	
	O. El Abiod	Fg	28/02/2008	19:15	
		M'ch		18:25	
		Gh		16:15	
		Tf		15:26	
		Ar		13:55	
In		12:30			
3	O. El Hai	Haï1	27/03/2008	17:40	
		Haï2		18:30	

		Fd2		18:43	Pompage d'eau	
		Fd1		19 :00	Mousse blanche sur l'eau	
		Til		19:15	Pollué	
	O. Abdi	28/03/2008	Br			A sec
			Dj	16:20	Apparition des algues	
			Mn	15:46		
			Nd		A sec	
			Th	14:45		
	O. El Abiod	28/03/2008	Fg	06:30		
			M'ch	07:41		
			Gh	09:40		
			Tf	11:00		
			Ar	12:20		
			In	13:00		
4	O. El Hai	Haï1	24/04/2008	14:04	Pompage d'eau	
		Haï2		14:55	Flaques Polluées + Odonates	
		Fd2		15:05		
		Fd1		15 :25		
		Til		15:38		
	O. Abdi	25/04/2008	Br			A sec
			Dj	16:20	Algues vertes	
			Mn	15:46	Sources sèches	
			Nd		A sec	
			Th	14:45		
	O. El Abiod	25/04/2008	Fg	06:30		
			M'ch	07:41		
			Gh	09:40		
			Tf	11:00		
Ar			12:20			
In			13:00			
5	O. El Hai	Haï1	30/05/2008	05:05		
		Haï2		05:58		
		Fd2		06:31	Pompage d'eau	
		Fd1				

	O. Abdi	Til	30/05/2008	07:20	Mousse	
		Br			A sec	
		Dj		10:20		
		Mn		11:04		
		Nd			A sec	
		Th			A sec	
	O. El Abiod	Fg	31/05/2008	05:00	Vent	
		M'ch		06:30		
		Gh		07:41		
		Tf		09:40	A sec	
		Ar		11:00		
		In		12:20	Algues vertes	
6	O. El Hai	Haï1	27/06/2008	18 :30	App. Odonates Etroitement du lit	
		Haï2		16 :22	Que des petites flaques	
		Fd2		16 :47	Pompage de l'eau	
		Fd1			A sec	
		Til		17 :22		
	O. Abdi	Br			A sec	
		Dj		14:11		
		Mn		13 :25	Apparition des algues vertes	
		Nd			A sec	
		Th		11 :40		
	O. El Abiod	Fg			19 :41	
		M'ch			05:16	
		Gh			07 :34	
		Tf				A sec
		Ar			10 :20	
		In			11 :30	Flaque avec faible écoulement d'eau
7	O. El Hai	Haï1	30/07/2008		A sec	
		Haï2		19 :21	Grandes flaques après la crue	
		Fd2		19 :02		
		Fd1			A sec	

	O. Abdi	Til	31/07/2008	18 :15	Changement du lit après la crue		
		Br			A sec		
		Dj		15 :41	Odonates		
		Mn		14 :39	Changement du lit après la crue		
		Nd			A sec		
	O. El Abiod	Th			A sec		
		Fg		07 :04	Odonates		
		M'ch		05 :40	Changement du lit après la crue		
		Gh		07 :55	Crue		
		Tf		09 :18			
		Ar			A sec		
	8	O. El Haï		In	29/08/2008	12 :37	Forte pluie
				Haï1		05 :50	Pluie- Aval sec
				Haï2		07 :25	Flaques
				Fd2		08 :41	Odonates Beau temps
Fd1							
O. Abdi		Til	10 :15				
		Br					
		Dj	14 :30	A sec			
		Mn	15 :05	Algues vertes			
		Nd					
O. El Abiod		Th					
		Fg	16 :05				
		M'ch	13 :58	Eaux troublée (2 j après la crue)			
		Gh	11 :20	Même remarque que M'ch - Odonates			
		Tf	09 :43	Même remarque que M'ch			
	Ar	08 :45	Eaux vaseuses (2j après la crue)				
	In	07 :20	Faune pas bien installée, changement du lit après la crue				

9	O. El Haï	Haï1	24/09/2008	06 :26	A sec
		Haï2			
		Fd2		08 :25	Pompage de l'eau Algue verte à l'aval
		Fd1			
		Til		10 :03	Odonates - Papillon
	O. Abdi	Br			
		Dj			
		Mn	13 :20	Peu de nuages Papillon	
		Nd			
	O. El Abiod	Th			
		Fg	26/09/2008	16 :00	
		M'ch		14 :50	Forte pluie
		Gh		07 :20	Nuages-pluie faible
		Tf		12 :17	Pluie
Ar					
In	10 :13	Nuages-pluie faible			
10	O. El Haï	Haï1	31/10/2008		Crues
		Haï2			
		Fd2			
		Fd1			
		Til			
	O. Abdi	Br			
		Dj			
		Mn			
		Nd			
		Th			
O. El Abiod	Fg	30/10/2008			
	M'ch				
	Gh				
	Tf				
	Ar				
	In				
11	O. El Haï	Haï1	29/11/2008	14 :15	
		Haï2		08 :49	
		Fd2		09 :49	La faune n'a pas

	O. Abdi				encore installée
		Fd1		10 :40	
		Til		11 :20	
		Br	28/11/2008	07 :20	La faune n'a pas encore installée
		Dj		07 :50	Temps nuageux peu de pluie
		Mn		09 :20	Même que Dj
	Nd				
	Th				
	O. El Abiod	Fg	27/11/2008	16 :30	Vent
		M'ch		14 :48	Beau temps barrage détruit après la crue
		Gh		08 :32	Vent très fort
		Tf		10 :32	
		Ar		12 :25	
		In		14 :05	
	12	O. El Häi	Häi1	29/12/2008	14 :40
Häi2			12 :49		
Fd2			11 :50		
Fd1			10 :30		
Til			10 :00		peu pluie
O. Abdi		Br	28/12/2008	16 :30	
		Dj		08 :00	Volume d'eau très élevé
		Mn		09 :42	Volume d'eau très élevé + DJ
		Nd		11 :12	
		Th			Eau très troublée
O. El Abiod		Fg	27/12/2008	12 :45	Amont pollué - Papillon
		M'ch		11 :10	Pompage de l'eau
		Gh		08 :30	Eau peu troublé - Crues
		Tf		16 :50	
		Ar		15 :20	Eau peu troublé
	In	13 :50			
13	O. El	Häi1	30/01/2009	11 :20	

	Haï	Haï2		10 :25	Crue, vitesse très élevée, l'eau très troublée et son niveau est élevé, largeur est grandit
		Fd2		10 :15	
		Fd1		10 :07	
		Til		09 :42	
	O. Abdi	Br	29/01/2009	17 :46	
		Dj		16 :05	vitesse et turbidité élevées
		Mn		15 :00	Vitesse et turbidité très élevées
		Nd		14 :05	Lit élargit
		Th		12 :30	
	O. El Abiod	Fg		16 :01	Lit très élargit, niveau d'eau élevé, faune n'est pas encore installée
		M'ch		14 :50	Crue, vitesse très élevée, l'eau très troublée et son niveau est élevé, largeur est grandit
		Gh		08 :20	
		Tf		08 :48	
		Ar		09 :30	
	In		10 :05	3 jours après la crue	
14	O. El Haï	Haï1	28/02/2009		Crue, déversement du barrage
		Haï2			Crue, eau très troublée (+ pollution et mousse à Til, neige à Tha)
		Fd2			
		Fd1			
		Til			
	O. Abdi	Br	27/02/2009		
		Dj			
		Mn			
		Nd			
	O. El Abiod	Th			
		Fg		08 :00	
M'ch				Eau très troublée (+ neige à Ar)	
Gh					

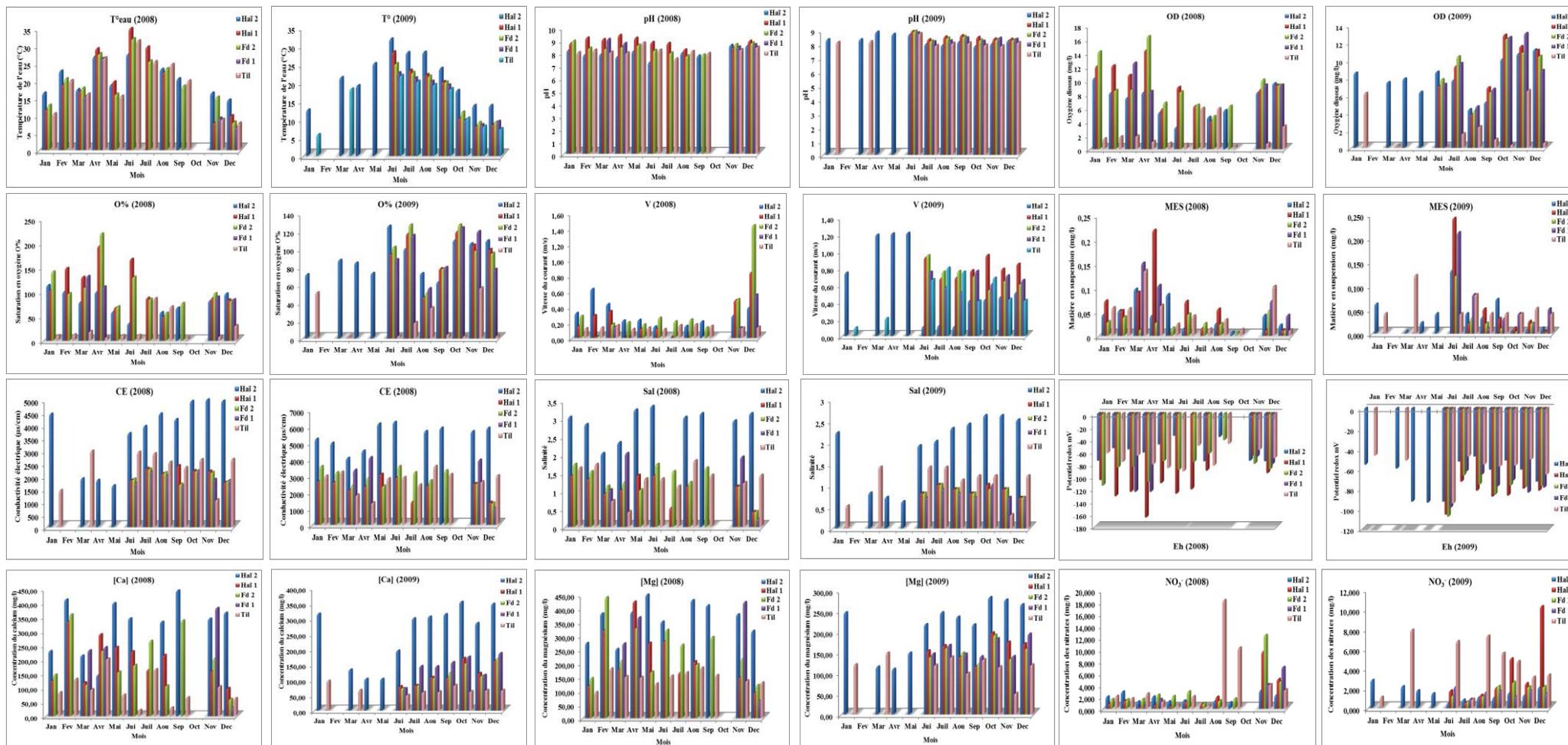
		Tf			
		Ar			
		In		11 :25	
15	O. El Haï	Haï1	29/03/2009		Lit très élargit, niveau d'eau et turbidité + élevés que le mois passé
		Haï2			Crue
		Fd2			
		Fd1			
		Til			
	O. Abdi	Br			Eau très troublée
		Dj			Crue, turbidité élevée
		Mn			
		Nd			
	O. El Abiod	Th	28/03/2009		Pluie
		Fg			
		M'ch			
		Gh			Eau très troublée
		Tf			Lit élargit, pluie
Ar				Vent	
16	O. El Haï	Haï1	01/05/2009	09 :45	
		Haï2			Eau très troublée
		Fd2			
		Fd1			
		Til			
	O. Abdi	Br	30/04/2009	11 :50	
		Dj		18 :00	Turbidité élevée
		Mn		16 :40	
		Nd		15 :15	Pluie
		Th		13 :35	
	O. El Abiod	Fg		15 :25	
		M'ch			Eau très troublée, turbidité très élevée à Gh
		Gh			
		Tf			
Ar					

		In		10 :33	Faible pluie	
17	O. El Haï	Haï1	22/05/2009	19 :22	Crue	
		Haï2				
		Fd2				
		Fd1				
		Til				
	O. Abdi	Br			Crue, Eau troublée	
		Dj				
		Mn				
		Nd		12 :05		
				Th		11 :02
	O. El Abiod	Fg	23/05/2009	06 :58	Crue	
		M'ch				
		Gh				
		Tf			Crue, lit élargit et divisé	
Ar						
In		08 :20				
18	O. El Haï	Haï1	29/06/2009	14 :00	mousse, très polluée	
		Haï2		11 :55		
		Fd2		09 :50		
		Fd1		08 :30		
		Til		07 :36		
	O. Abdi	Br	28/06/2009		A sec	
		Dj		07 :45		
		Mn		09 :35	Algues vertes denses	
		Nd		11 :28		
		Th		17 :10		
	O. El Abiod	Fg	27 et 28/06/2009	17 :35	Algues vertes denses	
		M'ch		15 :45		
		Gh		08 :15		
		Tf		10 :03	forme de station changée à cause de crue + quelques algues	
		Ar		12 :00		
				In		14 :40
	19	O. El	Haï1	31/07/2009	10 :34	quelques algues et

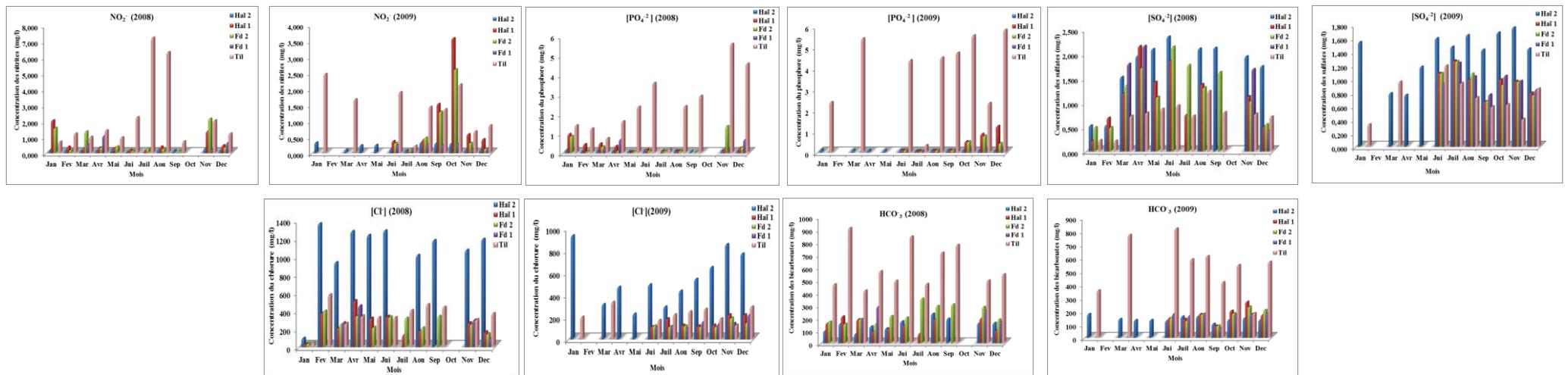
	Haï		30/07/2009		végétation	
		Haï2		09 :36	Algues vertes	
		Fd2		08 :49	Algues vertes(-), brunes(+)	
		Fd1		08 :17	Algues vertes et brunes	
		Til		07 :40		
	O. Abdi	Br				
		Dj		16 :08	Algues vertes denses	
		Mn		15 :18		
		Nd		14 :45		
		Th		14 :00		
	O. El Abiod	Fg		11 :50	Apparition des algues	
		M'ch		06 :15	Eau très troublée	
		Gh		07 :44	Eau peu troublée	
		Tf		09 :00		
		Ar		10 :24		
		In		11 :37	Algues vertes très denses	
20	O. El Haï	Haï1	30/08/2009	11 :15		
		Haï2		09 :48		
		Fd2		08 :55		
		Fd1		08 :00		
		Til		07 :18	Eau mousseuse, forte pollution	
	O. Abdi	Br				
		Dj	13 :06	Algues mortes		
		Mn	11 :30			
		Nd		Eau très troublée		
		Th				
	O. El Abiod	Fg	30/08/2009	06 :45	Crue, l'eau très troublée, largeur du lit est agrandi	
		M'ch				
		Gh				
		Tf				
		Ar				
In		08 :23				

21	O. El Haï	Haï1	30/09/2009	09 :37	Algues – temps nuageux	
		Haï2		08 :41		
		Fd2		08 :20	Même substrat changement de forme du lit après la crue	
		Fd1		07 :56		
		Til		07 :21		
	O. Abdi	Br	29/09/2009	16 :22		
		Dj		15 :30		
		Mn		15 :00		
		Nd		14 :17		
		Th		13 :30		
	O. El Abiod	Fg	29/09/2009	10 :47	Algues	
		M'ch		07 :00	Faune n'a pas encore bien installer	
		Gh		08 :17		
		Tf		09 :20	Réduction du lit	
		Ar		10 :16		
In	11 :24	Lit élargit				
22	O. El Haï	Haï1	30/10/2009	11 :48		
		Haï2		10 :35		
		Fd2		09 :49		
		Fd1		09 :13		
		Til		08 :37		
	O. Abdi	Br		12 :50		
		Dj		14 :47	Pluie	
		Mn		16 :45		
		Nd		15 :44		
		Th		14 :49		
	O. El Abiod	Fg		31/10/2009	17 :40	
		M'ch			16 :40	
		Gh			07 :44	Apparition de qlq. Algues
		Tf			09 :00	
		Ar			10 :15	
In		11 :45				
23	O. El	Haï1	30/11/2009	11 :31		

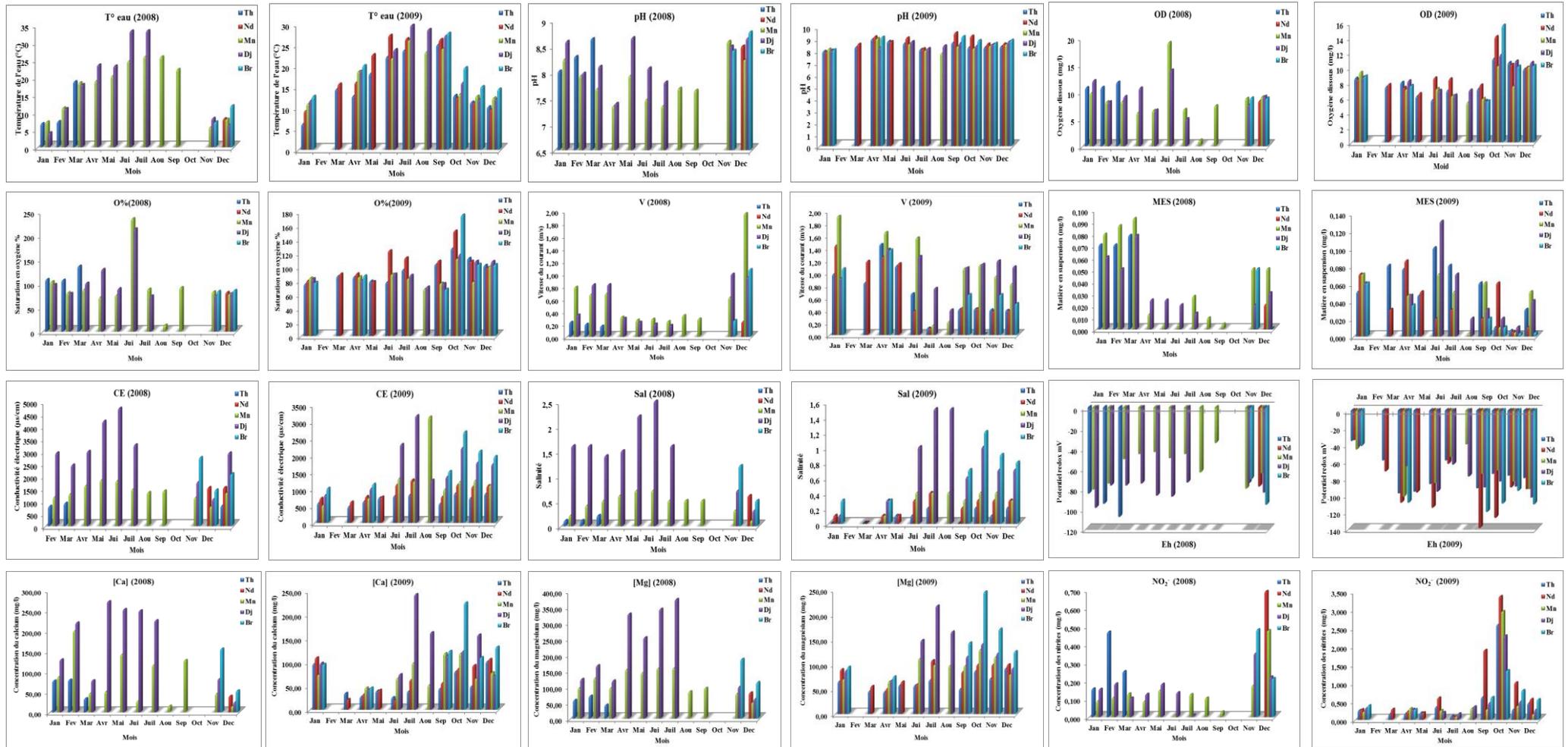
	Haï	Haï2		10 :37	
		Fd2		10 :10	
		Fd1		09 :50	
		Til		09 :20	
	O. Abdi	Br	29/11/2009	16 :35	
		Dj		15 :51	
		Mn		15 :20	
		Nd		14 :50	
		Th		14 :05	
	O. El Abiod	Fg	29/11/2009	07 :25	
		M'ch		08 :10	
		Gh		09 :20	
		Tf		10 :15	
		Ar		11 :00	
		In		11 :47	
24	O. El Haï	Haï1	31/12/2009	11 :35	
		Haï2		10 :30	
		Fd2		10 :15	
		Fd1		09 :47	
		Til		09 :23	
	O. Abdi	Br	30/12/2009	16 :33	
		Dj		15 :43	
		Mn		15 :11	
		Nd		14 :35	
		Th		14 :00	
	O. El Abiod	Fg	30/12/2009	07 :52	
		M'ch		08 :48	
		Gh		09 :45	
		Tf		10 :35	
		Ar		11 :27	
In		12 :17			



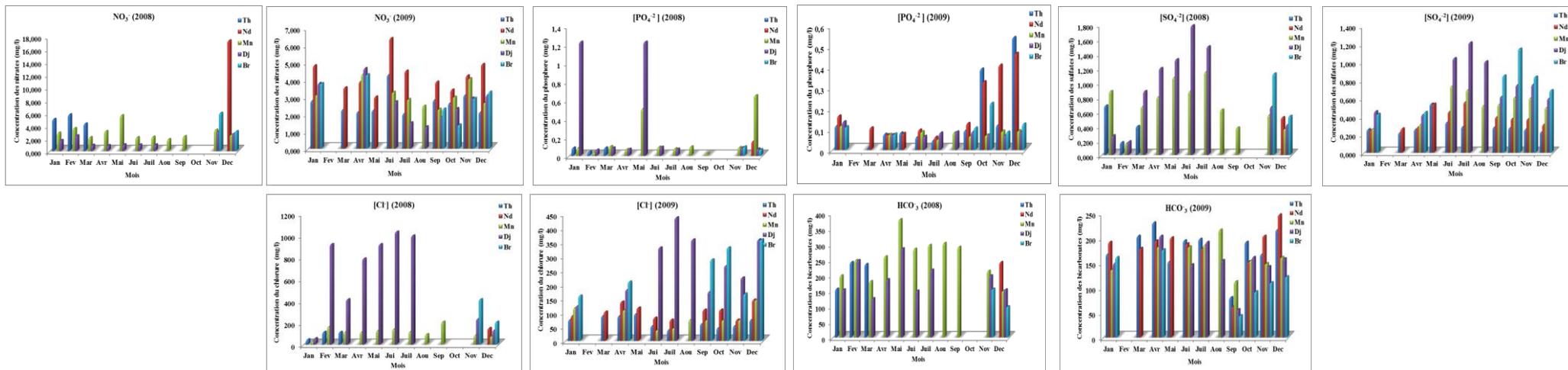
**Annexe 2.a.** Variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'oued El Haï.



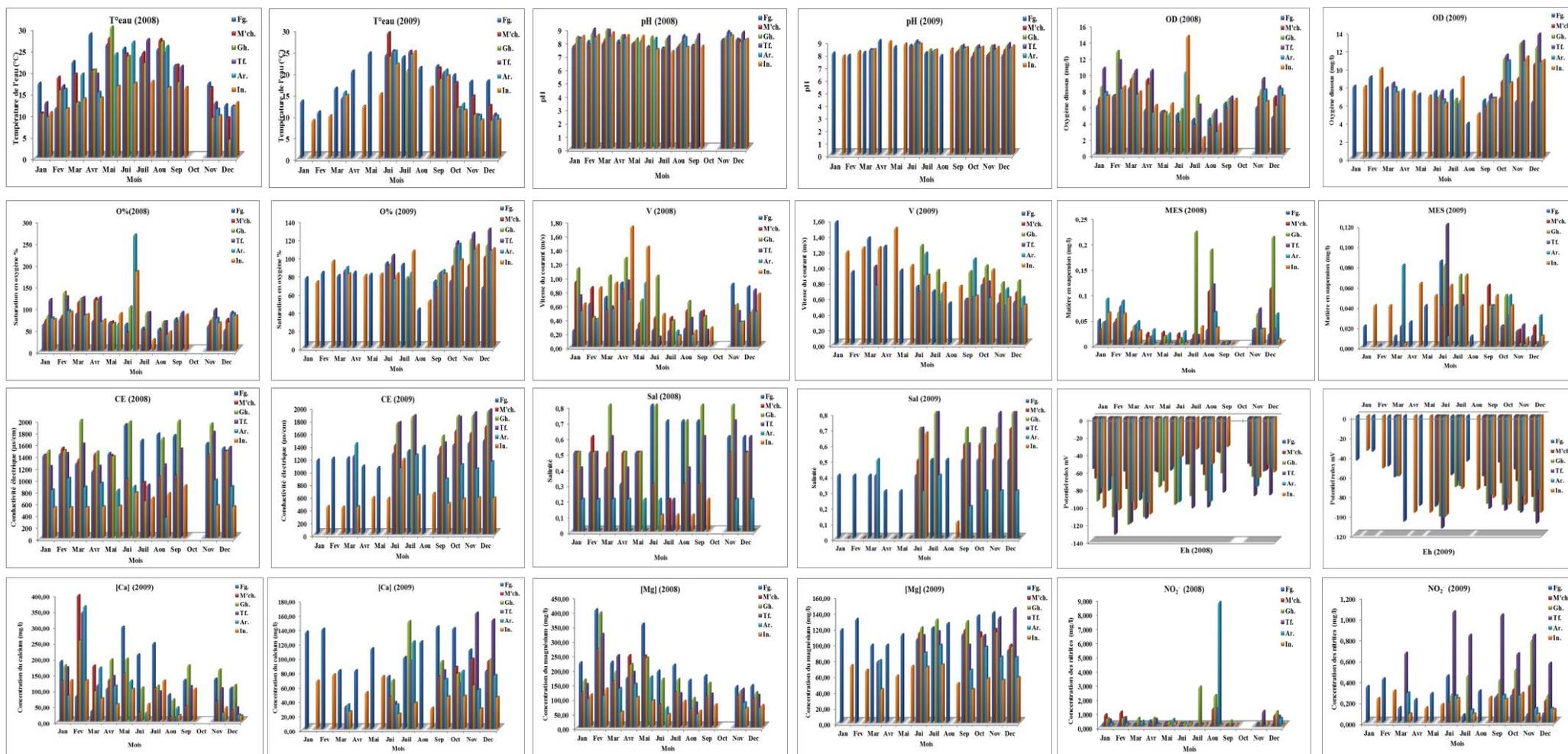
Annexe 2.b. Variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'oued El Hai (suite).



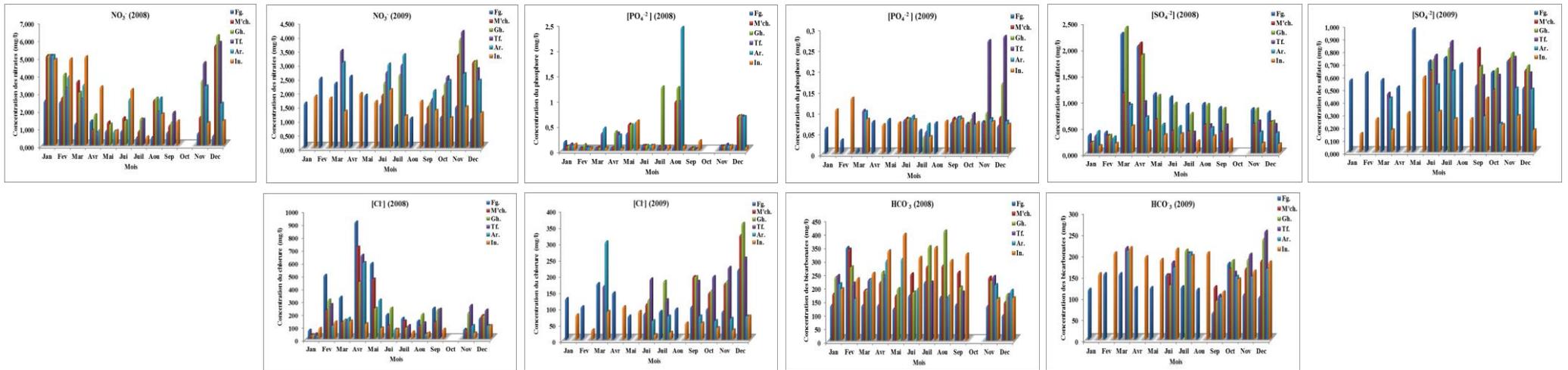
Annexe 3.a. Variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'oued Abdi.



**Annexe 3.b.** Variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l’oued Abdi (suite).



Annexe 4.a. Variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'oued El Abiod.



**Annexe 4.b.** Variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'oued El Abiod.

# *Résumé*

## ملخص

يسعى هذا العمل لدراسة التوزيع المكاني والزمني لثنائية الأجنحة في ثلاثة أودية من منطقة الأوراس، مع الأخذ بعين الاعتبار الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الأودية. تم رصد 16 محطة على طول الواد الأبيض، وادي عبيدي وواد الحي على مدى فترة تتراوح من جانفي 2008 إلى ديسمبر 2009. جمع خلالها 37128 فرد موزعة على 43 صنف تنتمي إلى 17 عائلة، معبرا عن ثروة هامة في المنطقة. عائلة Chironomidae كانت أعلى وفرة ولا سيما من جانب غلبة Orthoclaadiinae ب 13503 فرد (36,37%)، ثم نجد أنواع عائلة Simuliidae (سبعة أنواع) حيث تمثل العائلة الأكثر تنوعا، والأنواع الأكثر وفرة منها هم: *Simulium gr. aureum* (5405 فرد، 14,56%)، *S. gr. ornatum* (5142ind، 13,85%) و *S. pseudequinum* (2668 فرد، 7,19%). Orthoclaadiinae تتميز بتوزيع زمني - مكاني واسع تشكل، جنبا إلى جنب مع غيرها من أصناف Chironomidae، العناصر الأولى التي تستوطن الوسط بعد فترات طويلة من الجفاف أو الفيضانات. وسجلت أعلى نسب الوفرة في المحطات التالية: Dj، In، Mn و Fed2 حيث بلغ مجموع تعدادها نسبة 47,71% من إجمالي الثروة الحيوانية، في حين أن المحطات الأعلى تنوعا هي: Mn، Fed2، Hai2 و Dj. تتبع المكاني-الزمني للعوامل الفيزيائية والكيميائية يكشف عن نوعية عادية لمياه الأودية الثلاثة، باستثناء محطة شديدة التلوث في وادي الحي، Til حيث تستقبل تفريغ مفرط لمياه الصرف الصحي من مدينة من عين توتة. التحليلات الإحصائية CPA و CFA المستخدمة أظهرت تقسيم واضح للمناطق من المنبع إلى المصب في أوديتنا، وثلاث مجموعات متميزة على التصاميم العاملة: محطات الروافد العليا تأوي الأصناف التي تفضل المرتفعات والمياه العذبة الباردة، المحطات متوسطة الارتفاع وتأوي الأصناف المحبة للتيارات السريعة وذات نطاق حراري واسع وأخيرا المحطات الدنيا التي تستضيف الأصناف المحبة للحرارة. لتوضيح المعايير البيئية المسيطرة على التوزيع المكاني لثنائية الأجنحة، تم تنفيذ ACC. وتفيد النتائج أن المجتمع يصف كالتالي: أصناف المرتفعات العالية مفضلة للتيارات السريعة والمياه الباردة: *M. blanci*، *Clinocera* sp.، *Chelifera* sp.، *Chrysops* sp.، *S. gr. ornatum*، *Atylotus* sp.، *Heamatopota* sp.، *Wiedemannia* sp.، *Ulomyia* sp.، *Tonnoirella* sp.، *Hybomitra* sp.، *Setacera* sp.، *Psychoda* sp.، *Tipula (Acutipula)* sp.، *Tipula (Yamatotipula)* sp.، *Leptoconops* sp.، *Tipula* sp.، *S. velutinum*، *S. ruficorne*، *S. sergenti*، *Chrysopilus* sp.، *Ochtera* sp.، *Ephydra* sp.، *Tabanus* sp.، *Silvius* sp.، والأصناف واسعة الانتشار لا تكثر بالظروف البيئية مهما كانت: *S. gr. aureum*، *S. pseudequinum*، *Dasyhelea* sp.، *Chironomus* sp. والأصناف التي تفضل المياه الهادئة *Anopheles* sp و *Culex* sp.

الكلمات المفتاحية: التوزيع المكاني والزمني، ثنائية الأجنحة، واد الأبيض، واد عبيدي، واد الحي، المعلمات الفيزيائية، ACP، AFC، ACC.

## Résumé

Ce travail cherche à étudier la distribution spatio-temporelle des Diptères dans trois oueds dans la région des Aurès en tenant compte des caractéristiques physico-chimiques des eaux de ces oueds. 16 stations ont été prospectées le long de l'oued El Abiod, oued Abdi et oued El Haï sur une période s'étalant de janvier 2008 à décembre 2009. La faune recensée se compose de 37128 individus correspondant à 43 taxons appartenant à 17 familles, exprimant une importante richesse dans la région. La famille des Chironomidae présente l'abondance la plus élevée et se manifeste particulièrement par la prédominance des Orthoclaadiinae avec 13503 individus (36,37%) ; la famille des Simuliidae s'avère être la plus diversifiée avec sept espèces nominales et complexes d'espèces, dont les plus abondantes sont *Simulium gr. aureum* (5405 individus, 14,56%), *S. gr. ornatum* (5142 individus, 13,85%) et *S. pseudequinum* (2668 individus, 7,19%). Les Orthoclaadiinae ont une large distribution spatio-temporelle et constituent, avec les autres taxons des Chironomidae, les premiers éléments qui se réinstallent après les longues périodes d'assèchements ou après les crues. Les effectifs les plus élevés sont enregistrés à Dj, In, Mn et Fed2, totalisant 47,71% de la faune totale, alors que les richesses taxonomiques sont plus élevées dans les stations Mn, Fed2, Hai2 et Dj. Le suivi spatio-temporel des paramètres physico-chimiques révèle une qualité normale de l'eau des trois oueds, à l'exception de la station fortement polluée de l'oued El Haï (Til) qui reçoit des rejets excessifs des eaux usées de la ville d'Aïn Touta. Les analyses statistiques exploitées ACP et AFC montrent une certaine zonation de l'amont vers l'aval dans nos cours d'eau ; 3 groupements bien distincts sur les plans factoriels : stations du cours supérieur qui réfugient les taxons alticoles préférant les eaux fraîches, stations du cours moyen qui abritent les taxons rhéophiles eurythermes et les stations du cours inférieur qui hébergent les taxons thermophiles. Afin de préciser les paramètres environnementaux commandant la distribution spatiale des Diptères recensés, une ACC a été réalisée. Les résultats obtenus rapportent que notre peuplement est classé en : taxons des hautes altitudes rhéophiles préférant les courants rapides et les eaux fraîches : *Metacnephia blanci*, *Clinocera* sp., *Chelifera* sp., *Chrysops* sp., *S. gr. ornatum*, *Atylotus* sp., *Rhabdomastix* sp., *Wiedemannia* sp., *Ulomyia* sp., *Tonnoirella* sp., *Hybomitra* sp., *Heamatopota* sp., *Leptoconops* sp., *Tipula* sp., *Tipula (Yamatotipula)* sp., *Tipula (Acutipula)* sp., *Psychoda* sp. et *Setacera* sp.; taxons thermophiles de moyenne à basse altitude supportant de grandes concentrations de minéralisation : *S. ruficorne*, *S. velutinum*, *S. sergenti*, *Chrysopilus* sp., *Ochtera* sp., *Ephydra* sp., *Silvius* sp. et *Tabanus* sp.; taxons eurytopes à large répartition se manifestant indifféremment par rapport aux conditions du milieu : *S. pseudequinum*, *S. gr. aureum*, *Dasyhelea* sp., *Chironomus* sp. et des taxons préférant les eaux calmes : *Anopheles* sp. et *Culex* sp.

**Mots clés :** Distribution spatio-temporelle, Diptères, Oued El Abiod, Oued Abdi, Oued El Haï, Paramètres physico-chimiques, ACP, AFC, ACC.