

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 08 Mai 1945 de GUELMA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE L'INGÉNIERIE



Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Magister
Option : Hydro-écologie : santé, eau et environnement

Thème

**Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued
Seybouse : Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera et
Bivalva**

Présenté par : MEZIANE Nedjwa

Devant le jury :

Président :	MENAI Rachid	M /Conférence	(Université de Guelma)
Promoteur :	SAMRAOUI Boudjemaa	Professeur	(Université de Guelma)
Examineur :	BENDJEDOU Dalila	M /Conférence	(Université de Guelma)
Examineur :	CHAKRI Khemissa	M /Conférence	(Université de Annaba)

Année universitaire : 2009

Remerciements

Mes remerciements les plus sincères vont d'abord à mon encadreur Mr Samraoui B pour avoir accepté de diriger et de suivre de très près ce travail, malgré ces nombreuses préoccupations. Sa haute compétence, ses remarques pertinentes et ses suggestions ont sans cesse permis l'amélioration de la qualité de ce document.

Je remercie également :

➤ Mr Menai R, pour l'honneur qu'il me fait, d'avoir bien voulu présider mon jury.

➤ Mme Bendjedou D, Mame Chakri Kh pour leur amabilité d'avoir accepté d'examiner cet humble travail.

➤ Je n'omettrai pas d'adresser mes remerciements les plus sincères à Mr Houhamdi M, Mr Kachi, Mr Lesaad, Mr Guettaf A pour leur soutien et leurs encouragements.

➤ Je tiens à remercier vivement Mrs Nadjah R et Touati L pour ses efforts malgré ses nombreuses occupations.

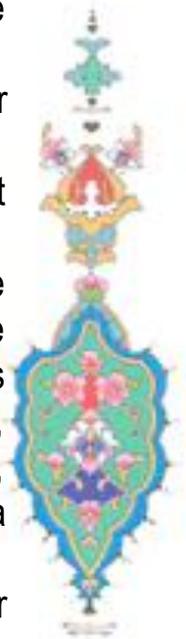
➤ A Mme Zerguine K de l'université de Guelma et Mme Chaib N de l'université de Skikda pour les articles et les mémoires qu'elle m'ont emprunté.

➤ A Mr Maizi T de l'hydraulique de la Wilaya de Guelma, Mr Saihi hacène, Mouloud pour l'aide qu'ils m'ont apportée.

➤ A Mrs Bouchelaghem E et Redaounia A , Samraoui F, Radia et Houria pour l'aide qu'ils m'ont apportée.

➤ Je tiens à exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, que ce soit par une aide sur le terrain ou au laboratoire, par leurs conseils ou leurs encouragements, en particulier Satha A, Salah eddin, Youcefi D, Khelifa R, Kahlerras A, Guergueb L, Merzougue S, Charchar N, Fereh I, Rais R, Aouissi A, Omar Abda W, Guebailia A, Boucenna N, Bouyedda N.

➤ Enfin je termine par un grand remerciement à ma famille pour m'avoir soutenue tout au long de cette étude et pour avoir été présente et réconfortante.



Introduction.....	01
-------------------	----

Chapitre 1 : Description générale du site d'étude

1.1. Présentation de la zone d'étude	03
1.1.1. Description générale de la Seybouse	03
1.1.2. Barrages et retenues collinaires	07
1.1.3. Les grands ensembles lithologiques et leurs caractéristiques hydrogéologiques.....	09
1. 1.3.1. Haute Seybouse	09
1.1.3.2. Moyenne Seybouse	10
1. 1.3.3. Basse Seybouse.....	10
1.1.4. Le réseau hydrographique.....	11
1.1.5. Des cours d'eau et des sous -bassins versants sensibles	12
1.1.6. Description des stations	13
1.1.6.1. Haute Seybous	13
1. 1.6.2. Moyenne Seybouse	17
1.1.6.3. Basse Seybouse.....	20
1.2. Climatologie	22
1.2.1. La température	22
1.2.2. Les précipitations	23
1.2.2.1. Variation des précipitations moyennes mensuelles et saisonniers.....	24
1.2.2.2. Distribution inter-annuelle des précipitations mensuelles	25
1. 2.2.3. Le coefficient pluviométrique.....	25
1.2.3. Bioclimat.....	27
1.2.3.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnoul et Gaussen	27
1.2.3.2. Climagramme d'Emberger	28
1.2.4. L'humidité	30
1.2.5. Le vent	30

Chapitre 2 : Généralités

2.1. Ephéméroptères : Ephémères ou "Mouches de mai	31
2.1.1. Etymologie du nom.....	31

2.1.2. Particularités relatives à l'étude de l'ordre des Ephéméroptères	31
2.1.3. Classification classique.....	32
2.1.4. Morphologie	32
2.1.4.1. L'œuf.....	32
2.1.4.2. La larve	33
2.1.4.3. Les adultes: la subimago et l'imago	37
2.1.5. L'habitat	40
2.1.6. Répartition des Ephéméroptères	41
2.1.7. Réseau trophique	42
2.1.8. La respiration	43
2.1.9. Mues et émergence	44
2.1.10. L'accouplement	45
2.1.11. La ponte	46
2.2. Plécoptères (Plecoptera)	46
2.2.1. Etymologie.....	47
2.2.2. Classification classique.....	47
2.2.3. Morphologie	47
2.2.3.1. Larves	47
2.2.3.2. Adultes	51
2.2.4. Habitat.....	52
2.2.5. Répartition	52
2.2.6. Respiration.....	53
2.2.7. Alimentation	53
2.2.8. Développement et métamorphose.....	54
2.2.9. L'accouplement	55
2.2.10. La ponte	55
2.3. Trichoptères (Trichoptera).....	55
2.3.1. Etymologie.....	56
2.3.2. Classification classique.....	56
2.3.3. Morphologie	57
2.3.3.1. Larve	57
2.3.3.2. Nymphe.....	60
2.3.3.3. Adulte	61
2.3.4. Habitat.....	62

2.3.5. Répartition	63
2.3.6. Respiration.....	63
2.3.7. Réseau trophique	64
2.3.8. Mue et émergence	65
2.3.9. Reproduction.....	66
2.3.10. Importance économique.....	67
2.4. Bivalves ou Lamellibranches (Bivalva).....	68
2.4.1. Etymologie.....	68
2.4.2. Classification classique.....	69
2.4.3. Morphologie et anatomie	69
2.4.4. Cycles de développement - modalités de la reproduction	71
2.4.5. Croissance et longévité	73
2.4.6. Distribution géographique et habitats	73
2.4.7. Modes de dispersion	73
2.4.8. Résistance à la dessiccation, au gel, tolérance à la salinité	74
2.4.9. Alimentation et respiration	75
2.4.10. Prédation et compétition	75
2.4.11. Parasitisme et commensalisme	75
2.4.12. Importance	76

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3.1. Sur le terrain	77
3.1.1. Choix des sites	77
3.1.2. Plan d'échantillonnage	77
3.1.2.1. Des stations complètement explorées	77
3.1.2.2. Des stations sommairement explorées	78
3.1.3. Matériel d'étude	80
3.1.4. Echantillonnage des peuplements d'invertébrés	80
3.1.5. Echantillonnage de l'eau à analyser	81
3.1.6. Variables mesurées in situ (Température, conductivité, oxygène dissous, oxygène de saturation	82
3.1.7. Autres paramètres abiotiques	83
3.2. Au laboratoire	86

3.2.1. Matériel d'étude	86
3.2.2. Analyse des peuplements d'invertébrés.....	86
3.2.3. Analyse de l'eau prélevée.....	86
3.3. Analyse des données	88
3.3.1. Analyse en Composantes Principales (A.C.P).....	88
3.3.2. L'organisation d'un peuplement.....	88
3.3.3. La structure d'un peuplement	89
3.3.4. Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	90

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Influence des variables abiotiques sur les écosystèmes.....	91
4.1.1 Traitement des données abiotiques par l'A.C.P.....	102
4.2. Analyse faunistique.....	107
4.2.1. Analyse globale de la faune.....	107
4.2.2. Répartition spatio-temporelle des taxons étudiés.....	112
4.2.2.1. Répartition altitudinale des taxons étudiés	112
4.2.2.2. Statut des taxa.....	113
4.2.2.3. Répartition spatio-temporelle des insectes.....	115
4.2.2.3.1. Les Ephemeropteres.....	115
4.2.2.3.2 Les Trichopteres.....	119
4.2.2.3.3. Les Plecopteres.....	121
4.2.2.4. Répartition spatio-temporelle des Bivalves.....	121
4.2.3. Richesse taxonomique.....	146
4.2.4. Indice de diversité.....	150
4.2.5. Traitement des données faunistiques par l'AFC.....	156
4.2.6. Comparaison avec les résultats des travaux similaires.....	161
Conclusion.....	162
Références bibliographiques.....	163

Résumés

Annexes

- Fig. 1** : Présentation des sous-bassins (A. B. H, 1999).
- Fig. 2** : Découpage administratif du bassin de la Seybouse (A. B. H, 2002).
- Fig. 3** : Agglomération principales du bassin de la Seybouse (A. B. H, 2002).
- Fig. 4** : Barrages et retenues collinaires (A. B. H, 2002).
- Fig. 5** : Profil en long des oueds: Cherf- Bouhamdane- Seybouse.
- Fig. 6** : Evolution des températures moyennes au cours des années (1994-2008).
- Fig. 7** : Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994 – 2008).
- Fig. 8** : Distribution inter-annuelle des précipitations mensuelles (année la plus sèche : 99/00, année la plus humide : 2002/2003).
- Fig. 9** : Diagramme Ombrothermique de la ville de Guelma (1994-2008).
- Fig. 10** : Situation de la ville de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1994-2008).
- Fig. 11** : Œufs. a: *Ephemerella*; b: *Heptagenia* (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 12** : Larves d'Ephéméroptères a: vue latérale, b: vue dorsale, c: tête (MOISAN, 2006).
- Fig. 13** : Pièces buccales des Ephéméroptères (*Afroptiloides spinosum*) (GATTOLLIAT, 2002).
- Fig. 14** : Structure fondamentale d'une patte d'éphéméroptères. a: patte; b: griffe (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 15** : Différenciation morphologique au cours du développement larvaire (*Baetis*, *Ephemera*) (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 16** : Anatomie de la grande Ephémère, *Ephemera danica* (VONLANTHEN, 2000).
- Fig. 17** : Tête d'Ephéméroptère male en vue latérale (*Rheoptilum arni*) (GATTOLLIAT, 2002).
- Fig. 18** : Branchies. a: *Leptophlebia sp*, b: *Isonychia arida* (BOUCHARD, 2004).
- Fig. 19** : Cycle vital des Ephéméroptères (TACHET *et al*, 2003).
- Fig. 20** : Larve, vue dorsale (MOISAN, 2006).
- Fig. 21** : S.F. Nemouroidea. a: labre, b: mandibule (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 22** : S.F. Perloidea. a: labre, b: mandibule (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 23** : Maxille, S.F. Nemouroidea (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 24** : Maxille, S.F. Perlidae (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 25** : Labium, S.F. Nemouroidea (TACHET *et al*, 2000).
-
-

- Fig. 26 :** Labuim, S.F. Perlidae (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 27 :** Tarse de Plécoptère (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 28 :** *Taeniopteryx*. Pattes coupées (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 29 :** Extrémité de l'abdomen (TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 30 :** Perle typique montrant les ailes posées à plat au repos (CHINERY, 1984).
- Fig. 31 :** *Perla*. a: aile antérieure, b: aile postérieure (MALEYSSON, 2008).
- Fig. 32 :** Cycle vital des Plécoptères (TACHET *et al*, 2003).
- Fig. 33 :** Phylogénie des principales familles de Trichoptères recensées en France (d'après ROSS, 1967 in FASSEL, 1985).
- Fig. 34 :** Larve et étui (MOISAN, 2006).
- Fig. 35 :** Tête (FAESSEL, 1985).
- Fig. 36 :** Torax et tête (FAESSEL, 1985).
- Fig. 37 :** 9^{ème} segment abdominal (FAESSEL, 1985).
- Fig. 38 :** Différents types des fourreaux (MONDOR, 2003).
- Fig. 39 :** Nymphe sortie de leur logette.
- Fig. 40 :** Imago de Trichoptère (FAESSEL, 1985).
- Fig. 41 :** Ailes d'Hydropsychide (ROBERT, 2007).
- Fig. 42 :** Circulation de l'eau dans le fourreau d'un Trichoptère (TOUZIN, 2008).
- Fig. 43 :** Position des Trichoptères dans le réseau trophique d'un écosystème d'eau douce (TACHET, 2003).
- Fig. 44 :** Métamorphose complète chez les Trichoptères (GAGNON et PEDNEAU, 2006).
- Fig. 45 :** Ponte et logette nymphale.
- Fig. 46 :** Ponte gélatineuse de Limnephilidae *Limnephilus sp.* déposée sur feuilles d'arbustes au bord de l'eau (Chevriaux, 1995).
- Fig. 47 :** Photos des travaux des larves de Trichoptères.
- Fig. 48 A :** Vue interne de la valve droite d'un Unionidae (d'après ELLIS, 1978 in MOUTHON, 2001).
- Fig. 48 B :** Section longitudinale d'un Unionidae (adapté de BULLOUGH, 1962 in MOUTHON, 2001).
- Fig. 49 :** a-b *Dreissena polymorpha* (PALLAS, 1771 in MOUTHON, 2001).
- Fig. 50 :** a-b *Congeria cochleata* (KICKX, 1835 in MOUTHON, 2001).
-
-

- Fig. 51** : a-b Corbiculidae *Corbicula* (ELLIS, 1978 in MOUTHON, 2001).
- Fig. 52** : *Anodonta*, une partie du cycle vital (CHENG, 1986 in TACHET *et al*, 2000).
- Fig. 53** : Localisation des stations étudiées sur oued Seybouse et ses affluents.
- Fig. 54** : Les différents substrats (GAGNON et PEDNEAU, 2006).
- Fig. 55** : Les variations mensuelles moyennes de la température de l'eau.
- Fig. 56a** : Les variations mensuelles moyennes de l'oxygène dissous (Sous-Bassins).
- Fig. 56b** : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (Haute Seybouse).
- Fig. 56c** : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (Moyenne Seybouse).
- Fig. 56d** : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (Basse Seybouse).
- Fig. 57a** : Les variations mensuelles moyennes de la conductivité (sous-bassins).
- Fig. 57b** : Les variations mensuelles de la conductivité (Haute Seybouse).
- Fig. 57c** : Les variations mensuelles de la conductivité (Moyenne Seybouse).
- Fig. 57d** : Les variations mensuelles de la conductivité (Basse Seybouse).
- Fig. 58** : Les variations mensuelles du pH.
- Fig. 59a** : Les variations moyennes mensuelles de la turbidité (Sous-Bassins).
- Fig. 59b** : Les variations mensuelles de la turbidité (Haute Seybouse).
- Fig. 59c** : Les variations mensuelles de la turbidité (Moyenne Seybouse).
- Fig. 59d** : Les variations mensuelles de la turbidité (Basse Seybouse).
- Fig. 60** : Les variations moyennes mensuelles de la vitesse de l'eau (Sous-Bassins).
- Fig. 61a** : Les variations moyennes mensuelles de la profondeur (Sous-Bassins).
- Fig. 61b** : Les variations moyennes mensuelles de la largeur (Sous-Bassins).
- Fig. 62a** : Plan 1x2 Analyse en composantes Principales (A.C.P), (13 variables et 13 stations).
- Fig. 62b** : Plan 1x3 Analyse en composantes Principales (A.C.P), (13 variables et 13 stations).
- Fig. 62c** : Plan 3x4 Analyse en composantes Principales (A.C.P), (13 variables et 13 stations).
- Fig. 63** : Abondance relative des différents groupes récoltés.
- Fig. 64** : Statut des taxa de oued Seybouse.
- Fig. 65** : Fréquence des Ephéméroptères dans les stations étudiées.
- Fig. 66** : Fréquence des Trichoptères dans les stations étudiées.
- Fig. 67a** : Evolution mensuelle des Ephéméroptères.
- Fig. 67b** : Evolution mensuelle des Baetidae.
- Fig. 67c** : Evolution mensuelle des Caenidae.
-
-

- Fig. 67d** : Evolution mensuelle des Leptophlebiidae.
- Fig. 67e** : Evolution mensuelle des Polymitarcyidae.
- Fig. 67f** : Evolution mensuelle des Ptamanthidae.
- Fig. 67g** : Evolution mensuelle des Heptageniidae.
- Fig. 67h** : Evolution mensuelle des Ephemeridae.
- Fig. 67i** : Evolution mensuelle des Isonychidae.
- Fig. 67j** : Evolution mensuelle d'*Acentrella*.
- Fig. 67k** : Evolution mensuelle de *Baetis*.
- Fig. 67m** : Evolution mensuelle de *Cloeon*.
- Fig. 67n** : Evolution mensuelle de *Procloeon*.
- Fig. 67p** : Evolution mensuelle de *Choroterpes*.
- Fig. 67q** : Evolution mensuelle d'*Habrophlebia*.
- Fig. 68a** : Evolution mensuelle des Trichoptères.
- Fig. 68b** : Evolution mensuelle des Hydropsychidae.
- Fig. 68c** : Evolution mensuelle des Hydroptilidae.
- Fig. 68d** : Evolution mensuelle des Psychomyiidae.
- Fig. 68e** : Evolution mensuelle des Ecnomidae.
- Fig. 68f** : Evolution mensuelle des Limnephilidae.
- Fig. 68g** : Evolution mensuelle des Rhyacophilidae.
- Fig. 68h** : Evolution mensuelle d'*Oxyethira*.
- Fig. 68i** : Evolution mensuelle d'*Ithytrichia*.
- Fig. 69** : Evolution mensuelle des Plécoptères.
- Fig. 70** : Evolution mensuelle des Bivalves.
- Fig. 71a** : Abondance des Ephéméroptères / stations.
- Fig. 71b** : Abondance des Baetidae / stations.
- Fig. 71c** : Abondance des Caenidae / Stations.
- Fig. 71d** : Abondance des Leptophlebiidae / Stations.
- Fig. 71e** : Abondance des Polymitarcyidae /Stations.
- Fig. 71f** : Abondance des Potamanthidae / Stations.
- Fig. 71g** : Abondance des Heptageniidae /Stations.
- Fig. 71h** : Abondance des Ephemeridae /Stations.
-
-

- Fig. 71i** : Abondance des Isonychidae /Stations.
- Fig. 71j** : Abondance d' *Acentrella* /Stations.
- Fig. 71k** : Abondance de *Baetis* / Stations.
- Fig. 71m** : Abondance du *Cloeon* / Stations.
- Fig. 71n** : Abondance du *Procloeon* / Stations.
- Fig. 71p**: Abondance *Choroterpes* / Stations.
- Fig. 71q** : Abondance d'*Habrophlebia*/ Stations.
- Fig. 72a** : Abondance des Trichoptères / Stations.
- Fig. 72b** : Abondance des Hydropsychidae /Stations.
- Fig. 72c** : Abondance des Hydroptilidae / Stations.
- Fig. 72d** : Abondance des Psychomyiidae / Stations.
- Fig. 72e** : Abondance des Ecnomidae / Stations.
- Fig. 72f** : Abondance des Limnephilidae / Stations.
- Fig. 72g** : Abondance des Rhyacophilidae / Stations.
- Fig. 72h** : Abondance d'*Oxyethira* / Stations.
- Fig. 72i** : Abondance d'*Ithytrichia* / Stations.
- Fig. 73** : Abondance des Plécoptères / Stations.
- Fig. 74** : Abondance des Bivalves / Stations.
- Figure 75a, b** : Répartition spatiale des *Baetis* et *Cloeon*.
- Figure 75c, d** : Répartition spatiale des *Habrophlebia* et *Choroterpe*.
- Figure 75e, f** : Répartition spatiale des Caenidae et Potamanthidae.
- Figure 75g, h** : Répartition spatiale des Isonychiidae et Hydropsychidae.
- Figure 75i, j** : Répartition spatiale des Hydroptilidae et *Oxyethira*.
- Figure 75k, l** : Répartition spatiale des Ecnomidae et Limnephilidae.
- Figure 75m,n** : Répartition spatiale des Plécoptères et Bivalves.
- Fig. 76a** : Variation de la richesse taxonomique entre les stations étudiées.
- Fig. 76b** : Evolution mensuelle de la richesse taxonomique (Haute Seybouse).
- Fig. 76c** : Evolution mensuelle de la richesse taxonomique (Moyenne Seybouse).
- Fig. 76d** : Evolution mensuelle de la richesse taxonomique (Basse Seybouse).
- Fig. 76e** : Evolution saisonnière de la richesse taxonomique (Haute Seybouse).
- Fig. 76f** : Evolution saisonnière de la richesse taxonomique (Moyenne Seybouse).
-
-

- Fig. 76g** : Evolution saisonnière de la richesse taxonomique (Basse Seybouse).
- Fig. 77a** : Variation de l'indice de Shannon entre les stations étudiées.
- Fig. 77b** : Evolution mensuelle de l'indice de Shannon (Haute Seybouse).
- Fig. 77c** : Evolution mensuelle de l'indice de Shannon (Moyenne Seybouse).
- Fig. 77d** : Evolution mensuelle de l'indice de Shannon (Basse Seybouse).
- Fig. 77e** : Evolution saisonnière de l'indice de Shannon (Haute Seybouse).
- Fig. 77f** : Evolution saisonnière de l'indice de Shannon (Moyenne Seybouse).
- Fig. 77g** : Evolution saisonnière de l'indice de Shannon (Basse Seybouse).
- Fig. 78a** : Variation de l'équitabilité entre les stations étudiées.
- Fig. 78b** : Evolution mensuelle de l'équitabilité (Haute Seybouse).
- Fig. 78c** : Evolution mensuelle de l'équitabilité (Moyenne Seybouse).
- Fig. 78d** : Evolution mensuelle de l'équitabilité (Basse Seybouse).
- Fig. 78b** : Evolution saisonnière de l'équitabilité (Haute Seybouse).
- Fig. 78c** : Evolution saisonnière de l'équitabilité (Moyenne Seybouse).
- Fig. 78d** : Evolution saisonnière de l'équitabilité (Basse Seybouse).
- Fig. 79a** : Plan 1x2. Analyse factorielle des correspondances (AFC), (20 taxa et 13 stations).
- Fig. 79b** : Plan 2x3. Analyse factorielle des correspondances (AFC), (20 taxa et 13 stations).
- Fig. 79c** : Plan 3x4. Analyse factorielle des correspondances (AFC), (20 taxa et 13 stations).
-
-

Tab. 1 : Répartition des sous-bassins de la Seybouse (A. B. H, 1999).

Tab. 2 : Les barrages du bassin de la Seybouse (A. B. H, 2002).

Tab. 3 : Coordonnés de la station météorologique de Guelma.

Tab. 4 : Températures moyennes mensuelles à la station de Guelma (1994-2008).

Tab. 5 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières à la station de Guelma (1994 - 2008).

Tab. 6 : Distribution inter-annuelle des précipitations mensuelles (année la plus sèche: 99/00, année la plus humide 2002/2003).

Tab. 7 : Coefficient pluviométrique (station de Guelma 1994-2008).

Tab. 8 : Variation moyenne mensuelle de l'humidité relative à la station de Guelma (1994 - 2008).

Tab. 9 : Moyenne mensuelle et moyenne annuelle de la vitesse des vents à la station de Guelma (1994- 2008).

Tab. 10 : Classe proposées pour les pourcentage de saturation en oxygène (Nisbet et verneux, 1970 in Khettar, 2009).

Tab. 11 : Classification de la turbidité (SATHA, 2008).

Tab 12 : Les pourcentages de saturation en oxygène dans les stations étudiées relevées de août 2008 à juillet 2009.

Tab. 13 : Classification de la vitesse selon l'échelle de Berg (KHETTAR, 2009).

Tab. 14 : Vitesse moyennes mesurées dans les stations étudiées (cm/s).

Tab. 15 : Check-list des taxa faunistiques par sous bassins.

Tab. 16 : Abondance et occurrence relative des taxons.

Tab. 17 : Répartition des taxons selon les sous-bassins.

Tab. 18 : Fréquence d'occurrence des taxa par stations.

Tab. 19 : Phénologie des taxa faunistiques pour une année (août 2008 - juillet 2009).

Introduction

L'eau, symbole de pureté et source de vie est le signe actuellement d'une civilisation qui s'intoxique. La pollution de l'eau est actuellement, placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est une interface entre l'air et le sol, et elle subit donc la dégradation de ces deux milieux (CHAIB, 2002).

Pour la préservation des écosystèmes aquatiques, le contrôle permanent de leur état général de santé (qualité de leurs eaux, diversité des organismes qui y vivent et qualité de leurs habitats) est un élément crucial. Jusqu'à tout récemment, la plupart des méthodes de suivi de l'état de santé des écosystèmes aquatiques étaient basées uniquement sur l'utilisation de mesures physico-chimiques telles que la mesure de la concentration en polluants des cours d'eau. Un tel suivi donne simplement des informations sur la qualité de l'eau et ne permet pas donc de mesurer la capacité de l'écosystème à se maintenir en équilibre fonctionnel. Ainsi mis à part les polluants, les dégradations des habitats aquatiques et riverains ne sont pas détectées. Les indicateurs biologique ont un plus grand pouvoir d'intégration de l'information mais ne peuvent totalement remplacer les indicateurs physico-chimiques. En effet, l'état biologique et écologique des communautés résidentes d'un écosystème est le reflet de l'ensemble des caractéristiques (chimiques, physiques et biologiques) du milieu (GNOHOSSOU, 2006).

Parmi les organismes indicateurs de pollution, les macroinvertébrés benthiques sont les plus utilisés pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques. Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur diversité, de leur sensibilité à travers la qualité de l'eau et du substrat et de leur situation à plusieurs niveaux trophiques (JEAN *et al*, 2007).

La qualité des eaux d'oued Seybouse qui fait l'objet de notre étude a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. Face à toutes ces menaces, un programme d'évaluation de la qualité de l'eau de cet oued par l'étude, entre autres, des communautés de macroinvertébrés a été lancé en 2007. Il a été organisé et géré par Pr B. SAMRAOUI, il est actuellement en cours de réalisation au niveau du laboratoire de biologie à l'université de Guelma. Aucune base de travail préalable comparable n'existait pour la quasi-totalité des macroinvertébrés de oued Seybouse. C'est pourquoi nous nous sommes intéressés d'étudier pour la première fois quatre taxons (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, et Bivalva) peu étudiés en

Afrique du Nord et important pour le suivi de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau, dont nos principaux objectifs sont:

- Dresser la liste actuelle des Ephéméroptères, Trichoptères, Plécoptères, et Bivalve de oueds Seybouse et compris ses deux principaux affluents Cherf et Bouhamdane ;
- Mettre en évidence des tendances d'évolution des populations des taxons suivies par comparaisons inter-sites ;
- Suivre l'évolution de l'état de santé de la rivière à travers le temps ;
- Contribuer à l'élaboration d'un indice biologique basé sur ces organismes.

Pour répondre à ces objectifs notre mémoire est structurée en quatre chapitres interdépendants :

- Le premier chapitre est consacré à la description générale des sites d'étude.
- Le second chapitre aborde la biologie et l'écologie des Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Bivalves.
- Le troisième chapitre est réservé aux matériels et méthode employés pour la réalisation de ce travail.
- Le quatrième chapitre présente les résultats ainsi que leur discussion.
- Et enfin nous terminons par une conclusion et des perspectives.

Chapitre 1

Description générale

du site d'étude

1.1. Présentation de la zone d'étude

1.1.1. Description de la Seybouse

La Seybouse est une rivière du Nord-Est De l'Algérie qui prend naissance à l'ouest de la ville de Guelma précisément à Medjez Amar où se rencontre ses deux principaux affluents : oued Cherf et oued Bouhamdane et se termine au nord dans la mer Méditerranée après un parcours de 150 Km.

Le bassin de L'oued Seybouse est l'un des plus grands bassins hydrographiques en Algérie (troisième oued d'Algérie après oued El Kebir du Rhumel et Medjerdah-Mellegue), Sa superficie est de l'ordre de 6471 Km² (DEBEICHE, 2002 ; SATHA, 2008), il est divisé en six sous-bassins principaux (Tab. 1), (Fig. 1).

Tableau 1 : Répartition des sous-bassins de la Seybouse (A.B.H, 1999)

Sous-bassin (Code)	Superficie (km ²)	Nom	Longueur (Km)
14, 01	1739	Oued Cherf amont	25
14, 02	1193	Oued Cherf aval	32
14, 03	1108	Oued Bouhamdane	32
14, 04	817	Oued Seybouse (moyenne Seybouse)	50
14, 05	552	Oued Mellah	36
14, 06	1066	Oued Seybouse (Seybouse Maritime)	65
Total	6475	/	240

Un million trois cents mille (1.300.000) habitants, répartis en soixante huit (68) communes, et sept (07) wilayas. Trente trois (33) communes sont entièrement incluses dans le bassin et trente cinq (35) partiellement (Fig. 2) (A.B.H- C.S.M, 2002).

Quatre vingt quatorze (94) agglomérations de plus de 1000 habitants ont été répertoriées sur l'ensemble du bassin de la seybouse. La population de ces agglomérations est de 949 046 habitants selon le recensement de l'année 1998 (Fig. 3) (A.B.H- C.S.M, 2002).

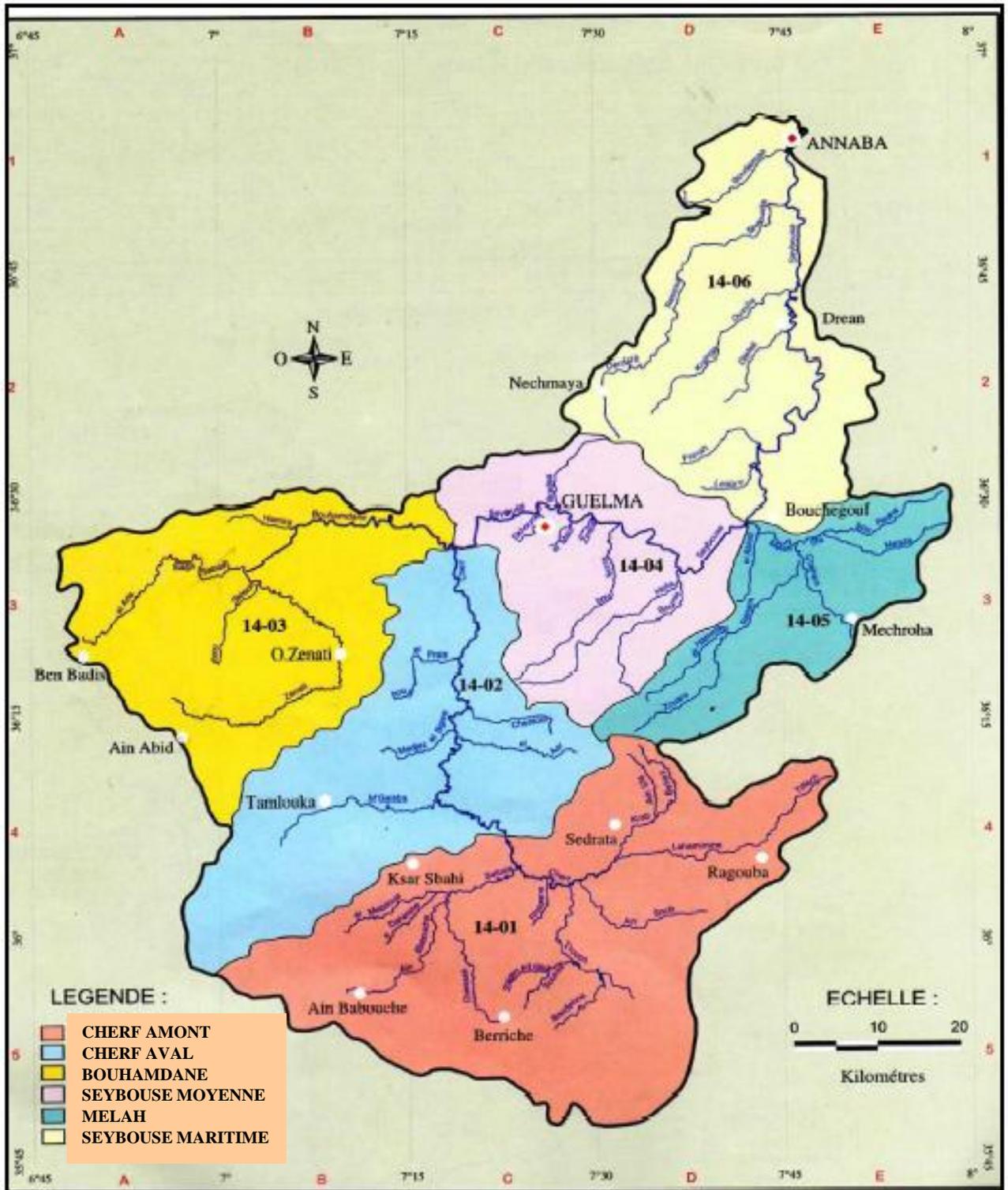


Figure 1 : Présentation des sous-bassins (A. B. H, 1999).



Figure 2 : Découpage administratif du bassin de la Seybouse (A. B. H, 2002).



Figure 3 : Agglomérations principales du bassin de la Seybouse (A. B. H, 2002).

1.1.2. Barrages et retenues collinaires

Le bassin de la Seybouse compte cinq barrages, dont deux sont classés en barrage de catégorie 1 (grands barrages), d'une capacité totale de 377 hm³, et qui peuvent régulariser 110 hm³. Les trois autres font partie de la catégorie 2 (moyens barrages) (Tab. 2). Soixante quatre retenues collinaires sont essentiellement destinées à satisfaire les besoins en eau d'irrigation. Ces ouvrages ont une capacité totale de 7.5 hm³ (Fig. 4) (A.B.H- C.S.M, 2002).

Tableau 2 : les barrages du bassin de la Seybouse (A.B.H, 2002)

Sous bassin (Code)	Wilaya	Commune	Dénomination	Capacité (hm ³)
14, 01	41	Zouabi	Foum El Khanga	157
14, 01	41	Tiffech	Tiffech	5, 8
14, 03	25	Ben Badis	El Haria	1, 8
14, 03	24	Bouhamdane	Hammam Debagh	220
14, 03	24	Ain Makhoulf	Medjez El Bgar	2.86



Figure 4 : Barrages et retenues collinaires (A. B. H, 2002).

1.1.3. Les grands ensembles lithologiques et leurs caractéristiques hydrogéologiques

La présentation des caractères lithologiques et hydrogéologiques du bassin de la Seybouse a permis dans un premier temps de dégager certains aspects des conditions de l'écoulement dans différents sous-bassins (DJABRI, 1996).

1.1.3.1. Haute Seybouse

Il est peu perméable dans le secteur amont malgré un sol protégé par une végétation dense et une pluviométrie élevée (DJABRI, 1996). Les couches lithologiques dominantes du secteur de Oued Zenati sont composées de grès, d'argiles et de marnes ne permettant pas l'infiltration d'une grande quantité d'eau. Du côté de l'oued Sabbath ce sont des Marnocalcaires (SATHA, 2008). Cette partie du bassin est divisée en trois sous-bassins:

- a) Sous-Bassin de Cherf amont :** Ce sous-bassin est traversé par l'oued Cherf dont la longueur est de 25 Km, et qui est alimenté par de nombreux affluents :
- Oued Settara : 10 Km,
 - Oued Trouch : 33 Km,
 - Oued Ain Snob : 18 Km,
 - Oued Lahamimine : 19, 44 Km,
 - Oued Tiffech : 16, 76 Km,
 - Oued Krab : 10, 13 Km (A.B.H, 2002).
- b) Sous-Bassin de Cherf aval :** Ce sous-bassin est traversé par l'oued Cherf dont la longueur est de 32 Km, ce dernier est alimenté par les affluents suivants :
- Oued M'Guisba : 15 Km,
 - Oued Medjez El Bgar : 12 Km,
 - Oued Bou El Frais : 12 Km,
 - Oued El Aar : 18 Km,
 - Oued Cheniour : 12 Km,
 - Oued Nil : 10 Km (A.B.H, 2002).

c) **Sous-Bassin de Bouhamdane** : Ce sous-bassin est traversé par l'oued Bouhamdane dont la longueur est de 32 Km, Il est alimenté par plusieurs affluents dont les principaux sont :

- Oued Bouskhounne : 11 Km
- Oued Sabath : 10, 86 Km,
- Oued Hamira : 10 Km,
- Oued Zenati : 40 Km, (A.B.H. 2002).

Les deux oueds Zenati et Sabath forment par leur jonction l'oued Bouhamdane qui rencontre l'oued Cherf à Medjaz Amar pour former la Seybouse (SATHA, 2008).

1.1.3.2. Moyenne Seybouse (Le sous bassin de Guelma)

La région de Guelma est constituée de terrains sédimentaires, le fond du bassin occupé par une plaine alluviale correspond à un synclinal comblé par des argiles des conglomérats marno-calcaire, des grès numidiens et des calcaires lacustres (DJABRI, 1996).

A partir de Medjaz Amar, la Seybouse accrue par l'union du Bouhamdane et Cherf débouche dans le bassin de Guelma. Plusieurs cours d'eau viennent y affluer :

- Oued Boumia : 20 Km,
- Oued Bou Sorra : 27 Km,
- Oued El Maiz : 10, 16 Km,
- Oued Halia : 28 Km,
- Oued Bradae : 12 Km,
- Oued Zimba : 17 Km (A.B.H, 2002).

L'oued est orienté de l'Ouest à l'Est et traverse Nador pour déboucher dans la dépression de Bouchegouf où converge un nouveau système hydrographique qui vient se jeter dans la Seybouse au Sud-Ouest de Bouchegouf (SATHA, 2008).

1.1.3.3. Basse Seybouse : est divisée en deux sous bassins:

a) **Sous-Bassin de Mellah** : il est dominé par des bancs de calcaire qui sont suffisamment important pour assurer une régularisation des niveaux aquifères en dépit de leur forte fissuration, le secteur amont du Mellah peut être considéré comme le "château d'eau" de la région. Au centre le Trias domine, il est constitué d'argiles et de gypses broyé. Il joue un rôle fondamental de par son extension et sa forte teneur en sel. En effet, la fréquence de cet élément dont l'incidence sur la

qualité des eaux de ruissellement et d'infiltration est très néfaste ne permet pas l'utilisation de l'eau de l'oued Seybouse en saison sèche. Les alluvions des terrasses de Bouchegouf semblent plus angulaires que celles de Guelma. Ils sont moyennement perméables (DJABRI, 1996).

Ce sous-bassin est alimenté par de nombreux affluents parmi les quels :

- Oued Zouara : 10 Km,
- Oued Renam : 37 Km (A.B.H, 2002).

Son cours principal est formé par la réunion de l'oued Sfa, Cheham et oued Ranem. Ce dernier, qui plus haut porte le nom de oued R'biba, Sekaka avant de recevoir les eaux de l'oued Rhirane formé à son tour par la réunion oued Hammam et oued R'biba. Au Nord-Est, les oueds Bou Redine et Maaza forment oued El Mellah en aval (SATHA, 2008).

b) Sous-Bassin de Seybouse Maritime : sa partie sud est constituée en majeure partie d'argiles rouges numidiennes, sur lesquelles reposent des grès peu perméables. Au sud ouest, ce sont les marno-calcaires et les flychs de Ain Berda qui dominant. La tectonique de ces formations est très complexe. Enfin, la zone nord-ouest est occupée par le massif de l'Edough, qui correspond à des roches cristallines (gneiss, schistes, micaschistes...) (DJABRI, 1996).

À ce niveau, la Seybouse est alimentée par :

- Oued Frarah : 11 Km,
- Oued khranga : 29 Km,
- Oued Meboudja : 27 Km (A.B.H, 2002).

1.1.4. Le réseau hydrographique

La Seybouse draine un ensemble de régions très hétérogènes. Aux hautes plaines, aux reliefs assez simples et aux écoulements lents et parfois même nuls, succède l'atlas Tellien fortement accidenté de structure très complexe. Les oueds sont à débits irréguliers. Le profil en long, irrégulier et tendu (Fig. 5), assure l'évacuation rapide des eaux. Cependant l'existence de dépressions et bassins renfermant des nappes alluviales traversées et reliées par la Seybouse, permet de régulariser l'écoulement saisonnier de cet oued, vu la part importante des précipitations d'hiver reçues par cette chaîne montagneuse. A la sortie de cette dernière, la Seybouse pénètre dans la plaine de Annaba en perdant sa torrencialité

et en abandonnant une grande partie de sa charge solide. Les faibles pentes, le cordon dunaire et les champs d'inondations très vastes favorisent largement la stagnation des eaux et rendent l'écoulement fluvial difficile (DJABRI, 1996).

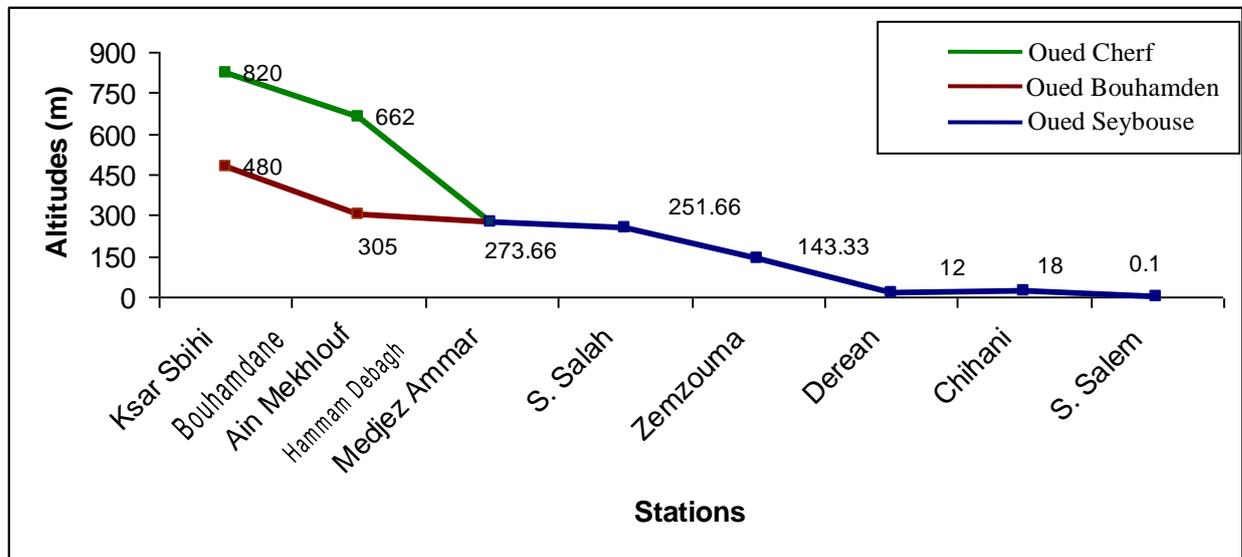


Figure 5: Profil en long des oueds : Cherf- Bouhamdane - Seybouse.

1.1.5. Des cours d'eau et des sous-bassins versants sensibles

La majorité des cours d'eau de la Seybouse sont petits voire très petits, ce qui les rend sensibles à toute perturbation qu'elle soit d'origine naturelle ou humaine.

D'une manière générale, la qualité des cours d'eau de la Seybouse est globalement influencée par celle de l'eau provenant de l'amont des sous-bassins versants. En effet, comme 50 % au moins des sous-bassins versants [14-01; 14-02 et 14-03] sont situés en tête du réseau (c'est ce qu'on appelle des sous-bassins versants d'ordre 1) et que, la plupart du temps, les parties amont de ceux-ci, dévalent des pentes raides, sont moins arrosées que les parties aval, et le sous-sol est surtout constitué de roches imperméables favorisant le ruissellement au détriment de l'infiltration. Or, les sous-bassins versants des parties aval sont en moyenne peu étendus, et les cours d'eau s'écoulent paresseusement laissant le temps à l'eau de se réchauffer. En conséquence, le temps de séjour de l'eau dans le réseau hydrographique est court ce qui limite la capacité auto-épuratrice du réseau. Ainsi, le débit moyen annuel des cours d'eau est globalement plus élevé à la moyenne et à la basse Seybouse plutôt qu'à la haute Seybouse. Parce que cette zone bénéficie d'un climat plus arrosé et d'un sous-sol granitique très fracturé dont la capacité de stockage en eau est plus grande. Ainsi en été, si les débits d'étiage restent soutenus au nord, le sud de la région peut connaître des débits d'étiage presque nuls (BOUCHELACHEM, 2008).

De plus, les activités humaines occupent une part prépondérante de ce bassin versant ; elles laissent un espace restreint et très fragmenté aux zones naturelles telles que les zones humides de fonds de vallée qui peuvent participer de l'épuration de certains polluants. Ces deux facteurs concourent à rendre les cours d'eau de la Seybouse plus sensibles aux pollutions qu'elles soient ponctuelles ou diffuses (BOUCHELAGHEM, 2008).

1.1.6. Description des stations

1.1.6.1. Haute Seybous

- Sous-Bassin de Cherf

Ksar Sbahi (36°03.177' N, 7° 19.715' E)

Altitude : 820 m.

Commune : Ksar Sbahi.

Wilaya de Oum El Bouaghi.

Limité au nord par Ain Makhoulf, à l'est par Zouabi et Bir Bouhouche, au sud par Berriche et Ain Babouche, à l'ouest par Tamlouka.



Elle est située dans une zone très ensoleillée en raison de l'absence totale de végétation. Le lit est de faible largeur, Il est tapissé de cailloux rugueux, de graviers et de galets.

Oued Chenior (36°14.886' N, 7°206.11' E)

Altitude : 662 m.

Commune : Ain Larbi.

Daïra : Ain Makhoulf.

Wilaya de Guelma.

Cette commune est limitée au nord par Bendjerah et Belkheir, à l'est par Khezara et Bouhachana, au sud par Ain Sandel et Ain Soltane, à l'ouest par Ain Makhoulf et Selaoua Announa.



La station se trouve sous un pont, elle est entièrement exposée au soleil. Le ruisseau est un affluent qui se jette dans l'oued Cherf à Ain Mekhlouf. Il a une largeur n'excède pas 6m, l'eau coule rapidement avec un substrat de blocs, de graviers et de cailloux de volume variable par endroits, le fond du lit est tapissé uniquement de sable. La station se caractérise par une végétation aquatique et riveraine diversifiée et abondante *Tamarix sp*, Laurier rose...etc.

Ain Makhlouf (36°14.470' N, 7°18.602' E)

Altitude : 662 m.

Commune : Ain Makhlouf.

Daira : Ain Makhlouf.

Wilaya de Guelma.

Limité au nord par Selaoua Announa, à l'est par Ain Larbi et Ain Soltane, au sud par Ksar Sbahi, à l'ouest par oued Zenati et Tamlouka.



La station se trouve sous un pont, l'endroit est très ensoleillé, l'un de ses rives est garnie de plantes telles que *Tamarix sp*, Laurier rose. Les sols sont occupés par des jardins de grenades, figues, abricots, pastèque. Le fond du lit est formé de pierres, sable fin et limons.

La station subisse un fort impact lié à une intense fréquentation par les hommes et les animaux (les troupeaux), ceci a pour résultat une incessante perturbation du substrat par le piétinement, l'apport et le dépôt de matières organiques diverses. De plus cette station reçoit des rejets urbains respectivement des agglomérations.

Medjez Amar Cherf (36°26.592' N, 7°18.615' E)

Altitude : 273. 66 m.

Commune : Medjez Amar.

Daira : Ain Hssainia.

Wilaya de Guelma.

Limitée au nord par El Fedjouje, à l'est par



Guelma, au sud par Houari Boumediene et Bendjerrah, à l'ouest par Hammam Debagh.

La station se trouve sous un pont avant le point de confluence avec oued Bouhamdan. Le substrat est constitué par de sable, galets et blocs. Le lit est large, le niveau et la vitesse d'eau parfois augmentent à cause des lâchers du barrage de Foug EL Khanga ce qui bloque le flux des eaux de Oued Bouhamdan.

La végétation comprend surtout : *Typha sp*, *Phragmites australis*, *Tamarix sp*.

- Sous-Bassin de Bouhamdane

Bouhamdane village: (36°27.136' N, 7° 06.474 E)

Altitude : 486 m.

Commune : Bouhamdane.

Daira : Hammam Debagh.

Wilaya de Guelma.

Limité au nord par El Roknia, à l'est par Hammam Debagh, au sud par Houari Boumediene, à l'ouest par Bordj Sabath.

La station se trouve juste avant le village de Bouhamdane, elle est un peu loin à la route. L'oued dans cette station à une



largeur inférieure à 6 m, le courant est moyen avec un substrat de limons, pierres et blocs. L'endroit est entièrement exposé au soleil, ses rives sont garnies de Laurier rose, les sols sont occupés par des oliviers, et des aubépines.

Mermoura (Bouhamdane) (36°26.52' N, 7° 16.292' E)

Altitude : 480 m.

Commune : Bouhamdane.

Daira : Hammam Debagh.

Wilaya de Guelma.

Limité au nord par El Roknia, à l'est par Hammam Debagh, au sud par Houari Boumediene, à l'ouest par Bordj Sabath.

Notre station est située sous un pont avant le barrage de Bouhamdane, l'endroit



est très ensoleillé. L'une des deux rives est une colline qui ne contient pas de végétation et l'autre est garnie de plantes telles que Laurier rose, *Tamarix*. Les sols sont occupés par des oliviers, des figues...etc.

Cette station connue, en dehors de l'hiver et en particulier à l'étiage, une forte baisse de leur débit où la vitesse devient nulle à cause des irrigations. Le fond du lit est formé de blocs, gravier et sables grossier.

Hammam Debagh (36°28. 012' N, 7°15. 673' E)

Altitude : 305 m.

Commune : Hammam Debagh.

Daïra : Hammam Debagh.

Wilaya de Guelma.

Limité au nord par El Fedjoudj et El Roknia, à l'est par Medjez Amar, au sud par Houari Boumediene, à l'ouest par Bouhamdane.

La station est très ensoleillée, ses rives sont garnies de plantes telles que

Laurier rose, Roseaux, *Juncus*. Les sols sont occupés par des oliviers.

Le lit est large, la vitesse d'écoulement moyenne avec un substrat constitué par des pierres et des blocs couvert de bryophytes.



Medjez Amar Bouhamdan (36°26.592' N, 7°18.615' E)

Altitude : 273.66 m.

Commune : Medjez Amar.

Daïra : Ain Hssainia.

Wilaya de Guelma.

Limitée au nord par El Fedjouje, à l'est par Guelma, au sud par Houari Boumediene et Bendjerrah, à l'ouest par Hammam Debagh.

La station se trouve sous un pont

presque dans le même endroit de la station de Medjez Amar Cherf mais avant le point de confluence avec oued Cheref. L'endroit est très ensoleillé ses rives sont garnies de plantes telles que Laurier rose et des plantes graminiformes (*Juncus*) ainsi que le *Tamarix*.



Les sols sont occupés d'un côté par des orangers et de l'autre par des oliviers caractéristiques de la région. Le fond du lit est formé de dalles et de cailloutis désagrégés, en certains endroits le substrat est remplacé par du sable grossier de rivière. Au mois de Mars l'écoulement de Bouhamdane se voit bloqué par le flux rapide des eaux de oued Cherf.

1.1.6.2. Moyenne Seybouse

Salah Salah Salah (36°27.697' N,

7°20.382' E)

Altitude : 251.66 m.

Commune : Medjez Amar.

Daïra : Ain Hssainia.

Wilaya de Guelma.

La commune est limitée au nord par El Fedjoudj, à l'est par Guelma, au sud par Houari Boumediene et Bendjerrah, à l'ouest par Hammam Debagh.



Là, le fleuve s'est heurté à la chaîne numidique, celle du Telle méridional (Moyenne - Seybouse). Le cours de la Seybouse oblique vers une direction nettement dirigée Est-Ouest, et devient perpendiculaire à celui de L'oued Cherf (BOUCHELAGHEM, 2008).

Le substrat est formé de cailloux ronds, de gravier et de sable, il est couvert d'algues. Le lit est large avec une vitesse influencée par les lâchers du barrage de Hammam Debagh. La végétation de cette station comprend surtout: *Typha sp*, *Phragmites australis*, *Tamarix sp*.

Zemzouma (36°28.114' N, 7°32.077' E)

Altitude : 162,2 m.

Commune : Djaballa Khemissi.

Daïra : Guelat Bousbaa.

Wilaya de Guelma.

La commune est limitée au nord par Nechmaya et Guelat Bousbaa, à l'est par Ain Ben Beida et Beni Mezzline, au sud



par Boumahra Ahmed, à l'ouest par Belkheir.

Le cours de la Seybouse dans la région est situé au Nord – Est, il dérive légèrement en direction Sud- Est, après avoir rencontré la dépression de Guelma et son bassin tertiaire constitué de terrains sédimentaires d'âge Crétacé, Oligocène, Mio pliocène, et Quaternaire (BOUCHELAGHEM, 2008).

Le substrat est constitué de galets, blocs, limons, et la végétation rivulaire est composée de *Roseaux*, *Typha sp*, *Phragmites australis*, L'aurier rose.

Le débit dans cette section présente une remarquable augmentation, l'eau de couleur noirâtre avec une odeur déplaisante.

A cette station on a constaté encore un plus grand décroissement de la qualité de l'eau qui touche des valeurs critiques. Cette diminution peut s'expliquer par l'influence d'un effluent de l'usine de marbre, des rejets de l'usine de carlage et par les égouts domestiques malgré tous ça, cette eau est utilisée pour l'irrigation des grands jardins de melon, pastèque, oranges, pommes, poires, etc.

Bradaa (36° 30. 803' N , 7° 27.037' E)

Altitude 285 m.

Commune : Heliopolis.

Daïra : Heliopolis.

Wilaya de Guelma.

Limitée au nord par Bouaati Mehmoud et Nechmeya, à l'est par Guelaat Bou Sbaa et Belkhir, au sud par Guelma, à l'ouest par El Fedjoug.



Le cours d'eau de l'oued Bradaa est faible, mais très rapide, c'est qu'en effet, après un parcours de montagne (Houara 932m), coupe la vallée de Guelaât Bou Sba, en passant par les monts Chettah (536m), l'allure d'un synclinal à bords assez redressés et très démantelés par les torrents, creusant un lit profond à rives abrupts, recouvertes de végétations, pour se rendre à la Seybouse au sud de Héliopolis (BOUCHELAGHEM, 2008).

Notre site est ombragé, la rive est naturelle, garnie d'une végétation dense, enchevêtrée formée de frênes, de sapins et d'arbrisseaux. Les sols avoisinants sont occupés par des jardins d'arbres fruitiers (orangers, des poiriers ...). L'eau y est claire, il y a peu de

galets, le substrat est constitué de cailloux, de graviers, le fond du lit est formé uniquement de sable.

Remarque : l'eau est pompée pour l'irrigation des champs.

Zimba (36° 26.020' N, 7° 28.452' E)

Altitude 290.6 m.

Commune : Belkheir.

Daïra : Guelaat Bousbaa.

Wilaya : Guelma.

La commune est limitée au nord par Guelaat Bousbaa et Heliopolis, à l'est par Djaballa Khemissi et Boumahra Ahmed, au sud par Khezara, à l'ouest par Bendjerah et Guelma.



Notre station est très exposée au soleil, les sols sont occupés par des jardins de culture maraîchère. Le lit de l'oued est très restreint avec une profondeur faible, le substrat est constitué de blocs, des galets et des vases.

El Fedjoui (36°28.893' N, 7°24. 926' E)

Altitude: 222.66 m.

Commune : El Fedjoui.

Daïra : Heliopolis.

Wilaya : Guelma.

Limitée au nord par Bouaati Mehmoud, à l'est par Héliopolis, au sud par Guelma et Medjez Amar, à l'ouest par Hammam Debagh et Roknia.



La station se trouve sous un pont, l'endroit est très ensoleillé, les deux rives sont naturelles et sont surmontées par des *Phragmites australis*, *Tamarix* sp. Le lit est large, le substrat est constitué de blocs, cailloux et sables.

Halia (36° 24.795' N, 7° 36. 677' E)**Altitude : 144. 33 m.**

Commune : Hammam N'Bails.

Daïra : Hammam N'Bails.

Wilaya : Guelma.

Limitée au nord par Bouchegouf, Beni Mezzline et Boumahra Ahmed, à l'est par Medjez Sfa, Oued Cheham et Dahouara, au sud par Hennencha et Khemissa, à l'ouest par Ain Sandel, Bouhachana et Khezara.



Ce ruisseau est un affluent de l'oued Seybouse. Il se trouve dans la région sud de Guelma. Cette section est formé par des bandes de calcaire yprésien qui sont fortement fissurés ce qui permet la constitution de ressources aquifères importante, mais rapidement restituées parmi les quelles la source de oued Halia (DJABRI, 1996).

Notre station se trouve sous un pont, elle est très exposée au soleil, les sols sont occupées par des jardins (cultures marichères), et par des oliviers. Le fond de l'oued est tapissé de blocs, de pierres, de galets et de la vase.

1.1.6.3. Basse Seybouse**Boudarwa (36° 31.667' N, 7° 42.307' E)****Altitude : 110m.**

Commune : Oued Fragha.

Daïra: Bouchegouf.

Wilaya: Guelma.

Limitée au nord par Ain Ben Beida, à l'est par Chihani, au sud par Bouchegouf, à l'ouest par Beni Mezzline.

Notre station est très exposée au soleil. La végétation environnante y est très développée et la couverture forestière enchevêtrée.



Le lit de l'oued est très large, le substrat est constitué de blocs des galets, et des vases.

Drean (36°41.002 N, 007°45. 527E)**Altitude : 12 m.**

Commune : Drean.

Daïra : Drean.

Wilaya : Taref.

Limitée au nord par Chebaita Mokhtar, à l'est par El Besbes à l'ouest par Aïn El Berda et au sud par Ain Ben Beida.

Notre station est située sous un pont, l'endroit est ensoleillé. La végétation comprend surtout : *Tamarix gallica*, *Populus alba*, *Typha*, *Scirpus sp*, *Paspalum distichum*, Roseau, *Eucalyptus*, *Solanum*.

Le lit de l'oued dans cette région est très large. L'eau est très profond parfois a les berges la profondeur atteindre 1m, elle coulent sur un fond de sable grossier avec une vitesse lente.

**Chihani (36° 39. 216N 007° 46. 968 E)****Altitude : 18 m.**

Commune : Chihani.

Daïra : Drean.

Wilaya : Taref.

Limité au nord par Drean et Besbes, au sud par Bouchegouf, à l'ouest par Oued Fragha et Ain Ben Beida.

Le site est localisé au sud de la plaine de Annaba à quelques centaines de mètres à l'est de la ville de Chihani. Cette section se caractérise en grande partie par des argiles rouges numidiennes, sur lesquelles reposent des grès peu perméables. Le cours d'eau reprend son chemin dans une direction Nord- Sud à travers la zone septentrionale du Tell constitué de marne et grès du Néonumulitique (grès medjaniens et grès de Numidie). Cependant sur ce tronçon, l'oued ne reçoit pas d'affluents dignes d'être signalés, à l'est ce dernier est contigu à celui de l'oued Bounamoussa (BOUCHELAGHEM, 2008).



Les formations végétales se développent le long des berges des cours d'eau sur les terrasses alluviales proches, y est caractérisée par des espèces à forte dynamique, croissance rapide, importante multiplication végétative par rejets ...), ce qui leur permet de

réoccuper l'espace rapidement après les perturbations ou destructions causées par les crues (BOUCHELAGHEM, 2008). Ces végétaux comprennent surtout: *Tamarix*, *Populus*, *Ricinus*. Le fond du lit est formé encore de blocs, pierres, cailloux, et argile.

Remarque : Cette station est caractérisée par une présence anthropique, décharges industrielles (marbre), pollution organique (charbon).

1.2. Climatologie

Le climat est certainement un facteur du milieu très important. Il a une influence directe sur la faune et la flore (TOUATI, 2008). Un climat méditerranéen règne sur la région est caractérisé par un été aride et chaud et un hiver humide et frais. Les variations thermiques sont parfois brutales et les précipitations irrégulières et violentes concentrées sur de courtes périodes. Les cours d'eau méditerranéens ont un mode caractérisé par l'irrégularité des écoulements et des démonstrations hydriques brutales. Le mode annuel est marqué par le maximum en hiver et à l'automne, et un niveau d'eau très bas en été (ARAB, 2004).

L'étude est basée sur les données de la station météorologique de Guelma. Nous avons retenu une période de 15 ans (1994- 2008), période d'observation relativement longue à la station qui tient les coordonnées suivantes (Tab. 3).

Tableau 3: Coordonnées de la station météorologique de Guelma.

Latitude	Altitude (m)	Longitude	Période d'observation
36° 28` N	227	07° 28` E	1994-2008

1.2.1. La température

La température dépend de l'altitude, de la distance du littoral et de la topographie (TOUATI, 2008 ; CHAKRI, 2007). Elle représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants (RAMADE, 1984). Les données de températures moyennes mensuelles récoltées de la station météorologique de Guelma (1994-2008) sont représentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Température moyenne mensuelle de la station de Guelma (1994-2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août
T(°C)	23.56	19.83	14.33	10.87	9.76	10.19	12.47	14.84	19.65	24.25	27.16	27.51

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période d'été (juin à octobre), avec des températures variant de 19, 83 à 27, 51 °C. Par contre les températures les plus basses 9, 70 à 12, 47 °C sont observées pendant la période hivernale (décembre à mars). Le suivi de l'évolution de la température au cours de la période d'étude nous expose une courbe en cloche inverse dans les maximums sont observés en été et les minimums en hiver (Fig. 6).

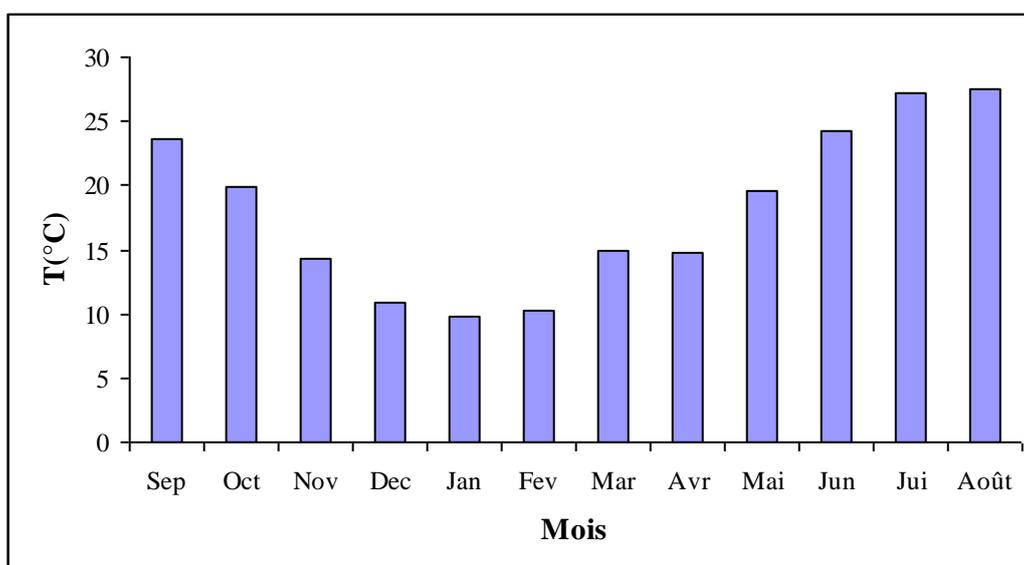


Figure 6 : Evolution des températures moyennes au cours des années (1994-2008) à la station de Guelma.

1.2.2. Les précipitations

Les précipitations sont elles-mêmes sous la dépendance de la température qui règle l'intensité de l'évaporation au niveau des surfaces marines (OZENDA, 1982). Elle sont régulées par trois autres facteurs : l'altitude, la longitude (elles augmentent de l'ouest vers l'est) et la distance à la mer (CHAKRI, 2007 ; TOUATI, 2008).

1.2.2.1. Variation des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières

La pluie est un facteur climatique très important, qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement sur le régime des cours d'eau. Les données récoltées sur 15 ans (1994-2008) sont récapitulées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières à la station de Guelma (1994 - 2008)

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Été		
Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août
P(mm)	46.41	37.05	71.25	81.8	102.03	62.77	60.12	67.71	45.05	16.45	2.96	12.47
Moy (mm)	51.57			82.20			57.63			10.63		

Ce tableau montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 82.20 mm/mois, tandis que l'été est sec avec une faible recharge de 10.63 mm/mois.

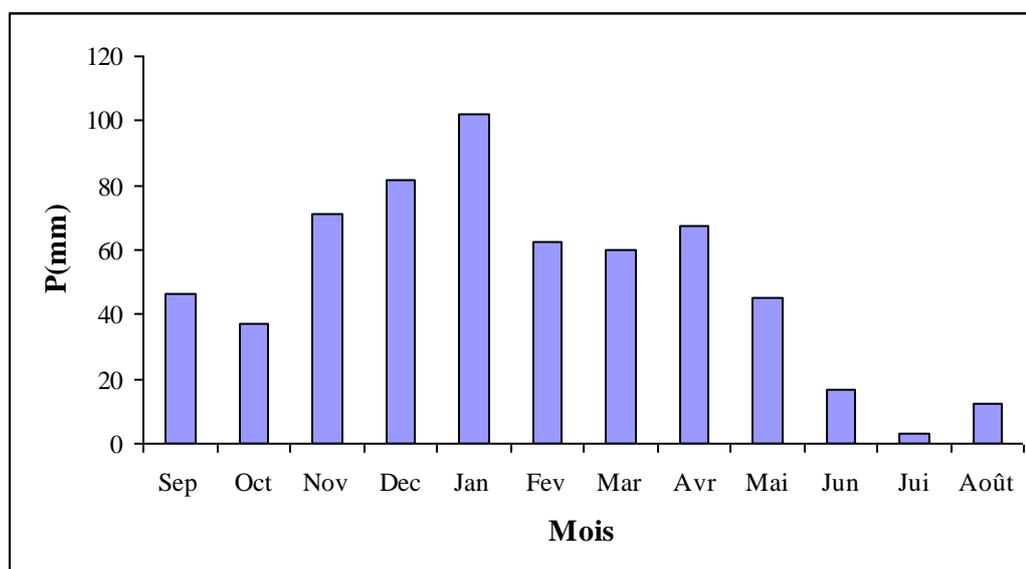


Figure 7 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1985 – 2006)

D'après la figure 7, la plus grande valeur de précipitation moyenne mensuelle, correspond au mois de janvier (102.3 mm), par contre la plus faible valeur correspond au mois de juillet avec 2.96 mm.

1.2.2.2. Distribution inter-annuelle des précipitations mensuelles

L'étude des variations des précipitations en fonction du temps montre une différence considérable entre l'année la plus sèche (1999/2000) avec 405.3 mm/an et l'année la plus humide (2002/2003) avec 938.5 mm/an (voir Tab. 6, et Fig. 8).

Tableau 6 : Distribution inter-annuelle des précipitations mensuelles
(année la plus sèche: 99/00, année la plus humide 2002/2003)

Mois Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Total	Observation
99-00	16.5	47	16.4	37.8	42.4	21.1	15.5	34.6	139.3	15.2	00	19.5	405.3	Année sèche
02-03	72	48.6	25.1	200.3	238.3	104.6	19.9	187.6	41.9	00	00	0.2	938.5	Année humide

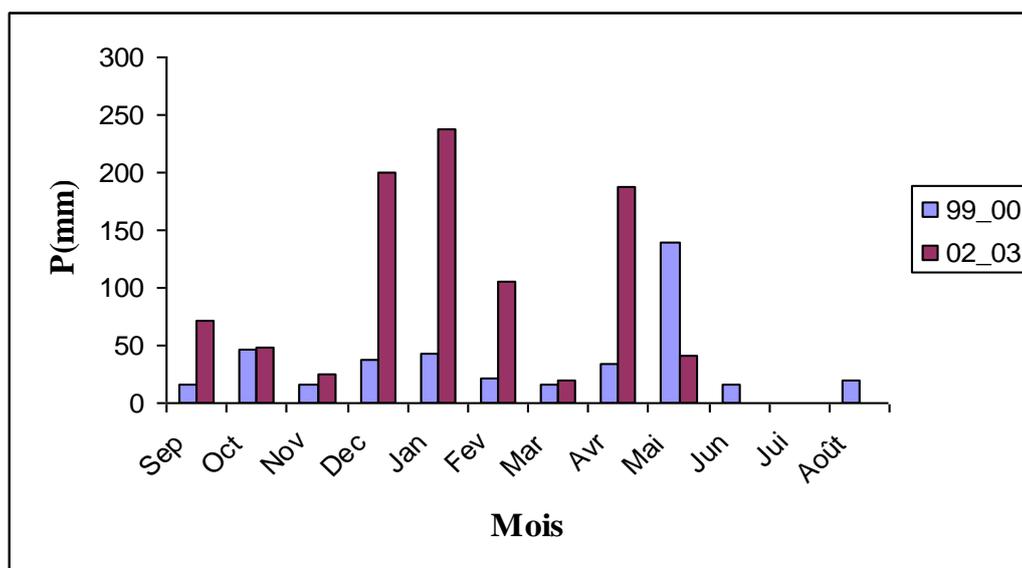


Figure 8 : Distribution inter-annuelle des précipitations mensuelles (année la plus sèche : 99/00, année la plus humide : 2002/2003)

1.2.2.3. Le coefficient pluviométrique

La variabilité inter-annuelle des précipitations est exprimée par le coefficient pluviométrique (CP). Ce paramètre est très important dans la détermination des années excédentaires et les années déficitaires. Il est obtenu par le rapport de la pluviométrie d'une année à la pluviométrie moyenne d'une série à une station donnée.

$$CP = \frac{P}{\bar{p}}$$

Avec :

CP : coefficient pluviométrique.

p : Pluviométrie de l'année considérée en (mm).

\bar{p} : Pluviométrie moyenne pour une période de n années en (mm).

Le coefficient pluviométrique est en relation proportionnelle avec la pluviométrie.

Nous avons deux cas : si

$CP > 1$, année excédentaire

$CP < 1$, année déficitaire (Tab. 7).

Les valeurs du coefficient pluviométriques présentées dans le tableau 7 mettent en évidence les années déficitaires et les années excédentaires. Pour la station de Guelma ; on a : 09 années déficitaires et 06 années excédentaires. Avec un maximum de 938,5 mm, $CP=1.54$ (2002/2003) et un minimum de 405.3 mm, $CP= 0.66$ (1999-2000).

Tableau 7: Coefficient pluviométrique (station de Guelma 1994-2008)

\bar{p} (mm)= 606,1			
année	p (mm)	CP	observations
93-94	458,0	0,75	déficitaire
94-95	579,2	0,95	déficitaire
95-96	734,8	1,21	excédentaire
96-97	620,4	1,02	excédentaire
97-98	691,6	1,14	excédentaire
98-99	596,1	0,98	déficitaire
99 - 00	405,3	0,66	déficitaire
00-01	483,1	0,79	déficitaire
01-02	504,2	0,83	déficitaire
02-03	938,5	1,54	excédentaire
03-04	804,8	1,32	excédentaire
04-05	541,0	0,89	déficitaire
05-06	478,3	0,78	déficitaire
06-07	730,3	1,2	excédentaire
07-08	525,6	0,86	déficitaire

1.2.3. Bioclimat

Les variations journalières de la température, de la pluviosité et de la force du vent sont aléatoires, non périodiques et non prévisibles. Cette variation aléatoire interdit toute adaptation rigoureuse des organismes et intervient dans la modification des cycles de développement, l'estivation ou l'hibernation, la migration, et les modifications morphologiques, provisoires et non héréditaires traduisant la plasticité phénotypique des espèces apparaissent lorsque les facteurs climatiques changent (DAJOZ, 2003).

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres. Pour en tenir compte divers indices ont été proposés, principalement dans le but d'expliquer la répartition des êtres vivants. Les indices les plus employés font intervenir la température et la pluviosité qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus (DAJOZ, 2003).

1.2.3.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnoul et Gausson

Ce diagramme permet de comparer mois par mois la température et la pluviosité. Les ordonnées sont choisies de telle sorte que 10 °C correspondent à 20 mm de pluie (Fig. 9) (DAJOZ, 2003).

D'après ce diagramme établi à partir des données de température et de précipitation de la station de Guelma, on peut distinguer deux périodes :

- La première froide et humide qui s'étale sur 8 mois, du mois d'octobre jusqu'au mois de mai.
- La seconde chaude et sèche qui s'étale sur 4 mois, du mois de juin jusqu'à septembre.

La détermination de cette période est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau.

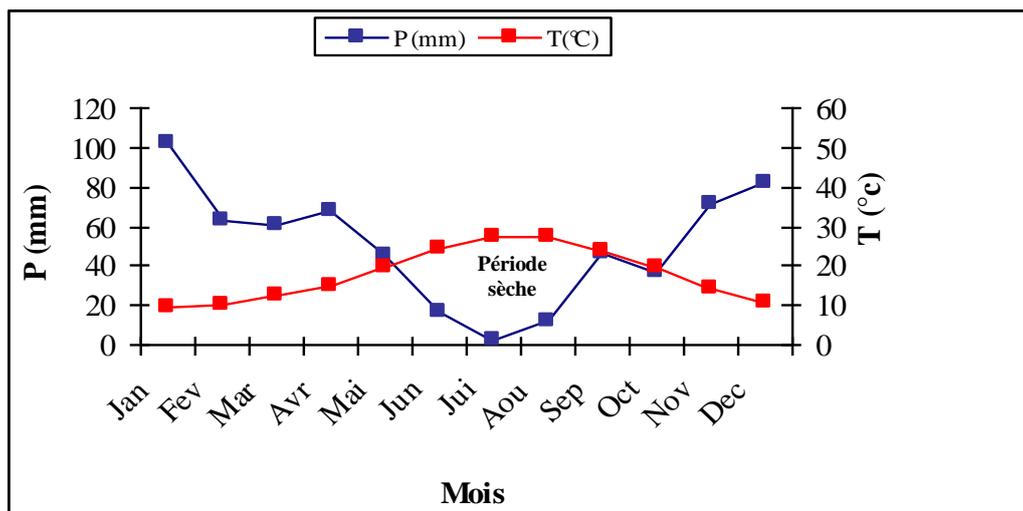


Figure 9 : Diagramme Ombrothermique de la ville de Guelma (1994-2008).

1.2.3.2. Climagramme d'Emberger

Selon Emberger (1963), la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques. Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude (Guelma), il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger Q_2 . (Équation 1).

$$Q_2 = 1000 \cdot P / \frac{(M+m) \cdot (M-m)}{2} \text{ ----- (1)}$$

D'où :

M : Température maximale du mois le plus chaud ($M = 36,34^\circ\text{C} = 309,34 \text{ K}$).

m : Température minimale du mois le plus froid ($m = 4,62^\circ\text{C} = 277,62 \text{ K}$).

P : Précipitation annuelle $P = 606,1$

Ainsi, notre région (Guelma) présente un $Q_2 = 65,10$. Ce qui la classe dans l'étage bioclimatique à végétation semi-aride à hiver frais (Fig. 10).

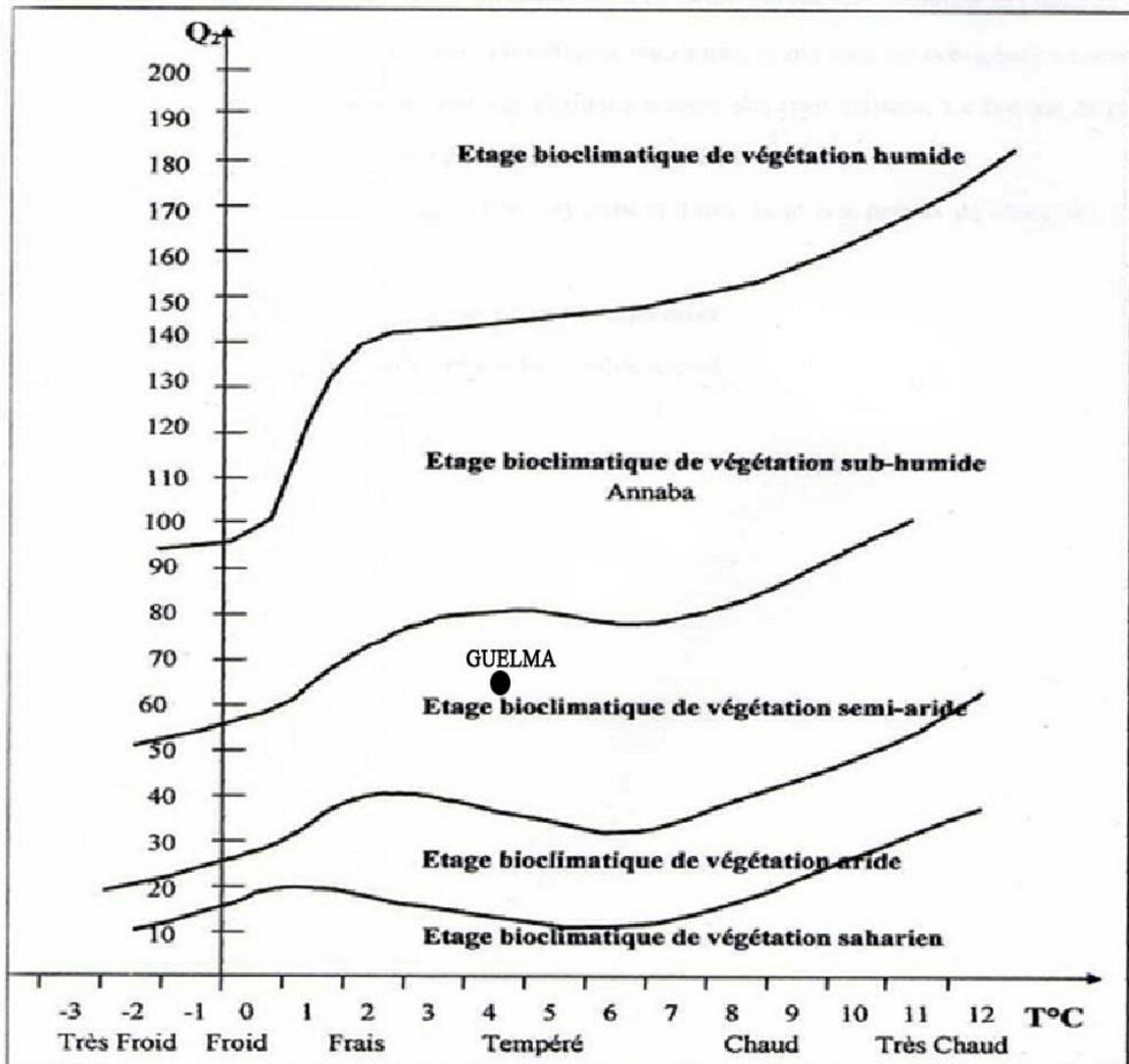


Figure 10 : Situation de la ville de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1994-2008).

1.2.4. L'humidité

La forte humidité de la région est causée par la forte évaporation de nombreuses zones humides et la proximité de la mer. Les données de l'humidité récoltées sur 15 ans (1994-2008) sont représentées dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Variation moyenne mensuelle de l'humidité relative à la station de Guelma (1994 - 2008)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidité relative (%)	76,52	75,71	73,62	72,08	68,15	60,67	55,17	56,43	66,10	69,75	72,70	76,02

D'après le Tableau 8, l'humidité est invariable au cours de l'année. Les valeurs minimales sont observées pendant les mois de juillet et août. Les valeurs maximales sont observées pendant le mois de janvier et le mois de décembre.

1.2.5. Le vent

Le vent agit indirectement en modifiant l'humidité et la température (OZENDA, 1982), il a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation et un pouvoir de refroidissement considérable mais ces pouvoirs peuvent être réduits par des rideaux d'arbres (DAJOZ, 2003). Les données récoltées sur 15 ans (1994-2008) sont récapitulées dans le Tableau 09 qui montre que la vitesse des vents est invariable au cours de l'année, avec quelques épisodes de Sirocco en été augmentant la température.

Tableau 9 : Moyenne mensuelle et moyenne annuelle de la vitesse des vents à la station de Guelma (1994- 2008)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Vitesse moyenne annuelle (m/s)
Vitesse moyenne mensuelle m/s	1,71	1,4	1,73	1,88	1,81	1,89	1,79	1,94	1,77	1,93	1,89	3,10	1,90

Chapitre 2
Généralités

2.1. Ephéméroptères : Ephémères ou "Mouches de mai"

Les Ephéméroptères sont considérés comme l'ordre d'insectes ailés le plus archaïque. Ils forment avec les Odonates (libellules) le groupe des Paléoptères. Ce groupe se distingue de tous les autres insectes ailés par leur incapacité à replier leurs ailes sur leur abdomen au repos. Leur origine date de la fin de l'ère primaire ; ils sont probablement apparus au cours du Carbonifère et ils ont atteint leur maximum de diversité durant l'ère secondaire (Jurassique et Crétacé) (GATTOLLIAT, 2002).

L'ordre des Ephéméroptères occupe souvent le premier rang des insectes aquatiques, en biomasse instantanée et production (TOMAS et GADEA, 1983). Il comprend actuellement environ 2500 espèces réparties en plus de 400 genres. Ces nombres doivent être pris avec circonspection, car la systématique des éphémères est en pleine évolution et la connaissance de nombreuses faunes encore très lacunaire. Ainsi entre 1976 et 1990, le nombre de genres valide a passé de 231 à 371 pour atteindre actuellement plus de 420 (GATTOLLIAT, 2002).

2.1.1. Etymologie du nom

La brièveté de la vie d'un Ephémère adulte est à l'origine de son nom (grec: ephemeros = vit un jour) ; de nombreuses espèces cependant vivent moins d'un jour : éclore le soir, elles meurent le lendemain matin, d'autres peuvent vivre une semaine (CHINERY, 1984).

2.1.2. Particularités relatives à l'étude de l'ordre des Ephéméroptères

Cet ordre pourrait donc apparaître a priori comme un matériel favorable en écologie. En effet, que se soit par leur abondance, leur fréquence, leur diversité, leur relative facilité de récolte (DOMINIQUE *et al*, 2000), et surtout, la connaissance de sa systématique, en rapide progrès, est très en avance à l'heure actuelle sur la plus part des autres groupe de macroinvertébrés (GLEMET *et al*, 2005), les Ephémères occupent une place exceptionnelle parmi les insectes des eaux courantes, et leur utilisation en tant que bioindicateurs de la qualité de ces eaux est absolument incontournable (DOMINIQUE *et al*, 2000).

Malheureusement, son utilisation pratique est encore aujourd'hui bien souvent limitée par la difficulté de détermination spécifique de ces insectes. Si, en effet, la systématique des imagos a beaucoup progressé depuis une quinzaine d'années, celle des

larves de plusieurs familles importantes n'a pas suivi cette évolution pour les raisons suivantes :

- la morphologie des larves est fréquemment très proche d'une espèce à l'autre, même au dernier stade, alors que la variabilité individuelle est importante en raison d'une faible chitinisisation. Ainsi, il est difficile de définir un type morphologique moyen, stable et caractéristique de chaque espèce ;
- les déterminations spécifiques se font en effet beaucoup plus facilement, et avec plus de certitude, sur les adultes (imago mal) que sur les larves -même au dernier stade- sauf chez les Baetidae ;
- une mortalité très importante des larves âgées, surtout si ces dernières sont élevées loin du lieu de prélèvement. D'autre part, la présence du stade subimaginal, intermédiaire peu utilisable, particulièrement sujet à la fois à la déshydratation et à la noyade, nuit aussi au rendement des élevages ;
- enfin, les captures d'imagos dans la nature suppléent mal les récoltes et les élevages de larves : elles sont rendues assez aléatoires, surtout par les conditions climatiques difficiles, en raison de l'extrême fragilité de ces insectes et de la brièveté de leur vie (TOMAS et GADEA, 1983).

2.1.3. Classification classique

Règne : Animalia.

Embranchement : Arthropoda.

Sous-embranchement.: Hexapoda.

Classe : Insecta.

Sous-classe : Pterygota.

Ordre : Ephemeroptera.

2.1.4. Morphologie

2.1.4.1. L'œuf

Les œufs d'Ephémères ont une forme ronde ou ovale ; leur taille est très réduite (en moyenne 0.2 mm x 0.1 mm, mais certaines espèces peuvent avoir des œufs qui excèdent 0.4 mm, voire 2 mm chez *Dolania*). Ils possèdent un certain nombre de caractéristiques qui peuvent avoir une valeur taxonomique importante; il s'agit de la capsule polaire, de la structure de la surface chorionique, des structures accessoires d'attachement et du

micropyle (Fig. 11). Des clés d'identification ont été construites uniquement sur les caractères des œufs ; ces caractères peuvent s'avérer extrêmement utiles en particulier pour des femelles adultes qui ne possèdent pas de caractères distinctifs, ainsi que pour faire l'association entre les larves et adultes de certaines espèces. Exception faite du genre *Guloptiloides*, les œufs de Baetidae sont recouverts d'une gangue de mucus qui masquent leurs caractères morphologiques. Ils ne présentent donc pas d'intérêt pour l'étude taxonomique de cette famille (GATTOLLIAT, 2002).

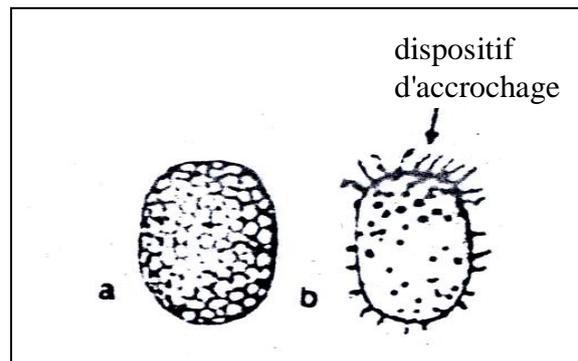


Figure 11 : Œufs. a: *Ephemerella*; b: *Heptagenia* (TACHET *et al*, 2000)

2.1.4.2. La larve

Les larves d'Ephémères sont formées de trois parties distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen avec leurs appendices respectifs (Fig. 12a, Fig. 12b). La forme générale de la larve peut être cylindrique ou aplatie (TACHET *et al*, 2000).

- **La tête**

La tête possède deux grands yeux composés en position dorsale ou latérale. La taille des yeux permet en général de distinguer le sexe des larves : les mâles ont des yeux nettement plus grands que ceux des femelles. Entre les yeux se trouvent les trois ocelles : un central et deux latéraux (Fig. 12c) (GATTOLLIAT, 2002).

Les antennes sont de longueur très variable d'une famille à l'autre. Elles sont formées par le scape, le pédicelle et le flagelle (GATTOLLIAT, 2002).

Les pièces buccales sont constituées de 7 pièces principales (Fig. 13). Le labre, ou lèvre supérieure, occupe une position frontale, sa forme est grossièrement rectangulaire avec la marge distale qui présente une émargination plus ou moins marquée. Sous le labre se trouvent les mandibules. Elles sont asymétriques, portant les incisives sur la partie apicale externe et la mola sur la partie apicale interne. Les maxilles sont également paires

et symétriques. Elles sont constituées par une couronne qui supporte des structures de formes variables (peignes, brosses ou dents), plusieurs rangées de soies et d'un palpe de deux ou trois segments plus ou moins régressé. L'hypopharynx est situé au milieu de la bouche ; il est formé par un lobe médian appelé lingua et de deux lobes latéraux appelés superlingua. Il s'agit de la pièce buccale la moins sclérifiée. Le labium ou lèvre inférieure, est constitué d'un mentum qui portent les glosses et les paraglosses. Ces quatre pièces peuvent être plus ou moins fusionnées ou réduites. Deux palpes labiaux viennent se fixer à la base du mentum (GATTOLIAT, 2002).

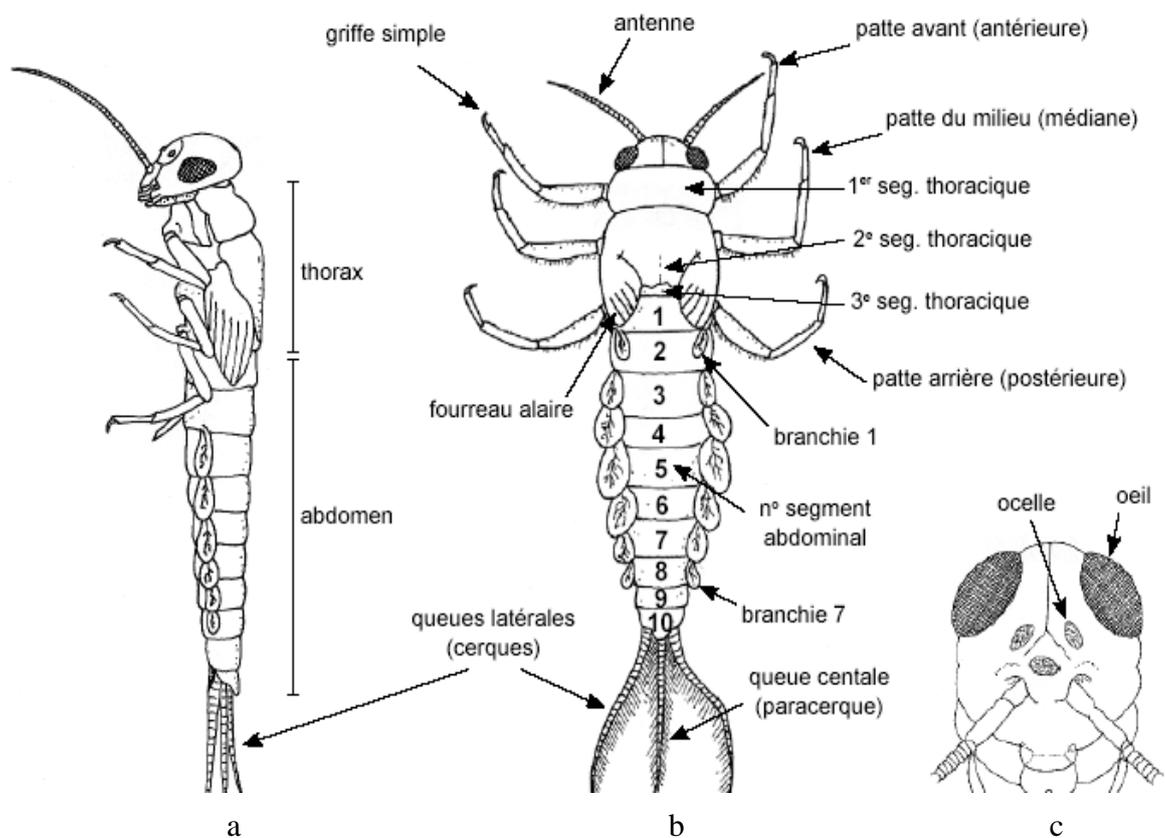


Figure 12 : Larve d'Ephéméroptères a : vue latérale, b : vue dorsale, c : tête (MOISAN, 2006).

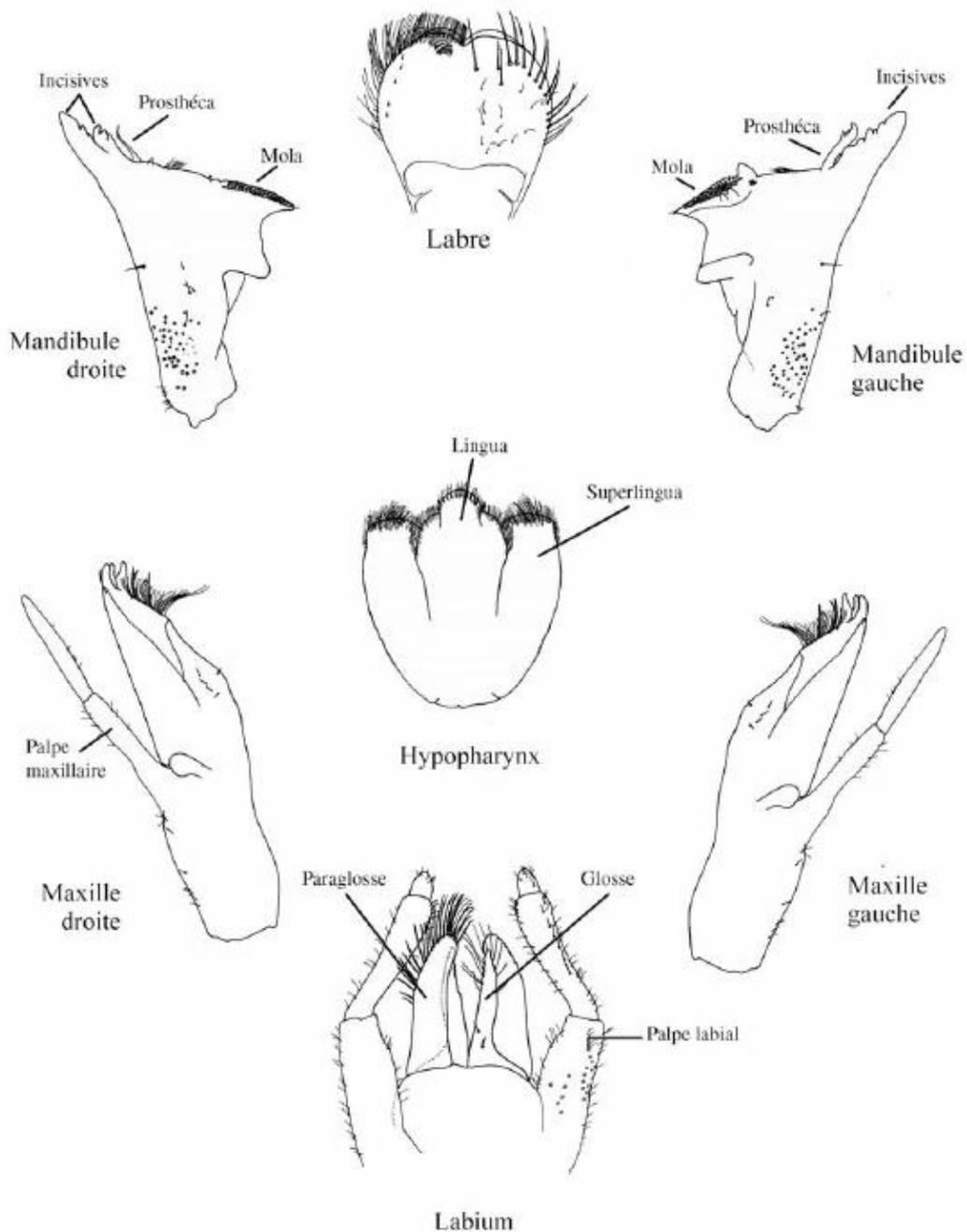


Figure 13 : Pièces buccales des Ephéméroptères (*Afrottiloides spinosum*) (Gattolliat, 2002).

- **Le thorax**

Le thorax se divise en trois parties distinctes : le pro-, le méso- et le métathorax. Le prothorax ne porte qu'une paire de pattes, alors que le méso- et le métathorax ont chacun une paire de pattes (Fig. 12b) (GATTOLLIAT, 2002), et portent dorsalement les fourreaux alaires (normalement deux paires, exceptionnellement une paire chez les Caenidae et chez *Cloen dipterum*, chez lesquels les ailes postérieures ont disparu (TACHET *et al*, 2000).

Les pattes présentent la structure fondamentale (cinq articles) : hanche, trochanter, fémur, tibia et un tarse d'un seul article portant une seule griffe (Fig. 14), caractère qui distingue les Epheméroptères des Plécoptères auxquels ils ressemblent superficiellement, particulièrement lorsqu'il s'agit d'Epheméroptères à deux cerques (TACHET *et al*, 2000).

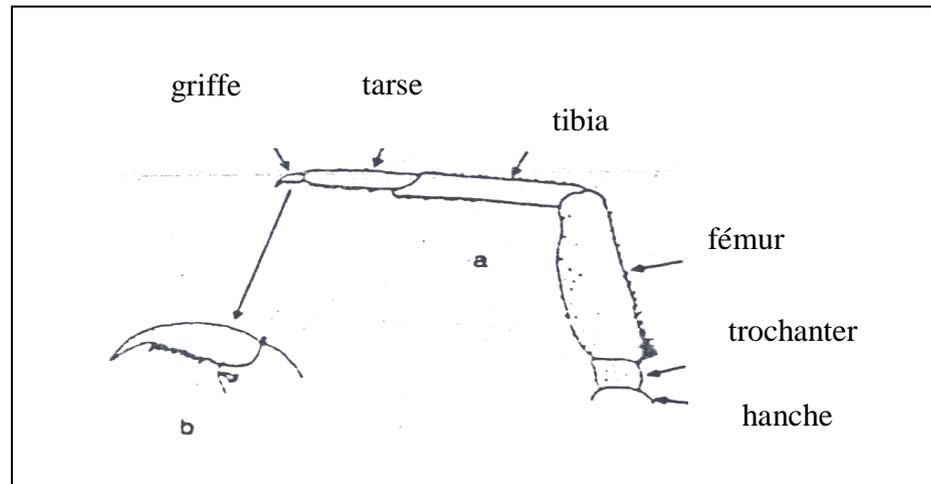
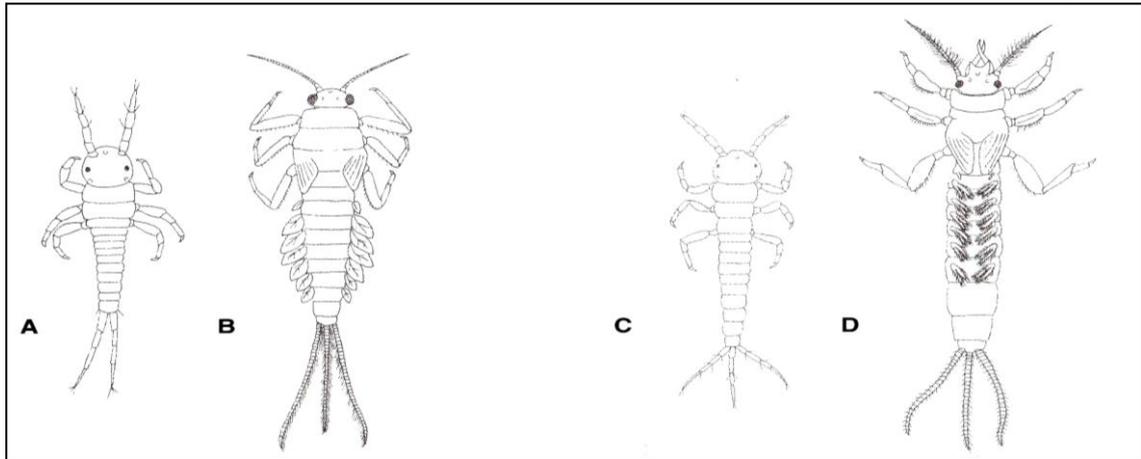


Figure 14: Structure fondamentale d'une patte d'Epheméroptères : a patte ; b: griffe (TACHET *et al*, 2000).

- **L'abdomen**

L'abdomen est formé de dix segments (Fig. 12b). Chaque segment est composé d'une plaque dorsale appelée tergite et d'une plaque ventrale appelée sternite. Le dixième sternite est réduit à deux petites plaques rectangulaires appelées paraproctes. Le dixième tergite porte deux longs cerques et un paracercue qui peut être secondairement réduit à un seul segment. Originellement, les trachéobranchies sont présentes sur les segments 1 à 7 ; mais dans de nombreuses lignées, on peut observer une réduction de leur nombre. Leur position est généralement latérale ; chez certains taxa, elles sont rabattues sur les tergites ou prennent une position ventrale. La forme des trachéobranchies est extrêmement variable, elle a un rôle taxonomique très important (GATTOLLIAT, 2002).

Chez les larves néonates (Fig. 15), les branchies ne sont pas encore développées et chez certaines familles (Baetidae) le paracercue n'est pas encore présent, on peut cependant reconnaître une larve d'Epheméroptère grâce aux cerques et à la griffe unique, mais dans ce cas ne peut définir qu'une appartenance à l'ordre (TACHET *et al*, 2000).



**Figure 15: Différenciation morphologique au cours du développement larvaire, *Baetis*:
A: larves néonate; B: larve mature, *Ephemera*: C: larve néonate; D: larve mature
(TACHET *et al*, 2000).**

2.1.4.3. Les adultes: la subimago et l'imago

Les adultes sont de forme allongée de 0.5 à 4 cm de long (sans les cerques). Au repos, ils se reconnaissent facilement à leurs ailes transparentes maintenues verticalement et à leurs deux ou trois longs filaments caudaux (MCGAVIN, 2000). Comme pour la larve, le corps de l'adulte est divisé en trois parties: la tête, le thorax et l'abdomen (Fig. 16).

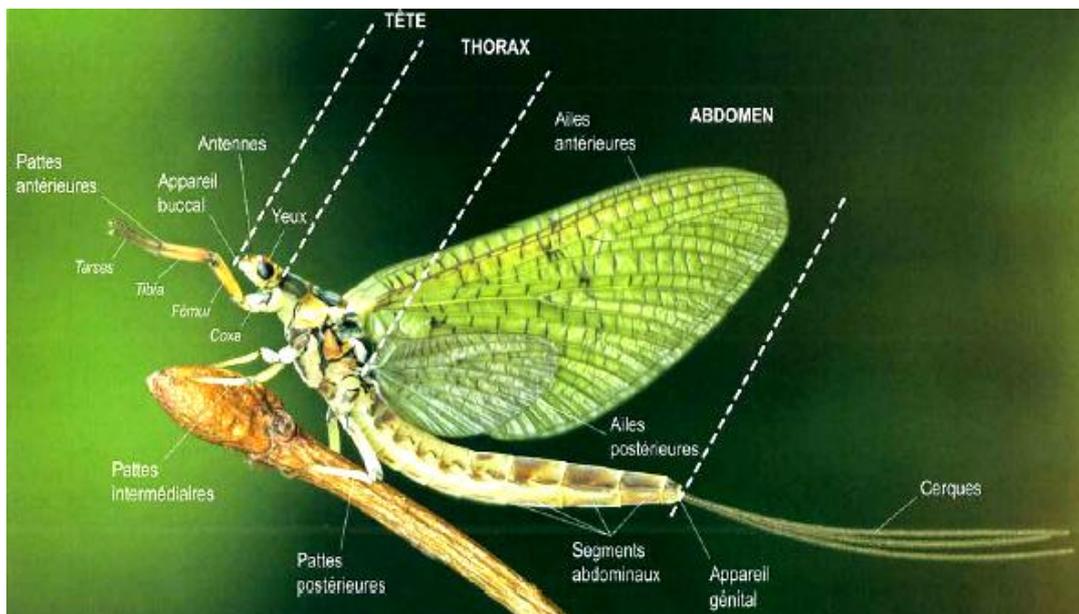


Figure 16 : Anatomie de la grande Ephemère, *Ephemera danica* (VONLANTHEN, 2000) [1].

- **La tête**

Elle est petite et rectangulaire (Fig. 17). Elle porte deux yeux composés de chaque côté de la tête. Chez la plupart des espèces, les yeux des mâles sont nettement plus grands et plus colorés que chez les femelles, c'est en particulier le cas chez les Baetidae, les Leptophlebiidae et les Ephemerellidae (MCGAVIN, 2000) par exemple chez *Rhithrogena ourika n. sp* les yeux sont de couleur rosâtres devenant progressivement bleu noirâtre vers le bord externe (THOMAS et MOHATI, 1985).

Les antennes sont réduites, composés d'articles courts et épais, prolongés par une soie fine (TACHET *et al*, 2000).

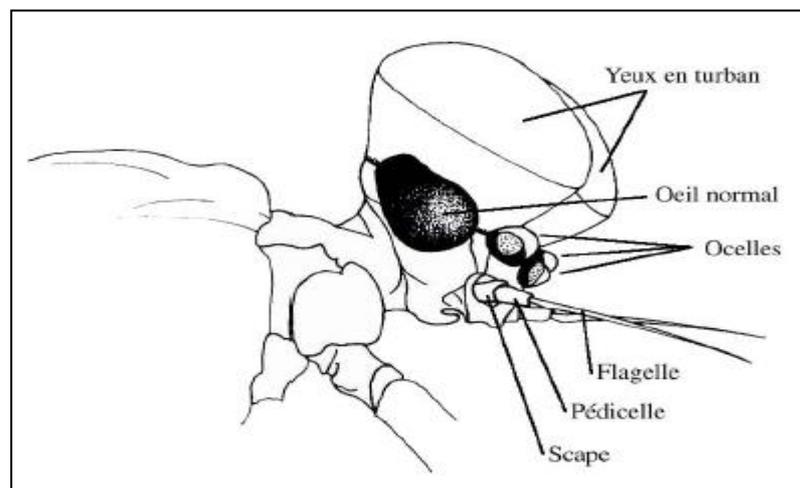


Figure 17: Tête d'Ephéméroptère male en vue latérale (*Rheoptilum arni*) (Gattolliat, 2002).

- **Le thorax**

Comme chez les larves, le thorax se divise en trois parties ; le mésothorax est nettement plus développé que le pro- ou le métathorax.

Les trois paires de pattes sont formées par une hanche qui vient se rattacher à la région pleuro-sternale, un trochanter court, un fémur et un tibia longs et un tarse formé de 4 ou 5 articles. Le dernier segment des tarses, également appelé transtarse, porte deux griffes. De nombreuses lignées présentent une fusion et une réduction des tarses ; les tibias et tarses peuvent également se fusionner (GATTOLLIAT, 2002).

Les ailes sont généralement transparentes et parfois jaunâtres ou brunâtres, voire brillantes (MCGAVIN, 2000). Elle sont de taille très inégale : la seconde paire est réduite (voire absente) et ne dépasse pas, chez les espèces actuelles, la moitié de la première paire.

La nervation alaire des éphémères est complète : les nervures longitudinales sont alternativement concaves et convexes. Elle est donc pliée en éventail à l'intérieur du fourreau alaire. Les nervures transverses sont plus ou moins abondantes suivant la lignée évolutive (GATTOLLIAT, 2002).

- **L'abdomen**

Il est constitué de dix segments. Les neuf premiers sont très semblables entre eux ; ils sont formés d'un tergite et d'un sternite. Le dixième sternite est réduit à une plaque subanale chez la femelle ou subgénitale chez le mâle. Chez le mâle, la partie distale du neuvième segment porte deux forceps appelés gonopodes ; ils sont composés de trois à quatre segments plus ou moins fusionnés. Sous la plaque subgénitale se trouvent les lobes péniers qui sont plus ou moins visibles et qui peuvent être membraneux (comme chez les Baetidae) ou sclérifiés. Les oviductes aboutissent en un pore génital situé entre les sternite 7 et 8. Le pore génital peut être recouvert par la plaque subgénitale (GATTOLLIAT, 2002).

L'abdomen se termine par deux ou trois filaments caudaux. Les cerques latéraux sont toujours présents. Le paracerque peut être présent, réduit ou absent. La longueur du paracerque peut être égale voire supérieure à celle des cerques. Le paracerque peut disparaître au cours du passage du stade larvaire au stade adulte ; l'inverse ne peut par contre pas se produire. Ces variations sont parfois liées aux sexes ; elles ont toujours une valeur taxonomique (GATTOLLIAT, 2002). Ces cerques sont de longueur très variable d'une espèce à l'autre, par exemple chez *Rhithrogena ourika n. sp* la longueur est proportionnellement importante : 20 à 28 mm (THOMAS et MOHATI, 1985).

La subimago est un stade qui n'est présent que chez les Ephéméroptères. Elle présente toutes les caractéristiques de l'imago, mais de manière moins développée. Elle se différencie principalement par sa coloration nettement plus terne, due à la semi-transparence de la cuticule. Cette apparence assombrie est en particulier visible sur les ailes qui paraissent opaques, par opposition aux ailes des imagos qui sont généralement hyalines. La marge postérieure des ailes des subimagos est frangée, ces soies ne sont plus présentes chez les imagos sauf chez les Caenidae et les Tricorythidae. Les pattes ne sont pas encore totalement développées chez la subimago, en particulier les protibias et protarses des mâles. Les yeux composés des mâles sont également de plus petite taille chez la subimago que chez l'imago. Sauf exception, les subimagos sont encore sexuellement immatures. Les genitalia ne sont pas encore totalement développés : les forceps des mâles sont courts et

trapus, la plaque subgénitale des femelles est absente ou seulement partiellement développée (GATTOLLIAT, 2002).

2.1.5. L'habitat

Les larves d'Ephéméroptères sont très abondantes dans les eaux douces, notamment les eaux courantes. Dans les principaux biotopes des torrents, ruisseaux et rivières (TOMAS et GADEA, 1983). C'est toutefois dans les eaux courantes où se trouve la plus grande diversité. Les larves présentent de très nombreuses adaptations morphologiques notamment pour s'adapter aux courants rapides. Les larves d'Ephémères peuvent être classées suivant leur morphologie. Cinq types différents peuvent être mis en évidence : nageur, agrippeur, rampant, grimpeur et fouisseur (GATTOLLIAT, 2002).

Les larves nageuses : dans les eaux stagnantes riches en végétation aquatique vivent des larves nageuses qui séjournent dans le calme sur les feuilles des plantes (ENGELHARDT, 1998). Elles sont de type franchement lentique caractérisé par un allongement, un affinement et un redressement linéaire du crochet qui permet le déplacement des larves sur les sédiments meubles ; ce type de griffe se rencontre en générale avec une rame caudale à pilosité développée à fonction natatoire (DOMINIQUE *et al.*, 2005). Il s'agit notamment de la plupart des genres de Baetidae (*Afroptilum*, *Xyrodromeus*, *Cloeon* ...) (GATTOLLIAT, 2002).

Larves agrippeuses : elles colonisent les zones des rivières où le courant est important. Comme les larves nageuses, les larves agrippeuses sont capables de nager assez rapidement (GATTOLLIAT, 2002). Elles craignent la lumière et séjournent presque toujours sur la face inférieure des pierres, les longs filaments de leur queue sont des organes supplémentaires qui leur permettent de s'accrocher (ENGELHARDT, 1998). De nombreuses espèces présentent un aplatissement dorso-ventral caractéristique (Heptageniidae notamment), alors que d'autres ont développé un hydrodynamisme très poussé (*Afroptiloides* ou *Rheoptilum* chez les Baetidae) (GATTOLLIAT, 2002).

Larves grimpeuses : ce sont de mauvaises nageuses qui vivent principalement dans la végétation des eaux calmes. Les Ephemerellidae sont les représentants type de cette catégorie (GATTOLLIAT, 2002).

Larves rampantes : elles se rencontrent au fond des eaux les plus diverses (ENGELHARDT, 1998). Ce sont également de mauvaises nageuses, mais contrairement aux larves grimpeuses, elles restent principalement posées sur le substrat. Leur corps est

soit allongé avec des longues branchies souples (Leptophlebiidae) ou trapu et de petite dimension avec la deuxième paire de branchies transformées en bouclier pour protéger les autres branchies (Caenidae) (GATTOLLIAT, 2002).

Les larves fouisseuses : vivent essentiellement dans les eaux lentes aux rives limoneuses et au fond vaseux, ainsi que sur les rives des lacs (ex: *Ephemera*) comme des taupes, elles creusent au fond de l'eau ou dans la paroi des rives des galeries qui tout naturellement s'effondrent derrière elles. Ces larves sont caractérisées par des mâchoires en forme de poignard servant à creuser (ENGELHARDT, 1998) et par un fort développement des PI (1^{ère} paire des pattes) et un aplatissement des fémurs des PIII (3^{ème} paire des pattes) (TACHET *et al*, 2000).

2.1.6. Répartition des Ephéméroptères

Les Ephémères forment un ordre d'insectes comprenant environ quatre-vingts espèces en Europe centrale, dont environ soixante-dix sont représentées en France (ENGELHARDT, 1998) ; 69 espèces et trois sous-espèces en Afrique du Nord pour les trois pays du Maghreb: Maroc, Algérie et Tunisie, dont 41 taxons ont été cités du Maroc, 50 (dont trois sous-espèces) d'Algérie et 29 de Tunisie. Toutefois, beaucoup de déterminations sont sans doute inexactes ou devront au moins être confirmées (THOMAS, 1998).

Plusieurs facteurs abiotiques peuvent influencer la répartition des larves d'Ephéméroptères, notamment l'altitude, la température, la vitesse du courant, le type de substrat, l'abondance des macrophytes, etc (THOMAS et DIA, 1983).

Baetis bisri : est une espèce de basse et moyenne altitude, les larves ont été récoltées sur des substrats grossiers, encroutés, à des stations où la température de l'eau ne dépasse jamais 24°C. Les vitesses de courant étaient comprises entre 10 et 80 cm/s (THOMAS et DIA, 1983).

Baetis baroukianus* - *Electroena galileae* - *Riolus syriacus : Ces trois espèces sont parmi les plus alticoles: altitudes moyennes respectives de 830, 720, et 960 m, ainsi qu'une valeur moyenne des températures maximales de 16.8, 17.7, et de 17.1° C. Elles sont rhéophiles, pouvant être rencontrées à une vitesse de courant supérieure à 1 m/s (DIA et THOMAS, 2005).

Baetis spei – *Normandia nitens* : Beaucoup plus thermophile, ces espèces colonisent les secteurs de basse altitude (altitude moyenne respectivement de 290, 205 et 190 m), elles n'ont jamais été trouvées à une vitesse de 1 m/s) (DIA et THOMAS, 2005).

Baetis albinatii nov. sp. : a été capturée à des altitudes comprises entre 240 et 1100 m. la température de l'eau au moment des récoltes variait entre 8 et 11° C au mois de mai, et entre 13 et 20° C au mois de juillet. Les larves sont présentes toute l'année, ce qui indiquerait que cette espèce a probablement deux générations dans l'année, qu'elle ne passe pas l'hiver en diapause embryonnaire, mais sous forme de larve, ce qui en ferait donc une espèce hiverno-estivale (THOMAS et SARTORI, 1989).

2.1.7. Réseau trophique

Les œufs des Epheméroptères sont mangés par les escargots et par les larves des Trichoptères, les larves sont mangées par les poissons, les grenouilles, les oiseaux, et les mouches. Pendant leur phase aérienne, les Ephémères servent également de nourriture aux chauves-souris, aux hirondelles et aux libellules, ou d'autres insectes prédateurs (CHINERY, 1984). Pour leur propre alimentation les larves d'éphémères présentent également un grand nombre d'adaptations suivant le mode de nutrition. Ils constituent un groupe très diversifié, mais le régime alimentaire de beaucoup d'entre elles paraît encore assez mal connu pour être utilisé comme trait biologique sans précaution (GLEMET *et al.*, 2005).

La plupart des espèces sont, au moins durant les premiers stades, des collecteurs peu spécialisés. Elles se nourrissent de particules organiques, de bactéries et de champignons qu'elles récoltent dans les interstices du substrat. Beaucoup d'espèces de Baetidae appartiennent à cette catégorie (GATTOLLIAT, 2002).

Les larves dites brouteuses récoltent les algues qui recouvrent le substrat. Les nombreuses espèces malgaches de Baetidae (*Xyrodromeus*, *Rheoptilum*, *Cloeodes p.p.* et *Dabulamanzia p.p.*) ont des pièces buccales transformées pour racler les diatomées sur les pierres; elles représentent un cas particulier du type brouteur (GATTOLLIAT, 2002).

De manière passive ou active, des larves filtrent l'eau pour en extraire des particules nutritives. Les pattes et les branchies peuvent participer au filtrage soit en créant un courant soit en filtrant l'eau. Ces larves possèdent généralement des organes densément ciliés comme les pattes des genres afro-malgaches *Pseudopannota* ou *Elassoneuria* (GATTOLLIAT, 2002) et du genre *Oligoneuriella* (TACHET *et al.*, 2000).

Un nombre restreint d'espèces ont un régime alimentaire nettement plus spécialisé : il s'agit notamment des larves carnivores et herbivores. Les carnivores se nourrissent principalement d'autres invertébrés aquatiques, en particulier des larves de Diptères ou d'Ephémères. Les pièces buccales et parfois les pattes se sont adaptées pour saisir, voire déchiqueter les proies (GATTOLLIAT, 2002), par exemple les mandibules de *Carinna eximia* sont dotées d'une structure molaire perforante, hérissée de denticules très aigus, et de facto adaptées à la prédation, au moins sur des Rotifères et des larves jeunes de chironomidae, même si cette adaptation à un régime partiellement carnivore est beaucoup moins marquée que chez *Harpagobaetis gulosus* (DOMINIQUE *et al*, 2005).

Quelques larves d'Ephémères se nourrissent de macrophytes, notamment le genre malgache *Edmulmeatus*. Les pièces buccales, en particulier les mandibules, sont très puissantes afin de pouvoir broyer les végétaux (GATTOLLIAT, 2002).

Les subimagos, tout comme les imagos, ne se nourrissent pas. Leurs pièces buccales et leur tube digestif sont complètement régressés. Les adultes vivent sur les réserves emmagasinées durant les stades larvaires et ils meurent très rapidement par déshydratation (BOUMAIZA et THOMAS, 1986).

2.1.8. La respiration

Elles respirent au moyen de branchies trachéennes aplaties situées des deux cotés de l'abdomen et dont l'aspect dépend de l'espèce; il y a généralement 7 paires de branchies parcourues par de petites trachées (Fig. 18) qui sont en relation avec celles du corps et dans lesquelles se diffuse l'oxygène contenu dans l'eau (CHINERY, 1984). Les jeunes larves n'ont pas encore de trachéobranhies et se contentent de respirer par la peau (ENGELHARDT, 1998).

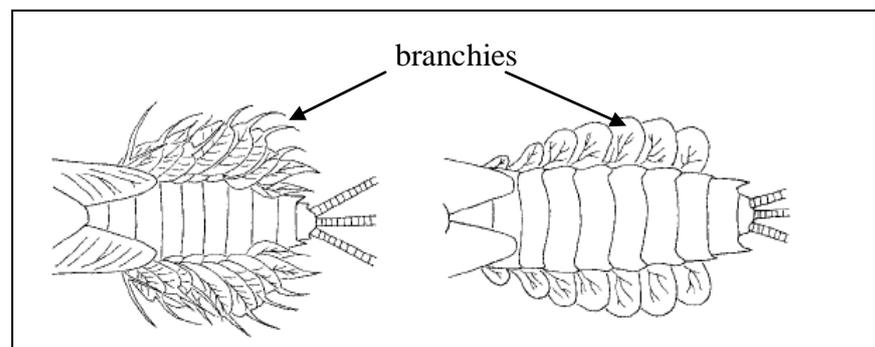


Figure 18: Branchies. a: *Leptophlebia sp*, b: *Isonychia arida* (Bouchard, 2004).

2.1.9. Mues et émergence

Les éphémères appartiennent à la Exopterygota (ou Hemimetabola), c'est-à-dire ils sont des insectes à métamorphose dites incomplète, leur développement comporte quatre stades distincts : l'œuf, la larve, la subimago et l'imago (Fig. 19).

Le nombre de mues est variable selon les groupes ; certaines espèces n'ont qu'une douzaine de mues, plus généralement une vingtaine, exceptionnellement une quarantaine. La durée de vie larvaire varie de quelques semaines à deux ans, mais la règle générale est de trois à six mois. Il y a dans ce dernier cas plusieurs générations par an. Il y a des espèces monovoltines (*Potamanthus luteus*, *Ephoron virgo*, *Oligoneuriella rhenana*) et des espèces polyvoltines (ou polycohortiques) (*Caenis* et *Baetis*) (TACHET, *et al* 2000).

La larve émerge, passant ainsi du milieu liquide au milieu aérien. L'émergence proprement dite a généralement lieu à la surface de l'eau (*Baetis* et Epheméridae) : la larve nage jusqu'à la surface avec les fourreaux alaires hors de l'eau, puis s'extrait rapidement de l'enveloppe larvaire par une fente située au niveau du thorax. L'émergence peut également se dérouler sous l'eau (*Electrogena*), la subimago nage alors jusqu'à la surface. Comme les ailes sont couvertes de fines soies hydrofuges, elles restent donc fonctionnelles même après un contact prolongé avec l'eau. Certaines larves sortent de l'eau, montent sur un support et muent (*Paraleptophlebia*) (TACHET, *et al* 2000 ; GATTOLLIAT, 2002). Ici, l'animal qui apparaît à l'éclosion est un "modèle réduit" de l'adulte, à quelques variations mineures, l'apparition des ailes a lieu sans stade nymphal réel, le stade subimago dure de quelques minutes chez les Caenidae à plus de deux jours chez certaines espèces de *Cloeon* et d'Heptageniidae (MASIAC, 2003).

Chez certaines espèces, l'émergence est synchronisée ; un très grand nombre d'individus émerge simultanément. Cette stratégie a deux avantages principaux. D'une part, le grand nombre favorise la probabilité d'une rencontre entre le mâle et la femelle. D'autre part, la pression de prédation est proportionnellement nettement plus faible. D'autres espèces ont adopté une stratégie différente, les émergences ont lieu tout au long de la saison favorable. C'est le cas en particulier chez le genre *Cloeon* (TACHET *et al*, 2000).

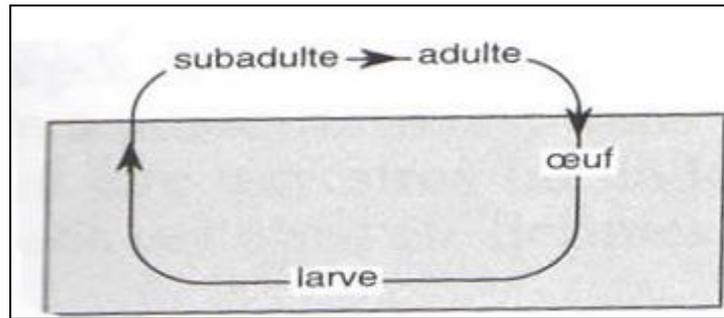


Figure 19: Cycle vital des Ephemeroptères (TACHET *et al*, 2000).

❖ Les risques des mues

Les mues sont des phénomènes à haut risque. L'animal s'immobilise à leur approche et s'efforce d'accroître son volume, notamment en déplaçant d'importants volumes de sang et en les concentrant dans des zones précises. L'animal extrait généralement de l'ancienne enveloppe d'abord sa tête, puis son thorax et enfin le reste de son corps. L'extraction des pattes, des pièces buccales, des antennes et de toutes les parties articulées comporte un important risque d'accrochage, qui est un risque mortel : tout Arthropode ne réussissant pas à se dégager de son exuvie est condamné. Le danger lié aux mues provient également de ce que la nouvelle cuticule reste molle pendant un certains temps, avant de s'affermir au contact de l'air (par une réaction chimique qui met en jeu certaines protéines). L'insecte est par conséquent presque incapable de se déplacer pendant une période qui peut atteindre plusieurs heures ; et malgré tous les efforts de dissimulation qu'il déploie la probabilité qu'un prédateur le repère pendant cette période est loin d'être négligeable (MASIAC, 2003).

2.1.10. L'accouplement

Chez de nombreuses espèces, les mâles se groupent en essaim. Ils attendent les femelles en effectuant des vols verticaux cadencés. Quelques espèces ont des vols d'attente horizontaux. Ces essaims se forment généralement à proximité immédiate des lieux d'émergence, au-dessus de la végétation ou d'un pont ; quelques rares espèces s'éloignent à plus de 200 m de l'eau. Ces vols ont principalement lieu durant le jour en milieu tempéré et au crépuscule dans les régions tropicales. Il s'agit toutefois d'une tendance ; citons comme contre-exemple les Caenidae qui volent essentiellement à l'aube et d'autres genres comme *Dabulamanzia* qui sont actifs le matin (GATTOLLIAT, 2002).

Dès qu'une femelle vole dans l'essaim, elle est assaillie par plusieurs mâles dont le plus rapide se pend à elle ; le dos vers le bas et les ailes repliées, il lui encercle le thorax de ses longues pattes antérieures. L'accouplement est terminé avant même que le couple en chute n'ait atteint le sol (ENGELHARDT, 1998).

Il existe des espèces parthénogénétiques, c'est-à-dire où les femelles sont capables de pondre des œufs viables sans aucune intervention du sexe opposé. Chez plusieurs types d'Ephémères, c'est même devenu le seul mode de reproduction : il n'y a plus de mâles dans l'espèce (MASIAC, 2003).

2.1.11. La ponte

La ponte chez les adultes présente différents aspects:

- les femelles laissent tomber les œufs en volant (*Ephéméra*, *Leptophlebia*, *Ecdyonurus*, etc).
- les femelles lâchent des masses d'œufs à la surface ou dans l'eau. Les masses se désagrègent libérant les œufs (*Ephemerella*).
- les femelles pénètrent sous l'eau et collent leurs œufs sur le substrat (cas de certains *Baetis*) (TACHET *et al*, 2000).

Une femelle pond en moyenne entre 700 et 2000 œufs. Certaines femelles peuvent avoir plus de 6000 œufs (*Ephemera sp.*) voire plus de 12 000 (*Palingenia sp.*) alors que certaines espèces d'Heptageniidae ne pondent guère plus d'une centaine d'œufs (GATTOLLIAT, 2002).

2.2. Plécoptères (Plecoptera)

L'ordre des Plécoptères, connu depuis le Permien, regroupe des insectes hémimétaboles ressemblant beaucoup aux Éphéméroptères (et regroupés jadis avec eux) mais classés actuellement dans le vaste super-ordre des Polynéoptères (= Orthoptéroïdes) (LE DOARE, 2006).

Si à première vue leurs larves ressemblent à celle des Ephémères, elles sont faciles à distinguer : elles ont des pattes à trois articles, avec deux griffes chacune, et l'abdomen porte seulement deux cerques, appendices filiformes articulés ; les larves d'Ephémères, par contre, ont des pattes à un seul article avec une seule griffe et, à part le genre *Epeorus*, l'abdomen porte trois cerques (ENGELHARDT, 1998).

Les plécoptères constituent un groupe aquatique particulièrement intéressant pour les études de biogéographie en raison de leur ancienneté et pour les études d'écologie, grâce au niveau élevé de connaissance sur leur systématique et leur phylogénie. Si la faune des Plécoptères d'Europe est dans l'ensemble bien connue, des lacunes persistent en Afrique du Nord où les recherches sur ce groupe ont été beaucoup plus limitées (LOUNACI et VINÇON, 2005).

2.2.1. Etymologie

Le mot Plecoptera signifie insecte à ailes pliées (du grec *pleikein*: plier) et fait allusion aux ailes repliées en éventail de l'insecte au repos (CHINERY, 1984). Leur tête globuleuse leur a valu leur nom français de Perles. Les Perles volent mal, ne s'éloignent pas de l'eau, se sauvent plutôt en courant et sont vus souvent posés sur une pierre - d'où leur autre nom de "mouche de pierre" (*Steinfliege* en allemand, *Stonefly* en anglais) (LE DOARE, 2006).

2.2.2. Classification classique

Règne: Animalia.

Embranchement: Arthropoda.

Sous-embr.: Hexapoda.

Classe: Insecta.

Sous-classe: Pterygota.

Ordre: plecoptera.

2.2.3. Morphologie

2.2.3.1. Larves

Les larves des plécoptères sont formées de trois parties distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen (Fig. 20). Le corps est typiquement mou, assez plat et grêle (MCGAVIN, 2000).

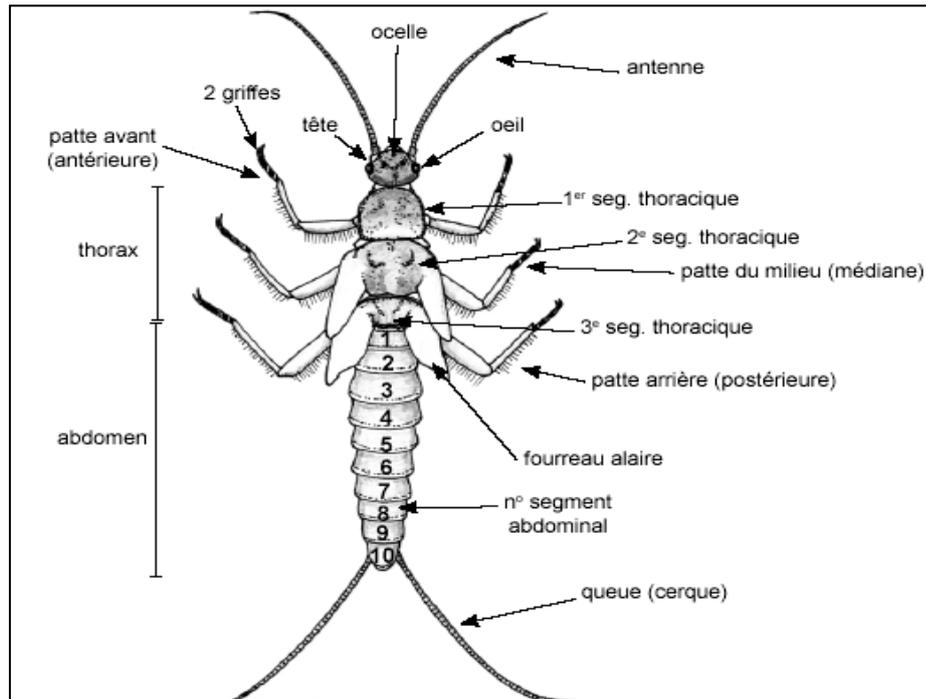


Figure 20: Larve, vue dorsale (MOISAN, 2006)

- **La tête**

La tête porte des antennes multiarticulées nettement plus longues que la tête (parfois presque aussi longues que l'abdomen). Les yeux composés sont latéraux dorsaux. Trois ocelles sont présents (LE DOARE, 2006).

Le labre est subcarré ou allongé transversalement (Fig. 21.a, 22.a). Les mandibules sont courtes (contrairement à celles des Ephéméroptères) de type broyeur (Fig. 21.b, 22.b). Les maxilles

comprennent un palpe maxillaire de cinq articles, une galéa étroite et une lacinia (galéa et lacinia sont distinctes chez les Plécoptères, contrairement à ce qui se passe chez les Ephéméroptères). La lacinia bien développée porte des soies au bord interne et présente parfois deux dents : une apicale et une subapicale (Fig. 23, Fig. 24) (TACHET *et al*, 2000).

Le labium présente du côté externe deux palpes labiaux de trois articles et du côté interne des glosses et des paraglosses. La forme et la taille relative des glosses et paraglosses permettent un découpage majeur au sein des plécoptères. On distingue ainsi deux grandes superfamilles : les Nemouroidae chez lesquels le développement des glosses est identique à celui des paraglosses (Fig. 25) et les Perlroidae chez lesquels les glosses sont très réduites (Fig. 26) (TACHET *et al*, 2000).

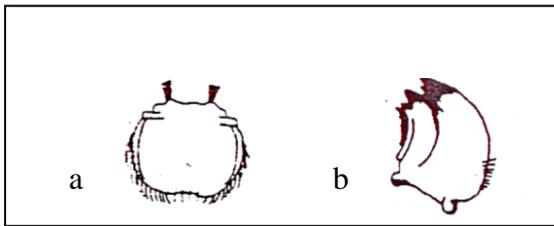


Figure 21 : S.F. Nemouroidea. a: labre, b: mandibule (TACHET et al, 2000).



Figure 22 : S.F. Perloidea. a: labre, b: mandibule (TACHET et al, 2000).

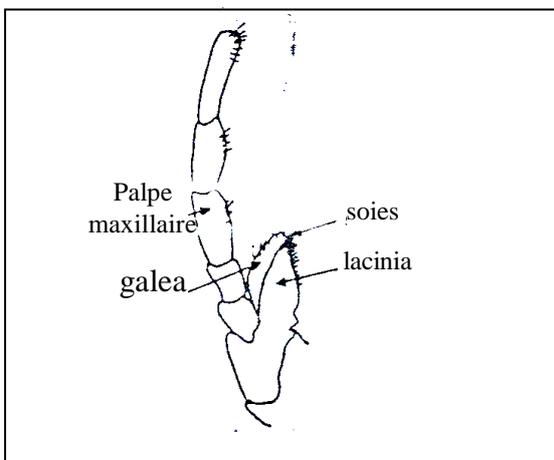


Figure 23 : Maxille, S.F. Nemouroidea (TACHET et al, 2000).

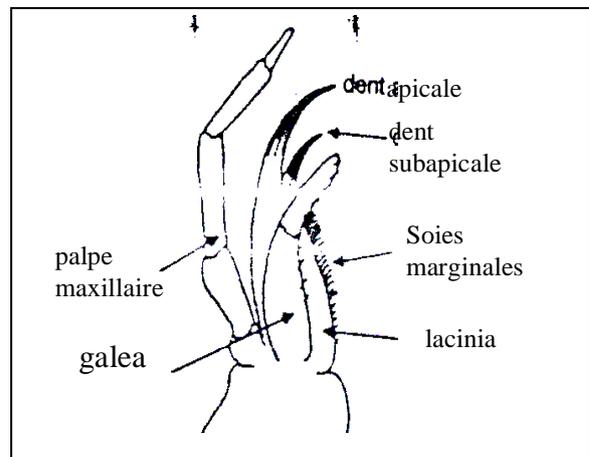


Figure 24 : Maxille, S.F. Perloidea (TACHET et al, 2000).

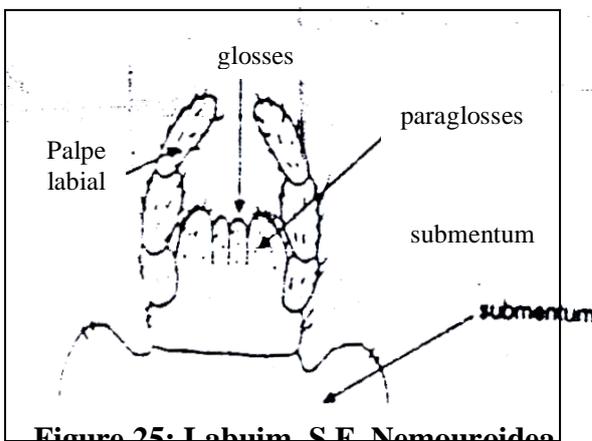


Figure 25: Labuim, S.F. Nemouroidea (TACHET et al, 2000).

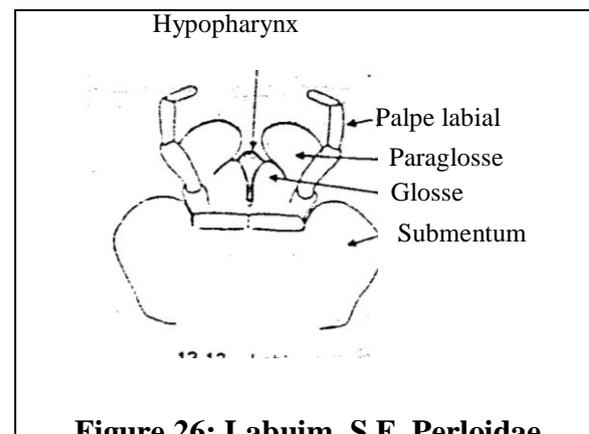


Figure 26: Labuim, S.F. Perloidea (TACHET et al, 2000).

- Le thorax

Le développement des trois notums thoraciques est sensiblement identique. Les pattes comprennent classiquement hanche, trochanter, fémur, tibia, un tarse de trois articles terminé par deux griffes (Fig. 27) (ENGELHARDT *et al*, 1998).

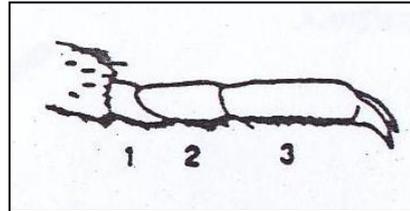


Figure 27: Tarse de Plécoptère (TACHET *et al*, 2000).

- **L'abdomen**

L'abdomen comprend dix segments et se termine par une paire de cerques multiarticulés (pas de paracerque) (Fig. 20). Les branchies peuvent être absentes (ex : *Nemoura* ou *Perlodes*) ou présentes mais dans ce cas, leur disposition n'est jamais celle des Epheméroptères. Ces branchies peuvent être prosternales (sous le cou, ex : *Protonemura* et *Amphinemura*), coxales (au niveau des coxa, ex : *Taeniopteryx* et *Perla*) (Fig. 28), anales (au niveau de l'anus chez certaines espèces de *Perla*) (LE DOARE, 2006).

Les pièces périanales (paraproctes, épiproctes) et les pièces génitales en formation (ex: la plaque sous-génitale chez *Brachyptera* et *Rhabdiopteryx*) (Fig. 29) sont visible au niveau du dixième segment abdominal et peuvent aider à l'identification des larves (TACHET *et al*, 2000).

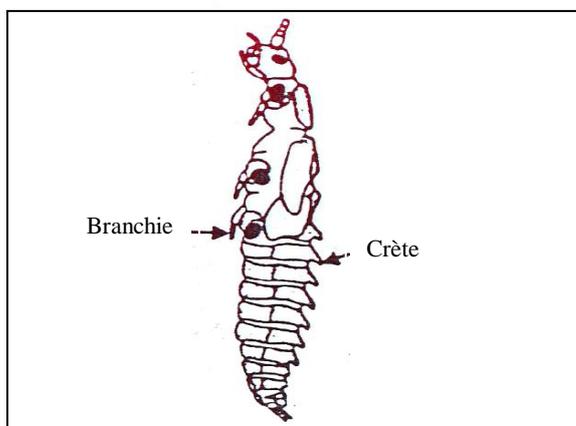


Figure 28: *Taeniopteryx*. Pattes coupées (TACHET *et al*, 2000).

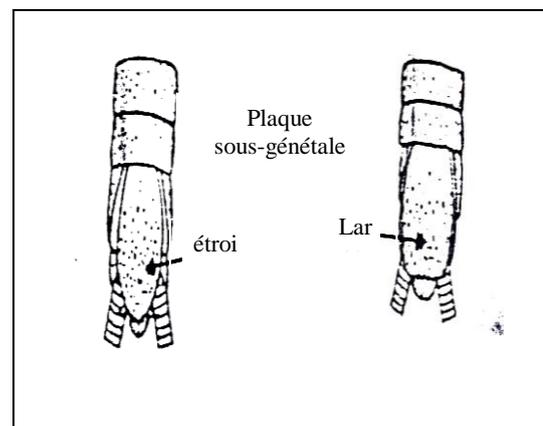


Figure 29: Extrémité de l'abdomen (TACHET *et al*, 2000).

2.2.3.2. Adultes

L'adulte a conservé de nombreux caractères larvaires, mais ce qui le différencie, c'est la présence d'un appareil génital mature et de deux paires d'ailes repliées sur le dos au repos (Fig. 30) (TACHET *et al*, 2000).

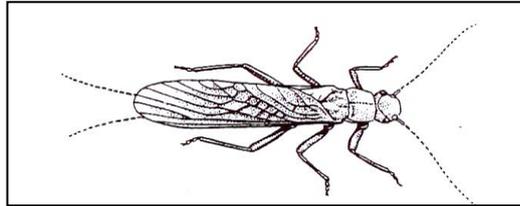


Figure 30: Perle typique montrant les ailes posées à plat au repos (CHINERY, 1984).

- **La tête**

La tête globuleuse, les antennes longues et mince, compte jusqu'à 80 minuscules articles. Les yeux composés sont bien développés et il y a généralement trois ocelles (LE DOARE, 2006).

- **Le Thorax**

Les trois segments thoraciques sont de taille semblable, le prothorax est bien formé. Les pattes sont vigoureuses et le tarse de trois articles, se termine par une forte griffe qui aide l'insecte à s'agripper aux pierres (MCGAVIN, 2000).

Les ailes antérieures, relativement étroites, ne présentent pas ou peu de durcissement; les ailes postérieures sont plus large et beaucoup plus grandes (Fig. 31). Les mâles de certaines espèces sont presque aptères et chez d'autres espèces, on rencontre des formes à ailes courtes (brachyptères), particulièrement chez les individus vivant en altitude. Les deux paires d'ailes sont largement séparées à la base et ne présentent pas de système de coaptation (CHINERY, 1984).

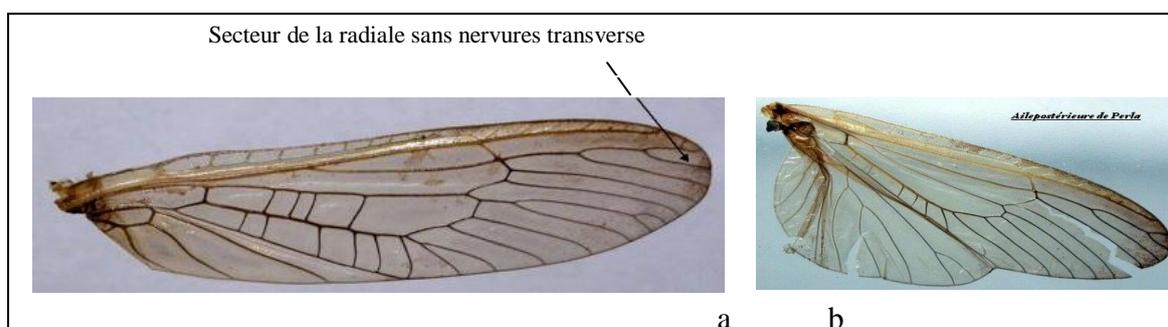


Figure 31: *Perla* a: aile antérieure, b: aile postérieure (MALEYSSON, 2008) [2].

- **L'abdomen**

Les cerques abdominaux sont généralement de longues soies très segmentées, mais dans certaines familles ils se réduisent à de petites excroissances à peine visibles. L'abdomen et même le corps entier sont plutôt mous et charnus car les sclérites sont peu développés (CHINERY, 1984).

2.2.4. Habitat

Leurs larves sont strictement aquatiques ; on les trouve essentiellement dans les eaux douces courantes, quelques espèces colonisant aussi des petites mares à proximité des cours d'eau (LE DOARE, 2006).

Les adultes des Plécoptères préfèrent rester cachées dans la pénombre de la face inférieure des feuilles, des fentes des écorces ou sous les parapets des ponts. Lorsqu'elles sont dérangées, elles préfèrent courir que voler lourdement, sans faire de bruit, à faible hauteur, généralement en ligne droite (ENGELHARDT, 1998).

Ces insectes des eaux froides sont principalement inféodés aux parties amont des bassins versants dans les zones du crénel et du rhithral. Cependant certaines espèces dites potamobiontes colonisent aussi les parties aval (potamal) des grands fleuves (LE DOARE, 2006).

L'abondance et la richesse spécifique sont maximales dans les tronçons à courant rapide à modéré, coulant sur un substratum pierreux entre 1300 et 480 m d'altitude, à couvert végétal bordant assez dense et à température estivale peu élevée, ce qui confirme les caractères sténotherme d'eau froide rhéophile reconnus chez la plupart des espèces de cet ordre. Inversement, les ruisseaux de haute altitude (>1400 m), aux conditions hydrologiques et écologiques bien différentes (forte pente, fond érodé, faible largeur du lit, couvert végétal absent, assèchement long...), ainsi que les cours d'eaux de basse altitude (<400 m) où la température estivale est trop élevée à la suite des réductions de débit auxquelles s'ajoute l'accumulation des rejets anthropiques, n'hébergent que très peu d'espèces (LOUNACI et VINÇON, 2005).

2.2.5. Répartition

Plecoptera est un ordre de petits insectes d'environ 2 000 espèces du monde entier. Plus de 500 espèces vivent en Europe, dont 175 en France, regroupées en 26 genres (LE DOARE, 2006).

Les investigations entreprises au cours des dernières décennies ont largement contribué à la connaissance des Plécoptères d'Afrique du Nord où actuellement sont connues 33 espèces, répartissent en 7 familles et 15 genres. Le Maroc compte 25 espèces, l'Algérie 21 et la Tunisie 17. En Algérie, sur les 21 espèces recensées, 17 sont signalées de la Kabylie du Djurdjura, 12 de la région d'Alger et 7 de la Tafna (LOUNACI et VINÇON, 2005).

Les études hydrobiologiques récentes ont mis en évidence la faible diversification du peuplement des Plécoptères dans les écosystèmes lotiques d'Afrique du nord. En effet, la plupart des familles et des genres sont beaucoup plus pauvres en espèces qu'en Europe, ce qui s'explique principalement par l'histoire de cette contrée: l'isolement de l'Afrique du Nord de l'Europe à la fin du tertiaire et la désertification du Sahara au quaternaire. Ces deux phénomènes ont constitué une barrière biogéographique à la faune de l'Europe et de l'Afrique (LOUNACI et VINÇON, 2005).

2.2.6. Respiration

Les larves de Plécoptères respirent l'oxygène dissout dans l'eau au travers de son tégument ; certaines espèces possèdent des trachéobranches filiformes, ramifiées ou simples, qui forment selon les genres, des touffes sur diverses parties du corps (LE DOARE, 2006).

2.2.7. Alimentation

Pendant la phase aquatique : ils sont consommés par de nombreux prédateurs (macroinvertébrés ou poissons). Pendant la phase aérienne : ils sont capturés par de nombreux vertébrés (oiseaux et chiroptères) (LE DOARE, 2006).

Les jeunes larves de toutes les espèces se nourrissent de détritus. Les larves plus âgées sont classées en trois groupes, selon leur régime : celles des petites espèces (du genre *Nemoura* par exemple) vivent de Chlorophycées et de Diatomées, ainsi que de fragments de végétaux mous ou décomposé. Les espèces de taille moyenne (du genre *Chloroperla* par exemple) mangent de petits animaux et des plantes. Les grandes espèces (du genre *Perla* par exemple) sont les plus voraces des invertébrés carnivores vivant dans les eaux courantes. Aucun animal affaibli, qu'il s'agisse de rotifère, de petit crustacé, de ver ou de larve d'insecte, n'est à l'abri de leur appétit. Pour trouver leurs proies ces larves ont deux grands yeux composés qui ont cependant moins d'importance que leurs deux longues

antennes pennées recouvertes de nombreux poils et soies tactiles, ainsi que de curieux petits appendices qui sont des organes gustatifs et olfactifs (ENGELHARDT, 1998).

La plupart des adultes ne s'alimentent pas elles consomment les réserves de graisse qu'elles ont stockées dans leur corps alors qu'elles n'étaient encore que des larves (ENGELHARDT, 1998), mais certains cependant raclent les algues se trouvant sur les pierres et les troncs d'arbre ou absorbent le pollen des fleurs (CHINERY, 1984).

2.2.8. Développement et métamorphose

La durée du développement n'est connue que chez un petit nombre d'espèces. En général, les petites mettent un an pour passer de l'œuf à l'état d'insecte ailé ; les espèces de taille moyenne, un an et demi ; et les grandes, de deux à trois ans (ENGELHARDT, 1998).

Il existe des phénomènes de diapause soit embryonnaire chez certaines espèces de Leuctridae soit larvaire, notamment chez certaines espèces de Taeniopterygidae, Leuctridae et Capniidae. Le nombre de mues varie de six à plus de vingt (TACHET *et al*, 2000).

Les jeunes larves ressemblent déjà aux adultes et cela vaut encore plus pour les larves âgées qui sont reconnaissables aux grands fourreaux sombres de leurs ailes. Pour leur métamorphose, qui a généralement lieu au début de l'année, rarement en automne, elles grimpent sur la rive. La peau éclate sur le dos des segments du thorax, puis petit à petit le thorax, la tête et l'abdomen sortent de la cuticule de la larve. Il n'y a donc pas de nymphose chez les plécoptères (Fig. 32). À ce stade, les perles ont atteint la maturité sexuelle (ENGELHARDT, 1998). L'adulte vit de une à quatre semaines. Certaines espèces émergent en hiver et peuvent avoir une durée de vie plus longue (TACHET *et al*, 2000).

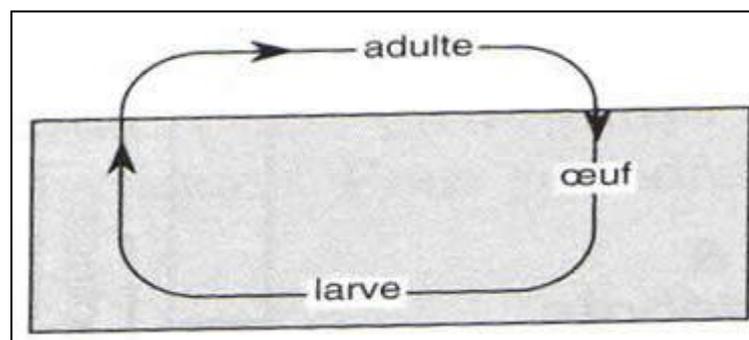


Figure 32: Cycle vital des Plécoptères (TACHET *et al*, 2000).

2.2.9. L'accouplement

Chez certaines espèces, les sujets des deux sexes communiquent avec des signaux acoustiques : le male commence par frapper le sol avec son abdomen, selon un rythme typique de l'espèce et seules les femelles non accouplées lui répondent. Ces signaux sont perçus par des organes sensoriels (subgénéaux) situés sur les pattes. Lors de l'accouplement le male est contre la femelle ; il lui enlace le dos avec les pattes d'un coté et approche son ouverture génitale près de celle de sa partenaire (ENGELHARDT *et al*, 1998).

2.2.10. La ponte

De 100 à 400 œufs sont produits par femelle. Les œufs sont soit lâchés à la surface de l'eau ou déposés dans l'eau, certains œufs disposent de systèmes d'accrochage. Ils peuvent également être fixés à un substrat immergé à l'aide de sécrétions gélatineuses (TACHET *et al*, 2000).

2.3. Trichoptères (Trichoptera)

Les trichoptères sont des insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatiques, à l'exception du Limnephilidae *Enoicyla* qui s'est secondairement adapté à la vie terrestre. C'est un ordre qui s'est différencié à la fin de l'ère primaire à partir d'un ancêtre commun notamment aux Lépidoptères et Mécoptères. Les premiers Trichoptères (philopotamidae) sont connus depuis le Trias ; le groupe s'est surtout diversifié pendant le Jurassique et le Crétacé ; la plupart des familles actuellement connues, à l'exception de celle des Limnephilidae qui est apparue au Tertiaire, étaient présentes au Crétacé (TACHET *et al*, 2000).

Les Trichoptères occupent une place de choix tant par le nombre d'espèces recensées que par la diversité des milieux colonisés. Présents à différents niveaux de l'édifice trophique et occupant de ce fait un grand nombre de niches écologiques, les Trichoptères jouent un rôle essentiel dans la dynamique des écosystèmes (FAESSEL, 1985).

2.3.1. Etymologie

Le nom de Trichoptères signifie "ailes velues" (grec Trix = poil) et se réfère aux petits poils qui recouvrent les nervures et la membrane des ailes (CHINERY, 1984). Les trichoptères sont alors dénommés suivant les régions : traîne-bûche, porte-bois, porte-feuilles, petite-bête, caset, le terme de phrygane étant le nom vulgaire des Trichoptères, soit à l'état adulte (FAESSEL, 1985).

2.3.2. Classification classique

Règne: Animalia

Embranchement: Arthropoda

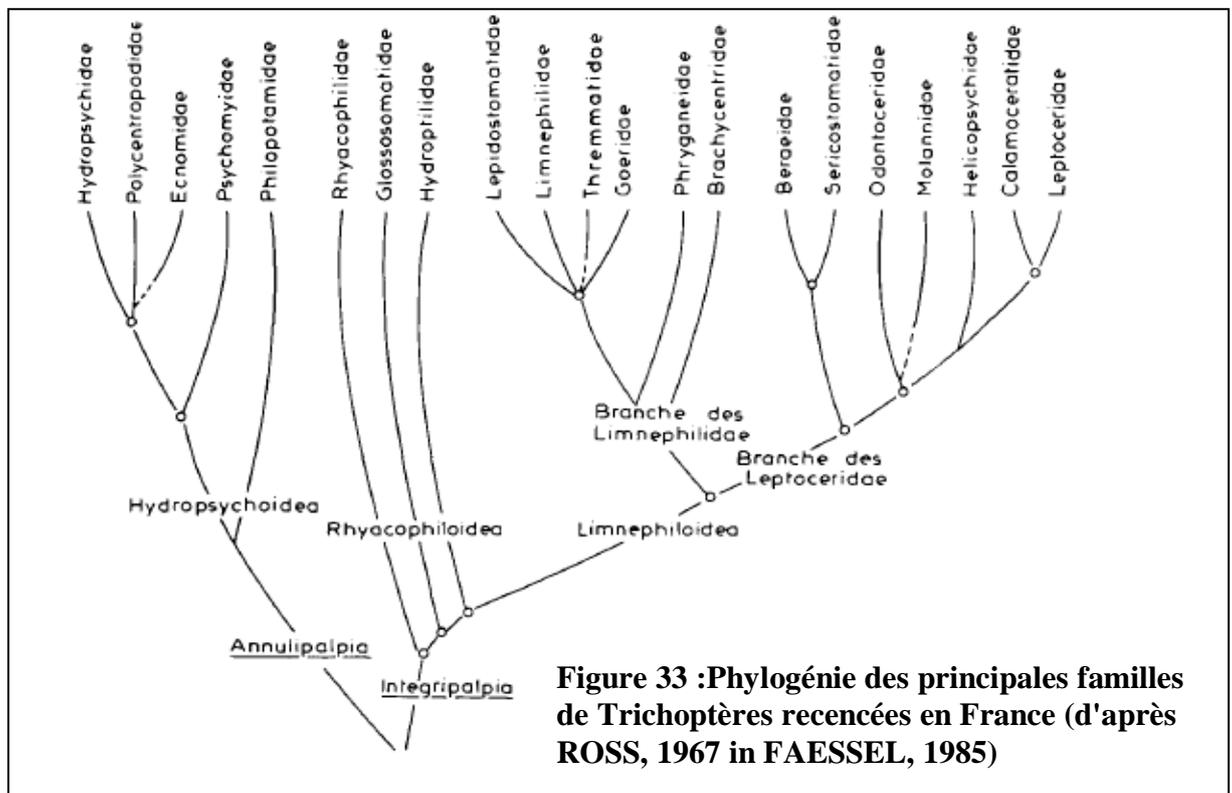
Sous-embr.: Hexapoda

Classe: Insecta

Sous-classe: Pterygota

Ordre: Trichoptera

La classification de cet ordre aboutit à la distinction de 3 superfamilles (Fig. 33): les Hydropsychoidea, les Rhyacophiloidea et les Limnephiloidea (FAESSEL, 1985)



2.3.3. Morphologie

2.3.3.1. Larve

On distingue aisément la tête, le thorax et l'abdomen (Fig. 34a, Fig. 34b).

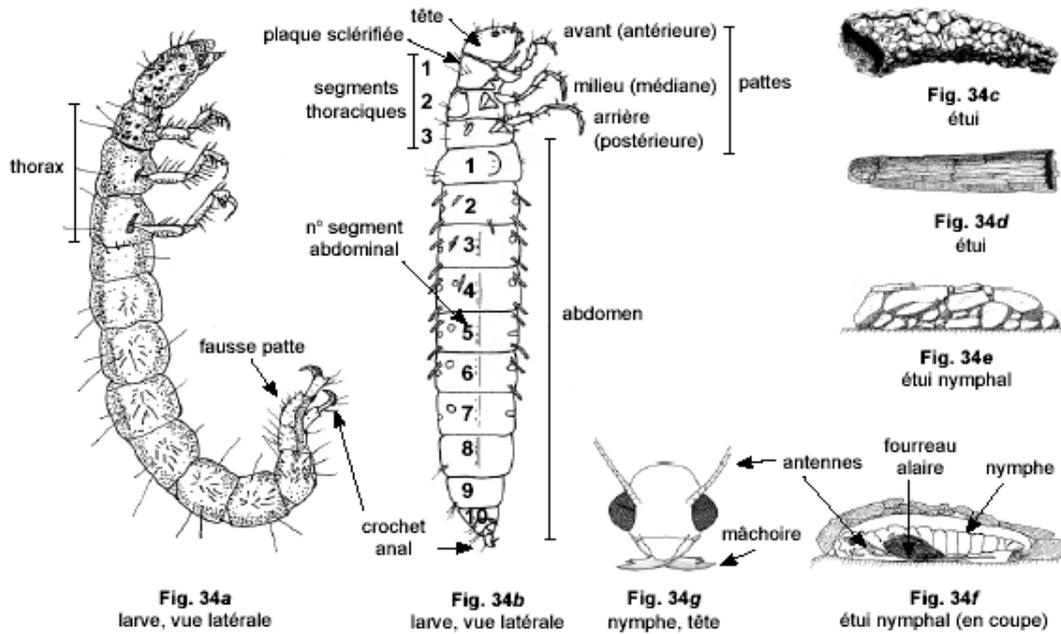


Figure 34: Larve et étui (MOISAN, 2006)

- La tête

La tête (Fig. 35A, Fig. 35 B) de forme généralement elliptique, est prognathe (dans le prolongement de l'axe du corps) chez les larves de type campodéiforme (Annulipalpia) et hypognathe (axes de la tête et du corps formant un angle) chez les larves de type éruciforme (Integripalpia) (FAESSEL, 1985).

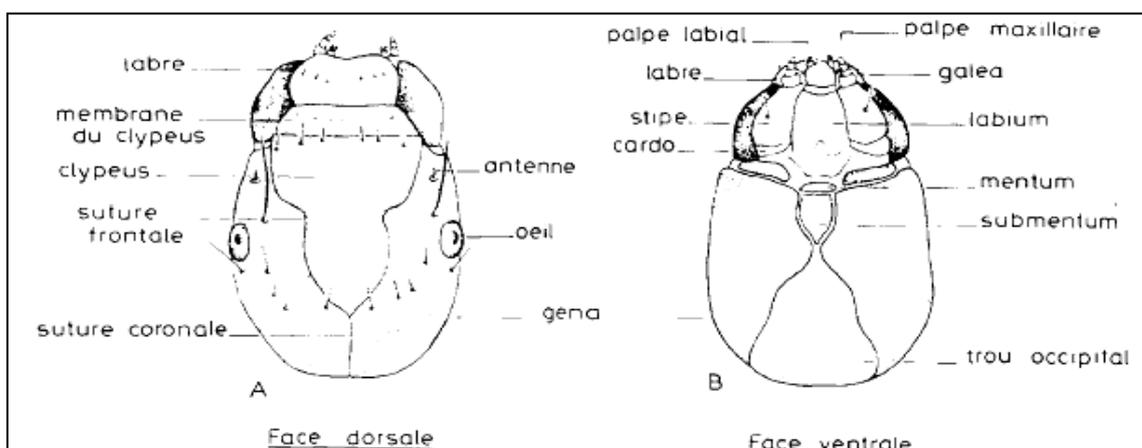


Figure 35: Tête (FAESSEL, 1985).

La capsule céphalique (Fig. 35A) comporte un sclérite dorsal formant le clypeus, 2 sclérites latéraux : les gena qui se prolongent ventralement où elles sont partiellement séparées par le submentum ou post-labium (Fig. 35 B). A la face supérieure, le clypeus est séparé des gena par une ligne de suture en forme Y : les 2 branches forment la suture frontale qui se prolonge postérieurement par la suture coronale. A l'avant du clypeus s'articule le labre plus ou moins recouvert par la membrane du clypeus (FAESSEL, 1985).

Le submentum, de forme variable peut, chez les représentants de certains genres, être absent. A l'arrière s'ouvre le trou occipital ; vers l'avant, entre les sclérites pariétaux et le sclérite dorsal, se situent les pièces buccales visibles ventralement. Elles sont de type broyeur et de forme variable suivant les régimes alimentaires. Les maxilles forment avec le labium le complexe maxillo-labial (FAESSEL, 1985).

- **Le thorax**

Le thorax (Fig. 36) est formé de 3 segments bien individualisés portant chacun une paire de pattes. Les tergites thoraciques présentent des degrés de sclérification variés. Le pronotum est totalement sclérifié. Ventralement le prothorax peut porter une (ou plusieurs) pièce sclérifiée : le prosternite (TACHET *et al*, 2000).

Les pattes comportent 5 segments : hanche ou coxa, trochanter, fémur, tibia et tarse terminé par une seule griffe pourvue ou non de crochets ou de soies (Fig. 36). Chez certaines familles, ventralement, en avant de la première paire de pattes se développe une formation unique charnue : la corne prosternale (FAESSEL, 1985).

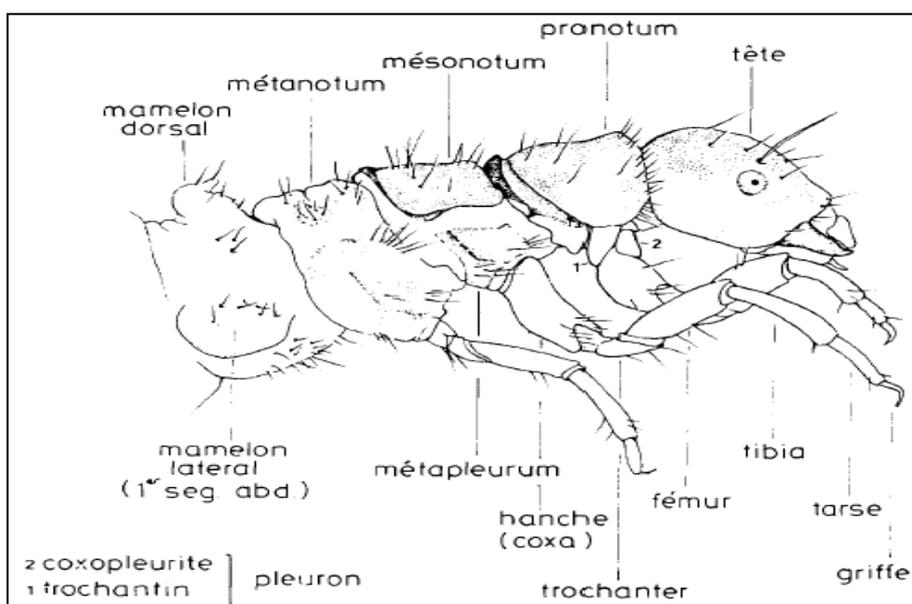


Figure 36 : Torax et tête (FAESSEL, 1985).

- **L'abdomen**

L'abdomen allongé est constitué de 9 segments bien individualisés (Fig. 34b) généralement mous, bien que chez certains genres on remarque la présence de sclérites dorsaux (TACHET *et al*, 2000).

Un certain nombre de segments abdominaux peuvent être munis de branchies dont le nombre, la disposition et la forme sont variables suivant les genres ou même les espèces. Latéralement, les segments abdominaux portent une rangée de fines soies formant la ligne latérale qui s'étend du 2^e au 8^e segment (FAESSEL, 1985).

Enfin, l'abdomen se termine par deux prolongements charnus plus ou moins longs : les pygopodes munis d'une griffe (Fig. 37). Ces pygopodes servent essentiellement à maintenir l'animal sur son support, dans son fourreau ou son filet (FAESSEL, 1985).

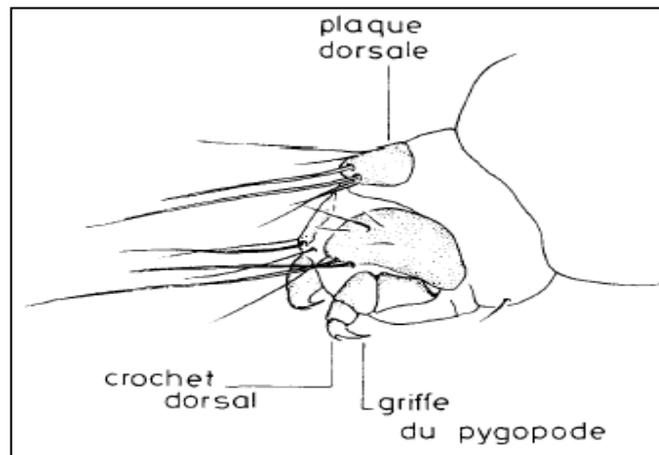


Figure 37 : 9^{ème} segment abdominal (FAESSEL, 1985).

- **L'étui (= fourreau) et autres constructions larvaires**

Les caractéristiques des larves de trichoptères est d'avoir la capacité de se construire un abri, soit mobile pour une protection et un camouflage parfait, soit fixe pour réaliser une nymphose en total tranquillité (Fig. 34c, Fig. 34d, Fig. 34e, Fig. 34f). D'autres vivent sans protection jusqu'au stade nymphale où la larve doit alors se hâter de se construire un abri sous les pierres du fond, dans lequel elle s'enferme à l'aide de filament de soie pour réaliser sa nymphose. Cette soie est de nature protéique ; elle est liquide et collante à l'émission. Chez les larves à étui, le fourreau peut être fait exclusivement de soie ou constitué d'éléments divers maintenus entre eux avec de la soie (Fig. 38). Cet étui est toujours ajusté d'une manière telle que la larve doit l'agrandir lors de chaque mue (TACHET *et al*, 2000).

Chaque espèce a ses matériaux préférés, qui changent en fonction du lieu, de la saison et de l'âge des larves. Les matériaux utilisés pour construire le fourreau permettent donc seulement de déterminer à quelle famille appartient la larve et dans le meilleur des cas, à quel genre, mais presque jamais à quelle espèce. En revanche le style de construction est plus constant, cariné (ENGELHARDT, 1998).

Chez les formes sans étui, soit il n'y a pas de construction larvaire comme chez les Rhyacophilidae où seul sera édifié le cocon nymphal, soit il y a des constructions larvaires de types variés : structure filtrante chez les Hydropsychidae et les Philopotamidae, système de piège chez les Ecnomidae et les Polycentropodidae, galerie collée au substrat chez les Psychomyidae (TACHET *et al*, 2000).

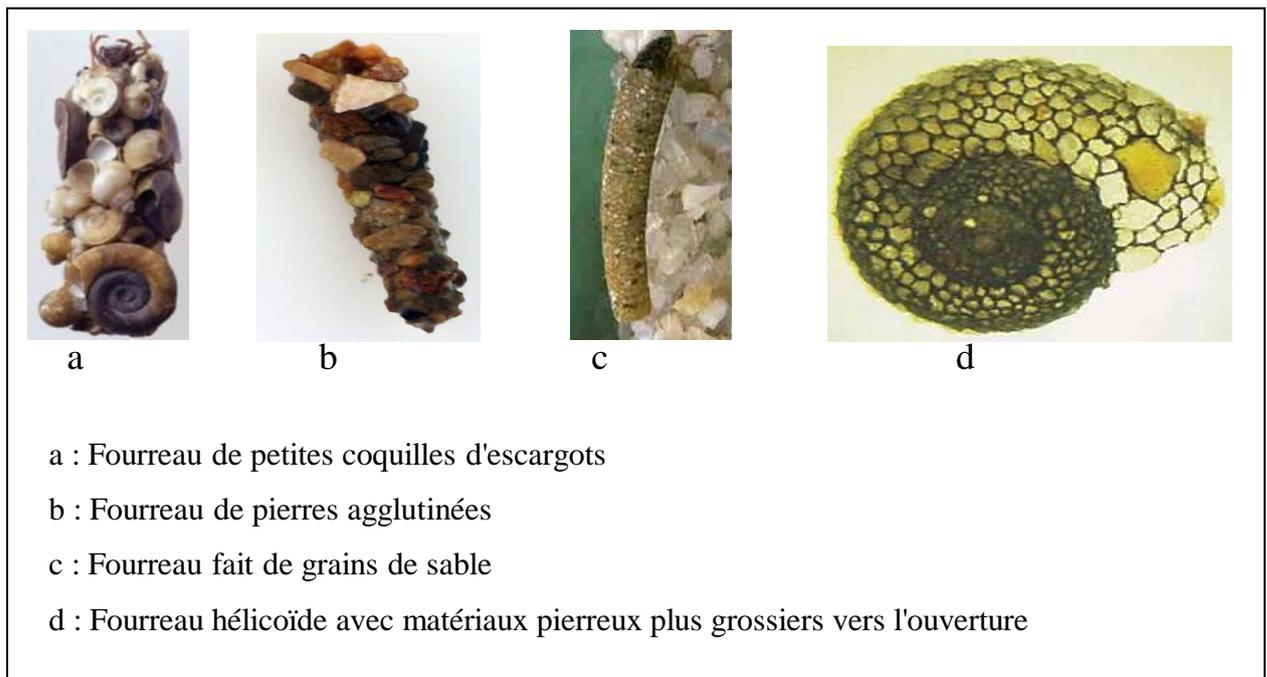


Figure 38 : Différents types des fourreaux (MONDOR, 2003) [3].

2.3.3.2. Nymphes

Elle se caractérise par la présence de fourreau alaire, d'yeux composés, de pattes et d'antennes allongées. Les fourreaux alaires, comme les antennes, sont rabattus ventralement ; les antennes peuvent dépasser largement l'abdomen (Fig. 34g, Fig. 39) (TACHET *et al*, 2000).

Les tarsi des PII (2^{ème} paire des pattes) sont frangés de soies et permettent à la nymphe de nager vers la surface. Dorsalement, sur chaque segment abdominal, il y a une à deux paires de sclérites portant des épines dont les pointes sont dirigées vers l'avant ou

vers l'arrière selon leur position; ces pointes facilitent la sortie des nymphes de leur cocon ou de leur étui. (TACHET *et al*, 2000).



Figure 39 : Nymphes sorties de leur logette

2.3.3.3. Adulte

- Critères de reconnaissance

Les imagos de Trichoptères sont de taille moyenne variant de 5 mm (Hydroptilidae) à 20 mm environ (Phryganeidae et certains Limnephilidae). Ils sont reconnaissables à la disposition des ailes qui, chez l'animal au repos, sont disposées en forme de toit sur l'abdomen (Fig. 40) (FAESSEL, 1985).

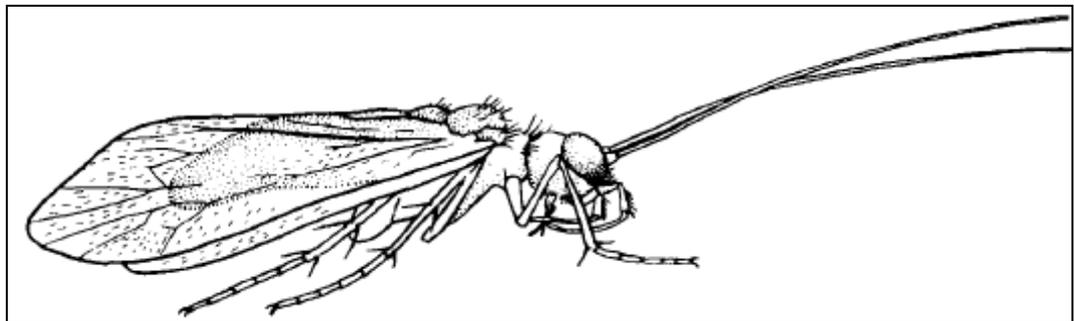


Figure 40: Imago de Trichoptère (FAESSEL, 1985)

- Morphologie

- **La tête**

La tête, petite et transverse, porte deux yeux latéraux composés ; les ocelles au nombre de trois sont absents chez les représentants de certaines familles. Les antennes sont relativement longues.

L'appareil buccal est de type suceur-lécheur, on y observe une régression des mandibules (l'adulte ne se nourrit pas) et formation d'un complexe maxillo-labial ou haustellum. (FAESSEL, 1985).

- **Le thorax**

Le thorax est muni de pattes de type marcheur. Les tibias épineux portent toujours des éperons mobiles situés au milieu et vers le tarse. Leur nombre, bien que variable d'une patte à l'autre, mais également suivant les groupes, n'excède pas 4 (FAESSEL, 1985).

Les ailes possèdent de nombreuses nervures dont la disposition est utilisée en systématique (Fig. 41) (TACHET *et al*, 2000).

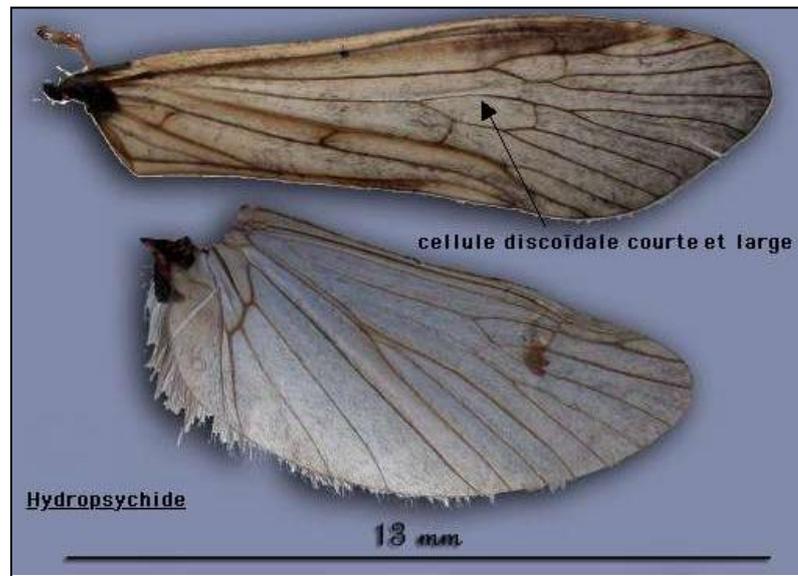


Figure 41: Ailes d'Hydropsychide (ROBERT, 2007) [5].

- **L'abdomen**

L'abdomen ne compte que dix segments ; le premier est réduit au tergite, les 9 e et 10e participent à la formation des organes copulateurs (FAESSEL, 1985).

Les appendices génitaux (genitalia) sont bien visibles ; ceux des males sont de forme plus complexe que ceux des femelles (TACHET *et al*, 2000). La systématique des adultes au niveau spécifique est basée sur la structure des genitalia des males (GIUDICELLI et DAKKI, 1980).

2.3.4. Habitat

Les larves de trichoptères vivent dans l'eau douce, mais il existe quelques espèces qui vivent sur terre ou dans la mer. Les larves des espèces d'eau douce vivent habituellement dans les eaux froide et propres, mais certaines espèces préfèrent les eaux lente et plus chaudes. Leurs présences dépendent particulièrement de la température de l'eau, de la vitesse, de la présence des minéraux dissous et des polluants. Plusieurs espèces

peuvent vivre ensemble dans un ruisseau ou rivière parce que chacun occupe des habitats dans l'eau qui ne se chevauchent pas [7].

La majorité des larves sont épibenthiques, on peut cependant trouver des Sericostomatidae ou des Odontoceridae enfouis à quelques centimètres dans des sédiments meubles. Il existe également des formes nageuses (*Leptocerus*, Leptoceridae) (TACHET *et al*, 2000).

2.3.5. Répartition

Cet ordre regroupe 43 familles et 8 000 espèces d'insectes qui se rencontrent presque partout près de l'eau douce (MCGAVIN, 2000). En Europe on connaît environ neuf cents espèces de Trichoptères, en Europe centrale environ trois cents (1984) et en France, plus de deux cents (ENGELHARDT *et al*, 1998).

2.3.6. Respiration

Les larves de trichoptères de type éruciforme ont généralement des trachéobranches filiformes alignées, selon l'espèce, sur la face supérieure, les cotés et/ ou la face ventrale de l'abdomen et qui peuvent être isolées, par deux, par trois ou en petites touffes. Rare sont les espèces qui respirent exclusivement par la peau (ENGELHARDT, 1998).

Les fourreaux des Trichoptères sont toujours ouverts aux deux extrémités quoique l'ouverture postérieure puisse être très petite et les mouvements de la larve y font circuler l'eau au travers. De cette façon, la larve reçoit constamment de l'oxygène qu'elle extrait de l'eau grâce aux branchies. Le rôle de l'étui dans la respiration serait aussi important que le rôle protecteur qui lui est attribué (Fig. 42) (CHINERY, 1984).

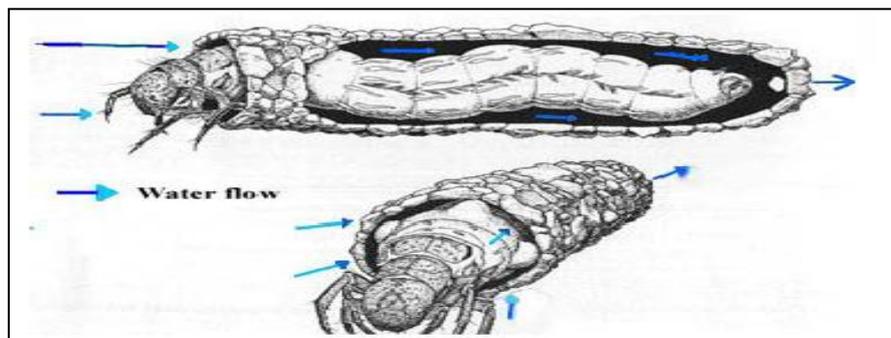


Figure 42: Circulation de l'eau dans le fourreau d'un trichoptères (TOUZIN, 2008)

2.3.7. Réseau trophique

Les larves de Trichoptères constituent une source de nourriture pour de nombreux invertébrés, même si l'étui des larves matures constitue réellement une protection. Dans le milieu aérien, les adultes, en dépit d'une concentration des activités sur la nuit, sont la proie des oiseaux et des chauves-souris (TACHET *et al*, 2000).

Toutes les larves de Trichoptères de type éruciforme sont végétariennes ; elles se nourrissent d'algues, de détritus, de morceaux de végétaux supérieurs, frais ou pourris (Fig. 43). Beaucoup des larves campodéiformes sont carnivores, se déplacent librement et se nourrissent de petits animaux aquatiques (ENGELHARDT, 1998).

Au cours de leur vie aérienne, et malgré la régression de l'appareil buccal, les Trichoptères adultes sont capables de se nourrir. Des individus ont été observés en train de butiner des fleurs, d'autres en captivité se nourrissaient d'eau sucrée. Par ailleurs, au moment de la fécondation, le mâle transmet fréquemment, en même temps que ses cellules reproductrices une sécrétion riche en protéines constituant une réserve alimentaire pour la femelle (FAESSEL, 1985).

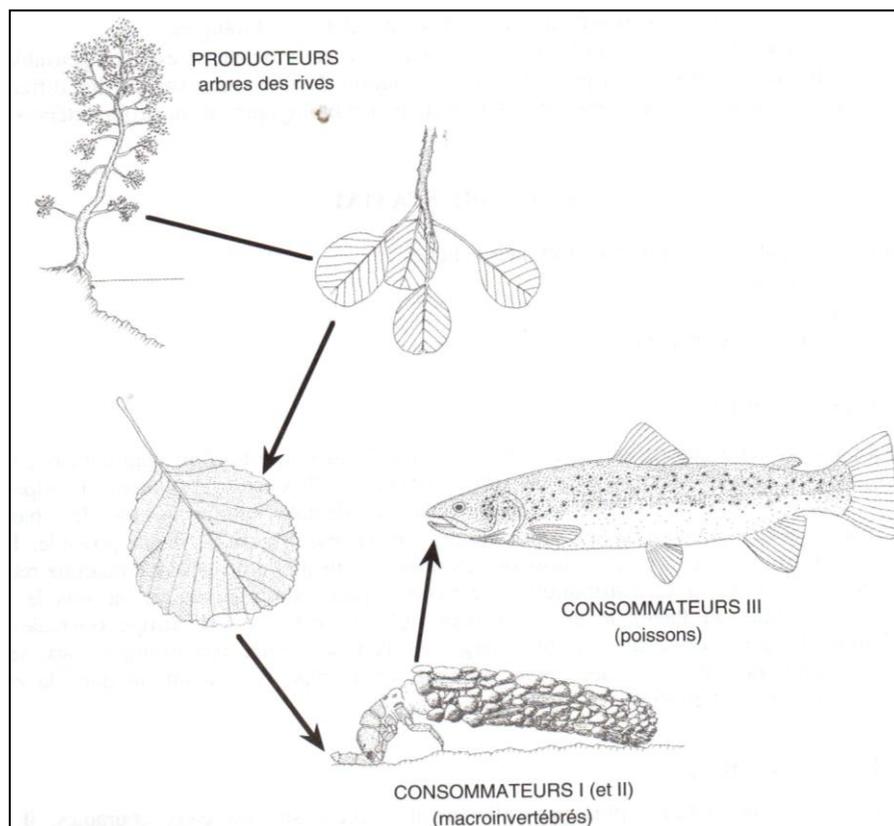


Figure 43: Position des Trichoptères dans le réseau trophique d'un écosystème d'eau douce (TACHET *et al*, 2000).

2.3.8. Mue et émergence

Dans ce groupe, les larves ne ressemblent pas aux adultes. Les trichoptères réalisent donc durant leur développement une métamorphose complète, passant du stade œuf au stade adulte par une phase larvaire et nymphale, à l'imago des papillons (Fig. 44) (CHINERY, 1984).

Dans les différentes familles, on rencontre des formes monovoltines, polyvoltine, et/ou polycohortiques. Il y a une diapause larvaire chez certaines espèces d'*Anabolia* (*Limnephilinae*) et de ce fait, la mue nymphale a lieu à l'automne. Il y a diapause embryonnaire chez certaines espèces d'*Agapetus*, et diapause imaginale chez plusieurs espèces de *Stenophylacini* (TACHET *et al.*, 2000).

À l'éclosion, les larvules peuvent soit quitter la ponte et se disperser dans le milieu, soit commencer leur développement postembryonnaire dans la ponte qui constitue une première source de nourriture. Il y a en général cinq stades larvaires, sauf chez les *Sericostomatidae* (six ou sept) et le genre *Agapetus* (sept) (TACHET *et al.*, 2000).

La nymphose dure de deux à trois semaines, après quoi la nymphe quitte son abri. Ses antennes, ses pattes et ses étuis alaires sont bien développés. Elle essaye alors d'atteindre la surface de l'eau en nageant ou en grim pant sur les plantes aquatiques. Ce n'est qu'alors que sa peau se déchire pour laisser sortir l'insecte ailé (ENGELHARDT, 1998).

La période de vol s'étale du printemps à l'automne, cette saison correspond pour la majorité des espèces à une émergence maximale. Les périodes d'émergence, la longévité des individus souvent liées au degré de maturation des gonades sont variables d'une espèce à l'autre (FAESSEL, 1985).

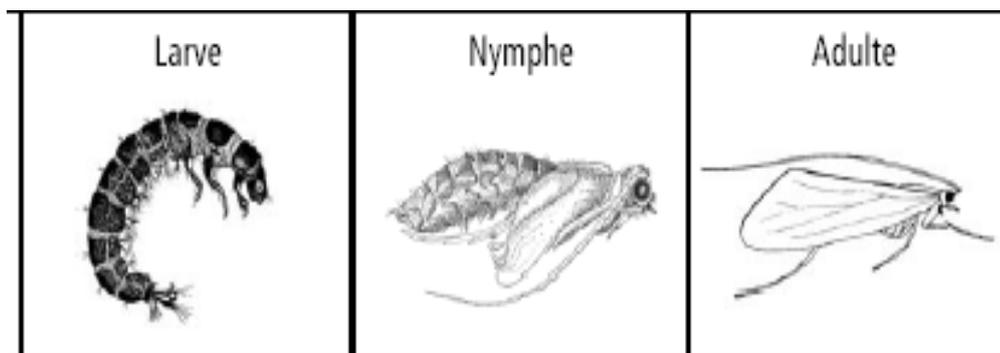


Figure 44: Métamorphose complète chez les Trichoptères (Gagnon, 2006)

2.3.9. Reproduction

- **Maturation des imagos**

Les mâles atteignent généralement leur maturité sexuelle au moment de leur mue imaginale. Il n'en est pas toujours de même chez les femelles. Schématiquement on peut distinguer deux cas :

— Les femelles, lors de la mue imaginale sont matures :

- *soit la fécondation a lieu dans un laps de temps très court ; on observe alors une période d'émergence et une longévité relativement réduites,

- *soit la fécondation a lieu après un laps de temps plus long ; alors période d'émergence et longévité sont plus longues.

— Les femelles sont immatures lors de l'émergence, elles passent par une période de diapause durant laquelle se fera la maturation des cellules reproductrices. La fécondation a lieu, dans la plupart des cas, avant cette diapause et ces femelles vivent alors plusieurs mois (4 à 5 mois). Ceci s'observe principalement chez les espèces qui se développent dans les milieux stagnants peu profonds et les milieux temporaires. Ainsi, lorsque les composantes de l'environnement de la larve deviennent défavorables, l'émergence a lieu rapidement. Ces femelles, après fécondation, entrent en diapause et se réfugient bien souvent dans des grottes, tunnels ou autres lieux à température et degré hygrométrique relativement constants (FAESSEL, 1985).

- **L'accouplement**

L'accouplement aura lieu à l'automne (TACHET *et al*, 2000), il se fait rarement en vol mais plutôt sur un substrat ferme. Les partenaires sont alors alignés mais se tournent le dos. En général, les adultes ne vivent pas plus d'une huitaine de jours (ENGELHARDT, 1998).

- **Ponte et développement embryonnaire**

La forme de la ponte est très différente:

— Chez les Rhyacophilidae, les œufs sont pondus isolément.

— Chez les Hydropsychidae et Polycentropodidae ils sont réunis dans une masse cimentée déformée subcirculaire, ils sont contigus et disposés en une seule couche (Fig. 45).

— Chez les autres familles, les œufs sont enrobés dans une masse gélatineuse gonflant au contact de l'humidité de l'air ou de l'eau (Fig. 46) et adhérant parfois à l'abdomen de la femelle.

Les œufs sont déposés soit sur des supports immergés, dans ce cas la femelle s'enfonce sous l'eau pour pondre, soit sur des supports totalement émergés. Lorsque la masse des œufs déjà expulsée adhère à l'abdomen de la femelle, celle-ci les libère à la surface de l'eau.

Le nombre d'œufs pondus varie selon les espèces ; on a pu compter une quinzaine d'œufs dans une ponte de *Beraeodes minutus* et plus de 800 chez les individus du genre *Hydropsyche*.



Figure 45 : Ponte et logette nymphale [6].



Figure 46: Ponte gélatineuse de Limnephilide *Limnephilus sp.* déposée sur feuilles d'arbustes au bord de l'eau (Chevriaux, 1995) [5].

2.3.11. Importance économique

Les larves de certains trichoptères sont mises à profit pour fabriquer des bijoux. Les éleveurs fournissent à ces insectes divers matériaux (par exemple des petits morceaux de nacre, d'or, de pierres précieuses et des minéraux semi-précieux) que les larves incorporent au fourreau lors de sa fabrication. Les cases sont ensuite utilisées pour faire des boucles

d'oreilles, broches, bracelets, colliers, épingles à cravate, etc (Fig. 47). Pour les remercier de leurs travaux, les insectes adultes, lorsqu'ils émergent de leur cocon, sont libérés dans la nature [4].



Figure 47: Photos des travaux des larves de trichoptères [4].

2.4. Bivalves ou Lamellibranches (Bivalva)

Les mollusques d'origine marine sont bien représentés dans les eaux douces par des Lamellibranches et des Gastéropodes (ENGELHARDT, 1998). Les bivalves constituent une classe de Mollusques caractérisés par la présence de deux valves. La présence en eau douce des Corbiculacea date au moins du Crétacé; la superfamille des Unionacea est connue depuis le Trias. Les Dreissenacea sont présent en eau douce seulement depuis la fin du dix-huitième siècle (TACHET *et al*, 2000).

Le premier des spécimens des mollusques d'eau douce d'Afrique ont été recueillies au Sénégal par le naturaliste français MICHEL ADANSON au cours de son expédition de 1747 jusqu'en 1752. À partir de 1900, la plupart des études sur la faune des mollusques du Sénégal et du Niger, de bassin du lac Tchad, le Tibesti et le Sahara algérien, sont réaliser par LOUIS GERMAIN (VAN DAMME, 1988).

2.4.1. Etymologie

L'ancien nom de la classe Pelecypoda signifie "hache-pied», se référant au pied comprimé latéralement, généralement utilisés pour creuser dans le sable ou la boue (NADJI, 2004).

2.4.2. Classification classique

Règne : Animalia.

Embranchement : Mollusca.

Ordre : Eulamellibranches.

Classe : Bivalvia.

Dans la classification zoologique, l'Embranchement des Mollusques se range entre les Annélides et les Arthropodes (Crustacés - Insectes), on le subdivise en deux Sous-Embranchements:

- les Aculifères dépourvus de coquille mais possédant des spicules calcaires ; ce sont des organismes primitifs essentiellement marins.

- les Conchifères possédant une coquille calcaire sécrétée par le manteau et un pied locomoteur; ce Sous-Embranchement comprend cinq classes dont deux seulement: Lamellibranches ou Bivalves, ou encore Pélécytopodes et Gastéropodes, sont représentées dans les eaux douces. (MOUTHON, 2001).

Les bivalves sont représentés par trois superfamilles: les Unionacea avec deux familles, les Unionidae et les Margaritiferidae; les Corbiculaceae, avec les Sphaeriidae et les Corbiculidae, et les Dreissenacea avec les Dreissenidae (TACHET *et al*, 2000).

2.4.3. Morphologie et anatomie

Les figures 48 A et 48 B représentent l'anatomie interne d'un bivalve. Les valves de la coquille se referment grâce à deux muscles adducteurs. Le manteau est formé de deux lobes très élargis qui délimitent une cavité palléale abritant les branchies de l'animal. Les bords du manteau sont soudés ventralement et se différencient dans la région postérieure en deux siphon: un siphon branchial inhalant et un siphon anal exhalant, qui assurent la circulation d'eau en permanence dans l'organisme. La masse viscérale, en région médiane, englobe la glande digestive, les reins, les gonades et le cœur. Le pied, volumineux, permet l'enfouissement rapide des bivalves dans le sédiment (NADJI, 2004).

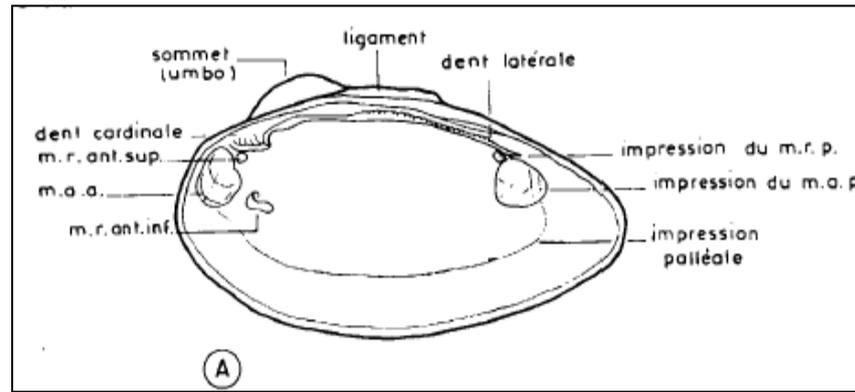


Figure 48 A: vue interne de la valve droite d'un Unionidae (d'après ELLIS, 1978 in MOUTHON, 2001).

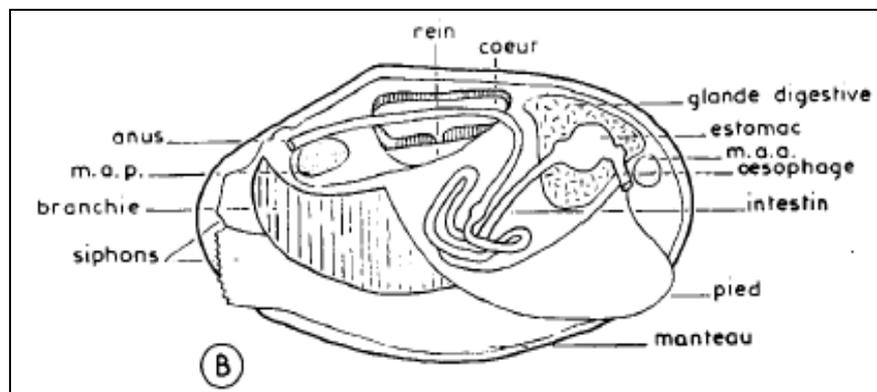


Figure 48 B: Section longitudinale d'un Unionidae (adapté de BULLOUGH, 1962 in MOUTHON, 2001).

Liste des abréviations

- m.r.ant.sup.; muscle rétracteur antéro-supérieur ;
- m.r.ant. inf. : muscle rétracteur antéro-inférieur ;
- m.a.a. : muscle adducteur antérieur ;
- m.a.p. : muscle adducteur postérieur ;
- m.r.p. : muscle rétracteur postérieur.

Généralement, la détermination des Bivalves au genre ou parfois à l'espèce lorsque le genre considéré est monospécifique ne font appel qu'à des caractères simples, regroupés sur les fig. 49, 50, et 51, concernant le plus souvent la coquille et quelquefois certaines particularités anatomiques facilement observables ne nécessitant pas de dissection (MOUTHON, 2001).

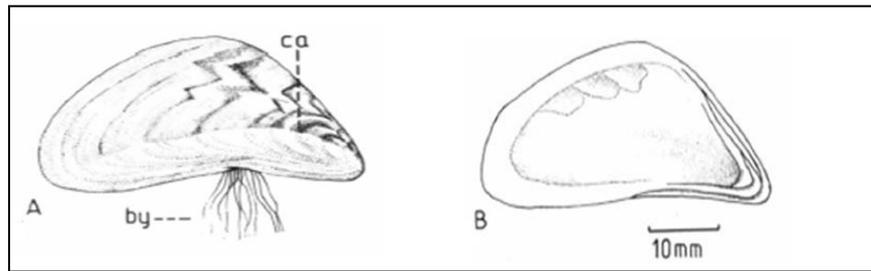


Figure 49: a-b *Dreissena polymorpha* (PALLAS, 1771 in MOUTHON, 2001).

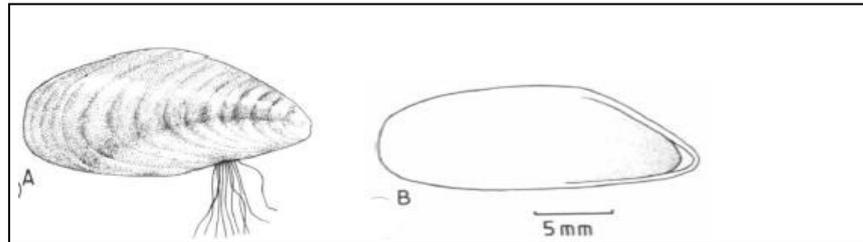


Figure 50: a-b *Congeria cochleata* (KICKX, 1835 in MOUTHON, 2001).

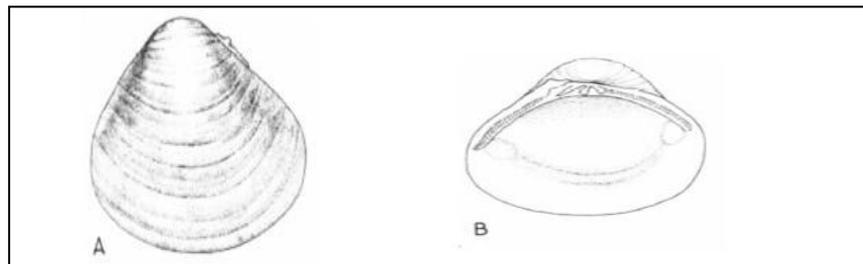


Figure 51: a-b Corbiculidae *Corbicula* (ELLIS, 1978 in MOUTHON, 2001).

2.4.4. Cycles de développement - modalités de la reproduction

Unionidae et Margaritiferidae : chez les Unionidae, dont les populations comprennent en général des représentants des deux sexes, la fécondation donne naissance à une larve appelée " *Glochidium* ", ressemblant à un petit Lamellibranche muni d'un long filament et de crochets à l'extrémité des valves. Certaines de ces glochidies produites en grande quantité, de 50.000 à 2 millions suivant les espèces, se fixent sur un Poisson (ouïes, branchies, nageoires) ou plus rarement sur un Batracien, et vivent alors en parasites. Après quelques semaines, le kyste sécrété par les tissus de l'hôte, crève et libère un petit Bivalve identique aux parents ; tombé sur le substratum, celui-ci se développe rapidement (Fig. 52). L'expulsion des glochidies commence à la fin de l'hiver et peut se poursuivre, suivant les espèces, jusqu'en septembre. Unionidae et Margaritiferidae ne produisent qu'une seule génération par an (MOUTHON, 2001).

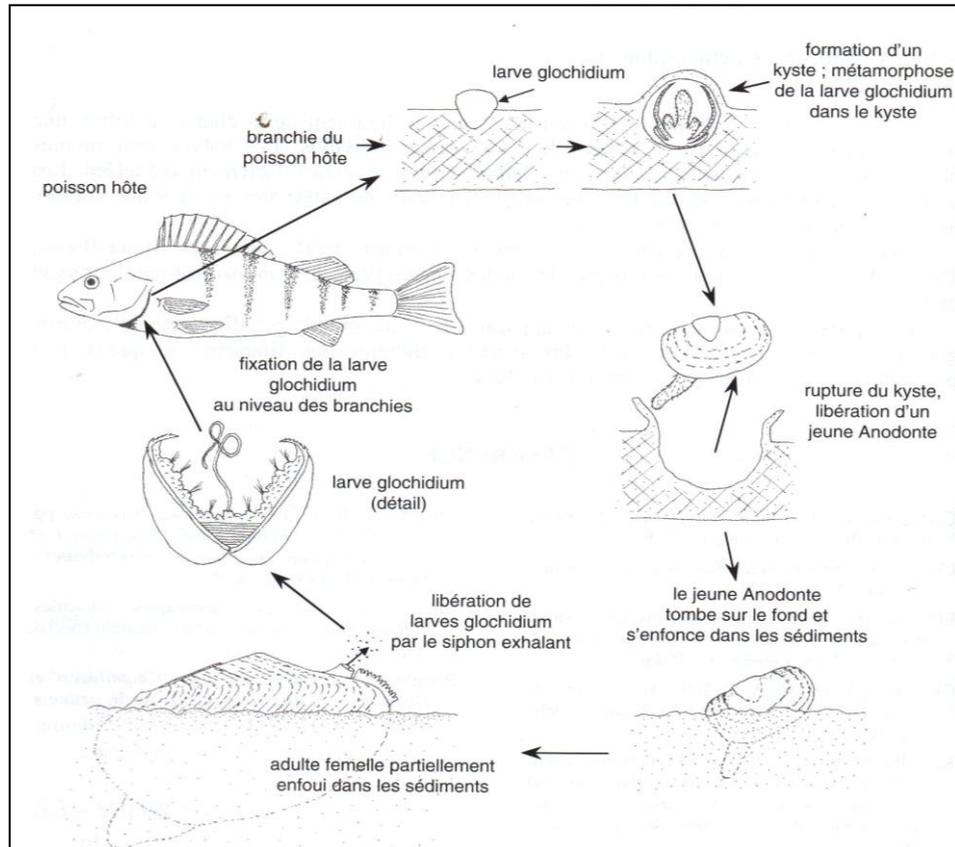


Figure 52 : *Anodonta*, une partie du cycle vital (CHENG, 1986 in TACHET *et al*, 2003).

Dreissenidae : la maturité sexuelle est atteinte au bout d'une ou deux années, La période de ponte de ces Pélécy-podes à sexes séparés s'étale de la fin du printemps au début de l'hiver. Au cours de leur développement, ils passent par un stade planctonique, qui se transforme rapidement en un animal benthique rampant sur le substrat (MOUTHON, 2001), et se fixe par un byssus. Si le substrat est défavorable, ces jeunes Dreissènes peuvent couper le byssus et se laisser entraîner à nouveau par le courant jusqu'à ce qu'elles aient trouvé un substrat favorable (TACHET *et al*, 2000), la fixation définitive n'ayant lieu que plus tard, puisque le stade libre peut subsister tout au long de la première année d'existence de l'animal. Il n'y a qu'une seule génération par an (MOUTHON, 2001).

Sphaeriidae : Ces Lamellibranches sont hermaphrodites, les œufs se développent dans une poche incubatrice formée par l'épithélium des lames branchiales externes. Les jeunes sont libérés lorsqu'ils atteignent environ le quart de la taille maternelle. Les Pisidies atteignent la maturité sexuelle au cours de la première année, ou au printemps de la deuxième année. Les conditions de l'environnement : durée de la saison chaude, abondance

de nourriture, vont en outre déterminer la production d'une ou deux générations annuelles successives (MOUTHON, 2001).

2.4.5. Croissance et longévité

L'intensité de la croissance dépend étroitement de l'environnement, principalement de la température et des conditions trophiques et peut varier sensiblement d'une espèce à l'autre, notamment en fonction de la longévité. En effet, l'intensité de la croissance diminue très normalement avec l'âge (MOUTHON, 2001).

Les Bivalves ont une longévité plus grande ; ainsi chez les Sphaeriidae, elle atteint 3 à 4 années, 5 à 10 chez les Dreissenidae, 10 à 30 chez les Unionidae et peut dépasser 100 ans chez les Margaritiferidae (TACHET *et al*, 2000).

2.4.6. Distribution géographique et habitats

Les bivalves sont des invertébrés aquatiques, en grande majorité marins, vivent enfouis dans le sédiment ou en pleine eau (NADJI, 2004). On trouve des dizaines d'espèces de Bivalves d'eau douce en France (trente en Europe centrale). Ils vivent dans presque toutes les eaux courantes ou stagnantes, de grande ou de petite taille (ENGELHARDT, 1998).

2.4.7. Modes de dispersion

- **Dispersion par l'Homme**

Dreissena polymorpha : espèce originaire de la Russie méridionale (Mer Noire, Mer d'Aral, Mer Caspienne), s'est rapidement propagée vers l'ouest grâce à la construction d'un important réseau de canaux et à l'intensité de la navigation. Après avoir traversé une partie de la Russie, de l'Allemagne, du Danemark, de la Hollande, de la Belgique et du Nord de la France, elle fut découverte en Angleterre en 1824, atteignit Lyon en 1852 et le Sud de la France en 1865 (MOUTHON, 2001).

- **Dispersion par les Oiseaux**

Il s'agit, pour de nombreux auteurs, du principal vecteur de dispersion des Mollusques. On trouve d'ailleurs dans la littérature de nombreux exemples d'oiseaux porteurs surtout des Bivalves appartenant aux genres *Anodonta*, *Unio*, *Sphaerium* (MOUTHON, 2001).

- **Dispersion par les Poissons et les Amphibiens**

Les Batraciens et surtout les Poissons joueraient également un rôle Important, notamment dans la dispersion des petits Mollusques. Les embryons de Sphaeriidae protégés par la coquille maternelle pourraient emprunter sans dommage le tube digestif de certains Poissons comme la Perche En outre, les espèces de Poissons susceptibles d'être parasités par les larves des Unionidae et Margaritiferidae contribuent intensément à la dissémination de ces Bivalves (TACHET *et al*, 2000).

- **Dispersion par les Insectes**

Ce sont surtout les Coléoptères de grosse taille (*Dytiscus*, *Acilius*) et les Hémiptères qui sont trouvés porteurs de Bivalves appartenant aux genres *Sphaerium*, *Pisidium* et *Ancylidae* (MOUTHON, 2001).

- **Dispersion par la dérive**

A l'échelle d'un bassin hydrologique, la dévalaison des organismes, ou dérive, joue également un rôle essentiel dans la recolonisation d'habitats temporaires et instables (MOUTHON, 2001).

2.4.8. Résistance à la dessiccation, au gel, tolérance à la salinité

De nombreuses espèces de Mollusques sont capables de survivre à un assèchement temporaire du milieu dans lequel elles se développent ; d'une manière générale, elles se protègent en s'enfouissent dans la vase (TACHET *et al*, 2000).

Si l'on excepte *Margaritifera margaritifera* et *Ancylus fluviatilis* qui sont strictement inféodés aux eaux douces, on constate que la majorité des espèces de Mollusques peuvent s'adapter à une salinité des eaux d'autant plus forte que leur degré d'euryécie est élevé : c'est le cas pour *Dreissena polymorpha* (11 à 17 pour mille) (MOUTHON, 2001).

La faculté que possèdent certaines espèces de résister à la dessiccation et au gel ainsi que leur euryhalinité permettent d'expliquer en partie leur distribution et leur présence dans des écosystèmes aussi divers que les lacs d'altitude, les sources, les ruisseaux, les milieux temporaires et les zones estuariennes (ENGELHARDT, 1998).

2.4.9. Alimentation et respiration

La plupart des bivalves d'eau douce sont des filtreurs. L'eau utilisée pour la respiration pénètre dans le corps par l'ouverture inférieure en même temps que la nourriture (très petits végétaux composant le plancton, zooplancton, détritus). Les branchies ne servent pas seulement à respirer: leur épitilium recouvert de mucus retient les particules de nourriture qui sont dans l'eau avec la partie supérieure du manteau et du pied et les conduit par des voies précises à la bouche située au-dessus du pied à l'extrémité antérieure, puis cette eau est rejetée par l'ouverture supérieure avec les excréments et les cellules sexuelles (ENGELHARDT, 1998).

2.4.10. Prédation et compétition

La prédation est surtout le fait des Crustacés tels que les Écrevisses, des poissons et des Oiseaux (notamment les Ardeidae, dont la prédation s'exerce sur les Unionacea). Elle peut également s'exercer sur les œufs et les embryons (Odonates, Hémiptères, Trichoptères, Rotifères) (TACHET *et al*, 2000).

La compétition est faible pour les Unionacea et les Sphaeriidae. La compétition pour la place est en revanche importante chez les Dreissenidae, qu'elle soit intraspécifique ou interspécifique (notamment, dans ce dernier cas, avec les Spongiaires et les Bryozoaires) (TACHET *et al*, 2000).

2.4.11. Parasitisme et commensalisme

Les Mollusques parasites sont essentiellement représentés par les Bivalves (Margaritiferidae et Unionidae) dont les larves vivent quelques semaines enkystées sur les branchies ou les nageoires des Poissons (MOUTHON, 2001).

Le cas le plus remarquable de commensalisme concerne la bouvière (*Rhodeus amarus*) qui, grâce à un tube ovipositeur qu'elle introduit dans le siphon d'un Unionidae, pond ses œufs dans la cavité palléale de celui-ci. Après éclosion des œufs, les embryons sont expulsés par le Bivalve (MOUTHON, 2001).

2.4.12. Importance

Les populations de Bivalves filtrant de grandes quantités d'eau : Unionidae (300 ml/ind./h), Dreissenidae (35 ml/ind./h), Sphaeriidae (2,2 ml/ind./h) prennent une part active aux phénomènes de sédimentation et d'épuration des eaux. Les Lamellibranches concentrent ainsi de nombreuses substances: métaux lourds, pesticides, radionucléides... et modifient la qualité du sédiment en excréant sous forme de pseudofèces une fraction parfois importante des microorganismes planctoniques capturés, non utilisés pour la nutrition, les rendant ainsi accessibles aux Invertébrés détritivores, comme les Oligochètes, et à de nombreux Diptères (Chironomidae...) (MOUTHON, 2001).

Les Bivalves jouent un rôle prépondérant dans le transfert de matière organique et constituent d'excellents indicateurs de la pollution du milieu. C'est sans doute, le moyen le plus efficace de convertir la matière organique produite par l'organisme autotrophe situé au premier niveau de la chaîne alimentaire (phytoplancton) en une nourriture, agréable et riche, disponible et comestible pour l'espèce humaine. Ils entrent pour une part considérable dans l'approvisionnement du marché et constituent de ce fait, un apport alimentaire riche en protéine mais également en lipides. Il apparaît ainsi que la consommation des bivalves semble exercer un effet cardioprotecteur spécifique qui pourrait être dû à la nature des acides gras présents dans les tissus comestibles (NADJI, 2004).

Chapitre 3

Matériel et méthodes

Pour aboutir au travail qui fait l'objet de cette thèse des sorties mensuelles ont été entreprises durant une année (08/2008-07/2009).

Les analyses faunistiques et physico-chimiques ont été réalisées au laboratoire de biologie à l'université de Guelma.

3.1. Sur le terrain

3.1.1. Choix des sites

Nous avons sélectionné dix sept sites sur la base de plusieurs paramètres et critères:

- Paramètres régionaux et locaux, en particulier l'altitude ;
- Paramètres morphodynamiques (débit et vitesse du courant) ;
- Paramètres thermiques (températures maximales et minimales) ;
- L'intensité des perturbations humaines (El AGHBANI *et al*, 1992) ;
- Accessibilité du site (proximité de la route, sécurité, végétation peu dense) permettant une visite régulière ;
- Les dix sept sites appartiennent à la même région (Nord-Est de l'Algérie). Ils partagent ainsi des conditions climatiques semblables ;
- Les sites sélectionnés ne partagent pas le même substrat ;
- La diversité et la richesse biologique qui caractérisent ces sites.

3.1.2. Plan d'échantillonnage

Les différentes localités que nous avons eu l'occasion de visiter au cours de ces compagnes peuvent se répartir en deux catégories, suivant que leur faune a été étudiée d'une façon détaillée, ou au contraire très sommairement examinée (BOUCHELAGHEM, 2008). La figure donne les situations précises des 17 stations étudiées comme suivants:

3.1.2.1. Des stations complètement explorées

On compte actuellement 13 stations, réparties dans la zone d'étude.

- **Sous Bassin de Cherf aval** : qui compte trois stations : la première à l'oued Chenior, la deuxième à Ain Mekhlouf et la troisième à Medjaz Amar.
- **Sous Bassin de Bouhamdane** : qui compte trois stations : la première à Mermoura (Bouhamdane), la deuxième à Hammam Debagh et la troisième à Medjaz Amar.

- **Sous bassin de Guelma** : qui comprend les cinq stations situées : à Salah Salah Salah (Ben Tabouche), à l'oued Zimba (Hedjar Mengoub), à Zemzouma , à El Fedjoudj, et à l'oued Halia (Nador).
- **Sous bassin de Seybouse Maritime** : qui comprend deux stations situées à Chihani, et Drean.

3.1.2.2. Des stations sommairement explorées

N'ont été visitées par nous-mêmes que trois fois au maximum mais nous avons disposé d'un important matériel en collection. Ces stations sont réparties comme suit:

- **Sous Bassin de Cherf amont**: une station sur l'oued Cherf (Ksar Sbahi).
- **Sous Bassin de Bouhamdane**: une station sur l'oued Bouhamdane (Bouhamdane village).
- **Sous bassin de Guelma**: une station sur l'affluent d'oued Bradaa,
- **Sous bassin de Seybouse Maritime**: une station sur l'oued Seybouse (Bouharoua).

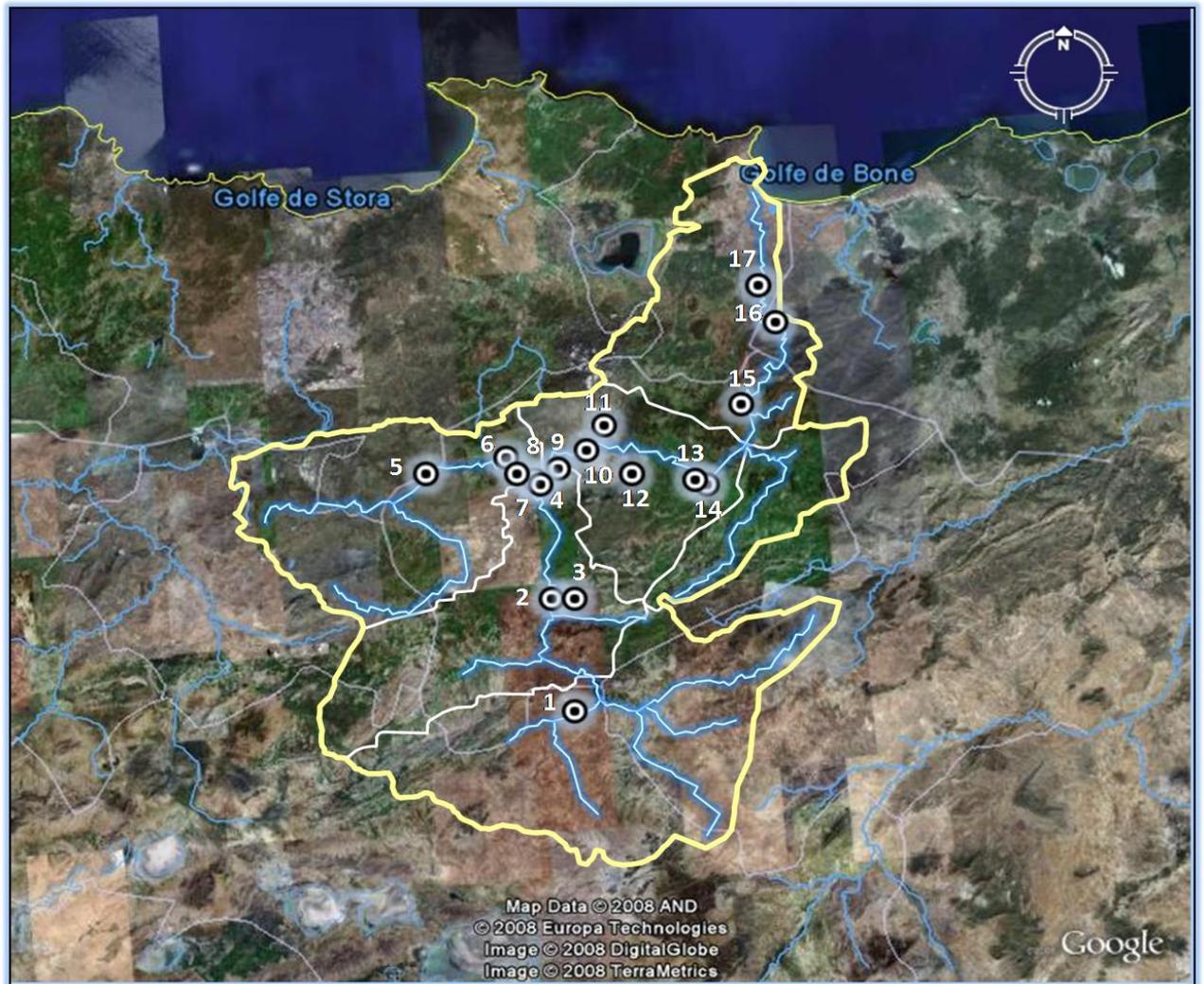
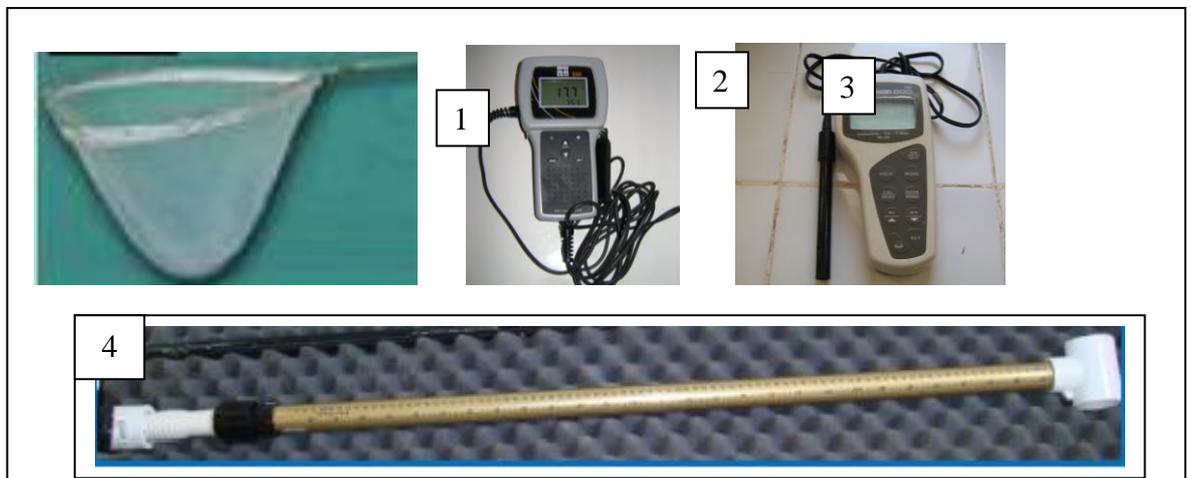


Figure 53: Localisation des stations étudiées sur oued Seybouse et ses affluents.

1. Kasr Sbahi.
2. Ain Makhoulf.
3. Oued Cheniour.
4. Medjez Amar Cheref.
5. Bouhamdane vilage.
6. Mermoura (Bouhamdane).
7. Hammam Debagh.
8. Medjez Amar Bouhamdane.
9. Salah Salah Salah.
10. El Fedjoudj.
11. Bradaa.
12. Zimba.
13. Zenzouma.
14. Halia.
15. Boudaroua.
16. Chihani.
17. Drean.

3.1.3. Matériel d'étude

- Une épuisette [1] ;
- Un plateau blanc ;
- Des bouteilles en plastique ;
- Du formaldéhyde (5%) ;
- Un GPS explorist 300 ;
- Un appareil à photos numérique ;
- Un carnet de terrain ;
- Un cuissard ;
- Un oxymètre YSI 550A de terrain [2], instrument qui permet de mesurer à la fois la concentration en oxygène dissout et le taux de saturation ;
- Un conductimètre ECOSCAN 6 de terrain [3] a été utilisé pour la mesure de la conductivité et de la température ;
- Un chronomètre et un bouchon en liège ;
- Une paire de ciseaux (plantes) ;
- Un profondimètre [4] ;
- Des pinces et des pinces.



3.1.4. Echantillonnage des peuplements d'invertébrés

Nous avons procédé à un échantillonnage mensuel effectué au niveau de treize sites, durant la période allant d'août 2008 à juillet 2009.

L'objectif de l'échantillonnage consiste en la collecte d'une diversité la plus représentative des macroinvertébrés au niveau de chaque site visité.

- **La technique de récolte**

La technique de récolte consistait à utiliser une époussette de 1 mm de vide de maille pour la collecte des taxa faunistiques. Dix coups de filet ont été effectués au milieu et en bordure des berges dans les parties à forte végétation aquatique ainsi qu'au fond dans les parties boueuses et sableuses. Une fois l'eau écoulée à travers la toile, le contenu de l'époussette est étalé sur un plateau blanc, avec des pinces et des pinceaux, on effectue la récolte des organismes observés à l'œil nu dans des flacons en plastique sur les quels noms du site et date du prélèvement sont inscrit. Comme certains organismes étaient très petits, une partie de débris a été ajoutée au contenu des flacons en plastique. Les échantillons ainsi obtenus sont conservés dans du formaldéhyde à 5%.

Remarque

- Pour l'échantillonnage, nous avons essayé au maximum d'impartir la même durée de temps dans chaque station (généralement 20 minutes).

3.1.5. Echantillonnage de l'eau à analyser

La physico-chimie des eaux est d'une importance majeure dans la dynamique des espèces benthiques, un suivi mensuel a été réalisé durant dix mois (août 2008 à juillet 2009), où une partie des mesures (température, conductivité, oxygène dissous) a été effectuée in situ, et l'autre (pH, turbidité) a été effectuée au laboratoire de biologie à l'université de Guelma.

- **Mode de prélèvement**

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats et l'interprétation qui en sera donnée.

Lors de l'échantillonnage, nous avons essayé d'éviter de prélever l'eau des rives, du fond et de la surface, du fait des poussières, du pollen, des huiles ou des insectes qui peuvent s'y trouver. On prélève plutôt à mi-profondeur et en plein courant (CHAIB, 2002).

Les échantillons d'eau obtenus ont été transportés au laboratoire, où les mesures doivent être effectuées le plus tôt possible pour éviter la variation des paramètres entre le moment du prélèvement et l'analyse.

Remarque

Des échantillons de plantes ont été prélevés dans le but d'avoir une liste exhaustive de la végétation bordant l'oued.

3.1.6. Variables mesurées in situ (Température, conductivité, oxygène dissous)

- **Mesure de la température (°C)**

La température est le facteur abiotique le plus important qui affecte la dynamique des populations (CHAKRI, 2007). C'est un facteur essentiel dans la vie des eaux de surfaces. Elle favorise la fermentation qui agit comme pollution additionnelle et qui diminue la teneur en oxygène dissous. Des températures élevées de l'eau peuvent détruire la faune et la flore présentes dans l'eau et favoriser le développement d'espèces peu utiles telles les algues (CHAIB, 2002). La mesure de la température a été effectuée sur site à l'aide d'un conductimètre.

- **Mesure de la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)**

La conductivité, qui est l'inverse de la résistivité est liée à la teneur en sels minéraux (électrolytes) dissous dans l'eau sous forme d'ions (CHAKRI, 2007 ; TOUATI, 2008). Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité (REJSEK, 2002). Elle a été mesurée dans notre cas à l'aide d'un conductimètre.

- **Mesure de l'oxygène dissous (mg/l, %)**

La présence d'oxygène dans les eaux superficielles joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique et dans les phénomènes d'autoépuration. La diminution de la teneur en oxygène génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs nauséabondes (CHAIB, 2002). L'oxygène dissous est indispensable à tous les organismes aquatiques, il provient: des échanges de l'interface (air- eau), de l'aération (mouvement de l'eau), des rejets industriels, et de la photosynthèse des plantes aquatiques et des algues (SATHA, 2008). La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente, elle diminue aussi avec l'abaissement de la pression atmosphérique lorsque l'altitude augmente (BLIFFERT et PERRAUD, 2001 in KHETTAR, 2009). Pour évaluer la teneur en oxygène nous avons utilisé un oxymètre.

Pour caractériser une eau on indiquera son pourcentage de saturation, c'est-à-dire le rapport entre son taux réel en oxygène et celui qu'elle posséderait à la même température (FRONTIER et PICHOD-VIAL, 1999 in KHETTAR, 2009), le tableau 12 montre la classification des pourcentages de saturation en oxygène.

**Tableau 12 : Classe proposées pour les pourcentages de saturation en oxygène
(Nisbet et verneux, 1970)**

% de saturation en oxygène	Classe	Appréciation
Saturation > 90	1	Bonne
70 < Saturation < 90	2	Satisfaisante
50 < Saturation < 70	3	Douteuse
30 < Saturation < 50	4	Critique
10 < Saturation < 30	5	Très dangereuse
Saturation < 10	6	Létale

3.1. 7. Autres paramètres abiotiques

A l'occasion de chaque sortie sur terrain, un certain nombre de paramètres abiotiques ont été relevés en même temps que la faune benthique dans le but de rechercher leur influence sur la répartition de la faune benthique (EL AGBANI *et al*, 1992).

- **L'altitude**

L'altitude est un facteur important, elle influence le réchauffement des eaux et donc la répartition de la vie animale dans les eaux courantes. Les eaux froides de haute altitude ont une faune assez pauvre, réduite aux espèces qui supportent bien les eaux à basse température (ANGELIER, 2003).

D'une façon générale, pour l'ensemble des insectes à adultes aériens, la durée de la période de vol diminue avec l'altitude. Ceci résulte à la fois de la disparition du polyvoltinisme et du raccourcissement de la belle saison (ANGELIER, 2003). La mesure de l'altitude a été effectuée sur site à l'aide d'un GPS.

- **La structure de la rive**

En effet, elle est importante dans la mesure où elle nous renseigne sur l'habitat, l'ombrage et la végétation riveraine (émergente, flottante ou immergée) (SATHA, 2008).

- **La nature du substrat**

Le substrat est la matière sur laquelle coule le cours d'eau. Il constitue donc le support vital des macroinvertébrés. Par sa composition, il façonne une partie majeure de l'habitat des espèces aquatiques. Ce support peut être scinder en deux grands types : le substrat minéral et le substrat végétal (KHETTAR, 2009).

- **Substrat minéral** : joue un rôle important dans la distinction des habitats est lié à sa texture (Fig. 54). Cette distinction est estimée par observation directe à l'échelle de chaque station.
- **Substrat végétal** : joue le rôle à la fois comme support ou abris et ressource trophique.

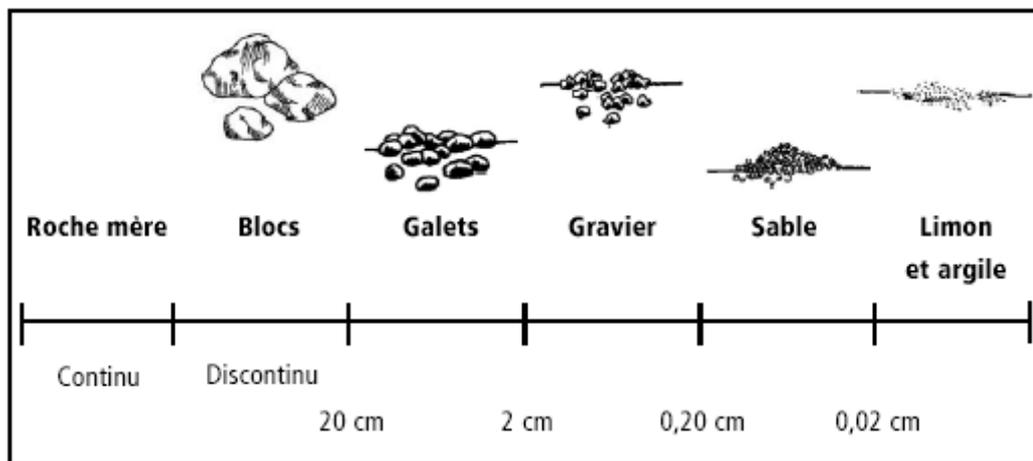


Figure 54: Les différents substrats (GAGNON et PEDNEAU, 2006 in TOUZIN, 2008).

- **La vitesse de l'eau**

Est un facteur écologique essentiel qui conditionne les possibilités d'existence des organismes en fonction de leurs limites de tolérance. C'est un facteur limitant.

En général, la faune des eaux courantes, et en particulier, celle des eaux rapides, diffèrent de celle des eaux stagnantes et présente des caractères d'adaptation qui permettent aux animaux de se protéger ou de lutter contre le courant : appareils d'accrochage (crochets, ventouses des larves d'insectes), aplatissement dorso-ventral du corps permettant aux animaux de glisser plus facilement sous les pierres pour s'y abriter du courant (ANGELIER, 2003). En raison des difficultés de sa mesure, la vitesse du courant est estimée par sa valeur moyenne dans chaque station. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un bouchon en liège lâché en surface du cours d'eau sur une distance de 5m, le temps est mesuré par un chronomètre.

- **Les crues**

En période d'étiage, c'est le comportement des espèces, leur rythme d'activité, qui est essentiellement à l'origine de leur entraînement. En période de crue, la violence du

courant joue un rôle prépondérant, en provoquant un état d'instabilité du substrat. Les crues peuvent être régulières (hautes eaux d'hiver, fonte des neiges), ou apériodiques (orage d'été, vidange des retenues). Une crue brutale a sur la faune benthique ce qu'on pourrait appeler un effet de surprise, notamment par l'onde de choc. Ceci se traduit par un accroissement temporaire de la dérive, qui diminue ensuite. Les crues correspondent pour les organismes à une phase de réduction de l'activité : les stades jeunes, les espèces de petite taille s'enfoncent dans le sous-écoulement, les autres se réfugient dans les zones abritées du courant (ANGELIER, 2003).

- **La profondeur et la largeur du lit mouillé**

Ces deux paramètres fournissent une idée de la taille du cours d'eau dans une station donnée.

La profondeur de l'eau influence le réchauffement des eaux et donc l'installation et la prolifération de la faune et de la flore thermophile. La profondeur de l'eau agit sur la teneur en O₂. La surface peu profonde permet à l'air de se diffuser largement et de bien se mélanger, par contre dans les lacs, la profondeur est telle qu'elle conduit à la stratification thermique (TOUATI, 2008).

La largeur du lit dépend de la précipitation et de la température, elle varie d'un cours d'eau à l'autre, et du même cours d'eau pendant l'année.

- **L'Hydrologie**

L'identification des différentes sources d'alimentation et leur influence sur l'oued jouent un rôle non négligeable. En effet, elles ont des propriétés physico-chimiques différentes et ont donc une influence directe sur la biocénose aquatique (SATHA, 2008).

3.2. Au laboratoire

3.2.1. Matériel d'étude

- Un pH/mv mètre travaux pratique de paillasse [1] ;
- Un turbidimètre de terrain TN-100/T-100 [2] ;
- Des boîtes de collection [3] ;
- Une aiguille, des pinces et des pinceaux [3] ;
- Des boîtes de pétri [3] ;
- De formaldéhyde à 5% [3] ;
- Une loupe binoculaire [3] ;
- Un ou deux guides pour identification des larves.



3.2.2. Analyse des peuplements d'invertébrés

Au laboratoire, les organismes sont triés sous binoculaire dans des boites de Pétri en utilisant des pinces et un pinceau. Les organismes triés sont conservés dans de petits flacons remplis de formol et sont regroupés approximativement suivant les groupes taxonomiques majeurs (CHAIB, 2002). Les déterminations sont poussées au plus loin possible (famille ou genre) grâce aux clés de déterminations utilisées (TACHET *et al*, 2000 ; ENGELHARDT, 1998).

L'identification a été confirmée par Monsieur le Professeur B. SAMRAOUI.

3.2.3. Analyse de l'eau prélevée

- **Mesure du pH**

Le pH indique l'équilibre entre les acides et les bases d'un plan d'eau et correspond à une mesure de la concentration des ions hydrogène en solution. Le pH se mesure sur une échelle de 0 à 14. Un pH de 7 indique une eau neutre ; les valeurs inférieures à 7 indiquent des conditions acides et les valeurs supérieures à 7 sont

caractéristiques de conditions alcalines. Le pH influence la toxicité de plusieurs éléments en régissant un grand nombre de réactions chimiques. Dans les eaux naturelles peu soumises aux activités humaines, le pH dépend de l'origine de ces eaux et de la nature acide ou basique des terrains traversés (KHETTAR, 2009). La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pHmètre.

- **Mesure de la Turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées: argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. Elle peut être favorisée par la pluviométrie. Dans les eaux profondes, la turbidité empêche la propagation de la lumière dont la diminution d'intensité a pour conséquence de limiter et même d'éliminer la végétation (RODIER, 2005). Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society For Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables: Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (REJSEK, 2002). Elle est mesurée par un turbidimètre.

Tab 13: classification de la turbidité (SATHA, 2008).

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau Légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

3.3. Analyse de données

3.3.1. Analyse en Composant Principales (A.C.P)

L'analyse en composantes principales communément appelée A.C.P, est une méthode statistique multidimensionnelle qui permet de synthétiser un ensemble de données en identifiant la redondance dans celles-ci. Elle fournit notamment une synthèse graphique des résultats.

L'ACP propose, à partir d'un tableau rectangulaire de données comportant les valeurs de p variables quantitatives pour n unités (appelées aussi individus), des représentations géométriques de ces unités et de ces variables. Ces données peuvent être issues d'une procédure d'échantillonnage ou bien de l'observation d'une population toute entière. La représentation des unités permettent de voir s'il existe une structure, non connue a priori, sur cet ensemble d'unités. De façon analogue, les représentations des variables permettent d'étudier les structures de liaisons linéaires sur l'ensemble des variables considérées. Ainsi, on cherchera si l'on peut distinguer des autres, etc. Pour les variables, on cherchera quelles sont celles qui sont très corrélées entre elles, celles qui, au contraire ne sont pas corrélés aux autres, etc.

Dans notre étude, nous utilisons une A.C.P. normé afin de traiter les données physicochimiques de nos stations.

3.3.2. L'organisation d'un peuplement

Les divers peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir quantitativement par un ensemble de descripteurs, il est possible de décrire la structure de la biocénose toute entière à travers les paramètres tels que la richesse spécifique, l'abondance, la dominance, la diversité spécifique (RAMADE, 1994).

- **L'abondance** : correspond au nombre d'individus échantillonnés.
- **Fréquence** : Elle peut s'exprimer par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée. Elle peut être également exprimé par le pourcentage d'où :

$$C = p^* \cdot 100 / p.$$

p^* : nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

p : nombre total de relevés effectués.

3.3.3. La structure d'un peuplement

Elle exprime le mode de distribution des individus parmi les espèces qui composent le peuplement, c'est-à-dire l'organisation du tableau espèces relevés. L'étude de ce mode de répartition peut être faite (TOUATI, 2008):

- 1- L'analyse des distributions d'abondance (modèles de Preston, Motomura, Macarthur).
- 2- au moyen d'indice synthétique de diversité (Mekki, 1998).
- 3- La diversité d'un peuplement s'exprime aussi par le nombre d'espèces présentes (richesse spécifique). Parmi les indices de diversité permettant la comparaison des peuplements dans l'espace et le temps, nous avons :

- **Indice de Shannon** : cet indice a l'avantage d'intervenir l'abondance des espèces. Il se calcule par la formule suivante :

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Avec : $p_i = n_i / N$ où n_i : effectif de l'espèce i

N : effectif total du peuplement

Cet indice s'exprime en bit (unité d'information) et mesure le niveau de complexité d'un peuplement. Un indice de diversité élevé correspond à un peuplement à grand nombre d'espèce pour un petit nombre d'individus.

- **Équitabilité**

Les valeurs de l'indice de diversité connaissent des déséquilibres qui peuvent être appréciés par l'indice d'équitabilité ou (régularité), comme étant le rapport :

$$E = H/H_{max}$$

H_{max} : étant la diversité maximale ($H_{max} = \log_2 .S$).

S : richesse spécifique.

H : indice de diversité.

- **Avantages des indices**

- L'indice de Shannon tient en compte de l'abondance des espèces.
- L'indice d'équitabilité sert à comparer les diversités de deux peuplements ayant des richesses spécifiques différentes.

3.3.4. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

C'est une méthode qui a été appliquée avec succès à l'étude de nombreux groupements végétaux et de certaines associations animales. Elle permet de rechercher les caractéristiques du milieu qui règlent la répartition des organismes (DAJOZ, 1985 in CHAIB, 2002).

C'est une méthode descriptive d'ordination où une correspondance est réalisée par des colonnes et les espèces par lignes ou l'inverse.

Chaque intersection relevé-espèce indique la présence ou l'absence de l'espèce. Le nuage des points représenté soit par les relevés, soit par les espèces dans l'espace multidimensionnel original est caractérisé par des directions d'allongements privilégiés. Il s'agit d'axes factoriels qui contiennent une certaine proportion de l'information totale des données, les axes sont donc extraits par l'AFC.

Le premier axe factoriel contenant le maximum d'information, le second un peu moins et ainsi de suite jusqu'au dernier axe. Sur ces axes factoriels pris deux à deux sont réalisés des projections de points relevés ou points espèces. Les valeurs propres et taux d'inertie qui quantifient la part de l'information expliquée par les différents axes, permettant de décider du nombre d'axe à retenir (CHESSEL & BOURNAUD, 1987 ; CHESSEL & DOLEDEC, 1992 in CHAIB, 2002).

Les espèces rares présent moins de trois fois dans les sites sont éliminées de l'analyse (MEKKI, 1998 in TOUATI, 2007).

Chapitre 4

Résultats et discussion

Complémentaire de l'approche physicochimique, l'étude des macroinvertébrés benthiques permet d'intégrer une dimension spatio-temporelle des modifications de la qualité physicochimique de l'eau. La structure du peuplement de macroinvertébrés benthique mémorise également certaines modifications même ponctuelles de la qualité physique du milieu aquatique. Le peuplement d'invertébrés benthiques constitue un maillon essentiel de l'édifice trophique de l'écosystème aquatique et donc du processus d'autoépuration. Pour cela nous avons établi un suivi d'une part dans l'espace et d'autre part dans le temps de la qualité biologique et physicochimique du cours d'eau.

4.1. Influence des variables abiotiques sur les écosystèmes

Les facteurs écologiques externes les plus importants sont abiotiques ou biotiques. Les facteurs abiotiques sont soit de nature climatique (température, pluviosité, éclairage), soit de nature édaphique, c'est-à-dire liée au sol (nature chimique, fertilité, rapports avec l'eau, texture, etc.). L'ensemble des facteurs écologiques détermine la nature et la diversité des espèces floristiques et faunistiques présentes dans une région, leur abondance relative et leur répartition (CHAIB, 2002).

Les êtres vivants sont éliminés totalement, ou bien leurs effectifs sont fortement réduits lorsque l'intensité des facteurs écologiques est proche des limites de tolérance ou les dépasse. En général plusieurs facteurs écologiques agissent simultanément sur les organismes et les interactions entre ces facteurs peuvent modifier les limites de tolérance qui ont été déterminées pour chaque facteur pris isolément (DAJOZ, 2003).

A l'intérieur d'une espèce, il peut se former des populations ayant des caractéristiques morphologiques ou physiologiques différentes et par conséquent des limites de tolérance différentes vis-à-vis des divers facteurs écologiques (DAJOZ, 2003).

- **Variation spatiotemporelle de la température de l'eau:**

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz. Elle détermine la présence ou l'absence de certaines espèces par ses variations quotidiennes ou saisonnières. Par ailleurs, elle accroît les vitesses de réactions chimiques et biochimiques. L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît (BLIFFERT ET PERRAUD, 2001 in KHETTAR, 2009). Elle dépend de plusieurs facteurs :

- L'altitude;
- La saison;
- Les dimensions de chacun des cours d'eau (profondeur et largeur);
- Le degré d'exposition au soleil;
- La couleur de l'eau (une eau sombre absorbe fortement la chaleur);
- Le débit de l'eau;
- L'origine des eaux alimentant l'oued (les eaux de montagne sont plus froides que les eaux de ruissellements);
- Les rejets industriels (élévation de la température qui accentue les réactions chimiques par conséquent diminue l'oxygène).

La température moyenne minimale est observée au mois de mars (4.07°C) et la température moyenne maximale correspond à une valeur de 20.26°C durant le mois de juin (Fig. 55).

Malheureusement, dans notre cas, nous n'avons pas pu relever des températures au même intervalle de temps pour tous les sites (la raison est que les eaux de surface sont sujettes à des fluctuations de température dans la même journée "par sortie". C'est pour cela qu'on n'a pas basé beaucoup sur l'effet de la température dans notre analyse.

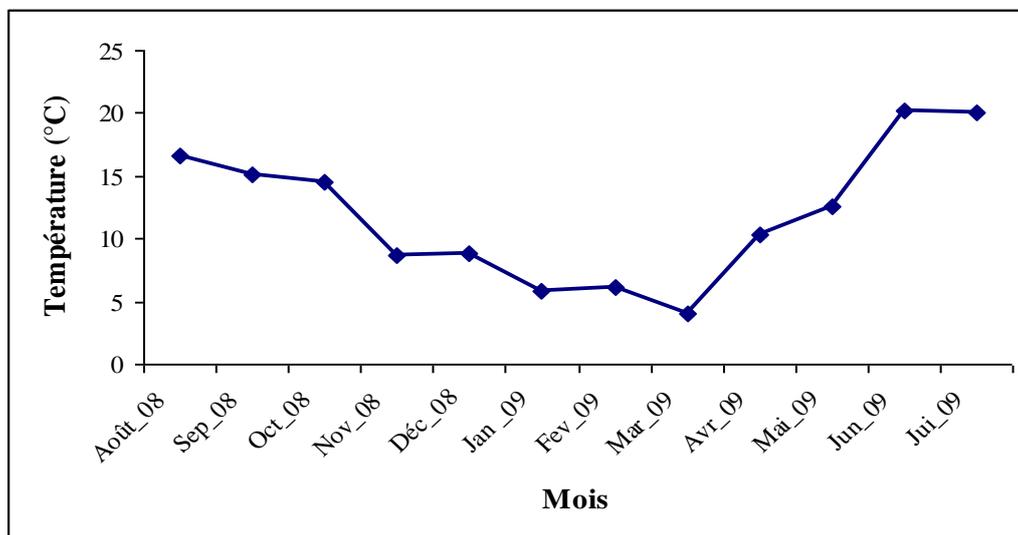


Figure 55 : Les variations mensuelles moyennes de la température de l'eau

- L'oxygène dissous:

Les concentrations en oxygène dissous constituent avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. La présence de matières organiques réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau par oxydation à travers un procédé microbiologique (KHETTAR, 2009).

La concentration en oxygène existant dans les eaux est le résultat de processus de la demande et de production d'oxygène et est donc soumise à de fortes fluctuations (CHAIB, 2002).

L'analyse des résultats obtenus montre que l'oxygène dissous est bien corrélé négativement avec la température de l'eau : lorsque la température augmente l'oxygène chute et suit une tendance inverse en augmentant lorsque celle-ci baisse (Fig. 56a).

Nous remarquons que l'augmentation de l'oxygène dissous est parallèle au pourcentage de saturation. Les teneurs les plus élevées sont enregistrées à Ain Makhrouf et Medjez Amar Cherf durant le mois de décembre avec respectivement 24.3 mg/l et 26.6 mg/l (Fig. 56b). La majorité des valeurs d'oxygène enregistrées oscillent entre un minimum de 3.2 mg/l dans la station de Halia au mois d'août (Fig. 56c) et un maximum de 21.9 mg/l dans la station de Chihani au mois de décembre (Fig.56d), soit 42% à 221% des teneurs en saturation présentant ainsi une situation critique à bonne de l'oxygénation de l'eau (Tableau 12).

Tableau 12 : Les pourcentages de saturation en oxygène dans les stations étudiées relevés de août 2008 à juillet 2009

	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	jun	jui
Chenior	70	89	119	99	76	93	74	61	55	-	55	-
AMakh	146	120	132	124	221	223	147	220	86.4	71.8	87	72.8
Mermoura	84	75	109	176	198	143	104	140	73.1	80.5	66.5	48.1
HDebagh	67	121	93	130	134	112	108	110	79	62	58.9	80
MABouh	79	132	93	150	144	115	115	112	63.6	62.2	58.3	55.4
MACherf	110	110	133	210	278	184	109	162	52.8	72.8	57.3	58.6
SSalah	90	125	95	187	230	140	132	142	86	72.9	60.3	55
Zimba	85	60	79	112	141	120	114	111	68	67.8	67.5	54
Fedjoudj	74	101	105	120	175	150	135	148	58.6	73.6	70	46.7
Zemz	59	42	96	88	65	91	126	91	68	75	87	49
Halia	42	42	143	135	130	142	130	148	69	64.7	66.8	43.2
Chihani	103	94	125	160	221	170	139	165	82.8	69	102	49.5
Drean	87	66	88	133	231	150	130	125	82	67.6	78	43.5

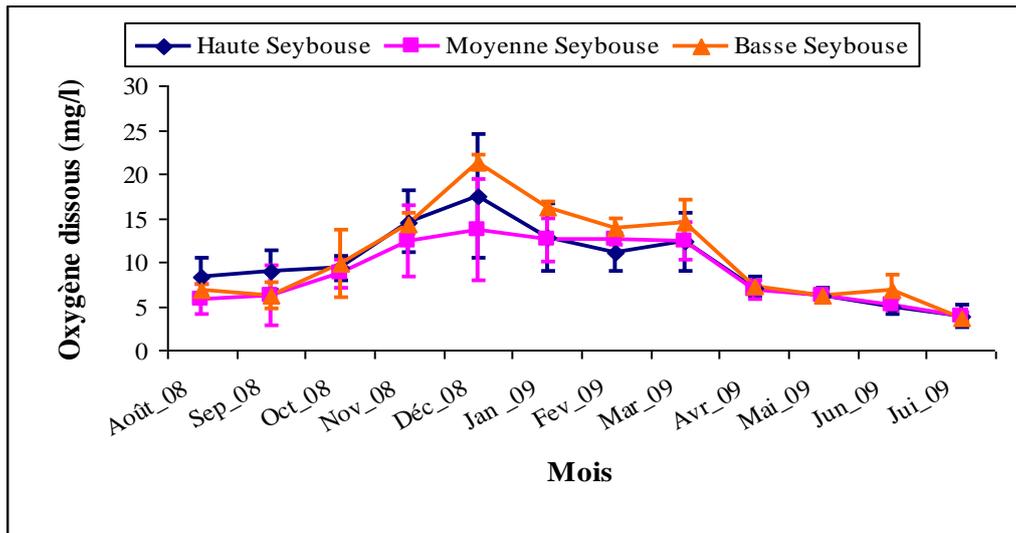


Figure 56a : Les variations mensuelles moyennes de l'oxygène dissous (Sous-Bassins)

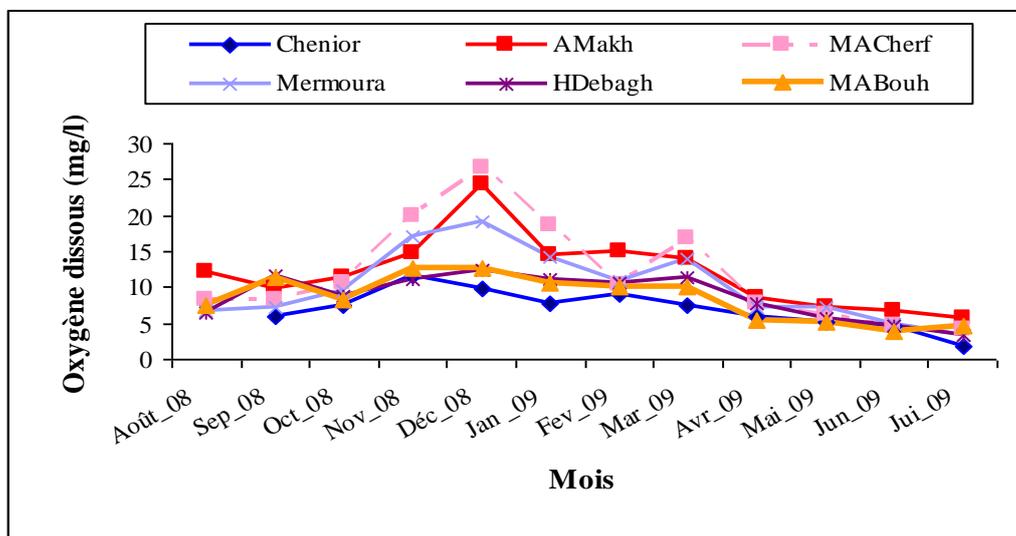


Figure 56b : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (Haute Seybouse)

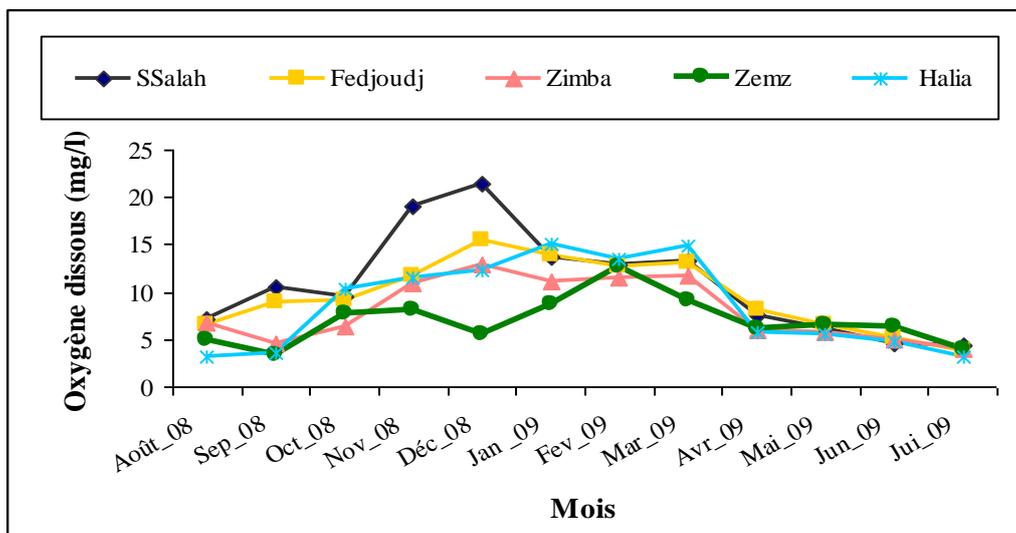


Figure 56c : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (Moyenne Seybouse)

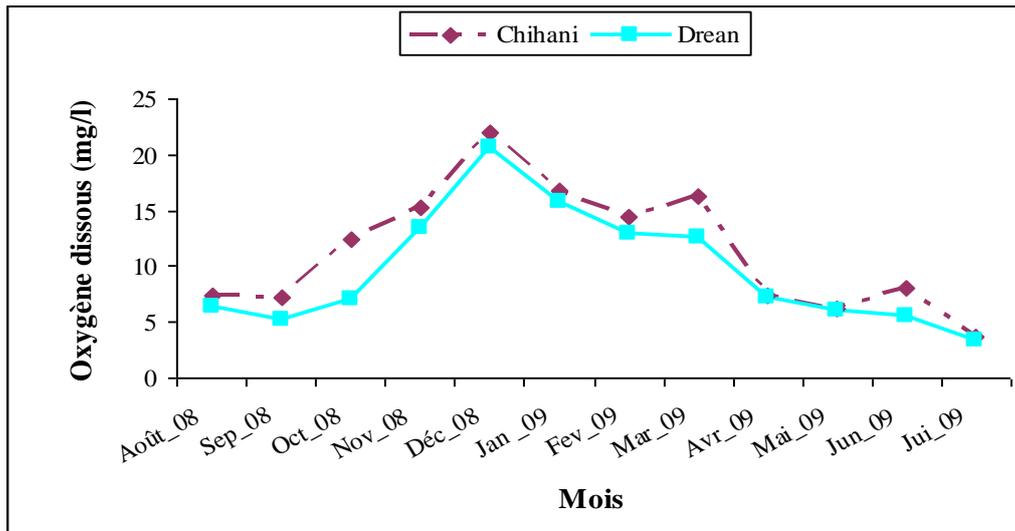


Figure 56d : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (Basse Seybouse)

- **La conductivité :**

La conductivité est un paramètre très important pour la dynamique des peuplements, elle est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous. Ce paramètre nous indique le degré de minéralisation des eaux (BOUNACEUR, 1997 ; in TOUATI, 2008). Selon RODIER (2005), elle s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau (Fig. 57a).

- A la haute Seybouse (Fig. 57b), on remarque que Ain Makhoulf, Medjez Amar Cherf, et Mermoura enregistrent une augmentation de la conductivité pendant la période d'été favorisée par l'élévation de la température qui induit l'évaporation de l'eau donc une plus grande concentration en sels dissous; oued Chenior est un site à conductivité stable que se soit l'hiver ou le printemps ; pour les autres sites nous avons remarqué une baisse de la conductivité même pendant l'été dues aux lâchers des barrages qui diluent les concentrations en sels.
- A la moyenne Seybouse (Fig. 57c), les eaux de Oued Zimba sont les moins chargées en sels dissous.
- A la basse Seybouse (Fig. 57d), nous avons remarqué une baisse de la conductivité pendant l'hiver et le printemps.

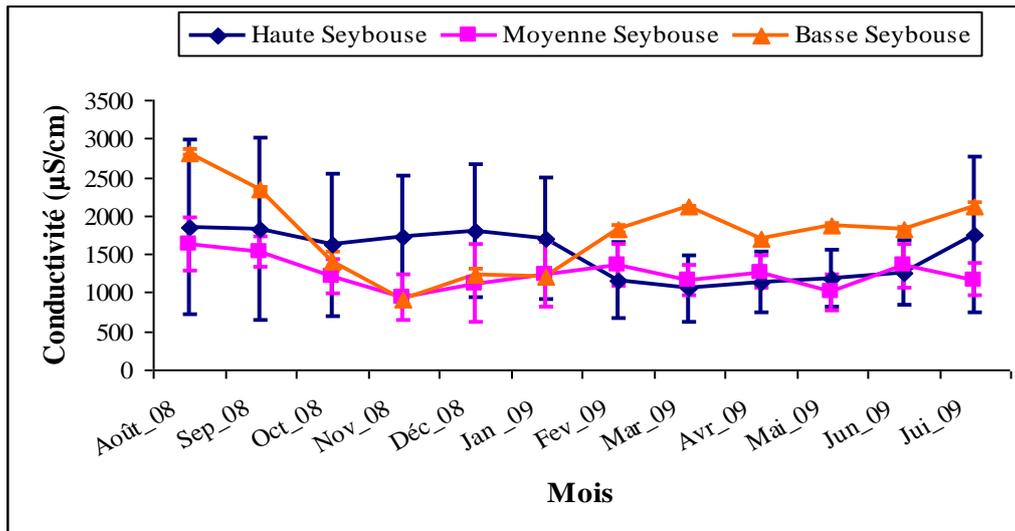


Figure 57a : Les variations mensuelles moyennes de la conductivité (sous-bassins)

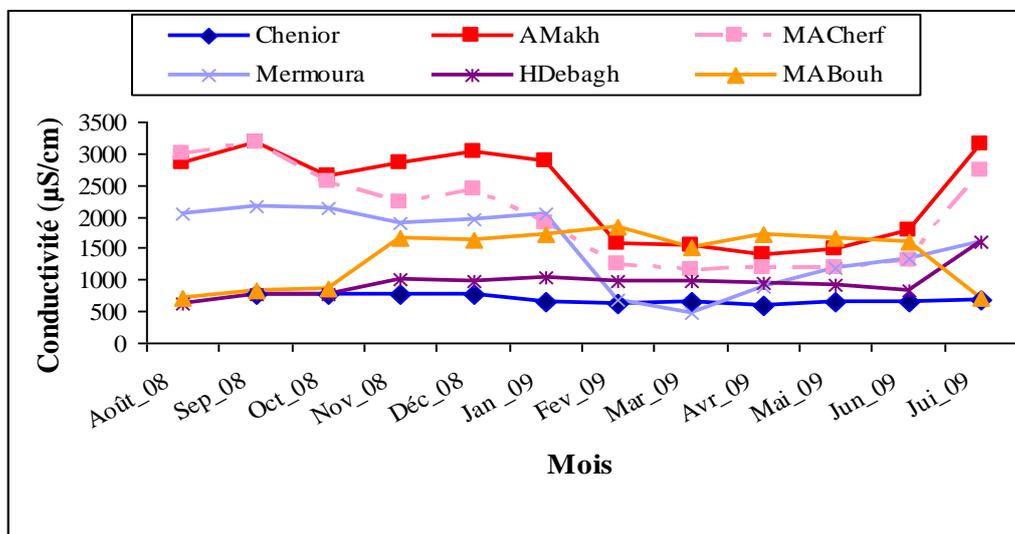


Figure 57b : Les variations mensuelles de la conductivité (Haute Seybouse)

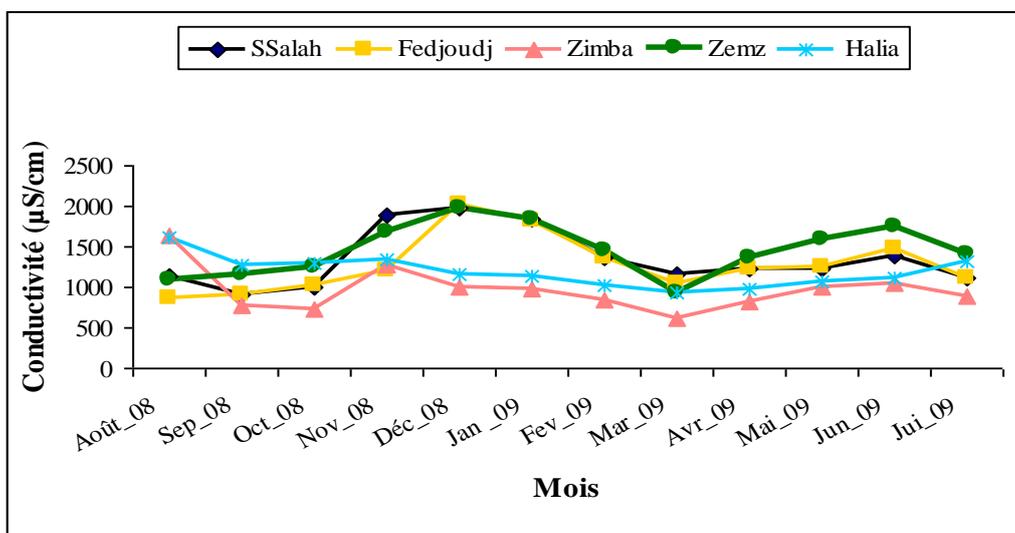


Figure 57c : Les variations mensuelles de la conductivité (Moyenne Seybouse)

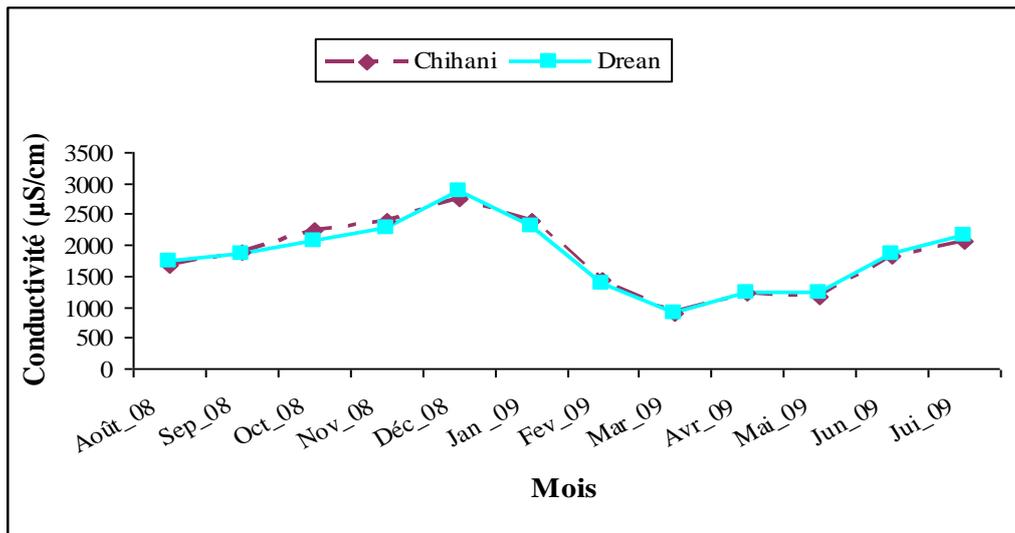


Figure 57d : Les variations mensuelles de la conductivité (Basse Seybouse)

- **Le pH:**

Le pH sert à quantifier la concentration en ions H^+ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique (REJSEK, 2002). Les eaux traversant des terrains granitiques sont peu minéralisées, avec un pH acide ou voisin de la neutralité. Les eaux traversant des terrains calcaires ont par conséquent une forte concentration en bicarbonates et un pH élevé (ANGELIER, 2003).

Les fluctuations du pH sont peu marquées dans nos stations et oscillent entre un minimum de 5.52 et un maximum de 9.77 (Fig. 58). Cette légère variation du pH peut être due aux apports par le lessivage et les précipitations ainsi qu'à la nature des terrains traversés. Les valeurs du pH de ces eaux concordent avec les normes internationales ce qui permet donc un développement normal de la faune et de la flore.

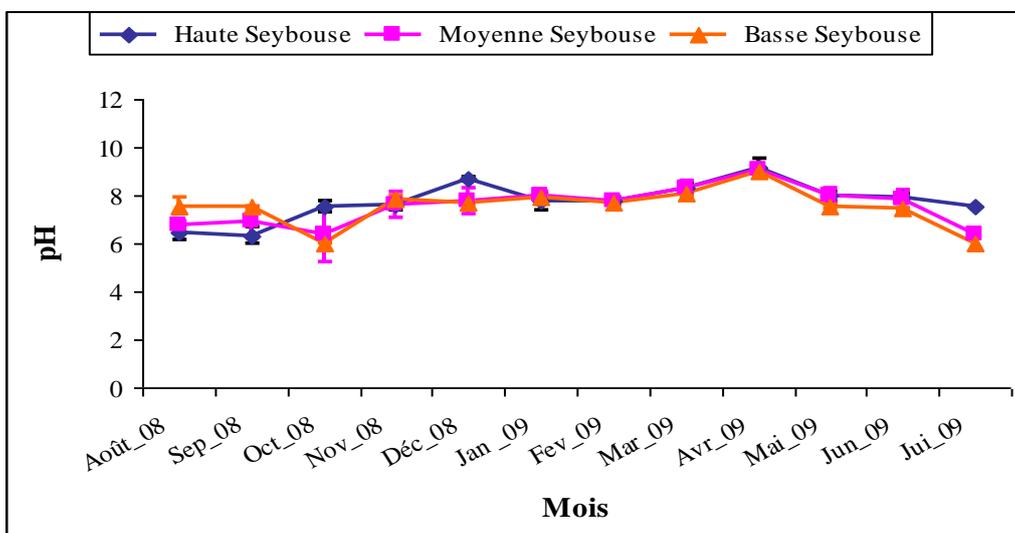


Figure 58 : Les variations moyennes mensuelles du pH (Sous-Bassins)

- **La turbidité:**

Les teneurs de la turbidité fluctuaient considérablement au niveau de chaque site au cours des saisons. Ces fluctuations sont fonction (AIT HAMLAT, 1998):

- de la nature des terrains traversés ;
- de la pluviométrie (variation des niveaux de l'eau).

La turbidité moyenne enregistrée au niveau des trois sous-bassins montre une oscillation des valeurs de 14 NTU à 620 NTU (Fig. 59a) ce qui nous amène à conclure que nos eaux de surface sont moyennement turbides à turbides.

La teneur de turbidité la plus faible (5.7 NTU) mesurée à Oued Zimba pendant le mois de juillet (Fig. 59c). Les fortes valeurs ont été enregistrées dans les stations : Ain Makhoulf, Halia, Chihani et Drean (Fig. 59b, 59c, 59d) qui sont caractérisées soit par le pâturage et ou l'agriculture.

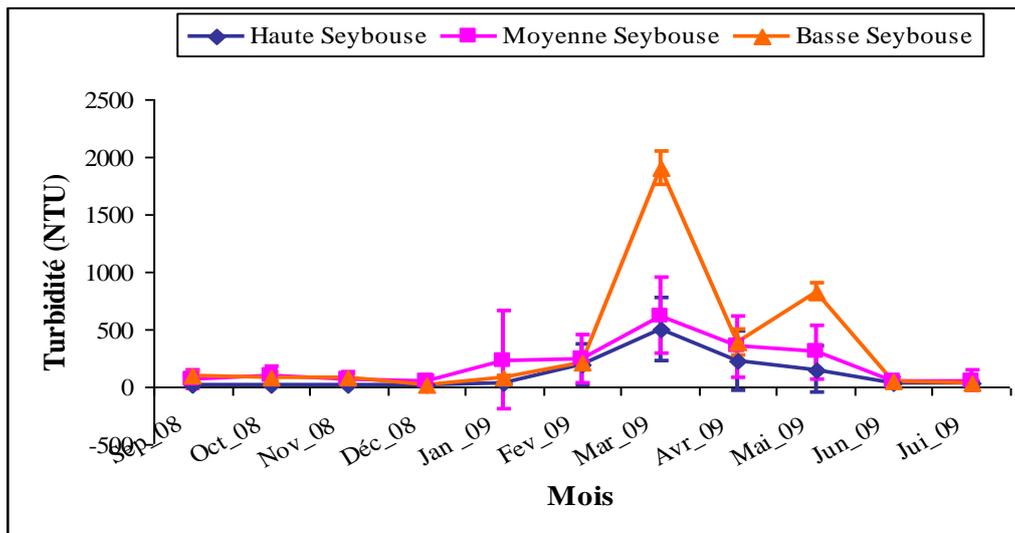


Figure 59a : Les variations moyennes mensuelles de la turbidité (Sous-Bassins)

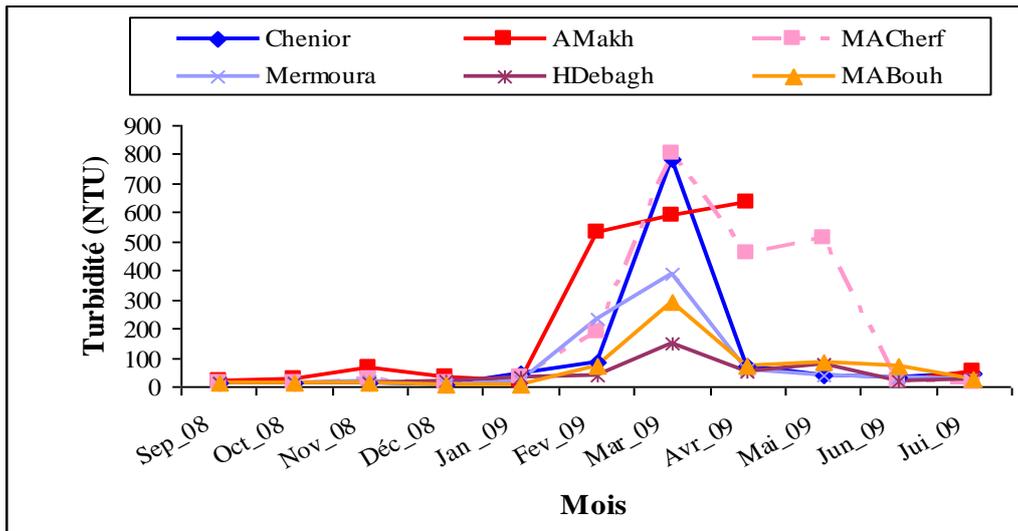


Figure 59b : Les variations mensuelles de la turbidité (Haute Seybouse)

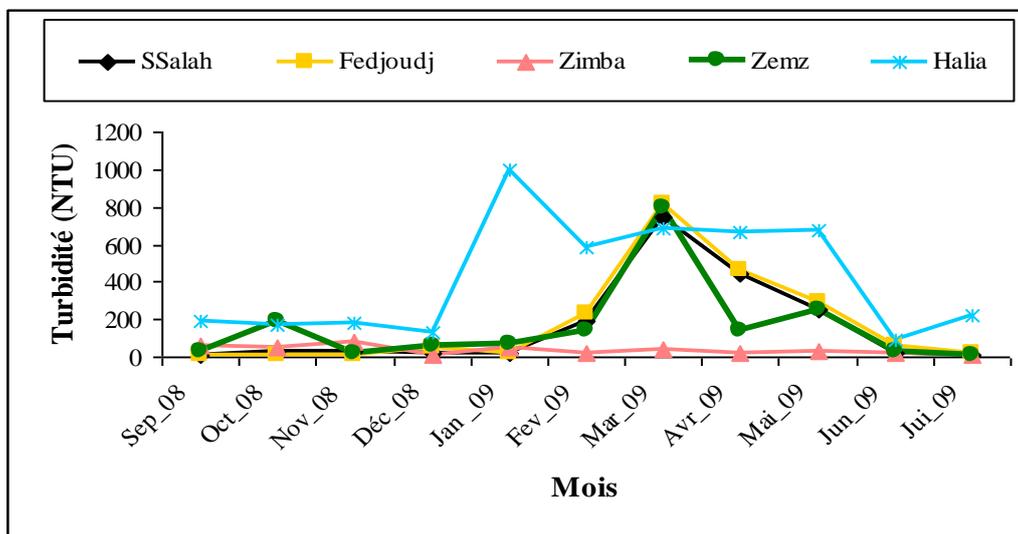


Figure 59c : Les variations mensuelles de la turbidité (Moyenne Seybouse)

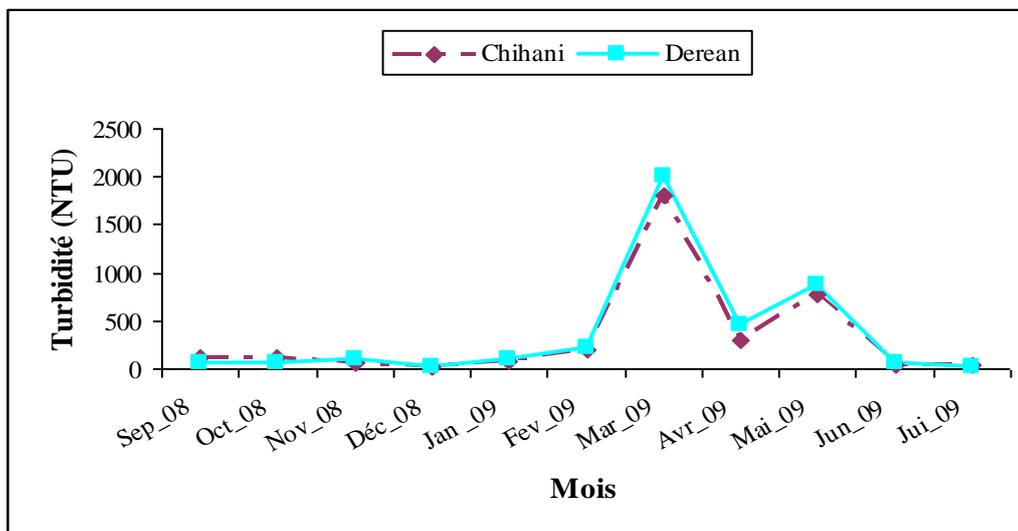


Figure 59d : Les variations mensuelles de la turbidité (Basse Seybouse)

- **La vitesse:**

En coupe transversale (transect) l'oued montre que dans l'écosystème aquatique, coexistent eau courante et eau stagnante de sorte que dans ces biotopes vont coexister et cohabiter des espèces d'eau stagnante, où le courants est faible ou nul, et des espèces d'eau courante à plus ou moins grande vitesse. Ces à ces divers titre que les informations sur la vitesse du courant sont indicatrices des biotopes et des espèces aquatiques.

Il n'y a pas de grande différence dans les valeurs de vitesse au niveau des trois sous bassins (Fig. 60.a), d'une façon générale, nous avons noté a partir du mois de février jusqu'au mois de mai, une augmentation de la vitesse de l'eau dont la valeur varie d'un site à un autre.

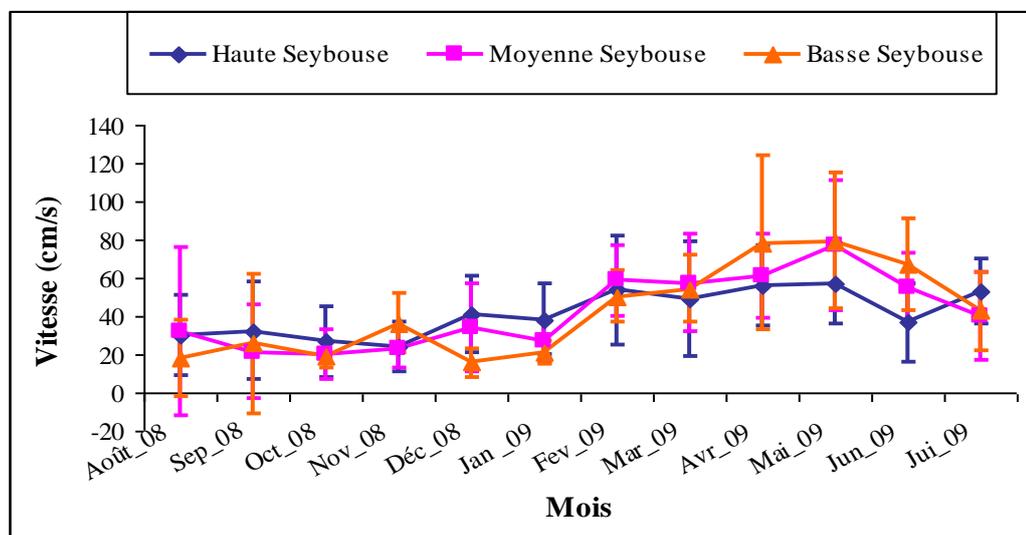


Figure 60 : Les variations moyennes mensuelles de la vitesse de l'eau (Sous-Bassins)

Les vitesses moyennes mesurées dans chaque station (Tab. 14) sont classées selon l'échelle de Berg (Tab. 13).

Tableau 13 : Classification de la vitesse selon l'échelle de Berg (KHETTAR, 2009)

Vitesse (cm/s)	Classe
<10	Très lente
10-25	Lente
25-50	Moyenne
50-100	Rapide
>100	Très rapide

Tableau 14 : Vitesse moyennes mesurées dans les stations étudiées (cm/s)

Station	Vitesse	Station	Vitesse
Chenior	Rapide	Zimba	Lente
AMakh	Moyenne	Zemz	Moyenne
MACHerf	Moyenne	Fedjouj	Rapide
Mermoura	Moyenne	Halia	Moyenne
HDebagh	Moyenne	Drean	Moyenne
MABouh	Moyenne	Chihani	Moyenne
SSalah	Moyenne	/	/

- **La profondeur et la largeur du lit mouillé**

Les profondeurs moyennes de nos stations varient entre 7cm et 75cm. Ce ci est dû, en grande partie, au choix des stations dans des zones à profondeurs variées (Fig. 61a).

La largeur des sections en eau, donne une bonne idée des disponibilités en eau, elle varie selon les mois de prélèvements entre 1m et 45m (Fig. 61b).

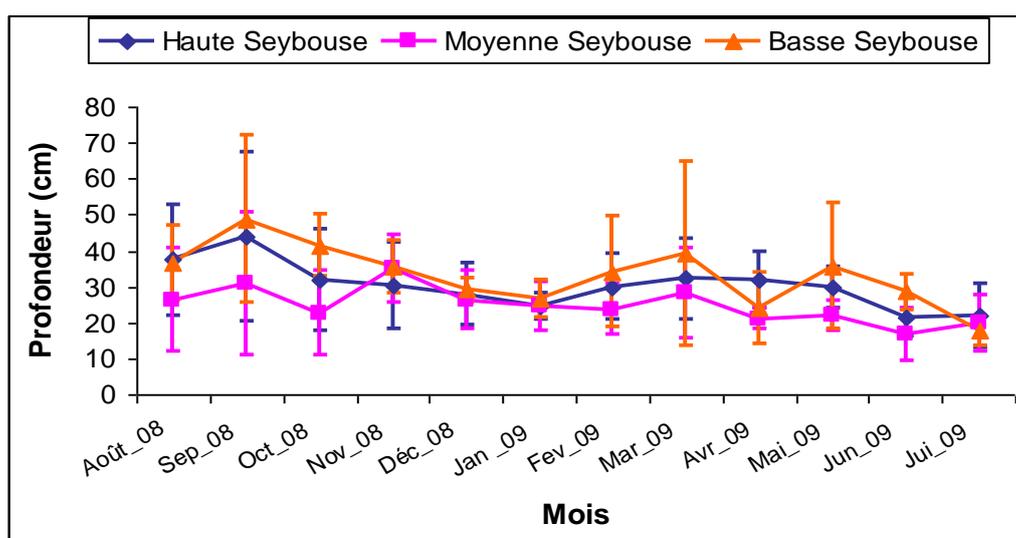


Figure 61a : Les variations moyennes mensuelles de la profondeur (Sous-Bassins)

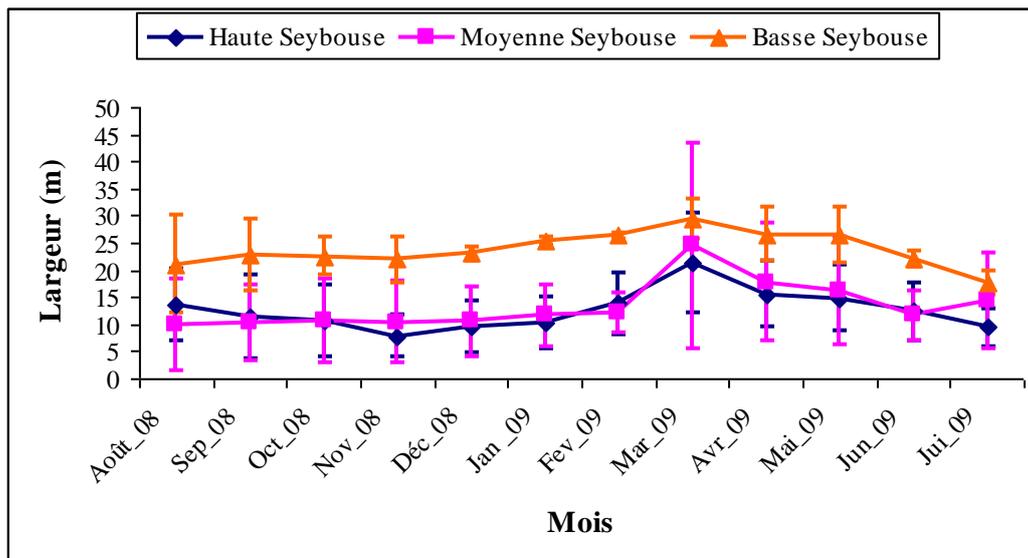


Figure 61b : Les variations moyennes mensuelles de la largeur (Sous-Bassins)

4.1.1. Traitement des données abiotiques par l'ACP

L'analyse de l'ACP est effectuée à l'aide d'une matrice de 13 stations et 13 variables abiotiques. Dans cette analyse nous avons retenu les 4 premiers axes qui contribuent respectivement à 31.42%, 21.26%, 16.04%, 11.14% de l'inertie totale.

Les figures (62a, 62b, 62c) représentent la projection des relevés dans les plans factoriels (1x2), (1x3), (3x4) respectivement.

Plan 1x2

Désigne les deux premiers axes factoriels (Fig. 62a)

L'axe1

- Sépare les stations de Drean, Ain Makhoulf, Medjez Amar Cherf et Chihani qui sont caractérisées par des eaux turbide, bien oxygéné et de forte conductivité de la station de Zimba qui est caractérisée par un lit restreint et peu profond, par un substrat de gravier et par des eaux peu ou pas turbide, de faible oxygénation et de faible conductivité.
- Sépare les stations de Mermoura, Halia et Chenior qui sont caractérisées par un substrat de sable grossier de la station de Salah Salah Salah qui est caractérisée par un substrat de sable fin et limon.

L'axe2: sépare les stations de Medjez Amar Bouhamdane, Hammam Debagh et Zemzouma qui sont caractérisées par l'abondance des algues et par une pollution très importante.

Plan 1x3

L'axe3 : Fait ressortir (Fig. 62b):

- Sépare la station de Drean qui est caractérisée par un lit profond, par des eaux de forte turbidité et par l'absence des détritrus de la station de Zimba qui est caractérisée par un lit de faible profondeur, par des eaux de faible turbidité et par l'abondance des détritrus.
- Sépare Halia qui est caractérisée par un substrat de sable grossier et par une vitesse très élevée de Medjez Amar Cherf, Ain Makhlouf et Salah Salah Salahqui sont caractérisées par un substrat de sable fin et limons.

Plan 3x4

L'axe4 : ressort les résultats suivants (Fig. 62c):

- La vitesse du courant est très élevée à El Fedjoudj et Chenior et faible à Mermoura.
- Medjez Amar Cherf et Ain Makhlouf sont caractérisées par un substrat de sable fin et limon et par l'abondance des détritrus.
- La turbidité est très élevée à Halia et faible à Zimba.

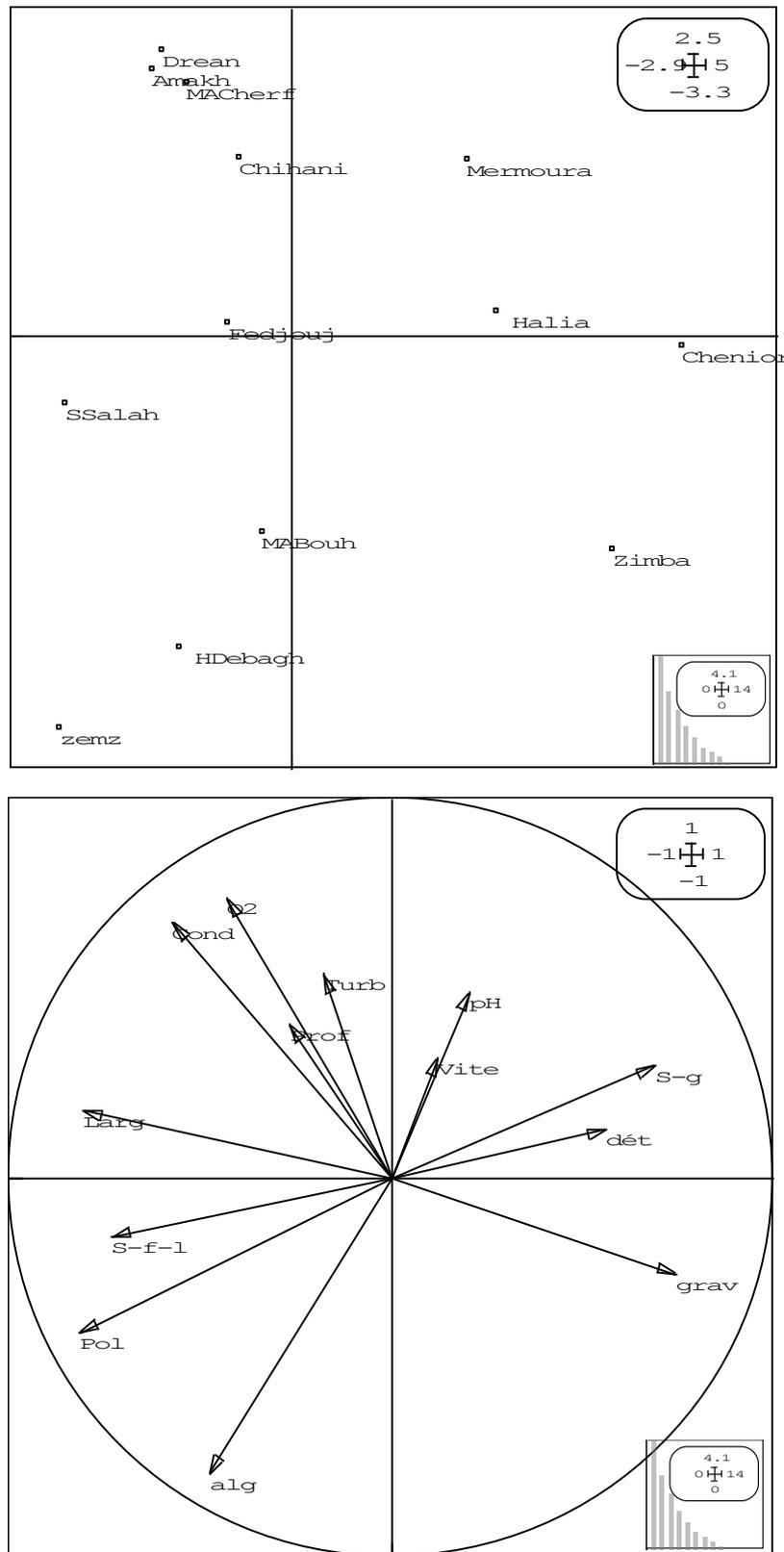


Figure 62a : Plan 1x2 Analyse en composantes Principales (A.C.P), (13 variables et 13 stations).

Cond : Conductivité, O₂ : O₂ dissous, Turb: Turbidité, Vite : Vitesse, Prof : Profondeur, Larg: Largeur, S-g : Sable grossier, S-f-l : Sable fin- limons, grav : gravier, dét : détrit, alg : algues, Pol : Pollution.

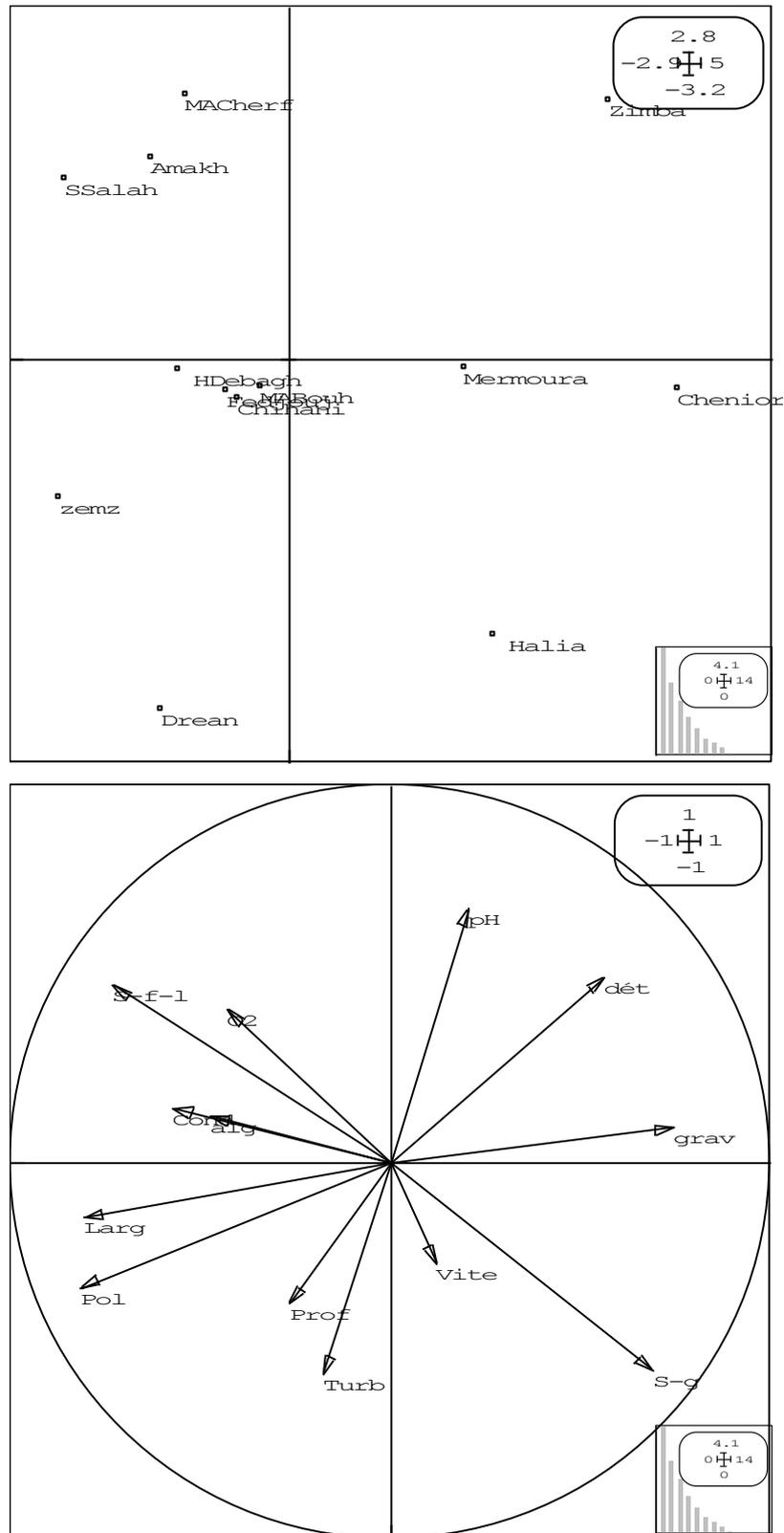


Figure 62b : Plan 1x3 Analyse en composantes Principales (A.C.P), (13 variables et 13 stations).

Cond : Conductivité, O₂ : O₂ dissous, Turb: Turbidité, Vite : Vitesse, Prof : Profondeur, Larg: Largeur, S-g : Sable grossier, S-f-1 : Sable fin- limons, grav : gravier, dét : détritux, alg : algues, Pol : Pollution.

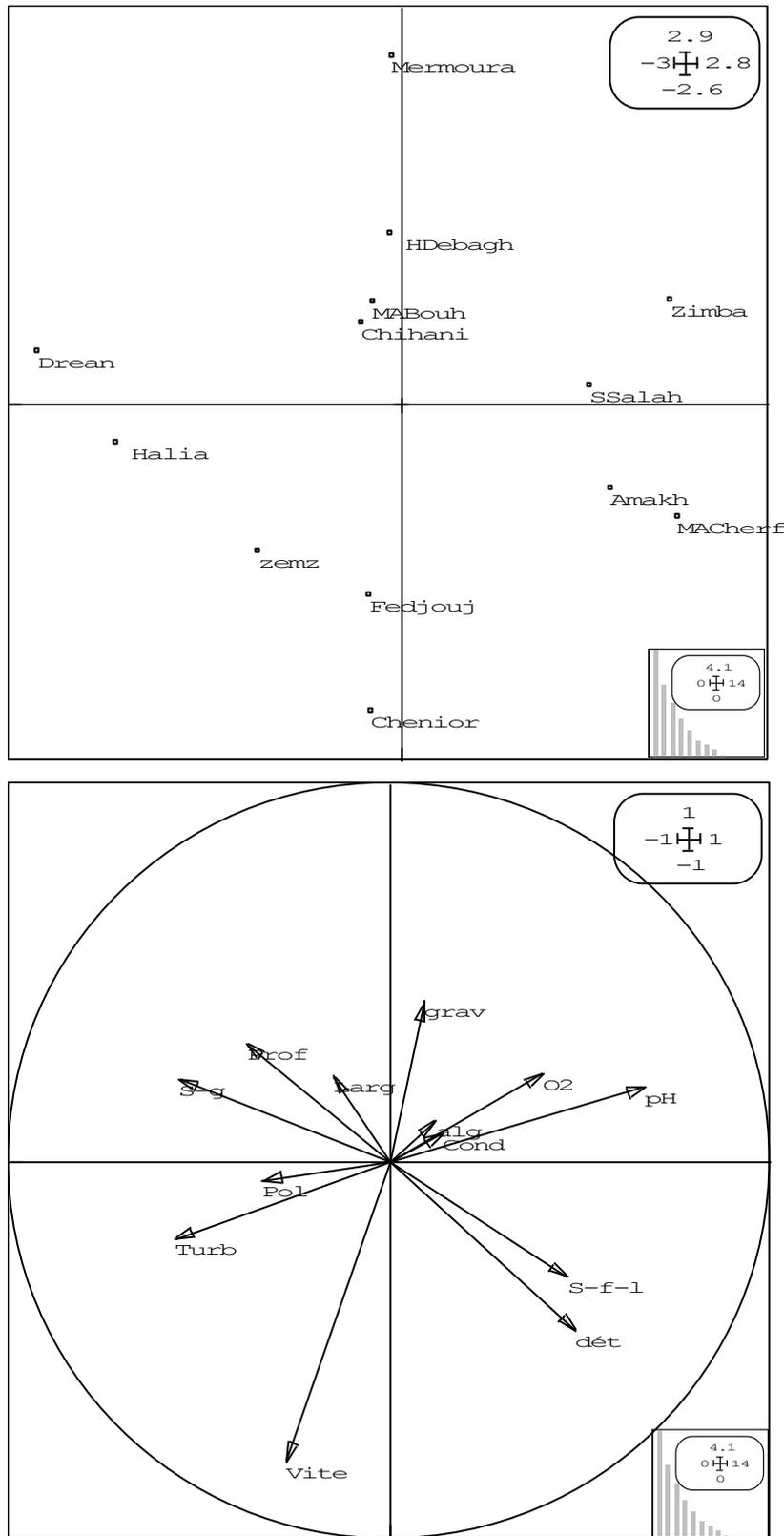


Figure 62c : Plan 3x4 Analyse en composantes Principales (A.C.P), (13 variables et 13 stations).

Cond : Conductivité, O₂ : O₂ dissous, Turb: Turbidité, Vite : Vitesse, Prof : Profondeur, Larg: Largeur, S-g : Sable grossier, S-f-1 : Sable fin- limons, grav : gravier, dét : détritrus, alg : algues, Pol : Pollution.

4.2 Analyse faunistique

4.2.1. Analyse globale de la faune

La liste globale de taxons récoltés lors de l'ensemble des différentes campagnes évoquées au chapitre 3 est donnée dans le Tableau 15 avec indication de la présence ou l'absence des taxons identifiée au cours de notre étude, dans chaque sous-bassin.

Au total, 26 taxons (ordre, famille ou genre) de macroinvertébrés aquatiques ont été recensés sur l'ensemble du bassin de la Seybouse pendant notre étude. Ces taxons se répartissent dans les deux grands groupes zoologiques suivants :

Insectes : 25 taxons.

Mollusque : 01 taxon.

La lecture des résultats obtenus (Tab. 16), traduit par la représentation graphique en Figure 63a, montre que la classe des insectes avec 35997 individus (soit 98.82 de l'effectif total) est largement dominante sur le plan numérique par rapport au groupe des mollusques bivalves qui compte 430 individus soit 1.18%.

Dans la classe des insectes (Fig. 63b), les Ephéméroptères présentent les effectifs les plus élevés: 33624 individus. Ils représentent 92.31% de la faune total.

Les Trichoptères avec 2368 individus (6.5% de la faune total) occupent la 2^{ème} place par ordre d'abondance numérique.

Les Plécoptères sont faiblement représentés. Ils ne constituent que 0.014% de la faune étudiées.

Tableau 15 : Check-list des taxa faunistiques par sous bassins

Embranchement	Classe	Sous-Classe	Ordre	Famille	Genre	Haute Seybouse	Moyenne Seybouse	Basse Seybouse
Arthropoda	Insecta	Pterygota	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Acentrella</i>	+	+	+
					<i>Baetis</i>	+	+	+
					<i>Cloeon</i>	+	+	+
					<i>Procloeon</i>	+	+	+
					Baetidae non identifie	+	+	+
				Leptophlebiidae	<i>Habrophlebia</i>	-	+	-
					<i>Choroterpes</i>	+	+	+
					Leptophlebiidae non identifie	+	+	+
				Caenidae	+	+	+	
				Potamanthidae	+	+	-	
				Heptageniidae	+	+	+	
				Isonychiidae	-	+	+	
				Ephemeridae	+	+	+	
				Polymitarcyidae	+	+	+	
				Ephemeroptera non identifie	+	+	+	

Suite au Tableau 15 : Check-list des taxa faunistiques par sous bassins

Embranchement	Classe	Sous-Classe	Ordre	Famille	Genre	Haute Seybouse	Moyenne Seybouse	Basse Seybouse
Arthropoda	Insecta	Pterygota	Trichoptera	Hydropsychidae		+	+	+
				Hydroptilidae	<i>Oxyethira</i>	+	-	-
					<i>Ithytrichia</i>	+	-	-
					Hydroptilidae non identifie	+	+	+
				Ecnomidae		+	-	+
				Psychomyiidae		+	+	+
				Limnephilidae		-	1	-
				Rhyacophilidae		+	-	-
				Trichoptère non identifie		+	+	+
			Plecoptera		+	+	-	
Mollusca	Bivalva				+	+	+	

+: Présence du taxa ;

-: Absence du taxa.

Tableau 16: Abondance et occurrence relative des taxons.

		Taxa	Total	Ar1	Ar2	Ar3	Or
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Acentrella</i>	17903	88.370	53.143	49.068	100
		<i>Baetis</i>	1441	7.112	4.277	3.949	100
		<i>Cloeon</i>	59	0.291	0.175	0.162	38.462
		<i>Procloeon</i>	4	0.020	0.012	0.011	23.077
		Baetidae	852	4.210	2.529	2.335	84.615
		Total	20259	100	60.137	55.525	100
	Leptophlebiidae	<i>Habrophlebia</i>	16	2.740	0.047	0.044	15.385
		<i>Choroterpes</i>	495	84.615	1.469	1.356	76.923
		Leptophlebiidae	74	12.649	0.219	0.203	53.846
		Total	585	100	1.736	1.603	76.923
	Caenidae	7959		23.625	21.815	100	
	Potamanthidae	375		1.113	1.027	30.769	
	Heptageniidae	294		0.872	0.806	84.615	
	Isonychiidae	19		0.056	0.052	23.077	
	Ephemeridae	49		0.145	0.134	46.154	
	Polymitarciidae	451		1.338	1.236	53.846	
	Ephemeroptera	3697		10.974	10.132	100	
	Total	33688		100	92.313	100	
	Trichoptera	Hydropsychidae	1674		70.819	4.588	100
Hydroptilidae		<i>Oxyethira</i>	2	0.480	0.084	0.005	15.385
		<i>Ithytrichia</i>	1	0.240	0.042	0.003	15.385
		Hydroptilidae	413	99.29	17.477	1.131	76.923
		Total	416	100	17.604	1.140	84.615
Ecnomidae		17		0.719	0.046	15.385	
Psychomyiidae		205		8.675	0.562	61.538	
Limnephilidae		10		0.423	0.027	7.692	
Rhyacophilidae		3		0.126	0.008	15.385	
Trichoptera		38		1.608	0.104	69.231	
Total		2363		100	6.500	100	
Plecoptera	5		100	0.014	15.385		
Bivalva	430		100	1.180	92.308		
TOTAL		36486			100		

Ar1 : Abondance relative par rapport à la famille.

Ar2 : Abondance relative par rapport à l'ordre.

Ar3 : Abondance relative par rapport à la faune totale.

Or : Occurrence relative.

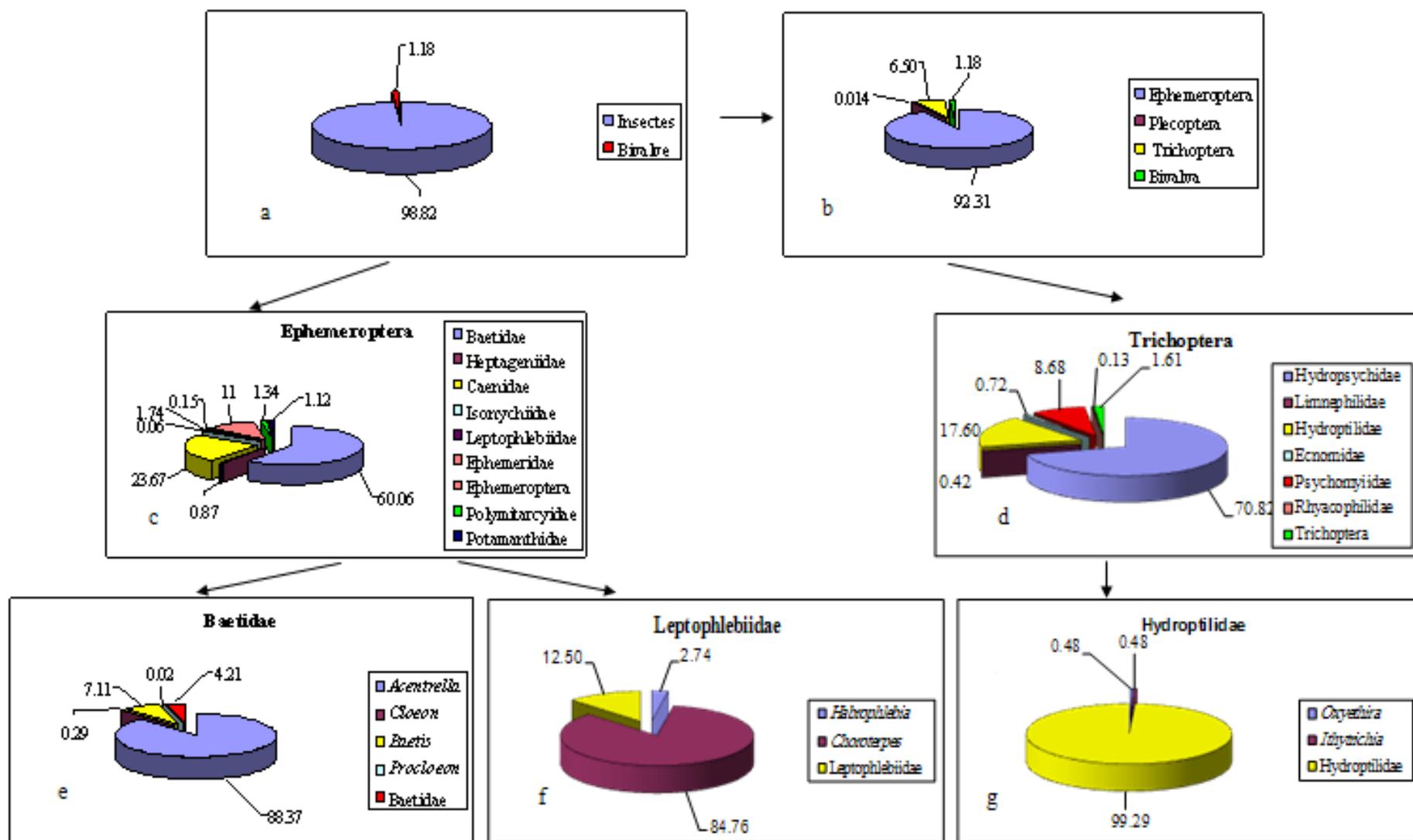


Figure 63: Abondance relative des différents groupes récoltés

4.2.2. Répartition spatio-temporelle des taxons étudiés

4.2.2.1. Répartition altitudinale des taxons étudiés

Pour mieux visualiser la distribution des taxons étudiés le long des cours d'eau, nous avons représenté la répartition des taxa selon les sous-bassins (Tab. 17), qui nous renseigne sur la répartition altitudinale dans le réseau hydrographique de l'oued Seybouse.

Tableau 17: Répartition des taxons selon les sous-bassins

Taxon commun dans les trois sous-bassins	Haute Seybouse	Moyenne Seybouse	Basse Seybouse
<i>Acentrella</i>	<i>Oxyethira</i>	<i>Habrophlebia</i>	
<i>Baetis</i>	<i>Ithytrichia</i>	Limnephilidae	
<i>Cloeon</i>	Rhyacophilidae		
<i>Choroterpes</i>			
Caenidae			
Heptageniidae			
Polymitarciidae			
Hydropsychidae			
Hydroptilidae			
Psychomyiidae			
Bivalva			

La première colonne représente les taxa réparties dans les 3 sous bassins. Elles sont à grande amplitude écologique c-à-d qu'on les trouve à différentes latitudes et altitudes au sein du bassin de la Seybouse. Les autres colonnes représentent les taxons dont la répartition est limitée qu'à seul sous bassin (Haute Seybouse, Moyenne Seybouse ou Basse Seybouse).

4.2.2.2. Statut des taxa

L'examen de l'abondance des taxa et de leur répartition spatiale nous à permit de classer les taxa rencontrées en sept groupes (Fig. 64).

Les taxa qui ont le même nombre de sites et des abondances très proches donnent des points confondus, par exemple pour le nombre de sites (2) nous avons représenté que les Plécoptères (Pleco) mais nous avons trouvé aussi *Habrophlebia*, *Oxyethira*, Ecnomidae, Rhyacophilidae ne sont pas représentées

Groupe I : composé des taxa rares et très localisés (*Ithytrichia*, Limnephilidae, *Habrophlebia*, *Oxyethira*, Ecnomidae, Rhyacophilidae, Plecoptera, *Proclleon*, Isonychidae).

Groupe II : composé des taxa peu abondants et localisés (Potamanthidae, *Cloeon*, Ephemeridae).

Groupe III : composé des taxa peu abondants et moyennement distribués (Polymitarciidae, Psychomyiidae, Leptophlebiidae, *Choroterpes*).

Groupe IV : composé des taxa peu abondants et largement distribués (Hydroptilidae, Heptagenidae, *Baetis*, Bivalva, Trichoptera, Hydropsychidae).

Groupe V : composé des taxa moyennement abondants et largement distribués (Caenidae).

Groupe VI : composé des taxa abondants et largement distribués (Baetidae, *Acentrella*).

Groupe VII : composé des taxa très abondants et largement distribués (Ephemeroptera).

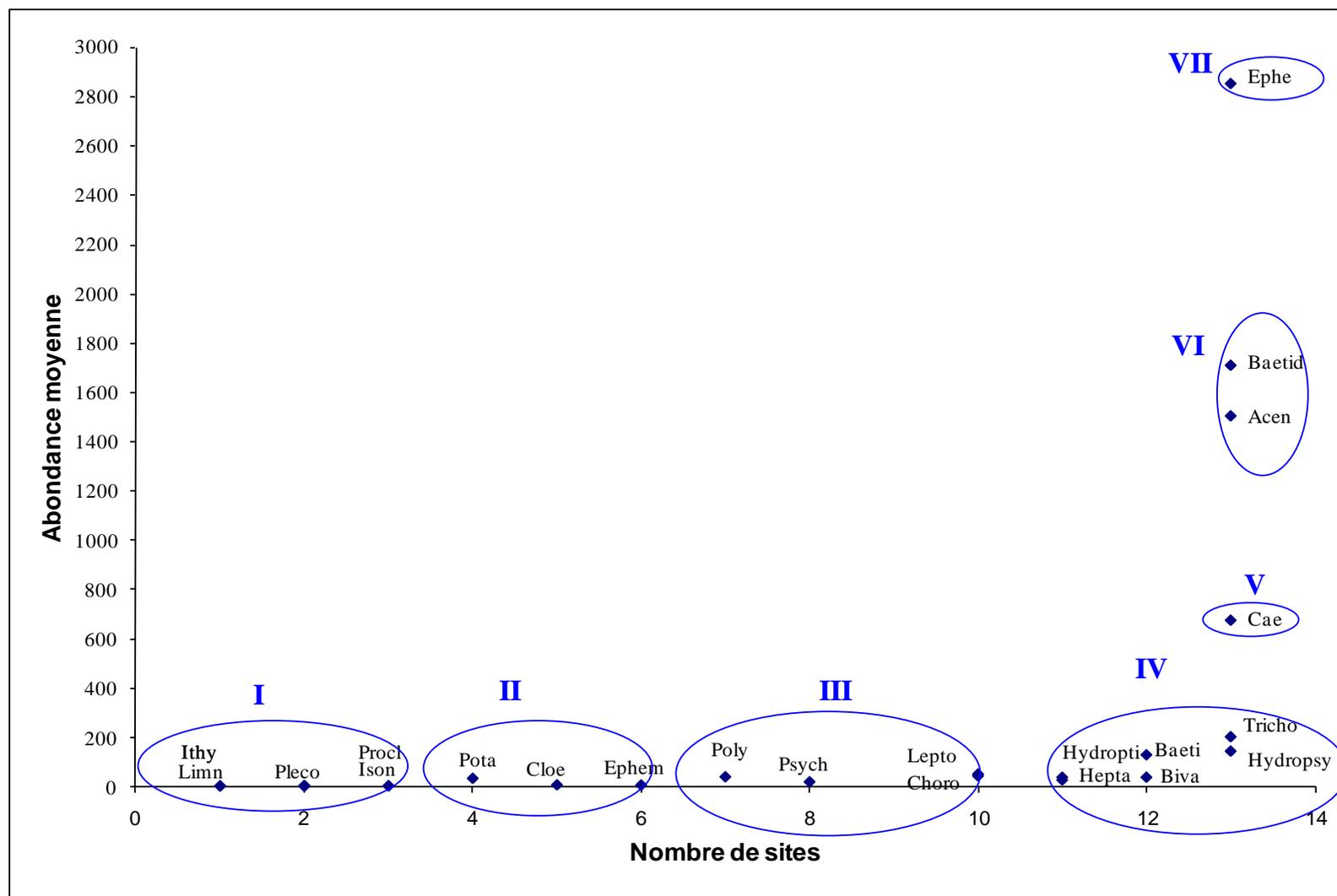


Figure 64 : Statu des taxa de oued Seybouse

4.2.2.3. Distribution spatio-temporelle des insectes

4.2.2.3.1. Les Ephéméroptères

Les Ephéméroptères constituent un groupe très diversifié colonisant tous les types de milieux d'eau courante et stagnante. Ils vivent sur les substrats à fond hétérogène. Certaines espèces préfèrent des lieux privilégiés où elles sont abondantes, par fois leur nombre est réduit soit, suite aux altérations, soit à cause des conditions écologiques particulières du milieu fréquenté (KHETTAR, 2009).

Les résultats obtenus montrent la présence des larves de cet ordre dans toutes les stations étudiées (71a) et pendant tous les mois de l'année (67a). 8 familles ont été recensées (Fig. 63c):

- **Familles des Baetidae**

C'est la famille la plus représentée avec 20259 individus, elle représente 60.14% de la faune des Ephéméroptères et 55.52% de la faune total. Elle se distribue sur toutes les stations (Fig. 71b). On la rencontre également sur tous les mois de l'année (Fig. 67b). Ces Baetidae sont représentées par 04 genres (Fig 63e) :

* *Acentrella* est le genre qui apparaît avec le plus haut effectif (17903 individus soit 88.37% des Baetidae), il est présents dans toutes les stations étudiées. Le pic est obtenu à la station de Salah Salah Avec 3505 individus (Fig. 71j). Ce genre se rencontre sur tous les mois de l'année avec des minima de 72, 298, 306 et 300 individus, respectivement aux mois d'octobre, mars, avril et mai (Fig. 67j) et des maxima de 3261, 2409, 1700, 6058 individus, respectivement au mois de novembre, décembre, janvier et juin.

* *Baetis* avec ses 1441 individus, c'est le deuxième genre du point de vue abondance pour la famille des Baetidae. À l'exception de la station de Zemzouma où elle est totalement absente, Elle se rencontre sur toutes les autres stations avec des effectifs variant de 4 à 940 individus (Fig. 71k). Ce genre se rencontre sur tous les mois de l'année mais avec des effectifs très hétérogène : 7 individus au mois d'août et d'octobre, alors qu'au mois de novembre et avril nous avons prélevés respectivement 369 et 237 individus (Fig. 67k).

* *Cloeon* : sur les 59 individus récoltés, 40 apparaissent à la station de Zimba, les autres stations Chenior, Drean, Zemzouma et Hammam Debagh ont respectivement 3, 3, 4 et 9 individus (Fig. 71m). Le genre *Cloeon* est absent aux mois de décembre, janvier, février, avril et mai, il atteint son pic (37 individus) au mois de novembre et arrive à son plus faible effectif (2 individus) au mois de mars et juin (Fig. 67m).

* *Procloeon* : ce genre n'est représenté que par 4 individus localisés au niveau des stations Hallia, Chihani et Medjez Amar Cherf, avec des effectifs respectifs de 1,1 et 2 individus (Fig. 71n). Il se rencontre uniquement aux mois de juin et juillet avec 3 et 1 individus (Fig. 67n).

- **Familles des Caenidae**

Elle occupe la seconde place des Ephéméroptères sur le plan d'abondance numérique (7959 individus soit 23.63 % des Ephéméroptères et 21.81% de la faune total).

Les Caenidae apparaissent sur tous les mois de l'année : la plus faible valeur est observée au mois de mai avec 129 individus et la plus grande au mois de novembre avec 1890 individus (Fig. 67c). Cette famille est représentée au niveau de toutes les stations. Son plus faible effectif (9 individus) apparaît à la station de Zemzouma. Deux autres faibles valeurs apparaissent à Hammam Debagh et Medjez Amar Bouhamdane avec respectivement 39 et 48 individus. Toutes les autres stations dépassent 100 individus (Fig. 71c).

- **Familles des Leptophlebiidae**

Cette famille est représentées par deux genres *Choroterpes* et *Habrophlebia* avec un effectif total de 585 individus représentant 1.74 % des Ephéméroptères et 1.60% de la faune total. Elle présente un pic à la station de Mermoura avec 391 individus et un minimum de 1 individus aux stations de Hammam Debagh et Salah Salah Salah, en plus de son absence aux stations Chenior, Medjez Amar Cherf et Medjez Amar Bouhamdane (Fig. 71d).

La répartition des effectifs de cette famille par mois montre que les valeurs varient entre 2 et 242 individus respectivement aux mois d'avril et juin avec une absence total aux mois de février et mars (Fig. 67d).

* *Choroterpes* est représenté par 495 individus. Elle présente un pic à la station de Mermoura avec 347 individus. Ce genre n'apparaît pas aux stations de Chenior, Medjez Amar Cherf et Medjez Amar Bouhamdane et présente 1 seul individu aux stations de Ain Makhoulf, Hammam Debagh, Salah Salah Salah et Zemzouma (Fig. 71p). La répartition des effectifs par mois montre que les valeurs varient entre 2 et 235 respectivement aux mois de mai et juin avec une absence totale aux mois de février, mars et avril (Fig. 67p).

* *Habrophlebia* a été également trouvée dans deux stations Zimba et Zemzouma avec respectivement 12 et 4 individus (Fig. 71q). Ce genre a été prélevé aux mois de mai et juin avec respectivement 14 et 2 individus (Fig. 67q).

- **Familles des Polymitarciidae**

Elle est présente dans sept stations (Fig. 71e) avec des effectifs variant de 1 (Medjez Amar Bouhamdane) à 345 individus (El Fedjoudj). Avec un effectif de 451 individus (1.34%

des Ephéméroptères et 1.23% de la faune totale). Ce genre se rencontre sur la moitié (1/2) des mois de l'année, il est absent aux mois de septembre, janvier, février, mars, avril, et mai, présent un minimum d'effectif de 1 individu aux mois de octobre et novembre et un maximum de 398 individus au mois de juin (Fig. 67e).

- **Familles des Potamanthidae**

Elle est présente avec 375 individus (1.11% des Ephéméroptères soit 1.03% de la faune totale) se répartissent sur quatre stations : El Fedjoudj, Salah Salah Salah, Medjez Amar Cherf et Ain Makhlouf avec respectivement 305, 53, 14 et 3 individus (Fig. 71f). La répartition des effectifs par mois montre que les valeurs varient entre 2 et 197 individus respectivement aux mois de mars et décembre avec une absence totale aux mois d'août, septembre et juillet (Fig. 67f).

- **Familles des Heptageniidae :**

Elle est présente par un effectif de 294 individus représentant 0.87% des Ephéméroptères soit 0.81% de la faune totale. Elle est représentée dans onze stations. Le maximum d'effectif apparaît à la station d'El Fedjoudj avec 124 individus et le minimum à Drean avec 3 individus (Fig. 71g).

Les effectifs par mois de cette famille n'apparaissent pas en septembre et mai, le maximum apparaît au mois de décembre avec 80 individus et le minimum au mois d'avril avec 1 seul individu (Fig. 67g).

- **Familles des Ephemeridae**

Elle est présente avec 49 individus (0.15% des Ephéméroptères) se répartissent sur six stations : Ain Makhlouf, Medjez Amar Cherf, Salah Salah Salah, El Fedjoudj, Drean et Chihani et avec respectivement 6, 29, 2, 1, 4 et 7 individus (Fig. 71h). La répartition des effectifs par mois montre que les valeurs varient entre 1 et 18 individus respectivement aux mois d'août et décembre avec une absence totale aux mois de septembre, mai, juin et juillet (Fig. 67h).

- **Familles des Isonychiidae**

C'est la famille la plus faiblement représentée 0.06% des Ephéméroptères soit 0.05% de la faune totale (uniquement 19 individus), elle se répartissent sur trois stations : Salah Salah Salah avec 2 individus El Fedjoudj avec 14 individus et Chihani avec 3 individus (Fig.

71i). Elle n'est représentée que par 12, 1, 1 et 5 individus respectivement aux mois de août, novembre, juin et juillet (Fig. 67i).

Le Tableau 16, nous a permis de classer les familles des Ephéméroptères recensées comme suit (Fig. 65) :

Familles les plus fréquentes : Baetidae (100%), Caenidae (100%), Heptageniidae (84.61%).

Familles assez fréquentes : Leptophlebiidae (76.92%), Polymitarcyidae (53.84%).

Familles peu fréquentes : Ephemeridae (46.15%), Potamanthidae (30.77%), Isonychiidae (23.07%).

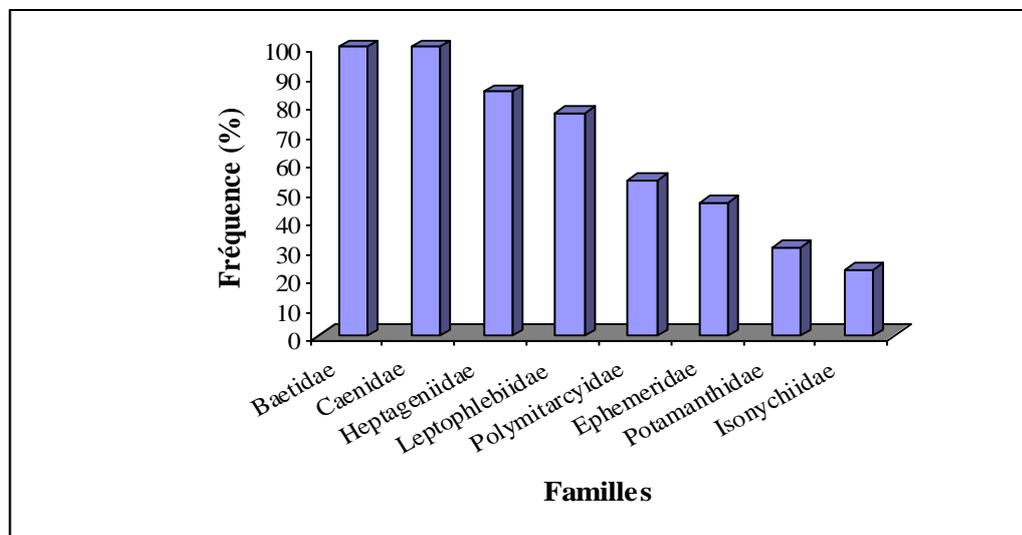


Figure 65 : Fréquence des Ephéméroptères dans les stations étudiées

4.2.2.1.2 Les Trichoptères

Ils sont représentés par six familles (Fig. 63d) avec un effectif total de 2363 individus et 6.5 % de la faune totale (Fig. 63b), cet ordre est présent dans toutes les stations (Fig. 72a) et sur tous les mois de l'année, leur maximum d'effectif apparaît au mois de décembre avec 761 individus (Fig. 68a).

- **Familles des Hydropsychidae**

Elle est représentée par un effectif total de 1674 individus (70.82% des trichoptères et 4.6% de la faune totale, se répartissant sur toute les stations avec un maximum de 369 individus à la stations de Hammam Debaghe (Fig. 72b). Sa répartition en fonction du temps montre que cette famille est présente sur tous les mois de l'année. Son plus faible effectif (9 individus) apparaît au mois de mai et le plus haut au mois de décembre avec 494 individus (Fig. 68b).

- **Familles des Hydroptilidae**

Elle est représentée par un effectif total de 416 individus (17.60% des Trichoptères soit 1.14% de la faune totale), se répartissant sur presque toute les stations à l'exception de Halia et Zemzouma (Fig. 72c). Sa répartition en fonction du temps montre que cette famille est présente sur tous les mois de l'année. Elle est faiblement représentée aux mois de septembre et mars (3 individus) et présente deux pics le premier au mois de novembre (133 individus) et le second qui est plus important (153 individus) au mois de décembre (Fig. 68c), dans cette famille nous avons identifiés deux genre (Fig. 63g).

Le premier *Oxyethira* est représenté par deux individus, elle se rencontre au mois de novembre avec 1 individu à la station de Chenior et au mois de décembre avec 1 seul individu aussi à la station de Ain Makhoulouf (Figs. 72h, 68h). Le deuxième *Ithytrichia* n'est représenté que par 1 seul individu à la station de Mermoura au mois de juin (Figs. 72i, 68i).

- **Famille des Psychomyiidae**

Elle est présente par un effectif de 205 individus représentant 8.68% des Trichoptères soit 0.56% de la faune totale. Elle est représentée dans huit stations. Le maximum d'effectif apparaît à la station d'El Fedjoudj avec 141 individus et le minimum à Zimba avec 1 seul individu (Fig. 72d).

La répartition des effectifs par mois montre que les valeurs varient entre 1 individu aux mois d'octobre et mai et 82 individus au mois de décembre avec une absence totale aux mois de septembre, février et juillet (Fig. 68d).

- **Famille des Ecnomidae**

Elle est présente à la station de Mermoura avec 15 individus, et à la station de Chihani avec 2 individus (Fig. 72e). Cette famille a été prélevée au mois d'août avec 10 individus, au mois de septembre avec 5 individus, et au mois de juillet avec 2 individus (Fig. 68e).

- **Famille des Limnephilidae**

Avec un effectif totale de 10 individus, cette famille n'a été rencontrée qu'au niveau de la station de Zimba (Fig. 72f) avec 2 individus au mois de décembre, 5 au mois de janvier et 3 au mois de février (Fig. 68f)

- **Famille des Rhyacophilidae**

Cette famille n'est représentée que par 3 individus localisés au niveau de Mermoura et Hammam Debagh avec des effectifs respectifs de 1 et 2 individus (Fig. 72g). Elle se rencontre aux mois de décembre, janvier et juin avec un effectif de 1 seul individu pour chaque mois (Fig. 68g).

Le Tableau 16, nous a permis de classer les familles des Trichoptères recensées comme suit (Fig. 66) :

Familles les plus fréquentes : Hydropsychidae (100%), Hydroptilidae (84.62%).

Familles assez fréquentes : Psychomyidae (61.54%).

Familles rares: Ecnomidae et Rhyacophilidae (15.38%), Limnephilidae (7.7%).

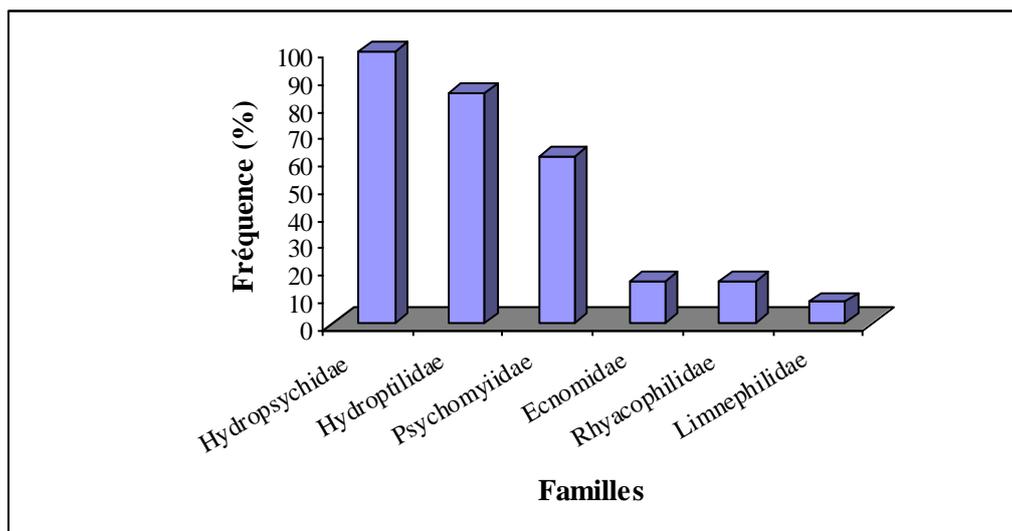


Figure 66 : Fréquence des Trichoptères dans les stations étudiées

4.2.2.1.3. Les Plécoptères

C'est l'ordre le plus faiblement représentée (0.014% de la faune totale étudiée) (Fig. 63b), il a été prélevé sur deux stations: Mermoura et Zimba avec respectivement 1 et 4 individus (Fig. 73). Il se répartit sur les mois de janvier, mars et mai avec respectivement 1, 3, 1 individus (Fig. 69).

4.2.4. Distribution spatio-temporelle des Bivalves

Cet ordre est présent dans presque toutes les stations à l'exception de la station de Ain Makhoulouf (Fig. 74). Elle est représentée par un effectif total de 430 individus. Les Bivalves se rencontrent sur tous les mois de l'année, leur maximum d'effectif apparaît au mois de décembre avec 199 individus (Fig. 70).

La fréquence d'occurrence des taxa par stations (Tab. 18), la phénologie (Tab. 19), ainsi que les cartes de la répartition spatiale de quelques taxons (Fig. 75a à Fig. 75n) viennent de ce fait compléter la distribution spatiale et temporelle des taxons étudiés.

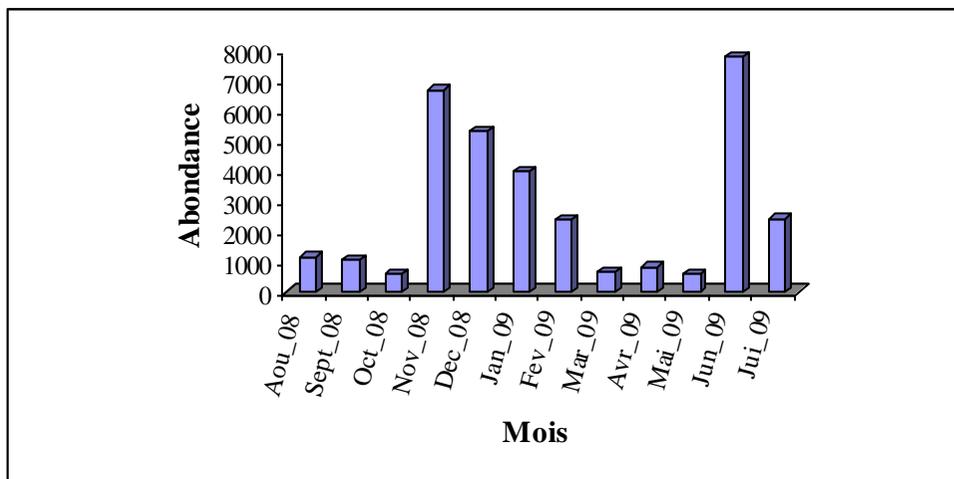


Figure 67a : Evolution mensuelle des Ephéméroptères

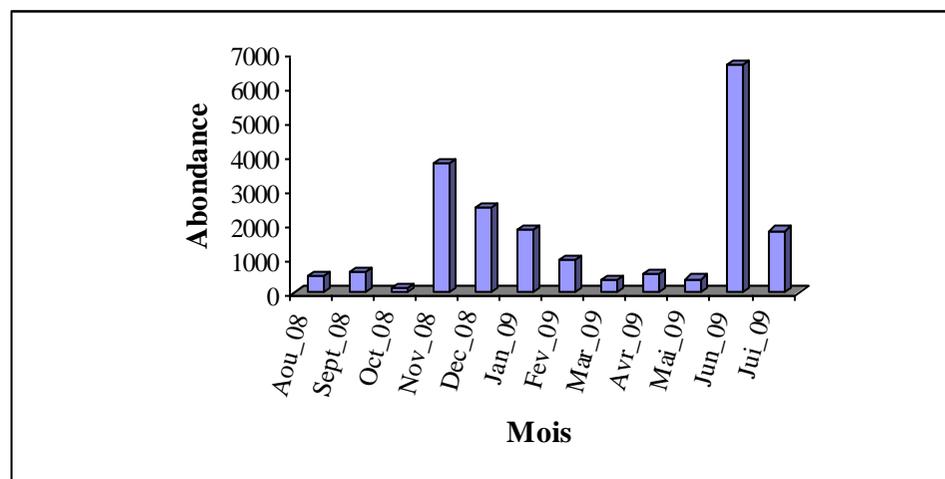


Figure 67b : Evolution mensuelle des Baetidae

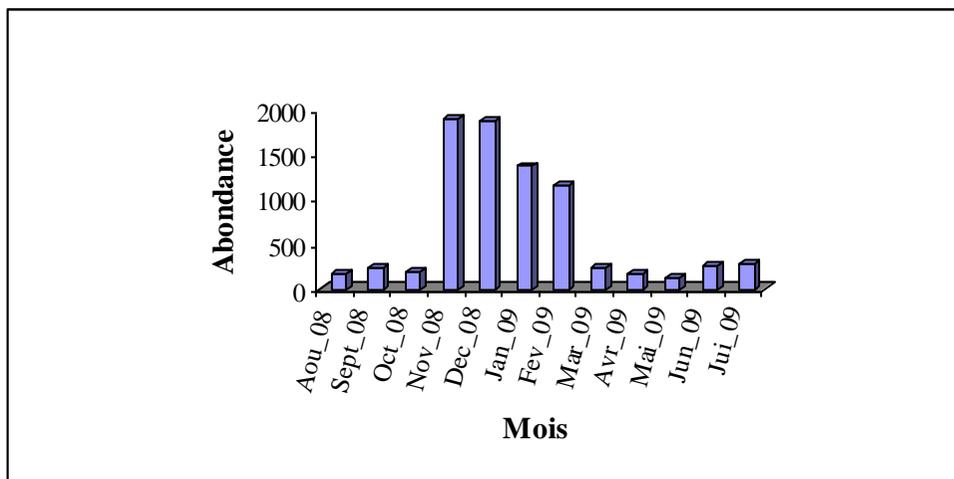


Figure 67c : Evolution mensuelle des Caenidae

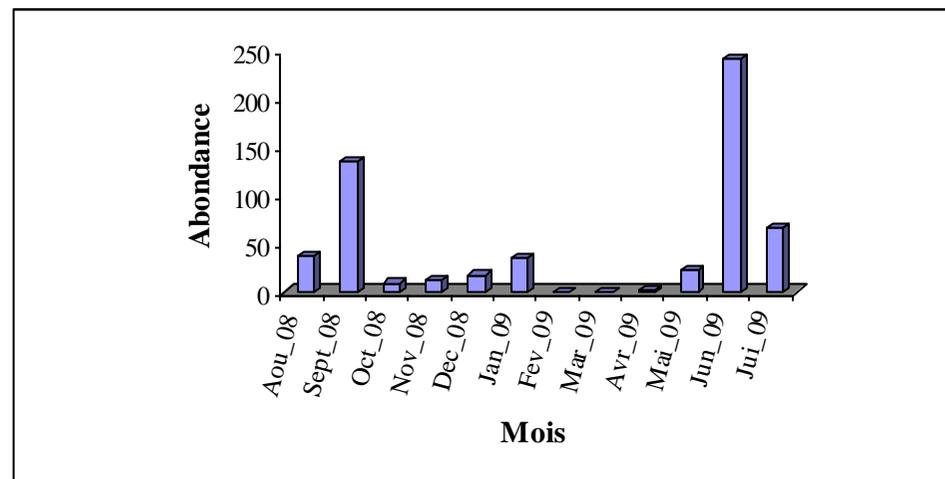


Figure 67d : Evolution mensuelle des Leptophlebiidae

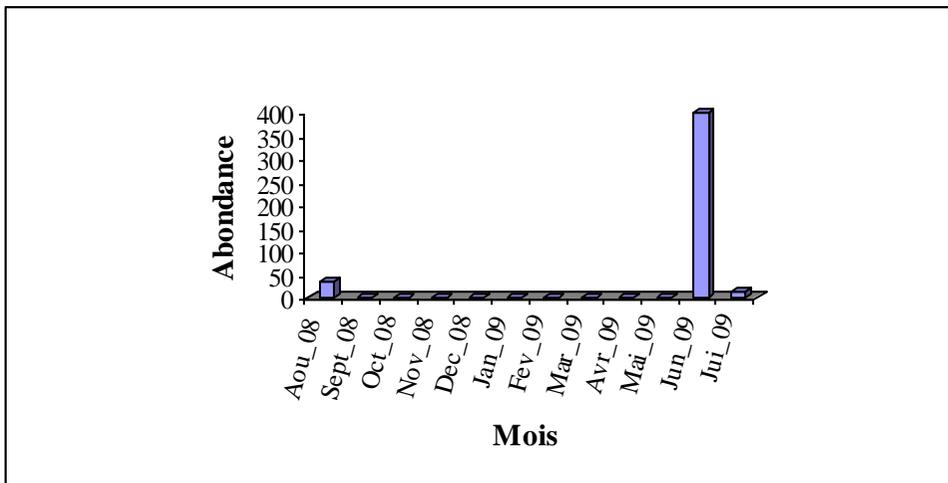


Figure 67e : Evolution mensuelle des Polymitarcyidae

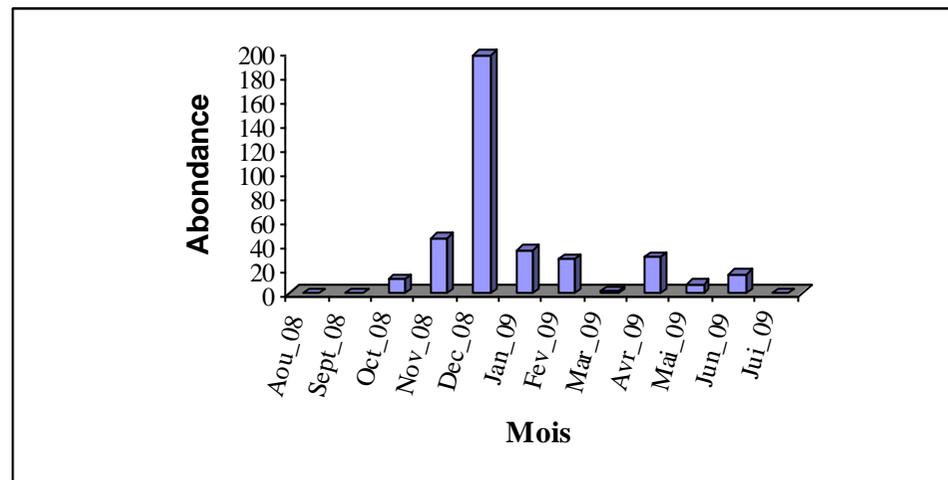


Figure 67f : Evolution mensuelle des Ptamanthidae

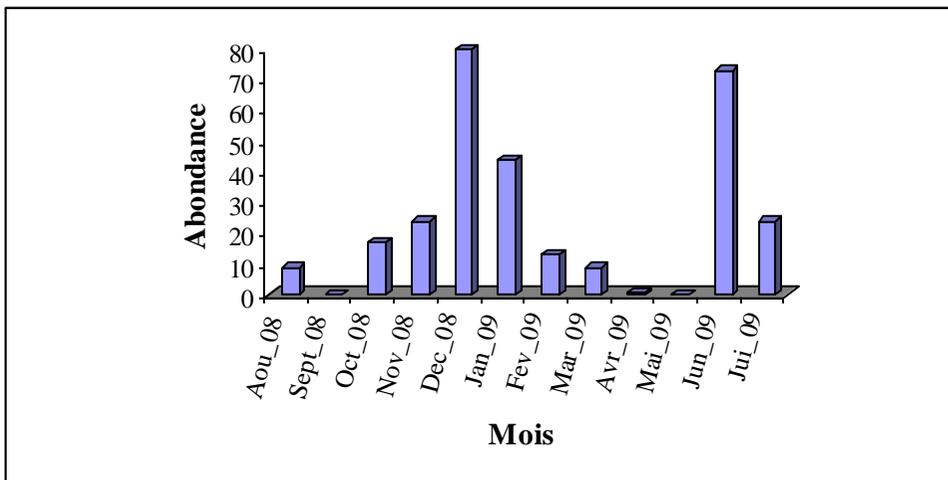


Figure 67g : Evolution mensuelle des Heptageniidae

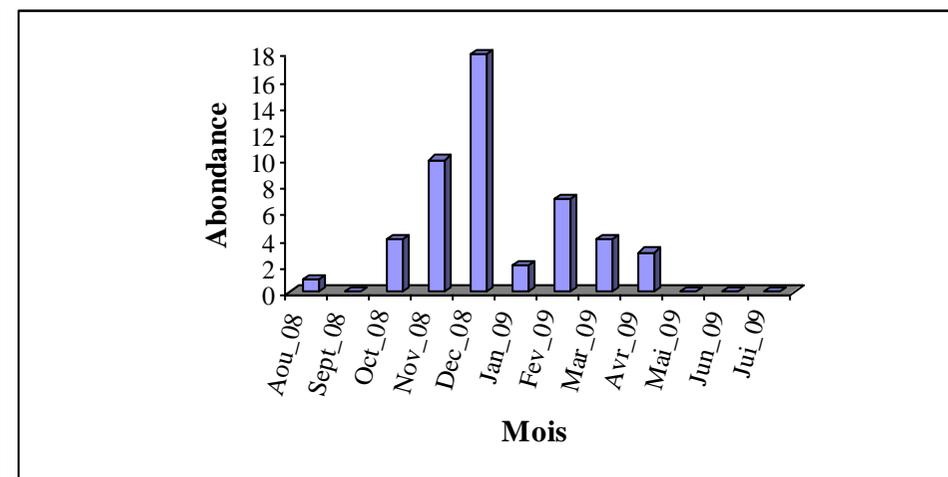


Figure 67h : Evolution mensuelle des Ephemeridae

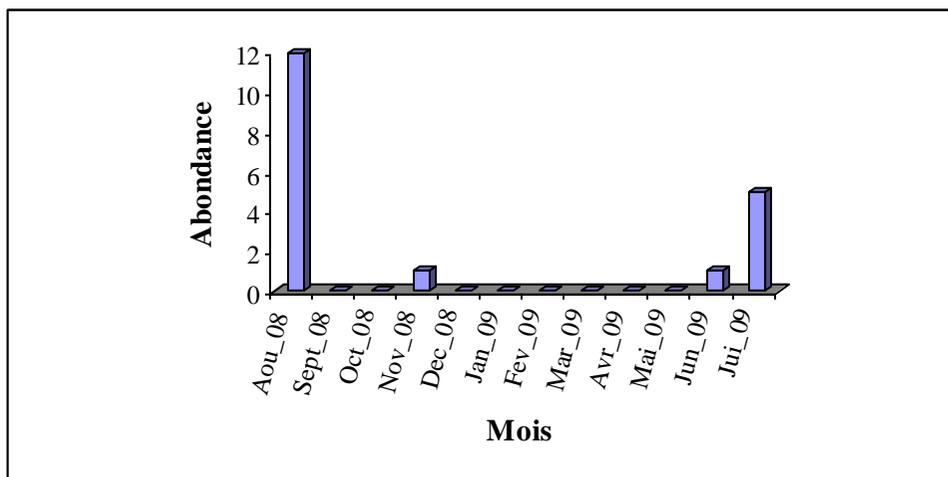


Figure 67i : Evolution mensuelle des Isonychiidae

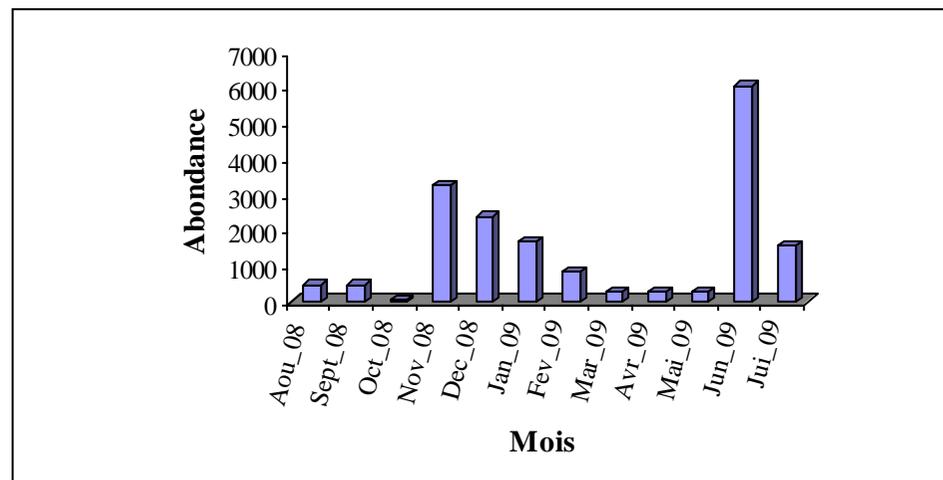


Figure 67j : Evolution mensuelle d'Acentrella

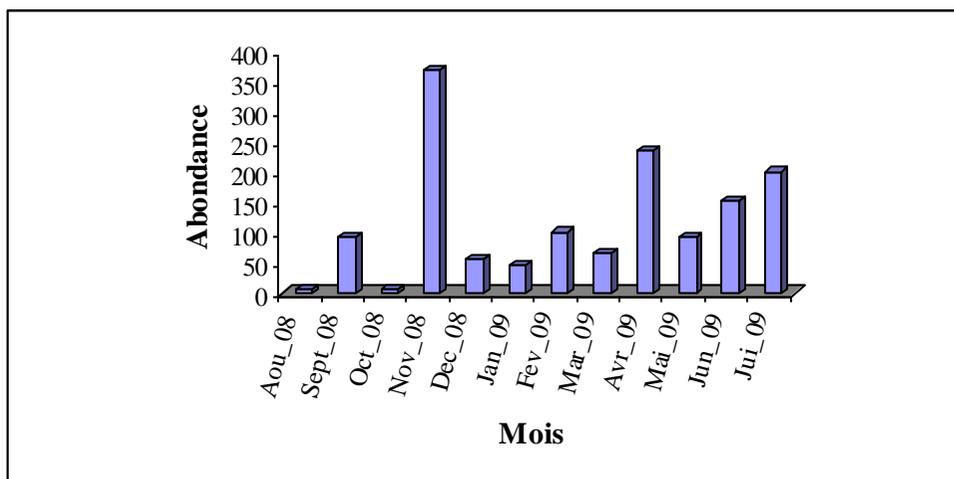


Figure 67k : Evolution mensuelle de Baetis

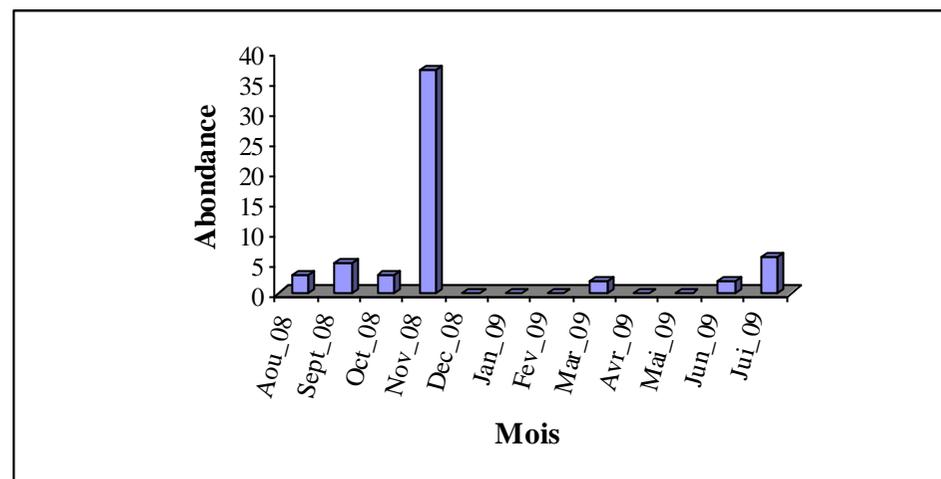


Figure 67m : Evolution mensuelle de Cloeon

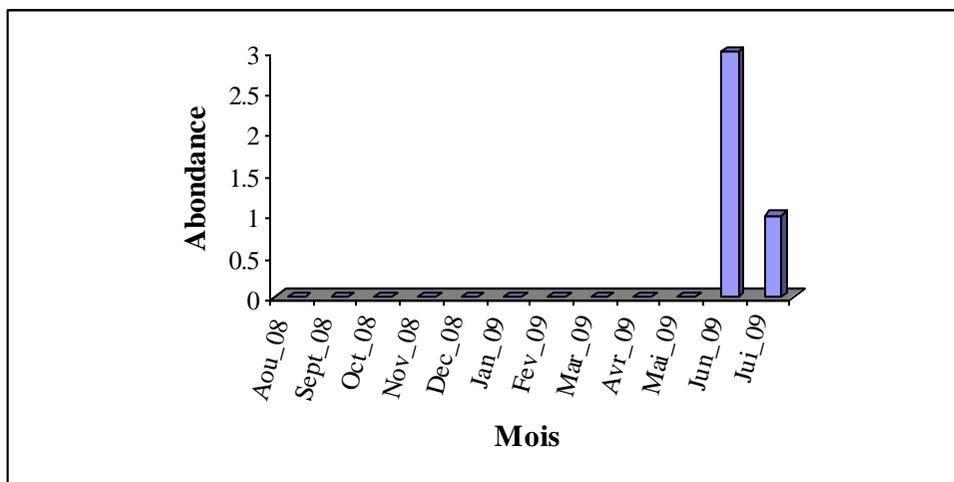


Figure 67n : Evolution mensuelle de *Procloeon*

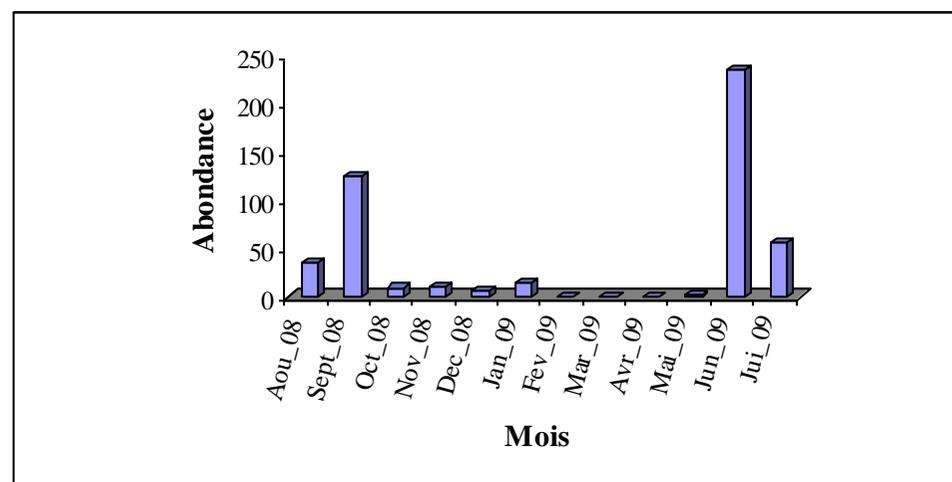


Figure 67p : Evolution mensuelle de *Choroterpes*

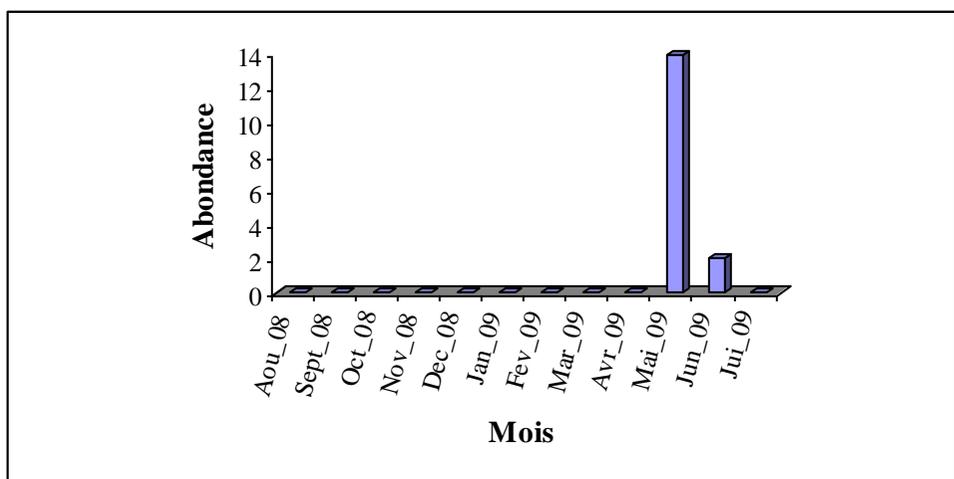


Figure 67q : Evolution mensuelle de *Habrophlebia*

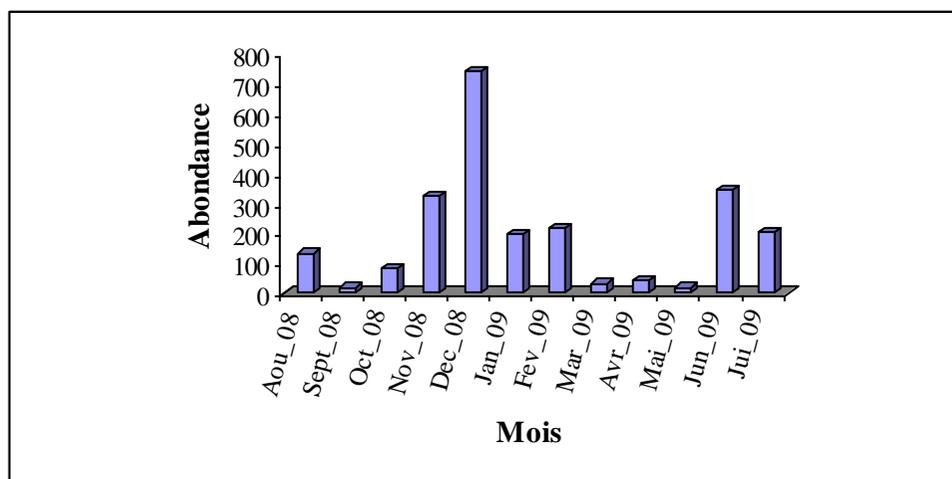


Figure 68a : Evolution mensuelle des Trichoptères

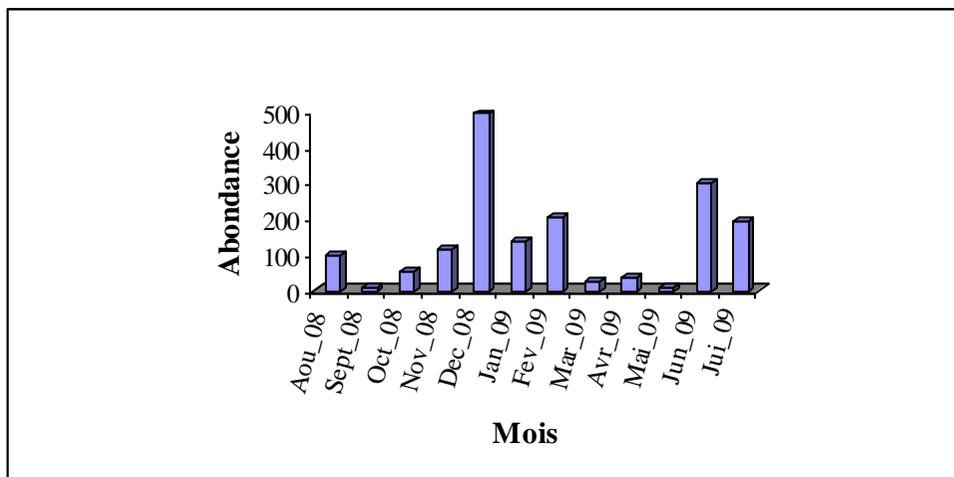


Figure 68b : Evolution mensuelle des Hydropsychidae

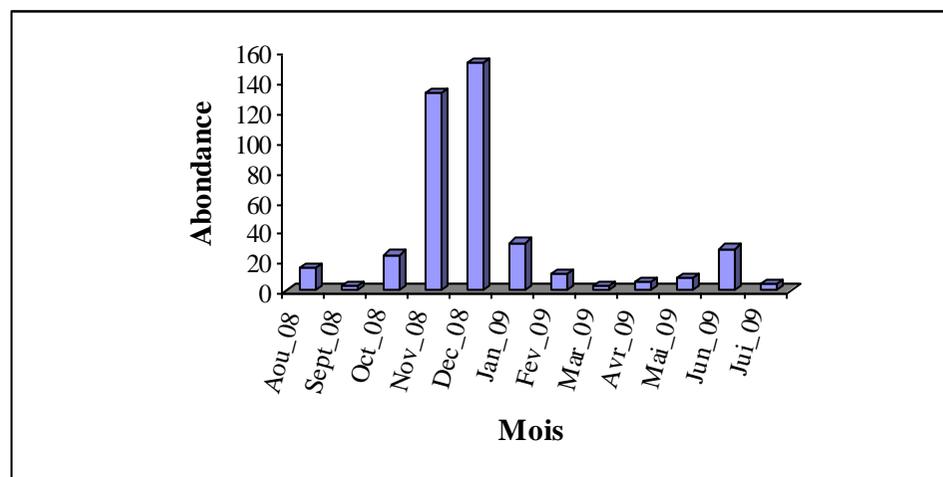


Figure 68c : Evolution mensuelle des Hydroptilidae

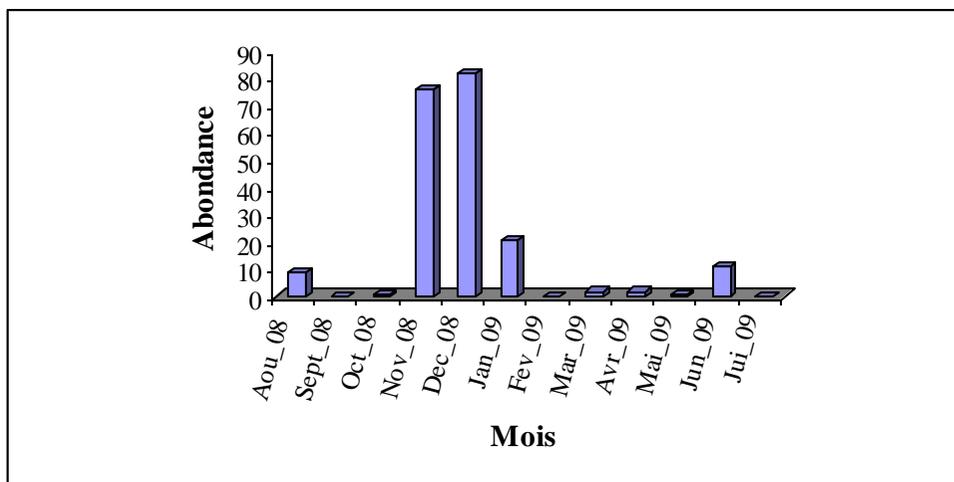


Figure 68d : Evolution mensuelle des Psychomyiidae

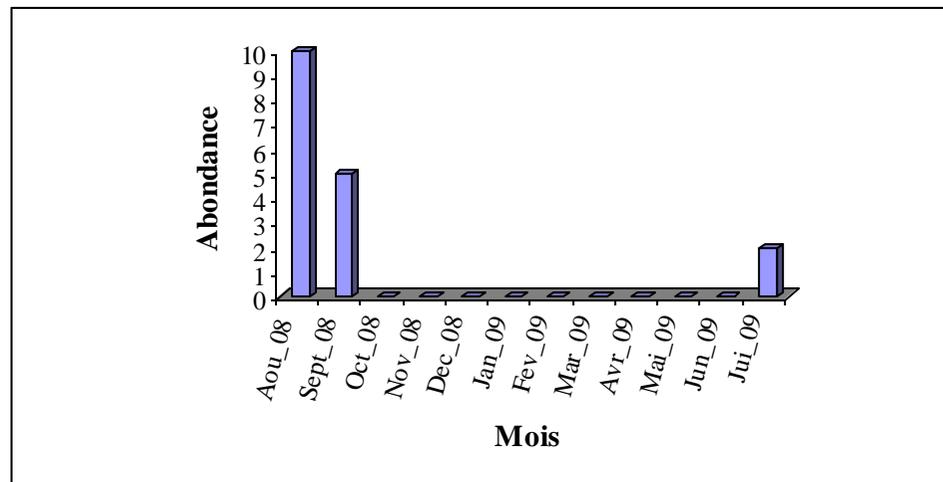


Figure 68e : Evolution mensuelle des Ecnomidae

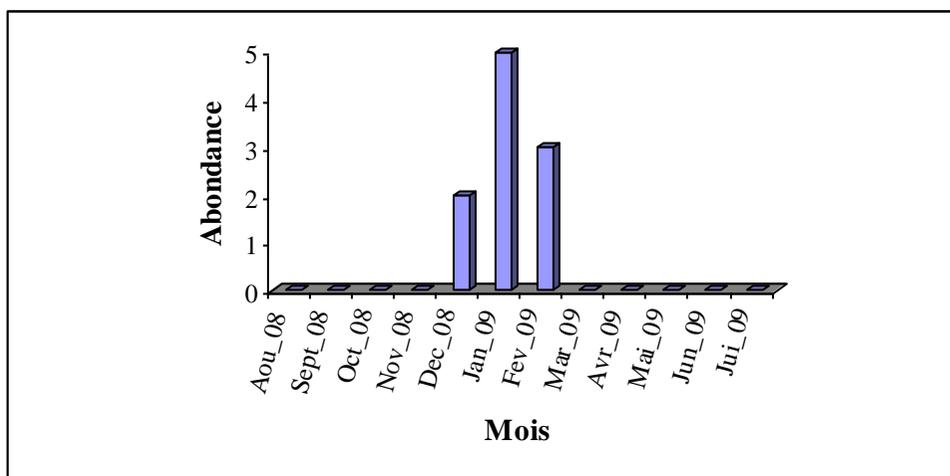


Figure 68f : Evolution mensuelle des Limnephilidae

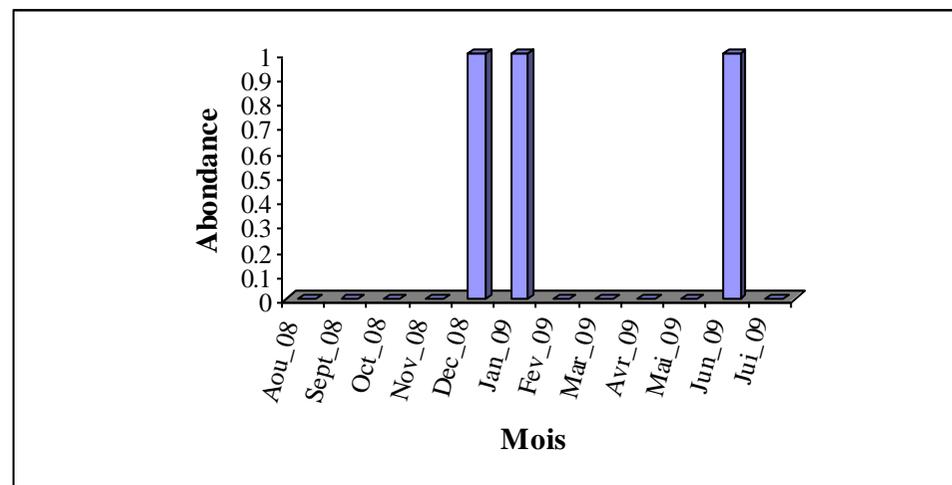


Figure 68g : Evolution mensuelle des Rhyacophilidae

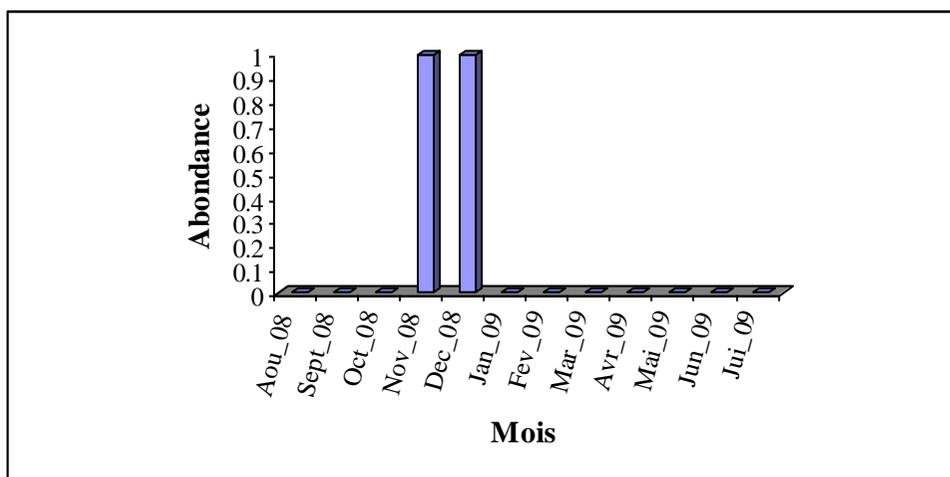


Figure 68h : Evolution mensuelle d'Oxyethira

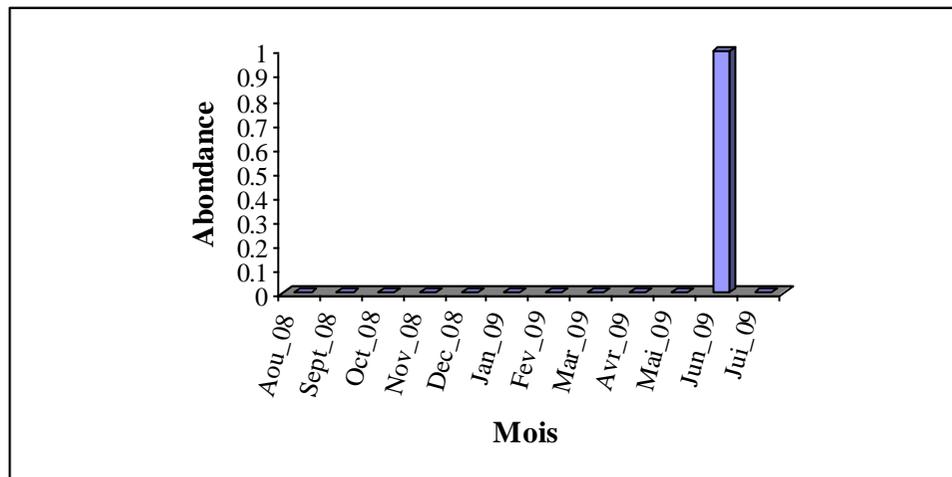


Figure 68i : Evolution mensuelle d'Ithytrichia

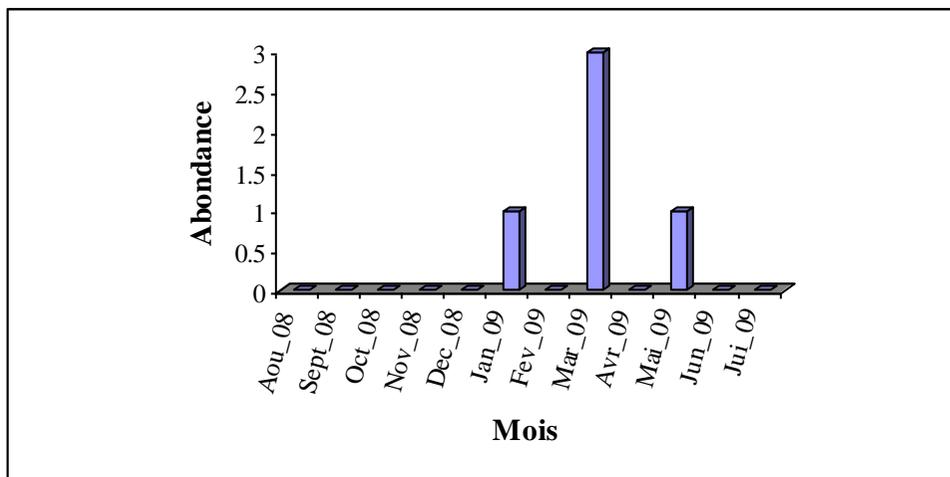


Figure 69 : Evolution mensuelle des Plécoptères

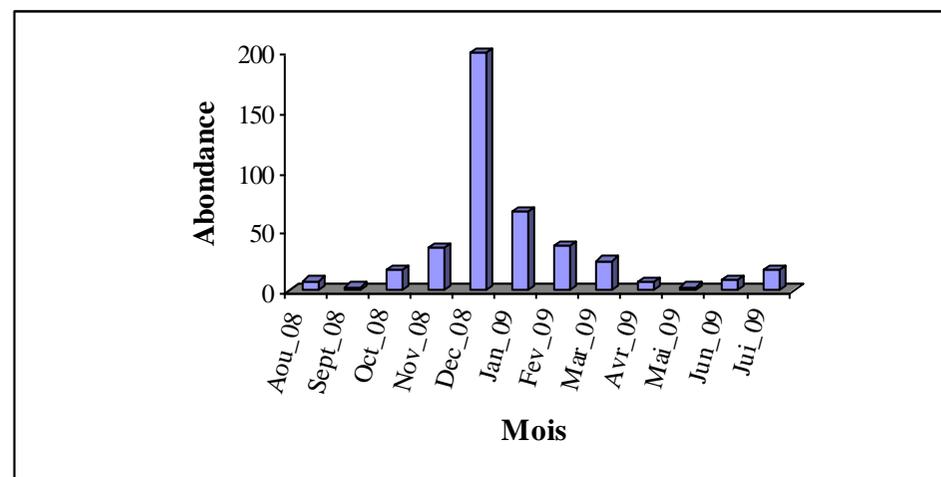


Figure 70 : Evolution mensuelle des Bivalves

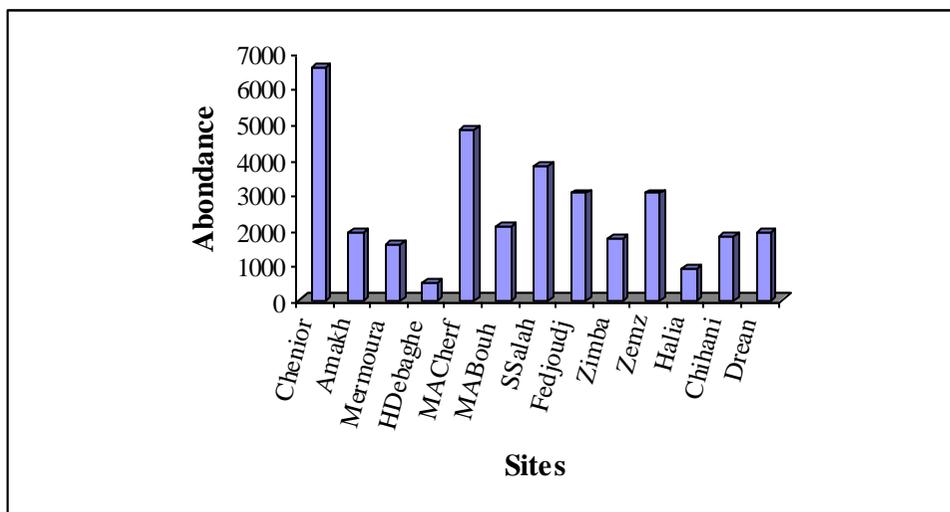


Figure 71a : Abondance des Ephéméroptères / Stations

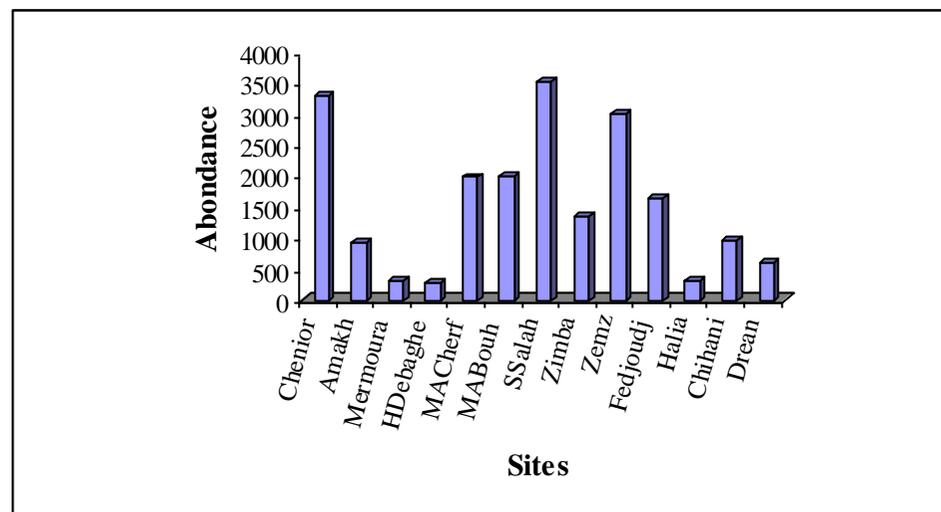


Figure 71b : Abondance des Baetidae / Stations

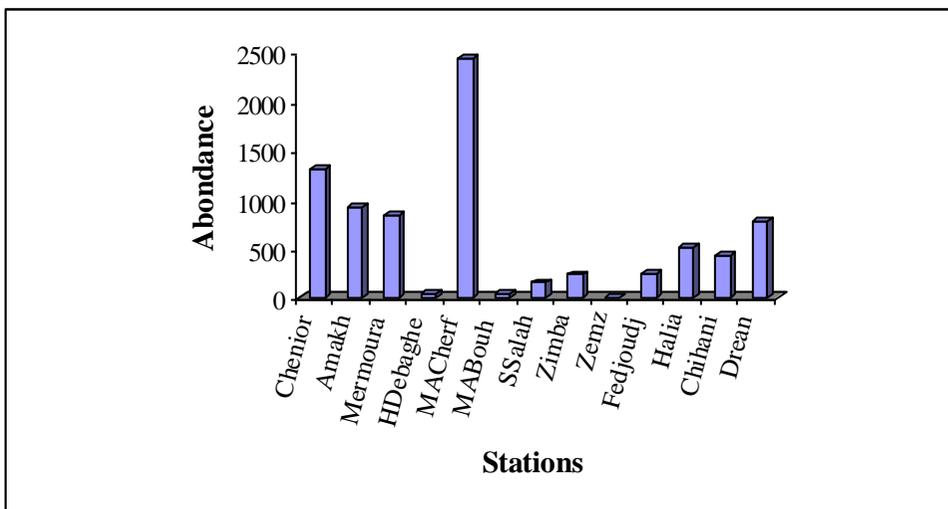


Figure 71c : Abondance des Caenidae / Stations

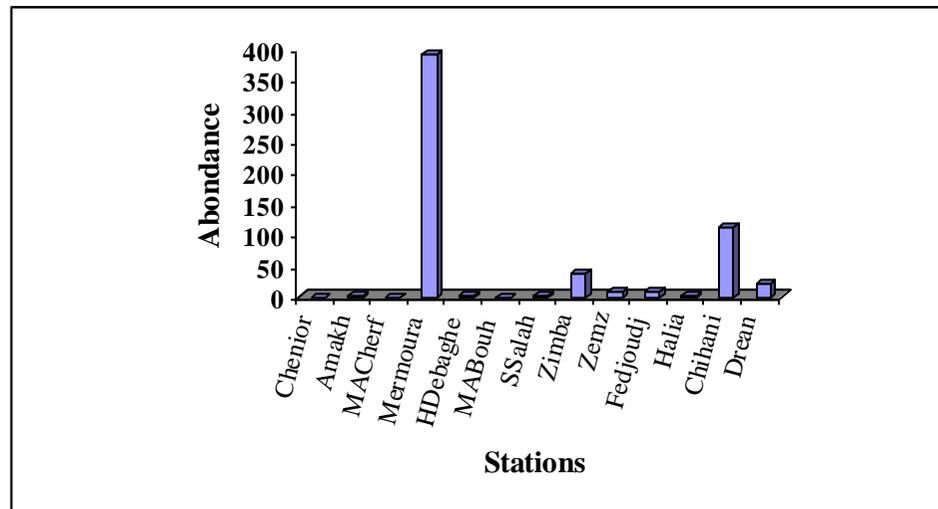


Figure 71d : Abondance des Leptophlebiidae / Stations

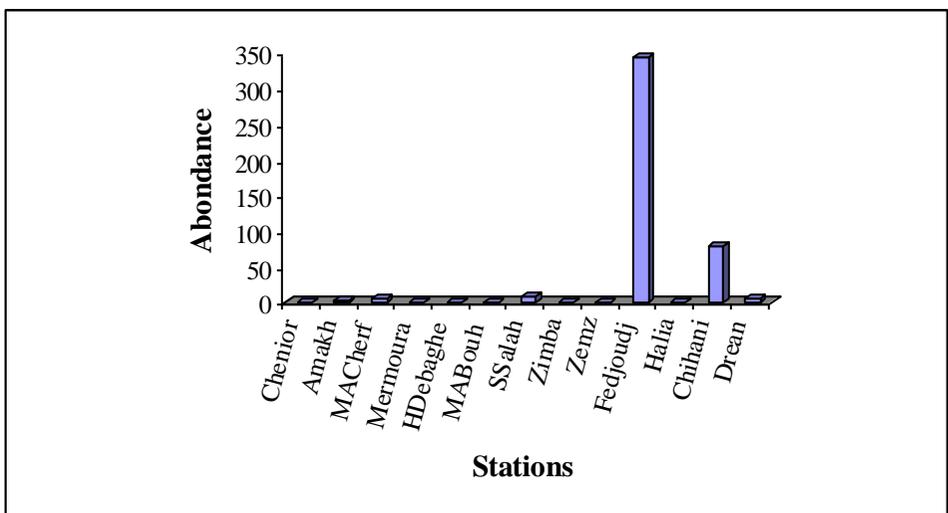


Figure 71e : Abondance des Polymitarcyidae / Stations

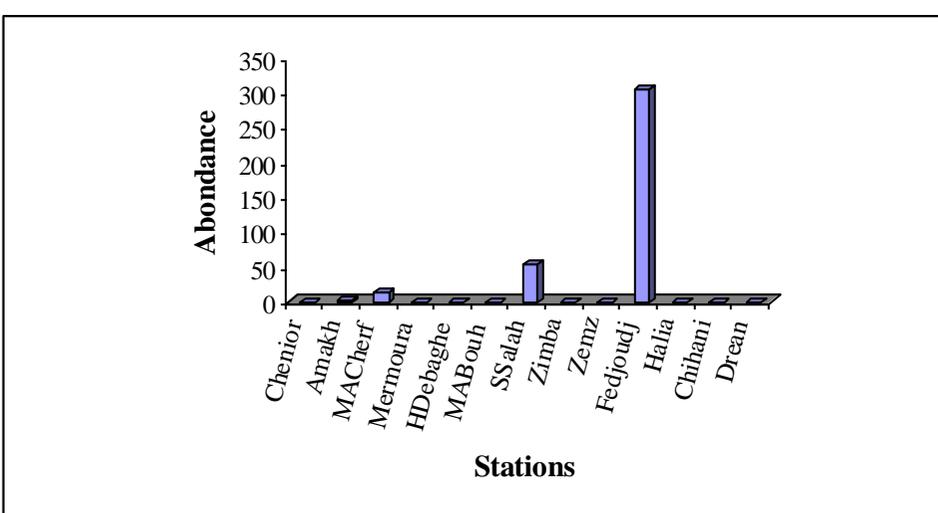


Figure 71f : Abondance des Potamanthidae / Stations

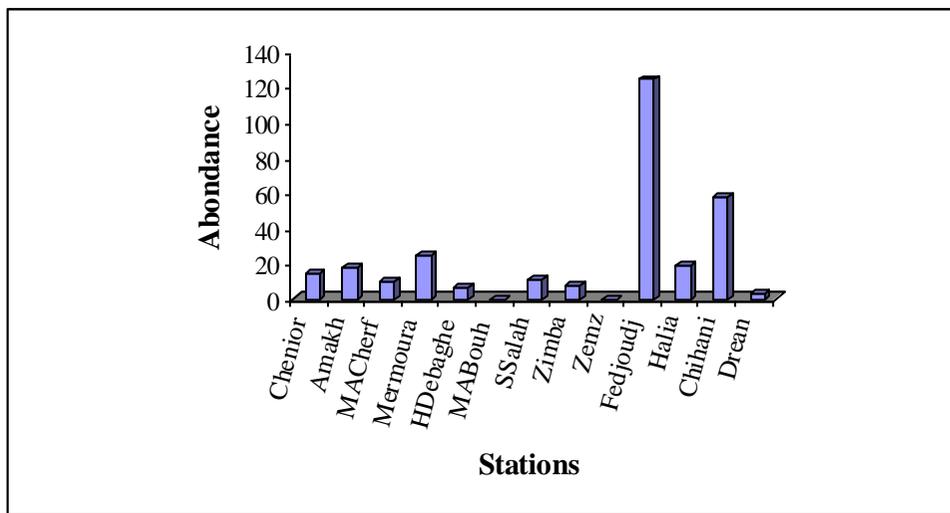


Figure 71g : Abondance des Heptageniidae / Stations

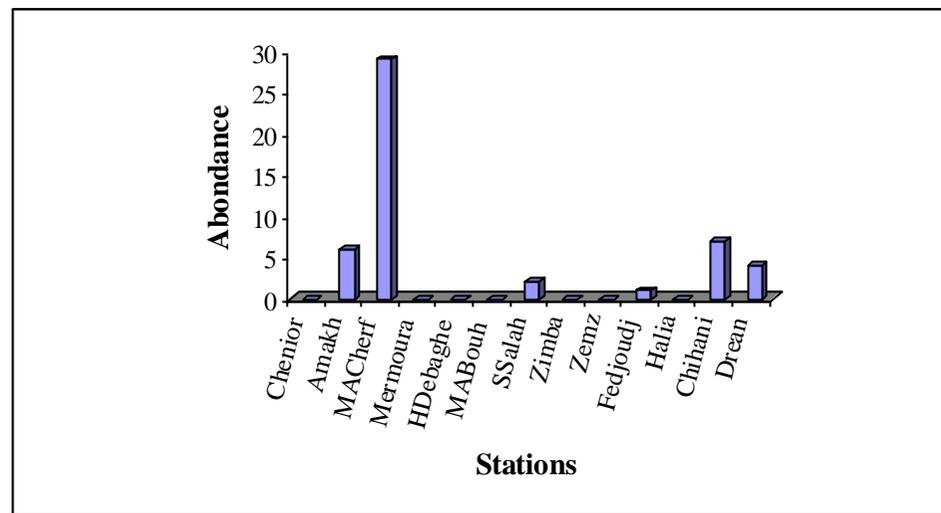


Figure 71h : Abondance des Ephemeridae / Stations

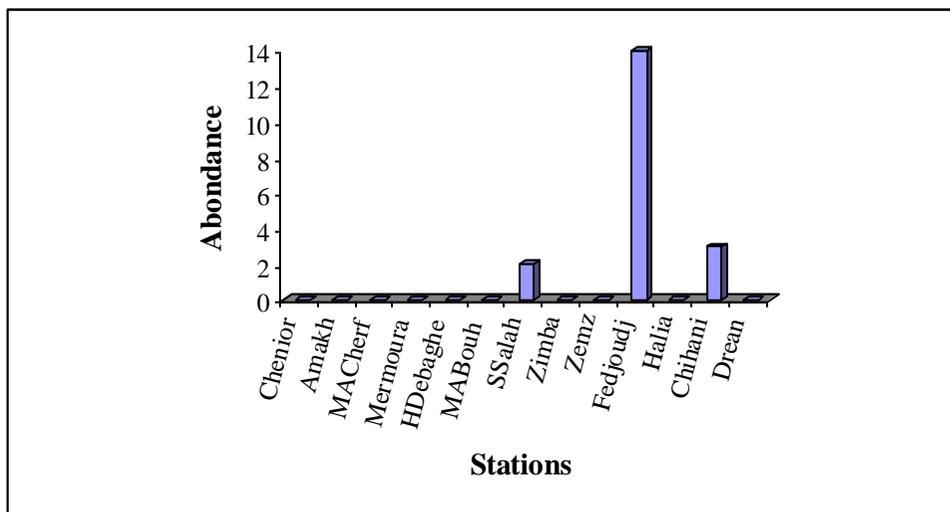


Figure 71i : Abondance des Isonychiidae / Stations

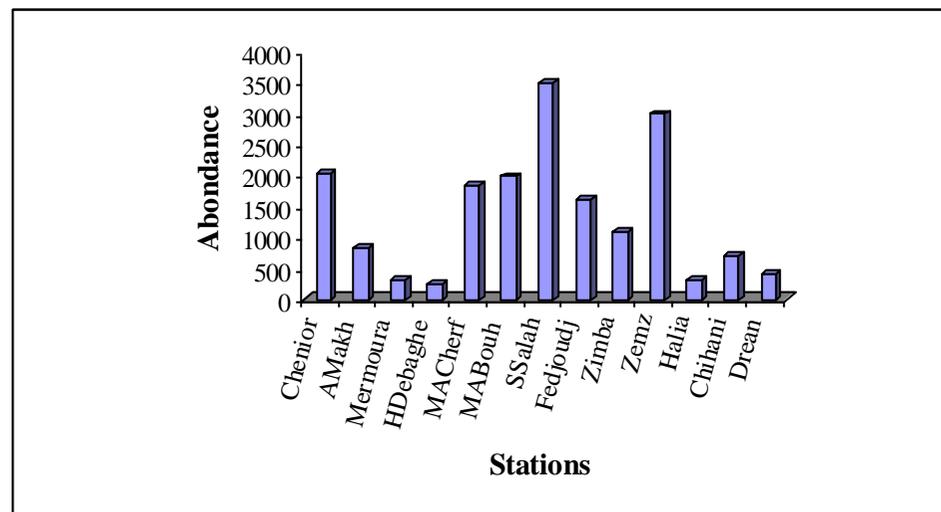


Figure 71j : Abondance d'Acentrella / Stations

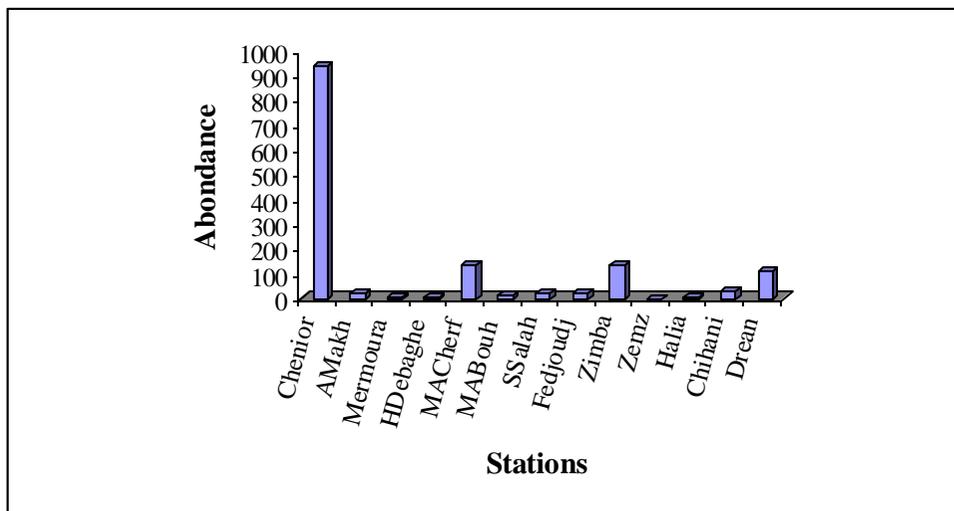


Figure 71k : Abondance de *Baetis* / Stations

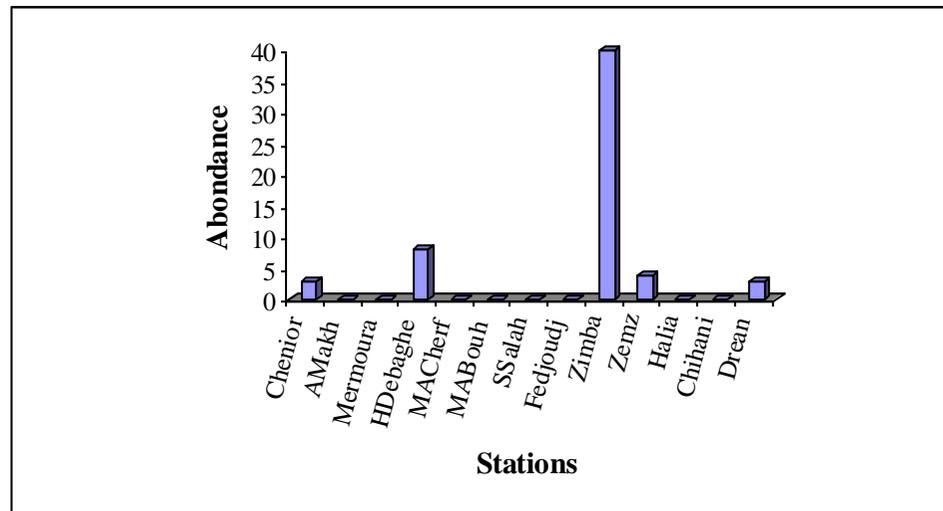


Figure 71m : Abondance de *Cloeon* / Stations

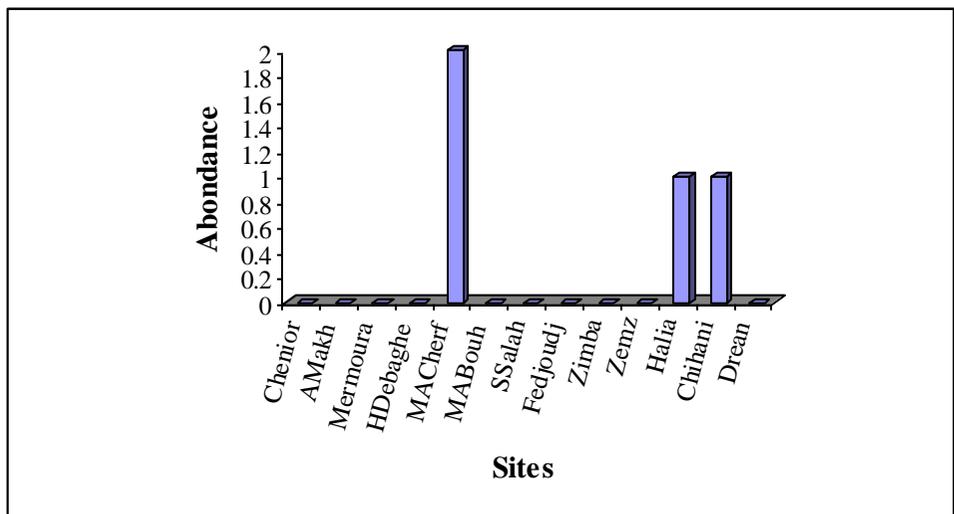


Figure 71n : Abondance de *Procloeon* / Stations

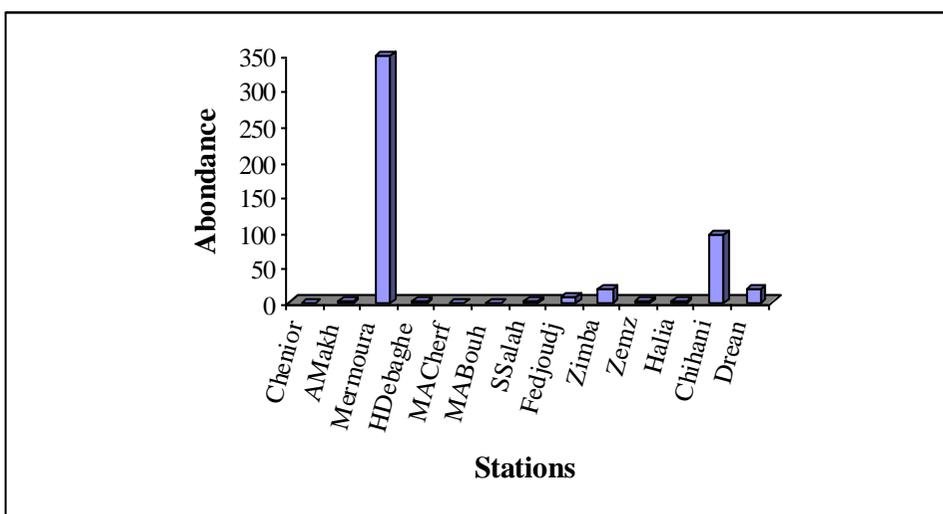


Figure 71p : Abondance de *Choroterpes* / Stations

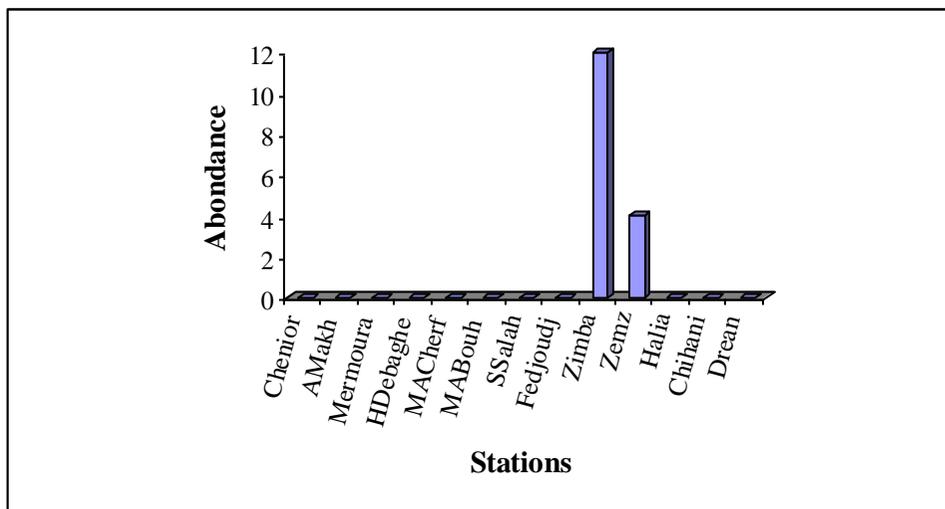


Figure 71q : Abondance d'*Habrophlebia* / Stations

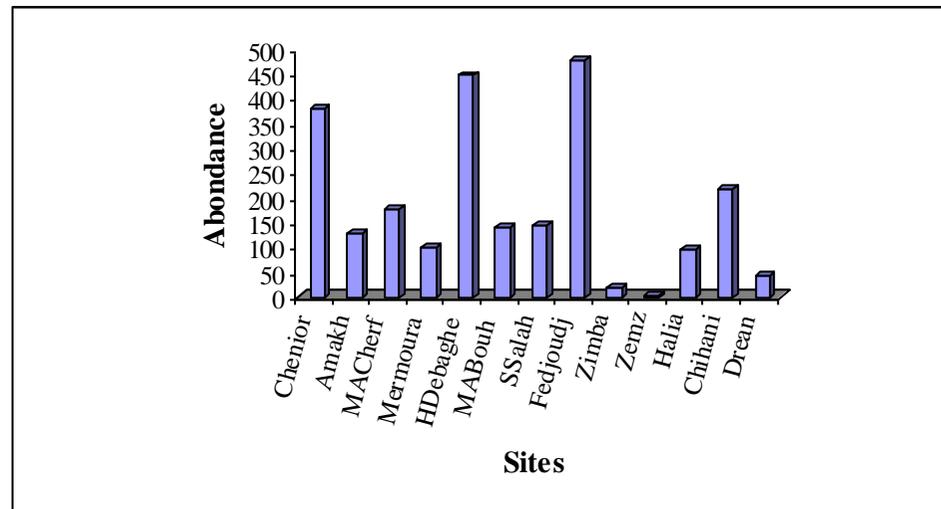


Figure 72a : Abondance des Trichoptères / Stations

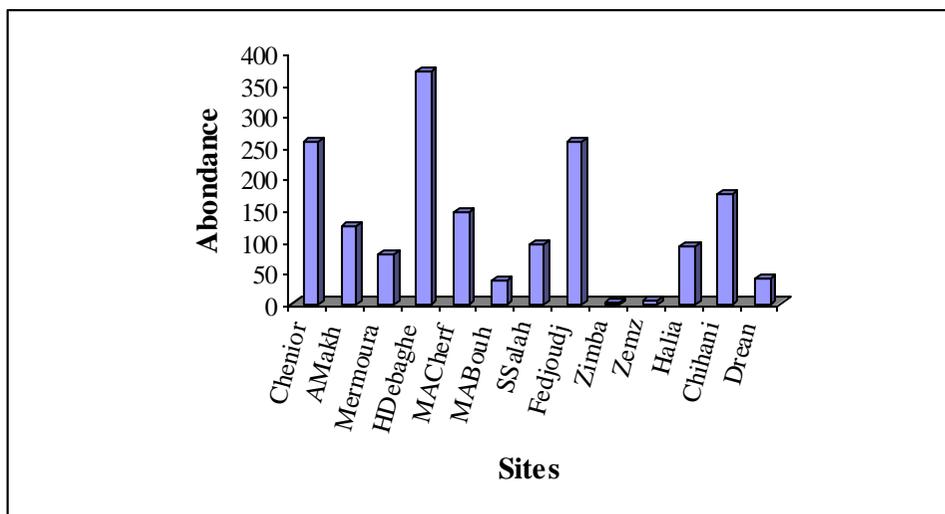


Figure 72b : Abondance des Hydropsychidae /Stations

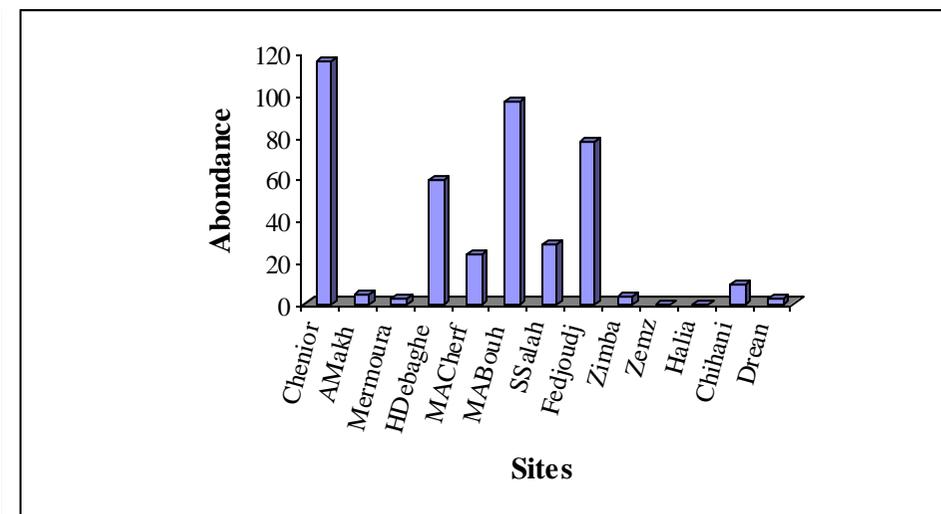


Figure 72c : Abondance des Hydroptilidae / Stations

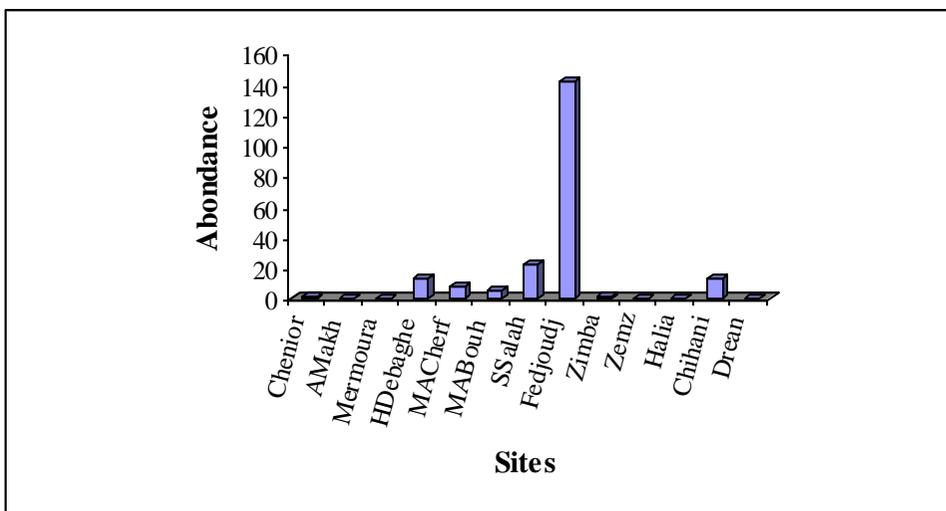


Figure 72d : Abondance des Psychomyiidae / Stations

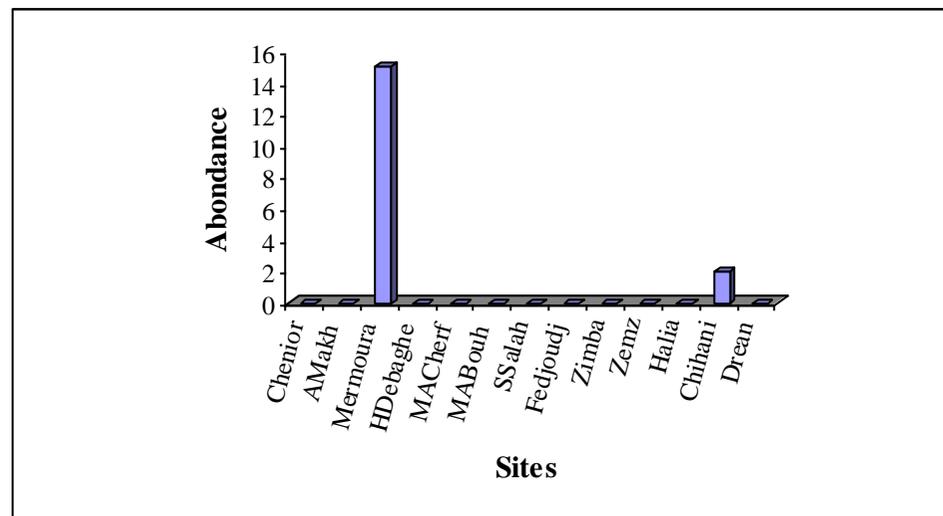


Figure 72e : Abondance des Ecnomidae / Stations

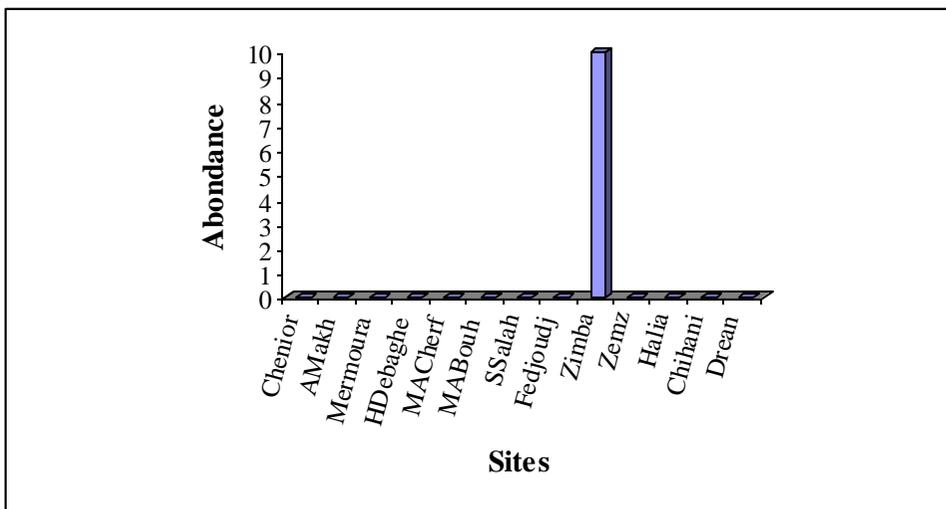


Figure 72f : Abondance des Limnephilidae / Stations

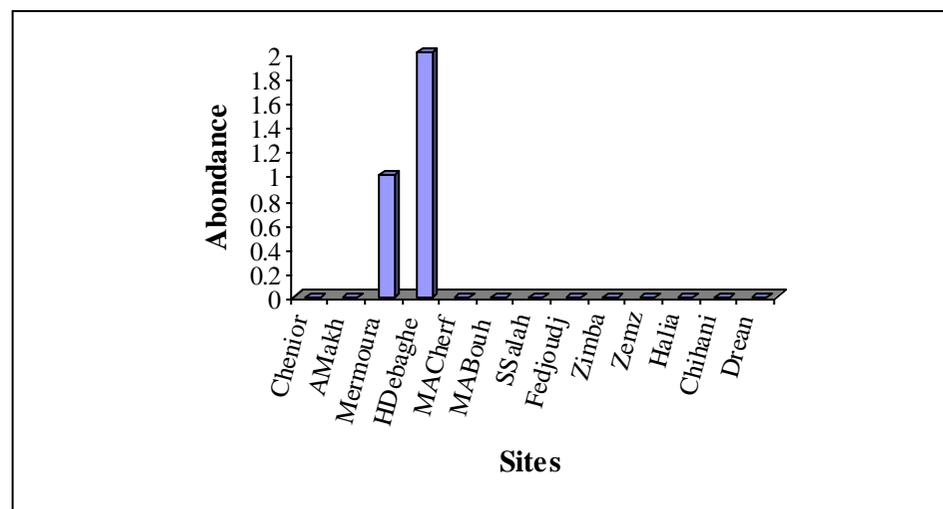


Figure 72g : Abondance des Rhyacophilidae / Stations

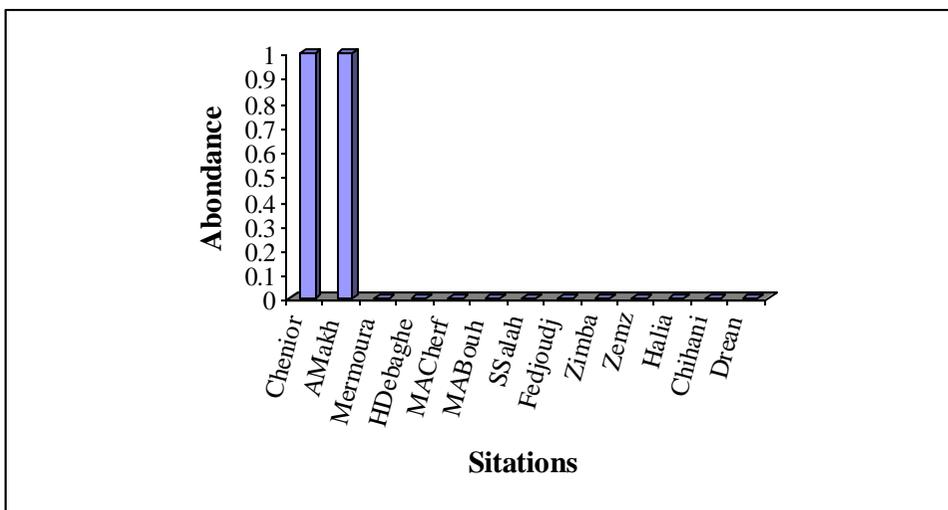


Figure 72h : Abondance d'*Oxyethira* / Stations

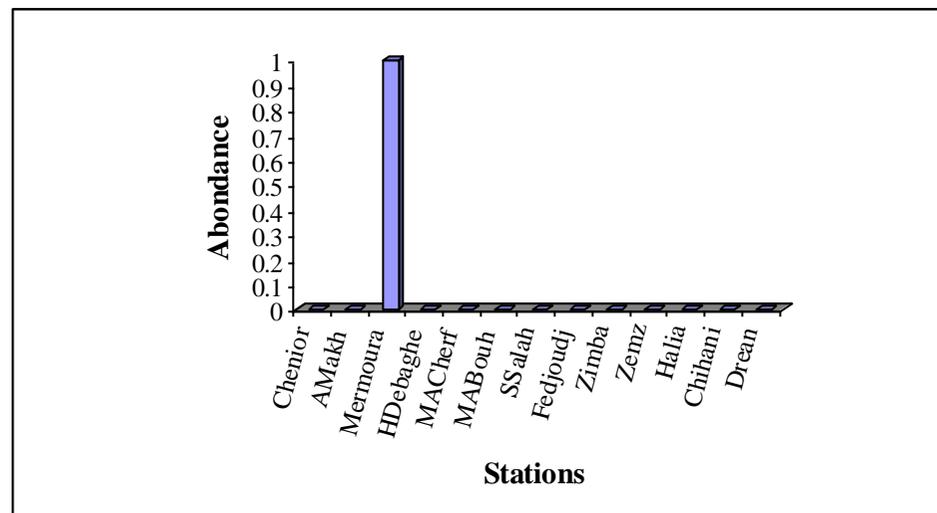


Figure 72i : Abondance d'*Ithytrichia* / Stations

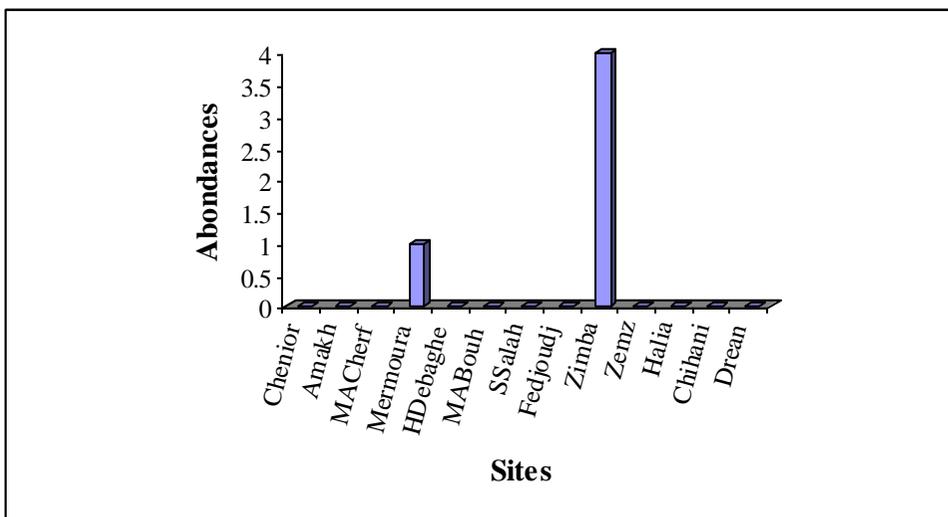


Figure 73 : Abondance des Plécoptères / Stations

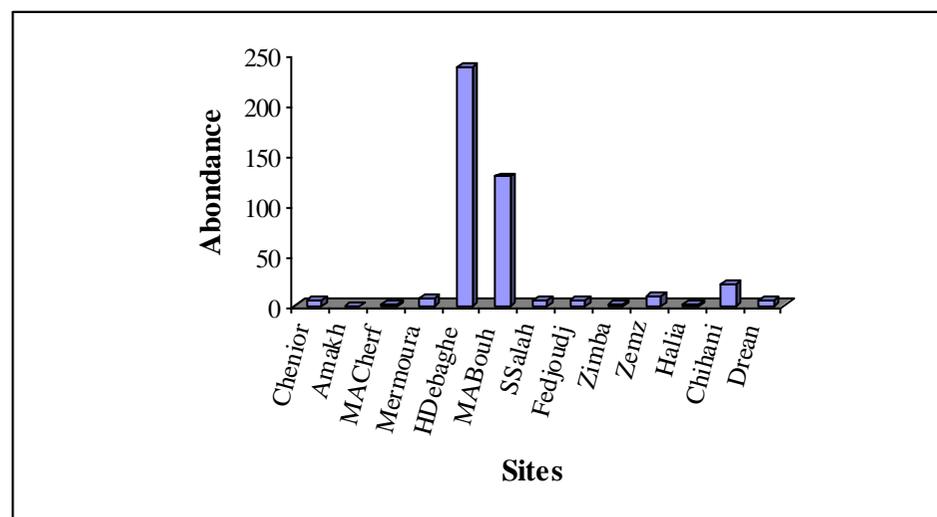


Figure 74 : Abondance des Bivalves / Stations

Tableau 18 : Fréquence d'occurrence des taxa par stations

	Chenior	Amakh	Mermoura	HDebagh	MACherf	MABouh	SSalah	Fedjoudj	Zimba	Zemz	Halia	Chihani	Drean
Ephéméroptère	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	100%	100%	91.66%
Baetidae	100%	83.33%	58.33%	83.33%	75%	100%	91.66	91.66%	83.33%	66.66%	83.33%	100%	83.33%
<i>Acentrella</i>	100%	83.33%	41.66%	50%	75%	100%	91.66	91.66%	66.66%	50%	83.33%	91.66%	75%
<i>Baetis</i>	81.81%	25%	25%	33.33%	58.33%	16.66%	16.66%	25%	58.33%		8.33%	58.33%	58.33%
<i>Cloeon</i>	9.09%			25%					25%	16.66%			16.66%
<i>Procloeon</i>					8.33%						8.33%	8.33%	
Leptophlebiidae		8.33%	75%	8.33%			8.33%	8.33%	16.66%	25%	8.33%	58.33%	16.66%
<i>Habrophlebia</i>									16.66%	16.66%			
<i>Choroterpes</i>		8.33%	75%	8.33%			8.33%	8.33%	8.33%	8.33%	8.33%	58.33%	16.66%
Caenidae	100%	100%	75%	75%	100%	50%	91.66%	100%	91.66%	41.66%	75%	91.66%	66.66%
Potamanthidae		16.66%			41.66%		41.66%	91.66%					
Heptageniidae	27.27%	33.33%	16.66%	33.33%	33.33%		50%	66.66%	8.33%		50%	75%	25%
Isonychiidae							8.33%	16.66%				25%	
Ephemeridae		25.00%			50%		8.33%	8.33%				33.33%	16.66%
Polymitarcyidae		16.66%			16.66%	8.33%	8.33%	50%				8.33%	16.66%

Suite au Tableau 18 : Fréquence d'occurrence des taxa par stations

	Chenior	Amakh	Mermoura	HDebaghe	MACherf	MABouh	SSalah	Fedjoudj	Zimba	Zemz	Halia	Chihani	Drean
Trichoptères	90.90%	83.83%	58.33%	75%	58.33%	75%	66.66%	100%	33.33%	8.33%	75%	91.66%	50%
Hydropsychidae	90.90%	83.33%	33.33%	50%	58.33%	66.66%	66.66%	83.33%	8.33%	8.33%	75%	75%	33.33%
Hydroptilidae	72.72%	16.66%	16.66%	66.66%	41.66%	41.66%	25%	50%	16.66%			25%	16.66%
<i>Oxyethira</i>	9.09%	8.33%											
<i>Ithytrichia</i>			8.33%										
Ecnomidae			16.66%									8.33%	
Psychomyiidae	18.18%			33.33%	25%	16.66%	25%	58.33%	8.33%			16.66%	
Limnephilidae									25%				
Rhyacophilidae			8.33%	16.66%									
Plecoptera			8.33%						16.66%				
Bivalva	27.27%		33.33%	75%	8.33%	41.66%	33.33%	25%	8.33%	25%	8.33%	50%	25%

Tableau 19 : phénologie des taxa faunistiques pour une année (août 2008 - juillet 2009)

	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui
<i>Acentrella</i>												
<i>Baetis</i>												
<i>Cloeon</i>												
<i>Procloeon</i>												
Baetidae												
<i>Habrophlebia</i>												
<i>Choroterpes</i>												
Leptophlebiidae												
Caenidae												
Potamanthidae												
Heptageniidae												
Isonychiidae												
Ephemeridae												
Polymitarcyidae												
Ephéméroptère												
Hydropsychidae												
<i>Oxyethira</i>												
<i>Ithytrichia</i>												
Hydroptilidae												
Ecnomidae												

**Suite au Tableau 19 : phénologie des taxa faunistiques pour une année (août 2008 -
juillet 2009)**

	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui
Psychomyiidae	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Limnephilidae					—	—	—					
Rhyacophilidae					—	—						—
Trichoptera												
Plecoptera						—		—		—		
Bivalva	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

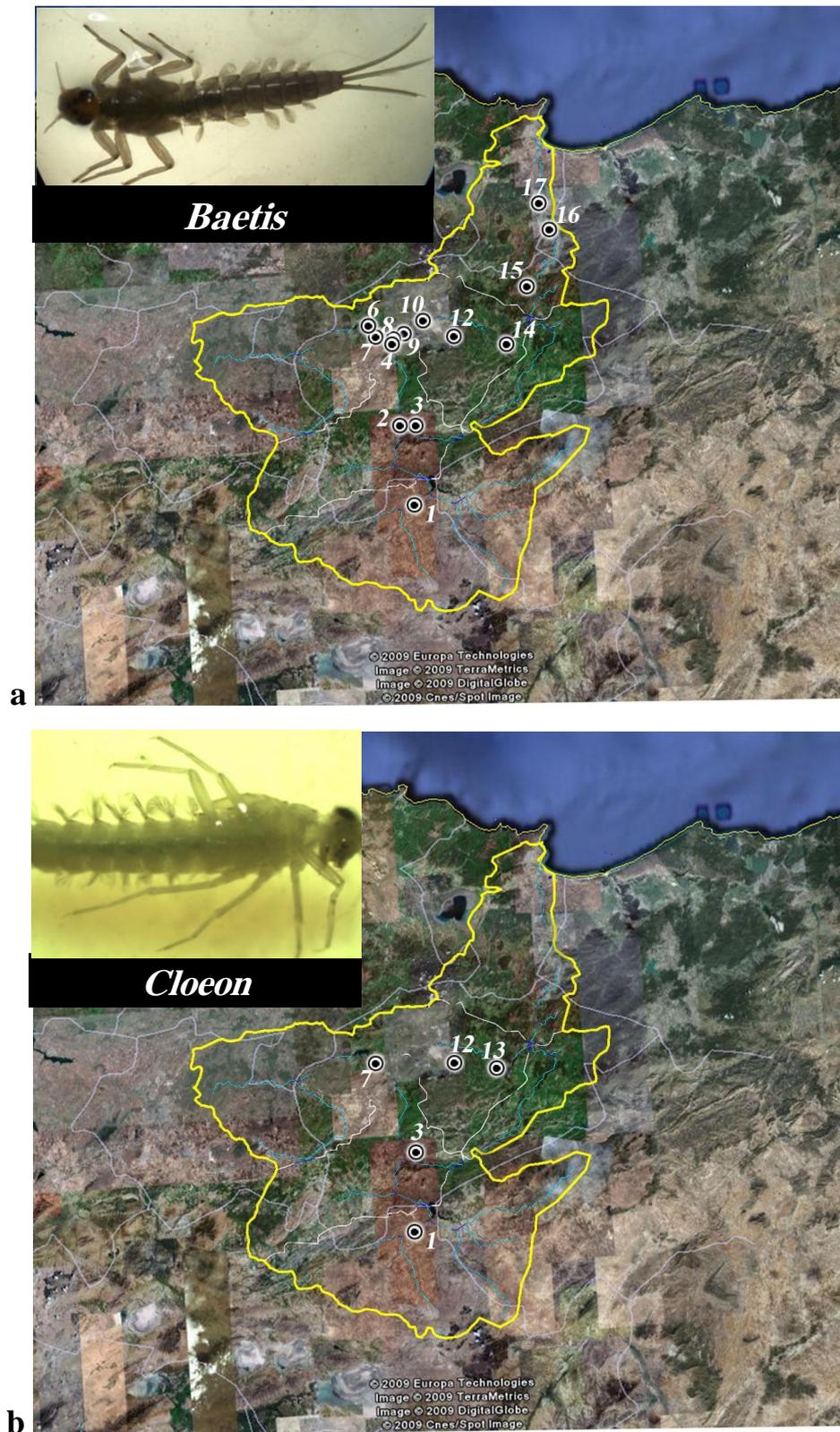


Figure 74a, b : Répartition spatiale des *Baetis* et *Cloeon*

1. Ksar Sbahi, 2. Ain Makhoulf, 3. Oued Cheniour, 4. Medjez Amar Churf, 6. Mermoura (Bouhamdane), 7. Hammam Debagh, 8. Medjez Amar Bouhamdane, 9. Salah Salah Salah, 10. El Fedjoudj, 12. Zimba, 13. Zemzouma, 14. Halia, 15. Boudaroua, 16. Chihani, 17. Dreaan.

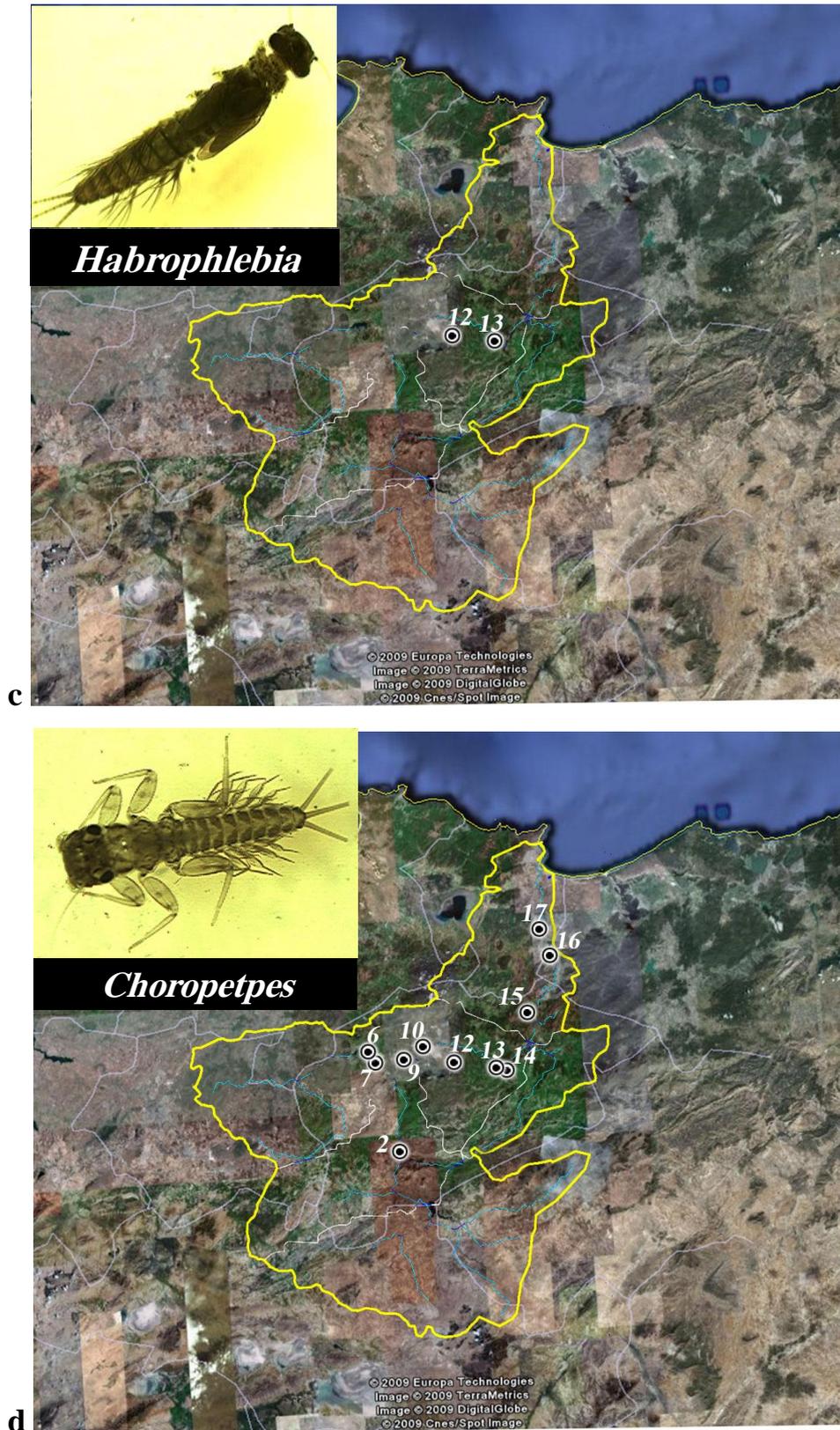


Figure 74c, d : Répartition spatiale des *Habrophlebia* et *Choroterpe*

2. Ain Makhoulf, 6. Mermoura (Bouhamdane), 7. Hammam Debagh, 9. Salah Salah Salah, 10. El Fedjoudj, 12. Zimba, 13. Zemzouma, 14. Halia, 15. Boudaroua, 16. Chihani, 17. Drean.

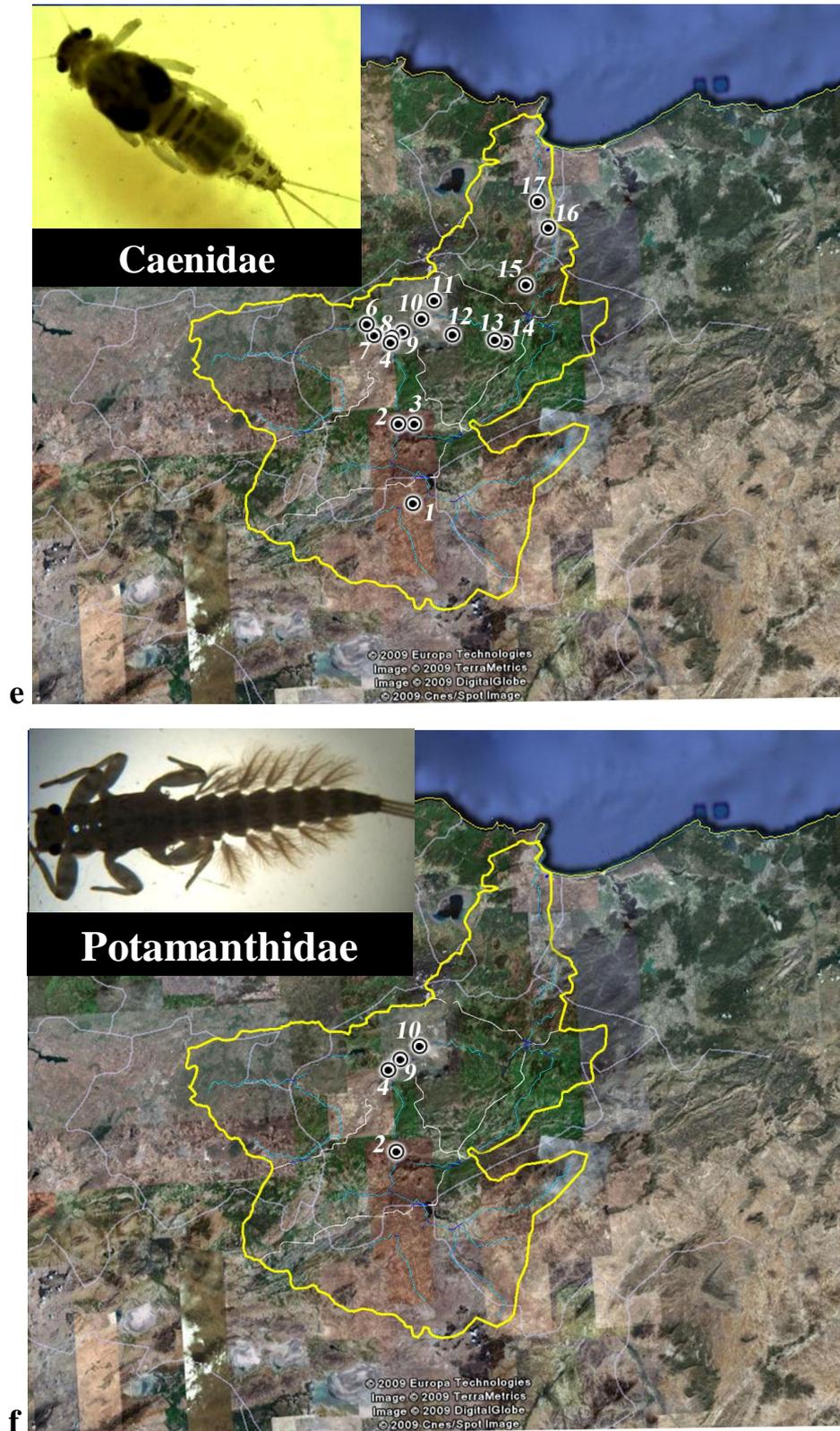


Figure 74e, f : Répartition spatiale des Caenidae et Potamanthidae

1. Ksar Sbahi, 2. Ain Makhlouf, 3. Oued Cheniour, 4. Medjez Amar Cherf, 6. Mermoura (Bouhamdane), 7. Hammam Debagh, 8. Medjez Amar Bouhamdane, 9. Salah Salah Salah, 10. El Fedjoudj, 11. Bradaa, 12. Zimba, 13. Zemzouma, 14. Halia, 15. Boudaroua, 16. Chihani, 17. Drea.

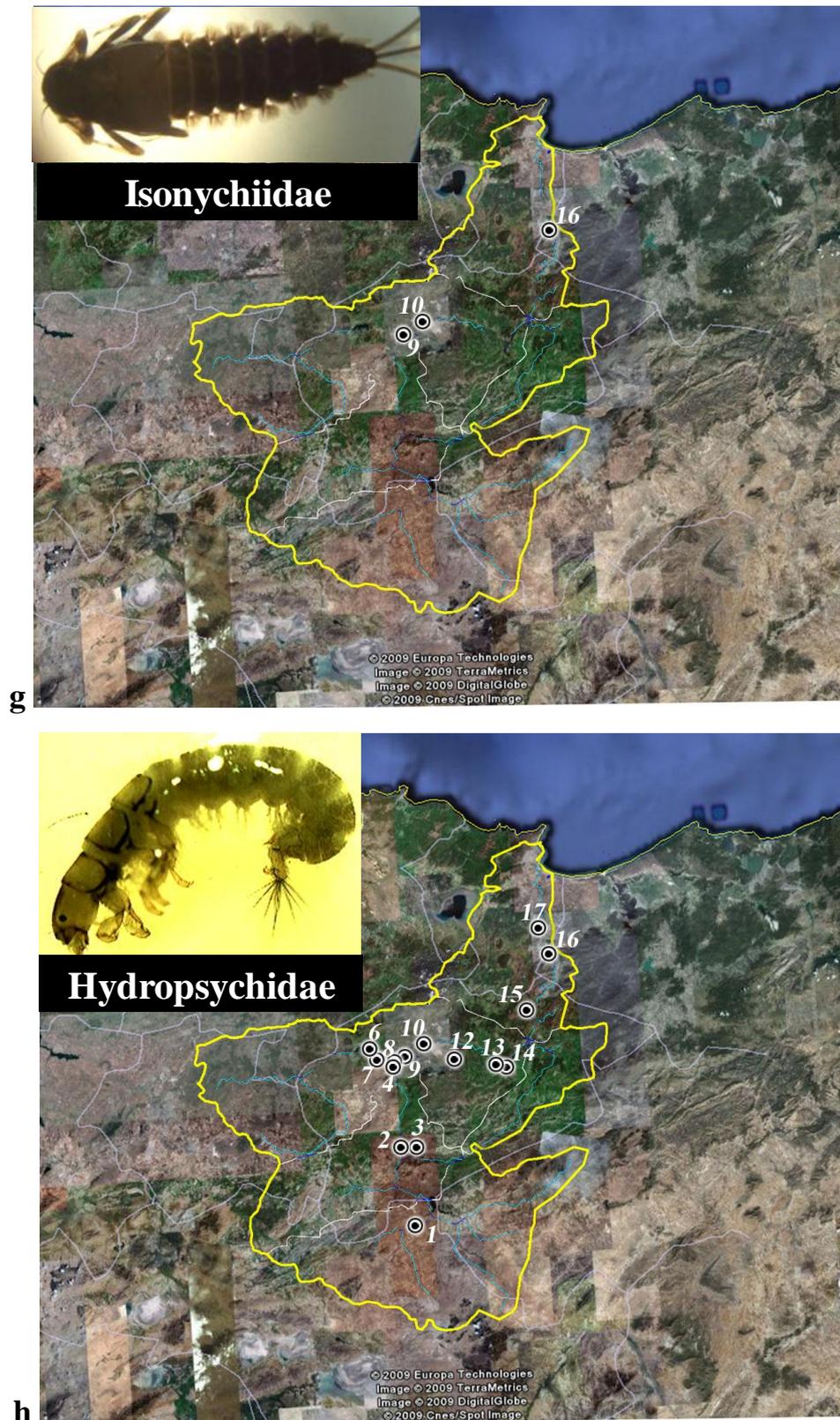


Figure 74g, h : Répartition spatiale des Isonychiidae et Hydropsychidae

1. Ksar Sbahi, 2. Ain Makhlouf, 3. Oued Cheniour, 4. Medjez Amar Cherf, 6. Mermoura (Bouhamdane), 7. Hammam Debagh, 8. Medjez Amar Bouhamdane, 9. Salah Salah Salah, 10. El Fedjoudj, 12. Zimba, 13. Zemzouma, 14. Halia, 15. Boudaroua, 16. Chihani, 17. Dreaan.

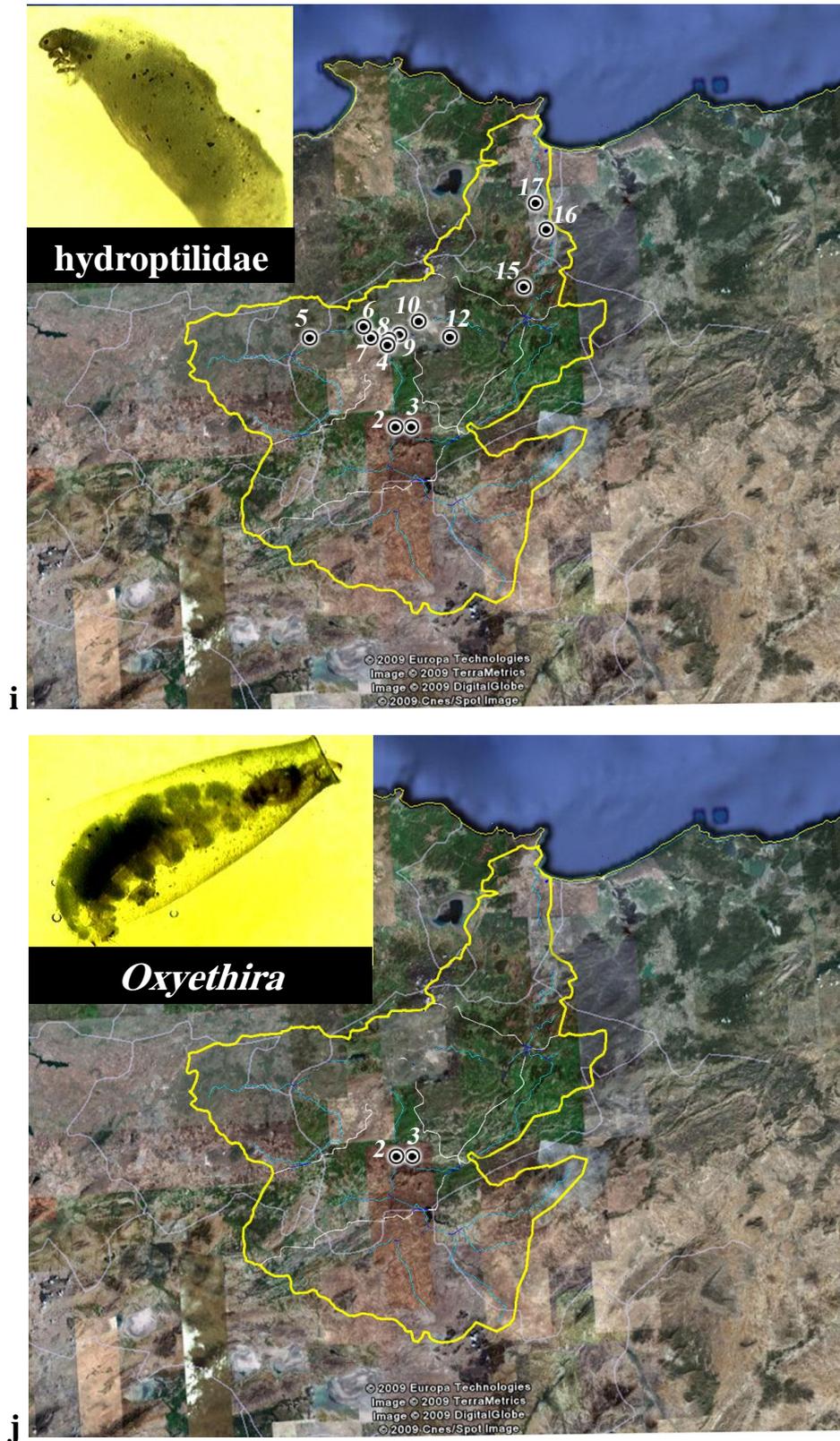


Figure 74i, j : Répartition spatiale des Hydroptilidae et *Oxyethira*

2. Ain Makhoulf, 3. Oued Cheniour, 4. Medjez Amar Cherf, 5. Bouhamdane village, 6. Mermoura (Bouhamdane), 7. Hammam Debagh, 8. Medjez Amar Bouhamdane, 9. Salah Salah Salah, 10. El Fedjoudj, 12. Zimba, 15. Boudaroua, 16. Chihani, 17. Drean.

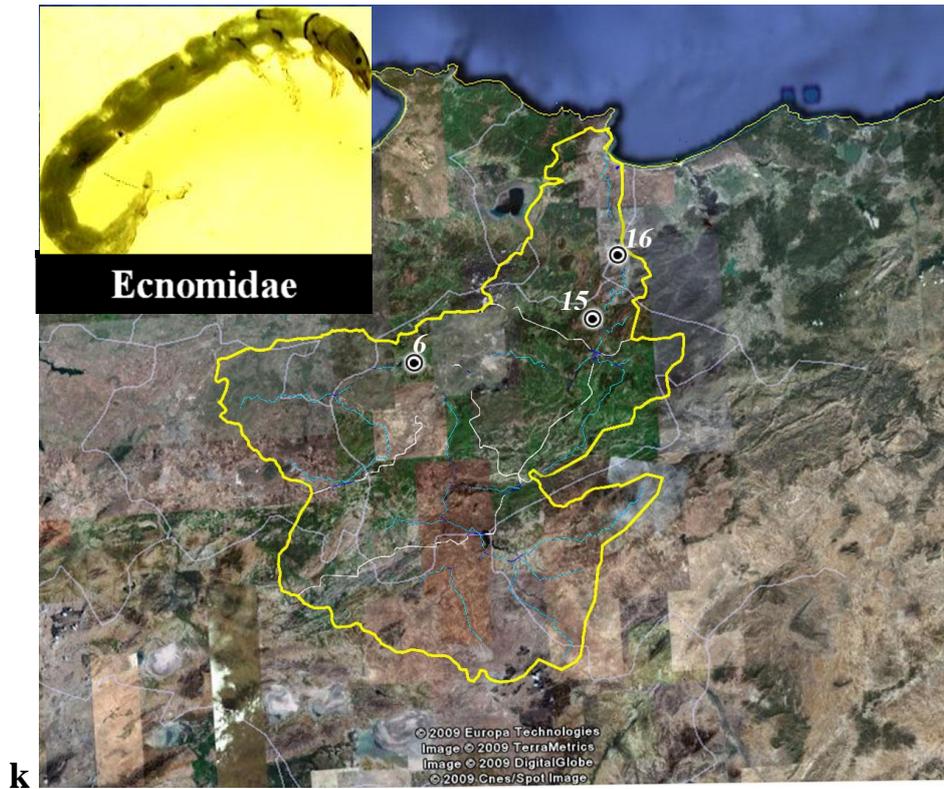


Figure 74k, l : Répartition spatiale des Ecnomidae et Limnephilidae
 6. Mermoura (Bouhamdane), 12. Zimba, 15. Boudaroua, 16. Chihani.

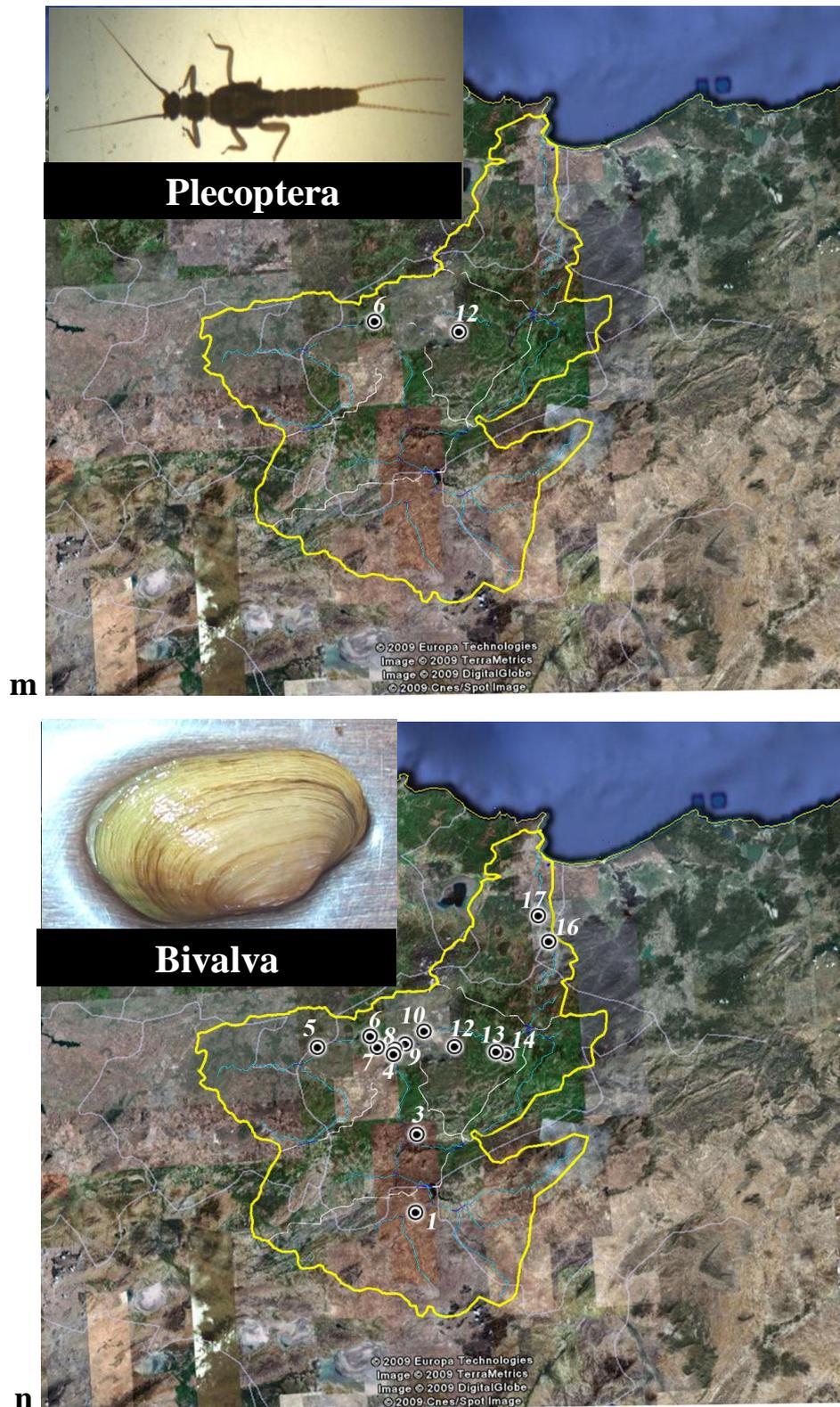


Figure 74m,n : Répartition spatiale des Plécoptères et Bivalves

1. Ksar Sbahi, 3. Oued Cheniour, 4. Medjez Amar Cherf, 5. Bouhamdane village, 6. Mermoura (Bouhamdane), 7. Hammam Debagh, 8. Medjez Amar Bouhamdane, 9. Salah Salah Salah, 10. El Fedjoudj, 12. Zimba, 13. Zemzouma, 14. Halia, 16. Chihani, 17. Dreaan.

4.2.3. Richesse taxonomique

La diversité calculée à partir d'un échantillon est toujours plus faible que la diversité de la communauté réelle ; car dans tous les cas, des espèces rares peuvent facilement échapper à l'échantillonnage. Il se peut alors que les espèces en moins ne seraient pas les mêmes dans les échantillons réalisés au même endroit, ainsi en les cumulant, on obtient un échantillon de plus grande taille contenant un plus grand nombre d'espèces.

Aucune taille n'est en fait suffisante pour que toutes les espèces d'un peuplement naturel aient été inventoriées sauf à prélever le peuplement dans sa totalité (FRONTIER ET PICHOD-VIALE, 1990 in METALLAOUI 1999).

Sur la base du diagramme obtenu de la richesse taxonomique (Fig. 76a) pendant la période d'échantillonnage au niveau de treize sites, nous pouvons affirmer que la faune aquatique de ces sites est assez riche. Le nombre des taxa faunistiques (26 taxa) montre ainsi que les données recueillies présentent une grande variété faunistique.

La richesse taxonomique la plus élevée est observée à Chihani (18 taxons) et El Fedjoudj (17 taxons). Ce sont en fait des milieux de moyenne altitude caractérisés par un courant modéré et des températures estivales peu élevées. La grande diversité d'habitats de ces milieux permet le développement d'une communauté riche et variée.

Les sites moyennement riche en taxa faunistique (richesse 16 à 13 taxons) sont Salah Salah Salah, Zimba, Drean, Ain Makhoulouf, Mermoura, Hammam Debagh, Chenior, Medjez Amar Cherf; alors que la valeur réduite de la richesse spécifique (10 taxon) est notée au niveau de la station de Zemzouma (Fig. 76a). Cette baisse de diversité pourrait être liée à la pollution plus ou moins marquée dans cette station.

L'évolution mensuelle et saisonnière de la richesse taxonomique (Fig 76b, Fig 76c, Fig 76d, 76e, 76f, 76g) montre une grande variabilité. Cette variabilité pourrait être liée, d'une part à la température qui constitue un facteur limitant de développement d'un certain nombre d'espèce et d'autre part par l'impact anthropique (pâturage, bétail, pompage, etc.) plus ou moins marquée dans ces stations.

D'après les figures 76e, 76f, 76g, nous avons remarqué que La richesse taxonomique la plus faible pour la majorité des stations a été notée pendant le printemps

- A la haute Seybouse, la richesse taxonomique la plus élevée (10 taxons) a été notée à Medjez Amar Cherf et Hammam Debagh en automne et en hiver pendant les mois de novembre et décembre respectivement (Fig. 76b, 76e).

- Au niveau de la moyenne et la basse Seybouse, la richesse taxonomique la plus élevée (12 taxons) a été notée en été à El Fedjoudj (pendant le mois d'août) et à Chihani (pendant le mois de juin) (Fig. 76c, 76d, 76f, 76g).

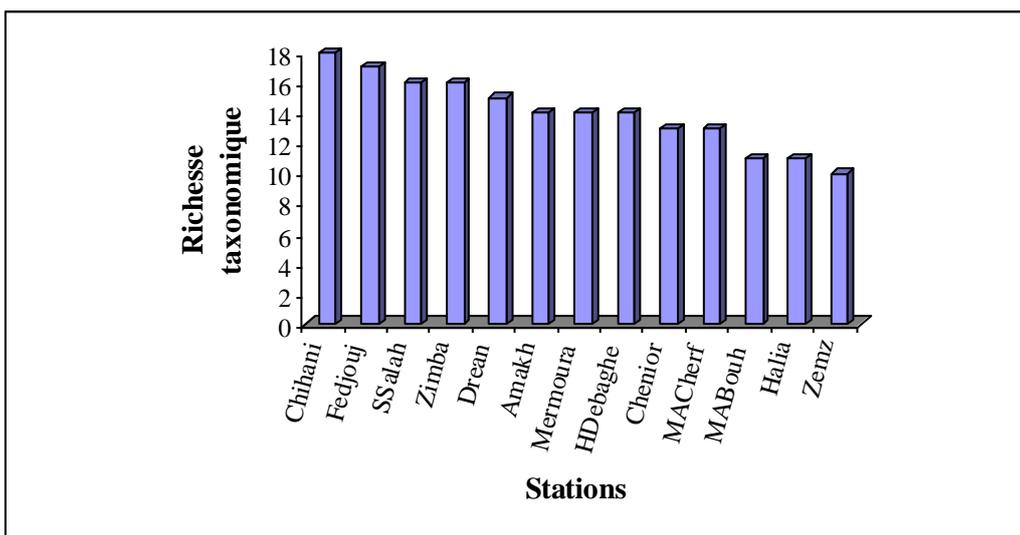


Figure 76a : Variation de Richesse taxonomique entre les stations étudiées

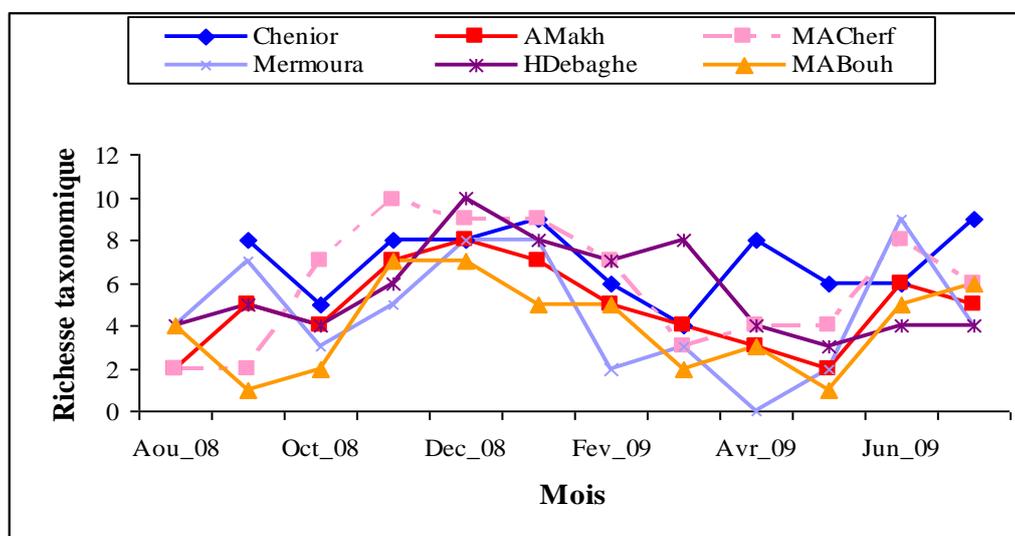


Figure 76b : Evolution mensuelle de la richesse taxonomique (Haute Seybouse)

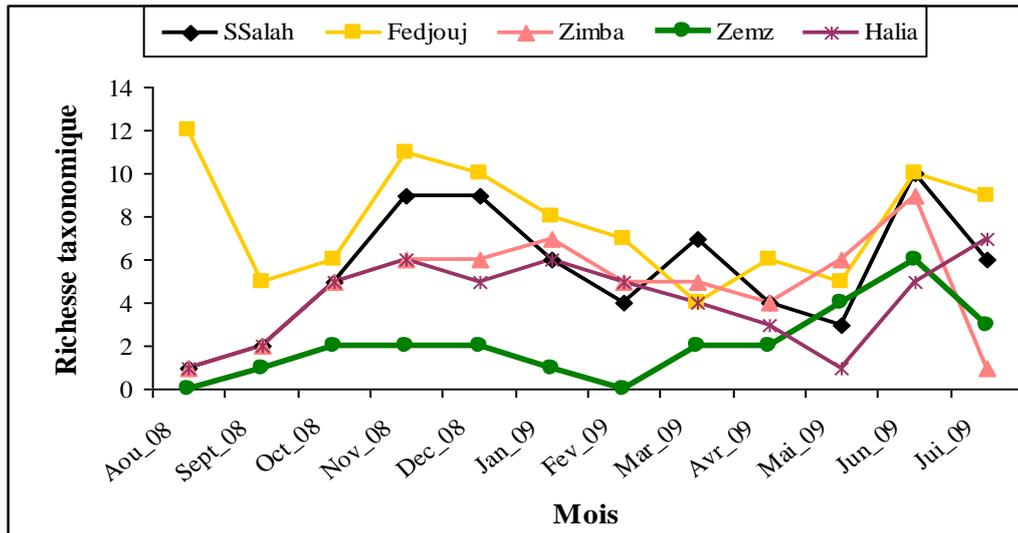


Figure 76c : Evolution mensuelle de la richesse taxonomique (Moyenne Seybouse)

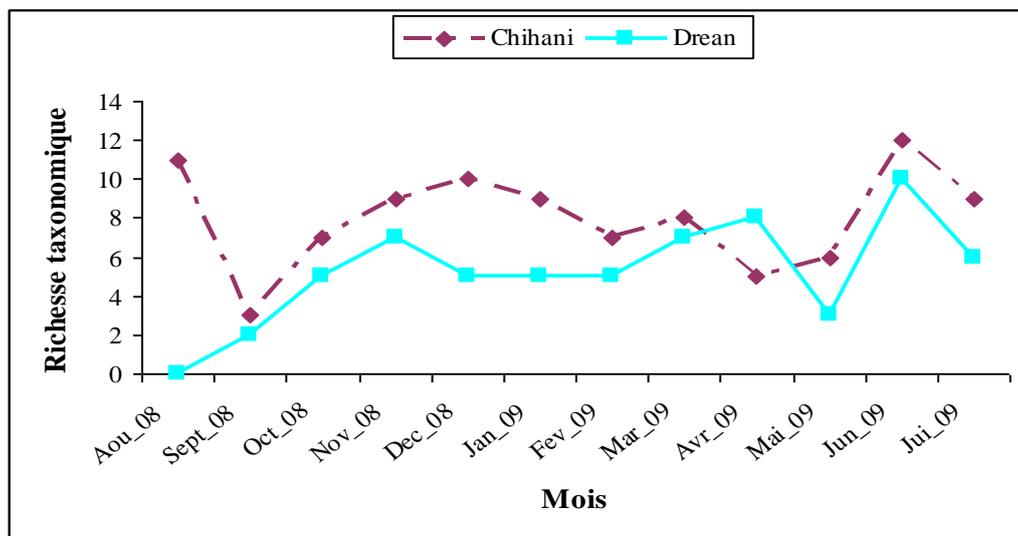


Figure 76d : Evolution mensuelle de la richesse taxonomique (Basse Seybouse)

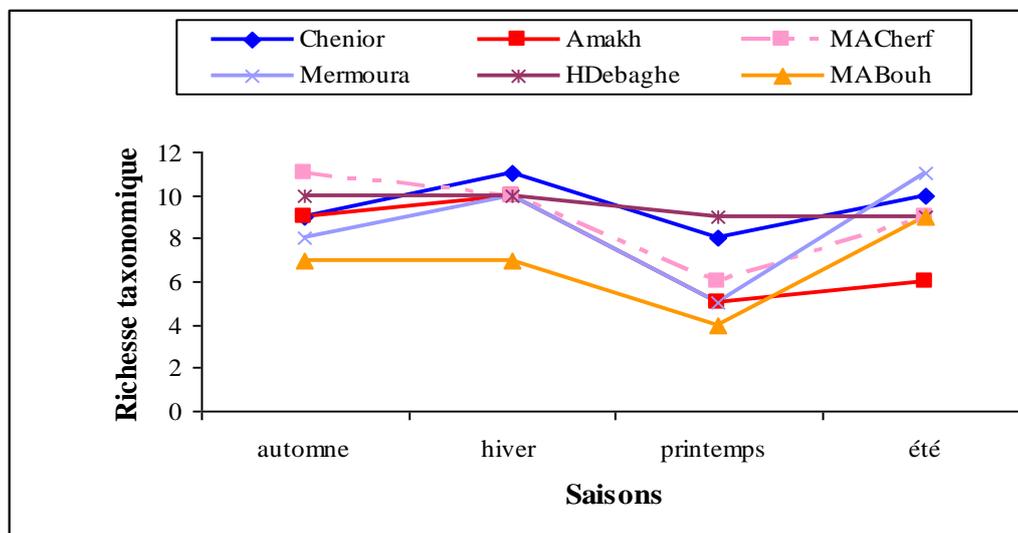


Figure 76e : Evolution saisonnière de la richesse taxonomique (Haute Seybouse)

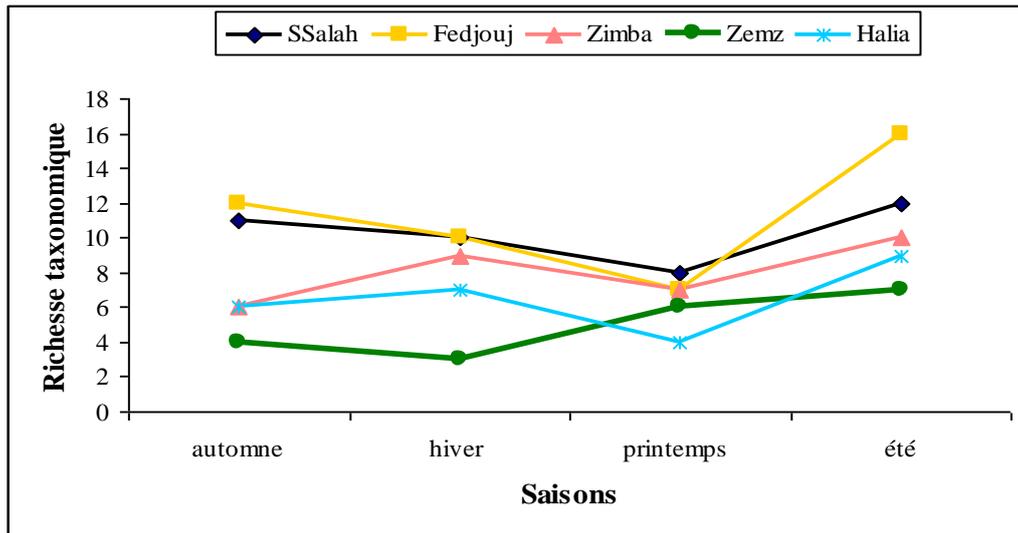


Figure 76f : Evolution saisonnière de la richesse taxonomique (Moyenne Seybouse)

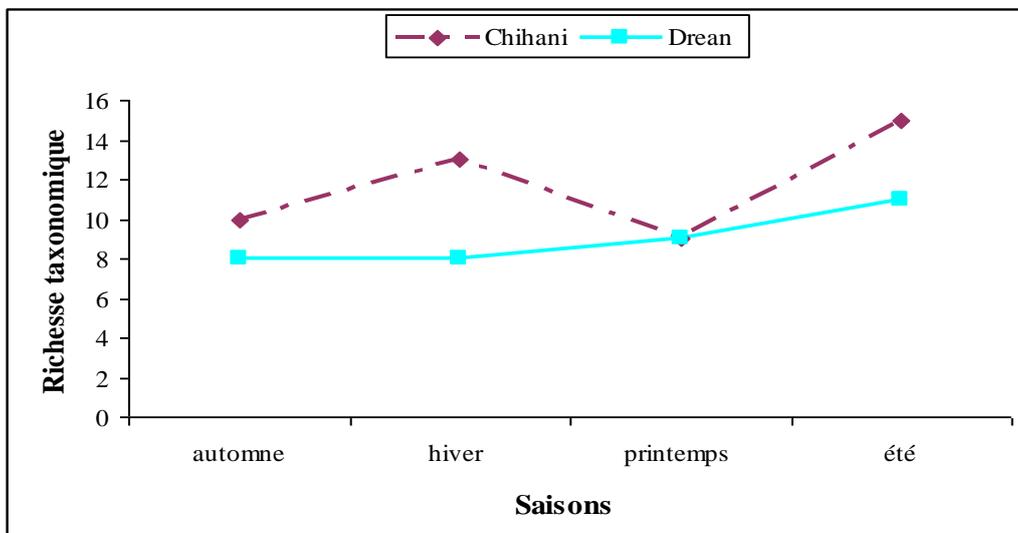


Figure 76g : Evolution saisonnière de la richesse taxonomique (Basse Seybouse)

4.2.4. Indice de diversité

L'indice de diversité de Shannon ainsi que l'équitabilité sont élevés dans la majorité des stations ce qui correspond à des conditions de milieux favorables permettant l'installation de nombreuses espèces.

Les résultats de la diversité (Fig. 77a) montrent que les valeurs maximales sont enregistrées dans les stations suivantes : Chihani, El Fedjouje, Hammam Debaghe, Chenior. Cependant les valeurs minimales sont également notées dans : Medjez Amar Bouhamdane, Salah Salah Salah et Zemzouma.

L'indice de Shannon a été calculé chaque mois et chaque saison pour chaque site (Fig. 77b, 77c, 77d, 77e, 77f, 77g).

- A la haute Seybouse l'indice de Shannon a atteint la valeur nulle à Medjez Amar Bouhamdane pendant le mois de Septembre (en automne) et le mois de mai (en printemps) ou tous les individus récoltés appartiennent à la même taxon (*Acentrella*).
- A la moyenne Seybouse l'indice de Shannon a atteint la valeur nulle pendant l'été à Salah Salah Salah, Halia (en août), et à Zimba (en août et juillet). La valeur maximale est enregistrée à El Fedjoudj pendant le mois de janvier.
- A la basse Seybouse la valeur maximale de l'indice de Shannon est notée à Chihani en été (pendant le mois de juin).

Par définition l'équitabilité E varie de 0 à 1 (DAJOZ, 1985 in METALLAOUI, 1999), l'équitabilité est pratiquement élevée pour la majorité des stations étudiées (Fig. 78a). Elle confirme les résultats de l'indice de Shannon. Elle atteint son maximum ($E=1$) pour les stations suivantes : Ain Makhoul pendant le mois d'août (Fig. 78b), Zemzouma en décembre (Fig. 78c) et Drean en septembre (Fig. 78d), les valeurs minimales sont enregistrées dans les sites : Medjez Amar Bouhamdane en automne (pendant le mois de septembre), Zemzouma en été (pendant le mois de juin), Salah Salah Salah en automne (pendant le mois de septembre) (Fig. 78b, 78c, 78e, 78f).

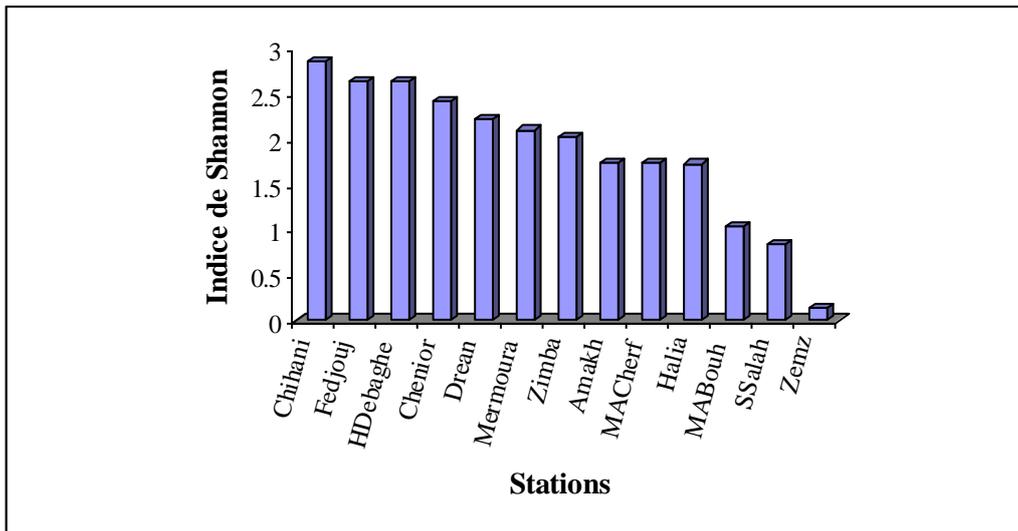


Figure 77a : Variation de l'indice de Shannon entre les stations étudiées

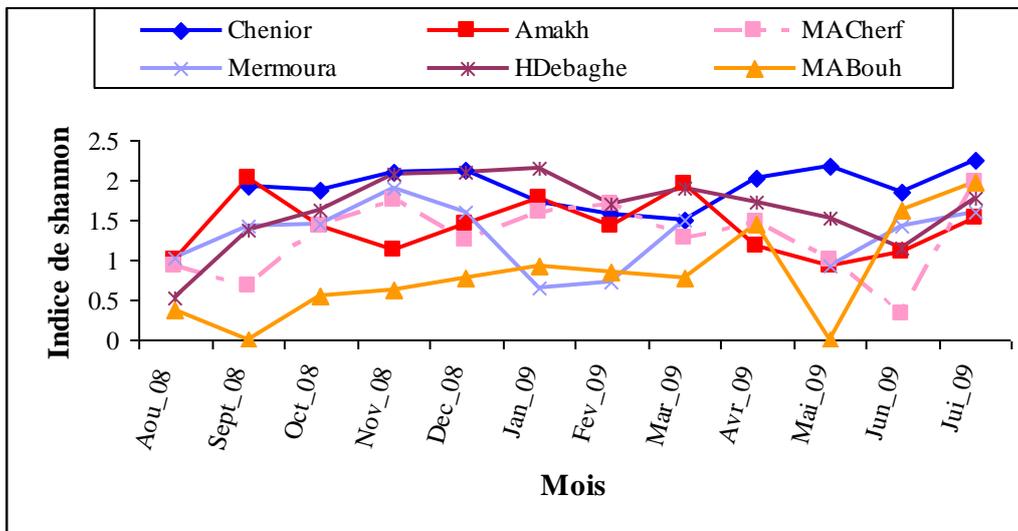


Figure 77b : Evolution mensuelle de l'indice de Shannon (Haute Seybouse)

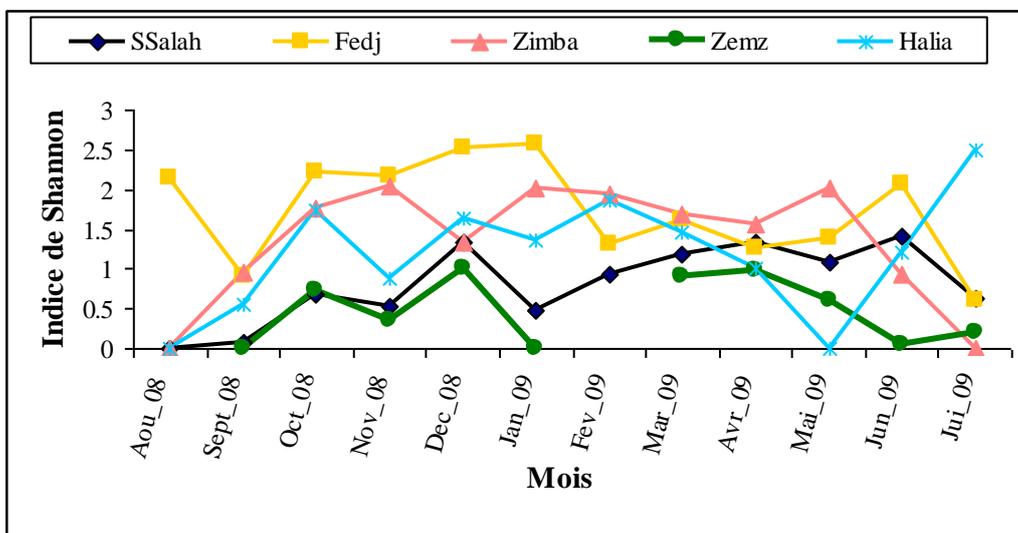


Figure 77c : Evolution mensuelle de l'indice de Shannon (Moyenne Seybouse)

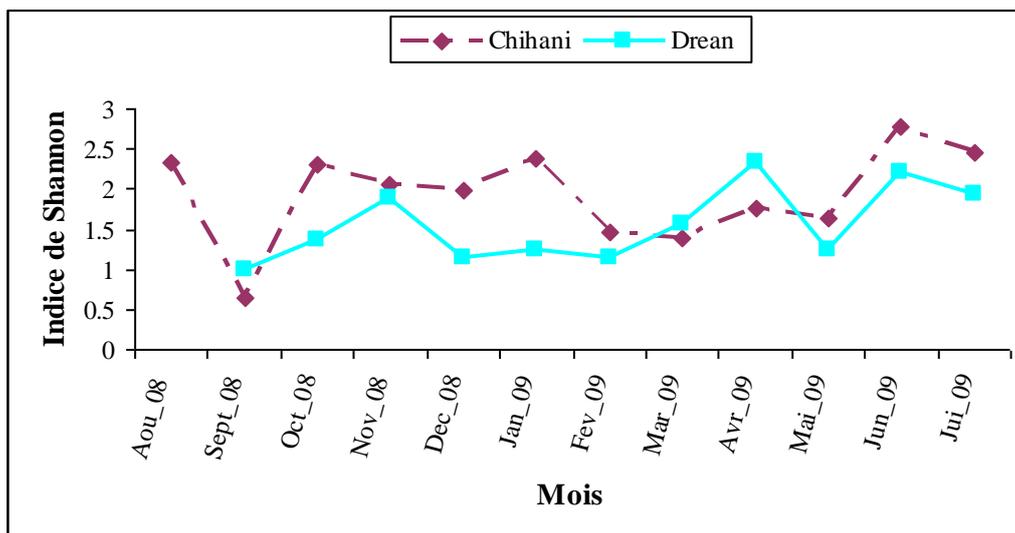


Figure 77d : Evolution mensuelle de l'indice de Shannon (Basse Seybouse)

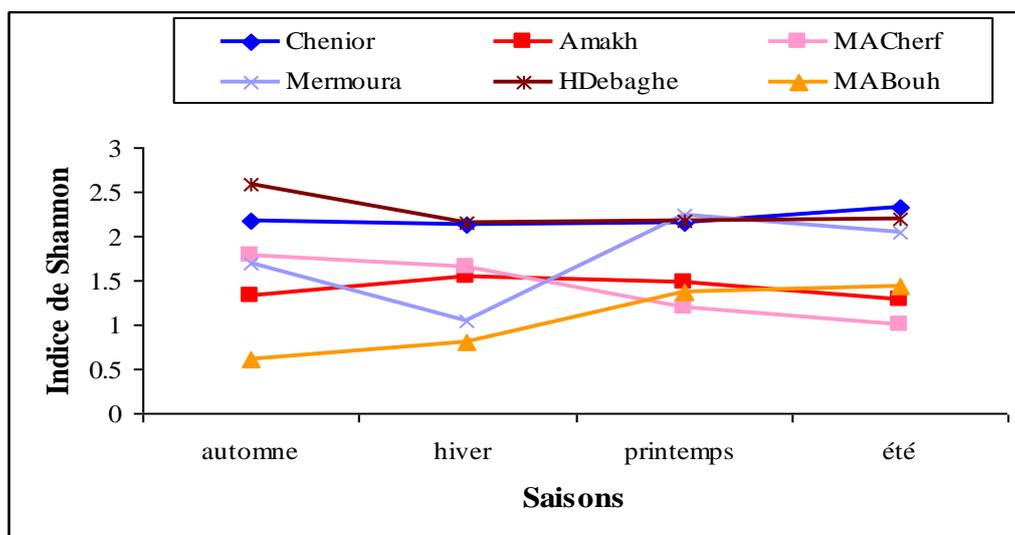


Figure 77e : Evolution saisonnière de l'indice de Shannon (Haute Seybouse)

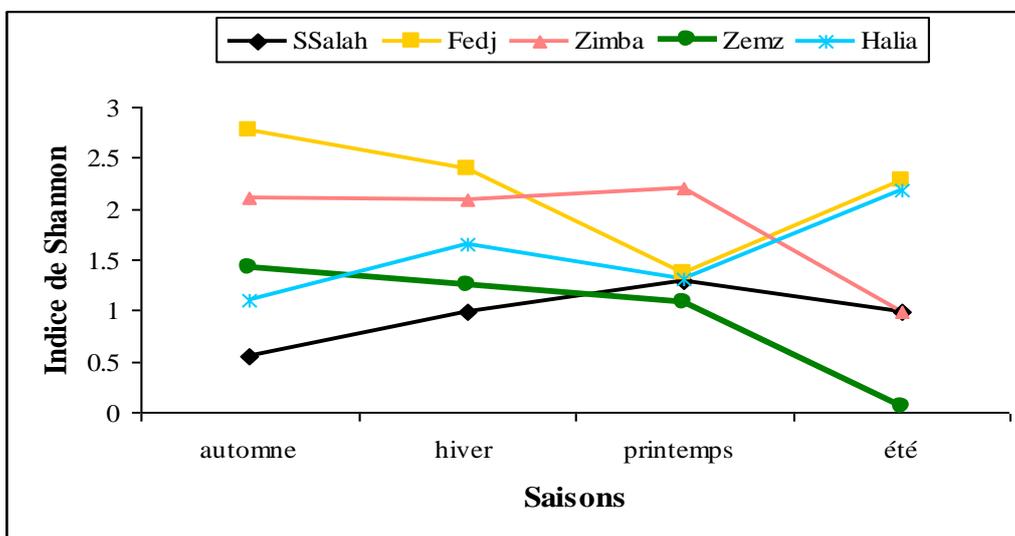


Figure 77f : Evolution saisonnière de l'indice de Shannon (Moyenne Seybouse)

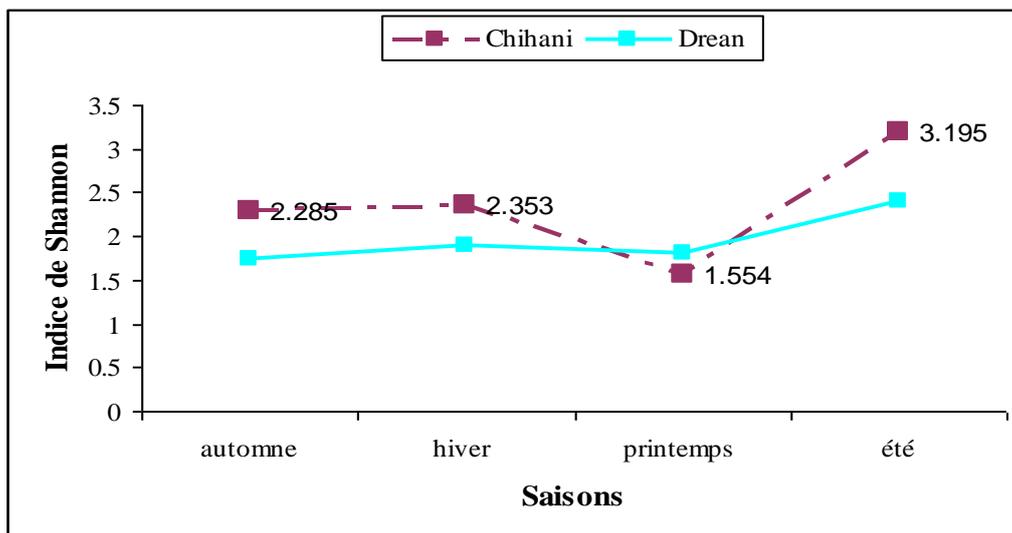


Figure 77g : Evolution saisonnière de l'indice de Shannon (Basse Seybouse)

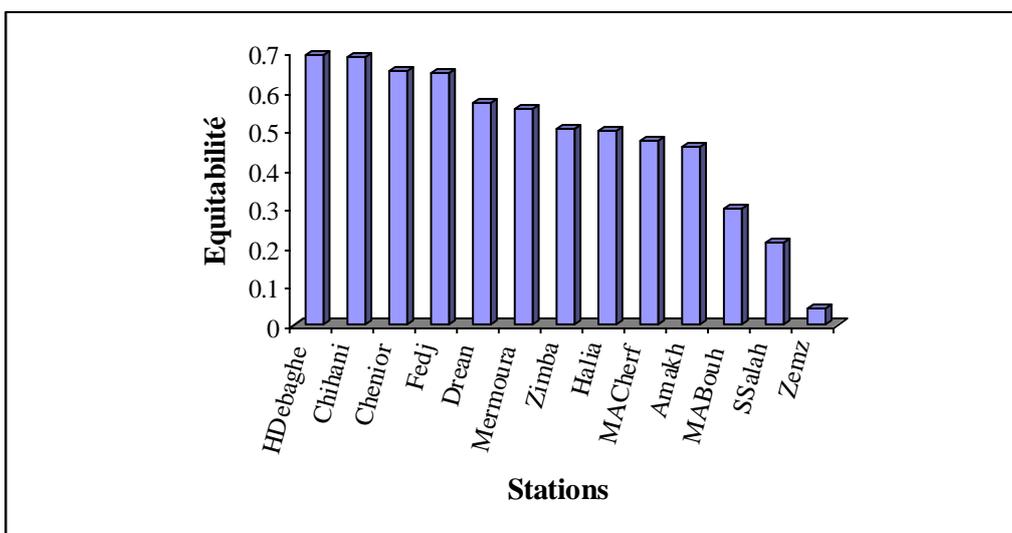


Figure 78a : Variation de l'équitabilité entre les stations étudiées

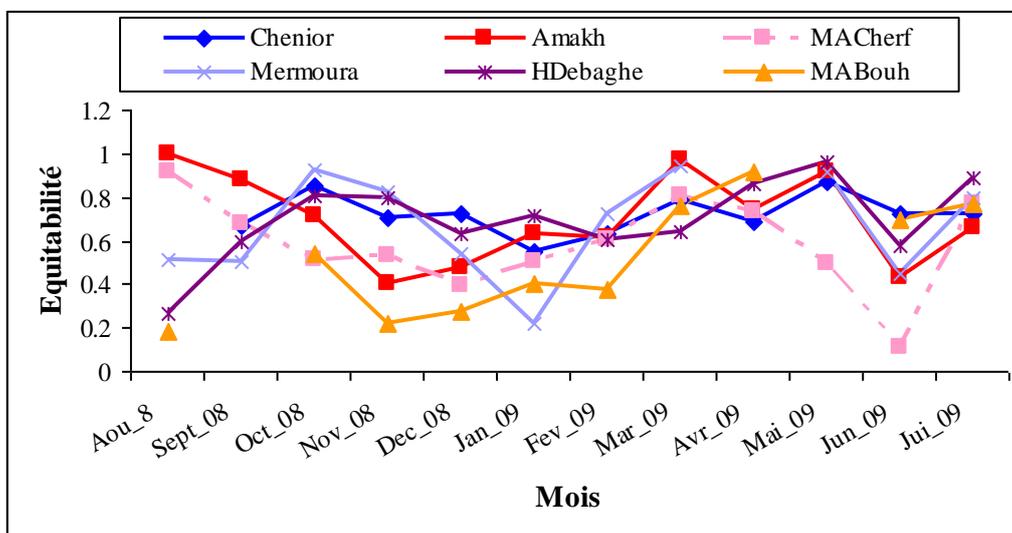


Figure 78b : Evolution mensuelle de l'équitabilité (Haute Seybouse)

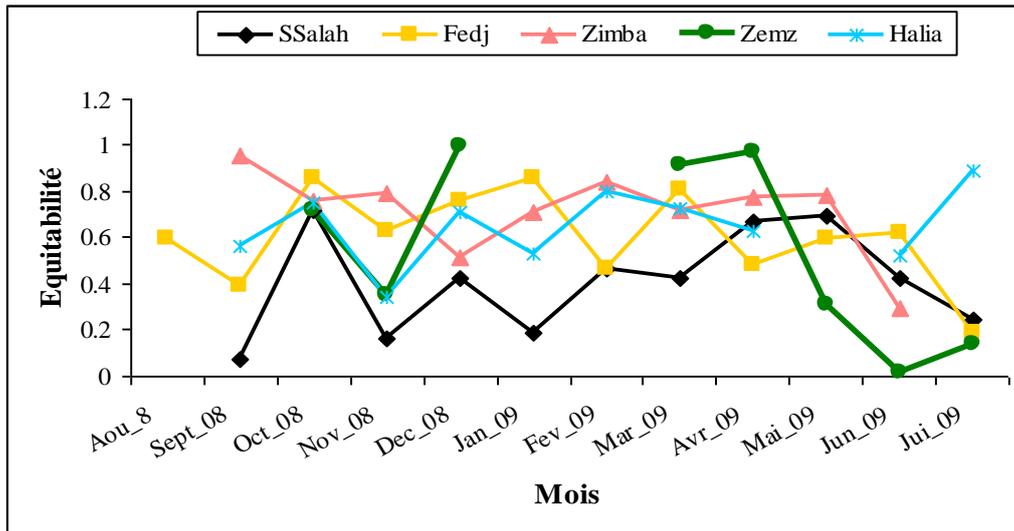


Figure 78c : Evolution mensuelle de l'équitabilité (Moyenne Seybouse)

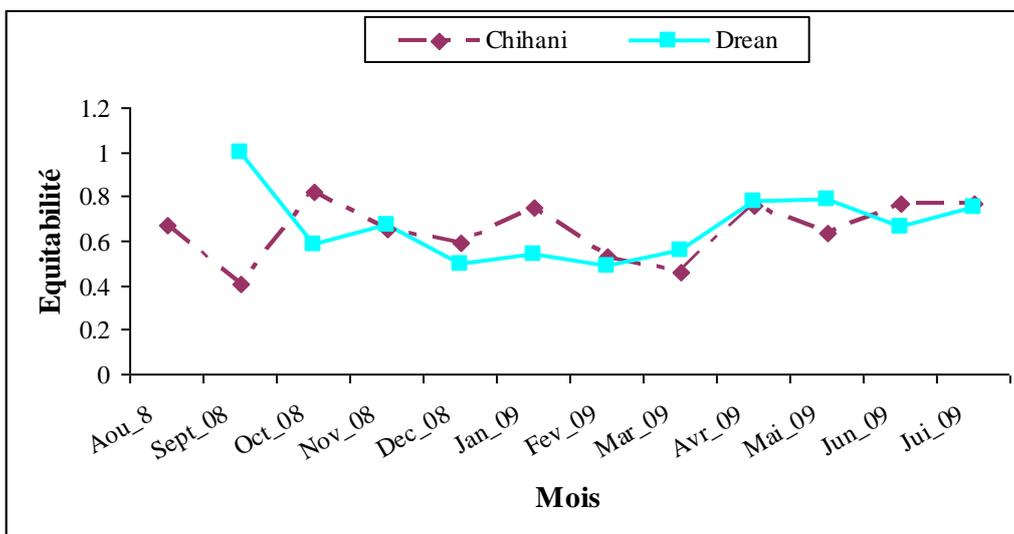


Figure 78d : Evolution mensuelle de l'équitabilité (Basse Seybouse)

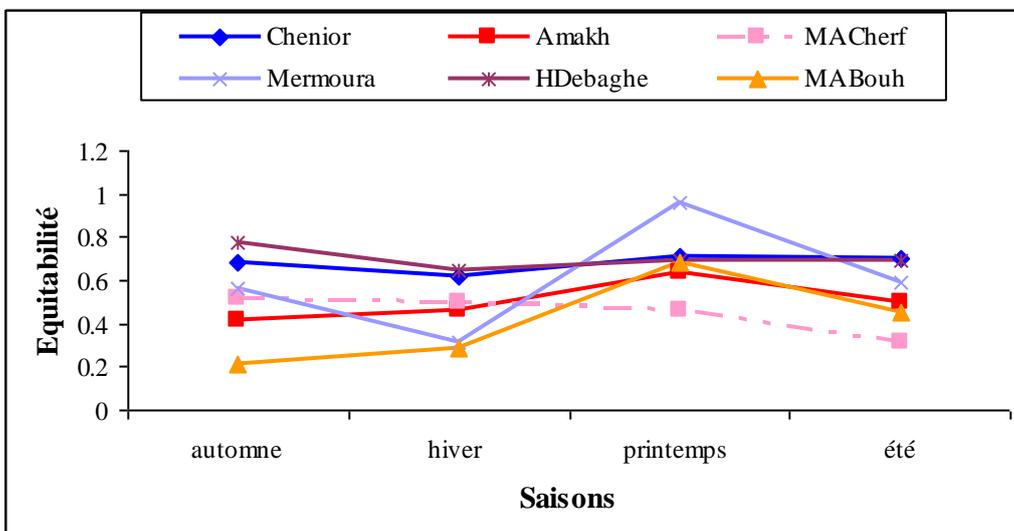


Figure 78e : Evolution saisonnière de l'équitabilité (Haute Seybouse)

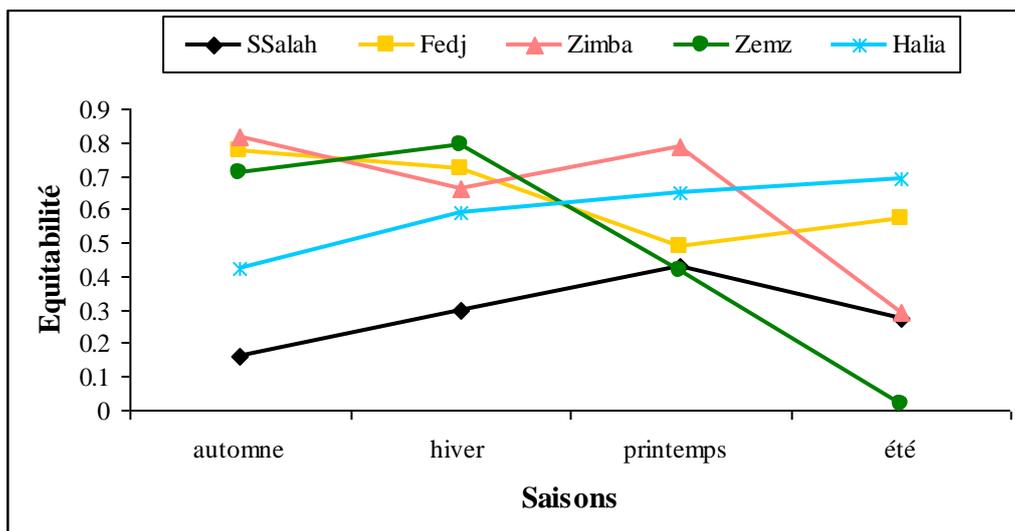


Figure 78f : Evolution saisonnière de l'équitabilité (Moyenne Seybouse)

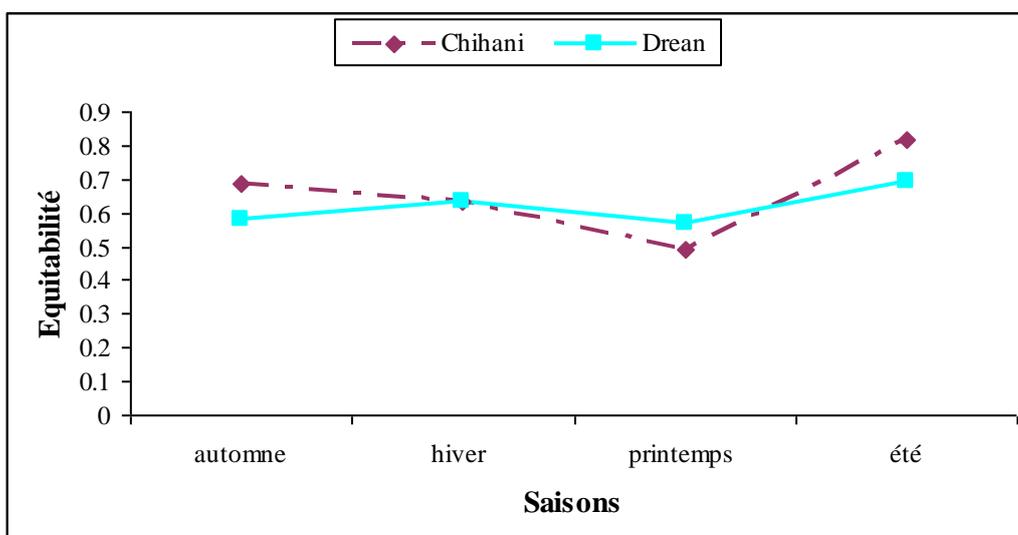


Figure 78g : Evolution saisonnière de l'équitabilité (Basse Seybouse)

4.2.5. Traitement des données faunistiques par l'AFC

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a été réalisée à l'aide d'un logiciel ADE-4 (CHESSEL et DOLEDEC, 1992). Nous avons réalisés une analyse de l'ensemble des relevés effectués durant la période d'échantillonnage (août 2008 – juillet 2009), formant une matrice de 24 taxa et 13 stations.

Pour des raisons de clarté des graphes de l'AFC, les taxa considérés comme rare et dont la fréquence d'observation est inférieure à trois ont été supprimés de l'analyse.

La majorité de l'information est contenue dans les quatre premiers axes qui contribuent respectivement à 29.92%, 20.76%, 18.60% et 15.50% de l'inertie totale.

Plan 1x2

Désigne les deux premiers axes factoriels (Fig.79a).

L'axe 1 : montre l'effet de la nature du substrat sur la distribution des espèces faunistiques.

- Limons-sable fin-algue : Zimba, Salah Salah Salah, Medjez Amar Bouhamdane, El Fedjoudj, Hammam Debagh abritant une population des taxa herbivores ou détritivores comme les Hydroptilidae et les Psychomyidae. Ces taxa nous avons les rencontrer dans la végétation macrophytique que sur les pierres recouvertes d'un tapis algal.
- Sable grossier/ gravier : Chihani, Ain Makhoulf, Halia, Medjez Amar Cherf, Drean, Chenior, Mermoura abritant une population d'Hydroptilidae qui sont devenus carnivores dans les stades plus âgés. La station de Mermoura qui est caractérisée par la pauvreté en végétation aquatique, abrite les Ecnomidae qui ont un régime alimentaire exclusivement composé d'invertébrés.

L'axe 2 : Cet axe distingue clairement les sites les plus équilibrés (équitabilité élevée) : Hammam Debagh, Chenior, Drean, El Fedjoudj...etc. des sites les moins équilibrés : Medjez Amar Bouhamdane, Salah Salah Salah, Zemzouma.

Plan 2x3

L'axe 3 : il sépare les stations selon la vitesse du courant (Fig. 79b).

- les sites qui ont une vitesse du courant très élevées : Chenior, El Fedjoudj, Hammam Debagh...abritent des familles très associée à ce type de milieu : Hepagenidae, Hydroptilidae. La station de Hammam Debagh est séparée des

stations précédemment citées à cause de la présence de la famille rare des Rhyacophilidae et l'abondance des Bivalves.

- la vitesse la plus faible est enregistrée à la station de Zimba qui est caractérisée par l'abondance du genre *Cloeon* et *Hbrophlebia*, la bibliographie confirme l'affinité de ces genres aux eaux stagnante ou lente. Nous avons remarqué aussi que les eaux de cette station sont non polluées, pas ou peu turbides, à minéralisation faible et avec une abondance des débris végétaux ce qui explique la présence des Plécoptères dans cette station.
- La station de Mermoura qui présente une forte baisse de leur débit et une vitesse nulle à partir du mois d'août jusqu'au le mois d'octobre abrite des taxons très associées aux milieux lentique : Leptophlebidae et *Choroterpes*.

Plan 3x4

L'axe 4 : cet axe sépare clairement les sites les plus riches en taxa et les plus propres : Chihani et El Fedjoudj des sites les plus pauvres en taxa et les plus pollués : Halia Medjez Amar Bouhamdane et surtout Zemzouma qui est caractérisé par un degré de pollution potentielle due au bétail, aux lavage des légumes et voitures, aux activités agricoles et aux rejets urbains et industriels (Fig. 79c).

En résumé, cette analyse multi- variée nous a permis de proposer une corrélation préliminaire basée sur les taxons faunistiques et les variables abiotiques caractérisant les stations visitées selon les facteurs suivants:

Le substrat ;

L'équitabilité ;

La vitesse du courant.

La richesse taxonomique ;

La pollution.

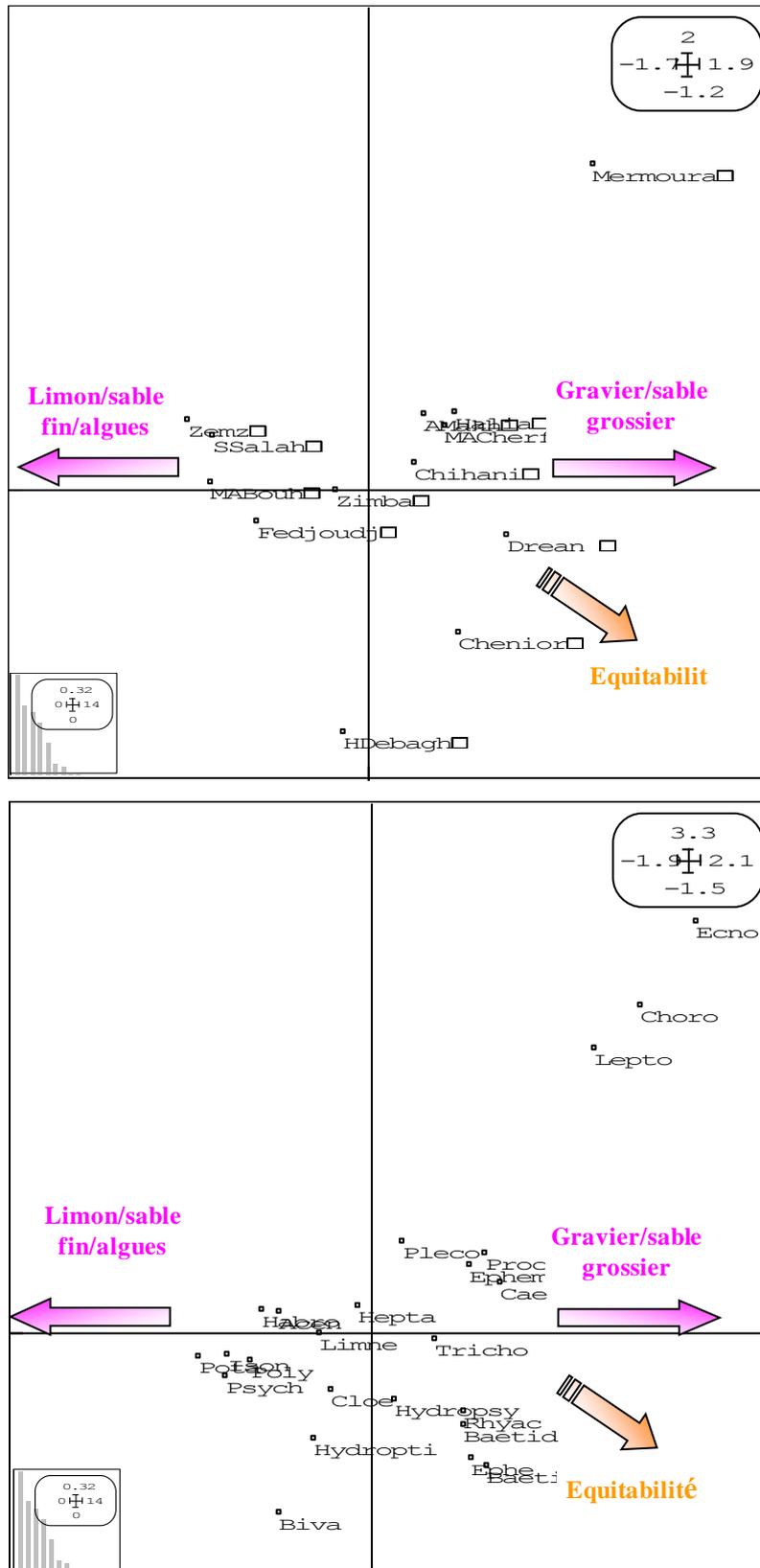


Figure 78a. Plan 1x2. Analyse factorielle des correspondances (AFC), (20 taxa et 13 stations)

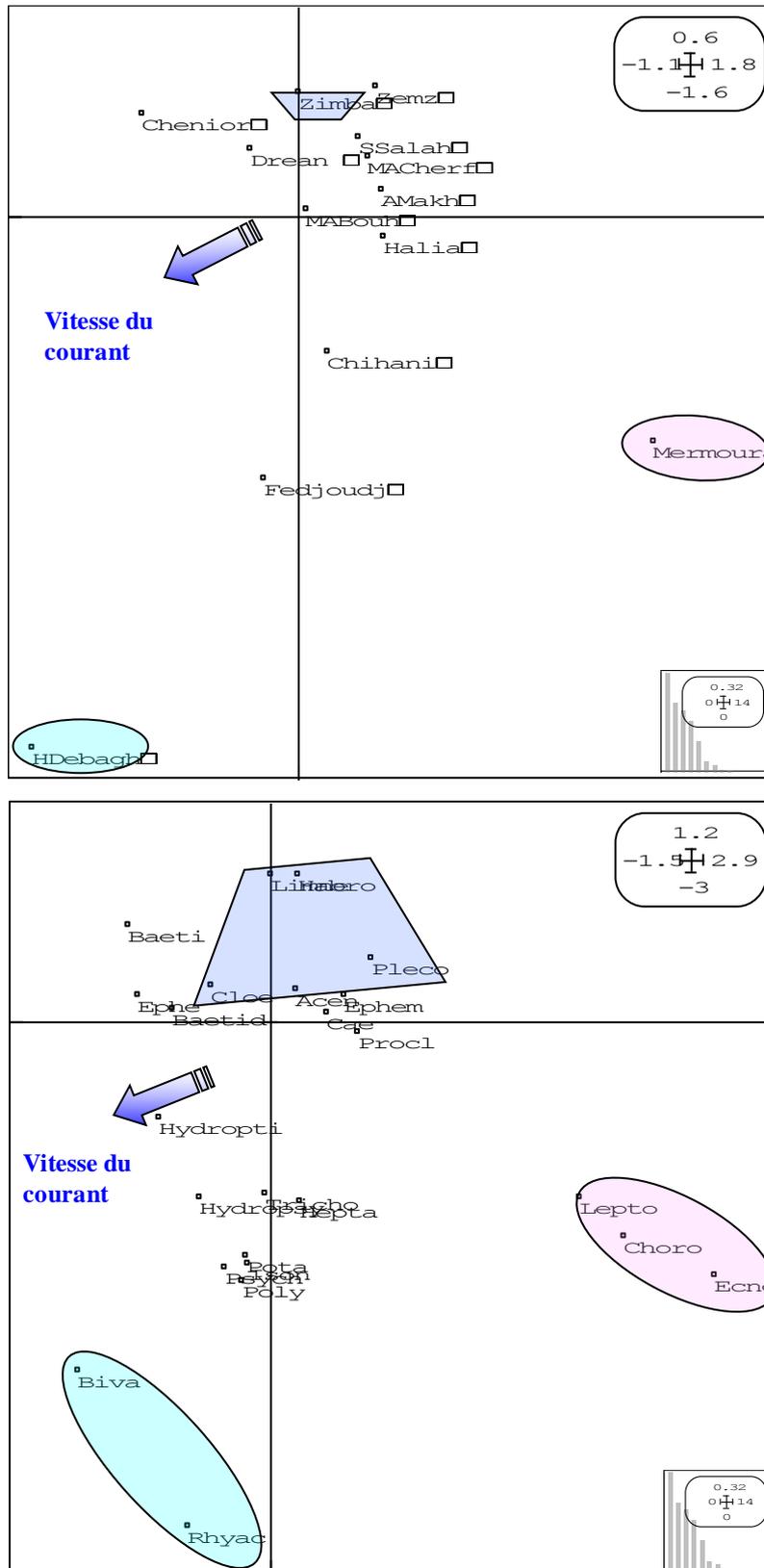


Figure 78b. Plan 2x3. Analyse factorielle des correspondances (AFC), (20 taxa et 13 stations)

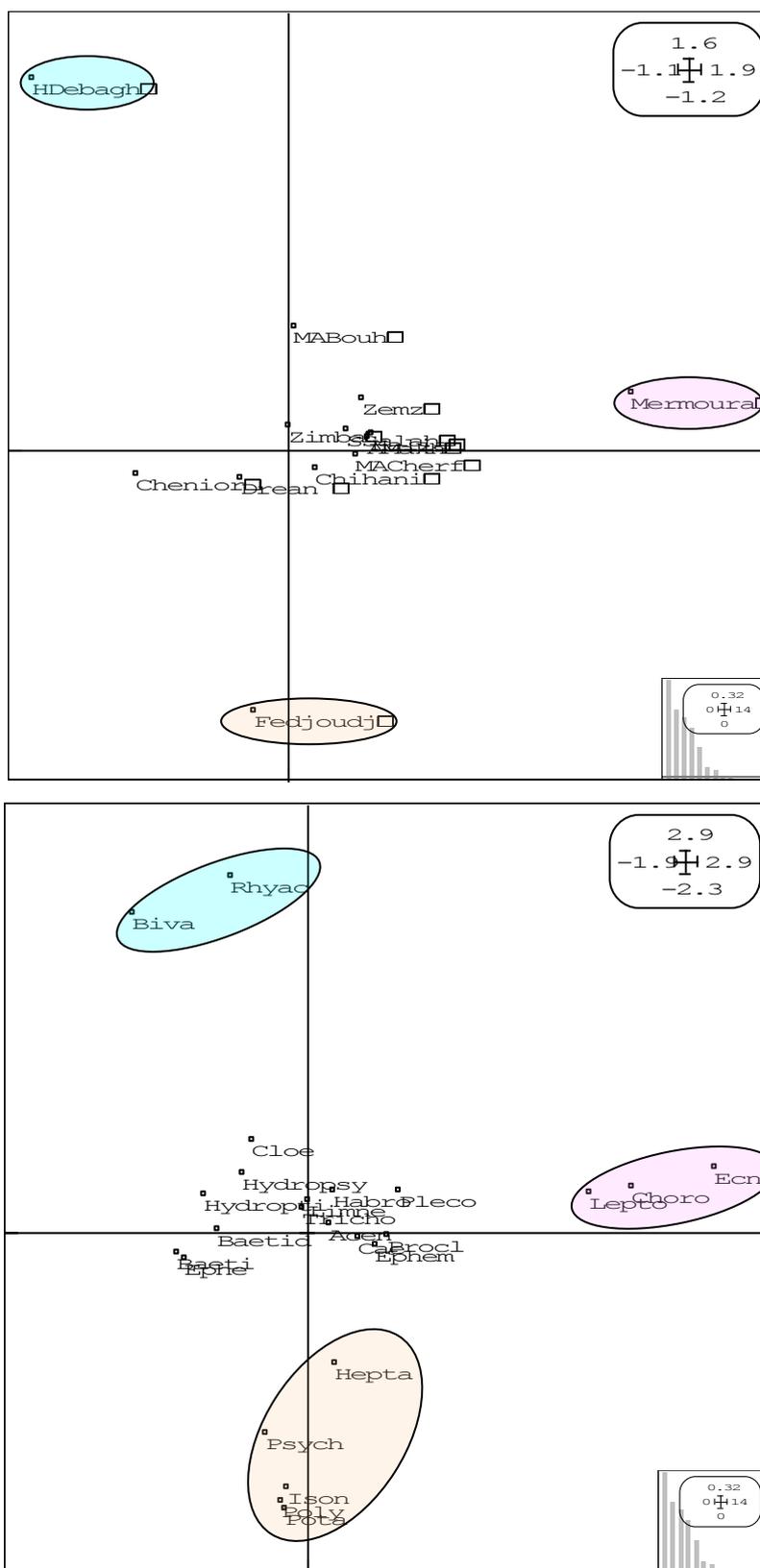


Figure 78c. Plan 3x4. Analyse factorielle des correspondances (AFC), (20 taxa et 13 stations)

4.2.6. Comparaison avec les résultats des travaux similaires

Il est maintenant nécessaire de comparer nos résultats aux observations quelquefois plus fragmentaires que les nôtres réalisés dans d'autres milieux aquatiques algériens.

Sur l'ensemble des taxons recensés, l'ordre des Ephemeroptères présente une large répartition altitudinale. Il colonise toutes les stations prospectées, en altitude et en plaine aussi bien dans les zones des cours d'eau rapide que les sections à courant faible. Nous l'avons récolté dans tous les types de biotopes indépendamment de la nature du substrat et de la vitesse du courant. Cette constatation est en accord avec celle de KHETTAR (2009) dans oued El Hammam, Nord Ouest de l'Algérie. Selon ce même auteur, il n'existe pas de variation d'abondance de cet ordre selon un gradient altitudinale.

La phénologie des taxa du bassin de la Seybouse montre que l'ordre des Ephemeroptères est présent sur tous les mois de l'année, il est fort probable qu'il s'agit de plusieurs espèces multivoltines, ce qui est conforme aux résultats de ARAB (2004) dans les deux réseaux hydrographiques Chelif et Mazafran, et BOUCENNA *et al* (2009) dans les mares temporaire de la Numidie orientale (cycle 2007-2008), par contre METALLAOUI (1999) dans les mares endoreiques et temporaires d'El Kala a signalé qu'il y a une légère rupture au mois de juin.

Les Leptophlebiidae et les Heptageniidae semblent avoir une large valence écologique. Nous avons noté leur abondance dans presque toutes les stations et à différentes altitudes. Ces résultats sont différents de ceux trouvés par KHETTAR (2009) dans oued El Hammam, Nord Ouest de l'Algérie, qui a montré que ces deux familles ne colonisent que les stations amont du réseau hydrographique.

Le peuplement de macroinvertébrés récolté dans l'oued Seybouse et ses affluents est marqué par la rareté des Plécoptères. Ce groupe connu par sa forte polluosensibilité a été trouvée pour la première fois par Bouchelaghem El Hadi en 2007 à Ain Makhoulouf (596, 9 m d'altitude), ensuite nous l'avons trouvé à Mermoura (480 m d'altitude) le 10 janvier 2009 puis à Zimba (290m d'altitude) le 10 mars 2009 et le 03 mai 2009.

Enfin, il faut signaler que la difficulté de comparaison de ces résultats avec les nôtres réside dans le fait que notre niveau d'identification des taxa est l'ordre, la famille ou le genre alors que c'est l'espèce dans le cas de ARAB (2004) et l'ordre dans le cas de METALLAOUI (1999) et BOUCENNA *et al* (2009). Aussi, certains de nos taxa sont absents dans les listes de ces auteurs.

Conclusion

Notre travail qui a duré une année (août 2008 - juin 2009) entre dans le cadre de la connaissance de la faune des Ephéméroptères, Trichoptères, Plécoptères et Bivalves de Oued Seybouse.

Cette étude nous a permis de recenser un peuplement faunistique constitué de 36427 individus appartenant à 2 classes d'invertébrés: Insectes et Bivalves. La classe des Insectes représente le groupe dominant avec 98,82 % de l'effectif total représenté par 3 groupes que sont par ordre décroissant d'abondance les Ephéméroptères, les Trichoptères et les Plécoptères.

Dans cette étude, nous avons marqué la présence dans certaines stations des taxa: Plécoptères, Leptophlebiidae et Ephemeridae, reflète une meilleure qualité de l'eau dans ces stations.

Le calcul de la richesse spécifique, des indices de diversité de Shannon et l'Equitabilité montre que la majorité des stations étudiées regroupent une faune très diversifiée et qui s'adapte aussi bien que possible aux variations des milieux. Ces indices révèlent aussi un point très important qui est la détérioration de la qualité des eaux étudiées à la station de Zemzouma qui est la station la plus polluée.

Beaucoup reste à faire, et le travail que nous présentons, n'est qu'une contribution à une meilleure connaissance de l'un des plus grands bassins versants d'Afrique du nord : la Seybouse.

Il apparaît donc, que les résultats trouvés ont été suffisamment encourageants et pourraient servir de référence pour des études à long terme, en englobant les milieux lenticques.

Les macroinvertébrés et plus particulièrement les Baetidae reflètent l'altération physicochimique des eaux. En vue de leur utilisation dans le suivi de la qualité des eaux nous préconisons:

- L'inventaire de la biodiversité des macroinvertébrés (Baetidae en particulier) et l'établissement d'une faune de référence ;
- L'amélioration des conditions d'échantillonnage de façon à mettre en place une méthode plus standardisée applicable à différents régimes ;
- L'utilisation de Baetidae, assez répandus le long dans l'oued ; pour suivre la qualité des eaux.

Références

bibliographiques

- Agence des Bassins hydrographiques –Constantinois - Seybouse – Mellegue, 1999. Cahiers de l'agence (ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire).

- Agence des Bassins hydrographiques –Constantinois - Seybouse – Mellegue, 2002. Cahiers de l'agence (ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire).

- AIT HAMLAT S, 1998. Contribution a l'étude de la qualité de huit oueds de la wilaya d'El Tarf : aspect microbiologique et écologique. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba.

- ANGELIER E, 2003. Ecologie des eaux courantes. Ecologie. Tec et Doc. Paris.

- ARAB A, 2004. Recherche faunistique et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chelif et du Bassin du Mazafran. Thèse de Doctorat. Université Houari Boumediène.

- BOUCENNA N, BOUYEDDA, N, et GUEBAILIA A, 2009. L'étude écologique des mares temporaires de la Numidie orientale (2007-2008). Mémoire d'Ingénieur. Université 08 Mai Guelma.

- Bouchard R-W, 2004. Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN.

- BOUCHELAGHEM E, 2008. Caractérisation du peuplement Odonatologique du bassin versant des Oueds : Cherf – Seybouse. Mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma.

- BOUMAIZA M, et THOMAS A.G.B, 1986. Répartition et Ecologie des Ephéméroptères de Tunisie (1^{ère} partie) (Insecta, Ephemeroptera), *Archs Inst. Pasteur Tunis*, 567-599 pp.

- CHAIB N, 2002. Contribution à l'étude écologique et hydrochimique de quelques hydrosystèmes de la Numidie (Région d'El Kala et de Guerbès-Sanhadja). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba.

- CHAKRI KH, 2007. Contribution à l'étude écologique de *Daphnia magna* (Branchiopoda : Anomopoda) dans la Numidie, et inventaire des grands Branchiopodes en Algérie. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba.

- CHESSEL D et DOLEDEC S, 1992. ADE software. Multivariate analysis and graphical display for environmental data (version 4). Univ. Lyon.

- CHINERY M, 1984. Les insectes d'Europe en couleur. Borda. Paris.

- DAJOZ R, 2003. Précis d'écologie. Cours et exercices résolus. Dunod. Paris.

- DEBIECHE T-H, 2002. Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat. Université de constantine.

- DIA A et THOMAS A, 2005. Sur la répartition et l'écologie des Ephémères et des Coléoptères Elmidae du Liban Méridional (Ephemeroptera et Coleoptera). *Ephemera*. 5: 95-109.

- DJABRI L, 1996. Mécanisme de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de Doctorat. Université de Annaba.

- DOMINIQUE Y, THOMAS A et HOREAU V, 2005. Les Ephémères de la Guyane Française. 13. *Corinna eximia* n. gen, n. sp. Ephemeroptera, Baetidae. *Ephemera*. 6: 73-83.

- DOMINIQUE Y, THOMAS A, DAUTA C, et HOREAU V, 2000. Les Ephéméroptères de la Guyane Française .4. Premier complément à l'inventaire générique, à but de biosurveillance: les Baetidae Ephemeroptera. *Ephemera*. 2: 93-103.

- EL AGBANI M ; DAKKI M et BOURNAUD M, 1992. Étude typologique du Bou Regreg (Maroc) : Les milieux aquatiques et leurs peuplements en macroinvertébrés. *Bull. Ecol.*, t. 23: 103-113.
- ENGELHARDT W, 1998. Guide vigot de la vie dans les étangs, les ruisseaux et les mares. Vigot. France.
- FAESSEL B, 1985. Les Trichoptères : données biologiques, éthologiques et écologiques. Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres de France. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 299.41 pp.
- GAGNON E et PEDNEAU J, 2006. Sur vol benthos. Guide du volontaire. Programme de surveillance volontaire des petits cours d'eau. CVRB. Québec.
- GATTOLIA J-L, 2002. Etude systématique, cladistique et biogéographique des Baetidae (Ephemeroptera) de Madagascar. Thèse de Doctorat. Université de Lausanne.
- GIUDICELLI J et DAKKI M, 1980. Les Agapetus du Maroc- Description de deux espèces nouvelles (Trichoptera, Glossomatidae). *Bijdragen tot de Dierkunde*, 50: 227-234.
- GLEMET R, THOMAS A, et HOREAU V, 2005. Colonisation de substrats artificiel par les Ephémères dans des ruisseaux et rivières de Guyane Française : résultats préliminaires Ephemeroptera. *Ephemera*. 6: 85-107.
- GNOHOSSOUS P-M, 2006. La faune benthique d'une lagune Ouest Africaine (Le lac Nokoue au Bénin), diversité, abondance, variations temporelles et spatiales, place dans la chaîne trophique. Thèse de Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse.
- JEAN K, POIRIER I et SAVARD CH, 2007. Surveillance biologique de la rivière à mars à l'aide des macroinvertébrés benthiques. Cobram. Québec.

- KHETTAR S, 2009. Etude des peuplements de macroinvertébrés et des conditions de milieu de l'oued El Hammam (W. Mascara et Saida). Thèse de Magister. Université Houari Boumediene.
- Le DOARE J, 2006. Inventaire des Plécoptères de France : premier bilan. n° 141: 25- 29.
- LOUNACI A et VINÇON G, 2005. Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du Nord (Plecoptera). *Ephemera*. 6: 109-124.
- MASIAC Y, 2003. Les insectes : origines – morphologie – modes d'alimentation – reproduction – les insectes et les végétaux – comment les reconnaître, etc. Bordas. Paris.
- MCGAVIN G, 2000. Insectes Araignés et autres arthropodes terrestres 600 espèces photographiées et décrites. Bordas. Singapour.
- METALLAOUI S. 1999. Etude écologique des mares endoréiques et temporaires. Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar. Annaba.
- MOISAN J, 2006. Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs.
- MOUTHON J, 2001. Les Mollusques Dulcicoles - Données biologiques et écologiques. Clés de détermination des principaux genres de Bivalves et de Gastéropodes de France. Institut des Sciences Naturelles, Place Leclerc.
- NADJI S, 2004. Variations saisonnières et annuelles de quelques paramètres biométriques et biochimiques chez trois espèces de Bivalves pêchées au niveau d'une lagune saumâtre, lac El-Mellah, El Kala. Mémoire de Magister. Université de Annaba.
- OZENDA P, 1982. Les végétaux dans la biosphère. Doin. Paris.

- RAMADE F, 1984. Élément d'écologie. Écologie fondamentale. Graw. Paris.

- REJSEK F, 2002. Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Scérén. France.

- RODIER J; BAZIN C; BROUTIN J.-P; CHAMBON. P et CHAMPSAUR, R-L, 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod. Paris.

- SATHA A, 2008. Caractérisation du peuplement odonatologique des Bassins versants de Bouhamdane et Seybouse. Mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma.

- TACHET H; RICHOUX PH; BOURNAUD M; et USSEGLIO-POLATERA PH, 2000. Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. C.N.R. Paris.

- THOMAS A.G.B et GADEA E, 1983. Ephéméroptères du Sud-Est de la France. II. Catalogue provisoire des espèces recensées. Extrait des Annales de la Société des Sciences Naturelles et d'Archéologie de Toulon et du Var. N° 35: 151- 160.

- THOMAS A.G.B et MOHATI A, 1985. *Rhithrogena ourika* n. sp., Ephéméroptère nouveau du Haut Atlas marocain (Heptageniidae). *Annls Limnol.* 21: 145-148.

- THOMAS A, 1998. A provisional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). *Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse*, 134: 13-20.

- THOMAS A.G.B et DIA A, 1983. *Baetis bisri* n. Sp., Ephéméroptère nouveau du Liban (Baetidae). *Annls Limnol.* 19: 213-217.

- THOMAS A.G.B et SARTORI M, 1989. Contribution à la connaissance du genre *Baetis* Leach, 1815 en Corse (Ephemeroptera; Baetidae). *B. albinatii* nov. Sp. Du groupe *muticus* (L). *Annls Limnol.* 25: 131-137.

-TOUATI L, 2008. Distribution spatio-temporelle des Genres *Daphnia* et *Simoncephalus* dans les mares temporaires de la Numidie. Mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma.

- TOUZIN D, 2008. Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Université Laval.

- VAN DAMME D, 1987-1988. Kwartaire distributie, biogeographie, paleoecologie en evolutie van de noordafrikaanse zoetwatermolluken. Faculteit Wetenschappen Rijksuniversiteit Gent Academiejaar.

Références Internet

[1] : RICHARD S, 2006. Rencontre avec les insectes aquatiques. Actualité. Écologie lécho du radier.

http://www.fischereiberatung.ch/Site_abAugust2006/downloads/Artikel/MacroInv_Art2_PSn64.pdf – (08/11/2008).

[2] : RAMEL A, 2000. Ordre des Plécoptères ou Perlides.

<http://aramel.free.fr/INSECTES8bis.shtml> (12/10/2008).

[3] : Anonyme, 2001. Les Trichoptères.

<http://images.google.fr/images?hl=fr&q=fourreaux+des+Trichopt%C3%A8res&gbv=2&aq=o&oq=> (15/01/2009).

[4] : Anonyme, 2007. Des bijoux de Trichoptères.

<http://www.quebecpeche.com/forums/index.php?s=3ba911d28650f70b405cb67c8bf8896a&showtopic=29592&st=45&p=373845&#entry373845> (20/02/32009).

[5] : RAMEL A, 2000. Ordre des Trichopteres ou "Phryganes", des papillons ternes sans écailles !

<http://aramel.free.fr/INSECTES12bis.shtml> (14/07/2008).

[6] : Anonyme, 2005. Les Trichoptères.

<http://pagesperso-orange.fr/euriguide/sedges.html> (25/12/2008).

[7] : LACROIX. B, 2007. Les Trichoptères.

<http://www.sciencepresse.qc.ca/node/19127> (20/09/2008).

Résumés

On a pu réaliser l'inventaire des quatre taxons Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera et Bivalva de Oued Seybouse et compris ses deux principaux affluents Cherf et Bouhamdane. Ce travail est original, pour autant qu'aucune recherche hydrobiologique n'avait été faite avant, et elle contribue à une meilleure connaissance de l'un des cours d'eau du nord de l'Algérie.

On a trouvé 26 taxons (ordre, famille ou genre) 15 Ephéméroptères, 9 Trichoptères, ainsi que les Plécoptères et les Bivalves. D'autre part on a pu concentrer nos investigations sur certains nombres de facteurs abiotiques afin de déterminer leur influence sur la composition et la structure des taxa étudié.

Mots clé: Seybouse, Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Bivalva.

We have realised an inventory of four taxa: Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera and Bivalva of Oued Seybouse including their two principal tributaries Cherf and Bouhamdane.

Our work is original, because there was no previous hydrobiological research, and it contributes for a better knowledge of rivers of northeast Algeria.

Thus, we have found 26 taxa (order, family or genus) 15 Ephemeroptera, 9 Trichoptera, Plecoptera and also Bivalva. Therefore, we have concentrate our investigations on certain number of abiotic factors to determinate their effect on the composition and structure of the studied taxa.

Keys Words: Seybouse, Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Bivalva.

لقد أجريت دراسة لأربعة تاكسون Trichoptera، Ephemeroptera و Bivalva و Plecoptera بواد سيبوس الذي يتكون من التقاء الرافدين شارف و بوحمدان. و قد تم الاهتمام بهذا العمل لأنه يساهم في معرفة أكثر لأحد المجاري المائية بشمال الجزائر و الذي لم يعنى بأي دراسة هيدروبيولوجية من هذا النوع من قبل.

من خلال هذه الدراسة تم إحصاء 26 تاكسون (صنف، عائلة أو جنس) Plecoptera و 15 Ephemeroptera، 9 Trichoptera، بالإضافة إلى Bivalva.

و لقد أجريت من ناحية أخرى دراسة لبعض العوامل اللاحوية لتحديد تأثيرها على تكوين و بنية الأصناف التي شملتها الدراسة.

الكلمات المفتاحية: سيبوس، Ephemeroptera، Trichoptera، Bivalva ، Plecoptera

Annexes

Tableau 1 : Programme des sorties (août 2008-juillet 2009)

Dates	Stations	Temps passé
3/8/2008	Salah Salah Salah	08h18- 08h50
3/8/2008	Medjez Amar Bouhamdane	09h10- 9h40
3/8/2008	Hammame Debagh	09h52- 10h20
12/8/2008	El Fedjoui	08h20- 09h30
18/08/08	Bouhamdane	10h-11h30
19/08/2008	Drean	09h20- 10h
21/08/2008	Zemzouma	09h40- 10h30
23/08/2008	Oued Zimba	09h- 10h
23/08/2008	Oued Halia	11h30- 12h30
25/08/08	Ain Makhlouf	10h15- 11h
25/08/2008	Medjez Amar Cherf	14h20- 15h15
26/08/2008	Chihani	10h20- 11h
6/9/2008	Oued Halia	07h50- 08h30
6/9/2008	Zemzouma	09h- 10h
7/9/2008	Ain Makhlouf	08h30- 09h25
8/9/2008	Medjez Amar Cherf	08h- 08h20
8/9/2008	Medjez Amar Bouhamden	08h30- 8h50
8/9/2008	Salah Salah Salah	09h15- 09h40
10/9/2008	Bouhamdane	08h15- 09h20
10/9/2008	Hammame Debagh	11h- 12h30
12/9/2008	Oued Zimba	07h55- 08h40
12/9/2008	El Fedjoui	10h- 11h
25/09/2008	Drean	09h15- 10h
25/09/2008	Chihani	10h20- 11h
29/09/2008	Chenior	11h25- 11h40
11/10/2008	Chenior	09h15- 10h
11/10/2008	Ain Makhlouf	10h15- 10h30
11/10/2008	Hammame Debagh	11h45- 12h15
11/10/2008	Bouhamdane	12h30- 12h50
11/10/2008	Medjez Amar Bouhamden	13h30- 13h45
11/10/2008	Medjez Amar Cherf	13h50- 14h10
11/10/2008	Salah Salah Salah	14h20- 14h40
11/11/2008	El Fedjoui	14h50- 15h15
26/10/2008	Drean	09h- 09h15
26/10/2008	Chihani	09h35- 10h
26/10/2008	Oued Halia	11h40- 12h10
26/10/2008	Zemzouma	12h30- 12h50
26/10/2008	Oued Zimba	13h15- 13h30
10/11/2008	Drean	09h- 09h20
10/11/2008	Chihani	09h40- 10h05
10/11/2008	Oued Halia	11h10- 11h34
10/10/2008	Zemzouma	12h08- 12h25
10/11/2008	Oued Zimba	12h55- 13h15
10/11/2008	El Fedjoui	13h34- 13h52
26/11/2008	Chenior	09h05- 09h30
26/11/2008	Ain Makhlouf	09h40- 10h05
26/11/2008	Hammame Debagh	11h20- 11h40
26/11/2008	Bouhamdane	12h05- 12h30
26/11/2008	Medjez Amar Cherf	13h15- 13h30

Suite au Tableau 1 : Programme des sorties (août 2008-juillet 2009)

Dates	Stations	Temps passé
26/11/2008	Medjez Amar Bouhamden	13h35- 14h
26/11/2008	Salah Salah Salah	14h20- 14h40
6/12/2008	Chenior	09h50- 10h11
6/12/2008	Ain Makhlouf	10h24- 10h45
6/12/2008	Hammame Debegh	11h54- 12h20
6/12/2008	Bouhamdane	12h45- 13h20
6/12/2008	Bouhamdane inventaire	13h47- 14h05
6/12/2008	Medjez Amar Cherf	15h- 15h20
6/12/2008	Medjez Amar Bouhamden	15h30- 15h48
6/12/2008	Salah Salah Salah	16h- 16h20
10/12/2008	Drean	09h20- 09h50
10/12/2008	Chihani	10h25- 10h44
10/12/2008	Bouharoua	11h50- 12h10
10/12/2008	Zemzouma	12h50- 13h15
10/12/2008	Oued Halia	14h- 14h28
10/12/2008	Oued Zimba	15h15- 15h40
10/12/2008	El Fedjouj	16h10- 16h26
10/1/2009	Chenior	09h20- 09h35
10/1/2009	Ain Makhlouf	09h50- 10h06
10/1/2009	Ksar Sbahi	12h38- 13h
10/1/2009	Hammame Debegh	14h37- 14h55
10/1/2009	Bouhamdane	15h13- 15h40
10/1/2009	Medjez Amar Cherf	16h15- 16h35
10/1/2009	Medjez Amar Bouhamden	16h30- 16h45
10/1/2009	Salah Salah Salah	17h- 17h20
12/1/2009	Bradae	10h- 10h25
12/1/2009	Drean	11h15- 11h40
12/1/2009	Chihani	12h- 12h17
12/1/2009	Bouharoua	13h13- 13h28
12/1/2009	Oued Halia	14h04- 14h20
12/1/2009	Zemzouma	14h55- 15h20
12/1/2009	Oued Zimba	15h47- 16h03
12/1/2009	El Fedjouj	16h30- 16h42
7/2/2009	Chenior	09h55- 10h10
7/2/2009	Ain Makhlouf	10h20- 10h34
7/2/2009	Hammame Debegh	12h07- 12h26
7/2/2009	Bouhamdane	12h55- 13h15
7/2/2009	Bouhamdane inventaire	13h30- 13h47
7/2/2009	Medjez Amar Cherf	14h40- 14h58
7/2/2009	Medjez Amar Bouhamden	15h03- 15h25
7/2/2009	Salah Salah Salah	15h30- 15h45
7/2/2009	El Fedjouj	16h05- 16h20
9/2/2009	Bradae	08h35- 08h50
9/2/2009	Drean	09h40- 10h
9/2/2009	Chihani	10h15- 10h30
9/2/2009	Oued Halia	11h45- 12h05
9/2/2009	Zemzouma	12h30- 12h50
9/2/2009	Oued Zimba	13h10- 13h30
7/3/2009	Chenior	09h20- 09h32

Suite au Tableau 1 : Programme des sorties (août 2008-juillet 2009)

Dates	Stations	Temps passé
7/3/2009	Ain Makhoulouf	09h45- 10h05
7/3/2009	Hammame Debegh	11h20- 12h35
7/3/2009	Bouhamdane	12h- 12h15
7/3/2009	Medjez Amar Cherf	12h50- 13h03
7/3/2009	Medjez Amar Bouhamden	13h09- 13h26
7/3/2009	Salah Salah Salah	13h30- 13h41
7/3/2009	El Fedjoui	14h- 14h13
10/3/2009	Drean	09h15- 09h39
10/3/2009	Chihani	09h45- 10h10
10/3/2009	Oued Halia	11h18- 11h35
10/3/2009	Zemzouma	12h- 12h15
10/3/2009	Oued Zimba	12h33- 12h50
5/4/2009	Chenior	09h58- 10h17
5/4/2009	Ain Makhoulouf	10h33- 10h49
6/4/2009	Drean	11h45- 12h06
6/4/2009	Chihani	12h26- 12h38
6/4/2009	Oued Halia	13h59- 14h08
5/4/2009	Ksar Sbahi	14h25- 14h43
6/4/2009	Zemzouma	14h39- 14h48
6/4/2009	Oued Zimba	15h13- 15h30
15/04/2009	El Fedjoui	07h35- 07h50
15/04/2009	Salah Salah Salah	08h- 08h15
15/04/2009	Medjez Amar Cherf	08h20- 08h32
15/04/2009	Medjez Amar Bouhamden	08h30- 8h45
15/04/2009	Hammame Debegh	09h00- 09h20
15/04/2009	Bouhamdane	09h40- 09h55
2/5/2009	Chenior	09h50- 10h05
2/5/2009	Ain Makhoulouf	10h10- 10h22
2/5/2009	Hammame Debegh	11h15- 11h39
2/5/2009	Bouhamdane	12h- 12h20
2/5/2009	Medjez Amar Cherf	13h- 13h12
2/5/2009	Medjez Amar Bouhamden	13h18- 13h35
2/5/2009	Salah Salah Salah	13h47- 14h
2/5/2009	El Fedjoui	14h14- 14h25
3/5/2009	Drean	09h10- 09h25
3/5/2009	Chihani	09h40- 09h55
3/5/2009	Boudaroua	10h30- 10h50
3/5/2009	Oued Halia	11h30- 11h45
3/5/2009	Zemzouma	12h05- 12h20
3/5/2009	Oued Zimba	12h45- 13h05
1/6/2009	Chenior	10h15- 10h40
1/6/2009	Ain Makhoulouf	11h20- 11h50
1/6/2009	Hammame Debegh	13h15- 13h35
1/6/2009	Bouhamdane	14h15- 14h45
1/6/2009	Medjez Amar Cherf	15h40- 15h55
1/6/2009	Medjez Amar Bouhamden	16h05- 16h20
1/6/2009	Salah Salah Salah	16h30- 16h55
2/6/2009	Bradae	8h40- 9h00
2/6/2009	Drean	10h45- 11h00

Suite au Tableau 1 : Programme des sorties (août 2008-juillet 2009)

Dates	Stations	Temps passé
2/6/2009	Chihani	11h30- 11h55
2/6/2009	Oued Halia	13h30- 13h40
2/6/2009	Zemzouma	14h40- 15h00
2/6/2009	Oued Zimba	15h40- 15h55
2/6/2009	El Fedjouj	16h35- 16h55
7/7/2009	Chenior	09h40- 10h00
7/7/2009	Ain Makhlouf	10h35- 11h00
7/7/2009	Ksar Sbahi	12h30- 13h00
7/7/2009	Hammame Debegh	15h25- 15h50
7/7/2009	Bouhamdane	16h30- 16h51
7/7/2009	Medjez Amar Cherf	17h07- 17h20
7/7/2009	Medjez Amar Bouhamden	17h30- 17h50
7/7/2009	Salah Salah Salah	18h00- 18h15
7/7/2009	El Fedjouj	18h30- 18h55
19/7/2009	Drean	08h30- 08h43
19/7/2009	Chihani	09h05- 09h20
19/7/2009	Oued Halia	10h38- 10h50
19/7/2009	Zemzouma	11h14- 11h30
19/7/2009	Oued Zimba	11h45- 11h53

Tableau 2 : Listes des taxons et leurs codes

Taxon	Codes	Taxon	Codes
Baetidae	Baetid	Baeti	GBaetis
Leptophlebidae	Lepto	Procloeon	Proc
Caenidae	Cae	Choroterpes	Choro
Potamanthidae	Pota	Hydropsychidae	Hydropsy
Heptageniidae	Hepta	Hydroptilidae	Hydropti
sonychiidae	Ison	Psychomyiidae	Psych
Ephemeridae	Ephem	Ephéméroptres	Ephe
Polymitarcyidae	Poly	Ecnomidae	Ecno
<i>Acentrelle</i>	Acen	Rhyacophilidae	Rhyac
<i>Cloeon</i>	Cloe	Trichoptères	Trich
<i>Habrophlebia</i>	Habro	Plécoptères	Pléco
Limnephilidae	Limne	Bivalves	Biva

Tableau 3 : Listes des stations et leurs codes

Taxon	Codes	Taxon	Codes
Chenior	Chenior	Zimba	Zimba
Ain Makhlouf	AMakh	Zemzouma	Zemz
Mermoura	Mermoura	Halia	Halia
Hammam Debagh	HDebagh	El Fedioudj	Fedioudj
Medjez Amar Cherf	MACHerf	Chihani	Chihani
Medjez Amar Bouhamdane	MABouh	Drean	Drean
Salah Salah Salah	SSalah		

Tableau 4 : Evolution saisonnière de la richesse taxonomique (août 2008-juillet 2009)

Stations	automne	hiver	printemps	été
Chenior	9	11	8	10
Amakh	9	10	5	6
MACHerf	11	10	6	9
Mermoura	8	10	5	11
HDebaghe	10	10	9	9
MABouh	7	7	4	9
SSalah	11	10	8	12
Fedjouj	12	10	7	16
Zimba	6	9	7	10
Zemz	4	3	6	7
Halia	6	7	4	9
Chihani	10	13	9	15
Drean	8	8	9	11

Tableau 5 : Evolution saisonnière de l'indice de Shannon (août 2008-juillet 2009)

Stations	automne	hiver	printemps	été
Chenior	2.166	2.125	2.142	2.335
Amakh	1.331	1.537	1.476	1.278
MACHerf	1.784	1.643	1.203	1
Mermoura	1.689	1.051	2.236	2.05
HDebaghe	2.584	2.144	2.184	2.196
MABouh	0.601	0.813	1.361	1.435
SSalah	0.556	0.996	1.29	0.994
Fedj	2.766	2.393	1.376	2.286
Zimba	2.113	2.097	2.205	0.978
Zemz	1.418	1.252	1.087	0.048
Halia	1.097	1.657	1.304	2.193
Chihani	2.285	2.353	1.554	3.195
Drean	1.745	1.899	1.811	2.389

Tableau 6 : Evolution saisonnière de l'équitabilité (août 2008-juillet 2009)

Stations	automne	hiver	printemps	été
Chenior	0.683	0.614	0.714	0.703
Amakh	0.42	0.463	0.636	0.494
MACHerf	0.516	0.495	0.465	0.316
Mermoura	0.563	0.316	0.963	0.593
HDebaghe	0.778	0.645	0.689	0.693
MABouh	0.214	0.29	0.68	0.453
SSalah	0.161	0.3	0.43	0.277
Fedj	0.772	0.72	0.49	0.572
Zimba	0.817	0.661	0.786	0.294
Zemz	0.709	0.79	0.42	0.017
Halia	0.424	0.59	0.652	0.692
Chihani	0.688	0.636	0.49	0.818
Drean	0.582	0.633	0.571	0.691

Tableau 7 : Matrice des descripteurs abiotiques (août 2008-juillet 2009)

Stations	Conductivité (µs)	O2 dissous (mg/l)	pH	Turbidité (NTU)	Vitesse (m/s)	Profondeur (cm)	Largeur (m)	Pollutions	Sable fin-limons	Sable grossier	gravier	détritus	Algues
Chenior	697.36	7.00	7.77	103.98	0.67	26.06	3.35	1	1	3	2	3	1
Amakh	2360.67	11.99	7.76	198.56	0.42	29.45	13.14	2	3	1	1	2	1
MACherf	2012.25	11.84	7.93	189.83	0.46	25.66	14.76	2	3	1	1	2	1
Mermoura	1537.00	10.14	7.88	77.23	0.33	38.30	12.40	1	1	3	3	1	1
HDebagh	953.58	8.72	7.60	40.16	0.31	33.80	18.19	3	2	1	2	1	3
MABouh	1370.25	8.55	7.63	60.22	0.34	25.52	14.50	3	2	2	2	1	2
SSalah	1352.00	10.86	7.96	162.91	0.41	24.94	21.48	3	3	1	1	1	3
Zimba	966.08	8.06	7.83	34.74	0.22	18.41	5.21	1	1	2	3	3	2
Fedjoudj	1275.08	9.10	7.64	181.74	0.58	34.26	18.55	2	2	1	1	2	2
Halia	1183.75	8.64	7.56	418.55	0.48	21.76	6.58	2	1	3	3	1	1
Drean	1820.58	9.68	7.66	360.68	0.44	39.91	21.96	3	1	3		1	1
Chihani	1830.08	11.38	7.69	323.56	0.41	26.38	26.18	2	1	2	2	2	2
Zemz	1455.58	6.93	7.35	160.80	0.40	24.35	16.22	4	3	1	1	1	3

1. faiblement présent.
2. moyennement présent.
3. assez présent.
4. très présent.

Tableau 8 : Evolution mensuelle de la richesse taxonomique (août 2008-juillet 2009)

Stations	Aou_08	Sept_08	Oct_08	Nov_08	Dec_08	Jan_09	Fev_09	Mar_09	Avr_09	Mai_09	Jun_09	Jui_09
Chenior		8	5	8	8	9	6	4	8	6	6	9
AMakh	2	5	4	7	8	7	5	4	3	2	6	5
MACHerf	2	2	7	9.9	9	9	7	3	4	4	8	6
Mermoura	4	7	3	5	8	8	2	3	0	2	9	4
HDebagh	4	5	4	6	10	8	7	8	4	3	4	4
MABouh	4	1	2	7	7	5	5	2	3	1	5	6
SSalah	1	2	5	9	9	6	4	7	4	3	10	6
Fedjoudj	12	5	6	11	10	8	7	4	6	5	10	9
Zimba	1	2	5	6	6	7	5	5	4	6	9	1
Zemz	0	1	2	2	2	1	0	2	2	4	6	3
Halia	1	2	5	6	5	6	5	4	3	1	5	7
Chihani	11	3	7	9	10	9	7	8	5	6	12	9
Drean	0	2	5	7	5	5	5	7	8	3	10	6

Tableau 9 : Evolution mensuelle de l'indice de Shannon (août 2008-juillet 2009)

Stations	Aou_08	Sept_08	Oct_08	Nov_08	Dec_08	Jan_09	Fev_09	Mar_09	Avr_09	Mai_09	Jun_09	Jui_09
Chenior		1.925	1.886	2.102	2.133	1.718	1.574	1.488	2.015	2.171	1.857	2.26
Amakh	1	2.034	1.437	1.12	1.441	1.773	1.429	1.95	1.182	0.918	1.106	1.521
MACHerf	0.918	0.679	1.43	1.758	1.25	1.596	1.69	1.281	1.465	0.988	0.33	1.984
Mermoura	1.025	1.419	1.459	1.908	1.612	0.66	0.722	1.5		0.918	1.428	1.601
HDebagh	0.53	1.374	1.616	2.067	2.09	2.143	1.691	1.91	1.722	1.53	1.148	1.778
MABouh	0.365	0	0.544	0.617	0.772	0.926	0.862	0.764	1.449	0	1.626	1.984
SSalah	0	0.0722	0.676	0.531	1.335	0.484	0.938	1.182	1.34	1.095	1.41	0.628
Fedjoudj	2.131	0.902	2.216	2.176	2.524	2.584	1.315	1.618	1.25	1.39	2.055	0.598
Zimba	0	0.954	1.757	2.053	1.327	2.005	1.951	1.677	1.552	2.028	0.942	0
Zemz		0	0.722	0.353	1	0		0.918	0.971	0.614	0.038	0.213
Halia	0	0.564	1.746	0.884	1.65	1.366	1.866	1.45	0.999	0	1.209	2.488
Chihani	2.327	0.64	2.297	2.063	1.972	2.374	1.475	1.388	1.763	1.639	2.765	2.444
Drean		1	1.356	1.873	1.141	1.246	1.132	1.559	2.338	1.241	2.205	1.93

Tableau 10 : Evolution mensuelle de l'équité (août 2008-juillet 2009)

Stations	Aou_8	Sept_08	Oct_08	Nov_08	Dec_08	Jan_09	Fev_09	Mar_09	Avr_09	Mai_09	Jun_09	Jui_09
Chenior		0.668	0.85	0.705	0.72	0.551	0.629	0.786	0.688	0.873	0.727	0.724
Amakh	1	0.876	0.719	0.399	0.48	0.631	0.615	0.975	0.746	0.918	0.428	0.655
MACHerf	0.918	0.679	0.509	0.529	0.394	0.503	0.602	0.808	0.733	0.494	0.11	0.768
Mermoura	0.513	0.506	0.921	0.822	0.537	0.22	0.722	0.946		0.918	0.45	0.8
HDebagh	0.265	0.592	0.808	0.799	0.629	0.714	0.603	0.637	0.861	0.966	0.574	0.889
MABouh	0.183		0.544	0.22	0.275	0.399	0.371	0.764	0.914		0.7	0.768
SSalah		0.072	0.722	0.167	0.421	0.187	0.469	0.421	0.67	0.691	0.424	0.243
Fedjoudj	0.595	0.389	0.857	0.629	0.76	0.861	0.468	0.809	0.484	0.598	0.619	0.189
Zimba		0.954	0.757	0.794	0.513	0.714	0.84	0.722	0.776	0.784	0.297	
Zemz			0.722	0.353	1			0.918	0.971	0.307	0.015	0.135
Halia		0.564	0.752	0.342	0.711	0.529	0.804	0.725	0.63		0.521	0.886
Chihani	0.673	0.404	0.818	0.651	0.594	0.749	0.525	0.463	0.759	0.634	0.771	0.771
Drean		1	0.584	0.667	0.491	0.537	0.487	0.555	0.779	0.783	0.664	0.747