

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS

DEPARTEMENT: ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



THESE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT

Spécialité: **Sciences Biologiques**

INTITULE

**Contribution à l'Etude des Simuliidae de l'Est Algérien: Systématique, Ecologie
et Caryologie**

Par

Mme. Mouna Aouissi-Cherairia

Membres du jury:

Directeur de thèse:	Dr. Samraoui B.	(Pr.)	Université de Guelma
Président:	Dr. Souiki L.	(M.C.A.)	Université de Guelma
Examineur:	Dr. Ouakid M.L.	(Pr.)	Université d'Annaba
Examineur:	Dr. Bairi A.	(Pr.)	Université d'Annaba
Examineur:	Dr. Louadi K.	(Pr.)	Université de Constantine

2015

A mes parents

A Mouhamed

A Chayma et Haythem

A mon frère et mes soeurs

Remerciements

Ces recherches n'ont évidemment été possibles que grâce à l'appui et à l'intérêt qui m'ont toujours été accordés. Aussi ce m'est un agréable devoir de remercier ceux- la liste en est longue et j'ai bien peur d'omettre quelques noms- dont l'aide et les conseils ne me firent jamais défaut.

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de recherche, Monsieur le Professeur Boudjéma Samraoui, qui m'a acceptée en thèse, me permettant ainsi de commencer mes premiers pas de chercheuse en hydrobiologie. Au cours des années, je lui ai été redevable d'innombrables avis, conseils et échanges de vue sur les aspects les plus divers. Sa disponibilité et son implication dans mon travail m'ont beaucoup apportés. Qu'il trouve ici l'expression de ma plus haute considération et de mon respect.

Je suis particulièrement reconnaissante à Mademoiselle Lynda Souiki, Maitre de conférences à l'Université de Guelma, pour le soin qu'elle a toujours apporté à mon égard ainsi que pour son soutien moral de longue date. Je la remercie tout autant pour avoir accepté de présider le Jury de ma thèse. Qu'elle trouve ici, le témoignage de ma profonde estime.

Mes vifs remerciements vont à Monsieur Mohamed Laid Ouakid, Professeur à l'Université d'Annaba, qui a bien voulu prendre part au jury pour évaluer ce travail. Je suis très sensible au fait qu'il ait consacré une partie de son temps pour examiner mon manuscrit. Qu'il veuille trouver ici l'expression de mes sincères remerciements.

C'est pour moi un grand honneur de pouvoir soumettre cette thèse au jugement de Monsieur Kamel Louadi, Professeur à l'Université de Constantine, qui a généreusement accepté d'y donner son avis. Je le remercie infiniment pour la diligence avec laquelle il a accompli ce rôle.

Il m'est aussi très agréable d'exprimer ma profonde gratitude à Monsieur Abdelmadjid Bairi, Professeur à l'Université d'Annaba, d'avoir gracieusement contribué au discernement de ce travail et porter ses appréciations. Qu'il me soit permis de lui présenter ici mes chaleureux remerciements.

Toute ma reconnaissance et mon affection vont à l'éminent Diptériste, le Professeur Peter. H Adler. Il m'a réservé un accueil empreint de beaucoup de bienveillance au laboratoire des arthropodes d'intérêt médical de l'université de Clemson, Caroline du Sud, USA où j'ai pu bénéficier à tout moments de sa grande culture d'entomologiste et profiter de sa vaste érudition. Il a très généreusement mis à ma disposition tous les moyens et matériel et m'a aidée à surmonter les difficultés d'identification. Je lui sais gré des conseils incessants et des entretiens encourageants tout au long de ces deux dernières années. Je lui dois toute ma connaissance sur cette famille de diptères si complexe soit-elle, mais qu'il m'a appris à aimer. Je le remercie aussi de tout cœur pour m'avoir initiée à l'étude cytogénétique et pour son précieux cadeau: ses livres « The Blackflies of North America » et « The Blackflies of Pennsylvania ».

A la même occasion, il me plaît d'adresser mes sincères remerciements au Docteur Charles E. Beard pour sa disponibilité, pour m'avoir initiée à la photographie des simulies et pour les conseils et les critiques judicieux qu'il a su me donner.

Ma grande estime est adressée au Docteur Suellen Pometto. Je suis vraiment touchée par la sincérité dont elle m'a fait preuve tout au long de mon séjour au USA, son soutien et son immense gentillesse.

Je ferais une place ici au Professeur Elmer W. Gray, pour m'avoir chaleureusement accueillie au sein de l'unique colonie de simules au monde, siégeant à l'Université de Géorgie. Je le remercie pour son hospitalité sans pareille et pour m'avoir communiqué de nombreux précieux documents.

Sur le terrain j'ai bénéficié de l'aide continue de mon époux, qui par sa disponibilité et son efficacité, m'a bien souvent aidée et encouragée. Toujours serviable et plein de bienveillance, mon Père, m'a accompagnée à maintes reprises sur le terrain et a toujours été pour moi d'un soutien dont je mesure tout le prix. Qu'ils me permettent aujourd'hui de leur affirmer toute mon affection.

Je tiens à remercier très particulièrement ma très chère amie Madame le Professeur Boutaina Belqat, pour son soutien moral et pour ses encouragements qu'elle n'a jamais cessé de me prodiguer ainsi que les conseils qu'elle a si souvent consenti à m'accorder. Qu'elle veuille trouver ici le témoignage de ma plus grande affection.

A mes remerciements, j'ai le grand plaisir d'associer certaines personnes qui m'ont particulièrement marquée: le Docteur Bruno Maiolini et Tatiana Brúderová. J'ai beaucoup apprécié leur serviabilité incessante.

Mes remerciements s'adressent aussi à Monsieur Alhadi Bouchlaghem pour m'avoir facilité l'obtention des données météorologiques. Je voudrais lui exprimer mes remerciements pour cette amabilité. Je lui souhaite beaucoup de chance et de succès dans son travail.

Il me faut dire que ce travail n'aurait jamais pu être terminé, si je n'avais, à tout moments, pu compter sur l'affection des miens et sur le dévouement de mon époux et de mes enfants qui m'ont permis d'achever dans la sérénité ce travail de longue haleine.

Mes parent, vous qui avez passé des heures à essayer de saisir le charabia incompréhensible dans lequel j'évolue depuis plusieurs années pour m'aider à comprendre les trucs qui me font que j'ai moins de cheveux sur la tête.....Merci infiniment.

Merci Maman pour la place dans l'armoire qui n'a jamais été aussi peuplée de larves; merci pour toute l'énergie et la volonté qu'une mère peut transmettre à sa fille.

Je ne serais oublier non plus mon frère et mes sœurs, dont la présence parfois, aux heures de découragement, m'a été précieuse.

Enfin, que tout ceux que j'ai oublié de citer, qui m'ont donné un appui et qui m'ont aidée à mener cette étude à terme, trouvent ici l'assurance de mes sincères sentiments dévoués les plus cordiaux.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : TAXONOMIE ET BIOLOGIE	7
I. 1. TAXONOMIE.....	7
I .1.1. Position systématique.....	7
I .1.2 . Morphologie et caractères systématiques.....	8
I.1.2.1. Adultes.....	8
I.1.2.2. Nymphes.....	14
I.1.2.3. Larves.....	17
I.1.2.4. Œufs.....	23
I.1.2.5. Chromosomes.....	23
I. 2. BIOLOGIE ET ECOLOGIE.....	25
I.2.1. Distribution et habitat.....	25
I.2.2. Reproduction.....	25
I.2.3. Stade larvaire.....	27
I.2.4. Stade nymphal.....	30
I.2.5. Stade adulte.....	30
I.2.6. Alimentation.....	31
I. 3. ENNEMIS NATURELS.....	32
I.3.1. Parasitisme larvaire.....	33
I.3.2. Prédation.....	35
I. 4. IMPORTANCE ECONOMIQUE ET ROLE PATHOGENE.....	36
CHAPITRE II : CADRE PHYSIQUE ET METHODOLOGIE	39
II.1. Présentation de la zone d'étude.....	39
II.1.1. Situation géographique et délimitation de la zone d'étude.....	39

II.1.2. Caractères lithologiques et géologiques.....	43
II.1.2.1. Les grandes unités géologiques.....	43
II.1.2.2. Les grands ensembles lithologiques.....	43
II.1.3. Climatologie.....	46
II.1.3.1. Précipitations.....	46
II.1.3.1.1. Précipitations annuelles.....	47
II.1.3.1.2. Précipitations mensuelles.....	49
II.1.3.2. Température.....	49
II.1.4. Réseau hydrographique.....	51
II.1.4.1. Le bassin de la haute Seybouse.....	53
II.1.4.2. Le bassin de la moyenne Seybouse.....	53
II.1.4.3. Le bassin de la basse Seybouse.....	55
II.1.5. Couvert végétal.....	53
II.1.6. Perturbations anthropiques.....	57
II.2. Milieux et stations étudiées.....	61
II.2.1. Démarche générale.....	61
II.2.2. Choix des secteurs et des stations d'étude.....	61
II.2.3. Localisation et description des stations étudiées	63
II.3. Méthodologie.....	72
II.3.1. Mesure des composantes physicochimiques.....	72
II.3.2. Récolte de la faune.....	76
II.3.3. Périodicité des prélèvements.....	76
II.3.4. Techniques d'échantillonnage	76
II.3.4.1. Prélèvements quantitatifs.....	76
II.3.4.2. Prélèvements qualitatifs.....	77
II.3.5. Conservation des échantillons.....	78
II.3.5.1. Conservation dans l'alcool.....	78

II.3.5.2. Conservation dans le fixatif de Carnoy.....	78
II.3.6. Elevage des adultes.....	79
II.3.7. Tri et identification de la faune.....	81
II.3.8. Photographie des Simulies.....	82
II.3.9. Cartographie.....	82
CHAPITRE III: ETUDE FAUNISTIQUE.....	84
III.1. Systématique des Simuliidae du Nord-Est algérien.....	82
III.2. Check-list des Simuliidae du Nord-Est algérien.....	88
III.3. Etude faunistique.....	91
III.3.1. Genre <i>Urosimulium</i>	91
III.3.1.1. <i>Urosimulium faurei</i>	92
III.3.2. Genre <i>Metacnephia</i>	99
III.3.2. 1. <i>Metacnephia blanci</i>	99
III.3. 3. Genre <i>Simulium</i>	106
III.3.3.1. <i>Simulium (Eusimulium) velutinum</i> complexe.....	106
III.3.3.2. <i>Simulium (Eusimulium) mellah</i>	116
III.3.3.3. <i>Simulium (Nevermania) lundstromi</i>	122
III.3.3.4. <i>Simulium (Nevermania) ruficorne</i>	127
III.3.3.5. <i>Simulium (Simulium) ornatum</i> complexe.....	136
III.3.3.6. <i>Simulium (Wilhelmia) pseudequinum</i>	145
CHAPITRE IV : CLES D'IDENTIFICATION DES SIMUMIES DU NORD-EST ALGERIEN.....	156
IV.1. Clé des genres.....	157
IV.2. Clé des espèces.....	158

CHAPITRE V : ETUDE CARYOLOGIQUE DES SIMULIES DU NORD-EST ALGERIEN.....	163
V.1. Matériel et méthodes.....	164
V.2. Résultats.....	166
V. 3. Discussion.....	177
CHAPITRE VI: RECHERCHE DES STRUCTURES ECOLOGIQUE ET BIOTYPOLOGIQUE.....	180
VI.1. Traitement statistique des données.....	180
VI.2. Résultats.....	181
VI.2.1. Analyse de l'abondance du peuplement simuliidien.....	181
VI.2. 2. Richesse spécifique.....	181
VI.2. 3. Abondance et occurrence des espèces recensées.....	183
VI.2. 4. Phénologie des espèces simuliidiennes	184
VI.2. 5. Structure mésologique.....	186
VI.3. Discussion.....	191
CONCLUSION GENERALE.....	201
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	206
ANNEXES.....	234

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Précipitations moyennes annuelles observées dans les stations de Guelma, Souk Ahras, Constantine et Annaba (mm) (2004-2013).....	47
Tableau 2. Sites de collecte dans le bassin versant de la Seybouse des larves du groupe <i>Simulium (Eusimulium) aureum</i> utilisées dans l'étude caryologique.....	165
Tableau 3. Distribution dans le réseau hydrographique de la Seybouse des génotypes de <i>Simulium velutinum sensu lato</i> caractérisés par la présence des séquences IIS-12 et IIS-17 et les séquences standard correspondantes (st).....	169
Tableau 4. Fréquence d'inversions (%) ainsi que d'autres réarrangements chromosomiques chez les larves de <i>Simulium velutinum</i> cytoespèce " 1". Toutes les larves sont fixées pour l'IS-10, IS-11, IL-50, IIS-12, IIS-13 et l'IIL-20.....	170
Tableau 5. Fréquence d'inversions (%) ainsi que d'autres réarrangements chromosomiques chez les larves de <i>Simulium velutinum</i> cytoespèce " 2". Toutes les larves sont fixées pour l'IS-10, IS-11, IS-40, IIS-13, IIS-17 et l'IIL-20.....	173
Tableau 6. Constituants des chromosomes sexuels des larves de <i>Simulium velutinum</i> cytoespèce " 3" du réseau hydrographique de la Seybouse.....	174
Tableau 7. Fréquence d'inversions (%) ainsi que d'autres réarrangements chromosomiques chez les larves de <i>Simulium velutinum</i> cytoespèce " 3". Toutes les larves sont fixées pour l'IS-10, IS-11, IS-40, IL-50, IIS-13 et IIL-20.....	175
Tableau 8. Nombre de sites et phénologie pour chacune des espèces de simuliés recensés dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	186

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Morphologie de l'imago de <i>Simulium (Eusimulium) velutinum</i> complexe: aspect général du corps (a), aile (b), basitarse de la patte III (c), patte postérieure (d).....	9
Figure 2. Têtes d'adultes de similies: yeux holoptiques d'un mâle (a), yeux dichoptiques d'une femelle (b).....	11
Figure 3. Portion de la veine costale de l'aile de <i>Simulium vittatum</i> montrant les macrotriches: spiniformes (a), sétiformes (b).....	11
Figure 4. Basitarse de la patte postérieure de similies: mâle (a), femelle (b).....	13
Figure 5. Aspect général des genitalia mâle de <i>Simulium auricoma</i> (a) et femelle (b) de <i>Simulium trifaciatum</i>	15
Figure 6. <i>Simulium (Wilhelmia) pseudequinum</i> : aspect général du corps de la nymphe.....	16
Figure 7. Larve au dernier stade de <i>Simulium (Eusimulium) velutinum</i> complexe.....	20
Figure 8. Aspect général de la capsule céphalique en vue dorsale (a), en vue ventrale (b) et de la partie antérieure (tête et thorax) (c) de la larve d' <i>Urosimulium faurei</i>	22
Figure 9. Stades préimaginaux fixés sur leurs supports: oeufs et larves (a), nymphes (b).....	29
Figure 10. Larves de <i>Simulium (W.) pseudequinum</i> parasitées par un mermithide (a) et des microsporidies (b).....	35
Figure 11. Les grands bassins versants caractérisant l'Algérie.....	40
Figure 12. Situation géographique du bassin versant de la Seybouse.....	41
Figure 13. Principaux sous bassins du réseau hydrographique de la Seybouse.....	42
Figure 14. Carte géologique du Nord Est algérien.....	44
Figure 15. Variations annuelles des précipitations moyennes.....	48
Figure 16. Variations mensuelles des précipitations moyennes.....	50
Figure 17. Variations mensuelles des températures moyennes.....	52
Figure 18. Réseau hydrographique du bassin versant de la seybouse.....	54
Figure 19. Carte du couvert végétal du réseau hydrographique de la Seybouse.....	56

Figure 20. Anthropisation d'origine urbaine du réseau hydrographique de la Seybouse.....	58
Figure 21. Anthropisation d'origine industrielle du réseau hydrographique de la Seybouse.....	59
Figure 22. Anthropisation d'origine agricole du réseau hydrographique de la Seybouse.....	60
Figure 23. Localisation des 31 stations d'échantillonnage dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	62
Figure 24. Techniques de conservation et d'élevage des simules: méthode de stockage et de conservation des stades immatures en alcool (a), méthode d'élevage pour l'obtention d'individus adultes associés à leurs enveloppes nymphales (c), méthode recommandée pour la conservation d'adultes épinglés avec exuvies (b), simule adulte montrant (cercles noirs) des points alternatifs recommandés pour les micro-épingler (d).....	80
Figure 25. <i>Urosimulium faurei</i> : Palpes buccales (a); génitalia mâle: plaque ventrale en vue ventrale et processus médian (b, c), gonocoxite (d, e: 1: coxite, 2: style), cerque (f) ; génitalia femelle (g); patte postérieure femelle (h); aile femelle (i).....	93
Figure 26. <i>Urosimulium faurei</i> : nymphe (a), exuvie nymphale (b), branchies nymphales (c), crochet dorsal (d).....	95
Figure 27. Larve d' <i>Urosimulium faurei</i> : céphalothorax (a), tête face dorsale montrant le frontoclypeus (b), capsule céphalique vue ventralement (c), échancrure ventrale (d), hypostomium (e), papilles rectales (f).....	96
Figure 28: Distribution d' <i>Urosimulium faurei</i> dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	98
Figure 29. <i>Metacnephia blanci</i> : pièces génitales mâles (a-b): (a): 1: coxite et 2: style, (b): sclérite médian; pièces génitales femelles (c-d): c: 1: furca et 2: gonopophyses, d: spermathèque, aile femelle (e).....	100
Figure 30. Nymphe de <i>Metacnephia blanci</i> : aspect général (a, b), nymphe dépourvue de son cocon (c), filaments respiratoires (d).....	102
Figure 31. Larve de <i>Metacnephia blanci</i> : aspect général (a), tête face dorsale montrant le frontoclypeus (b), capsule céphalique face ventrale (c), échancrure ventrale (d), hypostomium (e), antenne (f), papille rectales (g).....	103
Figure 32. Distribution de <i>Metacnephia blanci</i> dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	105

Figure 33. Imago mâle de <i>Simulium (Eusimulium) velutunim</i> complexe: aspect général (a), plaque ventrale (b), processus médian (c).....	109
Figure 34. Imago femelle de <i>Simulium (Eusimulium) velutunim</i> complexe: basitarse de la patte III (a), griffe de la patte postérieure (b), aile montrant les macrotriches spiniformes et sétiformes (c), plaque génitale vue en face ventrale (d), spermathèque (e).....	110
Figure 35. <i>Simulium (Eusimulium) velutunim</i> complexe: aspect général de nymphes (a), pupue nue (b), branchies nymphales (c).....	111
Figure 36. Larve de <i>Simulium (Eusimulium) velutunim</i> complexe: tête en vue dorsale montrant le frontoclypeus (a), capsule céphalique en vue ventrale (b), hypostomium (c), échancrure ventrale (d), papilles ventrales (e).....	112
Figure 37. Distribution de <i>Simulium (Eusimulium) velutunim</i> dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	115
Figure 38. Imago de <i>Simulium (Eusimulium) mellah</i> : plaque ventrale vue de face (a), pièces génitales mâles (b): coxite (1) et style (2), pièces génitales femelle: gonopophyses (c) et spermathèque (d).....	117
Figure 39. Stades préimaginaux de <i>Simulium (Eusimulium) mellah</i> : aspect général de la nymphe (a), branchies respiratoires nymphales (b), tête de la larve en vue dorsale montrant le frontoclypeus (c), échancrure ventrale (d), hypostomium (e), processus tp de la mandibule (f), papilles ventrales (g).....	118
Figure 40. Distribution de <i>Simulium (Eusimulium) mellah</i> dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	121
Figure 41. <i>Simulium (Nevermania) lundstromi</i> : plaque ventrale du mâle (a), gonopophyses de la femelle (b), nymphe (c), branchies respiratoires nymphaux (d), ornementation du frontoclypeus (e), échancrure ventrale (f), processus tp de la mandibule (g), papille ventrale (h).....	123
Figure 42. Distribution de <i>Simulium (Nevermania) lundstromi</i> dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	126
Figure 43. <i>Simulium (Nevermania) ruficorne</i> : gonocoxite du mâle (a), plaque ventrale vue de face (b), aspect général de la nymphe de <i>S. ruficorne</i> forme A (c), aspect général de la nymphe de <i>S. ruficorne</i> forme B vue de face (d) et de profil (d).....	129
Figure 44. Larve de <i>Simulium (Nevermania) ruficorne</i> : céphalothorax (a), tête en vue dorsale montrant l'ornementation du frontoclypeus (b), capsule céphalique en vue ventrale (c), échancrure ventrale (d), hypostomium (e), processus tp de la mandibule (f), extrémité postérieure de l'abdomen (g).....	130

Figure 45. Distribution de <i>Simulium (Nevermania) ruficorne</i> A dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	134
Figure 46. Distribution de <i>Simulium (Nevermania) ruficorne</i> B dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	135
Figure 47. Imago de <i>Simulium (Simulium) ornatum</i> : génitalia mâle: plaque ventrale vue de profil (a) et gonocoxite (b); patte postérieure de la femelle (c); gonopophyses de la femelle (d).....	138
Figure 48. Nymphe de <i>Simulium (Simulium) ornatum</i> : aspect général vue de face (a) et de profil (b), céphalothorax (c), branchies nymphales (d).....	139
Figure 49. Larve de <i>Simulium (Simulium) ornatum</i> : tête vue de profil (a), capsule céphalique en vue ventrale (b), échancrure ventrale (c), hypostomium (d), extrémité postérieure de l'abdomen (e).....	140
Figure 50. Distribution de <i>Simulium (Simulium) ornatum</i> dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	143
Figure 51. Pièces génitales de l'imago mâle de <i>Simulium (wilhelmia) pseudequinum</i> : vue d'ensemble du génitalia (a), coxite et style (b), plaque ventrale vue de face (c).....	147
Figure 52. Imago femelle de <i>Simulium (wilhelmia) pseudequinum</i> : céphalothorax (a), corps vu de profil (b), patte postérieure (c), vue d'ensemble des pièces génitales (d), furca (e), spermathèque (f).....	148
Figure 53. Nymphe de <i>Simulium (wilhelmia) pseudequinum</i> : vue de face (a), vue de profil (b), branchies respiratoires (c).....	149
Figure 54. Larve de <i>Simulium (wilhelmia) pseudequinum</i> : corps vu de profil (a), tête en vue dorsale montrant l'ornementation du frontoclypeus (b), capsule céphalique en vue ventrale montrant l'échancrure ventrale (c), hypostomium (d), processus rectal (e).....	151
Figure 55. Distribution de <i>Simulium (wilhelmia) pseudequinum</i> dans le réseau hydrographique de la Seybouse.....	154
Figure 56. Bras court du chromosome I (IS). A: cytoespèce «3» avec les séquences de bandes montrant l'IS-10, 11 et 40. B: <i>S. mellah</i> montrant les séquences IS-10, IS-11 et les points de rupture de IS-46 de la cytoespèce «2». C = centromère, ADN.....	168
Figure 57. Bras long du chromosome I (IL) de la cytoespèce «2» montrant la séquence IL-50; le point de rupture de l'inversion IL-72 ainsi que l'heterobande (hb) autosomiques sont indiqués; bl: blister.....	171

Figure 58. Bras long du chromosome II (IIL) de la cytoespèce «2» montrant la séquence <i>IIL-20</i> . Les points de rupture de l' <i>IIL-49</i> de la cytoèspece «3» et de l' <i>IIL-50</i> de la cytoèspece «1» sont indiqués. N.O = organisateur nucléaire.....	172
Figure 59. Chromosomes sexuels de larves mâles de la cytoespèce «3», A: Bras long du chromosome II (IIL) montrant le segment différentiel avec l'expression de deux bandes (flèches) au niveau de la séquence 88 et le point de rupture de l' <i>IIL-20</i> ; B: Bras court du chromosome II (IIS) définissant le bras sexuel avec X_0 caractérisé par la présence de la séquence standard et Y_3 avec IIS 17 + 34. L'inversion <i>IIS 13</i> est fixée dans les deux homologues. N.O = organisateur nucléaire.....	176
Figure 60. Abondance de la faune simuliidiénne dans les stations d'étude dans le bassin versant de la Seybouse.....	182
Figure 61. Relation entre la richesse spécifique des simules et l'altitude dans les stations d'étude dans le bassin versant de la Seybouse.....	183
Figure 62. Abondance relative des espèces de simules dans les stations d'étude dans le bassin versant de la Seybouse.....	185
Figure 63. Occurrence relative des espèces de simules dans les stations d'étude dans le bassin versant de la Seybouse.....	185
Figures 64. Diagramme en cône des composantes principales et leurs valeurs propres.....	187
Figure 65. ACP plan factoriel 1x2: distribution des espèces en fonction des paramètres environnementaux (a), distribution des stations (b).....	189
Figure 66. ACP plan factoriel 3x4: distribution des espèces en fonction des paramètres environnementaux (a), distribution des stations (b).....	190

Cette thèse est consacrée à l'étude systématique, écologique et caryologique des simulies (Diptère: Simuliidae) du Nord Est algérien, plus particulièrement à celles du bassin versant de la Seybouse. Tous les stades de développement sont pris en compte.

Une mise au point sur les critères morphologiques servant à l'identification des taxons, sur la biologie des simulies en général et sur leur écologie est déterminée.

Après un aperçu sur le cadre naturel au niveau du réseau hydrographique de la Seybouse, le milieu aquatique est décrit dans les 31 stations étudiées, au niveau de ses composantes morphologiques et hydrologiques. Cette étude nous a servi de base à la réalisation de l'autoécologie de la faune simulidienne.

L'ensemble des récoltes ont couvert trois années consécutives et les peuplements simulidiens ont pu être ainsi suivis dans leur évolution saisonnière, apportant des précisions relatives à la répartition altitudinale, aux préférences thermiques, physicochimiques et aux exigences vis à vis de la physionomie du cours d'eau ainsi que la vitesse du courant.

Les espèces inventoriées dans le réseau hydrographique de la Seybouse sont présentées avec les détails de leur position systématique ainsi que de leur répartition géographique à l'échelle maghrébine et algérienne.

Dans le bassin versant de la Seybouse, la communauté des simulies constitue une composante importante parmi les macroinvertébrés des eaux courantes prospectées avec plus de 31 200 spécimens collectés. Cette faune est représentée par huit taxa et une morphoforme repartis entre six espèces et deux complexes d'espèces subdivisées en trois genres et quatre sous-genres dont une clé d'identification illustrée à tous les stades de développement est élaborée.

Les espèces *Urosimulium faurei* Contini, 1963, *Simulium (E.) mellah* Giudicelli et Bouzidi, 2000 et *Simulium (N.) lundstromi* (Enderlein, 1921) sont signalées pour la première fois dans l'Est de l'Algérie.

Pour une étude faunistique détaillée, huit types d'informations sont présentées pour chaque espèce: une revue bibliographique des citations de l'espèce en Afrique du Nord avant l'élaboration du présent travail, la répartition actuelle en Algérie, la synonymie de l'espèce, une diagnose détaillée et illustrée, des remarques d'ordre taxonomique, des résultats cytogénétiques, une synthèse de la distribution générale de l'espèce dans toute son aire géographique avec le détail de sa répartition seyboussienne matérialisée sur une carte, et enfin un exposé de ses préférences écologiques dans le réseau hydrographique de la Seybouse comparées à celles du reste de son aire de distribution.

L'analyse cytogénétique de quelques espèces du bassin versant de la Seybouse, fait ressortir une certaine originalité de la faune simulidienne notamment pour les espèces du complexe *Simulium (E.) velutinum* (Santos Abreu, 1922) au sein duquel trois cytoformes sont découvertes. Pour certains autres taxa une conspécificité est confirmée avec d'autres populations de régions limitrophe et insulaire.

L'étude écologique globale de la faune s'appuie sur l'interprétation des résultats de l'analyse en composantes principales qui a permis une détermination de la biotypologie des stations étudiées ainsi que les facteurs abiotiques régissant la structure du peuplement simulidien. A cet égard, l'espèce *Simulium (W.) pseudequinum* Séguy 1921 s'est avérée le taxon le plus abondant et dominant, représentant près de 80% des échantillons prélevés, cet élément occupe la plus large gamme d'habitats y compris ceux soumis à de fortes perturbations anthropiques.

Mots clés: Nord Est algérien, Bassin versant de la Seybouse, Simuliidae, Faunistique, Cytogénétique, Ecologie, Structure des communautés.

This study involves the systematic, ecology and karyology of blackflies (Diptera: Simuliidae) of North Eastern Algeria, especially those of the Seybouse river basin. All stages of development are taken into account.

Information on the morphological criteria used in taxa identification, the biology of black flies in general and their ecology are provided.

Following a review of the natural setting of the Seybouse river network, the aquatic habitat is described for the 31 studied sites including the morphological, hydrological, thermal and physicochemical components. This study provides information on the autoecology of each recorded species of the simuliids fauna.

This survey was carried out during three consecutive years allowing the assessment of the seasonal evolution of blackfly populations, and providing details on the altitudinal distribution and thermal, physicochemical affinities but also preferences regarding the water course morphology and current velocity requirements.

The recorded species in the Seybouse network are presented with details of their systematic position and their Maghreb and Algerian geographical distribution.

Black fly community constitutes an important component among macro invertebrates of waters courses investigated in the Seybouse river basin with more than 31 200 collected specimens. This fauna is represented by eight taxa and one morphoform distributed in six species and two complexes divided into three genera and four subgenera.

Three species *Urosimulium faurei* Contini, 1963, *Simulium (E.) mellah* Giudicelli & Bouzidi, 2000 and *Simulium (N.) lundstromi* (Enderlein, 1921) are reported for the first time in northern Algeria. An identification key for the eight species at all development stages is given.

For more detailed fauna survey, eight types of information are presented for each species: a bibliographical review of its citations in North Africa before the development of this work; the current distribution in Algeria, the synonymy of the species; a detailed and illustrated diagnosis; taxonomic remarks, cytological results with chromosomal maps, a synthesis of the general distribution of the species over its entire geographical area with details of its Seybouse river basin distribution; and finally its ecological preferences in the Seybouse network compared to the remainder of its distribution area.

Cytogenetic analysis of some species in the Seybouse network hydrosystem highlights some originality, in particular for the *Simulium (Eusimulium) velutinum* complex (Santos Abreu, 1922) for which three cytoforms are discovered. In addition, a conspecificity of some taxa was confirmed with other populations of neighboring and distant areas.

The biotypological survey of the 31 sites is described using a principal component analysis. The most abundant and ubiquitous species *Simulium (W.) pseudequinum* Séguy 1921, representing nearly 80% of collected specimens, occupied the widest range of habitats, including those with anthropogenic influences.

Key words: North East Algeria, Seybouse river basin, Simuliidae, Faunistic, Cytogenetics, Ecology, communities structure.

تهدف هذه الأطروحة إلى دراسة الحشرات ذوات الجناحين من عائلة السملبيدات (الذباب الأسود) للشمال الشرقي الجزائري وبالتحديد حوض وادي السيوس وذلك بالتركيز على الجوانب التالية: علم التصنيف، المنهجية البيئية، دراسة الوراثة الخلوية مع اخذ بعين الاعتبار جميع مراحل النمو مع عرض مفصل للمعايير الشكلية لتحديد مختلف الأصناف، و كذلك دراسة بيئة و بيولوجيا الذباب الأسود.

قد تم عرض لمحة عامة عن طبيعية بيئة شبكة مياه وادي سيوس، ووصف للبيئة المائية لوحد و ثلاثون محطة دراسة بالاعتماد على مكوناتها المورفولوجية والهيدرولوجية و ذلك لتحديد البيئة الذاتية لكل نوع من انواع الذبابة السوداء.

توبعت المجتمعات الذبابية خلال مدة زمنية غطت ثلاث سنوات متتالية (2011-2013) مما سمح بتتبع تطوراتها الموسمية بشكل مستمر و متواصل، وتوفير تفاصيل عن التوزيع الارتفاعي، والأفضليات الحرارية، والفيزيائية و ايضا متطلباتها حيال سرعة تيار المياه.

تدل النتائج المتحصل عليها ان مجتمعات الذباب الأسودالفاظنة في المياه الجارية لحوض نهر السيوس تمثل عنصر هام في مجتمع اللاقاريات حيث تم جمع أكثر من 31200 عينة ممثلة في ثمانية أصناف و مورفورم واحد موزعة بين ثلاثة أجناس وأربعة أنواع فرعية.

الأنواع *U. faurei* ، *Simulium (E.) mellah* و *Simulium (N.) lundstromi (E.)* تم العثور عليها لأول مرة في شمال الجزائر. كما تم أيضا وضع مفتاح تحديد الأنواع الثمانية في جميع مراحل النمو .

كذلك و بغرض اجراء دراسة مفصلة ، تم عرض ثمانية جوانب و ذلك لكل نوع من الأنواع المتحصل عليها: التوزيع في شمال أفريقيا، التوزيع الحالي في الجزائر، التسميات المرادفة السابقة ، تشخيص مفصل ومصور، ملاحظات تصنيفية ، النتائج الوراثة الخلوية، ملخص للتوزيع العام للأنواع في جميع أنحاء تواجد مجموعتها مع تفاصيل اماكن توزيعها في حوض نهر السيوس ممثلة على الخريطة، وأخيرا عرض مقارنة لتفضيلاتها البيئية في حوض نهر السيوس مع بقية اماكن تواجد مجموعاتها.

اظهر التحليل الوراثي الخلوي لبعض الأنواع من نهر السيوس ان النوع *Simulium (E.) velutinum* يتكون حقيقة من ثلاثة انواع مستقلة اما بعض الأنواع الأخرى فقد تم التأكيد على انتمائها الى المجتمعات الذبابية المقيمة في مناطق اخرى.

اما بالنسبة للدراسة البيئية فقد سمحت نتائجها باظهار العوامل المؤثرة و المتحكمة في توزيع مختلف الانواع. و في هذا الصدد بينت النتائج انه من بين الانواع المصنفة، يمثل النوع *Simulium (W.) pseudequinum* أكثر الأصناف وفرة حيث يهيمن بنسبة تقارب 80% من العينات، كما اثبت هذا العنصر قدرة كبيرة على التواجد في اغلبية المجاري المائية بما في ذلك تلك اللتي تخضع لتلوث كبير.

الكلمات المفتاحية

ذوات الجناحين، السملبيدات، شمال شرق الجزائر، حوض وادي السيوس، تصنيف، الوراثة الخلوية، دراسة بيئية.

Introduction générale

L'Algérie grâce à sa façade méditerranéenne, possède d'importants réseaux hydrographiques. Ses eaux continentales, par leur richesse et leur diversité, ont suscité l'intérêt de beaucoup de chercheurs.

Ce pays, situé à la limite Sud de la zone paléarctique, subit une importante influence méditerranéenne. Il présente une aire de contact très intéressante entre le Sud de l'Europe et l'Afrique, ce qui la rend en fait, une aire d'intérêt particulier aux plans faunistique et biogéographique.

En Algérie du Nord, les écosystèmes des eaux courantes sont caractérisés par une grande diversité physique, non seulement entre secteurs géographiques mais également de l'amont vers l'aval. La complexité des hydrosystèmes et la multiplicité des perturbations anthropiques d'une part, ainsi que les conditions climatiques difficiles (régression de la pluviométrie, élévation de la température) d'autre part, ont conduit à la fragmentation croissante des milieux et à l'isolement des populations de macroinvertébrés, se traduisant par des modifications profondes des communautés d'invertébrés avec une perte de diversité et/ou des déséquilibres démographiques.

Les études faunistiques (invertébrés benthiques) et écologiques (répartition spatiale et structure des communautés) revêtent d'une importance primordiale d'une part dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et, d'autre part, dans l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes.

L'étude de la faune de macroinvertébrés benthiques des cours d'eau d'Algérie a été entreprise ces dernières décennies afin de dresser un inventaire aussi exhaustif que possible et d'avoir des connaissances sur la systématique, l'écologie ainsi que la biogéographie. Les premières études sur la limnologie algérienne datent du dix-neuvième siècle et elles sont limitées le plus souvent à des notes zoologiques qui se résument, pour la plus part, à la description d'espèces inédites, l'écologie n'étant que sommairement abordée (Bedel, 1895; Peyerimhoff, 1905; Edwards, 1923; Lestage, 1925; Puri, 1925; Gautier, 1928; Navàs, 1929; Seurat, 1934; Vaillant, 1955).

A ces travaux, viennent s'ajouter des essais faunistiques réalisés récemment (Gagneur *et al.*, 1986; Gagneur et Thomas, 1988; Gagneur et Aliane, 1991; Moubayed *et al.*, 1992; Thomas, 1998; Samraoui et Menaï, 1999; Samraoui et Corbet, 2000 a, b; Lounaci *et al.*, 2000a, b; Arab *et al.*, 2004; Belaidi *et al.*, 2004; Samraoui, 2009; Chaib *et al.*, 2011a, b; Annani *et al.*, 2012; Chaib *et al.*, 2013).

Mais, si en Algérie, les recherches sur les peuplements lotiques sont favorisées, l'étude de la faune simuliidienne des eaux lenticques est peu en faveur. En effet, parmi les arthropodes piqueurs d'Algérie, les Diptères de la famille des Simuliidae sont encore fort peu connus aussi bien du point de vue systématique que biologique.

En effet, parmi les hôtes des eaux rapides, les larves et les nymphes des simuliidae sont sans doute les organismes qui ont le moins retenu l'attention des naturalistes algériens, malgré l'abondance de ses populations dans nos cours d'eau les premières études ayant été faites par des chercheurs européens lors de séjours plus ou moins prolongés en Algérie.

Autant que nous sachions, la première mention qu'on leur ait consacré provient de l'ancienne publication de Roubaud (1906) qui signala *Simulium ruficorne* Macquart, 1838 comme espèce nouvelle. Plus tard, Edwards (1923) dans ses premières notes décrit l'espèce inédite *Simulium sergenti* Edwards, 1923. Si superficielles et incomplètes qu'elles sont, ces premières notes ont été légèrement complétées par de brèves remarques écologiques réunies dans un travail réalisé par Parrot en 1949.

A la suite de ces travaux que nous jugeons déjà anciens, la faune simulidienne d'Algérie n'avait l'objet que d'études épisodiques qui étaient dédiées surtout à la distribution des espèces et plus rarement à leur biologie ou à leur écologie (Grenier 1953, Vaillant 1955, Grenier et Clastrier 1960, Clastrier et Grenier 1961, Belazzoug et Tabet-Derraz 1980, Clergue-Gazeau *et al.*, 1991). Quelques diverses mises au point générales et fragmentaires ont porté sur la biogéographie et l'écologie des stades préimaginaux (Vaillant 1953, Gagneur et Clergue-Gazeau 1988, Clergue-Gazeau *et al.*, 1991).

Depuis les dernières décennies, l'étude des Diptères simuliidae en Algérie a subi des remaniements, en effet, d'autres études se sont ajoutées depuis quelques années mais seulement dans les régions de la Kabylie du Djurdjura (Lounaci *et al.*, 2000a, b) et le bassin versant du Tafna (Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.*, 2012).

Connues couramment sous le nom de « mouches noires », les simulies comptent 2151 espèces dont la répartition est presque mondiale (Adler et Crosskey, 2014), ces organismes colonisent tous les continents excepté l'Antarctique (Adler *et al.*, 2004, Currie et Adler, 2008). Ces insectes sont des diptères dont les stades immatures sont aquatiques tandis que les adultes sont aériens (Crosskey, 1990).

Par l'abondance de leurs piqûres, les femelles adultes, qui exigent pour la plupart des espèces un repas sanguin pour mûrir leurs œufs, constituent dans de nombreux pays tropicaux une véritable nuisance pour le bétail (Adler, 2005; Currie et Adler, 2008) et l'homme (Clubber, 1998) et causent des ravages mondiaux ainsi que des pertes économiques non négligeables (Crosskey, 1990; Adler et McCreddie, 1997; Adler *et al.*, 2004).

En Afrique tropicale et dans certains pays d'Amérique du Sud, plusieurs espèces (complexes *Simulium neavei* Roubaud, 1915, *Simulium damnosum* Theobald, 1903 et *Simulium ochraceum* Walker, 1861) sont vectrices de l'onchocercose, filariose cécitante et invalidante pour l'homme (Grillet *et al.*, 2001) due à la filaire dermique *Onchocerca volvulus* Leuckart, 1893. Plusieurs espèces sont également vectrices de l'onchocercose animale et sont capables de transmettre aux oiseaux des agents mortels tel que la filaire du genre *Ornithofilaria* Gönner, 1937 et le protozoaire du genre *Leucocytozoon* Ziemann, 1898 (Monet et Bernard, 1981; Werner et Pont 2003).

En certains Pays d'Europe centrale tels que la Yougoslavie et la Roumanie, l'importance vétérinaire des simuliés est essentiellement liée à leur rôle pathogène direct puisque par leur salive particulièrement allergisante, des nuées de l'espèce *Simulium columbaczense* Schoenbauer, 1795 peuvent provoquer la mort des bovins. L'espèce *Simulium ornatum* Meigen, 1818 est aussi un vecteur naturel de la filaire nématode *Onchocerca lienalis* (Stiles, 1892) impliquée dans la réduction de la fécondité du bétail en grande Bretagne (Renshaw et Hurd, 1995).

De surcroît, ces diptères très redoutés, ont aussi, par leur effet de nuisance, un impact non négligeable sur le tourisme (Adler *et al.*, 2004; Sariözkan *et al.*, 2014).

Toutefois, les simuliés n'ont pas qu'un rôle nuisible. Les adultes sont de bons pollinisateurs (Hunter *et al.*, 2000) et constituent une importante source trophique pour les oiseaux, tandis que les larves représentent une composante majeure de la faune des macroinvertébrés des cours d'eau et contribuent au recyclage de la matière organique (Morin *et al.*, 1988).

De plus, grâce à leur caractère rhéophile ainsi que leur succession le long des différentes zones des cours d'eau, les différentes espèces de simuliés vont pouvoir contribuer à étudier les conséquences de l'impact humain sur la faune et déterminer l'influence des changements climatiques sur la structure et la qualité physicochimique des habitats des eaux courantes (Lautenschläger et Kiel, 2005; Kazanci, 2006).

Dans notre pays, les populations aquatiques font face à un problème écologique de grande importance lié à la sécheresse estivale. Ce travail sur le bassin versant de la Seybouse est original, pour autant qu'aucune recherche hydrobiologique focalisée sur son entomofaune simulidienne n'ait été faite avant, elle contribue à une meilleure connaissance des cours d'eau du Nord de l'Algérie. Ce réseau hydrographique connaît des effets nocifs et des agressions de toutes sortes, préjudiciables avec l'équilibre des communautés benthiques du fait qu'il passe par des secteurs urbains et industriels où l'agriculture joue un rôle considérable.

Notre travail s'inscrit dans cette préoccupation d'étude hydrobiologique, ainsi et en s'appuyant sur une étude faunistique (répartition spatiotemporelle et structure des communautés benthiques), il sera possible de comprendre le fonctionnement des cours d'eau algériens et de mettre au point, pour leur gestion, des outils d'évaluation de leur état de santé écologique (bioindicateurs).

Il est d'un grand intérêt écologique d'effectuer un inventaire des simuliidae du Nord Est algérien et plus particulièrement le réseau hydrographique de la Seybouse. Un nouvel inventaire nous permettrait non seulement de voir comment les espèces se distribuent par rapport aux changements climatiques et environnementaux, mais aussi de mettre à jour les différents critères constituant les clés d'identifications morphologiques.

De plus, et en raison de l'absence d'études systématiques ou écologiques consacrées au peuplement simulidien du bassin versant de la Seybouse, il nous a également semblé

intéressant de concentrer nos investigations sur les facteurs environnementaux afin de déterminer leur influence sur la composition et la structure des communautés simuliennes. En outre, la considération de la faune aquatique, de sa diversité et de sa distribution dans les cours d'eau, constituent un indicateur biologique potentiel permettant d'évaluer la qualité biologique de l'eau.

L'étude que nous présentons ici a trait à tous les stades de développement mais plus particulièrement aux stades préimaginaux, elle est à la fois faunistique, taxonomique, caryologique et écologique.

La partie taxonomique et biologique (Chapitre I) de ces recherches a été conçue comme le substrat nécessaire à l'étude faunistique qui suit. C'est ainsi qu'ont été étudiés successivement chez les différentes formes imaginaires, nymphales et larvaires, la morphologie et les divers caractères systématiques indispensables à la compréhension de la partie systématique.

Bien que les simules n'ont pas en Algérie l'impact économique qu'elles présentent en diverses régions du monde, nous n'avons pas voulu omettre l'aspect pratique du problème et nous avons mentionné des faits d'importance médicale et vétérinaire pouvant attirer l'attention et susciter des études nouvelles sur ces insectes, dont l'étude a été fort négligée en Algérie.

Dans le chapitre II, une description du cadre physique à l'échelle du bassin versant de la Seybouse (caractéristiques hydrologiques, géographiques et géologiques, couvert végétal) a été faite.

Cette dernière est suivie de la localisation et de la description des stations d'études. Elle se termine par une exposition des méthodes d'échantillonnage et de récolte sur le terrain, et par une détermination de la manière de leur préparation pour leur étude au laboratoire.

Dans le chapitre III, nous avons réuni la systématique des simules seybousiennes suivie de leur inventaire faunistique commenté.

Pour chaque espèce répertoriée nous avons donné les citations bibliographiques antérieures à notre étude, la distribution dans les divers sites échantillonnés dans notre zone d'étude (carte à l'appui), la distribution maghrébine, mondiale et algérienne. Une diagnose complète, accompagnée de planches illustratives de toutes les espèces récoltées et photographiées, a été réalisée. Des notes taxonomiques ont été avancées chaque fois que cela était nécessaire. Enfin, une étude autoécologique a été élaborée pour chacune des espèces seybousiennes.

Une clé d'identification de tous les stades de développement des simules récoltées dans le Nord Est algérien encore jamais réalisée en Algérie, a été établie dans le chapitre IV.

Les caractères distinctifs des larves au rang spécifique étant très peu nombreux, nous avons eu recours dans de nombreux cas, à une étude cytologique, notamment pour les

espèces du groupe *Simulium (Eusimulium) aureum*. Cette étude requière une technique de récolte particulière.

Le cas particulier de l'espèce *Simulium (Eusimulium) velutinum* (Santos Abreu, 1922) complexe (chapitre V) s'est avéré à cet effet d'une extrême importance. Ce taxon, est constitué d'espèces cryptiques, espèces qui présentent apparemment les mêmes caractéristiques morphologiques mais qui ne peuvent être distinguées qu'en faisant appel à des critères génétiques.

Le dernier chapitre traite de l'analyse écologique globale de la faune inventoriée, l'étude porte sur les facteurs de répartition des espèces et sur leur distribution altitudinale. L'essai d'une analyse en composantes principales nous a permis d'établir la biotypologie des stations d'étude.

Chapitre I

Taxonomie et Biologie

I.1. TAXONOMIE

Depuis des siècles, on assiste à un remaniement constant de la classification des espèces. Certains utilisent la taxinomie classique, d'autres préfèrent la cytogénétique, et depuis quelques décennies l'approche moléculaire semble la plus à la mode. Ainsi beaucoup de progrès ont été faits ces dernières années dans le but de délimiter les espèces de mêmes parents.

Les simuliidae, communément appelés mouches noires ou simulies, constituent un groupe morphologique très homogène (Crosskey, 1990). Cette famille comprend relativement peu d'espèces comparativement aux autres familles de diptères. Des types de gites similaires associés à un mode de développement spécialisé des stades immatures lui confèrent une grande uniformité morphologique, réduisant ainsi le nombre de caractères distinctifs permettant de séparer les espèces.

I.1.1. Position systématique

Du point de vue systématique et selon Adler et Crosskey (2014), les simuliidae sont rangés parmi les Diptères (sous-ordre des Nématocères, infra-ordre des Culicomorpha, superfamille des Simulioidea).

Parmi tous les ordre d'insectes, celui des Diptères est l'un des plus importants par le nombre des espèces qu'il renferme et la masse phénoménale des individus qui le composent (Tachet et *al.*, 2000). Les Diptères datent du début du secondaire et les simuliidae se sont probablement différenciés au début du Jurassique, comme l'atteste la puppe fossile de *Simulimima* (Crosskey, 1991).

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

Les antennes des adultes sont courtes (comme chez les brachycères), mais multiarticulées (caractères propre aux nématocères). Par conséquent, la détermination de la position systématique exacte des simuliidae n'a pas été sans entraîner quelques discussions. Toutefois, l'étude du complexe endocrino-sympathique de la larve de *Simulium* révèle un statut de ces diptères, plutôt intermédiaire entre les nématocères et les brachycères.

D'après le dernier relevé d'Adler et Crosskey (2014), autorités dans le domaine, cette famille comprendrait, à l'échelle mondiale, 2151 espèces actuelles distribuées entre 26 genres. Selon la cladistique traditionnelle (Crosskey et Howard, 1997; Currie et Adler, 2008) et des données moléculaires (Moulton, 2000), il y a présentement consensus à l'effet que les simulies se subdivisent en 2 sous-familles:

- les Parasimuliinae, constitués d'espèces exclusivement néarctiques.
- Les Simuliinae, incluant le genre *Simulium* qui englobe à lui seul 80% de toutes les espèces de simuliés.

I.1.2 . Morphologie et caractères systématiques

Les descriptions des différents stades de développement des simuliides ont été empruntées pour la plus à: Smart (1944), Grenier (1953), Davies *et al.* (1962), Wood *et al.* (1963), Chance (1970), Craig (1975), Ross et Craig (1979), Deligne et De Vos (1981), Peterson (1981), Adler et Kim (1986) et Adler *et al.* (2004).

I.1.2.1. Adultes

L'insecte adulte (Figure 1a) de coloration généralement sombre, a l'apparence d'une petite mouche (1-6 mm de longueur), au corps trapu et bossu avec des pattes fortes et des ailes larges.

a. Tête et pièces buccales

La tête est nettement hémisphérique et pend au-dessous de l'axe antéro-postérieur du corps. Elle porte une paire d'antennes, courtes, glabres, et identiques dans les deux sexes. Celles-ci sont constituées d'articles cylindriques rapprochés, très peu différents les uns des autres. Le nombre des articles est dans la grande majorité des cas de 11.

Les ocelles sont absents. Le dimorphisme sexuel affecte les yeux, les griffes tarsales et le genitalia (Crosskey, 1990). Chez les femelles (Figure 2b), les yeux sont dichoptiques, c'est-à-dire séparés par un front, toutes les facettes étant petites et identiques (Davies, 1978; Peterson 1981 ; Torre- Bueno, 1985). Chez les mâles (Figure 2a) ils sont très gros et holoptiques (contigus) avec absence de front sur la ligne médiane de la tête dont ils occupent toute la partie supérieure; ils sont composés de petites facettes dans leurs tiers inférieur et de grandes facettes dans les deux tiers supérieurs (Davies et Peterson, 1956; Peterson, 1981; Wenk, 1987).

Les pièces buccales sont complètes chez les deux sexes, mais elles ne sont nuisibles que chez les femelles puisqu'elles sont hématophages:

- Les mandibules sont en forme de lames larges et serrulées à l'apex uniquement chez les femelles; elles sont munies d'un système de coaptation présent chez les deux sexes.
- Les maxilles se composent d'une galea en forme de robuste stylet denté et d'un palpe maxillaire de 5 articles.
- Le labre est un stylet impair, aplati, formé d'une double paroi et muni de fortes dents apicales.

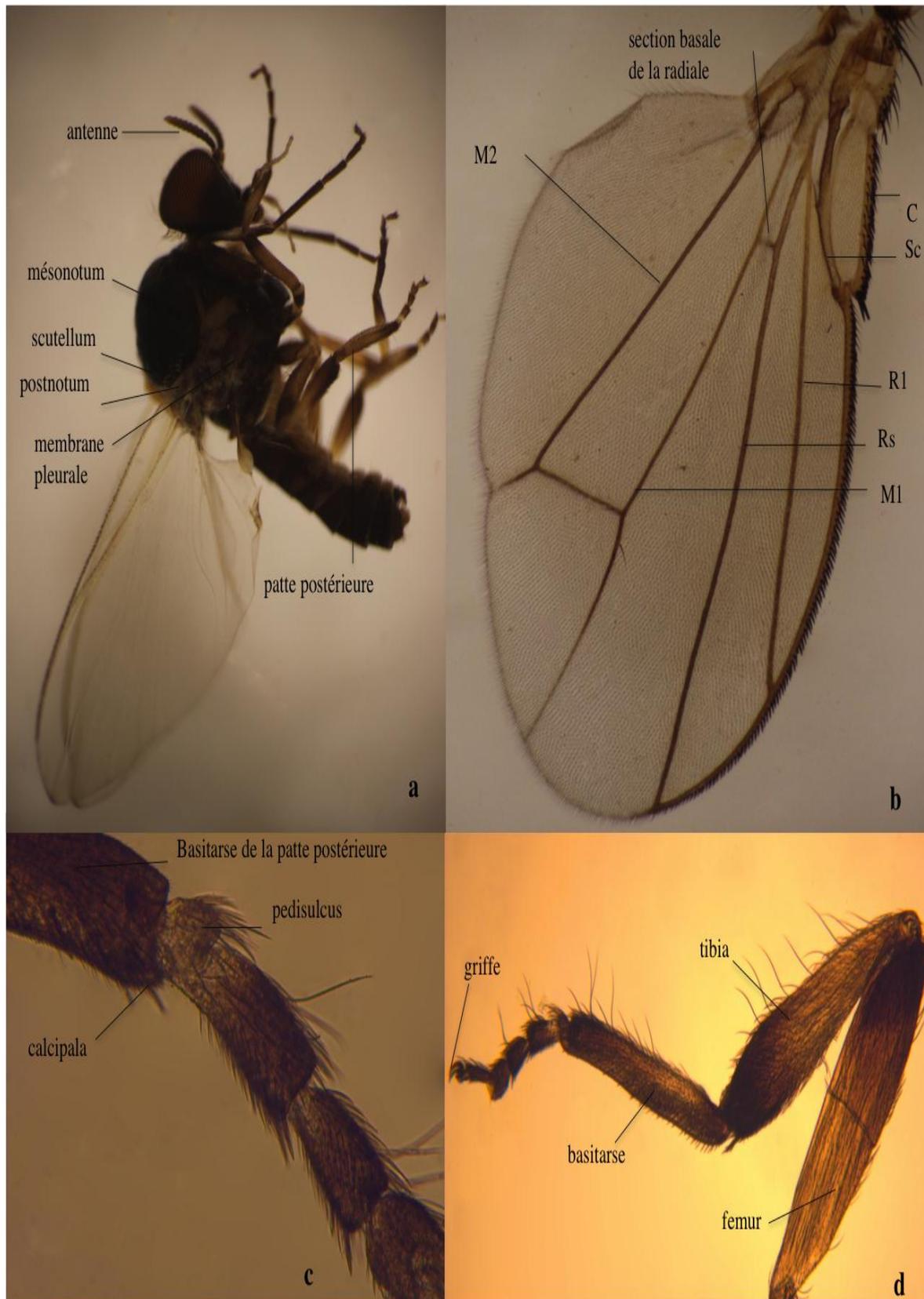


Figure 1: Morphologie de l'imago de *Simulium velutinum* complexe: aspect général du corps (a), aile (b), basitarse de la patte III (c), patte postérieure (d).

- L'hypopharynx est une lame mince, frangée de soies à l'apex et creusée dorsalement d'une gouttière salivaire médiane.
- Le labium non piqueur est charnu, muni de deux labelles larges et membraneux. Il sert de fourreau aux autres pièces buccales au repos.

b. Thorax

Le thorax est fortement bombé et est caractérisé par un **mesonotum** très développé qui donne à l'insecte son allure bossue. Le **scutellum** est petit et le **postnotum** arrondi (Figure 1a).

Latéralement, une aire membraneuse (**membrane pleurale**) sépare le stigmate antérieur et la base de l'aile. Cette aire porte chez certaines espèces une houppe plus ou moins dense, de soies molles. Ce caractère n'est pas toujours facilement observé, et constitue un critère systématique important.

Les ailes très caractéristiques par leur nervation (Figure 1b), sont larges et claires, et fournissent d'excellents caractères différentiels: les nervures intérieures, **costale (C)**, **sous-costale (Sc)**, **radiale (R)** et **médiane (M)**, sont nettement plus épaisses que les veines postérieures (**M1**, **M2**, **Cu1**, **Cu2**). L'épaississement costal ne fait pas le tour de l'aile et se termine avant l'apex de l'aile. La **première branche du radius (R1)** rejoint la costale au-delà du milieu de celle-ci. Le **secteur de la radiale (Rs)** peut être bifurqué et, dans ce cas, il existe une veine supplémentaire qui est **R1+ 3**, caractéristique du genre *Prosimulium* et de certaines espèces de *Metacnephia*. Dans tous les autres genres, le secteur de la radiale est simple.

La pilosité des veines antérieures présente des particularités remarquables. Le plus souvent, les nervures **C (Figure 3)** et **R1** portent des **macrotriches** constituées par un mélange de **soies** et de **spinules**. Toute la sous-famille des simuliinae possède des **macrotriches sétiformes** et **spiniformes**, à part les genres *Prosimulium* et *Urosimulium* qui ne possèdent que des soies.

La **cubitale (Cu)** se divise en deux branches (**Cu1 et Cu2**). Il existe parfois une petite **cellule basale**, utilisable en systématique (genre *Prosimulium*).

Les pattes (Figure 1d) sont relativement courtes et puissantes, avec des **fémurs** élargis et le premier **article tarsal (basitarse)** plus ou moins allongé ou dilaté.

Le tarse de la troisième paire de pattes (Roubaud, 1906), fournit des caractères taxonomiques intéressants: chez certaines espèces, l'incision dorsale que porte la base du second article est appelée **pedisulcus** et le processus aplati qui existe parfois à l'extrémité distale du basitarse est connu sous la dénomination de **calcipala** (Figure 1c).

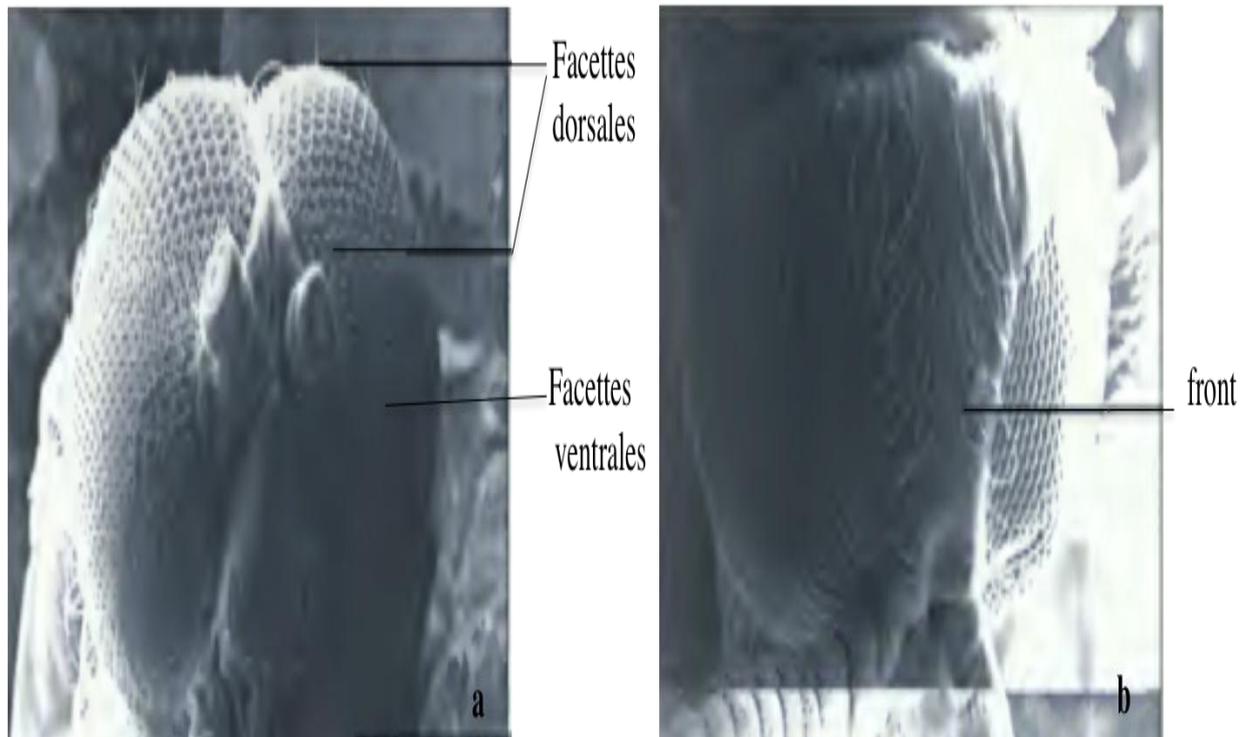


Figure 2: Têtes d'adultes de similies: yeux holoptiques d'un mâle (a), yeux dichoptiques d'une femelle (b) (Sharp, 2007).

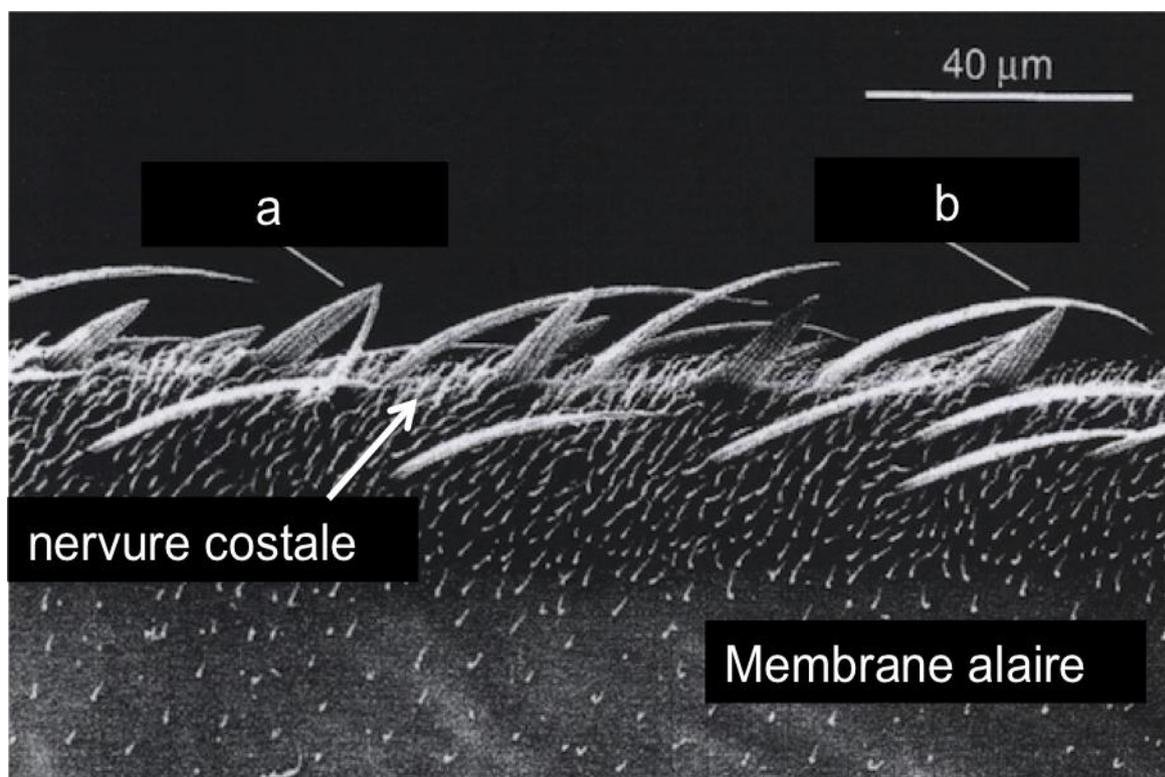


Figure 3: Portion de la veine costale de l'aile de *Simulium vittatum* montrant les macrotriches: spiniformes (a) et sétiformes (b) (Adler *et al.*, 2004).

L'épaisseur et la longueur relative du basitarse antérieur constituent aussi dans les deux sexes d'intéressants caractères spécifiques. Deux griffes tarsales plus ou moins puissantes existent chez les deux sexes (Figure 4a, b), cependant leur structure présente une importante modification chez les femelles et reflète le type d'hôte choisi par celle-ci. A ce titre, les espèces ornithophiles ont adapté à la base de leur griffes une petite dent basale avec un processus développé en languette (thumblike lobe) créant ainsi une griffe bifide (Figure 4b) utilisée pour s'accrocher sur l'hôte, cependant les espèces mammophiles présentent des griffes simples dépourvues de denticulations (Crosskey, 1990; Kettle, 1995; Malmqvist *et al.*, 2004).

Les adultes mâles possèdent de volumineux pelotes en forme de capuchon surmontant la base des griffes (Figure 4a), ce dispositif sert à la saisie de la femelle lors de l'accouplement (Craig et Craig, 1986; Crosskey, 1990).

c. Abdomen

Il est court, trapu et ovoïde, comprend 9 segments visibles et est attaché au thorax. Le premier tergite est restreint à un étroit collier latéro-dorsal, muni latéralement d'une frange de longues soies. Les sternites sont réduits à de petites plaques (Adler *et al.*, 2004).

d. Genitalia mâle

Les genitalia mâles (Figure 5a) sont très diversifiés et fournissent les meilleurs caractères de détermination spécifique. La petite taille de ces organes requiert une dissection et un montage en préparation microscopique.

Le neuvième segment abdominal est très développé; large du côté dorsal, il se réduit à un anneau étroit du côté ventral et entoure complètement l'apex de l'abdomen. Il est pourvu d'une paire de **gonopodes** (claspers) vigoureux, qui comportent chacun un large **coxite** auquel fait suite un **style** dont la forme est variable suivant les espèces (Wood, 1963). Celui-ci porte distalement une ou plusieurs épines, parfois difficilement discernables.

Entre les coxites apparaît une pièce impaire: **la plaque ventrale**. Cette plaque qui est une formation bien sclérifiée, est très utilisée en systématique: sa partie postérieure ventrale prenant diverses formes compliquées et différentes chez chaque espèce (gibbosité, crête ou large bouclier garni de poils et parfois de denticulations) offre des caractères spécifiques infaillibles.

L'étude morphologique de cette structure doit être faite très attentivement vu qu'elle peut se présenter sous des aspects très différents suivant l'orientation qu'on lui donne, son examen de profil étant souvent essentiel.

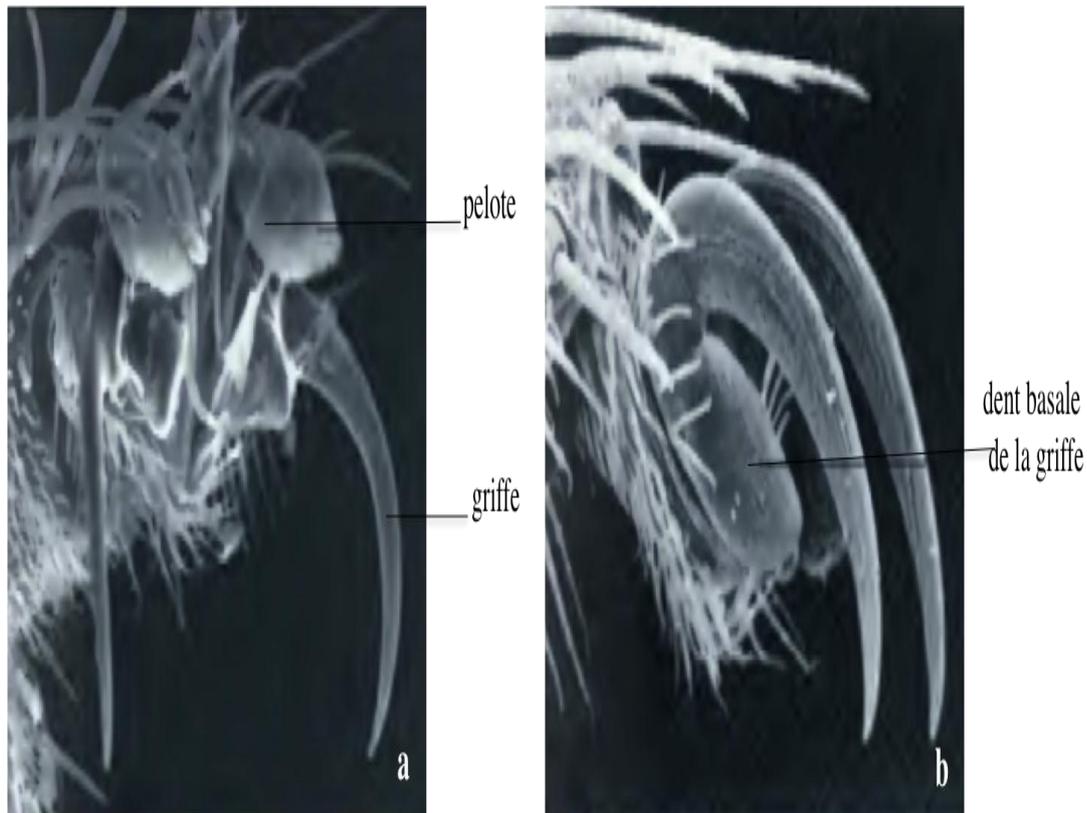


Figure 4: Basitarse de la patte postérieure de simulies: mâle (a), femelle (b) (Sharp, 2007).

Dorsalement par rapport à cette plaque ventrale apparaît un **édéage** tubulaire et membraneux, dans lequel débouche le **gonopore**.

Un système de plaques sclérifiées renforce l'édéage:

- 1- une paire latérale de **paramères** qui portent sur leur partie distale des dents ou plusieurs crochets (**crochets paraméraux**) dont le nombre varie de 1 à plus de 20.
- 2- un **sclérite dorsal**, qui est une plaque de forme et de chitination variables.
- 3- un **sclérite médian** faisant partie de la paroi ventrale de l'édéage; il offre de bons critères taxonomiques.

e. Genitalia femelle

Chez les femelles (Figure 5b), le huitième segment abdominal est peu modifié; son sternite peut présenter une aire médiane dépourvue de soies comme il peut, à l'inverse, porter une plaque bien chitinisée et de forme caractéristique.

Au-dessous de cette aire médiane, le segment porte une paire de gonopophyses antérieures qui masquent l'orifice génital.

La furca est une formation impaire très chitineusée, ayant la forme générale d'un Y renversé par rapport à l'axe antéro-postérieur et qui apparaît en profondeur.

Le neuvième tergite, très visible en vue latérale, est bien développé. De part et d'autre de l'anus se trouve une paire de protubérances arrondies, les **paraproctes**, portant chacun un **cerque** (Adler *et al.*, 2004). La **spermathèque** est une pièce unique bien chitinisée, qui peut être arrondie ou légèrement ovale. Considérée pendant longtemps sans importance taxonomique (Grenier, 1953), la spermathèque s'est avérée être un critère clé dans la détermination et la séparation de certaines espèces appartenant au même sous-genre telle que *Simulium velutinum* (Beaucournu-Saguez, 1977) et les espèces du sous-genre *wilhelmia*.

I.1.2.2. Nymphes

a. Cocon

La nymphe a l'aspect général d'un adulte logé dans un cocon tissé par la larve du dernier stade. De couleur jaune clair quand elle est jeune, elle devient de plus en plus foncée en vieillissant. Elle porte des filaments respiratoires ramifiés et vie fixée au support par sa face ventrale.

Le cocon est une structure en soie d'architecture bien définie dont le rôle est la protection et l'ancrage de la nymphe sur son substrat (Rubstov, 1989; Adler *et al.*, 2004). La partie postérieure de cette structure, complètement close, est bien dirigée contre le courant alors que la partie antérieure est ouverte et laisse passer les filaments respiratoires de la nymphe.

La forme du cocon et son tissage constituent d'excellents caractères de différenciation. Le genre *Prosimulium* présente à cet égard des particularités intéressantes; le cocon est très vaguement tissé et peut ne couvrir qu'une partie infime du corps de la nymphe. Pour le genre *Simulium*, le cocon est rigide et a une forme bien définie. Dans le sous-genre *Nevermania*, la marge antérieure du cocon peut avoir une projection médiane, de longueur et grosseur variables. Dans le genre *Metacnephia* et le sous-genre *Wilhelmia*, le cocon présente un talon surélevé par rapport au substrat.

b. Céphalothorax

Le thorax nymphal est robuste (Figure 6). Les traits généraux de l'adulte en voie de développement, tels que les yeux et les antennes sont apparents. Le céphalothorax de la plupart des espèces est relativement lisse ou couvert par de petits tubercules. Des soies sensorielles peu nombreuses, parfois fourchues, nommées **trichomes** (dont le nombre de subdivision apicales est caractéristique chez certaines espèces) peuvent être évidentes sur la surface dorsale du thorax. Une légère strie dorso-médiane représente une ligne le long de laquelle le tégument se fend pour que l'adulte puisse émerger.

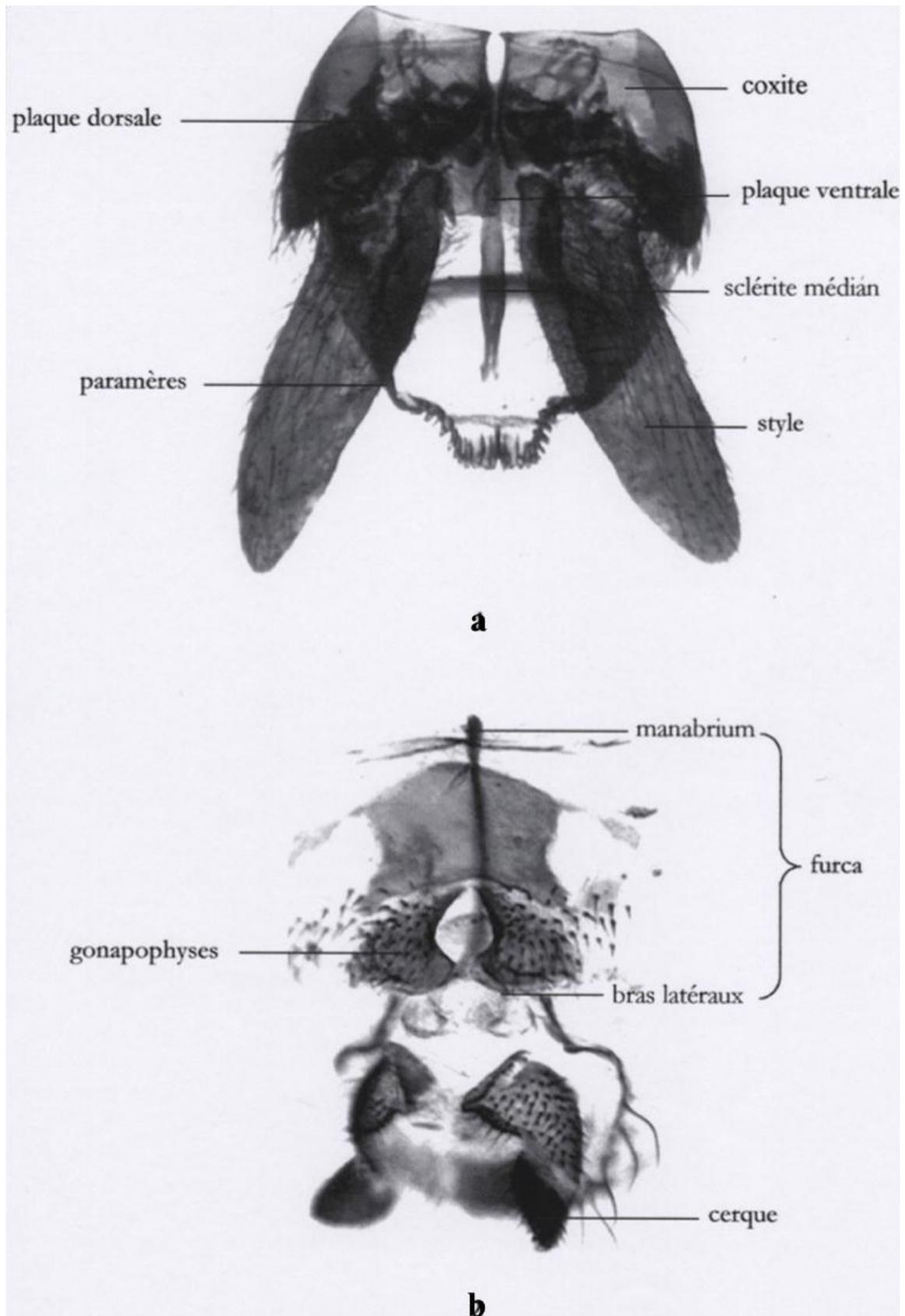


Figure 5: Aspect général des genitalia mâle de *Simulium auricoma* (a) et femelle (b) de *Simulium trifaciatum* (Belqat et Dakki, 2004).

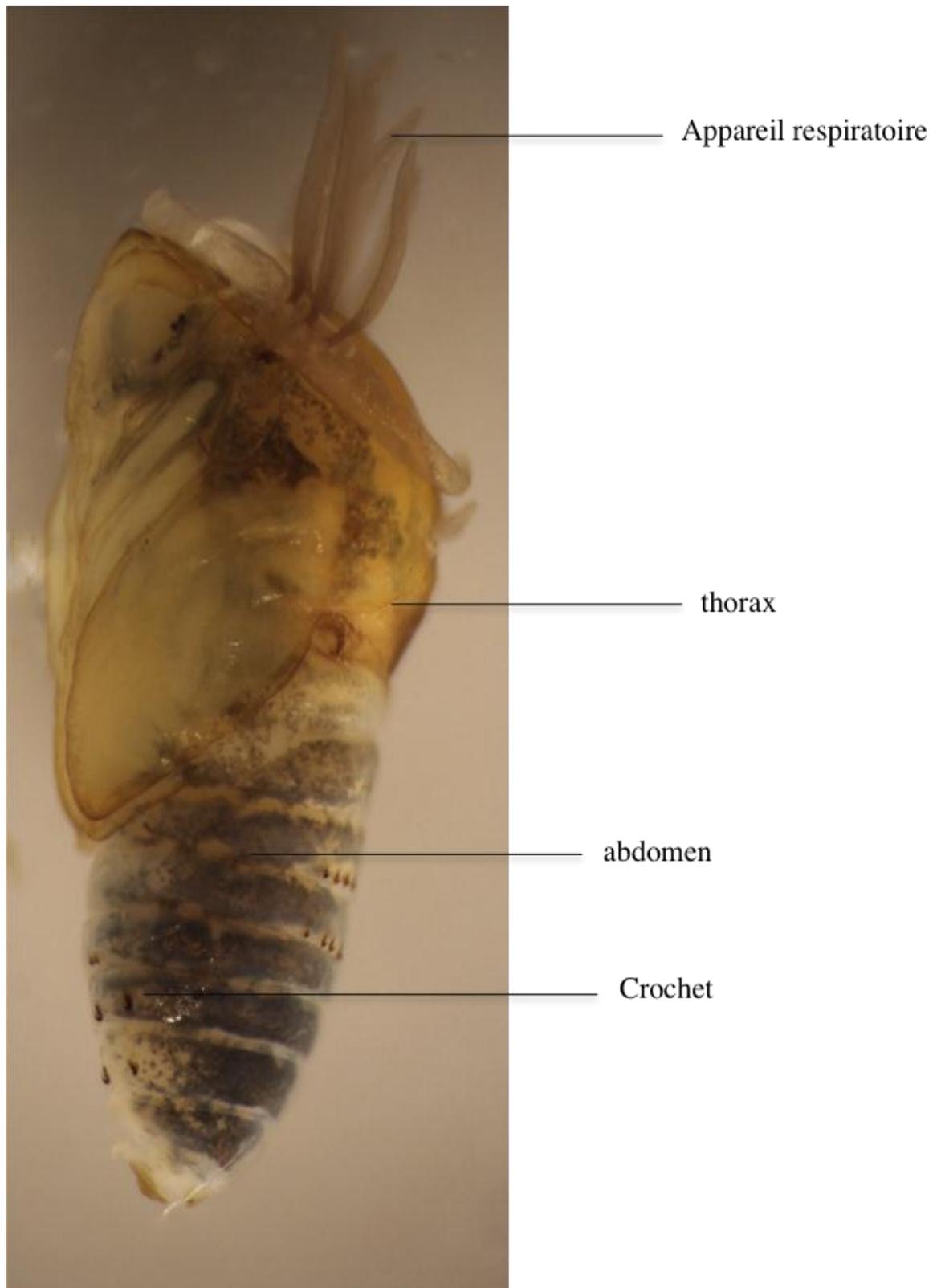


Figure 6: *Simulium (Wilhelmia) pseudequinum*: aspect général du corps de la nymphe.

L'appareil respiratoire constitue sans doute le caractère taxonomique le plus important pour l'identification spécifique des simules non matures (Figure 6). Cet organe est situé de chaque côté du thorax, sa forme, son mode de branchement, la sculpture de sa surface et le nombre des filaments qui le constituent sont d'une grande valeur taxonomique. Ces organes sont des tubes clos qui représentent, du point de vue physiologique, des branchies cuticulaires (Taylor, 1902). Celles-ci permettent aux nymphes d'assurer leurs échanges respiratoires aussi bien dans l'eau que dans l'air humides. Elles constitueraient par conséquent une adaptation à la vie dans les cours d'eau à régime irrégulier, susceptibles de dessécher (Grenier, 1949).

c. Abdomen

L'abdomen de la nymphe est effilé et armé de plusieurs lignes d'**épines** et de **crochets** (Figure 6) cuticulaires très développés qui permettent à la nymphe de s'accrocher à l'intérieur de son cocon. Postérieurement, une paire d'épines terminales est présente chez quelques espèces, en particulier chez le genre *Prosimulium*.

La forme, le nombre de ces formations tégumentaires et leur répartition sur les faces dorsale, ventrale et latérale des segments abdominaux fournissent au systématicien des caractères différentiels, notamment au sein du genre *Metacnephia* et *Prosimulium*.

I.1.2.3. Larves

C'est un organisme encéphale dont la forme générale est celle d'une massue dont l'extrémité abdominale est fortement renflée avec une longueur variant de quelques millimètres à un peu plus de 1 cm chez les espèces les plus grosses. Le corps se compose d'une tête cylindrique, bien chitinisée, de trois segments thoraciques et de huit segments abdominaux.

a. Tête

La tête est nettement hémisphérique (Figures 7, 8). Les pièces buccales typiquement broyeuses, sont complètes (labre, éventails céphaliques, mandibules, maxilles, complexe labio-hypopharygien et hypostomium). Elles ont été décrites et illustrées en détail par Chance (1970).

La physionomie la plus caractéristique de la larve est une paire d'**éventails céphaliques** (Figures 7, 8) qui sont insérés sur les côtés de la base du labre. Ils sont composés chacun d'une large hampe, presque aussi longue que l'antenne, portant chacune une série de 30 à 60 grandes baguettes falciformes, qui, en s'écartant, constituent une sorte de corbeille à concavité ventrale.

Les **rayons primaires** de ces éventails sont longs et nombreux, et s'insèrent en arc de cercle au sommet de la hampe (Deligne et De Vos, 1981). Ils présentent chacun la forme générale d'une lame dont la base élargie est renforcée ventralement par une nervure et dont la partie distale est arquée en forme de faucille. Le nombre de ces rayons est variable à l'intérieur d'une même espèce. Ils portent sur la face intérieure de nombreuses microtriches

courtes, trapues et serrées les uns contre les autres dont la taille et la distribution précises varient aussi d'une espèce à une autre.

Les **rayons secondaires** des éventails sont plus courts et plus minces que les primaires et sont insérés latéralement, sur la face ventrale de la hampe. Les plus latéraux d'entre eux sont munis de deux rangées de fines barbes d'environ 10 µm de longueur, leur conférant un aspect de plumes ; à l'endroit où elles sont le plus serrées elles ne se séparent à la base que de quelques dixièmes de µm.

Les éventails céphaliques portent également de longs **rayons médians** appliqués contre le bord mésial de la hampe et des feuilles intermédiaires séparant les rayons secondaires.

La morphologie de cet appareil dépend généralement de la vitesse du courant (Malmqvist *et al.*, 1999) et le type de nourriture ingéré (Carlsson, 1962), ce dispositif filtre l'eau et intercepte les particules alimentaires en dérive. Il s'ouvre et se ferme comme un éventail mais ne fonctionne pas pour autant, comme un organe vibratile (Fortner, 1937; Grenier, 1949).

Les **mandibules** sont bien développées et denticulées; elles portent sur leur bord interne, deux ou plusieurs denticulations (**processus tp**) de disposition variable qui fournissent de bons caractères spécifiques.

Les **maxilles** se trouvent ventralement par rapport aux mandibules et ont des **palpes maxillaires** (Figure 8) bien visibles.

L'**hypostomium** (Figure 8) est une plaque fortement chitinisée qui porte sur son bord antérieur (submentum) une rangée de dents et sur ses bord latéraux des rangées de soies clairsemées. La dimension, l'arrangement et le nombre de ces dents sont d'une grande valeur taxonomique.

L'**échancrure ventrale** (Figure 8) est une zone chitineuse mince et claire, située dans la partie postéro-ventrale de la capsule céphalique. Elle peut être réduite ou profonde et atteint parfois même la base de l'hypostomium. Sa forme, très caractéristique, est d'une grande utilité en taxonomie.

Les **antennes** (Figures 7, 8) sont composées de 3-4 segments, avec parfois des annulations secondaires. Pour le genre *Prosimulium*, l'article distal (sombre) contraste fortement avec les premiers articles (incolores); chez d'autres simulies, les antennes sont pigmentées plus uniformément. Les antennes sont peu utilisées comme critère de reconnaissance par les systématiciens.

Les **taches céphaliques**, correspondent aux empreintes musculaires produisant une ornementation variable du **frontoclypeus** (Figure 8a). L'intensité de ces taches, conjointement avec la couleur de la capsule céphalique, est un bon critère taxonomique.

b. Thorax

Le thorax porte un **pseudopode antérieur** ventral (Figure 8c) qui correspond à une fausse patte mobile du prothorax composé d'un long article basal surmonté d'un article apical qui se termine par une couronne de crochets concentriques entourant un disque apical. Ces crochets, sont alignés le long de quelques dizaines de rangées, leur nombre et leur densité peuvent varier d'une espèce à l'autre.

Chez les larves du dernier stade (Figure 7), le thorax montre latéralement de chaque côté une structure foncée qui apparaît sous le tégument transparent. Cette tache noire, nommée **histoblaste respiratoire** (Figure 8c) est constituée par les filaments respiratoires enroulés de la future nymphe. La forme de l'histoblaste intact ou disséqué après ramollissement, l'arrangement et le nombre des filaments prévoient le caractère morphologique définitif de l'identification de l'espèce.

c. Abdomen

Il est allongé, renflé au niveau du tiers postérieur et vaguement annelé (Figure 7). Le huitième segment peut porter une paire de **papilles ventrales** coniques qui caractérisent essentiellement les sous genres *Eusimulium* et *Nevermania*. La fonction de ces structures n'est pas encore élucidée (Adler, com. pers).

L'abdomen se termine par un disque nommé **pseudopode postérieur**. Vu de l'arrière, il se présente sous forme d'une couronne de plusieurs rangées de crochets recourbés, avec une zone membraneuse au centre. Le nombre de crochets par rangée sont approximativement double des nombres correspondants du pseudopode antérieur (Deligne et De Vos, 1981). Le nombre de crochets par rangée varie selon les espèces. Ce qui est remarquable, c'est qu'il existe un gradient (un continuum morphogénétique) intéressant, la longueur d'une même rangée de crochets, depuis le centre de la couronne vers la périphérie, on observe d'abord des crochets lisses, puis des crochets de plus en plus denticulés, puis des crochets moins denticulés et enfin à nouveau des crochets lisses.

Le pseudopode postérieur joue un rôle primordial dans le comportement de la larve, vu qu'il lui permet de se fixer en plein courant. Il diffère du pseudopode antérieur à bien des égards, surtout par la taille, par la mobilité et par une musculature beaucoup plus compliquée et plus puissante (Puri, 1925), présentant quelques particularités remarquables (muscles s'insérant distalement les uns au niveau de la couronne et les autres sur la membrane centrale).

Dorsalement, juste avant la couronne de crochets se trouve le **sclérite anal** ou encore appelé le **sclérite X** (Figure 7). Antérieurement à ce dernier se trouve le **processus rectal** qui est une projection du mur rectal et qui fonctionne probablement en tant qu'organe osmorégulateur (Davies et al., 1962). Cet organe peut constituer un excellent critère de reconnaissance de certaines espèces.

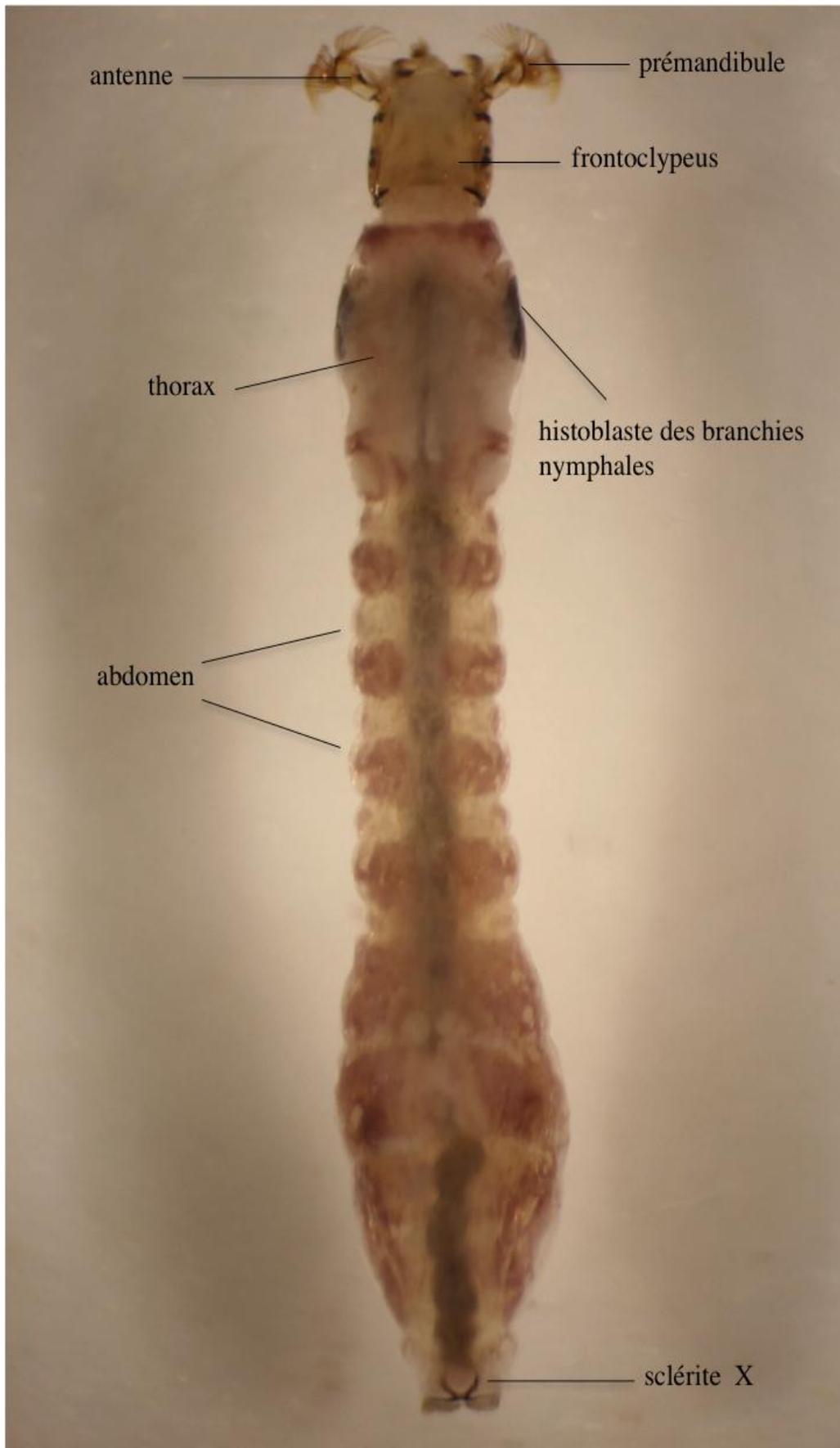


Figure 7: Larve au dernier stade de *Simulium Simulium (Esimulium) velutinum* complexe.

L'observation des gonades, dont la forme est arrondie chez les mâles et allongée chez les femelles (Rothfels et Dunbar 1953, Crosskey 1990, Alencar *et al.*, 2001, Adler *et al.*, 2004), nécessite une coloration par la méthode de Feulgen (Rothfels, 1956; Adler *et al.*, 2014).

Le système musculaire et nerveux permettent à la larve d'effectuer un large éventail d'activités, allant de la locomotion jusqu'à la filtration de la nourriture (Adler *et al.*, 2004 ; Rubstov, 1989).

Certains caractères larvaires peuvent être considérablement modifiés par plusieurs facteurs. Ainsi, la couleur des larves, peut être influencée par le sexe (Rothfels *et al.*, 1978; Alvan-Aguilar *et al.*, 2005) et le lieu de récolte (Zettler *et al.*, 1998; Alvan-Aguilar *et al.*, 2005). De plus, une étude menée par Adler et Kim (1984) sur les espèces sœurs du complexe *Simulium vittatum* montre que la variabilité des deux morphotypes connus quant à l'ornementation de l'apoteome céphalique entre des taches foncées et pâles serait principalement due au type de substrat sur lequel les larves se trouvaient. Les larves vivant sur les pierres sont de couleur plus foncée comparativement à celle attachées aux herbages, Ceci est probablement à cause des différences dans leur alimentation mais également de l'intensité lumineuse (Adler communication personnelle).

Dans les régions tempérées, La taille, la forme et les densités larvaires peuvent être également modifiés par plusieurs facteurs environnementaux (Adler *et al.*, 2004) dont la température de l'eau constitue l'élément le plus impactant (Daly, 1985); en effet, il existe une corrélation négative entre ce paramètre et la dimension larvaire (Davies, 1957; Neuveu, 1973; Jedlička, 1978). De plus, la nutrition (Colbo et Porter, 1979) ou encore la présence de parasites larvaires (Adler et kim, 1986) représentent des facteurs non négligeables.

En ce qui concerne la physiologie des éventails céphaliques, il a été clairement démontré que le nombre de rayons primaires chez les larves (Lucas et Hunter, 1999 ; Zhang, 2005) diminue lorsque la quantité de nourriture augmente. De plus, Zhang (2005) explique que dans un habitat combinant courant rapide et grande quantité de nourriture, les larves développent des petits plumeaux avec peu de rayons tandis que dans la combinaison faible courant/peu de nourriture, les larves développent de grands plumeaux comportant beaucoup de rayons (Palmer et Craig, 2000). Cependant, dans des conditions de vitesse rapide et excédant l'optimum requis pour la filtration, les éventails céphaliques se replient engendrant une baisse de la rétention des particules en suspension (Kurtak, 1978).

Tout compte fait, l'utilisation du nombre de rayons dans la diagnose des espèces requiert de la prudence puisqu'il s'agit d'un caractère plastique qui varie en fonction de la charge du seston (Lucas et Hunter, 1999; Zhang, 2005) et de la vitesse du courant (Zhang, 2005). Les simules d'une même espèce mais provenant d'habitats variés peuvent différer dans la structure de leurs plumeaux (Zhang et Malmqvist, 1996; Palmer et Craig, 2000).

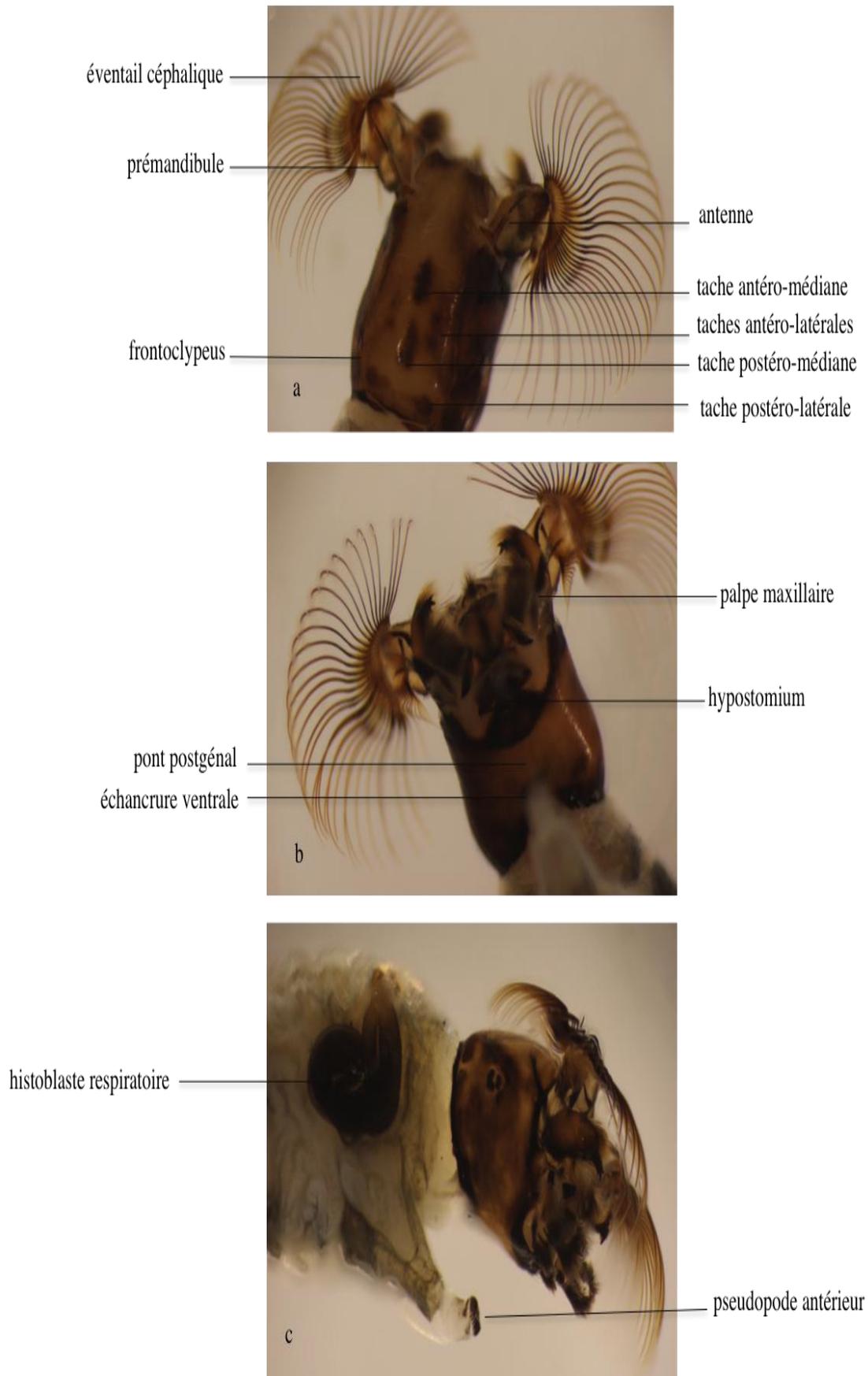


Figure 8: Aspect général da la capsule céphalique en vue dorsale **(a)**, en vue ventrale **(b)** et de la partie antérieure (tête et thorax) **(c)** de la larve d'*Urosimulium faurei*.

Fait encore plus intéressant, la couleur des larves varie selon le type de fixateur choisi. Bien que la pigmentation générale soit retenue, la couleur rouge peut se modifier dans le Carnoy pour atteindre des teintes grisâtres et brunâtres (Adler *et al.*, 2004). Dans l'éthanol, les larves en contact avec la végétation auront tendance à prendre une teinte verdâtre (Cherairia, observation personnelle).

I.1.2.4. Œufs

Les œufs de simulies sont de très petite taille, variant de 0,1 à 0,5 mm selon les espèces (Imhof et Smith, 1979) et de forme approximativement triangulaire avec des angles arrondis lorsqu'ils sont examinés par leur face la plus large (Puri, 1925; Wu, 1931; Davies et Peterson, 1956). Ceux-ci peuvent être pondus isolément ou en amas (Figure 9a) parfois très abondant pouvant atteindre plusieurs centaines d'œufs, enveloppés dans une substance gluante. Ces amas tapissent les supports immergés (Currie et Adler, 1997). De couleur blanchâtre lors de la ponte, ils deviennent rapidement bruns (Grenier, 1953).

Les œufs ont une surface adhésive ou exochorion (Williams, 1974). Un bref traitement à froid avec 10% d'hydroxyde de potassium permet l'élimination de cette surface et révèle l'endochorion (Adler et Kim, 1986). Le micropyle est situé sur l'extrémité la plus petite. Le micropyle et l'endochorion fournissent peu de caractères taxonomiques, par conséquent, l'identification des œufs de simulies se fait généralement par leurs dimensions moyennes, leurs proportions relatives, et par l'aspect particulier de leurs pontes (séparément ou en amas).

I.1.2.5. Chromosomes

Parmi les hexapodes, seuls les collemboles et les diptères possèdent des chromosomes polytènes. Ceux-ci sont retrouvés dans les tissus qui se développent par élargissement cellulaire plutôt que par une augmentation du nombre de cellules (Adler *et al.*, 2004).

Les chromosomes polytènes des diptères existent dans une grande variété de tissus larvaire, nymphal et adulte, cependant, ils sont mieux développés dans les tissus qui présentent une activité sécrétrice élevée, tels que les glandes salivaires, l'intestin moyen, et les tubes de Malpighi mais aussi les cellules ovariennes à des divers degrés (Adler *et al.*, 2004).

Les glandes salivaires larvaires fournissent généralement les meilleures préparations car leurs chromosomes permettent d'obtenir une résolution détaillée des réarrangements de bandes.

Le potentiel des chromosomes polytènes de puppe et adulte est généralement sous-exploité parce qu'ils n'offrent généralement pas de détails suffisants (Adler *et al.*, 2004).

Ces structures correspondent à un certain nombre de copies des chromatides (jusqu'à 1000) qui sont restées soudées entre elles. La coloration de Feulgen rend visible au microscope photonique des bandes fortement colorées alternant avec des bandes plus claires.

Cette succession de bandes pâles et foncées permet au cytologiste de reconnaître les réarrangements chromosomiques (Adler et McCreadie, 1997).

Chez les simuliés, les travaux cytologiques initiés par Dunbar en 1953 ont été poursuivis par de nombreux auteurs dans le but de différencier des espèces jumelles là où la morphologie n'y parvenait généralement pas à le faire. Ainsi, l'étude caryologique fournit à présent la clef de reconnaissance de beaucoup d'espèces, et par conséquent elle est utilisée d'avantage.

Les chromosomes et leurs attributs sont des caractères essentiellement structuraux. Le nombre haploïde typique des chromosomes pour les simuliés est de trois, sauf pour quelques espèces (Adler et McCreadie, 1997), tel que le complexe *Simulium aureum*, chez qui le nombre haploïde est de deux (Adler et Kim, 1986). Le chromosome I est le plus long et le chromosome III est le plus court. Chaque chromosome se compose d'un bras court et d'un bras long, séparés par le centromère. La région du centromère est souvent étendue, mais elle peut être représentée simplement par une bande.

Les inversions sont des segments de chromosomes qui sont renversés dans leur orientation par rapport à quelques séquences standards. Les inversions peuvent se produire de façon hétérozygote (dans un homologue seulement) ou homozygote (dans les deux homologues) et sont indiqués par un chiffre arabe ou une lettre. Donc, et à titre d'exemple, III-1 fait référence à la première inversion sur le bras long du troisième chromosome.

Certaines structures chromosomiques, telles que l'anneau de Balbiani, parabalbiani, frazzle, blister et organisateur nucléaire, servent comme repères importants. Leur emplacement varie souvent avec les espèces. Les idiogrammes qui montrent des longueurs de chromosomes, des centromères et des repères sont, habituellement, fournis dans les publications qui se rapportent aux chromosomes des simuliés (Adler et Kim, 1986; Adler *et al.*, 2004).

Certains caractères chromosomiques simples peuvent être extrêmement utiles pour déterminer les espèces ou les complexes d'espèces, surtout dans le cas des jeunes larves chez lesquelles les caractères morphologiques sont souvent inadéquats. Le complexe *S. aureum* peut être différencié des autres espèces en comptant simplement les chromosomes (Adler et Kim, 1986).

L'usage des caractères chromatiques conjointement avec les caractères morphologiques s'avère très important dans la séparation des espèces cryptiques dont le nombre est remarquablement important au sein de la famille des simuliidae (Adler, 1987).

I. 2. BIOLOGIE ET ECOLOGIE

I.2.1. Distribution et habitat

Les Simuliidae sont des Diptères nématocères à développement holométabole. Ces insectes, qui ont une large distribution mondiale, colonisent tous les continents, excepté l'Antarctique et peuplent la majorité des archipels (Currie et Adler, 2008).

Les adultes sont aériens; les stades pré-imaginaux, aquatiques, sont strictement dulçaquicoles et rhéophiles correspondant à des formes étroitement spécialisées qu'on ne rencontre, à de très rares exceptions près, que dans les eaux courantes. Ceux-ci comptent parmi les macroinvertébrés benthiques les plus abondants dans les écosystèmes d'eau courante et les milieux inféodés aux forêts vitesses du courant (Cummins, 1987; Adler et McCreadie, 1997).

Les stades immatures de simulies sont inoffensifs et forme une composante importante de la communauté trophique des milieux lotiques (Werner et Pont, 2003). Les larves sont des insectes filtreurs qui contribuent considérablement au recyclage de la matière organique (Morin *et al.*, 1988). Certaines espèces sont éclectiques alors que d'autres semble avoir un préférendum de valence assez restreinte vis-à-vis de la largeur, le débit et les caractéristiques des cours d'eau, et exigent un type particulier d'habitat: espèces de plaine, de montagne, d'eau presque stagnante, de courants vifs ou rapides, de chutes et cascades et de petits ruisseaux.

À ces exigences rhéologiques se superposent des exigences thermiques et nutritionnelles (charge en matière organique), voire des exigences de types de substrats d'ancrage (dalles rocheuses, type particulier de végétation) (Merritt *et al.*, 1982).

L'ensemble de ces facteurs influence la répartition des espèces (Morin *et al.*, 1986; Burger, 1987; Corkum et Currie, 1987; Ciborowski et Adler, 1990; McCreadie & Colbo, 1993; Adler et McCreadie, 1997; McCreadie et Adler, 1998).

I.2.2. Reproduction

Ce comportement a été rarement observé dans la nature, sauf chez certaines espèces où il intervient peu après l'éclosion. L'accouplement des simulies est généralement aérien, les femelles au vol se mêlent aux essaims des mâles parfois visibles auprès des gîtes larvaires (Enderlein, 1921; Davies et Peterson, 1956) qui sont formés essentiellement dans les cours d'eau entrecoupés de chutes et de sections rapides (Peterson, 1962).

La fécondation est réalisée par l'intermédiaire d'un spermatophore qui est introduit par le mâle dans les voies génitales de la femelle.

Les mâles de beaucoup d'espèces possèdent des yeux holoptiques surmontés d'un grand ommatidia, vraisemblablement pour détecter les femelles. Les espèces comme *S. decorum* s'accouplent sur la terre près de l'emplacement des sites d'émergence (Davies,

1962) alors que d'autres espèces, telles que *S. equinum*, s'accouplent dans l'oreille même des Equidés, où s'effectue le repas de sang (Peterson, 1924).

Le comportement d'oviposition n'a été observé que très rarement. Pour effectuer cette opération, la plus part des simules réalisent l'une des deux stratégies suivantes (Adler *et al.*, 2004): le dépôt des œufs se fait soit au cours du vol en restant hors de l'eau et en effleurant de leur abdomen la surface de l'eau, soit en pénétrant complètement dans l'eau (Grenier, 1953) en marchant sur le support choisi (*S. equinum* et *S. ornatum*).

Certaines espèces telles que *S. vittatum* utilisent les deux modalités de ponte (Davies et Peterson, 1956), d'autres (*S. verecundum*) changent leur stratégie en fonction des saisons (McCreadie et Colbo, 1991). Plusieurs centaines d'œufs sont émises à chaque ponte, ils sont déposés dans une gelée qui les fixe au support (Grenier, 1953).

Les simules pondent leurs œufs sous plusieurs formes: en amas irréguliers, ou compacts (*S. decorum*), en longues ficelles entrelacées (*S. vittatum* IIIIL-1) ou isolément (*Prosimulium* sp.) (Adler et Kim, 1986). Les œufs déposés isolément sont pondus par les femelles au cours du vol, ceux pondus en amas ou en ficelles sont déposés sur la végétation submergée, sur les roches (Figure 9a), sur les fragments de bois morts, ou sur tout substrat semblable non loin de la surface de l'eau. Les œufs ainsi déposés sont généralement vulnérables à la dessiccation.

Les œufs de certaines espèces, telles que *Prosimulium faurei* restent viables même quand les ruisseaux se dessèchent, alors que d'autres ne peuvent pas supporter la dessiccation prolongée (Abdelnur, 1968; Imhof et Smith, 1979). Immédiatement après l'oviposition, les pontes se présentent sous l'aspect de masses gluantes; celles de certaines espèces (ex. *S. ornatum*) sont d'un blanc argent éclatant, mais leur couleur devient rouille, puis brune, au bout de quelques jours (Grenier, 1953).

Le nombre de générations annuelles, qui montre une grande variabilité interspécifique, demeure inconnu et variable pour la majorité des espèces. Tandis que la plupart des femelles simules réalisent 2 ou 3 cycles au cours de leur vie (Rodhain et Perez, 1985), d'autres peuvent produire jusqu'à six cycles ovariens (Mokry, 1980).

Le nombre moyen d'œufs produit par une femelle est de 150-600 œufs/cycle pour plus part des espèces (Davies et Peterson, 1956; Abdelnur, 1968; Pascuzzo, 1976); celui-ci est déterminé par l'accumulation des réserves chez la larve (Chutter, 1970; Mokry, 1980).

Les facteurs qui réagissent sur les variations de fécondité seraient la température de l'eau, la disponibilité de la nourriture larvaire et la taille de la femelle (Chutter, 1970; Colbo et Porter, 1981; Colbo, 1982; Gíslason et Jóhannsson, 1991, Malmqvist *et al.*, 2004) mais aussi le volume du repas sanguin (Klowden et Lea, 1979; Simmons, 1985). Les variations de la température de l'aire sont également susceptibles d'agir sur la rapidité de certains processus

physiologiques (cycle gonotrophique) mais influencent apparemment peu la longévité des femelles.

I.2.3. Stade larvaire

Les simuliidae passent généralement par sept stades larvaires (Ross et Craig, 1979; Fredeen, 1981; Currie, 1986; Currie et Craig, 1987), cependant le nombre peut varier de sept à 11 au sein d'une même espèce (Colbo, 1989) en fonction des facteurs environnementaux tels que la disponibilité de la nourriture, la température, le parasitisme (Merritt *et al.*, 1982; Colbo, 1982; Bernardo *et al.*, 1986) mais aussi selon les espèces et les régions.

Dans les conditions optimales et au niveau des régions tempérées, la durée du développement larvaire peut prendre de quelques semaines au cours de l'été, à des mois, au cours de la saison froide. La durée varie considérablement selon les espèces, la température de l'eau (Merritt *et al.*, 1982; Ross et Merritt, 1987) et surtout de la disponibilité en nourriture (Benhoussa *et al.*, 1988). En effet, pour une même espèce et dans les limites de températures acceptables par celle-ci, le développement larvaire est d'autant plus long que la température est plus basse. Cependant, l'élévation de la température au-delà de l'optimum de l'espèce induit une mortalité considérable au sein des populations larvaires (Adler *et al.*, 2004).

Les larves néonates éclosent en perçant la coque de l'œuf à l'aide d'une dent portée par le frontoclypeus caractérisant seulement le premier stade larvaire (Grenier, 1953; Ross et Merritt, 1978; Alencar *et al.*, 2001).

Les larves de simulies, détritophages, passent presque toute leur vie à s'alimenter (Adler *et al.*, 2004), ceux sont des organismes filtreurs qui se nourrissent passivement en captant, grâce à leurs soies premandibulaires déployées en éventail et modifiées de façon assez remarquable pour résister au courant, les particules (algues et détritus) véhiculées par l'eau; ces particules sont amenées à la bouche par les mouvements de repli de ces mêmes éventails prémandibulaires. De ce fait et en raison de leur incapacité de distinguer entre les différents types de particules, les larves de simulies jouent un rôle important dans le recyclage des matières nutritives.

Un tel comportement n'est évidemment possible que parce que ces organismes possèdent des dispositifs de fixations très efficaces, représentés dans leurs pseudopodes. Ceux-ci ont longtemps été considérés comme de véritables ventouses, mais l'étude anatomique approfondie de ces organes (Grenier, 1949) a montré l'existence de dispositifs de fixation spéciaux, à savoir des rangées de crochets.

La plus part des auteurs admettent que les larves de simuliides sont des organismes plutôt sédentaires, n'effectuant que des déplacements de peu d'importance. En effet, les larves s'attachent aux roches (Figure 9a), à la végétation et aux autres substrats, à l'aide d'une couronne de crochets disposée à l'extrémité du dernier segment abdominal et restent normalement immobiles. Cependant, elles peuvent se détacher du support et dériver

librement dans le courant ou restent attachées à un fil de soie sécrété par leurs glandes salivaires.

Bien que les larves de mouches noires, normalement dressées dans le courant, demeurent longtemps immobiles et fixées à leur petit coussin de soie grâce au pseudopode postérieur, elles peuvent changer de position.

Les différentes étapes de déplacement des larves de simulies ont été décrites en détail par Deligne et De Vos (1981). Ce comportement commence par la fixation du pseudopode antérieur sur la nouvelle soie préalablement déposée la couronne apicale, d'abord invaginée est appliquée contre la soie puis progressivement évaginée; les crochets périphériques puis les crochets plus centraux de chaque rangée basculent successivement le long du bord de déroulement de la couronne, pointent vers l'extérieur et plantent leur partie effilée dans la soie. Lorsque la larve a fixé son second pseudopode auprès du premier, le pseudopode antérieur peut se détacher rapidement par un processus inverse de la fixation: sa couronne s'invagine et les points, lisses, se retirent de la soie sans s'y accrocher. De cette manière, une larve peut se déplacer, bien que lentement, en traçant des boucles.

Lorsque la larve se fixe en position de filtration, éventails ouverts, elle offre une prise plus grande au courant et doit s'ancrer plus solidement. Elle évagine alors plus complètement sa couronne postérieure et enfonce toutes les pointes dans la soie, pointes denticulées comprises; celle-ci, assurent un accrochage du pseudopode plus ferme et plus indépendant de ces mouvements ultérieurs. Pour se détacher, la larve arrache ses crochets denticulés de la soie.

Dans le cas où la larve est accidentellement délogée de son support, elle reste attachée à celui-ci par un fil de soie qu'elle sécrète et fixe immédiatement au substrat, puis se relâche de l'ancienne soie et se laisse entraîner par l'eau en retenant la nouvelle soie. La larve peut reprendre position en remontant la soie ou se laisser emporter par le courant jusqu'à ce qu'elle trouve un endroit approprié pour se fixer. Ce phénomène explique pourquoi certaines espèces qui fréquentent normalement les petits cours d'eau sont parfois recueillies dans les grandes rivières (Grenier, 1953).

Du fait de leur mode de vie fixé et de leur mode passif d'alimentation, les larves de simulies sont largement tributaires de la vitesse du courant et de la quantité de matières nutritives charriées par celui-ci. Ces deux facteurs écologiques interviennent pour une grande part dans la répartition des larves des différentes espèces. Les larves de simulies sont réellement rhéophiles, et non seulement oxyphiles: certaines eaux stagnantes mais riches en végétation aquatique sont en effet plus oxygénées que des eaux de courants rapides.



Figure 9: Stades préimaginaux fixés sur leurs supports: oeufs et larves (a), nymphes (b).

Signalons enfin que certaines espèces sont phorétiques et vivent curieusement à l'état larvaire fixées sur des animaux aquatiques: crabes d'eau douce, crustacé, larves d'éphémères et d'odonates, où elles subissent la nymphose.

I.2.4 Stade nymphal

La larve du dernier stade, parfois appelée prénymphe, tisse le cocon de la future nymphe (Hinton, 1958) sur (Figure 9b) ou sous le support, grâce à la soie sécrétée par les glandes séricigènes. Ce cocon est fixé sur des supports minéraux, végétaux et animaux (pour certaines espèces).

L'organisation interne de l'insecte subit un remaniement complet durant le stade nymphal (destruction des organes larvaires et élaboration des organes imaginaux). Seuls certains organes tels que les tubes de Malpighi subsistent sans transformation de la larve jusque chez l'adulte.

La puppe, qui ne s'alimente pas, est conçue pour respirer dans et hors de l'eau. Ceci est d'autant plus important que le niveau de l'eau peut descendre pendant le stade nymphal.

La nymphe est complètement immobile à l'intérieur de son cocon. A l'éclosion, elle se gonfle d'air, l'exuvie se rompt suivant une ligne longitudinale dorsale, et l'imago est entraîné vers la surface, enfermé dans une bulle d'air qui éclate à la surface de l'eau. Après quoi, les adultes émergent et peuvent prendre leur vol.

Comme celle des larves, la durée de vie des nymphes varie fortement en fonction des espèces et de la température et peut durer de quatre jours jusqu'à deux semaines (Currie, 1986). Cette phase de développement est toutefois toujours nettement plus courte que la durée de vie larvaire, et est probablement un peu plus longue chez les nymphes femelles que chez les nymphes mâles. Certaines espèces des pays froids hivernent à l'état nymphal.

I.2.5. Stade adulte

D'une manière générale, les simuliés sont considérées comme de bons voiliers. Les femelles de simuliés peuvent parcourir plus de 300 km en vols migratoires. Dans ce cas, elles montent assez haut en altitude et se laissent porter par les vents dans les nuages. Les déplacements sont uniquement diurnes, favorisés par une humidité relative élevée et de basses pressions atmosphériques. Cette migration est nécessaire pour la recherche d'hôtes sources de repas sanguins utilisé pour murir leurs œufs (Adler et McCreadie, 2002).

Les déplacements des mâles et leur longévité sont réputés assez réduits. Certains forment des essaims monospécifiques qui volent sur place pendant tout le jour en s'orientant par rapport à des supports optiques (en général branchages d'arbres faisant relief sur le ciel), en des endroits privilégiés situés le plus souvent à proximité des gîtes préimaginaux. Cette activité est assurée grâce aux grandes facettes supérieures de leurs yeux composés et semble

être influencée par la luminosité (formation des essaims depuis le lever du jour jusqu'au coucher du soleil), l'ensoleillement (déplacement des essaims avec la rotation du soleil) mais aussi le vent (effet destructeur sur les essaims).

Les simules femelles sont uniquement exophiles (ne piquent qu'à l'extérieur des habitations) et leur activité de pique est exclusivement diurne.

Les femelles de simules sont des thélmosphages (pool-feeders) c'est-à-dire que leurs pièces buccales vulnérantes (mandibules et maxilles) dilacèrent les tissus et les vaisseaux sanguins sous-cutanés, créant un microhématome à partir duquel le sang est absorbé après injection de salive. Cette thélmosphagie s'oppose à la solénophagie (ou (capillary-feeding)).

I.2.6. Alimentation

a. Larves

L'analyse du régime alimentaire des larves de simules a débuté avec les observations anciennes réalisées sur plusieurs espèces par Riley (1887), Phillips (1890), Kellogg (1901) et Muttkowski et Smith (1929).

Le régime alimentaire des larves de simules est très variable. Les examens de tubes digestifs que Grenier (1949) a pu pratiquer sur des exemplaires de simuliidae, montrent que la masse la plus importante du contenu intestinal est presque toujours constituée de fragments de végétaux divers, auxquels peuvent s'ajouter le plus souvent des diatomées et des débris animaux (Kurtak, 1978, 1979), tels que des morceaux de dépouille nymphales de *Simulium* ou des capsules céphaliques de jeunes larves.

Des études ultérieures ont montré le mécanisme de fonctionnement des organes de filtration et d'ingestion (Deligne et De Vos, 1981). Ils ont conclu qu'un éventail céphalique déployé pouvait retenir des particules alimentaires de taille très diverses.

Les rayons primaires permettent la rétention à divers niveaux des particules alimentaires les plus grosses, mesurant de quelques dizaines à plus de 100 µm. Cette rétention est facilitée par les microtriches ventrales qui accrochent les particules et les empêchent de glisser le long des rayons. Toutes autres particules plus petites (quelques dizaines à une fraction du µm), bactéries comprises, peuvent être arrêtées entre les barbes des rayons secondaires, comme elles peuvent être stoppées par des débris plus gros retenus dans l'éventail ou même finir directement dans les brosses des pièces buccales.

Après cette opération de filtration, les éventails se replient brusquement et les particules sont ainsi coincées entre les rayons fortement resserrés et rabattus centralement au-dessus et en amont des pièces buccales. Les particules sont alors détachées des rayons par le courant qui traverse le filtre tangentiellement ou même à contresens, et entraînées dans les brosses des pièces buccales (particulièrement le labre). L'ensemble des mouvements discontinus d'adduction des mandibules et des maxilles permet l'ingestion des particules.

L'efficacité de filtration est influencée par plusieurs facteurs tels que la température, la vitesse du courant, la taille et la concentration des particules, et le parasitisme (Kurtak, 1978; Wotton, 1978; Thompson, 1987).

b. Adultes:

Les adultes de simulies sont strictement diurnes avec un régime alimentaire de type floricole pour les deux sexes (Davies *et al.*, 1962; Rubstov, 1989; Burgin et Hunter, 1997). Le jus sucré (nectars de fleurs, suc de plantes) est indispensable car il constitue la source d'énergie utilisée pour le vol (Cooter, 1982, 1983) mais également pour la maturation des œufs (Anderson, 1987).

Tandis que les mâles ne se nourrissent que de nectar de fleurs, les femelles seules sont hématophages; elles sont en général anautogènes, c'est-à-dire qu'elles prennent périodiquement des repas sanguins au cours de leur existence (Malmqvist *et al.*, 2004).

A l'exception de quelques espèces non hématophages tels que *S. vittatum* (Bernardo *et al.*, 1986), les femelles de simulies prennent leurs repas sanguins à partir de vertébrés homéothermes (mammifères et oiseaux). Beaucoup d'espèces font preuve d'exigences alimentaires très strictes et montrent une préférence plus ou moins marquée pour des groupes d'hôtes bien déterminés, alors que d'autres s'adressent indifféremment à des hôtes divers (Grenier, 1953).

Certaines espèces sont exclusivement zoophiles mais il existe un grand nombre d'espèces anthropophiles dans le monde. La plupart des espèces anthropophiles sont également zoophiles.

D'autres espèces, habituellement zoophiles, peuvent piquer l'homme dans des conditions particulières, soit massivement dans des régions où elles sont très abondantes, soit accidentellement et en petits nombres lorsqu'il existe une proximité étroite entre l'homme et l'animal qui est l'hôte habituel.

I. 3. ENNEMIS NATURELS

Les simulies sont sujettes à une forte activité sélective exercée par les phénomènes de prédation et de parasitisme (Adler *et al.*, 2004).

Ces parasites et prédateurs sont nombreux, et jouent vraisemblablement un rôle régulateur dans la dynamique des populations des simulies notamment sur l'abondance des stades préimaginaux; ce rôle est toutefois apparemment limité par l'établissement d'un équilibre entre hôtes et parasites- prédateurs (Philippon, 1978).

I.3.1. Parasitisme larvaire

Les larves de simuliides sont des organismes extrêmement vulnérables et leurs ennemis naturels sont nombreux (Adler *et al.*, 2004).

La symbiose larvaire inclue principalement les nématodes mermithidae (Mondet, 1981; Sharp, 2007; Sharp et Hunter, 2008), les fungi trichomycètes (Adler *et al.*, 2004; McCreddie *et al.*, 2005) et les protozoaires microsporidies (Adler *et al.*, 2004) mais aussi les insectes (Werner et Pont, 2003). La plus part de ces symbioses surviennent également chez les nymphes et les adultes (Adler *et al.*, 2004).

Le niveau d'infestation varie d'une larve à l'autre, et les parasites envahissent souvent toute la cavité coelomique larvaire, parfois jusque sous la capsule céphalique. La plupart des larves parasitées deviennent difformes et décolorées; de plus, leur taille excède quelquefois celle des larves saines à maturité (Maurand, 1973; Laparé, 1980; Sharp, 2007).

a. Nématodes

Les nématodes les mieux connus sont les mermithidae, libres à l'état adulte, mais qui parasitent des insectes pendant une partie de leur cycle larvaire; certains genres (*Isomermis*, *Gastromermis*, *Mesomermis* et *Neomesomermis*) se développent dans les larves de simulies (Philippon, 1978).

Les larves de simulies peuvent être également infectées par des filaires nématodes, dont *Onchocerca volvulus* constitue la plus importante et la plus répandue en l'Afrique de l'Ouest. Celle-ci affecte les femelles de *S. damnosum*, et il n'est cependant pas exceptionnel de rencontrer chez les femelles des larves filariennes évolutives ou mûres dont la morphologie est manifestement différente de celle d'*O. volvulus* et qui sont de toute évidence d'origine animale, le plus souvent aviaire (Philippon, 1978).

Dans les foyers simulidiens où les gîtes larvaires sont parasités par des mermithidae et comme dans le cas du parasitisme larvaire, les mermithidae provoquent la mort systématique de leurs hôtes adultes en les quittant par effraction, réduisent ainsi la longévité de ceux-ci.

Le parasitisme réduit incontestablement la durée de vie des femelles parasitées, en particulier celle des femelles hyperparasitées. Il en résulte, au cours du cycle parasitaire, des abaissements périodiques de l'espérance de vie moyenne des individus affectés et il semble rare dans ces conditions que les femelles parasitées survivent plus que pendant une durée équivalente à celle d'un cycle gonotrophique (Philippon, 1978).

Certaines populations de simulies conservent des taux élevés d'infection par les mermithidae (Bailey *et al.*, 1977; Gordon, 1984; Colbo, 1990), qui modifient finalement la reproduction de l'hôte et régulent les populations naturelles de mouches noires (Gordon *et al.*, 1973). En effet, ce parasitisme bloque le développement des ovaires, qui restent atrophiés et

non fonctionnels. La femelle parasitée est donc dans l'impossibilité de murir des œufs et reste à l'état de nullipare.

Du fait de leur effet léthal à la fois sur les larves et sur les adultes et leur effet stérilisant sur les femelles, les mermithidae constituent le groupe parasitaire qui présente actuellement parmi les meilleurs moyens de lutte biologique contre les espèces simuliidiennes vectrices.

Par contre, ce parasitisme n'a pas d'influence sur l'alimentation des femelles, qui prennent normalement leur repas sanguins et conservent leur capacité de vol.

b. Fungi

Les champignons parasites de simuliidae se répartissent entre les Chytridiomycètes, trichomycètes et hyphomycètes (Adler *et al.*, 2004).

Certaines espèces de champignons sont susceptibles d'abrèger la durée de vie des femelles, cependant leur recensement faunistique et la connaissance de leur rôle limitant ne sont pas plus avancés que ceux des protozoaires parasites.

La classe des Chytridiomycètes constitue avec leur espèce *Coelomycidium simulii* d'excellents parasites de larves de simulies (Philippon, 1978; Adler *et al.*, 2004).

Le premier trichomycète découvert chez les simuliidae est *Harpella melusinae* (Léger et Duboscq, 1929), celui-ci est le champignon le plus largement distribué et le plus commun chez les mouches noires à travers le monde (Adler *et al.*, 2004).

c. Protozoaires

Les protozoaires infestant les larves de simulies sont représentés par plusieurs formes: ciliées, flagellés et notamment microsporidies qui sont sans doute susceptibles de réduire la longévité des femelles parasitées, mais l'importance de leur rôle limitant n'est pas encore connue.

Les microsporidies du genre *Thelohania* et *Plistophora* se répartissent sur le thorax et l'abdomen de la larve et sont parfois fréquents dans certains foyers au niveau des ovaires des femelles (Philippon, 1978).

Concernant nos propres observations, et avant de procéder à l'identification morphologique proprement dite, nous avons d'abord examiné les larves parasitées. On constate l'existence de deux formes de parasites chez les larves examinées: les mermithides et les microsporidies. Les mermithides sont visibles à travers la cuticule; ils se présentent enroulés sur eux-mêmes dans la cavité abdominale à la base des glandes salivaires, tandis que les microsporidies sont des petits kystes blanchâtres (Figure 10 a, b).

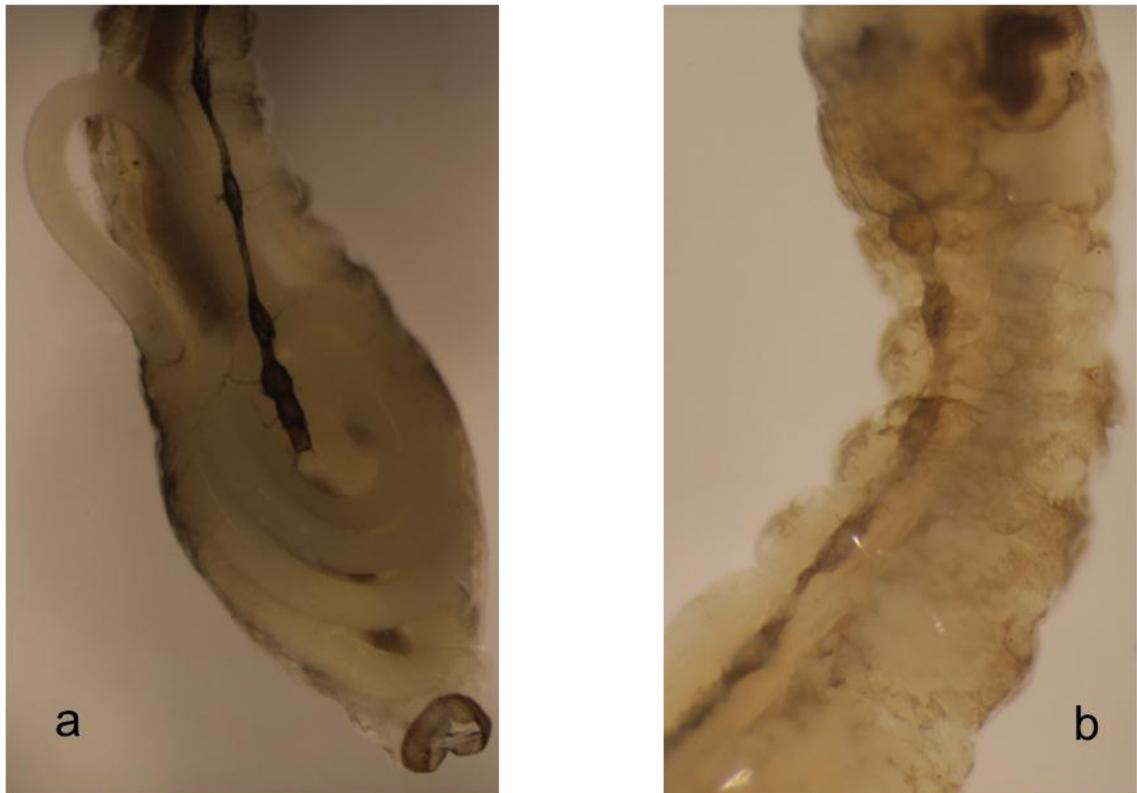


Figure 10: Larves de *Simulium (W.) pseudoequinum* parasitées par un mermithide (a) et des microsporidies (b).

d. Insectes

Ils incluent certains hyménoptères (braconidae) et diptères (empididae) qui pondent leurs œufs sur les nymphes de simulies (Philippon, 1978).

Enfin, de nombreuses larves d'hydracariens se réfugient dans les cocons et passent sur l'imago lors de l'éclosion. Parmi les crustacés, les Gammares paraissent être des destructeurs actifs des nymphes (Grenier, 1953).

I.3.2. Prédation

La prédation est très commune chez les simulies (Davies, 1981). Les prédateurs influent sur la densité des populations imaginale, mais ne semblent pas avoir d'effet sur leur longévité moyenne ou sur la capacité reproductive des populations affectées (Crosskey, 1990).

a. Stades immatures

Les simulies aquatiques constituent une portion majeure du régime alimentaire de plusieurs espèces de poissons (Crosskey, 1990) ; en Afrique occidentale, le genre *Aleste* en renferme fréquemment dans leur estomac. Au Nord des Etats-Unis beaucoup de poissons se nourrissent en partie ou en quasi-totalité de larves de simulies (Greger et Deacon, 1987; Gutowski et Stauffer, 1993).

Par leur activité prédatrice, les larves d'insectes aquatiques interviennent certainement de façon plus efficace dans la destruction des simuliides dont les stades immatures constituent une source importante de nourriture pour plusieurs ordres: coléoptères, plécoptères (Malmqvist, 1994) et particulièrement les trichoptères (Malmqvist et Sjöström, 1984; Rühm et Pieper, 1989; Malmqvist et *al.*, 1991; Schorscher, 1991; Moor, 1991, 1992; Englund, 1993; Malmqvist, 1994).

Certains diptères sont prédateurs de stades préimaginaux alors que d'autres captures les adultes (Werner et Pont, 2003). Les diptères drosophilidae (genre *Drosophila*) utilisent les œufs et les larves nouvellement éclos de *Simulium* comme proies (Tsacas et Disney, 1974).

Les larves d'Empididae et de Chironomidae comptent parmi les principaux prédateurs des stades immatures de simulies (Werner et Pont, 2003), ces derniers peuvent brouter les branchies des nymphes et dévorer la gelée qui entoure les œufs (Grenier, 1953).

En Algérie, les larves d'*Aulonogyrus striatus* (Coléoptère Gurinidae) et de *Wiedemannia ouedorum* et *Hemerodromia seguyi* (diptère empididae) détruisent les stades préimaginaux des simulies, les premières s'attaquent surtout aux larves (Grenier, 1953), les secondes aux nymphes (Vaillant, 1951, 1953, 1955).

De plus, Alencar *et al.*, (1999) et Hamada (1998) considèrent que les odonates ainsi que les hyménoptères sont des antagonistes très actifs contre les populations de simulies.

b. Stade mature

Les populations d'adultes de simuliidae paient certainement un tribut aux prédateurs ailés chassant au vol ou à l'affût. En effet, Il est établi que certains oiseaux insectivores tels que les canards qui se nourrissent entre autres proies de simulies (Rodway, 1998; Robert et Cloutier, 2001). De plus, les insectes adultes de diptères (Asilidae, Dolichopodidae, Muscidae, Ephydriidae), d'hyménoptères et d'odonates jouent également un rôle non négligeable à ce titre (Philippon, 1978).

I. 4. IMPORTANCE ECONOMIQUE ET ROLE PATHOGENE

Les simulies causent dans le monde entier des pertes économiques non négligeables au niveau de l'élevage du bétail (Noirtin *et al.*, 1983) et du volaille (Khan, 1980); les morsures des femelles de plusieurs espèces en font des vecteurs de maladies autant chez les humains que chez les animaux vertébrés (Clubber, 1998).

La salive des simulies, étant riche en substances vasoactives telles que l'histamine, est capable de stimuler des réactions allergiques graves chez leurs hôtes (Beck, 1980; Braverman, 1994).

Plusieurs espèces de simulies sont vectrices de filaires qui effectuent obligatoirement une partie de leur cycle de développement chez les femelles. En Afrique et dans certains pays d'Amérique du Sud, certaines espèces (complexes *S. neavei*, *S. damnosum* et *S. ochraceum*)

sont vectrices de l'onchocercose, filariose cécitante pour l'homme qui est associée à des lésions cutanées sévères (Pion, 2006), cette grave pathologie est due à la filaire *Onchocerca volvulus* (Grillet *et al.*, 2001). Plusieurs espèces sont également vectrices d'onchocercoses animales (Braverman, 1994).

Chez les animaux, les simuliidae transmettent également la filaire *Omithofilaria* et la leucocytozoonose ; cette dernière est une maladie mortelle pour les volailles (Werner et Pont, 2003; Mondet, 1981) induite par des leucocytozoon (protistes hématozoaires parasites) dont l'atteinte semblent être plus graves chez les espèces domestiques que chez les espèces sauvages, et les décès sont plus fréquents chez les jeunes oiseaux (Braverman, 1994).

Certaines espèces sont vectrices de trypanosomes d'oiseaux dans la région néarctique (Philippon, 1978).

Plusieurs espèces sont impliquées dans la transmission de virus, tels que *Simulium melatum* qui véhicule le virus de la myxomatose des lapins en Australie mais aussi *Simulium johannseni* et *Simulium meridional* à partir desquelles le virus de l'EEV (encéphalite équine de l'Est) a été isolé aux Etats-Unis (Philippon, 1978).

De plus, par leur comportement hématophagique irritant, les simulies adultes, entraînent dans de nombreux pays une nuisance et des pertes économiques en milieu agricole et touristique (Crosskey, 1990).

En ce qui concerne l'importance médicale et vétérinaire des simuliidae en Algérie, les données sont très rares. Parrot (1949) et Belazzoug et Tabet-Derraz (1980), ont signalé qu'aucune des simulies connues d'Algérie n'attaque l'Homme et qu'on n'a aucune raison de les suspecter d'être vecteurs de maladies pour l'Homme.

Parrot (1949) rapporte que la piqûre de *S. pseudequinum*, récoltée au Nord algérien, bien qu'elle cause une plaie relativement large et saignante, ne paraît pas incommoder les équidés qui l'endurent, cependant, la répétition de ce traumatisme finit par provoquer chez eux des lésions caractéristiques sous forme de papules hyperkératosiques et des dépigmentations. Par ailleurs, Belazzoug et Tabet-Derraz (1980), rapportent qu'il est probable que *S. ruficone* soit porteuse de microorganismes pathogènes pour les animaux.

*Chapitre II Cadre physique et
Méthodologie*

II.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Un bassin hydrographique, appelé aussi bassin versant, est un territoire où toutes les eaux souterraines et/ou superficielles s'écoulent vers le point le plus bas (exutoire) en suivant la pente naturelle et se rejoignent pour former un oued (rivière), un lac, une retenue ou une nappe souterraine avant d'atteindre la mer.

La définition topographique d'un bassin versant fait passer ses limites par les lignes des crêtes, il possède une fonction de collecteur et recueille les pluies et les transforme en écoulement à l'exutoire. Cette transformation est en fonction des conditions climatiques ainsi que les caractéristiques physiques du bassin versant (forme, relief, réseau de drainage, nature du sol et couverture végétale).

II.1.1. Situation géographique et délimitation de la zone d'étude

L'Algérie est divisée en cinq bassins hydrographiques, qui constituent des grandes entités hydrographiques naturelles. Il s'agit des bassins : Cheliff-Zahrez, Algérois-Hodna-Soumam, Constantinois-Seybouse-Mellègue, Oranie-Chott-Chergui et Sahara (Figure 11).

Le bassin hydrographique de la Seybouse, qui fait l'objet de notre étude, est l'un des principaux réseaux hydrographiques du pays par la longueur de son parcours, le nombre de ses affluents et la superficie de son bassin, il présente des ensembles naturels fortement variés qui agissent sur le comportement hydrologique du bassin depuis les hautes plaines jusqu'à la chaîne numidique.

Le nom de Seybouse ne s'applique qu'à une partie de son cours. Le bassin versant, situé au Nord-Est de l'Algérie (Figure 12), a ses origines les plus éloignées de la mer dans les hautes plaines de Heracta et des Sellaoua qui s'étalent à une altitude de 800 à 1000 m et drainent des reliefs assez simples avec des écoulements lents. Dans ces régions, son régime et son réseau sont bien différents de ceux qu'il acquiert en pénétrant dans l'Atlas tellien. A la sortie de ce dernier, la Seybouse pénètre dans la plaine littorale d'Annaba pour se jeter dans la mer Méditerranée.

Ce réseau hydrographique est subdivisé en trois zones principales du Sud vers le Nord (Figure 13): les hautes plaines (haute Seybouse), le tell méridional (moyenne Seybouse) et le tell septentrional (basse Seybouse).

La zone d'étude s'inscrit dans le territoire de sept wilayates : Souk Ahras, Oum El Bouaghi, Constantine, Guelma, Skikda, Annaba et El Tarf et est limitée :

- Au Nord par la mer Méditerranée.
- Au Sud par la wilaya d'Oum El Bouaghi.
- A l'Ouest par les wilayates de Constantine et de Skikda.
- A l'Est par les wilayastes d'El Tarf et de Souk Ahras.

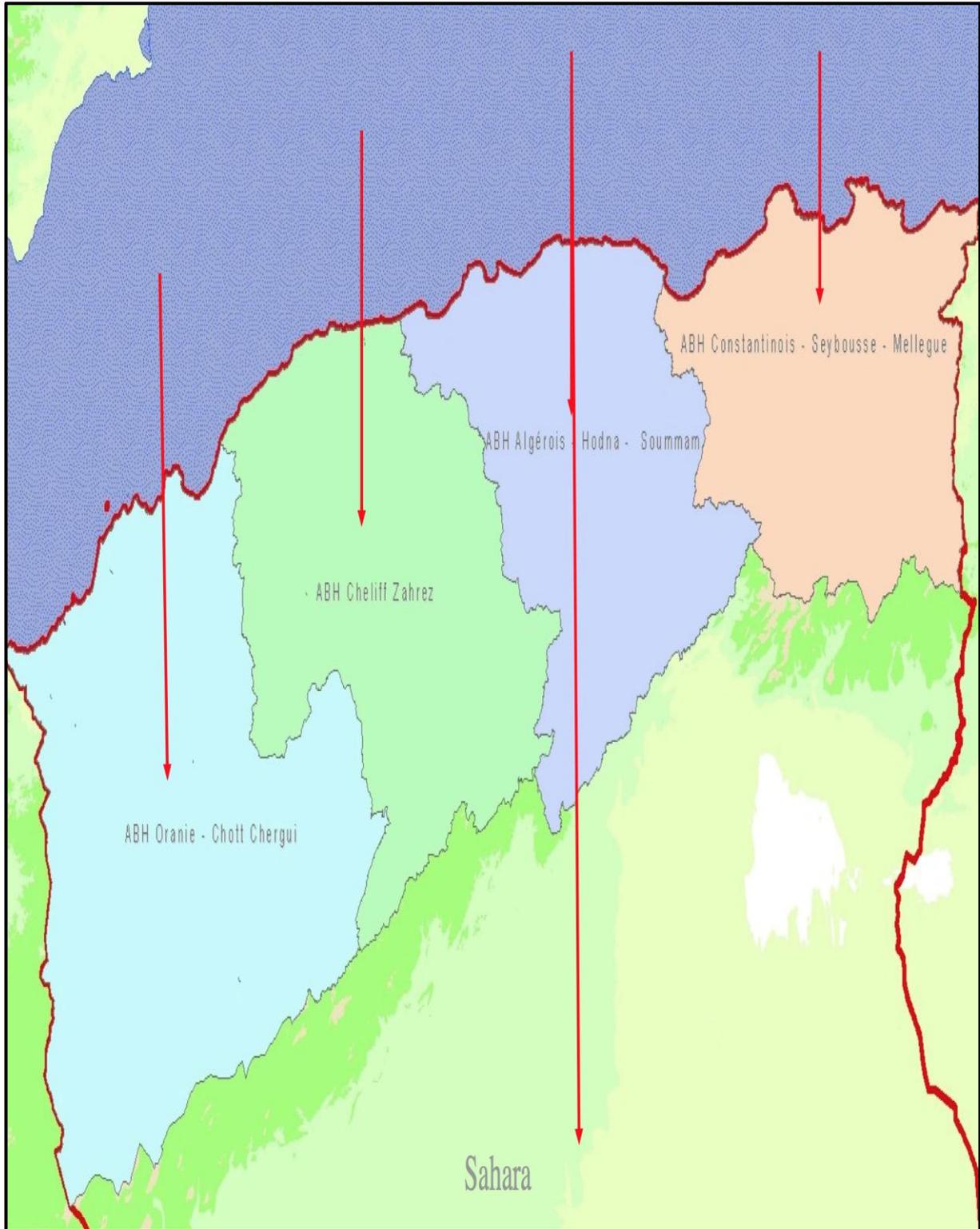


Figure 11: Les grands bassins versants caractérisant l'Algérie (Anonyme 1).

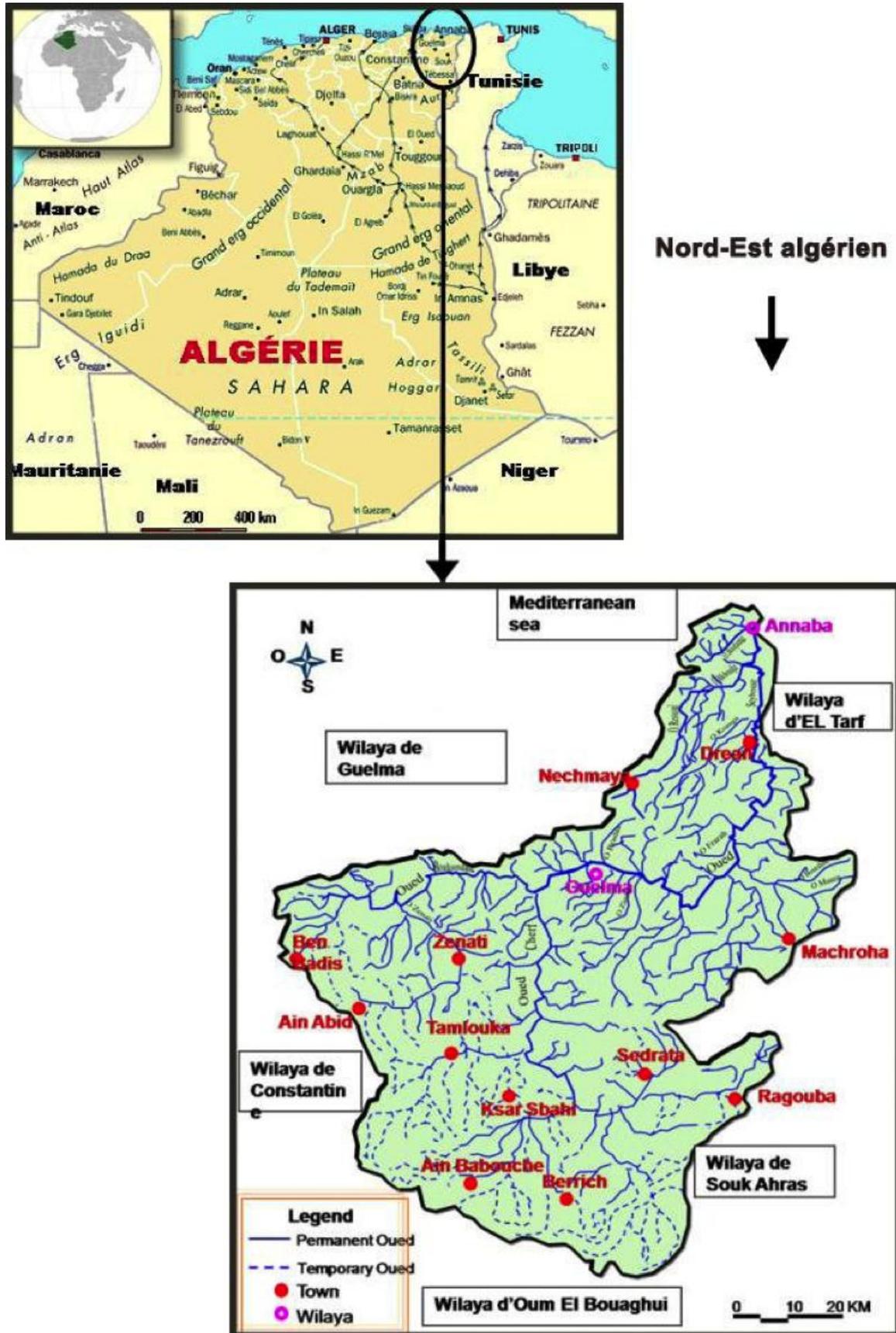


Figure 12: Situation géographique du bassin versant de la Seybouse.

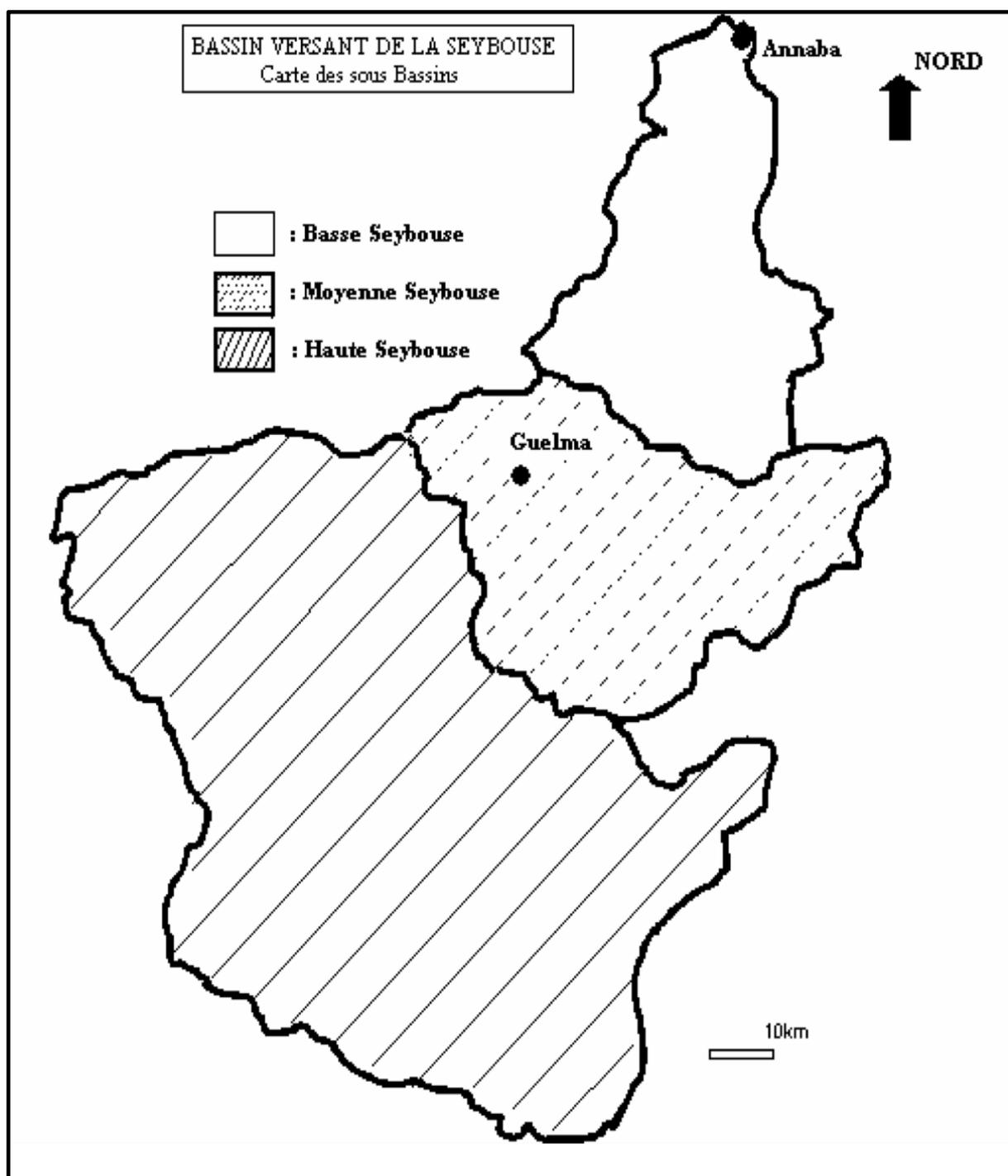


Figure 13: Principaux sous bassins du réseau hydrographique de la Seybouse (Balah, 2008).

II.1.2. Caractères lithologiques et géologiques

En égard au rôle que joue la géologie, plus précisément la lithologie, dans la variation des caractéristiques chimiques, de la physionomie et de l'hydrologie des cours d'eau, nous avons présenté la géologie du site d'étude mais de manière non exhaustive afin de préciser succinctement les terrains rencontrés et de les replacer dans leur contexte géologique.

II.1.2.1. Les grandes unités géologiques :

Le bassin versant de la Seybouse s'étend sur quatre grandes unités géologiques (Figure 14) orientées Sud-Ouest, Nord-Est:

-L'Atlas Saharien : C'est une succession de synclinaux occupés par un matériel Miocène, Pliocène et Quaternaire ainsi que d'anticlinaux affectant des marnes et les calcaires du Crétacé.

-L'Atlas Tellien : Il correspond à un ensemble constitué de marne, de marnocalcaire, et de calcaire du Crétacé inférieur.

-La chaîne Numidique : C'est une vaste nappe de charriage d'argile et de grès Oligocène. Elle est venue sur une autre nappe de charriage antérieure, constituée de marne et de calcaires marneux Crétacé et Eocène.

-Le Massif de l'Edough : Il correspond aux affleurements actuels des formations cristallophylliennes, celles-ci comprennent des schistes, des micaschistes et des gneiss ainsi que des calcaires.

Entre la chaîne Numidique et la Massif de l'Edough, viennent s'entasser sur plusieurs centaines de mètres des formations argilo-gréseuses et marneuses reposant sur un substratum de flysch numidien et qui constitue la plaine de la basse Seybouse.

La haute Seybouse correspond à l'Atlas Saharien alors que l'Atlas Tellien et la chaîne Numidique formant la moyenne Seybouse.

II.1.2.2. Les grands ensembles lithologiques

-Haute Seybouse :

Le secteur du haut Cherf est formé essentiellement par des formations quaternaires, qui sont constituées d'argile et de sable. Les affleurements du Crétacé supérieur ou du Sénonien qui entourent la région de Sedrata sont constituées par des marnes-grises, des marno-calcaires et des marnes noirâtres. Entre le Djebel Tellez et Djebel Tiffech, s'étend la plaine de Tiffech, constituée par des formations argilo-sableuses.

Le bassin du haut Cherf est encadré au Sud-Est par des calcaires, alors que le Sud-Ouest et une partie du centre sont occupés par des calcaires et des marno-calcaires.

Au Nord, on rencontre surtout les formations du Miocène à dominance marneuse et des bancs sableux et gréseux.

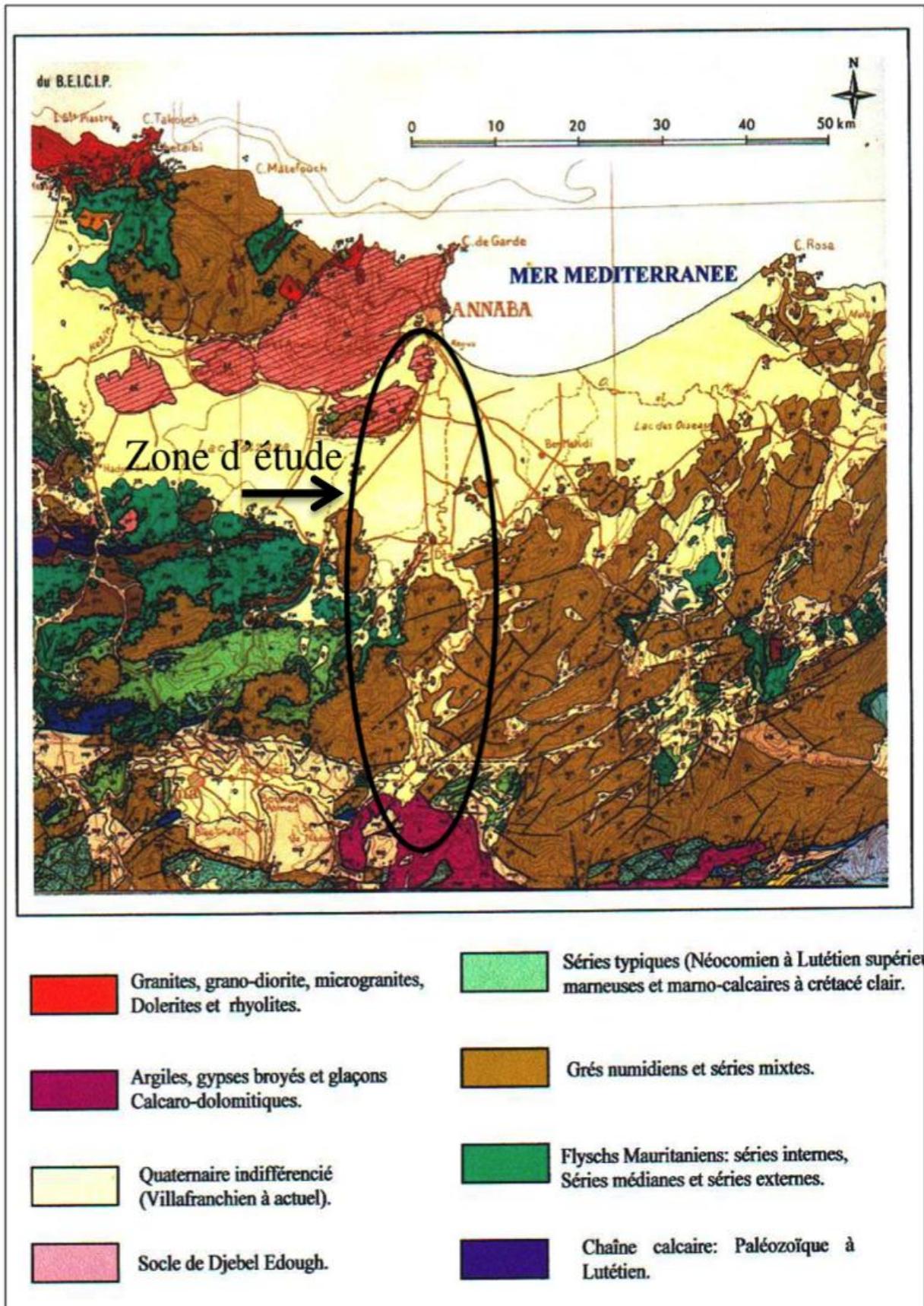


Figure 14: Carte géologique du Nord Est algérien (Vila, 1980).

Au centre, on y rencontre les formations quaternaires qui sont constituées de gravier, de sable et de limon.

La zone Sud-Ouest du bas Cherf correspond à la plaine de Tamlouka qui est formée par des calcaires du Crétacé inférieur. Il s'agit d'un synclinal comblé par les sédiments du Mio-Plio-Quaternaire à dominance argileuse, sableuse et graveleuse.

A la confluence des oueds Mgaïbsa et Cherf, apparaissent des formations du Mio-Pliocène constituées d'argile, des grès numidiens et de marno-calcaire. La région de Sellaoua est constituée par des bancs calcaires ; cependant, la dominance du secteur de oued Zenati correspond essentiellement de grès numidien, d'argiles et de marnes.

-Moyenne Seybouse :

La région de Guelma est constituée de terrains sédimentaires d'âge Crétacé, Oligocène, Mio-Pliocène et Quaternaire. Le fond du bassin de Gulema est occupé par une plaine alluviale correspond à un synclinal comblé par des argiles, de conglomérats, de marno-calcaires, des grès numidiens et des calcaires lacustres.

Les formations numidiennes se développent largement au sud de Guelma en occupant la partie montagneuse jusqu'à Sédrata. Ce sont surtout les calcaires yprésiens qui dominent, viennent ensuite les grès numidien du flanc Est de la Mahouna. Les séries de marne, de marno-calcaire et l'argile. Entre Medjez Amar et la localité de Tabouche apparaissent les marno-calcaires. La formation numidienne dans la région Sud de Gulema est constituée d'une alternance d'assises gréseuses et de séries argileuse ou argilo-gréseuse.

Au Nord de Héliopolis, d'El Fedjoudj et Guelaat Bousba, affluent des formations marneuses et schisteuses, alors qu'à l'Ouest de cette zone, s'élèvent les calcaires sénoniens du Djebel Debar et Taya.

La dépression de Bouchegouf est encadrée à l'Ouest et au Nord par des grès, au Sud par des formations triasiques marneuses et gypseuses. Au centre elle est comblée par les alluvions déposées par la Seybouse.

Au Sud du bassin du Melah, les formations sont constituées de calcaires yprésiens et de marnes et de marno-calcaire. Au centre, le Trias domine et il est constitué d'argiles et de gypse broyé.

-Basse Seybouse :

Sa partie Sud est constituée en majeure partie d'argiles rouge numidiennes. Au Sud-Ouest, ce sont les marno-calcaires et les flyschs d'Ain Berda qui dominent.

Au centre, la plaine Ouest d'Annaba, correspond à un fossé d'effondrement rempli par des sédiments pliocènes et quaternaires.

Enfin, la zone Nord-Ouest est occupée par le flanc Est du massif de l'Edough, qui correspond à des roches cristallines (gneiss, schistes, micaschistes).

II.1.3. Climatologie

Tous les insectes sont soumis dans le milieu où ils vivent à l'action d'agents climatiques très variés qui conditionnent leur action et leur répartition géographique (Dajoz, 1975). Le climat est le résultat de différents éléments tels que la température, la pluviosité, le vent et l'humidité relative qui sont susceptibles d'agir directement ou indirectement sur les êtres vivants.

En Algérie le climat se distingue par une influence marine au Nord et par une tendance continentale subdésertique provenant du Sud. Les vents prédominants sont de direction Nord et Nord-Est.

La région d'étude, se situant au Nord de l'Afrique et en Méditerranée occidentale, est soumise à l'influence du climat méditerranéen. Celui-ci est déterminé par des mécanismes météorologiques élaborés hors de la Méditerranée et se trouve sous l'influence de l'anticyclone des Açores. Les différentes masses d'air, océaniques ou sahariennes, sont modifiées lorsqu'elles sont introduites en Méditerranée. Les perturbations cycloniques apportent des pluies variables et parfois importantes, notamment sur les reliefs. Elles sont suivies par de longues périodes chaudes ou froides mais sèches.

Les caractéristiques fondamentales du climat du bassin versant de la Seybouse peuvent être résumées ainsi :

- hivers froids et humides avec des précipitations à grandes irrégularités interannuelles.
- étés chauds et secs avec une sécheresse totale bien marquée se prolongeant de juin à septembre.

Le choix des stations météorologiques de mesure est basé sur la représentativité de la zone d'étude et l'existence de séries complètes. Pour réaliser notre travail nous avons utilisé les données collectées au niveau des quatre stations suivantes : Guelma, Souk Ahras, Constantine et Annaba. La période d'observation s'étale de l'année 2004 à 2013.

II.1.3.1. Précipitations

Seltzer (1946), Quezel (1957) et Chaumont et Paquin (1971) admettent que la pluviométrie en Algérie est sous l'influence de facteurs géographiques: l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur le versant exposé aux vents humides. Elle augmente d'Ouest en Est, et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le Sud.

II.1.3.1.1. Précipitations annuelles

Les valeurs des précipitations annuelles moyennes permettent de caractériser la pluviosité de chaque année (annexe 3). Au niveau des quatre stations, on remarque que pour Guelma, Souk Ahras et Annaba, l'année la plus pluvieuse est 2009/2010, alors que pour Constantine, l'année la plus arrosée est celle de 2004/2005. Les moyennes maximales des précipitations enregistrées sont 74,5 mm à Guelma, 98,40 mm à Souk Ahras, 38,4 mm à Constantine et 85,9 mm à Annaba (Tableau 1).

Par contre l'année la plus sèche pour les stations de Souk Ahras et Constantine est celle de 2005/2006 avec des valeurs respectives de 51,4 mm et 27,1 mm. L'année 2006/2007 constitue l'année la plus pauvre en précipitations pour la station de Guelma (39,9 mm) tandis que celle de 2008/2009 marque la baisse de la moyenne pluviométrique annuelle enregistrée dans la station d'Annaba (36,2 mm).

Tableau 1: Précipitations moyennes annuelles observées dans les stations de Guelma, Souk Ahras, Constantine et Annaba (mm) (2004-2013).

Station	Année sèche	P min	Année pluvieuse	P max	Moyenne de la station
Guelma	2006/2007	39,9	2009/2010	74,5	53,01
Souk Ahras	2005/2006	51,4	2009/2010	98,40	71,00
Constantine	2005/2006	27,1	2004/2005	38,4	40,90
Annaba	2008/2009	36,2	2009/2010	85,9	57,64

P min: précipitation annuelle minimale, **P max:** précipitation annuelle maximale.

La répartition des pluies annuelles observées dans les différentes stations présente d'importantes irrégularités, ce phénomène peut être exprimé par la variabilité interannuelle des précipitations.

En effet, la figure 15 illustre bien les variations des précipitations annuelles par rapport à la moyenne qui atteint sur une période de 10 ans des valeurs de 53,01 mm au niveau de la station de Guelma et 71,00 mm pour la station de Souk Ahras, celles des stations de Constantine et d'Annaba sont de l'ordre de 40,90 mm et 57,64 mm respectivement.

Les fluctuations que montrent les courbes par rapport à la moyenne nous indiquent les années excédentaires et les années déficitaires. L'année est d'autant excédentaire que la précipitation moyenne annuelle (de chaque année) est supérieure à la moyenne arithmétique des précipitations annuelles de la période étudiée, si contraire, l'année est dite déficitaire (Tableau 1, Figure 15).

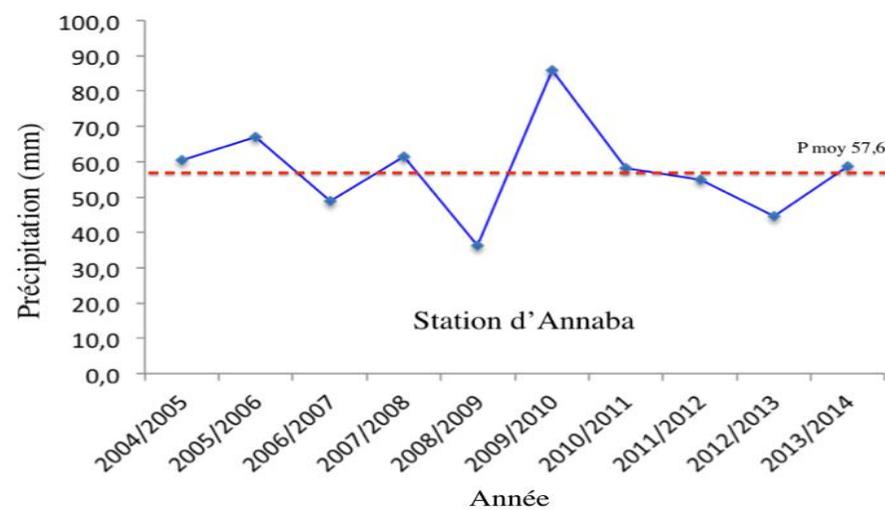
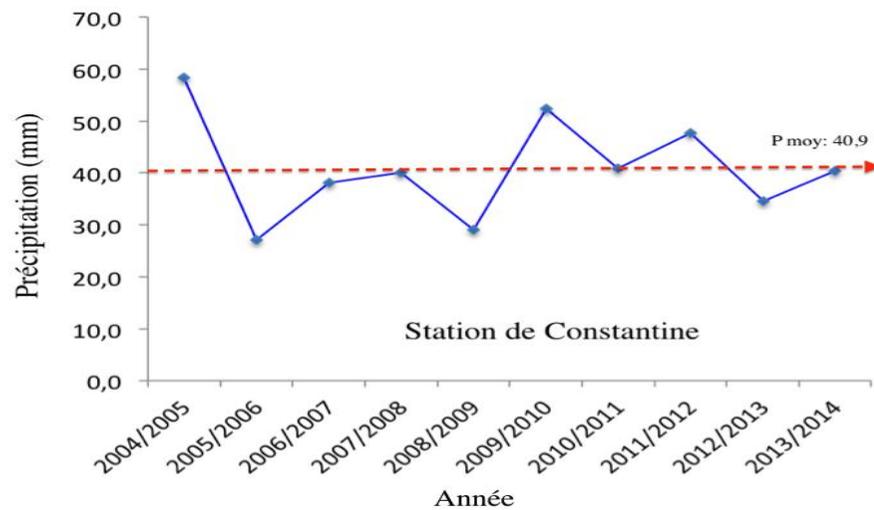
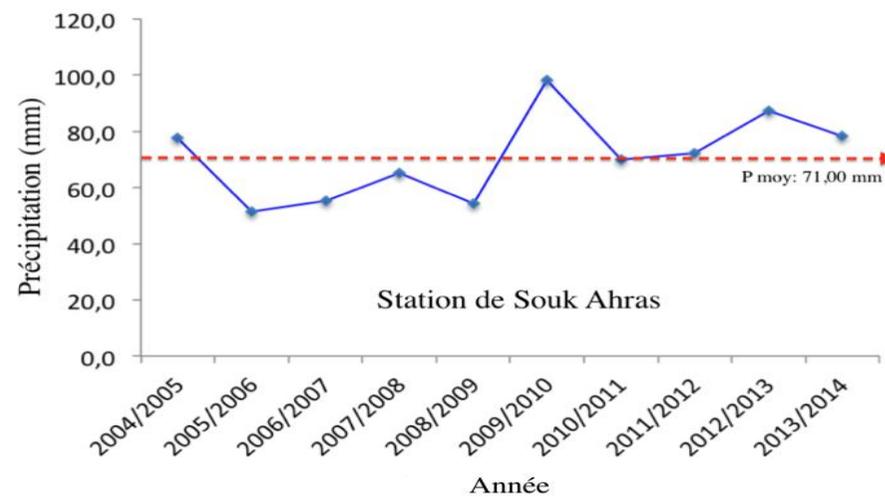
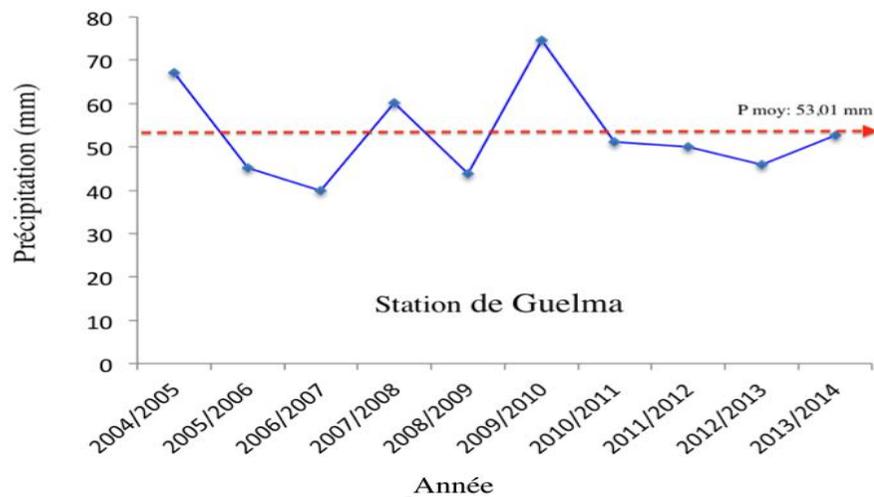


Figure 15: Variations annuelles des précipitations moyennes.

II.1.3.1.2. Précipitations mensuelles

Les précipitations moyennes mensuelles donnent un aperçu sur les variations mensuelles pluriannuelles de la pluviométrie.

Pour évaluer cette variation, les précipitations moyennes mensuelles calculées pour les quatre stations retenues (annexe 4) sont représentées dans la figure 16.

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations montrent des variations d'un mois à l'autre traduisant une forte irrégularité entre les différents mois de l'année hydrologique. A ce titre la répartition mensuelle fait apparaître deux saisons bien distinctes.

Dans les stations de Guelma, Souk Ahras et Constantine, la période pluvieuse s'étend du mois de novembre à avril. Alors qu'au niveau de la station d'Annaba, la saison humide de est observée entre octobre et avril.

Pour les stations de Guelma et Souk Ahras, le pic pluviométrique est enregistré durant le mois de janvier, il est de 93,71mm pour la première et 122,59 mm pour la seconde. En revanche, les précipitations les plus importantes sont observées dans les stations de Constantine et d'Annaba en mois de décembre, les maxima enregistrés sont de l'ordre de 65,72 mm et 112,46 mm respectivement.

La répartition des précipitations dans les quatre stations étudiées est marquée par une saison sèche qui s'étale entre juin et septembre. Le mois de juillet demeure le plus pauvre en précipitations pour toutes les stations d'observation.

Entre les saisons humides et les saisons sèches existent des périodes de transition à grande variabilité quant à leur quantité de précipitation: mai, juin et septembre.

II.1.3.2. Température

La température est un facteur important qui régit les déperditions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration. Elle intervient, d'une part, dans l'établissement du bilan hydrobiologique et d'autre part, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques conditionnant de ce fait la répartition des espèces animales et végétales.

Les variations mensuelles moyennes de ce paramètre sont reportées en annexe 5 qui récapitule les valeurs enregistrées au niveau des quatre stations observées dans cette étude.

L'interprétation des données météorologiques des différentes stations indique que les moyennes annuelles des températures de l'aire sont variables d'une année à l'autre. La température moyenne interannuelle varie entre 15,6°C (Souk ahras et Constantine), 17,84 °C et 17,70 °C (Guelma et Annaba respectivement).

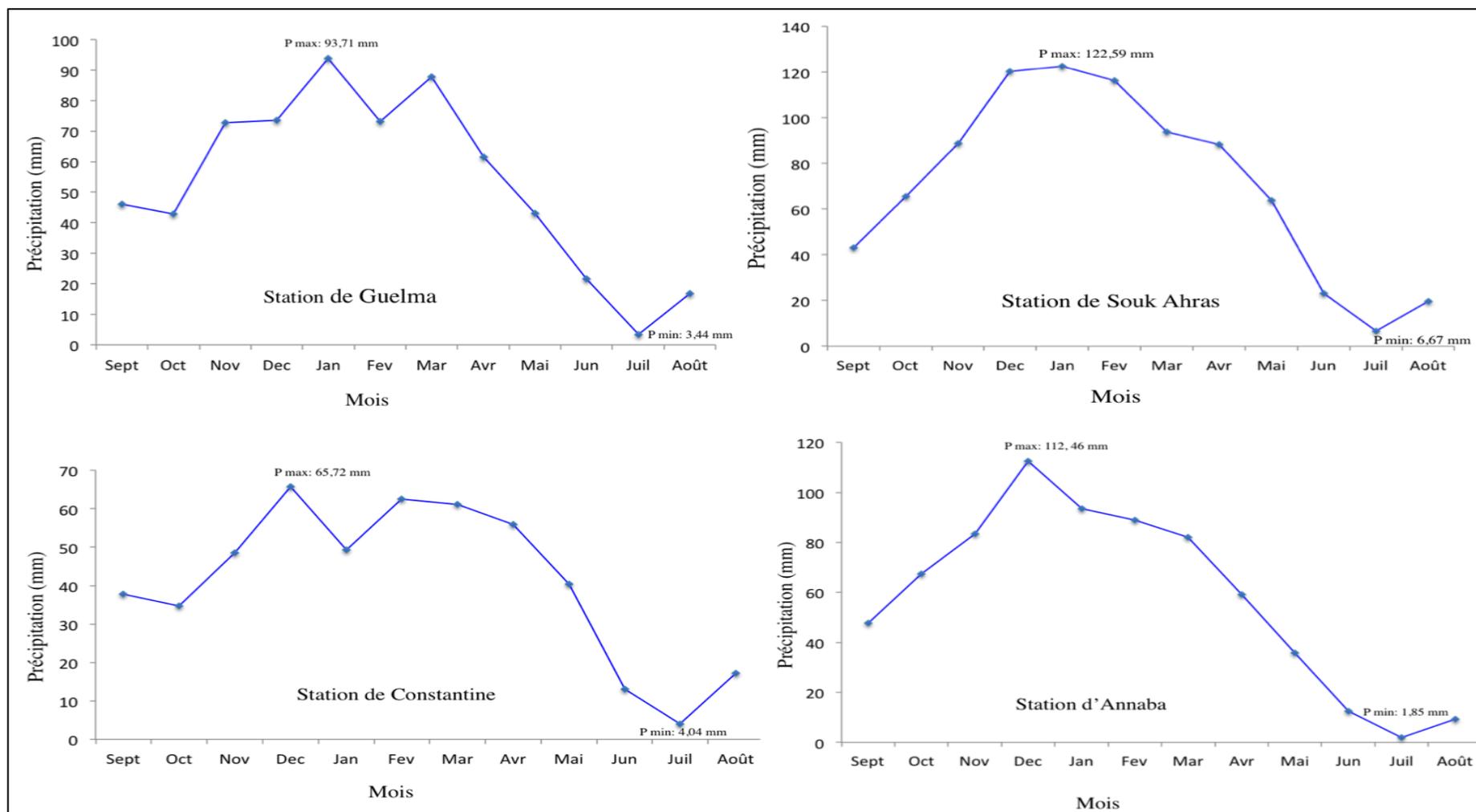


Figure 16: Variations mensuelles des précipitations moyennes.

A la lecture de la figure 17, il ressort que les températures mensuelles les plus élevées sont enregistrées en mois de et juillet et août et ce pour toutes les stations météorologiques, avec respectivement 36,30 °C et 36,47 °C à Guelma, 33,3 °C et 33,2 °C a Souk ahras, 35,3 °C et 34,7 °C à Constantine et enfin 31,2 °C et 31,6 °C à Annaba.

Les températures minimales les plus faibles caractérisent le mois de février et les mois les plus froids sont: décembre, janvier et février; les valeurs de températures mensuelles les plus basses sont de l'ordre de 6,19 °C, 4,96 °C et 4,59 °C pour Guelma, 4,9 °C, 3,8 °C et 3,3 °C pour Souk ahras, 3,3 °C, 2,2 °C et 2,1 °C pour Constantine et enfin 8,1 °C, 7,1 °C et 6,6 °C pour Annaba respectivement.

Une des caractéristiques thermiques de la région d'étude est l'écart élevé entre les moyennes des minima (m) du mois le plus froid (février) et des maxima (M) du mois le plus chaud (août) (annexe 5). Les minima et les maxima enregistrés sont:

- à Guelma: m= 4,59 °C, M= 36,47 °C;
- à Souk ahras: m= 3,3 °C, M= 33,2 °C;
- à Constantine: m= 2,1 °C, M= 34,7 °C;
- à Annaba: m= 6,6 °C, M= 31,6 °C.

Ainsi, l'analyse du climat du bassin versant de la Seybouse à partir des données climatiques montre que les caractéristiques climatiques de celui ci sont étroitement liées à sa position géographique ainsi qu'à son relief. Les remarquables variabilités spatiotemporelles de ces différents paramètres climatiques sont susceptibles d'induire d'importantes fluctuations du ruissellement au niveau du réseau hydrographique considéré.

II.1.4. Réseau hydrographique

L'hétérogénéité des paramètres physiogéographiques du bassin versant de la Seybouse depuis les hautes plaines jusqu'à la plaine d'Annaba genèse des ensembles naturels fortement variés indépendamment l'un de l'autre.

En effet, 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 débit irrégulier et le profil en long, inconstant et tendu, assure l'évacuation rapide des eaux.

Cependant l'existence de dépressions et de 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 littorale d'Annaba pour se jeter dans la mer Méditerranée en perdant sa torrencialité. Les faibles pentes, le cordon dunaire et les vastes zones d'inondation, favorisent largement la stagnation des eaux et rendent l'écoulement fluvial difficile.

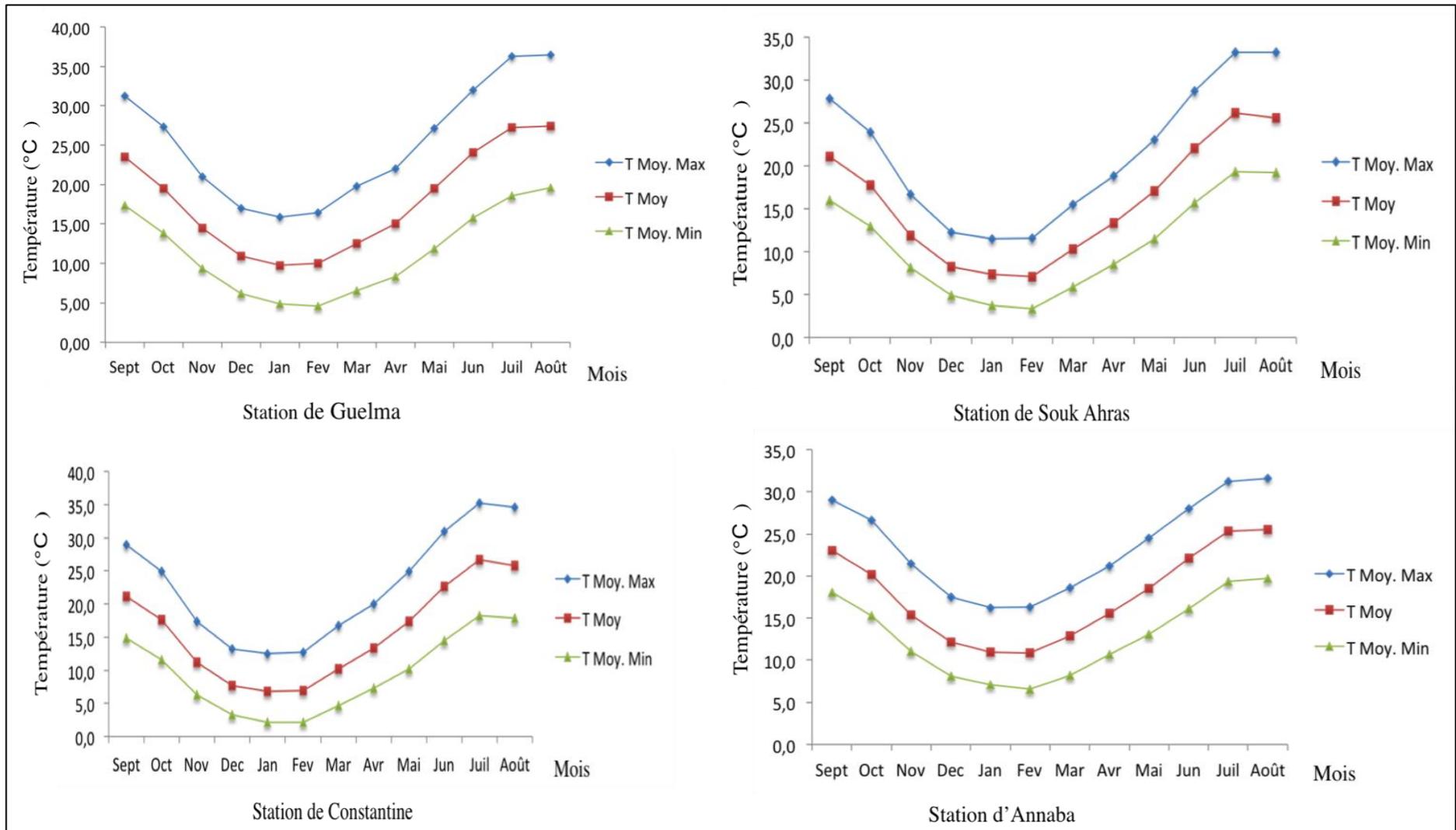


Figure 17: Variations mensuelles des températures moyennes.

Le réseau hydrographique de la Seybouse (Figure 18) possède un régime de type pluvial avec un chevelu hydrographique de plus de 3000 Km. La majorité des cours d'eau sont petits voir très petits. Quarante-deux Oueds ont une longueur supérieure à 10 Km dont deux sont des cours d'eau principaux, à savoir le Cherf (88.61 Km) et le Bouhamdane (37.49 Km).

II.1.4.1. Le bassin de la haute Seybouse :

Cette zone peut être subdivisée en deux sous bassins:

- Sous bassin de Cherf

Cette région est drainée par trois Oueds Aïn Snob et Lahamimine qui prennent naissance au Nord-Ouest à Djebel Terraguelt dans les hautes plaines et Oued Trouch qui prend ces sources de djebel Lezrag et EL Kalaa au Nord. La jonction de ces trois cours d'eau avec Oued Settara forment Oued Cherf.

La plaine de Tamlouka est une cuvette synclinale, son altitude varie entre 800 et 900 m. Elle est drainée par Oued El Melah qui prend naissance dans le flanc Sud-Ouest du Chebbet Sellaoua. L'assemblage de ce dernier avec oued Ain Arko forme Oued Mgaïsbba qui se jette dans oued Cherf. Oued Settara résulte de la jonction de deux oued Ouessah et Babouche qui prend sa source au Nord-Est à Djebel Sidi Reghis.

Ainsi, le sous bassin d'Oued Cheref est formé de deux grandes plaines presque fermées, situées sur la bordure septentrionale des hautes plaines. Il s'agit de la plaine des Harecta et la plaine des Sellaoua. Les eaux de ces deux bassins pénètrent dans le tell par deux issues, la première est la cluse de Moulin Rochefort où convergent les Oueds de la plaine des Harecta, la deuxième est la capture pratiquée par l'Oued Mgaïsbba sur le secteur Nord-Est de la plaine.

- Sous bassin de Bouhamdane

Oued Bouhamdane est l'affluent le plus important après le Cherf, il prend sa source dans les hautes plaines semi-arides sur le revers méridional de l'Atlas Tellien, il résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : Oued Zenati et Oued Sabath qui se réunissent à Bordj-Sabath. A sa rive gauche, Oued Bouhamdane reçoit Oued El Hamira.

II.1.4.2. Le bassin de la moyenne Seybouse

C'est une région montagneuse située dans l'atlas tellien à relief accidenté et qui est enserré entre les hautes plaines au Sud et la chaîne numidique au Nord. Elle couvre tout le secteur compris entre les gorges de Nador à l'Est et la région de Medjez Amar à l'Ouest en passant par la plaine de Guelma.

Ce secteur constitue la partie essentielle du bassin versant de la Seybouse, il est drainé par Oued Cherf qui descend du Moulin Rochefort à Medjez Amar, puis par Oued Bouhamdane, les deux Oueds coulent respectivement selon des directions Sud-Nord et Ouest-Est et représentent les deux principaux affluents dont la confluence forme Oued Seybouse à Medjez Amar, ce dernier serpente vers le Nord en traversant le Nador pour déboucher dans la



Figure 18: Réseau hydrographique du bassin versant de la seybouse (Anonyme 2).

dépression de Bouchehouf où converge un nouveau système hydrographique qui vient se jeter dans la Seybouse au Sud- Ouest de Bouchehouf.

Oued Seybouse est le second Oued d'Algérie après Oued Chéelif, il se termine dans la mer après un parcours de 160 Km. Plusieurs cours d'eau viennent y affluer: Oued Boumia, Oued Bou Sorra, Oued El Maïz, Oued Hlia, Oued Zimba et Oued Bou Djerda. Oued Melah se jette dans Oued Seybouse près de Bouchehouf, ce dernier est formé par la réunion de Oued Sfa et oued Ranem.

II.1.4.3. Le bassin de la basse Seybouse

Après avoir traversé l'Atlas tellien, Oued Seybouse continue son chemin entre Bouchehouf et Dréan selon une direction Sud-Nord à travers la zone septentrionale du Tell, cette dernière correspond à une vallée étroite et rectiligne qui constitue le dernier rempart à franchir par cet Oued, puis il finit dans la plaine littorale d'Annaba pour se jeter dans la mer Méditerranée. Les principaux affluents sont: Oued Meboudja qui draine le lac Fetzara, Oued Ressoul, Oued Djefeli, Oued Oglat et Oued Feli.

II.1.5. Couvert végétal

Le couvert végétal (Figure 19), plus particulièrement la ripisylve, joue un rôle non négligeable dans la structure et la dynamique des écosystèmes aquatiques. De plus, la répartition du couvert végétal présente un intérêt important du fait qu'elle exerce une protection mécanique directe sur le ruissellement fluvial en diminuant l'écoulement des eaux et en favorisant leur infiltration. Cette résistance à l'écoulement est plus grande quand le couvert végétal est plus dense. De ce fait, nous avons tenu à donner une brève description de la végétation naturelle et cultivée de la Seybouse en se basant sur les données de Khelalfa (2009).

Dans le secteur Sud du bassin, la steppe d'alfa domine, seuls les Djebel de Sidi Reghis, El Kef Lahmar, Tiffech sont recouverts de vastes forêts de type atlasique, constituées surtout de Pins d'Alep et de Genévriers rouge, mais aussi en Cyprès et même en Eucalyptus (Figure 9).

Le revers Nord de la chaîne atlasique est couvert de forêt tellienne de type forestier. Ce bassin est occupé essentiellement de Chênes liège et de Chêne Zen. Cette association est présente dans tout le reste du bassin. Le massif de la Mahouna constitue la région forestière par excellence, avec de belles forêts de chêne liège.

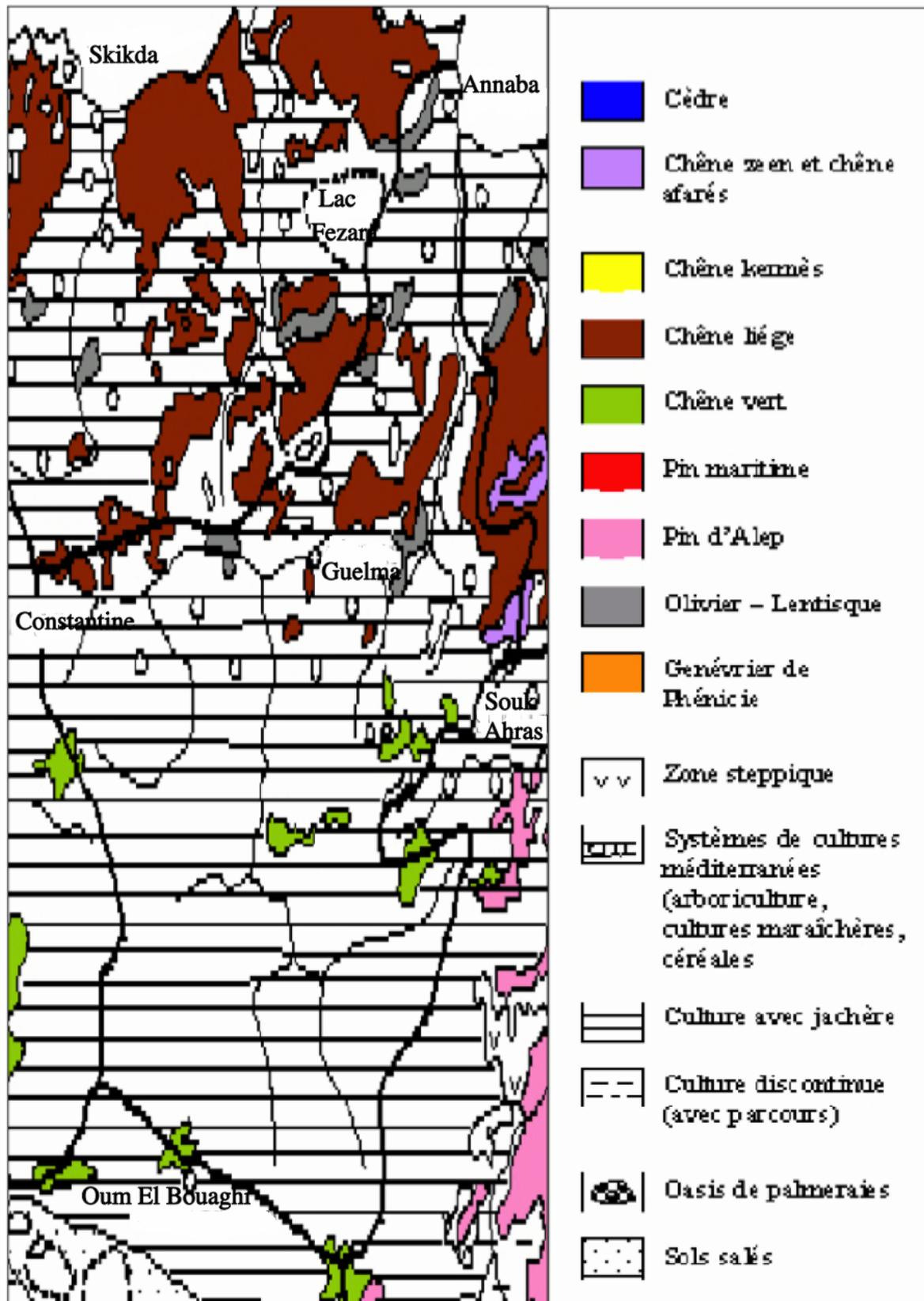


Figure 19: Carte du couvert végétal du réseau hydrographique de la Seybouse (Khelalfa, 2009).

Au Nord-Ouest de Oued Zenati, quelques grands îlots forestiers de Chêne liège et de Zen couvrent les hauteurs de la chaîne numidique. Le versant Nord de Bouhamdane n'est couvert que de cystes, de broussaille et de Gandoul. L'olivier est très bien représenté à Hammam Maskhoutine.

Le bassin du Melah est relativement boisé par rapport aux régions précédemment décrites. Au Sud et à l'Est de ce dernier dominent les forêts de Pin d'Alep avec un sous-bois de Lentisques et de Genévriers, elles alternent avec des zones de broussailles.

La région du massif de Nador n'est recouverte que de Buissons rabougris et épars où domine le Lentisque.

A l'Ouest de la Seybouse existe une forêt qui ne présente que de broussailles de Maquis de type méditerranéen. Au fond de l'Oued, le Laurier rose et le Tamaris trouvent un milieu propice pour leur développement. Enfin, le massif de l'Edough est recouvert par la plus belle forêt de Chênes d'Algérie.

En conclusion, la végétation qui a une influence mécanique certaine sur l'écoulement fluvial, est représentée par un très faible couvert permanent pour le bassin versant de la Seybouse qui est voisin de 25%.

II.1.6. Perturbations anthropiques

Le réseau hydrographique de la Seybouse est confronté à un danger avéré dû aux diverses agressions d'origine anthropique (Figure 20, 21 et 22). Les unités industrielles d'une part, et l'extension des zones urbaines d'autre part, sont les principaux polluants des milieux aquatiques qui déversent inévitablement leurs eaux usées dans les cours d'eau.

Cette pollution émane des différentes villes, usines et zones agricoles situées sur les deux rives et induit d'importantes répercussions sur l'équilibre hydraulique, hydro-chimique et biologique qui conditionnent l'avenir socioéconomique régional. Dans la zone d'étude, la pollution a plusieurs origines :

Origine urbaine:

Les cours d'eau reçoivent les rejets des activités domestiques des agglomérations. L'épuration des rejets étant insignifiante, en période estivale certains cours d'eau font fonction d'égoûts à ciel ouvert du fait des faibles débits récepteurs et des températures élevées qui ne permettent pas au cours d'eau de s'autoépurer.



Figure 20: Anthropisation d'origine urbaine du réseau hydrographique de la Seybouse: Bouhamdane à Hammam Debagh (a), Bouhamdane à Oued Zenati (b), Seybouse à Zemzouma (c), Seybouse à Chihani (d).

Origine industrielle:

L'industrialisation de la région s'est accompagnée d'une atteinte grave à l'environnement entre autres la qualité des eaux de surface. Fréquemment, les systèmes d'épuration de ces unités sont non fonctionnels engendrant ainsi un phénomène de pollution. Les eaux résiduaires contiennent un grand nombre d'éléments dissous et en suspension, organiques ou minéraux, parfois toxiques ou difficilement biodégradables.

Les industries sont principalement positionnées au niveau de la basse Seybouse, c'est autour des villes importantes d'Annaba, El Hadjar, El Bouni et Sidi Amar que le tissu industriel est le plus dense. Trois catégories d'industries sont observées :

- Industries lourdes avec le complexe industriel de la SIDER (Société Nationale de Sidérurgie).
- Industrie chimique avec le complexe des engrais phosphatés et azotés (ASMIDAL).
- Industrie agro-alimentaire présentée par de petites entreprises.

La wilaya de Guelma participe à la dégradation de la qualité des eaux de la Seybouse avec la levurerie de Bouchegouf, l'usine de sucrerie et l'unité de production de carrelage.



Figure 21: Anthropisation d'origine industrielle du réseau hydrographique de la Seybouse (Seybouse à Boumahra).

Origine agricole:

L'agriculture moderne de type intensif et extensif s'est considérablement développée dans les vallées et plaines adjacentes des cours d'eau avec une très grande variété de cultures, céréalières, maraîchères et arboricoles. L'utilisation irrationnelle d'engrais chimiques, d'herbicides et de pesticides divers fait que via le lessivage des sols, l'eau retourne aux cours d'eau chargée en éléments eutrophisants induisant ainsi un déséquilibre de la faune et la flore aquatique.

De plus, le développement des périmètres d'irrigation, dont les plus importants sont celui de Guelma-Bouchegouf (1290 Ha) et Bounamousa (4500 Ha), a engendré une augmentation des besoins en eau ce qui a entraîné la multiplication des points de pompage. En période estivale, la baisse du débit cumulé à l'infiltration et au pompage des eaux de surface entraînent la mise à sec de portions importantes des cours d'eau induisant ainsi une intense réduction spatiotemporelle des biotopes lotiques ce qui empêche plusieurs insectes benthiques d'accomplir leurs cycles biologique.



Figure 22: Anthropisation d'origine agricole du réseau hydrographique de la Seybouse : Bouhamdane à Oued Zenati (a), Bouhamdane à Mermoura (b).

II.2. MILIEUX ET STATIONS ETUDIÉES

Cette étude hydrographique porte sur un ensemble de cours d'eau situés dans le bassin versant de la Seybouse qui a été choisi pour son caractère méditerranéen très prononcé favorisant l'installation d'une faune simuliidienne importante. Le bassin réseau hydrographique de la Seybouse couvre une superficie de 6471 km² avec une longueur de 240 Km, son exutoire se trouve près de la ville d'Annaba et s'étend vers le Sud sur une distance de 160 km.

Pour représenter la distribution spatiale des espèces, chacune des stations prospectées a été placées sur la carte du réseau hydrographique de la Seybouse (Figure 23) de sorte qu'au sein d'une même carte, plusieurs stations peuvent figurer ; elles ont été matérialisées sur les cartes par des points et portent la dénomination du cours d'eau sur lequel elles se trouvent (Annexes 1 et 9). La distribution des espèces recensées dans la Seybouse est également cartographiée.

II.2.1. Démarche générale

Notre objectif principal est l'établissement de la check-list des simuliidae et de rechercher les relations entre les caractéristiques du milieu et la faune.

Notre démarche a été d'échantillonner les habitats des cours d'eau sur la base d'un protocole établi après une étude bibliographique. Ainsi, nous nous sommes intéressés au réseau hydrographique de la Seybouse dont la faune simuliidienne n'a pas encore été étudiée.

Les cours d'eau peuvent être considérés comme des mosaïques de microhabitats caractérisés par des conditions environnementales différentes (Townsend, 1989; Townsend et Hildrew, 1994). L'unité spatiale de base considérée dans ce travail est, au sens large, l'habitat dont il y a une finalité aux études de distribution des invertébrés aquatiques qui constitue une voie d'approche privilégiée pour l'étude autoécologique des espèces, que cela soit en ce qui concerne leur distribution ou la structure des peuplements.

Pour répondre aux objectifs fixés, nous avons réalisé un grand nombre de prélèvements aquatiques dans différents cours d'eau afin de dresser la liste la plus exhaustive possible de la faune simuliidienne. De plus, la recherche précise d'un effet temporel a nécessité un nombre important d'échantillons.

II.2.2. Choix des secteurs et des stations d'étude

Notre objectif étant l'étude de l'influence de certains facteurs du milieu sur la distribution et l'écologie des simulies, le choix des stations a été guidé par l'idée d'avoir des stations réparties sur l'ensemble du réseau hydrographique (Annexe 1). La deuxième idée était d'avoir une grande variabilité des caractéristiques hydrologiques.

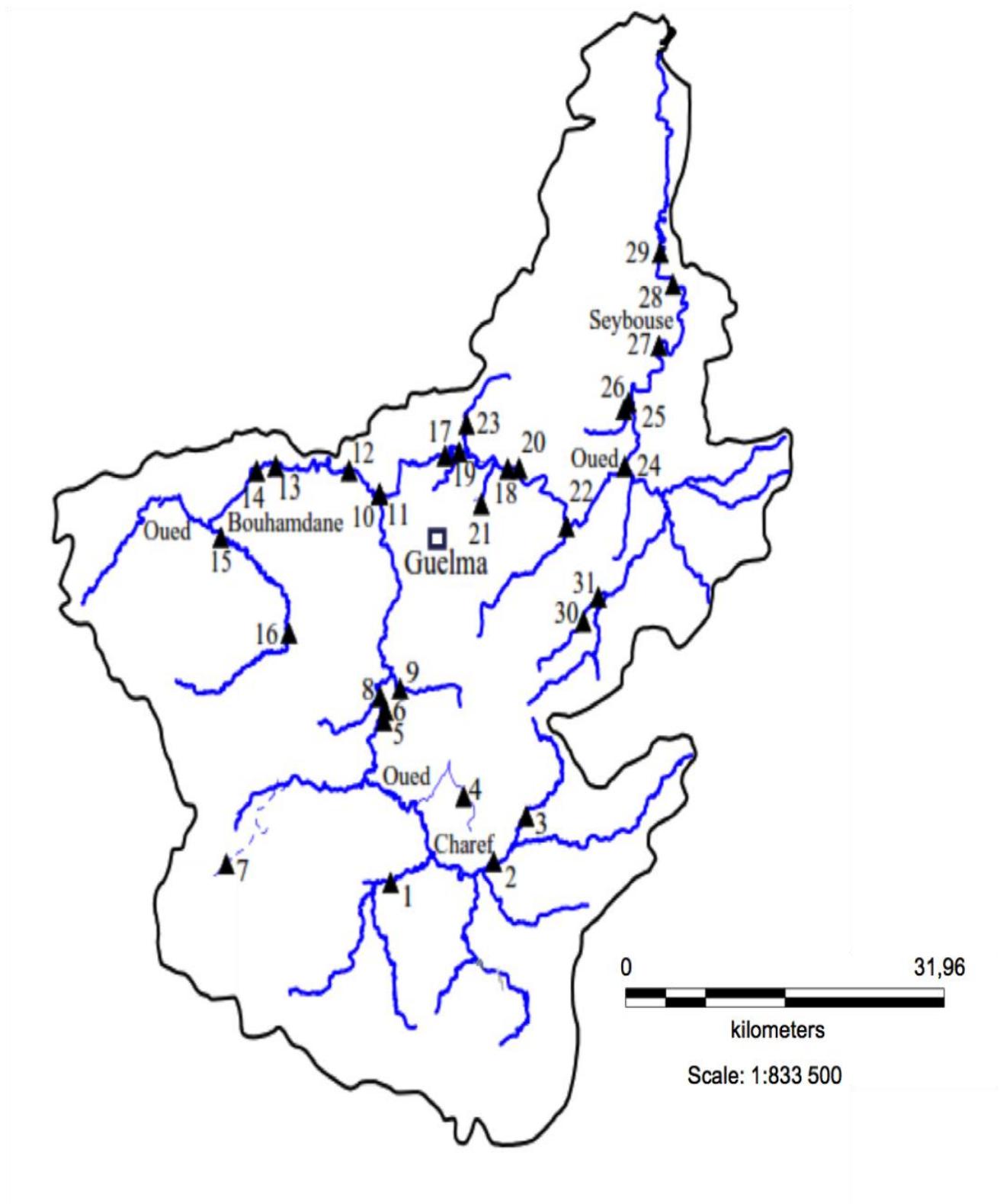


Figure 23. Localisation des 31 stations d'échantillonnage dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

Un total de 31 stations a été retenu et prospecté dans le cadre de ce travail. Elles nous paraissent bien refléter la diversité des habitats et couvrir un large panel de situations mésologiques. Ces stations ont fait l'objet d'étude suivie, certaines d'entre elles présentent un écoulement permanent tandis que d'autres subissent un assèchement plus ou moins long pendant les étés secs.

Les campagnes de récoltes se sont échelonnées sur une période de trois années consécutives du mois de Janvier 2011 au mois de septembre 2013. La plus part des localités ont été explorées de manière complète avec une exception faite pour deux stations (Oued Hammam N'bail amont et aval) qui ont été sommairement investiguées, nous avons eu l'occasion de les visiter au cours de campagnes qui se sont déroulées entre avril et juillet 2013. Une fiche technique a été remplie pour chaque sortie réalisée au niveau des sites étudiés (Annexe 2).

Le choix des stations a été effectué en tenant compte plus particulièrement de certains paramètres tels que l'altitude, la diversité des biotopes, la présence du courant et dans certaine mesure, la régularité de la répartition des stations le long des cours d'eau. Ce choix est aussi conditionné par l'accessibilité aux stations qui n'a pas été toujours aisément garantie en hiver.

II.2.3. Localisation et description des stations étudiées

Les stations choisies ont été localisées grâce à un récepteur 'GPS' *Magellan explorist* qui nous a permis de repérer la longitude, latitude ainsi que l'altitude. Les sites sélectionnés ne partagent pas tous le même substrat, et diffèrent du point de vue : morphométrique (largeur, profondeur et longueur), nature du substrat (argileux, sableux, etc) et l'environnement aux alentours (terrains agricoles, résidentiels ou des champs, etc)

Pour chaque station nous indiquons :

- L'altitude.
- La latitude et la longitude.
- La localité la plus proche.
- La nature du substrat.
- La largeur et la profondeur du lit.
- La vitesse du courant.
- La végétation aquatique et riveraine.
- La durée de l'assèchement lorsqu'il y en a.
- Les influences anthropiques.

Station de Oued Dahmane: 36°03.196' N; 07°19.680' E; 747 m.

Cette station se situe sous un pont sur la route national n°102, à 8 Km du village de Ksar Sbihi. La rive est vaseuse avec un lit tapissé de gravier et de sable grossier avec affleurement en certaines zones d'un fond limono-argileux. La couche d'eau, limpide et d'épaisseur réduite, coule avec une vitesse faible avec la formation de petites mares et de bras morts durant la saison sèche. Il s'agit d'un cours d'eau très ensoleillé en raison de l'absence totale de ripisylve. Le cortège floristique aquatique est constitué de *Juncus sp*, de *Typha sp* et de *Phragmites australis* qui sont présents sur le cours axial. Qu'elle soit en eau ou asséchée, cette station est constamment piétinée par le bétail et les mulets.

Station de Oued M'gisba: 36°04.473' N; 07°29.659' E; 751 m.

Le cours d'eau, situé à 5 km du village de Zouabi en direction de Sedrata, occupe une vallée très ouverte. Sa largeur peut atteindre 20 m inondables en période de crue, mais le lit mouillé s'assèche progressivement en se réduisant en une flaque d'eau unique, où l'eau stagnait jusqu'à sa totale disparition qui s'étale du mois de juin jusqu'au mois d'août. Le substrat dominant est composé de galets et de gros gravier reposant sur un fond limono-vaseux. L'eau est très claire et coule sur une couche mince avec une vitesse faible à modérée et est caractérisée par une teneur élevée en sel (3,6%) et légèrement minéralisée (6,7 µS/cm). La végétation hydrophyte, abandonnant en zones moins agitées, est représentée par du *Phragmites australis* et de *Typha sp*. De part et d'autre des deux rives du oued, les sols sont occupés par de la céréaliculture.

Station de Oued Krab: 36°07.207' N; 07°32.793' E; 788 m.

Il s'agit d'une rivière permanente située à 5 Km au Sud-Ouest de Sedrata. L'eau, dont la profondeur moyenne est de 23, 34 cm, coule à une vitesse faible à modérée. La largeur de la section inondable oscille entre 9 et 34 m. La végétation riveraine, de type arboré, est éloignée des rives. Le site abrite une richesse floristique importante constituée de *Typha sp*, *Phragmites australis*, *Potamogeton sp* et de bryophytes. Sur les sols avoisinants, les agriculteurs pratiquent la culture de maraîchage. En été, une forte baisse du débit d'écoulement est observée en raison d'une irrigation intense concomitante au lavage de légumes et d'activité de nage pratiquée en amont de notre tronçon de prélèvement.

Station de Oued Anil: 36°08.399' N; 07°26.743' E; 852 m.

La station prospectée se localise dans la montagne d'Ain Soltan à environ 8 Km au Nord-Est de Sedrata. Lors de notre première mission de terrain à ce site nous avons été toute suite émerveillés par son excellent état de conservation et cela est en raison de l'absence de toute activité anthropique. L'eau, limpide et froide, descendait en pente forte et coulait à une vitesse modérée sur un lit constitué de bloc, de gros galets et de sable grossier. La largeur du cours d'eau n'excède jamais les 4 m. La station se trouve dans une zone très ensoleillée du fait d'une végétation rivulaire nulle à l'exception de très faibles plans de *Juncus sp* qui occupent les rives. Le régime d'écoulement de l'eau est temporaire avec un assèchement bien marqué qui s'étale du mois de juin jusqu'au mois de novembre.

Station de Charef, Debabcha: 36°12.952' N; 07°19.047' E; 616 m.

La portion d'Oued Charef prospectée en ce point, se trouve à 11 Km au Nord-Ouest d'Aïn Soltane. Le substrat est complètement dénudé et est composé de gros blocs, de galets et de sable fin, quant aux rives, elles sont de nature vaseuse. Les eaux s'acheminent à un courant vif dans un lit d'une largeur variant de 4 à 35 mètres, l'épaisseur moyenne de la couche d'eau est de 23,56 cm. L'ombrage est nul du fait de la position éloignée de la végétation riveraine qui est constituée de *Tamarix sp.* L'eau de l'Oued est détournée par des tuyaux utilisés pour l'irrigation des terres adjacentes dont les sols sont occupés par des cultures maraichères associées à une importante activité de pâturage.

Station de Oued El Aare: 36°13.567' N; 07°19.188' E; 610 m.

Cette station constitue un affluent temporaire d'Oued Charef, elle se trouve à proximité d'un pont situé sur la route menant à Aïn Makhoulf à environ 500 m de la station précédente. Le substrat est essentiellement pierreux avec peu de blocs et de gravier, des zones vaseuses affleurent par endroit. La couverture végétale aussi bien bordante qu'immergée est absente ce qui confère à ce site un ensoleillement total. Le lit, de faible largeur (ne dépassant jamais les 3 m), reçoit une eau qui coule à une vitesse élevée. Cette station se caractérise par assèchement estival qui s'étale du mois de juin au mois d'août.

Station de Oued Ain Arko: 36°04.326' N; 07°03.851' E; 799 m.

Cette station, localisée Ouest de la plaine de Tamlouka à 5 Km en aval du village d'Aïn Arko, correspond à un ruisseau très ensoleillé dont la largeur n'excède jamais les 2 m avec une valeur minimale de 30 cm. Le substrat de cette station est de type limono-vaseux. Le biotope est glissant et dépourvu de toute végétation ce qui confère à la station un ombrage nul. La couche d'eau, très claire et d'épaisseur assez réduite, coule en permanence avec une vitesse relativement faible. Par ailleurs, il convient de préciser, que ce cours d'eau a connu un assèchement qui a exclusivement eu lieu en mois d'août de l'année 2013.

Station de Oued Charef, Aïn Makhoulf: 36°14.394' N; 07°18.678' E; 592 m.

Ce site se localise à 10 Km en aval de la commune d'Aïn Makhoulf. Notre point de prélèvement se trouve sur la rive gauche d'Oued Charef en amont d'un pont. Le substrat est formé de gros galets et graviers ainsi que de sable grossier. En période de crue l'eau devient très turbide. La vitesse du courant est moyenne sur les rives et forte au centre. Le site est très exposé au soleil avec une végétation riveraine plus ou moins dense présente uniquement sur la rive droite du cours d'eau, elle est composée de *Tamaris sp.*, *Nerium oleander*, *Juncus sp.* et *Phragmites australis*. La végétation hydrophyte y fait défaut. Les sols avoisinants sont occupés par des cultures fruitières (notamment la pastèque). Outre le rejet des eaux usées en provenance de l'agglomération d'Aïn Makhoulf, la station subit une forte agression liée à une intense fréquentation par l'Homme (pompage de l'eau pour irrigation et lavage des automobiles) et les animaux (bétails).

Station de Oued Chenior: 36°14.883' N; 07°20.613' E; 612 m.

Il s'agit d'une petite rivière à régime permanent, situé à 8 Km au Sud-Est d'Ain Larbi. Ce cours d'eau se distingue par son substrat formé par de gros blocs qui reposent sur un lit parsemé de pierres et de gravier. L'eau y est claire et rapide à l'exception des périodes de crue où apparaît une turbidité marquée. La largeur de la section mouillée ne dépasse pas les 4 m et l'épaisseur de la couche d'eau est moyenne. Le couvert végétal bordant est composé de strates arborescente et arbustive qui fournissent à cette station un ombrage partiel. La formation végétale aquatique n'est représentée que par *Typha sp* qui se développe uniquement le long des berges de ce cours d'eau.

Station de Oued Charef, Medjez Amar: 36°26.526' N; 07°18.677' E; 242 m.

L'oued Charef, qui se jette dans la Seybouse à Medjez Amar, constitue avec celui de Bouhamdane les affluents les plus importants dont l'union se fait en ce même endroit. Nos récoltes ont été effectuées en aval de la commune de Medjez Amar à quelques mètres en amont de la confluence. Le lit est relativement large et formé d'un substrat grossier: blocs, gros galets et sable avec formation de mousse dans les zones calmes. Les eaux y sont le plus souvent turbides et coulent avec un débit variable qui montre une remarquable augmentation lors de l'ouverture de la digue du barrage de Fom Al Khanga entraînant ainsi le blocage du flux des eaux d'oued Bouhamdane. Cette station est caractérisée par la présence d'une strate arbustive de part et d'autre du cours d'eau sans pour autant affecter son ensoleillement, ainsi on note la présence de: *Phragmites australis*, *Tamarix sp*, *Olea europaea*, et *Pistacia lentiscus*.

Station de Oued Bouhamdane, Medjez Amar: 36°26.589' N; 07°18.629' E; 250 m.

Cette station se trouve sous un pont situé juste à la sortie de l'agglomération de Medjez Amar. Notre point de prélèvement se trouve à quelques mètres du point de jonction avec oued Charef. Le substrat de la rive est très vaseux. Le lit, dont la largeur peut atteindre les 32 m lors des crues, est formé principalement de roches mères schisteuses avec la présence de gros galets et des débris végétaux sur la berge. L'eau de l'Oued, qui est toujours froide, enregistre une importante hausse de la vitesse de son écoulement lors des lâchées des eaux du barrage de Hammam Debagh. La ripisylve est présente sur les deux rives et est constituée d'une strate arbustive importante constituée de *Juncus sp*, *Nerium sp* et de *Tamarix sp*. L'ombrage est partiellement projeté sur la rive droite du cours d'eau. Les terres adjacentes sont utilisées pour la culture d'orangers et d'oliviers caractéristiques de la région.

Station de Oued Bouhamdane, Hammam Debagh: 36°28.008' N; 07°15.684' E; 274 m.

Cette station est située à 2 Km en aval de Hammam Debagh à gauche de la route en direction de Bordj Sabat. Le site est large et très ensoleillé. La granulométrie du substrat est à dominance grossière, l'eau coule alors sur les blocs parsemés de volumineux galets avec un courant moyen à vif. A ce niveau, les rives sont caractérisées par une ceinture de végétation dense représentée par *Ricinus communis*, *Juncus sp*, *Nerium sp*, *Tamarix sp* et *Phragmites australis*. La végétation aquatique est constituée de bryophytes et d'algues vertes

filamenteuses qui se développent notamment en période sèche. Cette station subie une forte influence anthropozoogène traduite d'une part par le piétinement, le lavage du coton exercé par la population locale et les rejets organiques du bétail, et d'autre part par le pompage excessif de l'eau.

Station de Oued Bouhamdane, Mermoura: 36°28.266' N; 07°08.607' E; 387 m.

C'est au cœur de Djebel Mermoura et à 16 Km en aval du barrage de Hammam Debagh que nous avons décidé de choisir une autre station pour prospection oued Bouhamdane. Notre section d'échantillonnage se trouve sous un pont avec un ombrage plus au moins important. Le substrat est comparable à celui de la station précédente. La flore riveraine, formée d'*Olea europaea*, *Nerium sp* et *Tamarix*, est dense mais la végétation aquatique immergée y fait défaut. Une forte baisse du débit de l'eau est observée durant la saison sèche où la vitesse devient presque nulle en raison du détournement très actif de l'eau par les agriculteurs qui pratiquent des cultures de maraîchage sur les sols avoisinants dont la majeure partie est occupée par des oliviers. Notons que cette station a enregistré un assèchement total durant le mois d'août des années 2012 et 2013.

Station de Oued Bouhamdane, Bouhamdane: 36°27.974' N; 07°06.784' E; 405 m.

Le site se situe sur la rive gauche d'Oued Bouhamdane en aval de la commune d'Ain Taya à une trentaine de mètres vers le nord de la station précédente. Le substrat de cette station est caractérisé par une granulométrie importante formée par de gros blocs, de galets ainsi que de sable grossier. Les eaux ensoleillées coulent sur un lit de largeur importante qui se réduit en plusieurs petits bras, suite à la diminution du débit lors de la saison sèche. La hauteur de l'eau est variable : de 3 cm à l'étiage et dépasse 65 cm en hiver. La ripisylve est peu dense et formée principalement par *Nerium sp* ainsi que de *Tamarix*. En période estivale, on assiste au développement d'importants plans d'algues filamenteuses vertes et de macrophytes dans le cours d'eau axial. Les eaux sont polluées par les rejets domestiques.

Station de Oued Sabate: 36°23.975' N; 07°03.300' E; 532 m.

Ce cours d'eau, situé à 500 m en aval de Bordj Sabate sur la route menant à Oued Zenati, est un affluent temporaire qui se caractérise par un assèchement estival s'étalant du mois de juillet jusqu'au mois d'octobre. Le substrat de la portion échantillonnée est à dominance pierreuse et est associée à du grès et du sable grossier. La végétation bordante est de type arbustif avec des herbes épineuses et éparses. Des algues vertes filamenteuses, qui se développent sur une profondeur moyenne de 14 cm, couvrent la station durant presque toute la période humide.

Station de Oued Zenati: 36°18.222' N; 07°09.875' E; 623 m.

La physiographie de cette rivière, située à 1 Km au Sud-Ouest de la commune d'Oued Zenati, varie selon les saisons. En hiver, en période de crue, la section mouillée occupe la totalité du lit (15m), alors qu'en été elle forme un bras où l'écoulement peut se réduire jusqu'à une largeur de 70 cm. Le substrat se compose essentiellement de blocs et de galets. Le couvert

végétal est absent de part et d'autre du cours d'eau permettant ainsi un taux d'ensoleillement estimé de 100%. Le cortège floristique aquatique est composé de *Phragmites australis* et de *Typha sp* avec le développement en période sèche d'importants plans d'algues filamenteuses et de bryophytes. L'agriculture à ce niveau couvre une grande partie de la vallée et les terres localisées sur les rives de l'Oued sont consacrées à la culture céréalière. Le détournement de l'eau pour l'irrigation a pour conséquence directe une mise à sec d'une grande partie de la station.

Station de Oued Seybouse, El Fedjouj: 36°28.893' N; 07°24.926' E; 224 m.

C'est une station située dans une plaine localisée à 3 Km au Sud-Ouest de la commune d'El Fedjouj sur la route national en direction de la wilaya de Skikda. Notre point de prélèvement se trouve en dessous d'un pont. En période de crues, la largeur de l'Oued peut dépasser les 48 m. L'eau coule rapidement sur un lit qui repose sur un substrat constitué de gros blocs et de galets avec absence de couvert floristique hydrophyte, exception faite pour la saison des basses eaux où on note la formation d'algues vertes filamenteuses sur les dalles associées à la présence par endroits de *Typha sp*. L'ombrage est nul du fait de l'absence de la végétation riveraine. Sur les berges on note une forte exploitation des eaux de l'Oued qui sont utilisées pour l'irrigation des terrains adjacents dont l'activité agricole est représentée par des cultures de maraîchage et fruitières (orangers).

Station de Oued Seybouse, Boumahra: 36°28.098' N; 07°31.010' E; 166 m.

La station prospectée se localise à 2 km en aval de la commune de Boumahra. Le substrat du lit est formé de blocs et de gros galets avec une végétation presque nulle sur les rives. L'eau s'achemine à forte vitesse dans un lit d'une largeur importante notamment durant la saison hivernale où un seuil de 60 m a été enregistré. Le cours d'eau draine des eaux chargées de déchets domestiques et agricoles en provenance de l'agglomération suscitée. En période sèche, on note la formation de mares et de bras morts avec un développement d'algues filamenteuses et de mousses sur les blocs. Des macrophytes poussent partout au voisinage du lit. A ce niveau, l'influence anthropique est très prononcée, on trouve des ordures ménagères avec l'exploitation du "tout venant", des mousses de détergents flottant à la surface de l'eau qui dégage une mauvaise odeur, c'est un véritable égout à ciel ouvert. L'activité de détournement de l'eau est également bien présente.

Station de Oued Seybouse, Heliopolis: 36°29.114' N; 07°26.324' E; 194 m.

Rivière à lit très vaste, mais qui se rétrécit légèrement vers l'amont. La station prospectée se situe à 1 Km du chef-lieu de la ville de Guelma. Le fond est constitué de blocs et de galets qui se couvrent dès le début de l'étiage, d'une couche épaisse d'algues vertes filamenteuses. L'écoulement varie suivant les points de prospection; il se fait avec des courants vifs au centre du cours d'eau, plus modéré sur les rives où on peut noter la présence de flaques à fond limono-vaseux et à écoulement faible. La végétation aquatique est très rare (uniquement *Typha sp*) alors que celle des berges, formée de strates arborescente et arbustive, est éparse et éloignée des rives. Le tronçon exploré montre un degré de pollution élevé. Plusieurs sachets en plastique recouverts de matières organiques en décomposition restent

coincés sur les blocs. De part et d'autre de cette station, la plaine est consacrée aux cultures maraichères et fruitières (agrumes).

Station de Oued Seybouse, Zemzouma: 36°28.127' N; 07°32.092' E; 160 m.

Cette station de plaine est distante de 3 km de la station de Boumahra. L'écoulement se fait avec des courants vifs sur un lit large, formé d'un substrat grossier avec prédominance de gros galets, et peu de blocs. La profondeur de l'eau varie entre 11 cm en été et 18 cm en hiver. La végétation aquatique est absente, sauf en période estivale durant laquelle abondent des algues vertes et brunes. La végétation riveraine est représentée par une strate arbustive et arborescente (lauriers roses) éloignées des berges. Cette station semble être la plus polluée de toutes celles prospectées dans le sous bassin de la moyenne Seybouse, elle reçoit à la fois des rejets urbaines, agricoles et industrielles, ces derniers sont véhiculés par les eaux de Oued Bou Sorra très chargées en produits chimiques dégagés par l'unité de fabrication de marbre située à quelque kilomètres en amont de notre point de prélèvement. On note également la présence d'hydrocarbures à la surface de l'eau engendrée par le lavage intensif des automobiles au niveau de cette station.

Station de Oued Zimba: 36°25.977' N; 07°28.439' E; 278 m.

Rivière très ombragée qui constitue un tributaire permanent d'Oued Seybouse dont elle rejoint sur sa rive droite. La station se trouve en amont d'un pont situé à 10 Km de la commune de Lakhzara. Ce milieu aquatique, très clair, repose sur un fond formé d'un mélange de substrat fin et grossier avec prédominance de blocs et de galets et une faible représentativité des sables et des limons. L'eau coule modérément en une couche peu épaisse et s'amointrit là où le substrat est moins grossier. La largeur de la section mouillée oscille entre 1 et 8 m. A ce niveau, les rives sont garnies d'une végétation dense représentée principalement par *Olea europaea*, *Epilobium augustifilium* et *Ricinus communis* alors que la végétation immergée est constituée de *Typha* sp. En amont de notre point de capture, des nappes denses d'algues spongieuses couvrent une importante portion du court d'eau.

Station de Oued Helia: 36°24.648' N; 07°36.690' E; 139 m.

C'est un Oued à régime permanent, notre secteur de récolte se trouve à la sortie du village de Nador à quelques mètres avant l'union avec Oued Seybouse. Les dalles sont prédominées par de gros galets en présence de graviers et de sable grossier et l'écoulement y est modéré à faible. La végétation bordante fait défaut et est remplacée par une végétation aquatique formée de *Typha* sp et d'algues vertes filamenteuses. En période sèche, cette station subie une baisse importante du volume d'eau qui a marqué une absence exclusive en mois d'août de l'année 2013.

Station de Oued Bradâa: 36°30.809' N; 07°27.030' E; 268 m.

Ce cours d'eau, doté d'une longueur de 37,49 km, prend sa source dans la vallée de Guelaat Bou Sbaa, c'est un affluent d'Oued Seybouse dont il rejoint sur sa rive gauche au Sud de Heliopolis. Il s'agit d'un petit cours d'eau dont la largeur ne dépasse guère les 4 m. L'eau coule à une vitesse modérée sur un tapis dénudé de végétation et est principalement

formé par de gros galets en présence de gros gravier et de sable. La ripisylve est très dense et représentée par une strate arborescente et arbustive épineuse très développée assurant un ombrage épais sur tout le long de notre tronçon de collecte. La végétation herbacée est constituée de framboisiers sauvages et de lauriers roses. Les activités agricoles pratiquées au voisinage de la rivière comportent le maraîchage ainsi que des cultures fruitières (orangers et poiriers). L'irrigation des champs contigus à l'oued est assurée par le pompage intensif de l'eau affectant les deux rives.

Station de Oued Seybouse, Bouchegouf: 36°28.247' N; 07°42.271' E; 90 m.

Cette station se localise dans une plaine à 5 Km au Nord-Est de Bouchegouf, là le lit est large, et est constitué principalement par des blocs, mais on trouve également de gros galets, du gravier et du sable grossier avec la présence d'une couverture légèrement mousseuse en été. Les eaux sont troubles et coulent avec une vitesse modérée. La végétation riveraine n'est représentée que par quelques plans de *Phragmites australis* et *Cyperus sp.* Loin des rives, les collines sont couvertes d'une dense végétation avec des arbres clairsemés.

Station de Oued Seybouse, Boudaroua: 36°31.673' N; 07°42.244' E; 80 m.

Situé à quelques mètres de la sortie de la commune de Boudaroua, ce secteur de la Seybouse est caractérisé par un substrat très grossier formé par de gros blocs reposant sur un fond limono-vaseux. La morphologie du cours d'eau est dotée d'une largeur et d'une profondeur importantes avec une section inondable pouvant atteindre les 52 m en période de crue. L'eau, qui coule à une vitesse modérée, est très chargée de matières en suspension et est très polluée par les rejets des eaux et des ordures domestiques en provenance du village suscit.

Station de Oued Seybouse, Oued Fragma: 36°32.124' N; 07°42.667' E; 69 m.

Cette station est distante de 1 km de la précédente, ce site constitue une rivière très importante du point de vue largeur et profondeur. Les dalles sont composées de roches mères schisteuses avec de gros blocs sur les berges dont le fond est limono-sableux. La ripisylve est constituée d'une strate arborescente et arbustive importante qui n'affecte guère l'ensoleillement du cours d'eau en raison de sa grande largeur.

Station de Oued Seybouse, Boukemouza: 36°35.510' N; 07°45.595' E; 44 m.

La portion de l'Oued prospectée se localise à 4 km de la sortie de la commune de Boukemouza sur la route nationale menant à El Taref. Le substrat est grossier et est composé de galets, gravier et de sable. L'eau coule avec une vitesse rapide. Au niveau de cette station, la taille de la Seybouse s'amointrie comparativement à sa précédente. De part et d'autre de la station nous rencontrons une strate arborescente importante mais éloignée de la berge. Les deux rives de l'Oued sont exploitées dans des cultures de maraîchage. Une extraction artisanale de sable est pratiquée en aval de la station.

Station de Oued Seybouse, Chihani: 36°39.209' N; 07°46.955 ' E; 26 m.

Cette station se situe au Sud de la plaine d'Annaba à quelque centaine de mètres à l'est de la ville de Chihani. Elle est de physionomie presque comparable à la précédente. Les pierres sont recouvertes d'un périphoton brunâtre, où l'eau coule à une vitesse modérée. Le bassin de l'Oued est très large variant entre 16 et 52 m. L'endroit est très ensoleillé. La végétation aquatique immergée est absente. En revanche, une ripisylve formée de *Tamarix sp* borde le cours d'eau. A ce niveau, l'influence anthropique est très prononcée, on trouve des ordures ménagères avec l'exploitation du "tout venant ", des activités de pêche et de pompage de l'eau sont également bien installées.

Station de Oued Seybouse, Dréan: 36°41.107' N; 07°45.709' E; 14 m.

C'est la plus basse station choisie sur notre réseau hydrographique d'étude, elle est située à 5 km en aval de la ville de Dréan à proximité d'un pont à quelques dizaines de kilomètres du point de l'embouchure avec la mer. L'eau coule avec un courant tumultueux sur un substrat avec prédominance de galets et de caillou ou le périphoton est abondant. En hivers, Le lit peut acquérir une largeur maximale de 30 m. Sur la rive droite, la ripisylve est relativement importante, constituée d'une strate arbustive et arborescente composée de feuillus parsemés de quelques pieds de lauriers roses, mais qui n'affecte guère l'ensoleillement du cours d'eau en raison de la largeur de ce dernier. Tout au long du secteur de cette station on assiste à un dépôt d'ordure sur la rive gauche accompagné d'une activité de pêche permanente.

Station de Oued N'Bail Amont: 36°18.908' N; 07°38.294' E; 496 m.

Les visites d'investigation que nous avons réalisé au niveau de ce site n'ont pas été nombreuses, nous avons eu l'occasion de le visiter trois fois. Ce site se trouve sur Oued N'bail, en amont du village de Hammam N'bail, c'est un ruisseau de montagne où l'eau est turbide et coule avec une vitesse assez faible. La largeur maximale enregistrée lors de nos prélèvements ne dépasse pas 1 m. Le substrat est composé de gros blocs, gros galets et l'ensemble repose sur un fond limono-sableux. La végétation rivulaire est représentée par quelques pieds de Lauriers roses, tandis que l'immergée fait défaut.

Station de Oued N'Bail Aval: 36°20.387' N; 07°39.736' E; 376 m.

De la même manière que la station précédente, ce site n'a été exploré que de façon ponctuelle avec 4 sorties seulement. La station, partiellement ensoleillée, se trouve à 1 Km de la sortie de Hammam N'bail. Le lit est constitué de galet, gros graviers et de sable grossier. La végétation bordante est formée essentiellement de *Nerium sp* et de *Tamarix sp*. Le secteur est très pollué par les rejets des eaux domestiques du village, à tel point que les eaux y deviennent répugnantes lors de nos expéditions dans ce site.

En conclusion à cette présentation générale des stations d'échantillonnage, il convient de souligner la grande diversité des cours d'eau étudiés et leur étalement sur l'ensemble de l'aire d'étude. Cette diversité morphologique et hydrologique constitue une caractéristique notoire du domaine seyboussien.

II.3. METHODOLOGIE

II.3.1. Mesure des composantes physicochimiques

La vie en milieu aquatique est conditionnée par la résultante d'un grand nombre de facteurs abiotiques et biotiques. Il est certain que la détermination du rôle individuel de chacun de ces facteurs est difficile à cerner d'une façon précise. Il est en effet reconnu que la plus part des variables qui servent à décrire un habitat sont inter-corrélées et que c'est la combinaison d'un certain nombre de facteurs qui peut déterminer la répartition d'un taxon. De plus, selon Degani *et al.* (1993), ce n'est pas la valeur dans l'absolu d'un paramètre abiotique qui influence la distribution, mais plutôt sa périodicité et sa variabilité.

Les propriétés physicochimiques des eaux naturelles sont en relation étroite avec le climat, la géologie, le temps et la biocénose.

L'analyse des variables abiotiques permet d'expliquer la dynamique et les variations spatiotemporelles des communautés de similies (Adler et Kim, 1984; Adler, 1987; Ross et Merritt, 1988; Adler *et al.*, 2004; Kazanci, 2006).

Une description du milieu aquatique a été faite pour caractériser chacune des stations prospectées qui sont dotées de conditions mésologiques diverses. Pour ce faire, 13 descripteurs ont été retenus, ils semblent caractériser le mieux les milieux lotiques étudiés et sont susceptibles de jouer un rôle dans la distribution des stades préimaginaux des similies.

Le choix des descripteurs s'est fait en se basant sur des recherches hydrobiologiques antérieures. Plusieurs études ont montré l'existence d'une corrélation entre les facteurs physicochimiques et la distribution ainsi que la richesse spécifique des espèces simulidiennes (Adler et Kim, 1984; Ross et Merritt, 1987; Crosskey, 1990 ; McCreadie et Colbo, 1991, 1992, 1993 ; Adler et McCreadie, 1997; McCreadie et Adler, 1998 ; Hamada et McCreadie, 1999 ; Hamada *et al.*, 2002 ; Adler *et al.*, 2004 ; McCreadie *et al.*, 2004, 2005, 2006; McCreadie et Adler, 2006).

A chaque prospection d'une station, ont été notés les paramètres suivants: altitude, vitesse du courant qui est sous l'influence directe de la morphologie du cours d'eau, la nature et la classe du substrat qui domine le fond du cours d'eau, la profondeur et la largeur du lit et la classe du couvert végétal rivulaire.

Faute de matériel, la composition chimique des eaux qui est à la fois directement influencée par la nature des terrains traversés par les eaux et par l'activité anthropozôïque n'a fait l'objet que de prélèvements très ponctuels ainsi nous sommes limités à quelques relevés portant sur: la température de l'eau, l'oxygène dissous, la conductivité, le pH, la salinité, et le taux de matières dissoutes.

1. Altitude

La richesse spécifique ainsi que la structure des communautés des macroinvertébrés aquatiques varie en fonction du gradant altitudinal (Vannote *et al.*, 1980 ; Minshall *et al.*, 1985). Les zones géographiques à grande variation altitudinale offrent une importante diversité d'habitats est sont les plus riches en espèces simuliidiennes (Adler *et al.*, 1998, 2004 ; McCreadie *et al.*, 1995, 2006; Pramual & Kuvangkadilok, 2009; Cherairia *et al.*, 2014).

2. Largeur de la section mouillée

La taille du cours d'eau, et plus particulièrement sa largeur est un excellent indicateur de la distribution des espèces simuliidiennes le long d'une rivière (Ciborowski et Adler, 1990; McCreadie & Colbo, 1992, 1993; McCreadie *et al.*, 1995; McCreadie et Adler, 1998; Lautenschläger et Kiel, 2005; McCreadie *et al.*, 2006; McCreadie et Adler, 2006; Illésová *et al.*, 2008; Pramual et Kuvangkadilok, 2009). Ce paramètre a été mesuré à l'aide d'un câble électrique de 50 m de longueur, cette mesure a généralement été effectuée sur le pont pour les oueds les plus larges notamment en périodes de crues.

3. Profondeur du lit

Ce facteur fourni avec la largeur de la section mouillée une idée de la taille du cours d'eau à une station donnée. C'est une variante environnementale très importante car elle influence le réchauffement des eaux et donc l'installation et la prolifération des peuplements lotiques. Plusieurs études ont souligné l'importance de cette composante sur la présence/absence des stades préimaginaux larvaires de simules, entre autres ceux de Graig et Galloway (1987) et McCreadie *et al.* (2006).

Afin d'obtenir des valeurs représentatives de cette composante dans un secteur donné, nous avons retenu la moyenne des mensurations effectuées à quatre points différents de la section prospectée dont la longueur est de 10 m. Pour se faire nous avons utilisé un manche de bois gradué.

La profondeur moyenne de nos stations varie de 0,1 à 69 m avec une grande majorité au-dessous de 30 cm (pendant la période des basses eaux). Ceci est dû au choix des secteurs d'échantillonnage dans des zones peu profondes et ce afin de faciliter l'accessibilité au fond à l'aide du filet Surber.

4. Vitesse du courant

La vitesse du courant est une composante du milieu bien connue pour son action sélective sur les stades larvaires de la majorité des populations simuliidiennes en raison de leur comportement alimentaire de type filtreur (Colbo et Wotton, 1981), Il s'agit d'un facteur de limitation totale, en dehors des limites admises par l'espèce. L'association entre la vitesse de l'eau et les larves de simules a été établie depuis longtemps (Wu, 1931) et son importance comme facteur déterminant de leur répartition n'est plus à démontrer (Crosskey, 1990; McCreadie et Colbo, 1993 ; Adler *et al.*, 2004; Figueiró *et al.*, 2008 ; Pramual et

Kuvangkadilok, 2009). De plus, dans un gîte préimaginal donné, la vitesse optimale du courant est également liée à la quantité de matière organique véhiculée.

Normalement la détermination de la vitesse du courant d'effectue au moyen de deux catégories d'appareils: le moulinet hydrométrique ou le tube de Pilot, mais ne disposant pas de cet appareillage, nous avons estimé la vitesse du courant à l'aide d'un chronomètre en divers point da la section prospectée en mesurant le temps mis par un flotteur pour parcourir un trajet de 10 mètres. La moyenne des valeurs prises en différents endroits d'une même station rend compte de la vitesse moyenne du courant. Celle-ci est représentée en m/s.

5. Substrat

Par sa composition, le substrat façonne une grande partie de l'habitat des macroinvertébrés aquatiques. Il constitue le support vital des espèces et principalement les simuliidae, auquel ils sont intimement associés pendant une partie de leur vie du faite que l'efficacité de leur mode de fixation est directement conditionnée par ce descripteur (Ross et Merritt, 1987; Crosskey, 1990; McCreadie *et al.*, 1995; Kiel *et al.*, 1998 ; Malmqvist *et al.*, 1999; McCreadie *et al.*, 2006).

Cette composante, destinée à donner une image synthétique de la composition du substrat à l'échelle d'une station, est scindée en deux grands types : le substrat minéral et le substrat végétal.

- Substrat minéral

Pour réaliser l'analyse granulométriques, nous avons adopté la classification de McCreadie & Adler (2006) où 6 types de substrats sont distingués selon le diamètre moyen des éléments qui les composent (Annexe 9), à savoir, limon/vasse, sable, gravier, galets, bloc, roches. L'importance relative de chaque catégorie est estimée par observation directe à l'échelle de la station.

- Substrat végétal

Nous nous sommes intéressés à la nature et au pourcentage de la végétation immergée, flottante et du péripython quand ceux-ci existent.

6. Couvert végétal rivulaire

La présence ou l'absence d'ombrage va souvent de pair avec la présence de végétaux de rives qui possèdent une influence sur la composition faunistique des peuplements simuliidiens (McCreadie et Colbo, 1992 ; McCreadie et Adler, 1998 ; McCreadie *et al.*, 2005; Lautenschläger et Kiel , 2005). L'importance relative de cette composante est évaluée en suivant le protocole de McCreadie *et al.* (2006) et ceci par la réalisation d'observations directes à l'échelle de la station, elle est exprimée par trois classes d'abondance : complète, partielle et absente.

7. Température de l'eau

La température est un facteur écologique primordial dans les eaux courantes. Elle varie régulièrement sur le profil longitudinal des cours d'eaux et est en fonction de l'altitude, distance à la source, du régime hydrologique, de l'épaisseur de la ripisylve et de la saison.

Les divers aspects du rôle de cette composante dans la biologie et la distribution des espèces ont été examinés par de nombreux auteurs et il n'est guère de travaux dans ce domaine qui ne mentionnent l'action prépondérante de ce paramètre (Colbo et Porter, 1980 ; Malmovist et Bromark, 1981; Ross et Merritt, 1987; Crosskey, 1990; Pramual et Kuvangkadilok, 2009).

8. Potentiel d'hydrogène

Ce paramètre est déterminant pour la répartition des organismes aquatiques par ses effets induits sur la solubilité de différentes substances, il permet d'avoir une approximation suffisante de l'acidité de l'eau. Parmi tous les facteurs limnologiques connus par leur rôle dans la distribution des larves de simuliidés, le pH se montre, entre autres, comme un paramètre très significatif (Grunewald, 1981; Townsend *et al.*, 1983; Crosskey, 1990).

9. Oxygène dissous

Cet élément est l'un des conditions fondamentales pour la vie, il joue un rôle de facteur limitant dans les milieux aquatiques car il détermine l'ensemble des phénomènes de respiration et de dégradation de la matière organique. Les concentrations d'oxygène dans l'eau dépendent de la température et des activités biologiques et biochimiques témoignant ainsi du niveau trophique du milieu (Ramade, 1984; Neveu *et al.*, 2001).

10. Conductivité, salinité et taux de matières dissoutes

La conductivité de l'eau est un paramètre qui donne une appréciation des sels ionisables et constitue de ce fait une bonne indication du degré de minéralisation des eaux. Une conductivité élevée traduit le plus souvent une salinité élevée, celle-ci pouvant être naturelle ou d'origine anthropique.

L'étude de l'influence de la conductivité sur la distribution de différentes espèces de simuliidés a permis de mettre en évidence la présence de grands degrés de corrélation (Grunewald *et al.*, 1979; Gordon et Cupp, 1980 ; Grunewald, 1981; Gordon, 1984).

Cependant, Selon Crosskey (1990), la composition ionique de l'eau est moins significative comparativement à la concentration totale des solides dissous dans l'eau.

Les analyses des différents paramètres suivant: température de l'eau, pH, conductivité et l'oxygène dissous ont été faites sur place à l'aide d'un appareil multifonction de type WTW multi 1970i ; cependant, le taux de matières dissoutes ainsi que la salinité ont été évalués in situ grâce à un multiparamètre portable de type Hanna Instruments 9835.

Lors des campagnes de prospections sont notés en outre les paramètres suivants: date, localité précise d'échantillonnage, observations d'ordre général (turbidité de l'eau, degré de pollution, etc.).

II.3.2. Récolte de la faune

Dans les conditions naturelles, les larves et les nymphes des simuliides se tiennent exclusivement dans les eaux courantes.

L'étude des stades préimaginaux est le moyen le plus sûr pour connaître la répartition écologique et géographique des simulies. En effet, ces formes larvaires, organismes sédentaires n'effectuant que des déplacements de peu d'importance, sont remarquablement liées à des biotopes bien définis, contrairement aux imagos qui peuvent se déplacer loin de leur lieu d'éclosion.

Ainsi la plus part des prélèvements ont été effectués à faible profondeur, les larves et les nymphes de simulies se tenant presque toujours près de la surface de l'eau. Nous avons toutefois atteint des profondeurs de 67cm.

II.3.3. Périodicité des prélèvements

L'ensemble des récoltes se sont échelonnées sur trois années consécutives (janvier 2011- septembre 2013). Les campagnes d'échantillonnage ont été maintenues le plus possible à des dates fixes tout au long de la période d'étude. Le prélèvement a été réalisé avec une fréquence mensuelle afin de permettre l'établissement d'un suivi régulier et de dresser des états qualitatifs à un instant donné, ce qui, répété dans le temps, nous donne une image assez représentative de l'évolution saisonnière et annuelle des peuplements simuliens en fonction de leurs préférences et exigences écologiques. Au total, 965 visites de prospections ont été réalisées et 498 échantillons ont été prélevés.

II.3.4. Techniques d'échantillonnage

Afin de constituer la banque d'espèces, un prélèvement sur le terrain à chacune des stations prospectées a été effectué. La banque avait pour but de mettre à jour et d'améliorer l'inventaire faunistique des simulies d'Algérie.

Les prélèvements de la faune benthique (larves, nymphes et exuvies nymphales) ont été faits à l'aide d'un moyen d'échantillonnage qualitatif complété par des prélèvements qualitatifs.

II.3.4.1. Prélèvements quantitatifs

Vu les préférences écologiques des stades préimaginaux qui résident presque toujours dans les eaux douces courantes (insectes rhéophiles et oxyphiles), qu'elles soient permanentes ou temporaires et compte tenu des caractéristiques physiques particulières de notre réseaux surtout en été avec une faible profondeur des cours d'eau, une vitesse du courant qui peut être nulle dans certaines stations et une faible variabilité granulométrique du

fond d'une station à une autre, on a choisi le filet Surber qui s'adapte parfaitement à ces conditions. Ce dispositif, de vide de maille de 0,3mm, comporte un cadre métallique de 15×15 cm qui, disposé sur le fond, délimite une surface prospectée.

Au cours de chaque campagne de prospection et pour effectuer le prélèvement, on se place en aval du filet que l'on maintient sur le fond du cours d'eau. Tout support supposé héberger une faune et, situé à l'intérieur du cadre, est placé dans le filet et frotté à la main, de telle sorte que toute sa faune soit détachée et introduite dans le filet sous l'effet du courant.

II.3.4.2. Prélèvements qualitatifs

Pour chaque station prospectée, le temps de capture est de 20 minutes afin de ne pas anéantir le peuplement et de permettre le renouvellement de la faune.

Dans le but d'établir un inventaire faunistique complet et en mesure de permettre une bonne vision des répartitions spatiales et écologiques des espèces, les échantillons quantitatifs ont été doublés de prélèvements qualitatifs. Ceux-ci ont consisté en l'utilisation d'une pince entomologique souple dans des zones qui n'ont, en principe pas été prospectées de façon quantitative (Adler et Kim, 1986; Adler *et al.*, 2004).

Ces prélèvements permettent souvent la capture d'espèces qui ont échappé à l'échantillonnage quantitatif, spécialement les espèces rares et les espèces qui s'établissent dans les anfractuosités des rocs et sur les substrats difficilement accessibles à l'aide de notre filet. De plus, tout comme dans des études similaires (Colbo et McCreadie, 1991, McCreadie et Colbo, 1991, McCreadie *et al.*, 1995, 2004, 2006), on a admis que les espèces collectées manuellement sont les plus représentative d'une occurrence locale.

Les stades préimaginaux sont prélevés en inspectant minutieusement les feuilles flottantes, les brindilles et les pierres immergées exposés au courant leurs servant de supports, les stades immatures sont soigneusement prélevés un par un à la pince entomologique souple (lorsqu'il s'agit de larves ou de nymphes isolés) ou par raclage au scalpel lorsque les individus constituent des revêtements denses.

Il est absolument indispensable de recueillir le plus possible d'individus, afin de trouver, dans le nombre, des larves au dernier stade et des nymphes âgées dont on pourra soit extraire, par dissection, des imagos prêts à naître, soit obtenir des adultes par élevage.

Pour le cas particulier des pupes, elles doivent être délicatement arrachées de leur substrat en leur appliquant à la pince fine une légère pression sur les deux côtés, ce qui permet aux cocons d'être prélevés sans être écrasés.

Malgré nos maintes tentatives de capture d'adultes, au vol ou en essaims, réalisées au voisinage des oueds, nos efforts se sont révélés vains. Par ailleurs, l'obtention d'imagos a été rendue possible par la récolte de quelques rameaux d'arbres ou d'arbustes exposés au courant qui sont ensuite coupés et mis dans des sacs en plastiques assez rigides

fermés de façons à ménager un volume d'aire, soit dans de gros tubes de verre préalablement préparés pour des fins d'élevage.

II.3.5. Conservation des échantillons

Le type de fixateur et la procédure utilisée dépendent du type d'analyse que l'on veut faire.

II.3.5.1. Conservation dans l'alcool

Pour l'identification basée strictement sur la morphologie, le matériel récolté aussi bien par le biais de l'échantillonnage quantitatif que par le prélèvement qualitatif a été immédiatement placés dans des tubes en verre contenant de l'éthanol à 70%. Cependant, pour extraire un maximum d'informations morphologiques (extension des plumeaux céphaliques et des processus rectaux, conservation de certaines pigmentations), Adler *et al.* (2004) recommandent d'utiliser du Carnoy tout comme pour les spécimens destinés aux analyses cytologiques.

II.3.5.2. Conservation dans le fixatif de Carnoy

L'étude des glandes salivaires a nécessité l'emploi de techniques différentes et complexes qui permettent de mettre en évidence des chromosomes polyténiques et leur analyse. Pour ce faire, et de prime d'abord, des échantillons larvaires en provenance de divers sites ont été collectés dans le fixatif Carnoy (1 part d'acide acétique glacial+ 3 parts d'éthanol absolu). Les spécimens arrachés de leur substrat, doivent être d'abord séchés sur du papier essuie-tout afin de supprimer l'excès d'eau avant d'être placés dans un tube de verre contenant le fixatif dont le renouvellement doit se faire d'abord est immédiatement in situ à la fin de la collecte, après une heure et enfin après 12 heures. Cette opération doit être suivie par une conservation au frais et à l'obscurité (Adler et Kim, 1986).

Pour une meilleure analyse cytologique on recommande un millilitre de Carnoy par larve. Même en prenant le meilleur fixateur, la qualité des chromosomes varie beaucoup. La température de l'eau plus chaude durant l'été et une faible qualité de nourriture produisent souvent des caryotypes peu exploitables (Adler *et al.*, 2004; Alvan-Aguilar *et al.*, 2005; Quillévé, 1979).

Les espèces de *Simulium* ont pu ainsi être soit confirmées, soit déterminées par la cytogénétique (lorsque les larves sont encore trop jeunes pour pouvoir être identifiables par les simples caractères morphologiques). Cette technique, nous a également permis de préciser le sexe chez les larves (Adler *et al.*, 2014) suite à leur coloration au Feulgen.

Aucun fixateur ne peut fournir de spécimens qui soient à la fois morphologiquement et cytologiquement adéquats. La meilleure façon à ce jour demeure de couper la larve en 2 morceaux: la tête, le thorax et les quatre premiers segments abdominaux dans l'éthanol 80% ou le Carnoy pour l'étude morphologique, et la portion postérieure dans le Carnoy pour l'analyse chromosomique (Adler *et al.*, 2004).

II.3.6. Elevage des adultes

Pour des fins taxonomiques, nous avons tenté d'obtenir des adultes à partir de nymphe mûres, quoique notre objectif de départ s'articulait fondamentalement sur les stades juvéniles des simulies. La propriété de faire éclore des adultes (ex-nympha) est fort intéressante pour les systématiciens, puisqu'elle permet de rapporter individuellement au laboratoire l'adulte à la nymphe qui lui a donné naissance et celle-ci à la larve au dernier stade (Grenier, 1953; Adler *et al.*, 2004).

Malheureusement et nonobstant l'important effort déployé, nous n'avions pu obtenir que peu de spécimens matures, ce résultat non satisfaisant est probablement dû à l'excès d'humidité à l'intérieur des tubes d'émergence. Ceux-ci devraient fréquemment être inspectés et toute vapeur d'eau visible devrait être essuyée.

Le protocole se résume comme suit :

1. Enlever la pupe du substrat.
2. Débarrasser les nymphes de leur surplus d'eau de telle sorte qu'elles soient juste humides en les plaçant sur un linge sec.
3. Placer les pupes sur un tampon préalablement préparé à partir de coton fortement compressé, emballé au fond d'un tube assez grand pour permettre d'y introduire le doigt (tube de verre avec bouchon, dimension 7,5 × 2,5) et humecté avec l'eau de l'oued (Figure 24c). Les pupes peuvent également demeurer sur leur support végétal.
4. Maintenir les tubes dans un endroit frais et de préférence sombre, dans l'attente de l'émergence de l'imago.
5. Transférer les adultes dans des tubes secs, aussitôt que possible après leur apparition et les garder vivants près de 24 heures pour qu'ils durcissent.
6. Tuer (avec les agents habituels tels que l'éthyle acétate, le chloroforme (Figure 24a) ou par exposition à la chaleur) et épinglez les adultes avec des micro-épingles (Figure 24b).

Les adultes élevés en isolement peuvent être associés à la nymphe et à la larve mature en disséquant son histoblaste respiratoire. La capsule céphalique larvaire, quelque fois retenue dans le cocon, constitue le moyen classique qui permet d'établir la correspondance entre les différents stades de la vie. Cette correspondance est aussi possible en disséquant le genitalia de la pupe âgée.

L'imago éclos et l'exuvie correspondante sont épinglés ensemble et étiquetés (Figure 24b). Les adultes devraient auparavant durcir et être séchés dans un congélateur durant plusieurs jours (Adler et Kim, 1986; Adler *et al.*, 2004) avant d'être épinglés. Les stades matures peuvent être également conservés dans l'alcool, mais il est préférable de les conserver à sec car la préservation dans un fluide rend certains traits difficiles à voir et fait décolorer graduellement les spécimens détruisant ainsi des caractères taxonomiques importants.

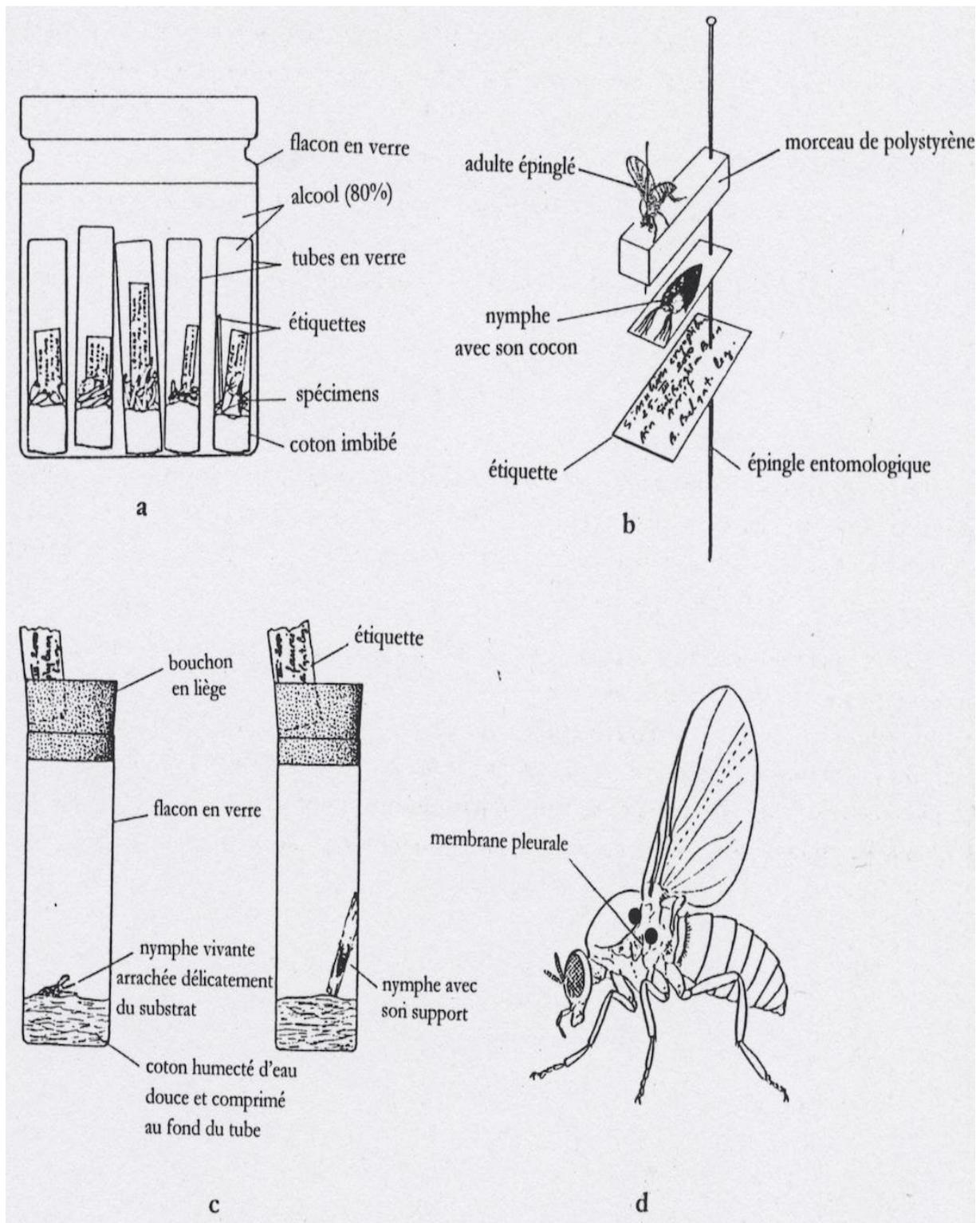


Figure 24. Techniques de conservation et d'élevage des similies: méthode de stockage et de conservation des stades immatures en alcool **(a)**; méthode d'élevage pour l'obtention d'individus adultes associés à leurs enveloppes nymphales **(c)**; méthode recommandée pour la conservation d'adultes épinglés avec exuvies **(b)**; similie adulte montrant (cercles noires) des points alternatifs recommandés pour les micro-épingler **(d)** (Belqat, 2002).

Dans le cas où l'association des exuvies et de leurs adultes n'est pas indispensable, les simulies peuvent être élevées en groupe en plaçant les pupes avec leur substrat naturel humides dans un sac en plastique en aspirant les adultes qui émergent.

II.3.7. Tri et identification de la faune

C'est au cours de mon stage qui a été effectué dans le laboratoire de biodiversité des arthropodes d'intérêt médical à l'université de Clemson, USA (septembre-novembre 2013) que j'ai appris les techniques de préparations et de montages microscopiques ainsi que l'identification de nos spécimens, la totalité des échantillons ont été identifiés là-bas.

Composé de larves, de nymphes et d'exuvies nymphales, le matériel aquatique est trié au laboratoire. Pour les tris préliminaires la faune benthique est examinée soit à l'œil nu, soit à la loupe binoculaire séparant les simulies de toute autre faune benthique, tout en les comptabilisant. Et pour un travail de détermination plus poussé, on a recours à une optique plus puissante avec des grossissements plus forts à la loupe binoculaire.

Pour toute étude taxonomique nécessitant une préparation microscopique, les pièces servant à l'identification des différentes espèces ont été montées entre lames et lamelles et observées au microscope optique.

Pour ces préparations microscopiques, nous avons souvent eu recours à l'usage de quelques produits chimiques soit pour le ramollissement des structures fines pour la séparation des structures chitinisées (acide lactique), soit pour l'étude des structures cuticulaires fines (potasse caustique).

La potasse caustique (KOH) à 10% a été préparée en bonne quantité (100 cc), en dissolvant 10 grammes de potasse en granulés dans l'eau distillée. La potasse en solution, dont la conservation se fait dans un flacon de verre fermé, assure la digestion des tissus musculaires internes tout en conservant les structures sclérifiées, cette solution peut être utilisée à froid (quelques heures) ou à chaud (quelques minutes).

Le passage à la potasse étant la première étape de toute technique d'étude des structures cuticulaires fines, elle nous a surtout servi pour l'obtention du frontoclypeus et l'hypostomium de la capsule céphalique larvaire disséquée, cette dernière a été ultérieurement transférée dans des bains successifs d'eau distillée, d'éthanol à 80% et à 95%.

L'interprétation de l'histoblaste larvaire disséqué, qui est plus pratique lorsque la larve est conservée dans la solution de Carnoy, est facilitée par une goutte d'acide acétique à 50%.

Pour l'obtention des structures chitinisées (différentes pièces des genitalia) dépourvues des structures molles, nous avons utilisé l'acide lactique 85% à chaud pendant environ 5 minutes. Après refroidissement la préparation est rendue plus claire par l'ajout d'une goutte de glycérine.

Les différents individus déterminés (larves et pupes) sont placés séparément dans l'alcool 70% dans des tubes à hémolyses, ces derniers sont munis d'étiquettes intérieures portant les indications requises.

Lorsqu'il s'agit d'imagos conservés dans l'alcool, les genitalia disséqués sont déposés dans des petits tubes contenant de la glycérine et entassés partie postérieure vers le bas, dans des bocaux plus grands. Du coton abondamment imbibé d'éthanol est déposé sur les petits tubes, il sert de support aux spécimens adultes, l'ensemble est isolé hermétiquement.

II.3.8. Photographie des Simulies

Les micrographies ont été réalisées en collaboration avec le Professeur P.H. Adler à l'aide du matériel du laboratoire des arthropodes d'intérêt médical de l'université de Clemson, Caroline du Sud, USA.

La majorité des figures que nous donnons ici sont originales, car nous avons dû reprendre, presque pour toutes les espèces citées, leur étude morphologique, celle-ci n'ayant pas encore été faite ou étant beaucoup trop sommaire pour les espèces algériennes.

Les espèces ont été photographiées grâce à un appareil photographique numérique monté sur une loupe et connecté directement à l'ordinateur de telle sorte que chaque photo prise est directement enregistrée sous forme d'un fichier à l'aide du logiciel « Eos Utility ». Un dispositif similaire placé sur un microscope optique, nous a permis de photographier la plus part des structures nous servant d'illustrations pour les diagnostics. Mais bien évidemment, toutes les structures n'ont pu être traitées, faute de temps.

Un traitement des photographies ainsi obtenues a été réalisé par automontage grâce au logiciel « Helicon Focus ».

Malheureusement, nos clichés manquent de grossissements, ceci est en raison de la perte du document que nous avons réservé à cet effet.

II. 3.9. Cartographie

Elle a été réalisée grâce au logiciel MapInfo Professional 10.5. Les données nécessaires sont les coordonnées géographiques de nos stations d'observation.

Chapitre III

Etude faunistique

III.1. SYSTEMATIQUE DES SIMULIIDAE DU NORD-EST ALGERIEN

La famille des Simuliidae renferme deux sous-familles: les Parasimuliinae et les Simuliinae, cette dernière se subdivise en deux tribus: Simuliini et Prosimuliini (Crosskey et Howard, 1997). Il existe plusieurs genres de Prosimuliini dont quatre en Algérie: *Prosimulium*, *Urosimulium*, *Greniera*, et *Metacnephia*, et un genre de Simuliini (*Simulium*) lui-même divisé en cinq sous-genres (*Eusimulium*, *Nevermania*, *Simulium*, *Trichodagmia*, *Wilhelmia*), tous plus ou moins bien représentés en Algérie (Adler et Crosskey, 2014) et regroupés en nombreux groupes d'espèces.

1. Tribu des Prosimuliini

Nymphe: sur le dernier segment abdominal, deux fortes épines dirigées vers l'avant; cocon à tissage lâche.

Larve: les deux articles basaux de l'antenne sont clairs et contrastent avec l'article terminal qui est sombre; frontoclypeus plus large au 1/3 postérieur, dent médiane de l'hypostomium avec deux dents accessoires nettement plus saillantes que les dents latérales.

2. Tribu des Simuliini

Nymphe: épines typiquement petites sur le dernier segment abdominal, cocon à tissage plus serré.

Larve: antenne de teinte uniformément sombre, cependant, un anneau est plus clair à l'articulation, frontoclypeus plus large à la base, dent médiane de l'hypostome sans dent accessoire et pas plus développée que les dents latérales.

III.1.1. Diagnoses des genres et sous-genres du Nord-Est algérien

III.1.1.1. Genre *Urosimulium*

Imago

Thorax: membrane pleurale nue, sans pilosité.

Pattes: basitarse de la patte postérieure toujours sans calcipala. Deuxième segment tarsal toujours sans pédisulcus (Figure 25 h).

Ailes: cellule basale présente, généralement bien individualisée. Sous-radiale (Rs) bifurquée. Veine costale de l'aile sans macrotriches spiniformes, avec macrotriches sétiformes uniquement. Section basale de la radiale toujours avec macrotriches (Figure 25 i).

Genitalia: style conique (Figure 25 d, e), uni ou bilobé, avec 1-3 épines terminales.

Nymphe

Cocon: absent ou informe, à structure lâche et tissage grossier, ne recouvrant généralement pas la totalité de la puppe (Figure 26 a).

Abdomen: Neuvième sternite abdominal avec une paire d'épines terminales très robustes (Figure 26 d).

Larve

Tête: bord antérieur de l'hypostomium avec dents généralement grandes, réunies en trois groupes principaux; dent médiane trifide (Figure 27 e). Echancrure peu profonde (Figure 27 d) Bord postérieur du frontoclypeus à cotés convergents vers l'avant: sclérites cervicaux des larves âgées fusionnés avec les extrémités des postocciputs, le tout formant une bande sclérifiée. Processus *tp* formé d'un nombre élevé de dents. Premiers articles des antennes généralement larges et transparents.

Abdomen: Processus rectal toujours simple, sans ramification secondaire. Papilles ventrales généralement absentes.

III.1.1.2. Genre *Metacnephia***Imago**

Thorax: membrane pleurale pubescente.

Pattes: calcipala au niveau du basitarse postérieur, pedisulcus absent ou du moins peu distinct.

Ailes: cellule basale présente, souvent bien distincte. Secteur radial non bifurqué. Veine costale avec macrotriches sétiformes et spiniformes (Figure 29 e). Section basale de la radiale toujours munie de macrotriches.

Genitalia: Style pointu, mini distalement d'une simple spinule apicale (Figure 29 a).

Nymphe

Cocon: de forme bien définie.

Abdomen: membrane intersegmentaire située entre les deux derniers sternites abdominaux (VIII et IX), avec de petits crochets caractéristiques, en forme d'ancre.

Appareil respiratoire: arborescent, filaments branchiaux au nombre de 14 ou 28-40 (Figure 30 d).

Larve

Tête: bord antérieur de l'hypostomium étroit, avec de petites dents à peine visibles; dent médiane simple (Figure 31 e). Echancrure ventrale très haute, rejoignant le bord postérieur de l'hypostomium (Figure 31 d).

III.1.1.3. Genre *Simulium***Imago**

Pattes: Pedisilcus et calcipala toujours présents (Figure 34 a, 52 c).

Ailes: cellule basale absente, secteur radial simple, veine costale avec macrotriches sétiformes et spiniformes (Figure 34 c), section basale de la radiale avec ou sans macrotriches.

Nymphe

Cocon: De formes bien définies, très variables (en poche simple ou en chaussure) suivant les espèces, tissage fin ou grossier selon les espèces (Figures 35a, 39 a, 41 c, 43 c, 48 a, 53 a et b).

Abdomen: Absence de crochets en forme d'ancre entre les sternites abdominaux VIII et IX.

Appareil respiratoire: filaments respiratoires peu nombreux (deux, quatre, six ou huit de chaque côté) (Figures 35 c, 39 b, 41 d, 43 c et d, 48 d, 53 c).

Larve

Tête: ornementation frontoclypéale positive, parfois aussi négative (Figures 54b, 44b, 39 c, 36 a). Bord antérieure de l'hypostomium large avec des dents saillantes et bien visibles; dent médiane simple. Echancre ventrale plus ou moins profonde. Sclérites cervicaux des larves âgées discrets et isolés des postocciputs. Article distal de l'antenne normalement pas plus pigmenté que les premiers.

Abdomen: processus rectal simple (trilobé) ou composé (lobes subdivisés en petites digitations secondaires plus ou moins nombreuses suivant les espèces).

III.1.1.3.1. Sous-genre *Simulium* (*Eusimulium*)**Imago**

Thorax: membrane pleurale nue.

Pattes: basitarse postérieur élargi, parfois aussi large que la largeur maximum du tibia.

Ailes: section basale de la veine radiale avec macrotriches.

Genitalia mâle: style beaucoup plus court que le coxite (Figure 38 b), plaque ventrale en vue frontale avec bras longs et plus ou moins larges; corps sub-triangulaire de taille variable suivant les espèces (Figures 38 a).

Genitalia femelle: gonapophyses bilobées, pointues distalement (Figures 34 d, 38 c).

Nymphe

Cocon: de profil triangulaire et à texture compacte, présence d'une ceinture de renforcement au bord antérieur, sans protubérance médiane (Figures 35a, 39 a).

Appareil respiratoire: quatre filaments tabulaires, filaments supérieur formant un angle plus ou moins prononcé avant de se rabattre sur le support (Figures 35 c, 39 b).

Larve

Tête: bord antérieur de l'hypostomium avec dents médianes et latérales plus distinctes que les intermédiaires (Figures 36 c). Echancre ventrale peu profonde et plus ou moins carrée (Figures 36 d, 39 d).

Abdomen: papilles anales coniques et pointues, situées à l'extrémité de l'abdomen.

III.1.1.3.2. Sous-genre *Simulium* (*Nevermania*)**Imago**

Thorax: membrane pleurale nue.

Pattes: Basitarse postérieur élargi, pouvant atteindre la largeur maximale du tibia.

Ailes: section basale de la radiale avec macrotriches.

Genitalia mâle: style de même longueur ou un peu plus court que le coxite (Figures 43 a). Plaque ventrale laminaire, quadrangulaire en vue frontale avec bord dorsal du corps soudé aux bras sur toute leur longueur (Figures 41 a, 43 b).

Genitalia femelle: gonapophyses avec deux lobes arrondis postérieurement.

Nymphe

Cocon: Vu de profil, en forme de triangle, trame serrée ou lâche. En général, présence d'un processus median plus ou moins développé au bord antérieur (Figures 41c, 43 c).

Appareil respiratoire: Filament dorsal non coudé, mais arqué.

Larve

Tête: Dents intermédiaires du bord antérieur de l'hypostomium moins distinctes des dents médiane et latérales (Figures 44 e).

Abdomen: papilles anales pointues et coniques, à l'extrémité de l'abdomen (Figures 41 h, 44 g).

III.1.1.3.3. Sous-genre *Simulium* (*Simulium*)**Imago**

Thorax: mesonotum de la femelle parfois semi-brillant sans ornementation, mais souvent avec dessin à contour bien défini, parfois sous forme de striations grasses, grises ou noires.

Pattes: basitarse antérieur très dilaté et aplati. Griffes tarsales de la femelle simples ou munies d'une petite dent basale.

Ailes: section basale de la veine radiale nue.

Genitalia mâle: style à peu près 1,5 fois plus long que le coxite, style avec une spinule apicale et, souvent, avec projection basale interne. Plaque ventrale anguleuse, corps de la plaque relativement petit, souvent denté et avec un processus nasal pubescent (Figure 47 c), bras divergents sur corps sub-triangulaire.

Genitalia femelle: gonapophyses simples tronquées ou avec lobes arrondis (Figure 47 b).

Spermathèque avec ou sans dessin polygonal net.

Nymphe

Cocon: de formes variées, poche simple à ouverture semi-circulaire (Figure 48 a) ou en forme de chaussure, pourvue d'un talon haut ou bas, souvent avec fenêtres antérieures ou latérales.

Appareil respiratoire: six à huit filaments tubulaires, minces et étirés (rarement dilatés à leur base).

Larve

Tête: bord antérieur de l'hypostomium flexueux, avec 9 dents pointues; dents médiane et latérales pas très proéminentes; les latérales étant plus ou moins divergentes par rapport à la médiane (Figure 49 d). Echancre plûtôt profonde, plus longue que le pont post-génal, de formes variées (Figure 49c).

Abdomen: papilles ventrales absentes (Figure 49 e) ou rudimentaires.

III.1.1.3.4. Sous-genre *Simulium* (*Wilhelmia*)**Imago**

Thorax: membrane pleurale munie de nombreuses soies (Figure 52 a).

Pattes: pedisulcus bien marqué, calcipala présent. Griffes de la femelle simples et de grande taille (Figure 52 c).

Ailes: secteur radial simple, pileux sur toute sa longueur.

Nymphe

Cocon: profil en forme de chaussure à tige haute et à ouverture circulaire (Figure 53 b).

Appareil respiratoire: tronc filaments branchiaux très dilatés, le premier et le dernier sont fusionnés et continus, formant une collerette autour de la tête; les six, quatre ou deux autres sont grêles, disposés en deux groupes de trois, deux ou un filament insérés de part et d'autre du tronc principal; les filaments minces peuvent présenter une constriction basale, au niveau de laquelle la paroi du tube est annelée.

Larve

Tête: bord antérieur de l'hypostomium avec dents médiane, latérales et intermédiaires sur une même ligne (Figure 54 d). Echancrure ventrale plutôt haute et large (Figure 54 c).

Thorax: histoblaste des branchies nymphales caractéristique (Figure 53 c).

Abdomen: papilles anales absentes ou à peine visibles (Figure 54 e).

III.2. CHECK-LIST DES SIMULIIDAE DU NORD-EST ALGERIEN

L'étude de la faune des Simulies des cours d'eau du bassin versant de la Seybouse a été entreprise en vue de palier au manque d'informations sur cette famille. Nous proposons de contribuer à l'actualisation de la liste des espèces de Simulies d'Algérie suite à la découverte de trois nouvelles espèces pour le Nord du pays *Urosimulium faurei*, *Simulium (Eusimulium) mellah* et *Simulium (Nevermania) lundstromi* (Cherairia *et al.*, 2014).

Ainsi sur les 29 espèces de Simuliidae connues actuellement d'Algérie (Adler et Crosskey, 2014), huit taxons et une morphoforme repartis entre six espèces et deux complexes d'espèces ont été récoltés au niveau du réseau hydrographique de la Seybouse (Cherairia *et al.*, 2014).

Nous donnons ci-après, dans l'ordre de la classification d'Adler et Crosskey (2014), la liste des simulies répertoriées.

En ce qui concerne la synonymie, parfois embrouillée, nous nous sommes reportés à ce même récent et minutieux travail, mais en nous limitant aux données indisponibles pour la faune seyboussienne.

Genre *Urosimulium* Contini, 1963

U. faurei (Bernard, Grenier et Bailly-Choumara, 1972)

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988: 276-278-279): répertoriée en tant que « *Prosimulium faurei* », première citation pour l'Algérie.

Clergue-Gazeau *et al.* (1991:54): citée.

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012:306): citée.

Cherairia *et al.* (2014: 169, 170): répertoriée.

Genre *Metacnephia* Crosskey, 1969***M. blanci*** (Grenier et Theodorides, 1953)

Crosskey et Howard (1997): citée.

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012:306): citée.

Cherairia *et al.* (2014: 169,170): répertoriée.

Genre *Simulium* Latreille, 1802**Sous-genre *Eusimulium*** Roubaud, 1906

Edwards (1923: 650): répertorié, citation de « *aureum* » se rapportant à ce sous-genre; appellation incertaine, ne s'agissant pas de « *aureum* » *sensu stricto*.

Parrot (1949: 273,274): cité, même commentaire que pour Edwards (1923), notes biologiques.

Grenier (1953: 158): cité, même commentaire que pour Edwards (1923).

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988: 276): groupe « *aureum* », répertorié.

Lounaci *et al.* (2000 b: 133): groupe « *aureum* », répertorié.

S. velutinum (Santos Abreu, 1922) (complexe)

= ***S. latinum*** (Rubtsov, 1962)

Rivosecchi (1963) in Crosskey (1988: 333): citée.

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988: 276-278): répertoriée.

Lounaci *et al.* (2000 a: 54, b: 133): répertoriée.

Clergue-Gazeau *et al.* (1991:54): citée.

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012: 306): répertoriée.

Adler *et al.* (2014): répertoriée

Cherairia *et al.* (2014: 169,170): répertoriée.

S. mellah Giudicelli et Bouzidi, 2000

Giudicelli *et al.* (2000: 63): répertoriée.

Adler *et al.* (2014): répertoriée

Cherairia *et al.* (2014: 169, 170,171): répertoriée.

Sous-genre *Nevermania* Enderlein, 1921**Groupe *S. (N.) ruficornis******S. lundstromi*** (Enderlein, 1921)

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988: 276, 278, 280): répertoriée en tant que « *latigonium* », nouvelle citation pour l'Afrique du Nord.

Clergue-Gazeau *et al.* (1991: 54): citée.

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012: 306): citée.

Cherairia *et al.* (2014: 169, 170,171): répertoriée.

S. ruficorne Macquart, 1838

Roubaud (1906: 519): *beckeri*, description originelle, femelle et mâle uniquement (sans figures).

Edwards (1923: 650): *beckeri*, description originelle, larve et nymphe (figure pour cette dernière).

Parrot (1949: 273, 274): *beckeri*, citée, notes biologiques.

Grenier (1953: 158): citée, répétition de la description originelle des adultes.

Grenier et Clastrier (1960: 329): répertoriée.

Clastrier et Grenier (1961: 106): répertoriée.

Belazzoug et Tabet-Derraz (1980: 107): répertoriée.

Crosskey (1988: 328) citée.

Clergue-Gazeau *et al.* (1991:54): citée.

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012: 306): répertoriée.

Cherairia *et al.* (2014: 169, 170, 171): répertoriée.

Sous-genre *Simulium* Latreille, 1802**Groupe *S. (S.) ornatum***

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988: 276): répertorié.

Lounaci *et al.* (2000 b: 133): répertorié.

S. ornatum Meigen, 1818 (complexe)

[*subornatum*: Séguy, 1930, not Edwards]

Edwards (1923: 649): *ornatum*, répertoriée.

Parrot (1949: 273,274): *ornatum*, citée, notes biologiques.

Grenier (1953: 159): *ornatum*, citée.

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988: 276-282): répertoriée.

Lounaci *et al.* (2000 b: 133): *ornatum*, répertoriée.

Clergue-Gazeau *et al.* (1991: 54) : citée.

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012: 306): répertoriée.

Cherairia *et al.* (2014: 169, 170, 171): répertoriée.

Sous-genre *Wilhelmia* Enderlein, 1921**Groupe *S. (W.) equinum******S. pseudequinum*** Séguy, 1921

Edwards (1923: 651, 653): *equinum* var. *mediterraneum*, répertoriée, figures.

Parrot (1949: 273, 274): *equinum* var. *mediterraneum*, citée, notes biologiques.

Grenier (1953: 145, 158): *equinum* var. *mediterraneum*, citée, figures.

Crosskey (1988: 346): citée.

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988: 276, 278): répertoriée.

Lounaci *et al.* (2000a: 54, b: 133): répertoriée.

Clergue-Gazeau *et al.* (1991: 54) : citée.

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012: 306): répertoriée.

Cherairia *et al.* (2014: 169, 170, 172): répertoriée.

III.3. ETUDE FAUNISTIQUE

Pour chaque espèce nous donnons un inventaire faunistique commenté, avec la présentation de huit types d'informations:

- Une revue bibliographique des citations de l'espèce en Afrique du Nord avant l'élaboration du présent travail.

- La répartition géographique algérienne actuelle de l'espèce sous la condition qu'elle soit assortie d'une localisation précise. Toutes les localités des mentions bibliographiques sont affectées de codes relatifs à chaque article et sont réunies dans les tableaux placés en annexe 6. Pour certaines citations, ne sont mentionnées que les grandes régions ou l'espèce est connue.

- La synonymie de l'espèce.

- Nous avons également tenu à faire figurer dans ce chapitre la diagnose détaillée des espèces dont la présence est certaine dans le réseau hydrographique de la Seybouse, leurs illustrations concernent pour la grande majorité des cas nos propres échantillons. Etant donné que ce présent travail s'intéresse particulièrement aux larves et nymphes de simuliés, et ne disposant pas (pour la plus part des espèces) d'adultes pour l'étude des genitalia, nous nous sommes reportés pour leur description aux travaux de Rivosecchi (1978a), Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986), Clergue-Gazeau (1991), Belqat et Dakki (2004) et Rivosecchi *et al.* (2007). L'illustration s'est également inspirée des publications de (Grenier, 1953), Crosskey (1967), Bernard *et al.*, (1968) et Giudicelli *et al.* (2000) avec des apports personnels.

- Des remarques d'ordre taxonomique.

- Des résultats caryologiques (si disponibles).

- Une synthèse de la distribution générale de l'espèce dans toute son aire géographique avec le détail de sa répartition en Algérie.

- L'habitat du taxon à l'intérieur et à l'extérieur de notre aire d'étude, à chaque fois sont comparées ses préférences écologiques avec celles du reste de son aire de distribution.

III. 3. 1. Genre *Urosimulium* Contini, 1963

Le genre *Urosimulium* n'est représenté en Algérie que par une seule espèce: *U. faurei*.

III. 3. 1. 1. *Urosimulium faurei* (Bernard, Grenier et Bailly-Choumara, 1972)**Citation en Afrique du Nord****Algérie:**

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) [SM, S0].

Clergue-Gazeau *et al.* (1991) [Ouest algérien].

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012) [Monts de Tlemcen].

Maroc:

Grenier *et al.* (1957); Beaucournu-Saguez et Bailly-Choumara (1981); Clergue-Gazeau *et al.* (1991); Belqat *et al.* (2001); Belqat et Adler (2001); Belqat (2002); Belqat *et Dakki* (2004); Belqat *et al.* (2005); Belqat *et al.* (2011).

Diagnose**Imago****Mâle**

Tête: Yeux holoptiques, clypeus de couleur gris cendré. Face gris foncé. Antenne à onze articles, dont les deux articles basaux sont de couleur brun foncé, les autres de couleur gris cendré. Pièces buccales de couleur brun pâle. Palpes gris foncés, à crypte sensorielle peu développée (Figure 25 a).

Thorax: mesonotum d'un noir profond avec une longue pilosité jaune d'or pâle sur les parties scapulaires et latéralement. Scutellum grisâtre à longue pilosité jaune d'or pâle très fournie. Postnotum gris foncé. Pleures grises à reflet brun. La touffe de soies pleurales est absente.

Pattes: Couleur générale d'un brun assez soutenu, plus foncée que chez la femelle. Pedisulcus et calcipala absents.

Aile: La nervure (C) portant des macrotriches en forme de soies, pas de spiniformes. Les nervures (Sc) et (R1) avec des soies. Le secteur de la radiale (Rs) bifurqué à son extrémité. Partie basale du radius portant des soies.

Abdomen: noir profond à pilosité jaune d'or assez pâle.

Genitalia: Très caractéristique, en vue ventrale, la plaque ventrale est subtriangulaire (Figure 25 b, c), le corps de cette dernière est formé de deux bras robustes, élancés, disposés en V; deux portions distinctes, une supérieure trapézoïdale et une inférieure rectangulaire recouverte d'une dense pilosité. Le style est, bilobé, dont un seul est muni d'une épine terminale (Figure 25 d, e). Coxite très grand et cerques très développés (Figure 25 f).

Femelle

Tête: Yeux dichoptiques, frontoclypeus gris à pilosité jaune d'or pâle. Antenne avec les deux premiers articles roussâtres ; les autres sont de couleur gris cendré. Palpes et pièces buccales de couleur brune, plus foncée pour les palpes, mandibule denticulée.

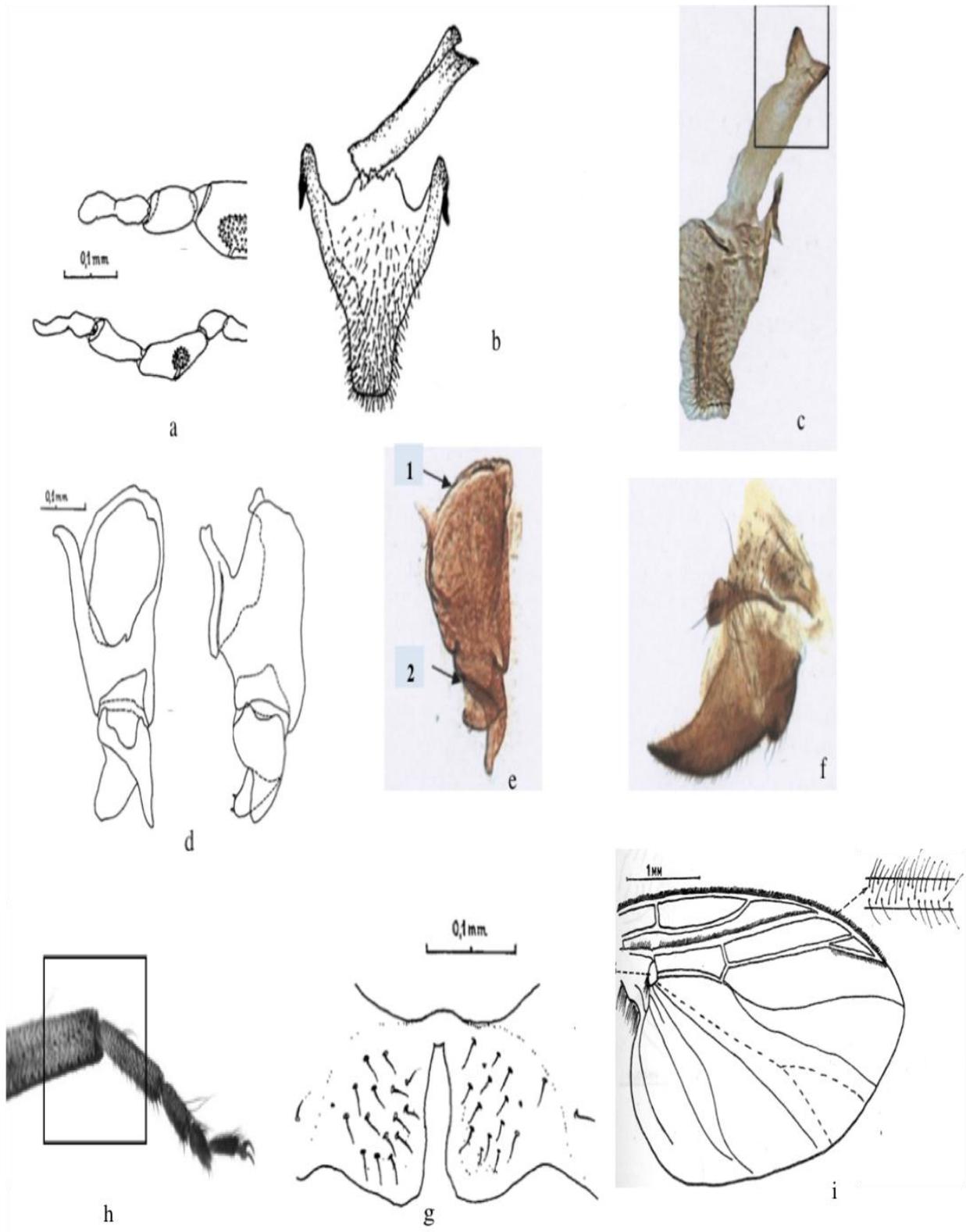


Figure 25. *Urosimulium faurei*: Palpes buccales (a); génitalia mâle: plaque ventrale et processus médian en vue ventrale (b, c), gonocoxite (d, e: 1: coxite, 2: style), cerque (f), génitalia femelle (g); patte postérieure femelle (h), aile femelle (i). (a), (b), (d), (g) et (i): Bernard *et al.* (1968); (c), (e), (f), et (h): Belqat (2002).

Thorax: mesonotum à pruinosité gris foncé ; pilosité jaune pâle assez fournie et courte. Deux bandes plus pâles à peine visibles antérieurement. Scutellum de même couleur à pilosité longue et très fournie. Postnotum d'un gris plus soutenu. Pleures gris foncé à reflet brun. Pas de touffe de soies pleurales.

Pattes: couleur générale brun pâle. Plus pâle que chez le mâle.

Ailes: La nervure (C) avec macrotriches en forme de soies (Figure 25 i) de couleur noir et quelques-unes jaunâtres ; pas de spiniformes. Les nervures (Sc) et (R1) à pilosité noire et jaune. Partie basale du radius portant des soies. Le secteur de la radiale (Rs) bifurqué.

Abdomen: Couleur gris foncé à pilosité gris jaune pâle.

Genitalia: Gonapophyses petites, arrondies, avec marges internes convexes (Figure 25 g). Manambrium de la furca 2 fois plus long que chaque branche latérale. Spermathèque grande, de forme plus ou moins arrondie. Cerques caractéristiques des femelles du groupe *aculeatum*: très grandes, puissantes et pointues; elles leur permettent de creuser le substrat et de placer leurs oeufs.

Nymphe

Cocon: Sans forme définie à trame irrégulière et grossière ne couvrant pas la totalité de la puppe (Figure 26 a).

Appareil respiratoire: Caractéristique, forme de chaque côté de 12 filaments grêles portés par trois troncs communs de longueur variable (Figure 26 c).

Cephalo-thorax: Tégument cephalo-thoracique avec trichomes simples.

Abdomen: Le neuvième segment de l'abdomen muni d'un fort crochet dorsal (Figure 26 d).

Larve

Couleur générale du corps gris jaunâtre, capsule céphalique brun jaune pâle (Figure 27 a).

Tête: Frontoclypeus à ornementation positive sous forme d'empreintes polygonales: tâches antéro et postéro-médianes distinctes, taches antéro-latérales mal individualisées, plages postérieures sous forme de taches polygonales séparées en deux masses allongées (Figure 27 b). Echancre céphalique ventrale rectangulaire mais peu profonde (Figure 27 c, d). Hypostomium avec dents centrale trifide typique, sa dent la plus médiane dépassent cependant peu la ligne joignant les plus hautes des 4 dents internes; dents latérales proéminentes (Figure 27 e). Prémandibule: 34 et 42 sous forme de baguettes falciformes. Mandibules: processus *tp* formé de nombreuses denticulations: 15 à 17 dents, dont la première est plus saillante et plus développée que le reste. Antenne longue, formée de trois articles dont le troisième est sensiblement plus foncé que les autres.

Abdomen: Papilles rectales simples, formées de 3 lobes (Figure 27 f).



Figure 26: *Urosimulium faurei*: nymphes (a), exuvie nymphale (b), branchies nymphales (c), crochet dorsal (d).



Figure 27: Larve d'*Urosimulium faurei*: céphalothorax (a), tête face dorsale montrant le frontoclypeus (b), capsule céphalique vue ventralement (c), échancrure ventrale (d), hypostomium (e), papilles rectales (f) (Bernard *et al.*, 1972).

Distribution:

U. faurei est une espèce restreinte au Sud-Ouest de l'Europe et à l'Afrique du Nord, elle a été décrite pour la première fois du Maroc (Bernard *et al.*, 1972) et n'est mentionnée plus tard qu'en Algérie (Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988) et au Sud de l'Espagne (Crosskey et Crosskey, 2000).

Dans notre pays, elle n'était connue auparavant que de deux localités situées dans le Nord Ouest algériennes dans la moyenne Tafna et le bassin de l'Isser (Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988).

Nos captures dans le réseau hydrographique de la Seybouse, bien que ponctuelles, ont constitué, récemment (Cherairia *et al.*, 2014) les premières mentions de l'espèce dans cette contrée du pays. Une localité de capture se trouvant dans la commune de Sedrata, wilaya de Souk Ahras à une altitude de 852 m atteste donc la présence de ce taxon dans le Nord Est algérien (Figure 28).

Habitat:

Dans le bassin versant de la Seybouse, la localité type est Oued Anil. Les larves et nymphes que nous rapportons à cette forme ont été capturées dans une petite rivière montagnarde à fond pierreux et à végétation peu abondante. L'espèce affectionne les courants lents atteignant à peine 0,3 m/s dans son biotope caractéristique, petits cours d'eau temporaire où les stades pré-imaginaux ont été recueillis sous de grosses pierres à une profondeur moyenne de 18,8 cm. Les valeurs de la largeur enregistrées dans ce gîte oscillent entre 1.6 m et 3m.

Nos captures confirment par ailleurs celles de Gagneur et Clergue-Gazeau (1988), qui l'ont trouvé dans une source (O. Saf Saf (Terni), 1145 m) du bassin de l'Isser et dans un émissaire de source (O. Oua Am, Sidi Medjahed, 375 m) situé dans la moyenne Tafna. La largeur du lit notée par ces auteurs, se rapproche des nôtres (< 1 m) et la vitesse du courant y est également qualifiée de très lente.

Dans le pays voisin, Le Maroc, Bernard *et al.* (1972) ont recueilli l'espèce dans le Moyen Atlas dans les mêmes conditions, à une altitude variant entre 700 et 800 mètres mais, en plus grande abondance toutefois sur des radicules et des détritiques de plantes sur les bords de ruisseaux. De même Belqat et Adler (2001) notent la présence de l'espèce dans le Rif dans des biotopes similaires à la notre.

D'après Crosskey et Crosskey (2000), l'espèce serait confinée en Espagne, à Sierra Morena, dans des ruisseaux au fond rocheux qui coulent temporairement et qui s'assècheraient apparemment entre le mois de mars et avril. Ces faits ne font que confirmer l'hypothèse selon laquelle *Urosimulium faurei* serait une espèce très rare qui ne vit que dans les cours d'eau temporaires. En effet, son habitat est tellement éphémère que nous n'avons pu que très peu retomber sur l'espèce malgré les maintes fois que nous sommes retournés sur les lieux de sa récolte.



Figure 28: Distribution d'*Urosimulium faurei* dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

III. 3. 2. Genre *Metacnephia* Crosskey, 1969**III. 3. 2. 1. *Metacnephia blanci* (Grenier et Theodorides, 1953)**

L'espèce *M. blanci* est le seul représentant du genre *Metacnephia* en Algérie.

Citations bibliographiques en Afrique du Nord**Algérie:**

Crosskey et Howard (1997) [citation sans aucun commentaire].

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012) [recitation de Crosskey et Howard (1997)].

Tunisie:

Clergue-Gazeau et Boumaiza (1986); Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986); Clergue-Gazeau *et al.* (1991).

Maroc:

Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez (1978); Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez (1981); Benhoussa *et al.* (1988); Clergue-Gazeau *et al.* (1991); Giudicelli *et al.* (2000). Belqat *et al.* (2001a), Belqat (2002); Belqat *et Dakki* (2004); Belqat *et al.* (2005); Belqat *et al.* (2008); Belqat *et al.* (2011).

Diagnose**Imago****Mâle**

Pattes: Bsitarse III très élargi, calcipala présent mais rudimentaire, pedisulcus absent.

Aile: Le (Rs) non bifurqué muni de soies sur toute sa longueur. La costale (C) portant des soies et des macrotriches spiniformes. La (Sc) est sétigère. Radius (R1) frangé de poils sur toute sa longueur, mêlés à des spiniformes sur la moitié distale.

Genitalia: Style en forme de cylindre conique à l'apex, muni d'une épine terminale (Figure 29 a). Plaque ventrale en large bouclier avec l'apex formant un processus ventral allongé garni de longs poils. Sclérite médian allongé, bifurqué distalement (Figure 29 b).

Femelle

Pattes: Bsitarse III peu élargi.

Genitalia: Gonopophyse de forme arrondie (Figure 29 c). Manambrium de la furca près de deux fois plus long que les bras latéraux (Figure 29 c).

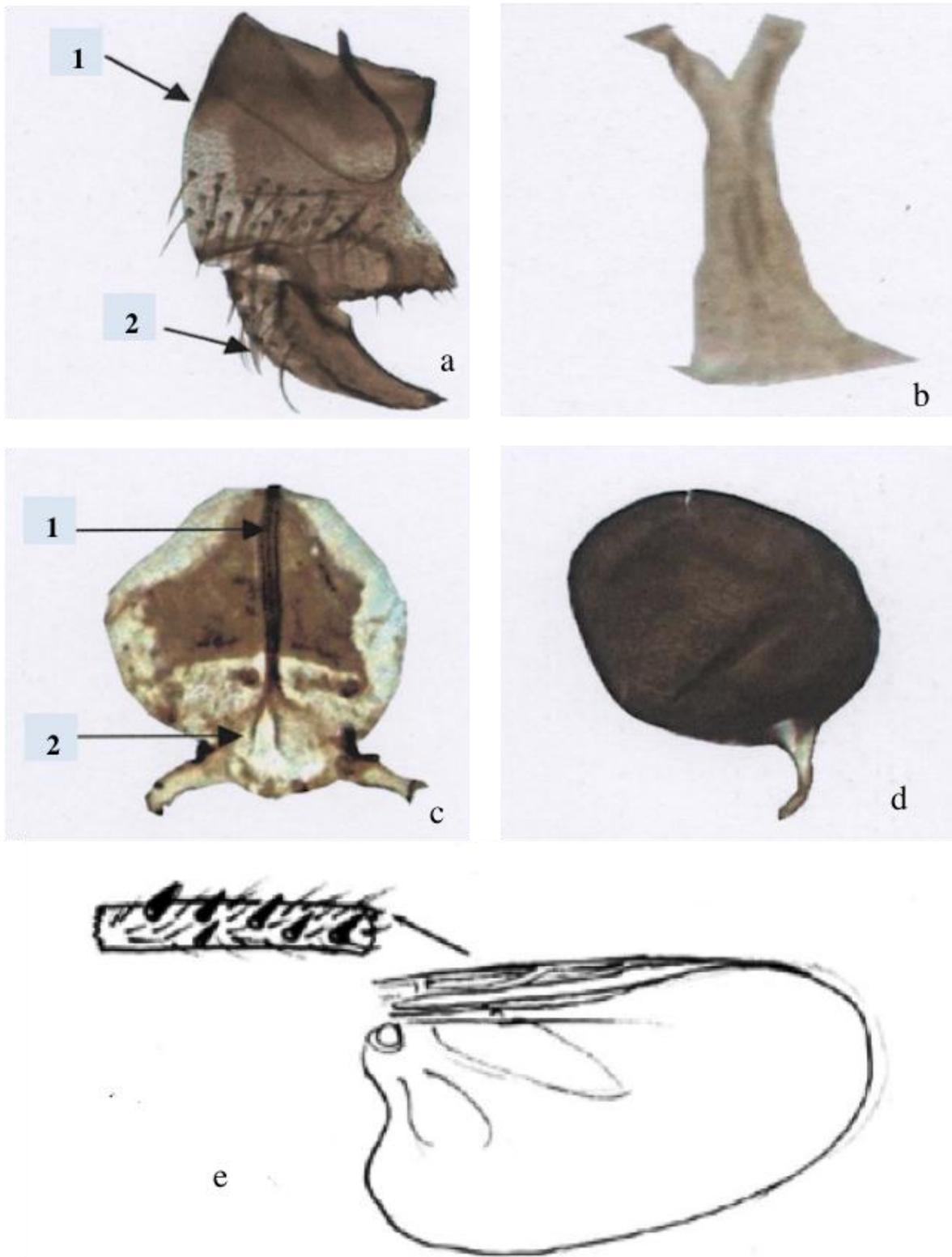


Figure 29: *Metacnephia blanci*: pièces génitales mâles (a, b): (a): 1: coxite et 2: style, (b): sclérite médian; pièces génitales femelles (c-d): c: 1: furca et 2: gonopophyses, (d): spermathèque (Belqat, 2002); aile femelle (e) (Rivosecchi *et al.*, 2007).

Nymphe

Cocon: Très grand, recouvrant complètement la nymphe et presque entièrement les filaments respiratoires. La forme est celle d'une chaussure avec une ouverture circulaire et un talon très haut, tissage peu serré, aspect translucide (Figure 30 a, b et c).

Appareil respiratoire: De chaque côté, il y a 34 à 36 filaments grêles, chitineux, disposés sur quatre troncs eux-mêmes insérés sur une base commune; ils donnent l'apparence d'un bouquet serré et d'arrangement compliqué (Figure 30 d).

Tégument thoracique et céphalique: Tubercules discoïdes bien marqués, trichomes simples.

Abdomen: Sur le segment IX il existe une paire d'épines terminales bien développées. Présence sur chacun des segments VIII et IX, d'un groupe latéral de quatre soies volumineuses en forme d'ancre, portant des épines accessoires sur chaque branche.

Larve

Couleur générale claire à brun clair (Figure 31 a).

Tête: De couleur claire avec ornementation frontoclypéale très peu marquée (Figure 31 b). Echancre ventrale très profonde a bords presque droits et légèrement convergents, atteignant la base de l'hypostomium (Figure 31 c, d). Bord antérieur de l'hypostomium avec des dents minuscules, la médiane étant un peu plus développée que les autres (Figure 31 e). Mandibules avec processus *tp* très développé, constitué de deux à trois dents larges. Antennes a trois articles dépassant la hampe prémandibulaire de la longueur du dernier article: les deux segments basaux sont clairs et translucides alors que le troisième est foncé (Figure 31 f).

Abdomen: Processus rectal avec trois digitations simples (Figure 31 g).

Distribution

M. blanci est cantonnée dans la partie occidentale du bassin méditerranéen. De distribution Ouest-méditerranéenne, cette espèce a été décrite pour la première fois au Maroc sur des exemplaires provenant du Haut Atlas (Grenier & Theodorides 1953); ultérieurement, elle a été récoltée dans le Rif (Bailly-Choumara & Beaucournu-Saguez, 1978, 1981; Belqat, 2001, 2002, 2008) et dans divers cours d'eau du Haut Atlas (Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez, 1978, 1981). L'espèce a été également capturée au Nord de la Tunisie (Boumaiza et Clergue-Gazeau 1986).

Hors du Maghreb elle a été reportée dans quelques pays d'Europe méridionale. Mais si au Portugal, elle n'a été récoltée qu'au district de Leiria (Santos Grácio, 1985), elle s'est avérée bien répandue en Espagne (Beaucournu-Saguez, 1975; Crosskey et Crosskey, 2000) sans pour y être commune, sa limite septentrionale se situe en France méridionale (Dorier, 1963), Sicile, Espagne et Balkans (Rivosecchi, 1978).

En Algérie, *M. blanci* est encore mal connue, ne faisant l'objet que de deux mentions jusqu'à présent (Crosskey et Howard, 1997; Cherairia *et al.*, 2014). Les premiers auteurs citent l'espèce sans pour autant fournir de précisions sur le lieu de capture ou l'écologie. La deuxième concerne notre aire d'étude, où sept stations rendent compte de la présence du taxon en Algérie.



Figure 30: Nymph of *Metacnephia blanci*: aspect général (a, b), nymph devoid of its cocoon (c), respiratory filaments (d).

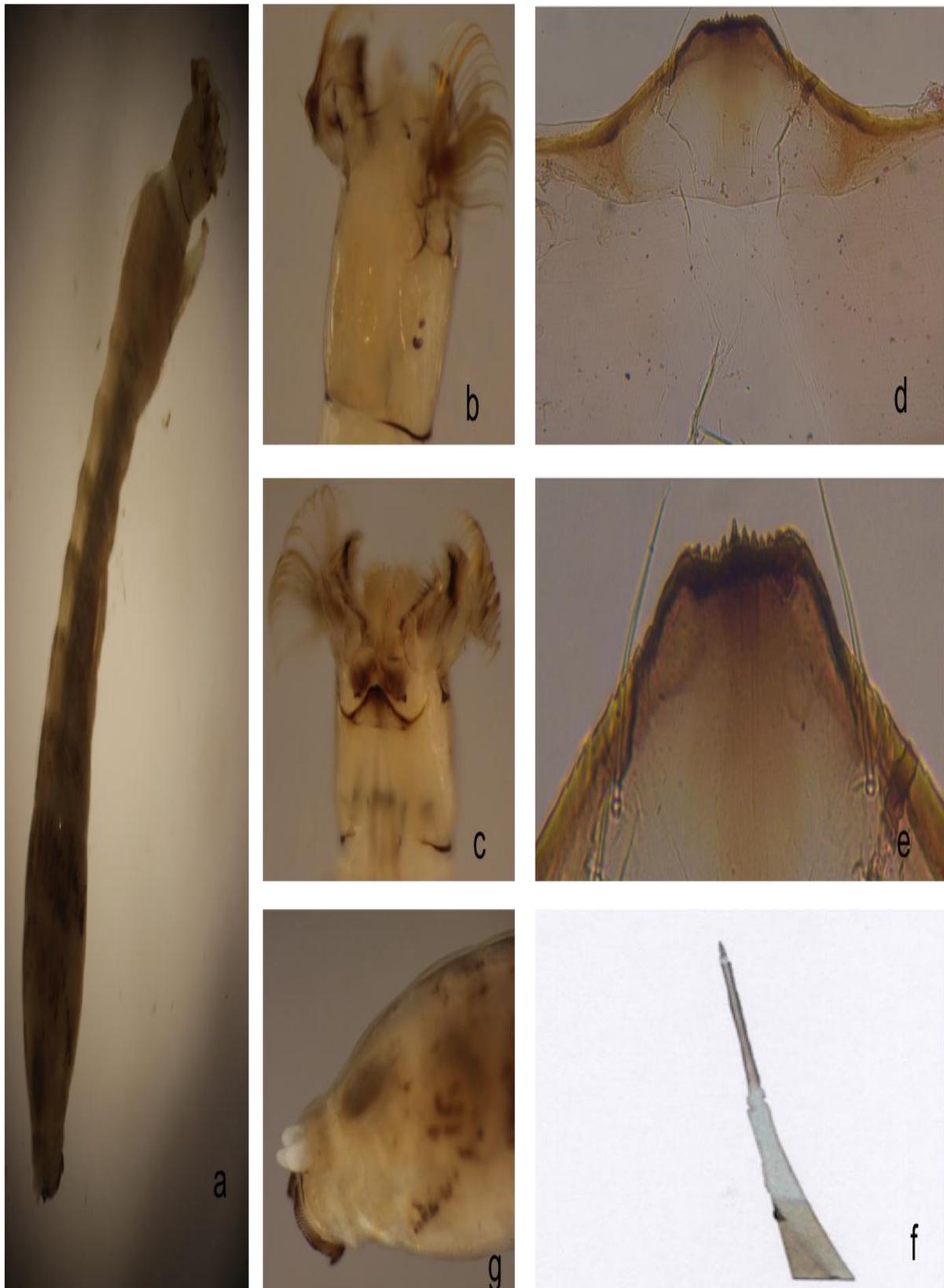


Figure 31: Larve de *Metacnephia blanci*: aspect général (a), tête face dorsale montrant le frontoclypéus (b), capsule céphalique face ventrale (c), échancrure ventrale (d), hypostomium (e), antenne (f) (Belqat, 2002), papille rectales (g).

Habitat

M. blanci fréquente les régions les plus chaudes du bassin de la Méditerranée occidentale (Giudicelli *et al.*, 2000). En Afrique du Nord ce taxon constitue un hôte habituel et régulier des réseaux hydrographiques du Nord du continent où elle se répartie aisément dans les cours moyens et les grandes rivières.

Dans le réseau hydrographique de la Seybouse, les écarts observés dans sa distribution verticale sont importants (139-616 m) et à peu près du même ordre que ceux que l'on observe dans le Nord de la Tunisie, quoique dans notre aire d'étude, l'espèce remonte assez haut. Par ailleurs, au Maroc, l'espèce atteint dans le Haut Atlas, 1850 m d'altitude et réalise son optimum écologique dans les cours moyens les grandes rivières entre 800 et 1500 m.

Les renseignements écologiques recueillis dans les cours d'eau de la Seybouse concernant cette espèce paraissent concorder avec ceux de Giudicelli *et al.* (2000) qui rapportent que *M. blanci* est parfaitement adaptée aux conditions hydrologiques des cours d'eau méditerranéens, avec pour habitat des rivières de moyenne altitude.

Dans notre zone d'étude, l'espèce affectionne un large éventail de milieux aquatiques (Figure 32) puisqu'elle a été trouvée aussi bien dans les petits ruisselets (1 m) que dans les grandes rivières (21 m). La présence de l'espèce dans ces différents types de milieux aquatiques a été toujours associée à l'existence d'un substrat essentiellement pierreux recouvert de sable et/ou de gravier, en présence de blocs éparses.

L'habitat des stades aquatiques de l'espèce, comme l'a indiqué Rivosecchi (1978), est bien caractéristique des cours d'eau où nous avons capturée l'espèce avec généralement un large lit pierreux soumis à des crues violentes. Au Maroc, l'espèce serait moins exigeante vis à vis du substrat, car dans le Rif, les stades immatures s'établissent indifféremment sur tout types de substrat, où ils peuvent se tenir sur des feuilles ou sur des herbes immergées, comme ils peuvent se fixer en partie sur la face supérieure des galets et graviers et en partie sur leur face inférieure belqat (2002).

Dans la Seybouse, les biotopes où les stades juvéniles de *M. blanci* ont été capturés sont caractérisés par une vitesse d'écoulement modérée à forte (0,6 à 2,7 m/s), nos résultats corroborent avec ceux de Boumaïza et Clergue-Gazeau (1986) et belqat (2002) qui signalent que l'espèce fréquente les rivières à courant vif et eau bien oxygénée. Cependant, Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez (1978) l'associent dans le territoire rifairein, aux ruisseaux à courant faible à modéré.

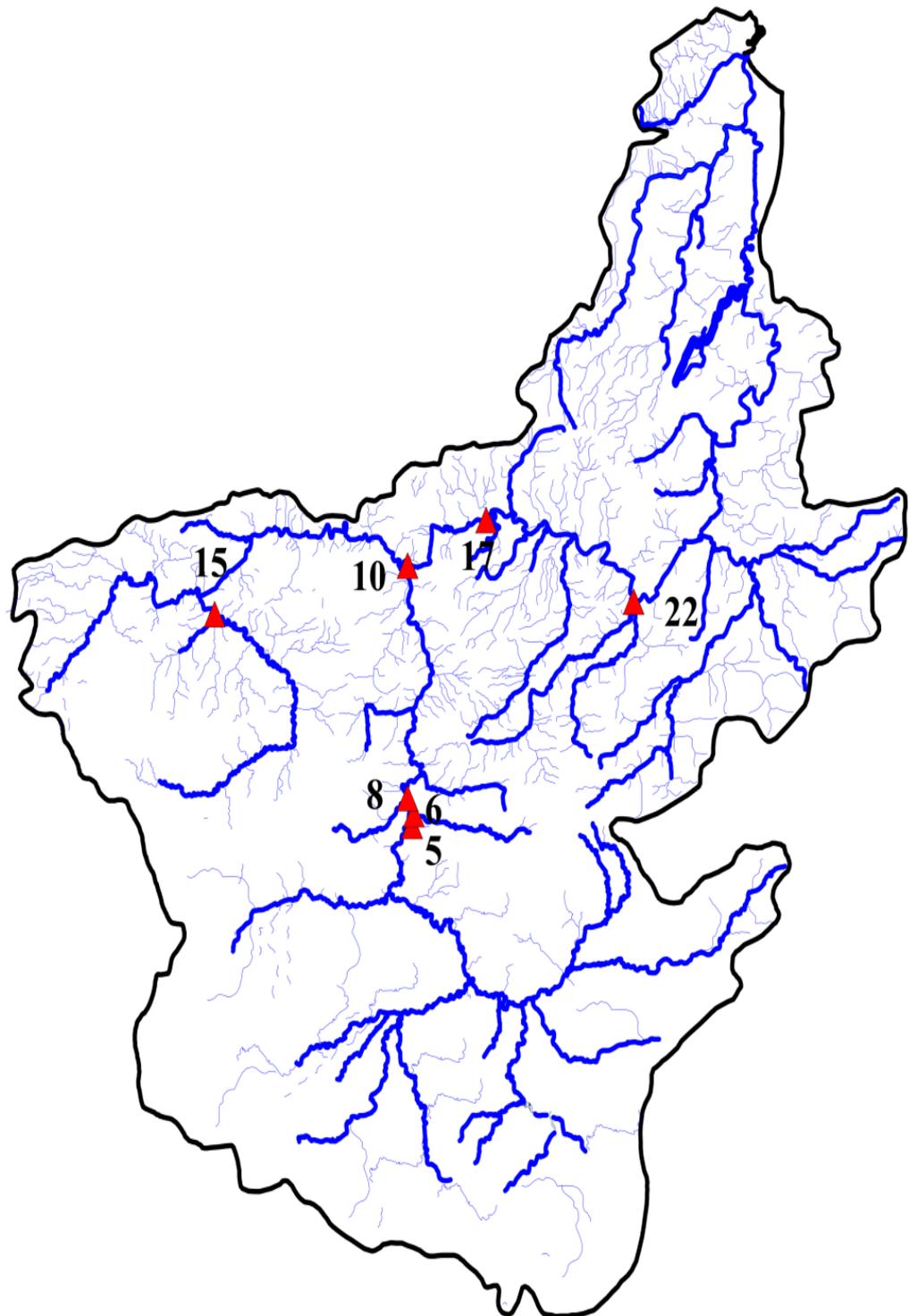


Figure 32: Distribution de *Metacnephia blanci* dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

Dans nos gites, l'espèce a été récoltée dans des eaux relativement froides à tièdes où la température maximale atteint 22,1°C et ne descendent pas en deçà de 11,8°C. C'est dans les mêmes conditions thermiques que *M. blanci* est rencontrée dans le reste de son aire de distribution au Maghreb. En effet, belqat (2002) signale que la moitié des relevés ont été réalisés dans des eaux tièdes (15-25°C) alors que 30% de la faune restante affectionne des eaux partiellement froides dont la température oscille entre 6,25 et 14,2°C. En Tunisie, Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986) évoquent que son aire de distribution n'atteint pas les biotopes à température élevée situés au Sud.

Les données que l'on possède en ce qui concerne la salinité des gites où s'établie l'espèce, indiquent que *M. blanci* tolère une valeur moyenne de 1 ‰, par ailleurs, dans les cours d'eau tunisiens l'espèce affiche des taux bien plus supérieurs pouvant s'élever jusqu'à 4‰ (Boumaiza et Clergue-Gazeau, 1986).

III. 3. 3. Genre *Simulium* Latreille, 1802

En Algérie le genre *Simulium* est représenté par cinq sous-genres: *Eusimulium*, *Nevermania*, *Simulium* et *Trichodagmia*, *Wilhelmia*. Les deux sous-genres *Nevermania* et *Simulium* sont sans doute les plus représentés avec respectivement, deux groupes (*S. (N.) ruficorne* et *S. (N.) vernum*) et quatre groupes (*S. (S.) argenteostriatum*, *S. (S.) bezzii*, *S. (S.) ornatum* et *S. (S.) variegatum*).

Dans le réseau hydrographique de la Seybouse, le sous-genre *Trichodagmia* fait défaut, cependant les sous-genres *Eusimulium* et *Nevermania* partagent le même nombre d'espèces (deux), et il en est de même pour les sous-genres *Simulium* et *Wilhelmia* (une espèce pour chacun).

Sous-genre *Eusimulium* Roubaud, 1906

Groupe *Simulium (Eusimulium) aureum*

III. 3. 3. 1. *Simulium velutinum* (Santos Abreu, 1922) complexe

Synonymie

Simulium nigripes (Santos Abreu, 1922)

Simulium pseudolatipes (Santos Abreu, 1922)

Simulium serbicum Baranov, 1925

Simulium primum (Baranov, 1926)

Simulium secundum (Baranov, 1926)

Simulium rubzovianum (Sherban, 1961)

Simulium latinum (Rubtsov, 1962)

Citations bibliographiques en Afrique du Nord**Algérie:**

Edwards (1923) [BM, KK, BO].

Parrot (1949) [BM, KK, BO, BM]

Grenier (1953) [BM, KK, BO, BM].

Rivosecchi (1963) in Crosskey (1988) [Algérie].

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) [TO, SD, K1, K2, T4, SM, M2, Z1, B2, C0, C1, C2, AT, S0, S1, X, Y, Z1, KA].

Lounaci *et al.* (2000 a) [Oued Sébaou, Grande Kabylie].

Lounaci *et al.* (2000 b) [1-5, 7-9, 11, 17].

Clergue-Gazeau *et al.* (1991) [Est et Ouest algérien].

Chaoui Boudghane-Bendious *et al.* (2012) [Monts du Djurdjura, Monts de Tlemcen].

Tunisie:

Bailly-Choumara *et al.* (1970); Clergue-Gazeau et Boumaiza (1986); Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986); Clergue-Gazeau *et al.* (1991).

Maroc:

Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez (1978); Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez (1981); Benhoussa *et al.* (1988); Clergue-Gazeau *et al.* (1991); Giudicelli *et al.* (2000); Belqat *et al.* (2001a), Belqat (2002); Belqat *et al.* (2004); Belqat *et al.* (2005); Belqat *et al.* (2008); Belqat *et al.* (2011).

Notes taxonomiques et caryologiques

Cette espèce a été considérée autant qu'espèce valide du groupe *aureum* à partir d'un matériel algérien identifié par Rivosecchi (1963) en s'articulant principalement sur le génitalia mâle pour réaliser sa diagnose.

La description de cette variété a depuis été précisée par plusieurs auteurs notamment la forme de la plaque génitale du mâle (Rivosecchi, 1967; Jarry, 1973; Beaucournu-Saguez, 1975).

Ce taxon est un élément du groupe *aureum* qui est un complexe d'espèces homogène de distribution holarctique (Grenier, 1953; Adler et Crosskey, 2014), et de détermination particulièrement ardue. En effet, plusieurs auteurs, dont Beaucournu-Saguez (1977) avaient déjà dénoncé la difficulté à séparer les espèces de ce groupe en n'examinant que les stades immatures.

Ce groupe a fait l'objet d'antérieures citations d'Algérie effectuées par Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) et Lounaci *et al.* (2000b), ces derniers auteurs rapportent qu'un certain nombre d'exuvies nymphales et de larves immatures appartenant au groupe *aureum*, différentes de *S. velutinum* ont été récoltées; cependant la précision du statut taxonomique des morphophormes recueillies n'était pas possible, car, le pensons nous, en raison de

l'absence d'adultes, en particulier des mâles, l'auteur n'a pu se prononcer.

Concernant nos propres prélèvements, l'analyse chromosomique de plus de 300 larves appartenant au complexe *aureum* et capturées dans les différents cours d'eau de la Seybouse, a permis de mettre en évidence la présence de trois espèces cytogénétiquement distinctes mais toutes morphologiquement identiques, parmi lesquelles, *S. velutinum sensu stricto* représente l'espèce la plus abondante avec 82% de l'effectif des larves du complexe examiné (Cherairia *et al.*, 2014; Adler *et al.*, 2014), d'amples informations seront exposées dans le chapitre V.

Diagnose

Imago

Mâle

Thorax: Noir avec une pubescence thoracique remarquablement dorée (Figure 33 a).

Pattes: Bsitarse III non dilaté et plutôt mince.

Genitalia: Gonopode d'aspect général d'une virgule: style plutôt petit, nettement plus court que le coxite et effilé distalement, l'extrémité est arrondie et dépourvue de corne sur la partie externe de son apex, bord interne formant un angle droit (Figure 33 b). Corps de la plaque ventrale en vue frontale de forme triangulaire et aussi long que les bras latéraux qui sont plus minces (Figure 33 c).

Femelle

Pattes: Pedisulcus et calcipala présents (Figure 34 a). Griffes grandes avec une denticulation basale bien développée (Figure 34 b).

Ailes: Veine costale avec deux types de macrotriches spiniformes mêlées aux setiformes (Figure 34 c).

Genitalia: Spermathèque sphérique, bien chitinisés (Figure 34 e). Gonopophyses formant deux lobes pointus sur le bord du huitième sternite, furca avec bras latéraux pourvus d'une épine dorsale (Figure 34 d).

Nymphe

Cocon: De texture compacte, avec ceinture de renforcement au bord antérieur et sans processus médian (Figure 35 a, b).

Appareil respiratoire: Quatre filaments portés par deux pédoncules et orientés vers le support, le filament dorsal accusant un angle net avant de rejoindre les autres (Figure 35 c).

Larve

Couleur du corps brun très clair avec des bandes sombres plus ou moins nettes, brunâtres ou rougeâtres sur le dos (Figure 7).

Tête: Frontoclypeus clair à ornementation très nette: taches antéro-postérieures et latérales brunes se dessinant sur un fond clair (Figure 36 a). Echancre ventrale carrée et peu profonde à bord droit et parfois légèrement denté (Figure 36 b, d). Bord antérieur de l'hypostomium garni de neuf dents bien développées, les antérieures et latérales étant plus grandes que les intermédiaires (Figure 36 b, c).

Abdomen: Processus rectal simple. Papilles ventrales coniques et pointues (Figure 36 e).



Figure 33: Imago mâle de *Simulium (Esimulium) velutunim* complexe: aspect général (a), plaque ventrale (b), processus médian (c).



Figure 34: Imago femelle de *Simulium* (*Esimulium*) *velutinim* complexe: basitarse de la patte III (a), griffe de la patte postérieure (b), aile montrant les macrotriches spiniformes et sétiformes (c), plaque génitale vue en face ventrale (d), spermathèque (e).

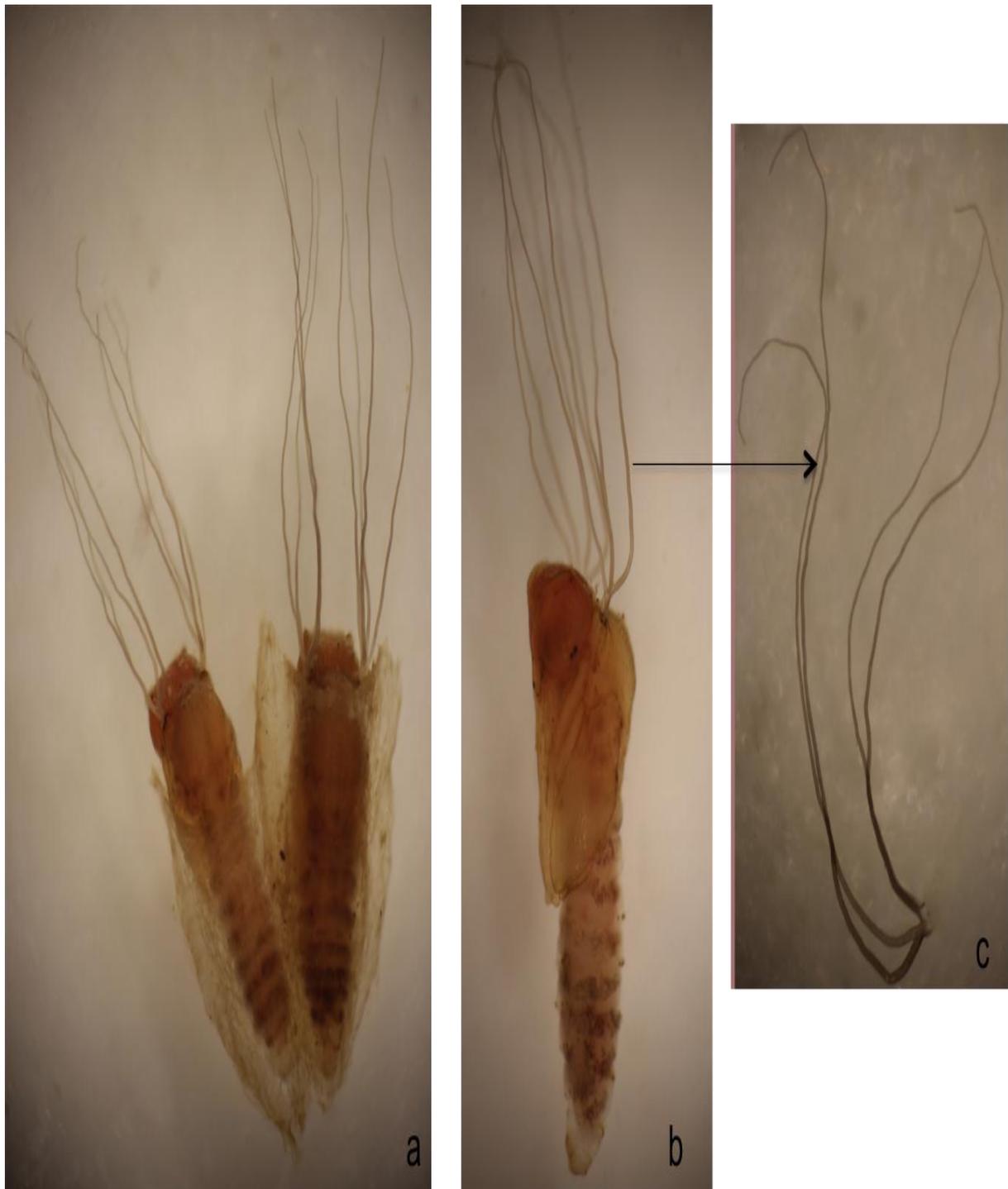


Figure 35: *Simulium (Esimulium) velutinim* complexe: aspect général de nymphes (a), pupes nues (b), branchies nymphales (c).

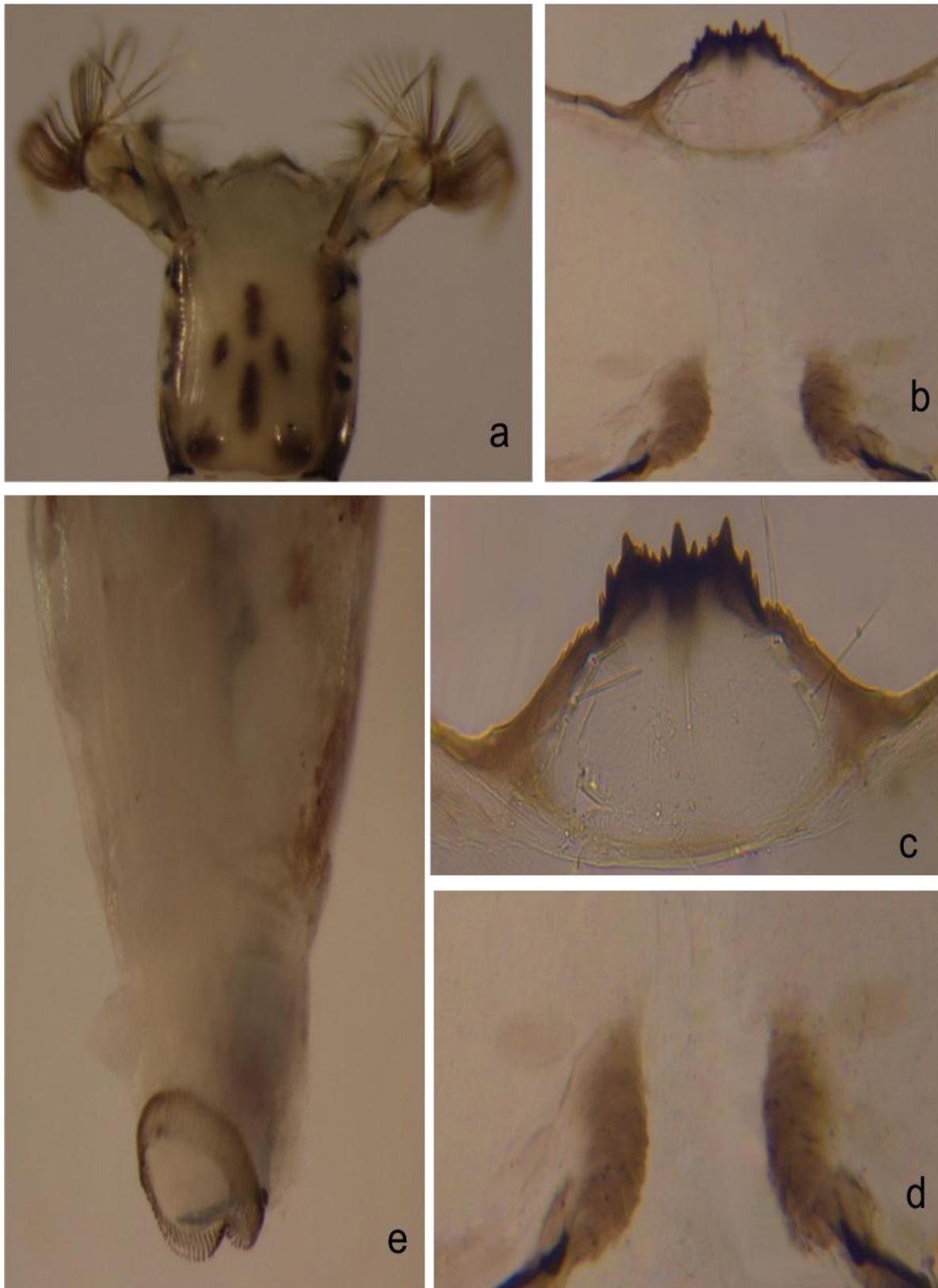


Figure 36: Larve de *Simulium* (*Esimulium*) *velutunim* complexe: tête en vue dorsale montrant le frontoclypeus (a), capsule céphalique en vue ventrale (b), hypostomium (c), échancrure ventrale (d), papilles ventrales (e).

Distribution

S. velutinum sensu lato est une espèce à large distribution paléarctique occidentale, elle est présente sur le pourtour méditerranéen (Annexe 10) et s'étend depuis les îles Canaries jusqu'en Irlande (Crosskey, 1988). En Europe, *S. velutinum sensu lato* a été d'abord identifiée de France (Bernard, 1971; Jarry, 1973; Beaucournu-Saguez, 1975), d'Italie, où elle a été décrite pour la première fois, dans la province de Salerne (Rivosecchi, 1967) et paraît ensuite être répandue dans toute la péninsule italienne en particulier en Sardaigne et Sicile (Rivosecchi, 1978), en Roumanie (Dinulescu, 1966), en Espagne (Beaucournu-Saguez, 1975) et en Yougoslavie (Zivkovic, 1966). De plus, cette espèce a été également signalée du Moyen-Orient (Crosskey, 1967).

Selon Beaucournu-Saguez (1975), ce taxon est le mieux représenté en Afrique du Nord. En Tunisie, son aire de répartition englobe les ruisseaux du Nord (Bailly-Choumara *et al.*, 1970) jusqu'au Oueds du Sud tunisien (Boumaiza et Clergue-Gazeau, 1986). Ce représentant de la famille des simuliidae, qui constitue au Maroc, le taxon le plus abondant et le mieux répandu (Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez, 1978; Belqat, 2002), a été également signalé de Lybie (Crosskey, 1988).

En Algérie, *S. velutinum* présente une large distribution verticale avec une valence écologique considérable, s'étalant depuis le Nord du pays (Mont du Djurdjura), en passant par le centre (Bouïra) et les hauts plateaux (Biskra et Batna) jusqu'à arriver au Nord-Ouest (Monts de Tefna) (Parrot, 1949; Grenier, 1953; Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988; Lounaci *et al.*, 2000 b, Lounaci, 2005; Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.*, 2012). Nos récentes captures dans le bassin versant de la Seybouse permettent d'étendre à l'extrême Nord-Est l'aire de distribution de cette espèce dans notre pays.

Dans notre aire d'étude, où elle est recensée dans 25 sites sur 31 (Figure 37), comme dans le reste de son aire de distribution en Algérie, *S. velutinum* constitue après *S. pseudequinum*, l'élément le plus fréquent et le plus abondant.

Habitat

Cette espèce est fréquente dans le continent européen et semble être peu exigeante dans les pays du bassin méditerranéen. En grande Bretagne et en Irlande, la présence du taxon a été signalée dans les petits cours temporaires, les ruisseaux permanents et aussi mais occasionnellement dans les grandes rivières (Davies, 1968; Post, 1981; Crosskey, 1982, 1985; Talbalachi *et al.*, 2006).

L'espèce est mentionnée comme très commune dans les zones de basse altitude du territoire maghrébin où elle prolifère particulièrement dans les cours d'eau de plaine (Clergue-Gazeau *et al.*, 1991; Beaucournu-Saguez, 1975; Bouzidi, 1989).

En Tunisie, son degré d'eurytopie est très élevé car elle a été capturée dans 32 gîtes sur 36 où elle manifeste des abondances élevées dans les stations de très basse altitude

(Boumaiza et Clergue-Gazeau, 1986). Au Maroc, dans le Rif, comme dans le reste de son aire de distribution, cette espèce présente une remarquable faculté d'adaptation aux biotopes les plus divers (Bailly-Choumara & Beaucournu-Saguez 1978, 1981; Giudicelli *et al.*, 2000; Belqat, 2002, 2008). Dans les cours d'eau du Haut Atlas, l'espèce atteint jusqu'à 2700 m d'altitude mais elle forme les populations d'invertébrés les plus abondantes au-dessous de 1600 m (Giudicelli *et al.*, 2000).

Dans le bassin versant de la Seybouse, *S. velutinum* présente une large distribution avec 80% des sites investigués, ses gîtes larvaires se situent entre 26 (O. Seybouse à Chihani) et 852 m d'altitude (O. Anil) et varient entre de petits ruisselets temporaires de 0,5 m (O. Sabate) de largeur jusqu'aux rivières permanents les plus larges (35 m) (O. Seybouse à Chihani).

Les larves et les nymphes se retrouvent sur la végétation submergée et sur les pierres et ou graviers dans des courants nuls à forts (1,6 m/s) avec une préférence pour les vitesses avoisinant 0.7 m/s.

Cette espèce fréquente des eaux avec un régime thermique oscillant entre 10 et 24 °C et une conductivité très variable (3-2330 µS/cm) bien qu'elle semble préférer les eaux moyennement minéralisées avec un pH alcalin.

Il apparaît donc que *S. velutinum* supporte au Nord-Est algérien des conditions écologiques très différentes et dures, constatation faite précédemment par Jarry (1973) qui rapporte que cette espèce est la simule la plus adaptée aux contrastes du climat méditerranéen (température élevée, affaiblissement du courant,).

Au niveau des autres coins d'Algérie où l'espèce est connue, elle semble également être caractéristique des cours d'eau de piémont et de plaine. En effet, Lounaci (2005), Ait Mouloud (1987) et Lounaci-Daoudi (1996) l'ont rencontré dans les cours d'eau de la partie inférieure des réseaux hydrographiques de la Kabylie. Selon Lounaci *et al.* (2000b), l'espèce est présente dans 50% des stations prospectées dans l'Oued Sébaou (Monts du Djurdjura) à des altitudes situées entre 20 et 380 m. Les conditions abiotiques des gîtes larvaires de l'espèce sont variées (largeur: 2-10 m, vitesse ; lente à rapide, température: 9-11 °C).

Dans la partie Ouest du pays, Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) signalent que le taxon est présent non seulement dans la Haute, la moyenne et la basse Tafna mais également dans le bassin versant de l'Isser ainsi que certains Oueds côtiers. Ils soulignent qu'au niveau des gîtes prospectés, la répartition altitudinale de l'espèce se fait entre 4 et 1145 m d'altitude. La largeur du lit affiche des valeurs comprises entre 1 et 10 m, la vitesse d'écoulement est moyenne à très lente, températures situées entre 5,2 et 31,7 °C.

Par ailleurs, la seule information d'ordre écologique fournie par Parrot (1949) à l'égard de l'espèce est que ses stades immatures habitent les mêmes gîtes que *S. pseudequinum* au moins jusqu'à la limite méridionale de cette dernière dans les Haut-Plateaux.

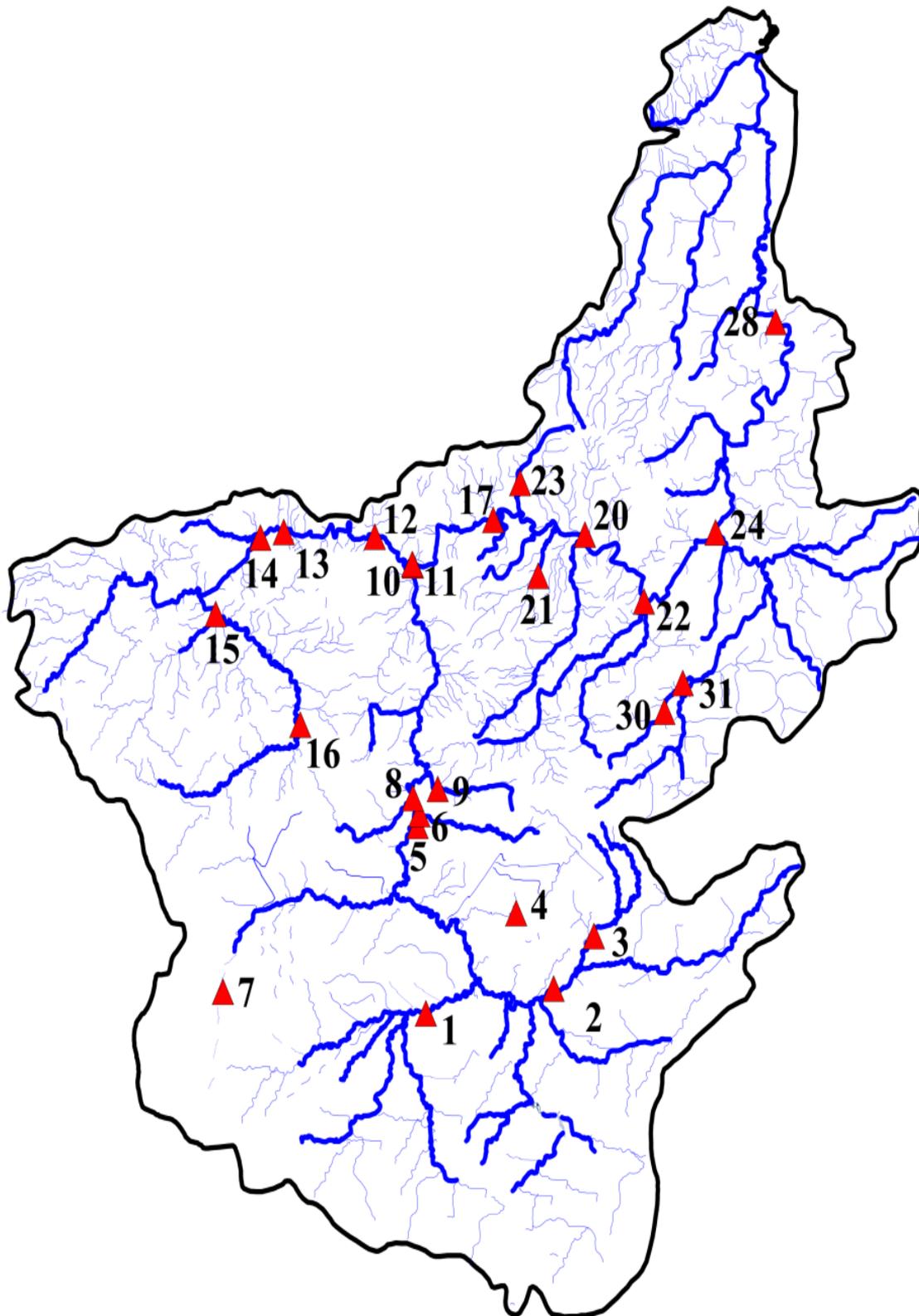


Figure 37: Distribution de *Simulium* (*Esimulium*) *velutinim* complexe dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

En comparant le préférendum de *S. velutinum*, dans les Monts de Tlemcen et du Djurdjura à celui du réseau hydrographique de la Seybouse, on constate qu'ils sont sensiblement comparables. En revanche, l'espèce atteint une amplitude altitudinale plus importante dans l'Ouest et la Grande Kabylie, alors que la plus importante largeur maximale de la section mouillée des gîtes larvaires de l'espèce est enregistrée dans notre zone d'étude.

III. 3. 3. 2. *Simulium mellah* Giudicelli et Bouzidi, 2000

Citations bibliographiques en Afrique du Nord

Algérie:

Giudicelli *et al.* (2000) [Oued Chiha el Ababda, affluent de l'oued Tafna].

Maroc:

Giudicelli *et al.* (2000); Belqat *et al.* (2001); Belqat (2002); Belqat *et* Dakki (2004); Belqat *et al.* (2011).

Diagnose

Imago

Mâle

Genitalia: Gonopodes et plaque ventrale très semblables à ceux de *S. velutinum* (Figure 38 a). Bras latéraux de la plaque ventrale très écartés et fortement sclérifiés et pigmentés; la partie médiane est étroite et pointue, en forme de triangle isocèle à bords rectiligne pourvue latéralement et dorsalement de très nombreuses soies. Styles et coxites légèrement semblables à ceux de *S. velutinum* (Figure 38 b).

Femelle

Genitalia: Gonopophyse à deux lobes très élargis présentant chacun deux extrémités anguleuses, l'extrémité intérieure étant plus longue et légèrement recourbée vers l'extérieur (Figure 38 c). Spermathèque ovoïde, à sclérification se prolongeant en col vers le ductus (Figure 38 d).

Nymphe

Cocon: En forme de chaussure, talon court, tissage fin et serré, plus lâche près de l'ouverture, bord antérieur renforcé par un mince bourrelet (Figure 39 a).

Appareil respiratoire: Constitué de quatre filaments disposés en deux paires issues chacune d'un tronc basal très court, le filament supérieur présentant une forte courbure dans sa partie proximale (Figure 39 b).

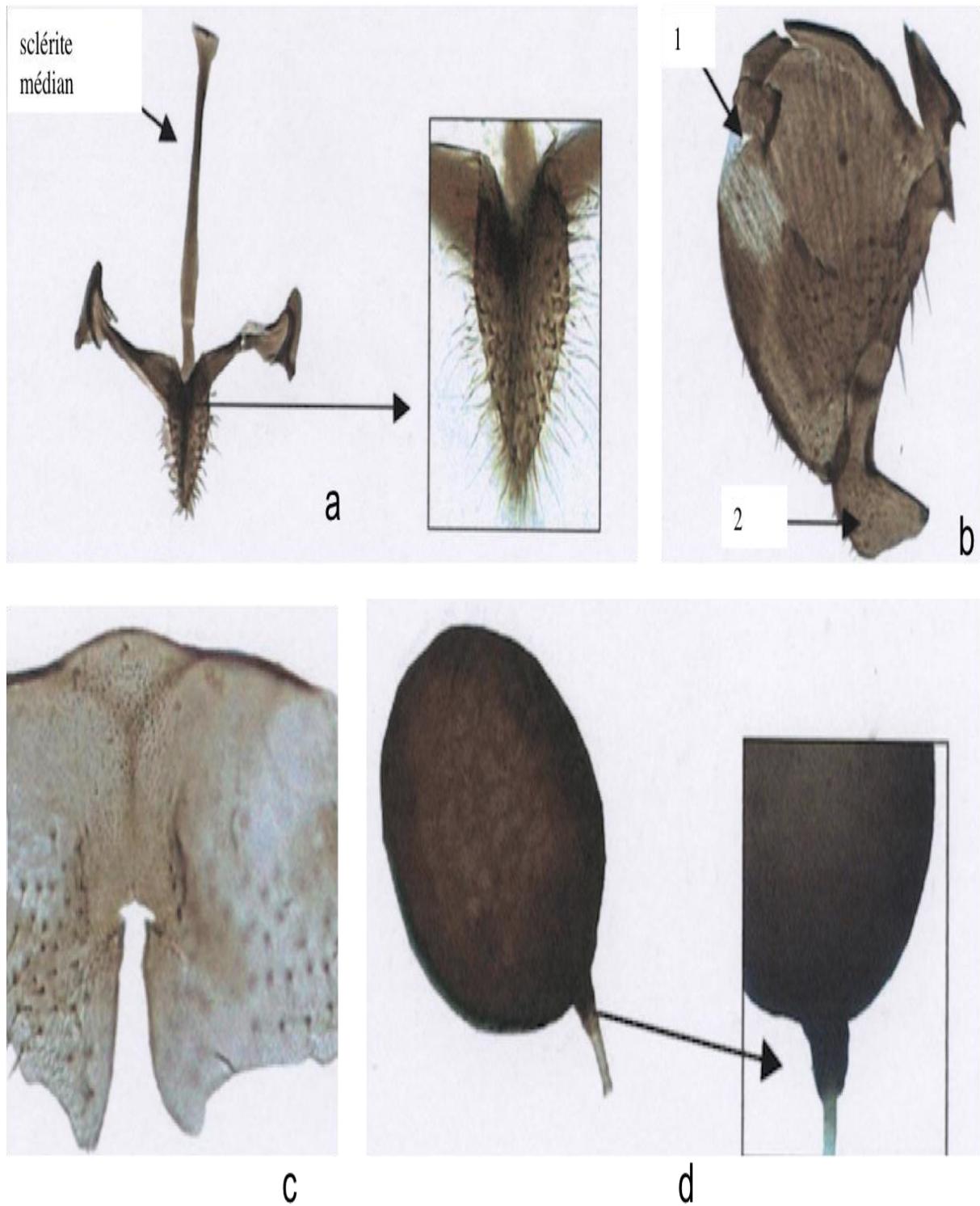


Figure 38: Imago de *Simulium (Eusimulium) mellah*: plaque ventrale vue de face (a), pièces génitales mâles (b): coxite (1) et style (2), pièces génitales femelle: gonopophyses (c) et spermathèque (d). (Belqat, 2002).

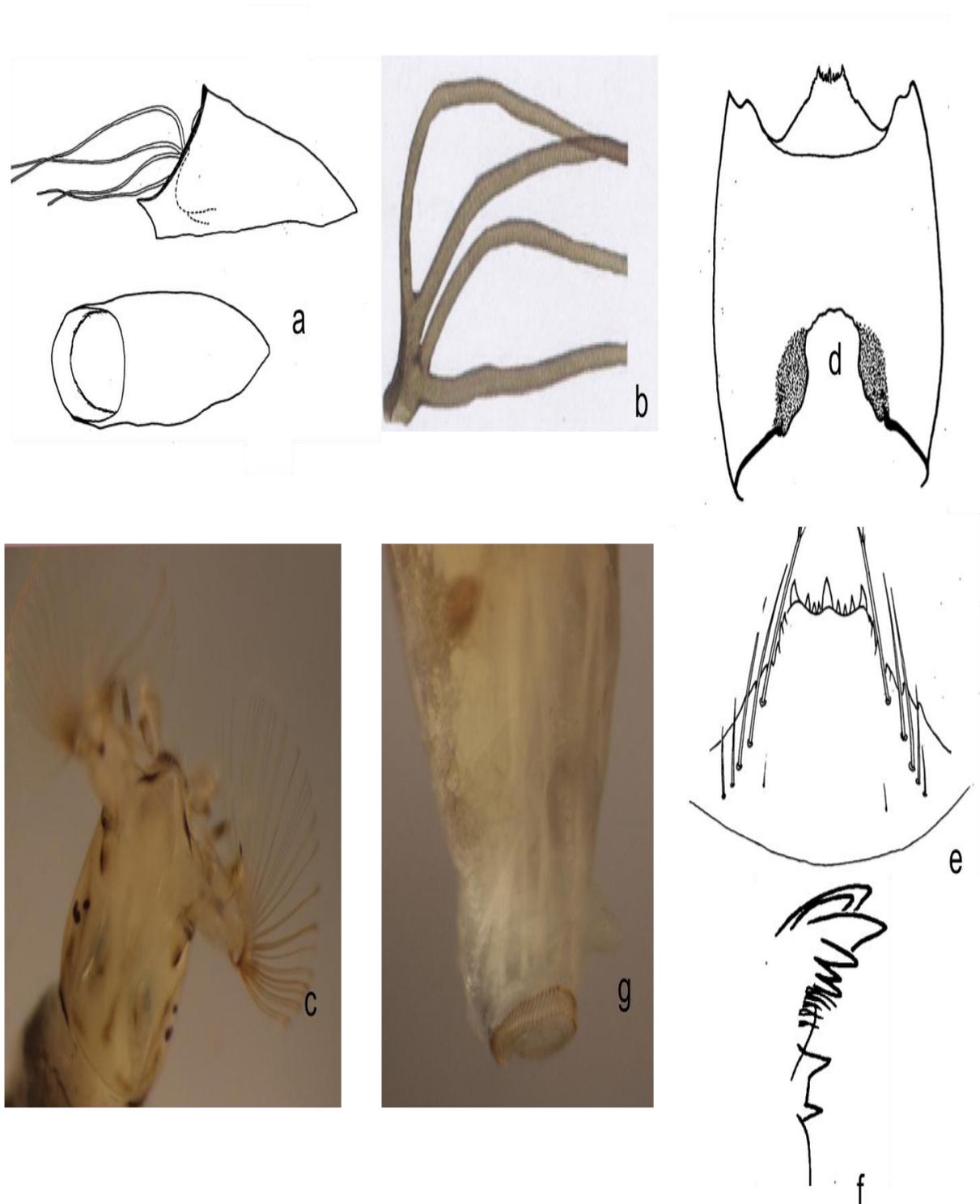


Figure 39: Stades préimaginaux de *Simulium (Eusimulium) mellah*: aspect général de la nymphe **(a)**, branchies respiratoires nymphales **(b)** (Belqat, 2002), tête de la larve en vue dorsale montrant le frontoclypeus **(c)**, échancrure ventrale **(d)**, hypostomium **(e)**, processus tp de la mandibule **(f)**, papilles ventrales **(g)**. (a), (d), (e), (f): Giudicelli *et al.* (2000).

Larve

Coloration générale jaune claire avec présence de plages noires sur l'abdomen.

Tête: L'ornementation frontoclypéale se présente sous forme de traces diffuses et très claires avec absence de la tache antéro-médiane (Figure 39 c). Echancrure ventrale petite, à bord antérieur légèrement arrondi (Figure 39 d). Hypostomium sinueux, garni de neuf dents dont la médiane et les deux latérales sont plus développées que les autres; bords latéraux avec cinq ou six dents (Figure 39 e). Processus *tp* forme de deux dents espacées subégales et pointues (Figure 39 f).

Abdomen: Papilles ventrales pointues (Figure 39 g).

Affinités taxonomiques

S. mellah se situe parmi les espèces du groupe *aureum*, l'espèce la plus proche est *S. velutinum* avec laquelle elle partage plusieurs caractères morphologiques. Concernant notre matériel, le seul caractère morphologique distinctif entre ces deux espèces est la pigmentation frontoclypéale qui est moins marquée et plus claire chez les larves de *S. mellah*, c'est ainsi que nous avons pu les différencier des autres larves du groupe *aureum* collectées dans notre aire d'étude (Adler *et al.*, 2014; Cherairia *et al.*, 2014).

Nonobstant la disparité qui existe entre l'ornementation céphalique des larves marocaines, dont le frontoclypeus est orné d'une grande tache centrale sombre sur fond brun (Giudicelli *et al.*, 2000), l'examen chromosomique de nos larves nous a servi de preuve irréfutable pour vérifier l'existence de cette espèce dans la Seybouse.

En effet, la comparaison du matériel génétique de nos larves avec celui de larves en provenance du Maroc, collectées dans une localité type, nous a permis de préciser le statut taxonomique des larves seyboussiennes et de les assigner à *S. mellah* (Cherairia *et al.*, 2014).

La différence dans la pigmentation céphalique larvaire entre les deux morphotypes algérien et marocain, peut être attribuée aux conditions environnementales, plus particulièrement le type de substrat, fait confirmé par les travaux d'Adler et Kim (1984), Zettler *et al.* (1998) et Alvan-Aguilar *et al.* (2005).

Distribution

S. mellah est une espèce endémique du Maghreb, elle a été décrite pour la première fois d'après un matériel recueilli au Maroc et en Algérie (Giudicelli *et al.*, 2000).

Au Maroc, le taxon affectionne une seule station de haute altitude située sur le versant Sud du Haut Atlas (Oued Mellah, affluent de l'Oued Quarzazate, réseau de l'Oued Draa) à 14000 m d'altitude.

En Algérie, l'espèce se cantonne également dans une seule station à 480 m d'altitude dans l'Oued Chiha el Ababda, affluent de l'Oued Tafna, entre les localités de Sebra et Maghnia (wilaya de Tlemcen).

Jusque là inconnue dans le Nord de notre pays, cette similie vient d'être découverte dans une station dans le réseau hydrographique de la Seybouse (Figure 40), ce nouveaux gite confirme donc sa présence en Algérie.

Habitat

Dans leur travail publier en 2000, Giudicelli *et al* déclarent que des spécimens de cette espèce ont été recueillis à l'état d'adultes mâles, larvaire et nymphal, au Maroc en juillet 1985 et au mois de février en 1986, alors qu'en Algérie, des larves et des adultes mâles ont été collectés en mars 1988. Ces deux localités types, sont des cours d'eau qui se caractérisent par des eaux très minéralisées et riches en sel.

Dans notre région d'étude, nous avons capturé l'espèce en un point unique dans un cours d'eau situé à une altitude de 751m (O. M'gisba) avec une largeur moyenne de 5 m, le fond est vaseux et est formé essentiellement de galets avec quelques blocs en présence d'une végétation aquatique abondante. Dans cet habitat exclusif, l'eau, tiède et légèrement minéralisée (6,7 μ S/cm), est caractérisée par une vitesse lente à modérée (0.2 - 0.5 m/s) et une faible oxygénation (3 mg/L) avec un taux élevé de salinité (3,6%). Nos observations concernant *S. mellah* sont en parfait accord avec ceux notées dans le reste dans son aire de répartition notamment pour ce qui est de la salinité avec cependant une différence pour la conductivité de l'eau.

De surcroît, nous ne relatons la capture que de huit individus (larves). Le très faible effectif de ce taxon ainsi que son unique gite témoignent ainsi de sa rareté dans le bassin versant de la Seybouse.

La rareté de *S. mellah* dans son aire de distribution peut s'expliquer par ses exigences écologiques. En effet, elle semble être conditionnée par un type d'habitat très spécialisé: un biotope caractérisé par un lit limoneux et un encombrement par la végétation qui ralentit l'écoulement mais plus particulièrement des teneurs élevées en sel.

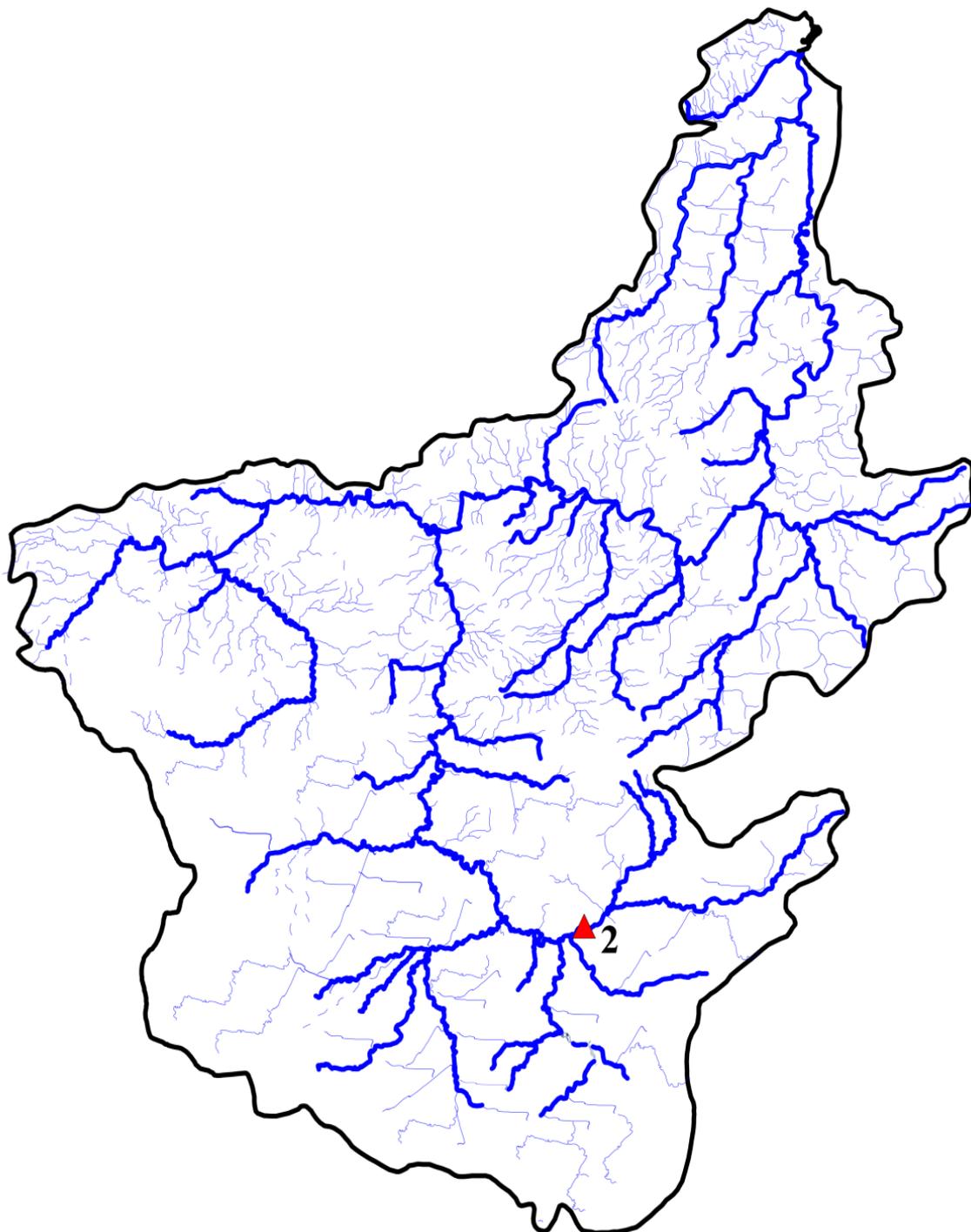


Figure 40: Distribution de *Simulium (Eusimulium) mellah* dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

Sous-genre *Nevermania* Enderlein, 1921

Groupe *Simulium* (*Nevermania*) *ruficorne*

III. 3. 3. 3. *Simulium lundstromi* (Enderlein, 1921)

Synonymie

Simulium kerteszi (Enderlein, 1922)

Simulium latigonium (Rubtsov, 1956)

Citations bibliographiques en Afrique du Nord

Algérie:

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) [TO, SD, K0].

Clergue-Gazeau *et al.* (1991) [Ouest algérien, Est: indication de présence incertaine].

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012) [Monts de Tlemcen].

Maroc:

Giudicelli et Bouzidi (1990); Giudicelli *et al.* (2000); Clergue-Gazeau *et al.* (1991); Belqat *et al.* (2001); Belqat (2002); Belqat *et Dakki* (2004); Belqat *et al.* (2011).

Diagnose

Imago

Mâle

Genitalia: Plaque ventrale en vue latérale à bord antérieur nettement convexe (Figure 41 a). Sclérite médian non bifide et non arrondie distalement.

Femelle

Pattes: Basitarse III très long avec marges parallèles. Griffes grandes avec processus basal digitiforme et gros.

Genitalia: Gonopophyses apparemment fusionnées avec le huitième sternite, bord interne convexe (Figure 41 b).

Nymphe

Cocon: Texture compacte, bord antérieur renforcé et présentant un processus médian très pointu, long et étroit dont la base est soutenue par le renforcement du bord antérieur (Figure 41 c).

Appareil respiratoire: Quatre filaments robustes et courts, disposés en deux paires portées chacune par un pédoncule, la paire des filaments dorsaux ayant une base plus épaisse et un diamètre environ le double de celle des filaments ventraux. Le filament le plus dorsal forme un angle d'environ 90° par rapport aux trois autres (Figure 41 d).

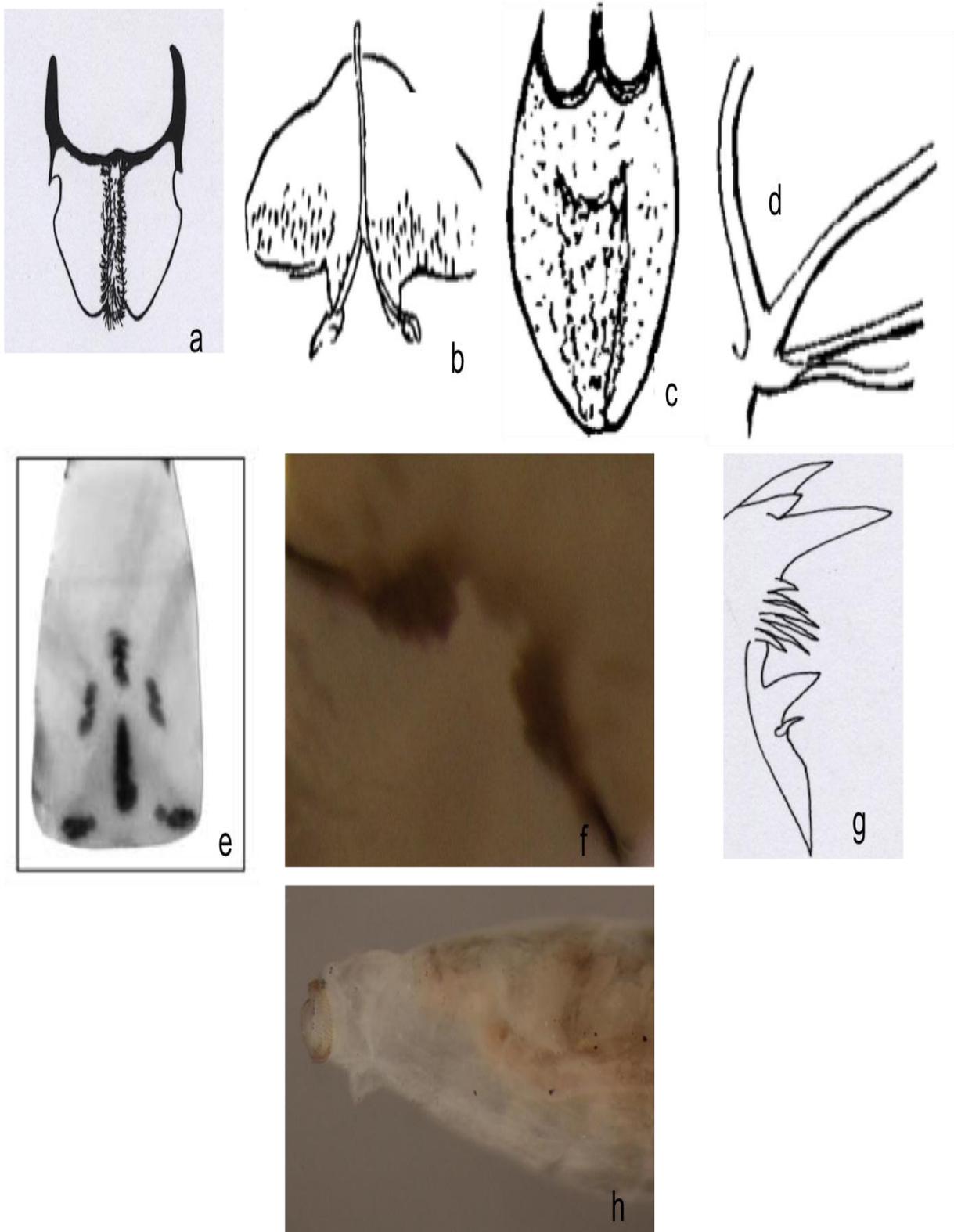


Figure 41: *Simulium (Nevermania) lundstromi*: plaque ventrale du mâle (a), gonopophyses de la femelle (b), nymphe (c), branchies respiratoires nymphaux (d) (Clergue-Gazeau *et al.*, 1991), ornementation du frontoclypeus (e) (Rivosecchi *et al.*, 2007), échancrure ventrale (f), processus *tp* de la mandibule (g) (Belqat, 2002), papille ventrale (h).

Larve

Longueur de la larve du dernier stade de 6-7 mm.

Tête: Frontoclypeus claire avec ornementation nette très pigmentée, tache postéro-médiane en forme de stries allongées et étroites (Figure 41 e). Echancrure ventrale très distincte, de forme carrée et a bord irrégulier, rappelant celle du groupe *aureum* de laquelle elle se distingue par sa large marge pigmentée (Figure 41 f). Bord antérieur de l'hypostomium très large et muni de 9 dents ovoïdes pointues et peu saillantes. Processus *tp* de la mandibule comprenant une grosse dent à laquelle fait suite une dent mince et acérée (Figure 41 g). Antennes avec trois articles dont le deuxième est clair séparant le distal et le proximal plus sombres.

Abdomen: Branchies rectales simples, papilles ventrales de forme conique et pointue (Figure 41 h).

Distribution

Espèce euroméditerranéenne, répandue dans le centre et le Nord de l'Europe, elle n'est connue, dans la partie méridionale de son aire de distribution, que de quelques rares stations en Italie (Rivosecchi, 1978), dans les Pyrénées (Jarry, 1975; Vinçon et Clergue-Gazeau, 1988), en Belgique (Lock *et al.*, 2014), en Espagne (Beaucournu-Saguez, 1975) mais également en Turquie (Kazanci, 2006).

En Afrique du Nord *S. lundstromi* a été trouvée pour la première fois dans l'Ouest algérien (Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988) puis dans le Haut Atlas (Giudicelli et Bouzidi, 1990; Giudicelli *et al.*, 2000). Elle n'est, en revanche, pas encore signalée de Tunisie.

Habitat

D'après la littérature, et dans son aire géographique, l'espèce est réputée rare dont les populations ne sont jamais abondantes.

Signalée uniquement de 3 ruisseaux en Pyrénées Atlantiques (Vinçon et Clergue-Gazeau, 1988), l'espèce a été observée dans un biotope caractérisé par son courant lent, sa richesse en matières organiques et ses températures estivales élevées. Il semble que ce type de milieu soit son biotope préférentiel puisqu'elle a été capturée dans les mêmes conditions en Pyrénées orientales: 750 m (Jarry, 1975), ainsi que dans le Nord-Ouest de l'Espagne (altitude inférieure à 600 m: Beaucournu-Saguez, 1975).

S. lundstromi est également citée dans des ruisseaux et rivières herbeux des plaines des îles britanniques où larves et nymphes se fixent à la végétation (Bass *et al.*, 1995).

Par ailleurs, au Maroc, Giudicelli et Bouzidi (1990) et Giudicelli *et al.* (2000) ne comptabilisent qu'une seule station de capture de l'espèce (un ruisseau émissaire de source) située dans le crénel d'altitude (2100 m).

En Algérie, Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) signalent le taxon dans les mêmes conditions que dans les pays européens.

En effet, situées dans la haute Tafna, les 3 stations où elle a été récoltée constituent des ruisseaux à courant lent ou modéré, végétation immergée et température estivale particulièrement élevée (27,4 et 30,4°C); l'eau y coule très claire et provient de sources de moyenne altitude (900-1100 m). La haute teneur en calcium constatée par ces auteurs, caractérise également plusieurs stations françaises de l'espèce (Vinçon et Clergue-Gazeau, 1988).

Dans notre aire d'étude, l'espèce présente sensiblement le même biotope que celui de l'Europe et de l'Ouest de notre pays. Sa distribution est ponctuelle (Figure 42) et se restreint à une seule localité (O. M'gisba, 751m d'altitude) qu'elle partage avec l'espèce *S. mellah* où les deux espèces manifestent un preferendum écologique presque similaire. Dans le biotope caractéristique de *S. lundstromi*, l'eau est claire et légèrement alcaline et minéralisée (6.7 $\mu\text{S/cm}$) s'écoulant à une vitesse lente (0.2 m/s) sur une largeur de 6 m et avec une végétation aquatique immergée.

Ainsi, dans le réseau hydrographique de la Seybouse, *S. lundstromi* s'est indubitablement avérée comme une espèce extrêmement rare, en dépit de recherches approfondies pendant les quatre saisons, nos échantillons ne comptent pas plus que de trois larves (récoltées en Avril 2013), nous ne pouvons faire état de sa présence.

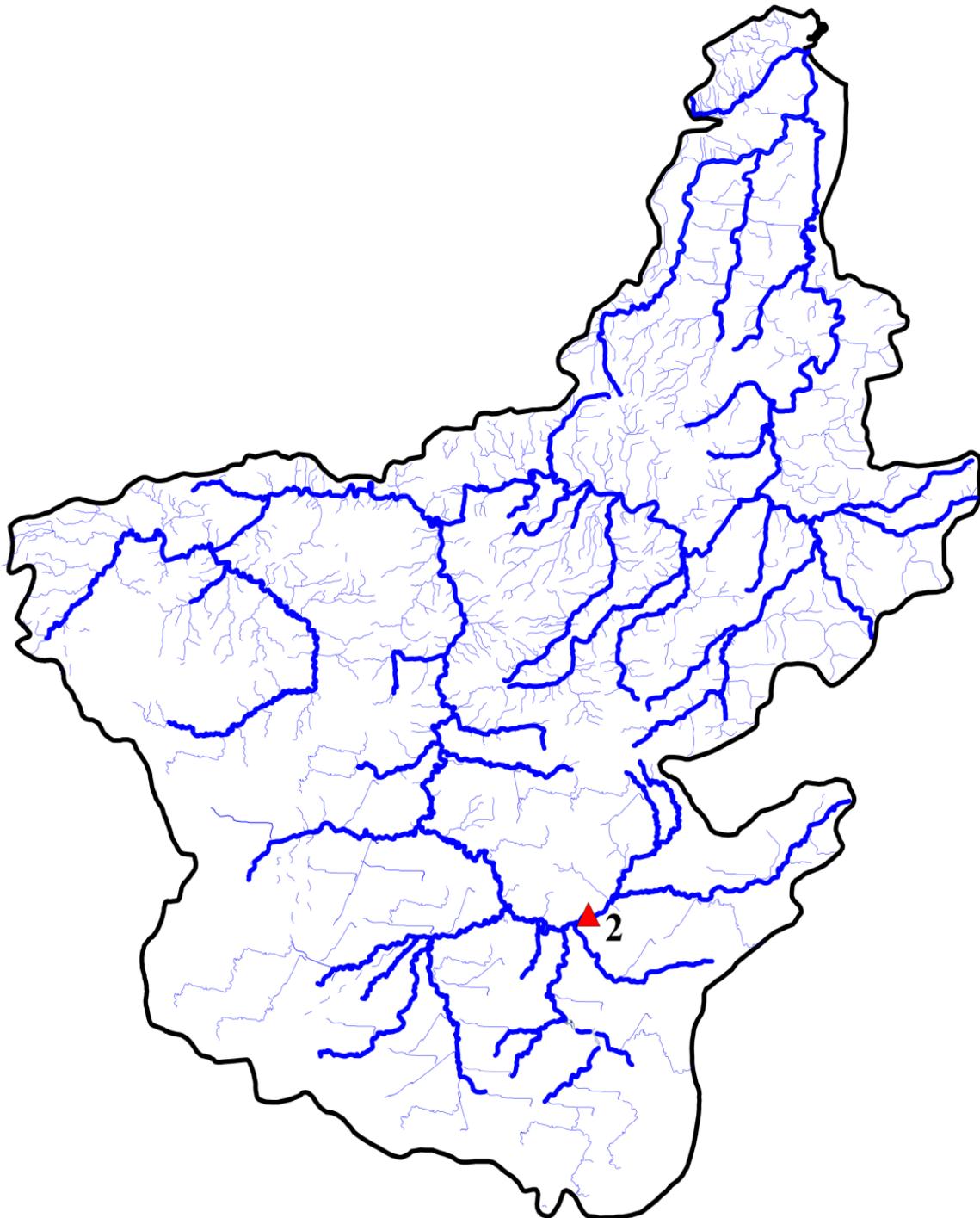


Figure 42: Distribution de *Simulium (Nevermania) lundstromi* dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

III. 3. 3. 4. *Simulium ruficorne* Macquart, 1838**Synonymie***Simulium beckeri* Roubaud, 1906*Simulium annulipes* Becker, 1908*Simulium divergens* Pomeroy, 1922*Simulium diversipes* Edwards, 1923**Citations bibliographiques en Afrique du Nord****Algérie:**

Roubaud (1906b) [Biskra].

Edwards (1923) [AN].

Parrot (1949) [AN].

Grenier (1953) [Biskra, AN].

Grenier et Clastrier (1960) [OA, OV].

Clastrier et Grenier (1961) [GO, AR, IA, SI, TI, ID, TA, TH, OF, TM].

Belazzoug et Tabet-Derraz (1980) [TD].

Crosskey (1988) [Algérie].

Clergue-Gazeau *et al.* (1991) [Est algérien].Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012) [Monts de Tlemcen].**Tunisie:**Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986); Clergue-Gazeau et Boumaiza (1986); Clergue-Gazeau *et al.* (1991).**Maroc:**Grenier *et al.* (1957); Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez (1978); Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez (1981); El Mezdi et Giudicelli (1985); Clergue-Gazeau *et al.* (1991); Giudicelli *et al.* (2000); Belqat *et al.* (2001); Belqat (2002); Belqat *et al.* (2004); Belqat *et al.* (2005); Belqat *et al.* (2011).**Diagnose****Imago****Mâle****Pattes:** Basitarse III cinq fois plus long que large, présence d'un anneau sombre à la base du tibia III.**Genitalia:** Style a peu près aussi long que le coxite (Figure 43 a). Plaque ventrale en vue frontale rectangulaire avec une forte carène médiane pourvue de longs poils (Figure 43 b).**Femelle****Pattes:** Griffes avec un grand processus basal.**Genitalia:** Gonophyses saillantes au bord du huitième sternite délimitant intérieurement un espace en V. Manabrium de la furca un peu plus long que chacune des branches latérales.

Nymphe

Cocon: De structure lâche et en forme de chaussure a ouverture semi-circulaire, avec processus médian de taille moyenne (Figure 43 c).

Appareil respiratoire: Branchies respiratoires au nombre de quatre se distinguant des autres espèces du groupe *ruficorne* aussi bien par leur disposition que par leur forme ; ces filaments prennent naissance à partir d'un pédoncule court et insère au thorax et sont disposés par paires successives à la manière d'une branche d'arbre, leur paroi est tubulaire et extrêmement fragile (Figure 43 c).

Larve

Tête: Ornementation frontoclypéale à trois tâches médianes caractéristiques (Figure 44 b). Hypostomium avec dents bien développées, plus particulièrement les antérieures et les latérales qui sont plus pointues (Figure 44 e). Processus *tp* de la mandibule avec deux dents robustes et subégales (Figure 44 f).

Abdomen: Papilles anales bifides, processus rectal petit et peu pointues (Figure 44 g).

Notes taxonomiques et caryologiques:

S. ruficorne est l'espèce type du sous-genre *Nevermania* Enderlein. Il s'agit là, sans aucun doute, d'une des simulies les plus communes d'Afrique et des aires circum-adjacentes. Connue aux îles Canaries tout d'abord, sous le nom de *annulipes* Becker (Freeman et Meillon, 1953), un matériel considérable a permis par la suite une importante étude morphologique (Crosskey, 1988).

Selon le même auteur, les variations morphologiques observées notamment au niveau des filaments respiratoires nymphaux ne pourraient être clairement liées à l'immense dispersion du taxon à l'intérieur du champ Afrotropical et la région Paléarctique Sud (Crosskey et Büttiker, 1982), mais, des travaux cytologiques antérieurs sur des larves ont confirmé (Crosskey, 1988) qu'il existe un polymorphisme entre les espèces canariennes et celles des populations éloignées (Iles des Cap vert, Côte d'Ivoire). Elles possèdent chacune un cytotype différent. Cependant en l'absence de sympatrie et malgré les différences cytologiques, *S. ruficorne* et les populations des autres régions lointaines, Crosskey (1988) les considère comme conspécifiques.

De plus, selon Bailly-Choumara et Beaucournu- Saguez (1978, 1981), l'espèce serait représentée au Maroc par trois entités taxonomiques: *S. ruficorne sensu stricto* et deux autres formes qu'ils ont nommés espèces A et espèce B.

Au même titre, la Seybouse abrite deux morphoformes de *S. ruficorne*, car deux types de variétés de filaments respiratoires ont été recueillis, l'une à filaments respiratoires longs et grêles représentant la forme typique de *S. ruficorne* que nous désignerons sous la dénomination de *S. ruficorne* A et correspond parfaitement aux descriptions fournies par Edwards (1923) et Freeman et Meillon (1953).

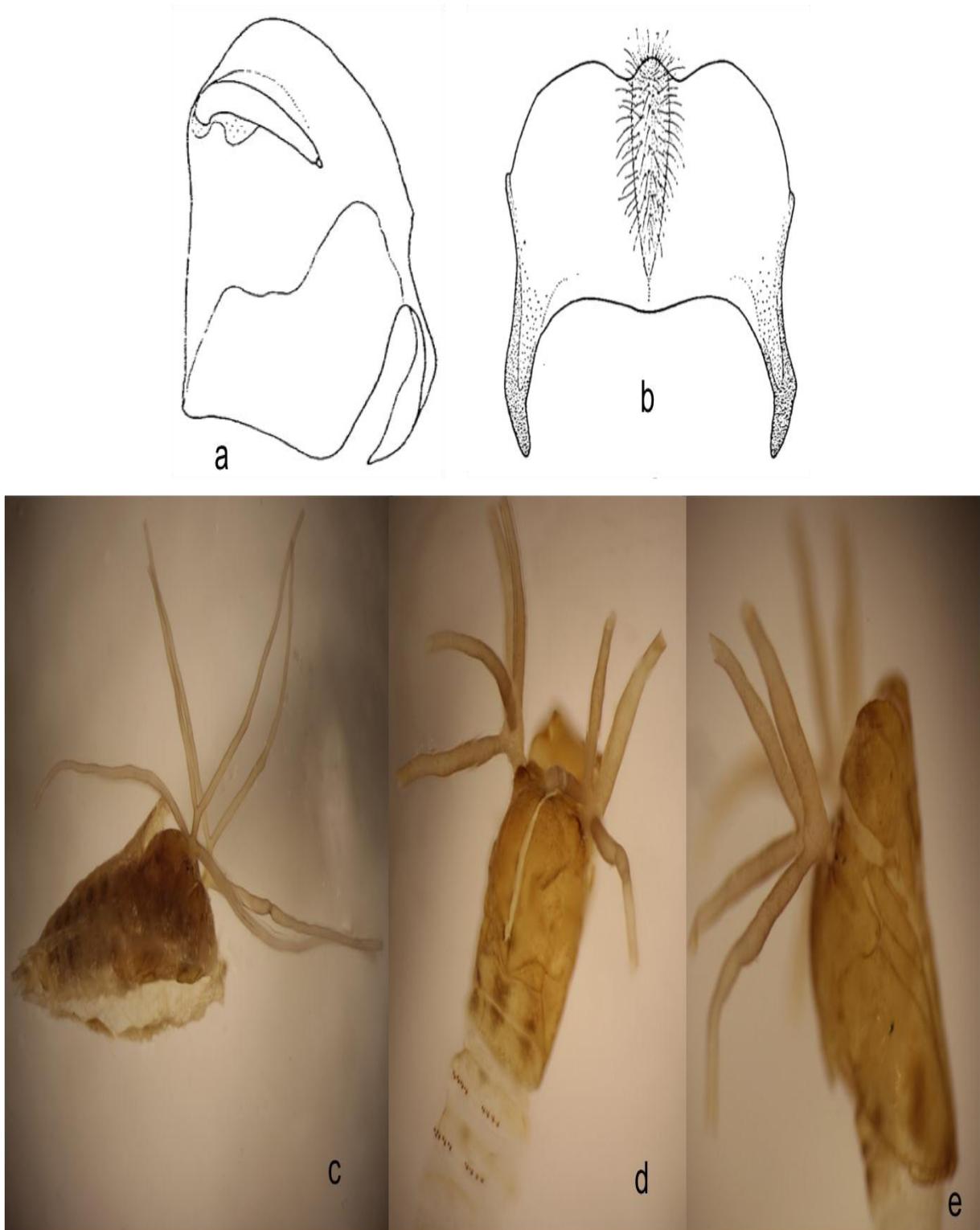


Figure 43: *Simulium (Nevermania) ruficorne*: gonocoxite du mâle (a) et plaque ventrale vue de face (b) (Crosskey, 1967), aspect général de la nymphe de *S. ruficorne* forme A (c), aspect général de l'exuvie nymphe de *S. ruficorne* forme B vue de face (d) et de profil (d).

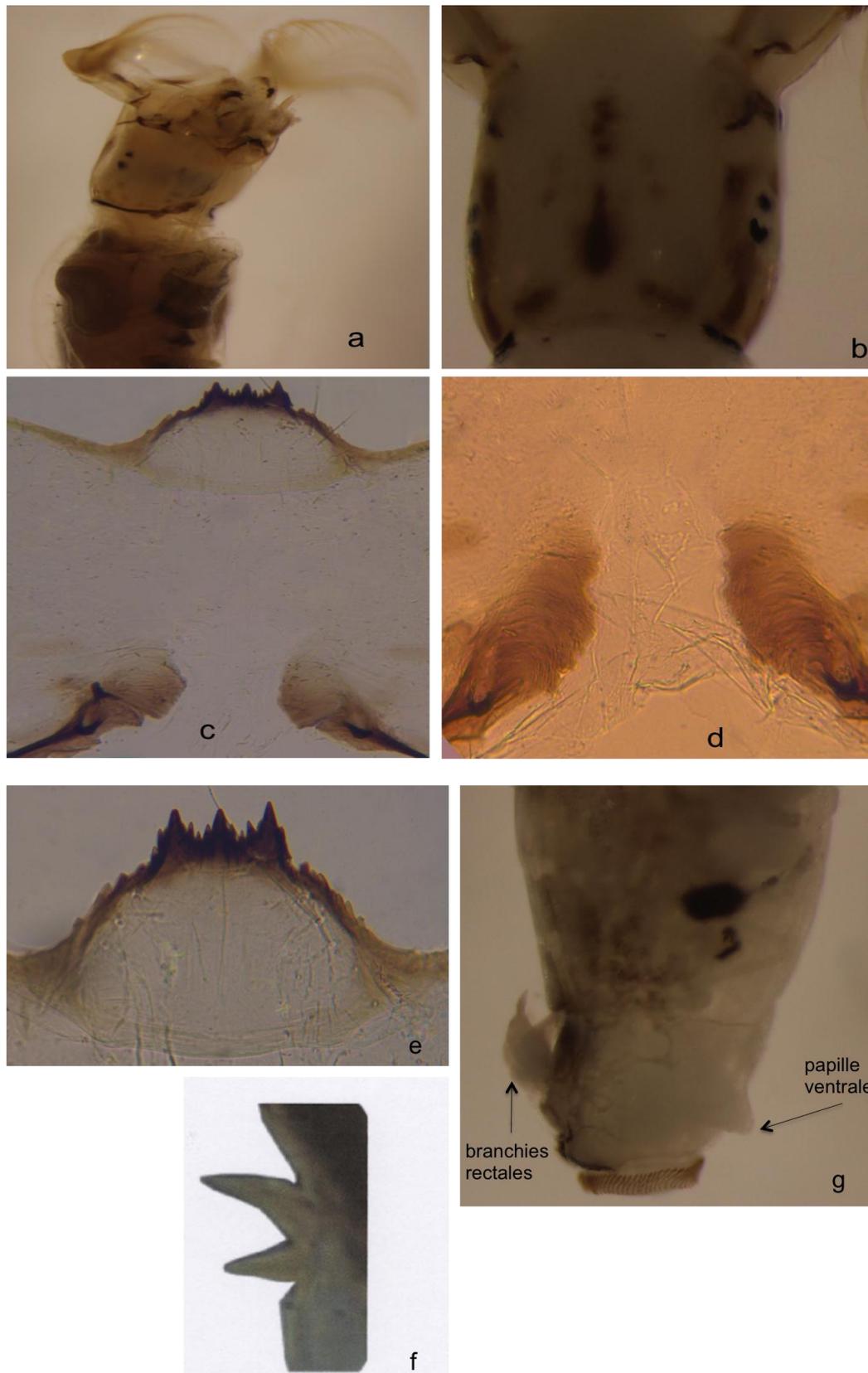


Figure 44: Larve de *Simulium* (*Nevermania*) *ruficorne*: céphalothorax (a), tête en vue dorsale montrant l'ornementation du frontoclypeus (b), capsule céphalique en vue ventrale (c), échancrure ventrale (d), hypostomium (e), processus *tp* de la mandibule (f) (Belqat, 2002), extrémité postérieure de l'abdomen (g).

La deuxième variété a été récoltée en mois d'octobre 2012 au niveau de la station 2 (O. M'gisba), il s'agit d'une exuvie nymphal appartenant vraisemblablement au sous genre *Nevermania* et qui est très proche de *S. ruficornis* A mais qui diffère par une épaisseur plus importante des filaments respiratoires, nous rapporterons cette nouvelle forme sous le nom de *S. ruficornis* B (Figures 43 d, e).

La présence de sympatrie entre les deux morphoformes *S. ruficornis* forme A et *S. ruficornis* B nous permet de les suggérer comme non conspécifiques, cependant la confirmation de cela nécessite la révélation de différences cytologiques entre les deux formes; ainsi d'amples prélèvements devraient nous renseigner sur la signification de cet aspect de l'appareil respiratoire afin de confirmer la validité taxonomique de la morphoforme B.

D'autre part, l'examen chromosomique des larves (1 femelle et deux mâles) a permis de les apparier avec le matériel décrit des îles de Madère (Portugal) et Fuerteventura (l'archipel des Canaries) (Seitz *et al.*, 2012), avec la présence des inversions stables *III-7*, *IIII-1*, *IIII-2* sur l'hétérobande épaisse 83B du chromosome X, et un polymorphisme autosomique marqué par la présence de l'inversion *III-1*; de plus et au même titre que la moitié des larves décrites du Portugal, les deux larves mâle examinées ont également exprimé un désappariement au niveau des sections 86-89.

Distribution

L'aire de répartition de *S. ruficornis* couvre un champ géographique considérable, elle s'étale sur tout le continent africain et est très répandue sur une vaste étendue de la région éthiopienne: Afrique intertropicale, du Sud, île de la Réunion, îles Rodriguez et Maurice (Freeman et De Meillon, 1953) et Madagascar (Freeman et De Meillon, 1953; Gibon et Elouard, 1996), cet élément n'est pas du tout aussi absent des massifs montagneux isolés du Sahara tchadien (Grenier & Rioux 1960).

L'espèce fréquente la plupart des régions méridionales du bassin méditerranéen: Maghreb, Egypte, Moyen Orient (Crosskey, 1969, 1994) et la péninsule arabique où elle monte jusqu'à 2500 m d'altitude (Crosskey et Buttiker, 1982). Elle pénètre légèrement en zone Sud-Ouest de l'Europe où la péninsule ibérique marque la limite septentrionale de la distribution de l'espèce: au Portugal elle a été signalée par Beaucournu- Saguez (1972) et Santos-Grácio (1985) alors qu'en Espagne elle a été trouvée dans plusieurs gîtes (Beaucournu- Saguez, 1975b; González-Peña *et al.*, 1987; González-Peña, 1990; Crosskey et Crosskey, 2000). L'espèce a été également observée dans les îles Canaries (Crosskey, 1988).

Dans le Maghreb, le taxon a été observé en Tunisie par Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986) dans deux petits cours d'eau méridionaux alors qu'au Maroc il a été signalé d'abord dans les oasis sahariennes (Grenier *et al.*, 1957), puis dans le Haut Atlas (Bailly-Choumara & Beaucournu- Saguez 1978, 1981) et le Rif (Bailly-Choumara & Beaucournu- Saguez 1978, 1981; Belqat *et al.*, 2001a ; Belqat, 2002).

En Algérie, la première mention de *S. ruficornis* remonte à 1906 dans une diagnose originale établie par Roubaud à partir d'une collection composée de deux mâles et une femelle recueillis par Becker dans la localité de Biskra et à qui le chercheur a dédié l'espèce. Plus tard, Edwards, le savant entomologiste du British Museum avait reconnu dans ses archives publiées en 1923 avoir identifié l'espèce d'après des exemplaires qui lui ont été adressés de l'institut Pasteur d'Alger et qui sont en provenance de la région d'Aïn ben Noui près de Biskra. Le taxon a depuis été recensé (Annexe 6) par Grenier et Clastrier (1960) et Belazzoug et Tabet-Derraz (1980) dans l'Oued Ihérir dans le massif montagneux du Sahara oriental (Tassili n'Ajjer) et dans plusieurs stations du Sahara centrale (Monts du Hoggar) jusqu'à 2070 m d'altitude (Clastrier et Grenier, 1961). Récemment la présence de cette espèce a été également signalée dans le réseau hydrographique du Tafna (Chaoui Boudghane-Bendious *et al.*, 2012).

Habitat

Les données recueillies en diverses régions d'Afrique font de *S. ruficornis* une forme peu rhéophile à une occurrence relativement élevée, fréquentant les cours d'eau au lit limoneux, souvent associée à une vitesse faible du courant, parfois même imperceptible (Grenier, 1953), elle a même été trouvée dans des flaques correspondant à des empreintes de pas et dans des petites mares (Grenier, 1953) Elle semble se limiter aux altitudes faibles à moyennes, depuis les plus basses plaines jusqu'à 1300 m d'altitude. A Madagascar, elle a été recueillie dans un lac (Grenier et Doucet, 1949) alors que Gibon et Elouard (1996) lui attribuent comme habitat préférentiel les rivières de savanes et les eaux plus chaudes du Sud malgache aux vitesses de courant moyennes (0,40 à 0,80 m/s).

L'écologie du taxon au Maghreb est la même que sur le continent africain. En Tunisie, les larves et les nymphes ont été observées dans deux petits cours d'eau à faible débit et courant lent. Le fond est sableux, la végétation soit dense avec des roseaux et des algues, soit plus clairsemée avec des algues où l'espèce y était dominante sur les espèces associées: *S. velutinum* et *S. pseudequinum* (Boumaiza et Clergue-Gazeau, 1986).

Au Maroc, l'espèce a été d'abord capturée dans les oasis présahariens de basses altitudes (300-400 m) et dans des eaux lentes, chaudes, parfois riches en matière organique (Grenier *et al.*, 1957). Au Nord, elle a été récoltée dans le Rif (Belqat, 2002) dans trois stations caractérisées par un fond limoneux avec une faible profondeur et des températures variant entre 13 et 27°C.

Dans notre pays, *S. ruficornis* est bien caractéristique des Oasis et des cours d'eau sahariens, elle a été signalée dans le Sahara orientale et le Tibesti dans des cours d'eau permanents au subpermanents à des altitudes de 800 et 1300 m (Grenier et Clastrier, 1960) mais également dans le Sahara centrale (Clastrier et Grenier, 1961).

Dans le massif du Tassili n'Ajjer Grenier et Clastrier (1960) rapportent que les stades juvéniles de l'espèce ont été collectés dans l'Oued Arharhar, à une altitude de 1130 m, sur des

pierres, des brindilles et des fragments de palmes immergés en différents endroits à faible pente et à courant très lent avec un fond sablonneux.

Selon les mêmes auteurs, Il s'agit en effet d'une espèce extrêmement peu exigeante, très peu rhéophile, s'accommodant même d'eau stagnantes à températures élevées (20- 27°C), très chargés en matières organiques, puisque on l'a trouvée parfois dans des caniveaux servant d'égouts et de latrines.

Dans le Massif montagneux du Hoggar, Clastrier et Grenier (1961) soulignent que les gîtes de *S. ruficornis* qu'ils ont prospectés dans le centre du Sahara, se situent entre 380 et 2070 m d'altitude, le lit des Oueds ou de Seguia est à courant assez lent, les stades immatures manifestent une préférence au endroits où une rupture de pente augmentait légèrement la vitesse d'écoulement et choisissent avec une prédilection d'étroites gouttières creusées directement dans les roches encombrées par un épais feutrage d'algues filamenteuse. L'espèce devient moins abondante au-delà de 2100 m d'altitude.

Dans le réseau hydrographique de la Seybouse (Figure 45), deux cours d'eau uniquement rendent compte de l'existence de la forme typique de *S. ruficornis* (*S. ruficornis* forme A), il s'agit des stations 2 (O. M'gisba) et 21 (O. Zimba) situées à des élévations de 751 et 278 m respectivement avec une largeur comprise entre 0,8 et 6 m. Bien que nous n'ayons trouvé *S. ruficornis* A que dans deux cours d'eau, les données écologiques recueillies concordent avec celles de la littérature, puisque ses gîtes se caractérisent par un lit limoneux peu profond avec une température variant entre 11,4 et 21,2 °C et une vitesse d'écoulement moyenne faible (0,4 m/s). Signalons aussi que les stades immatures de l'espèce, tel que l'avancé Crosskey (1967) peuvent survivre dans des eaux à courant presque nul, telles sont les conditions de l'oued Zimba (Septembre 2011) où elle est l'unique espèce à supporter ces conditions. En effet, l'auteur suscitée précise qu'elle est la seule espèce dont les stades immatures peuvent s'adapter aux dures conditions du Sahara central.

Par ailleurs, Dans des cours d'eau marocains aux mêmes conditions que celle des gîtes de l'espèce dans notre aire d'étude, Belqat (2002) avance un degré de minéralisation beaucoup plus important (1724 – 6670 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que le notre (6,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

De plus, dans les stations de l'espèce considérées par González-Peña (1990) et qui correspondent à de petits cours d'eau peu profonds et contaminés par des composés organiques (González-Peña *et al.*, 1987), la température varie entre 14 et 23°C et les eaux présentent des valeurs de hautes conductivité (1400 et 1860 $\mu\text{S}/\text{cm}$).



Figure 45: Distribution de *Simulium (Nevermania) ruficornes* A dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

Pour ce qui est de la morphoforme B de *S. ruficorne*, l'habitat (O. M'gisba) qu'elle affectionne est partagé avec la variété A (Figure 46), les conditions de prélèvement de l'élément correspondent à un moyen cours d'eau (largeur ne dépassant pas les 2 mètres) avec un substrat qui n'est couvert que par quelques centimètres d'eau fraîche (4,8 cm) s'écoulant à une vitesse faible (0,4 m/s).

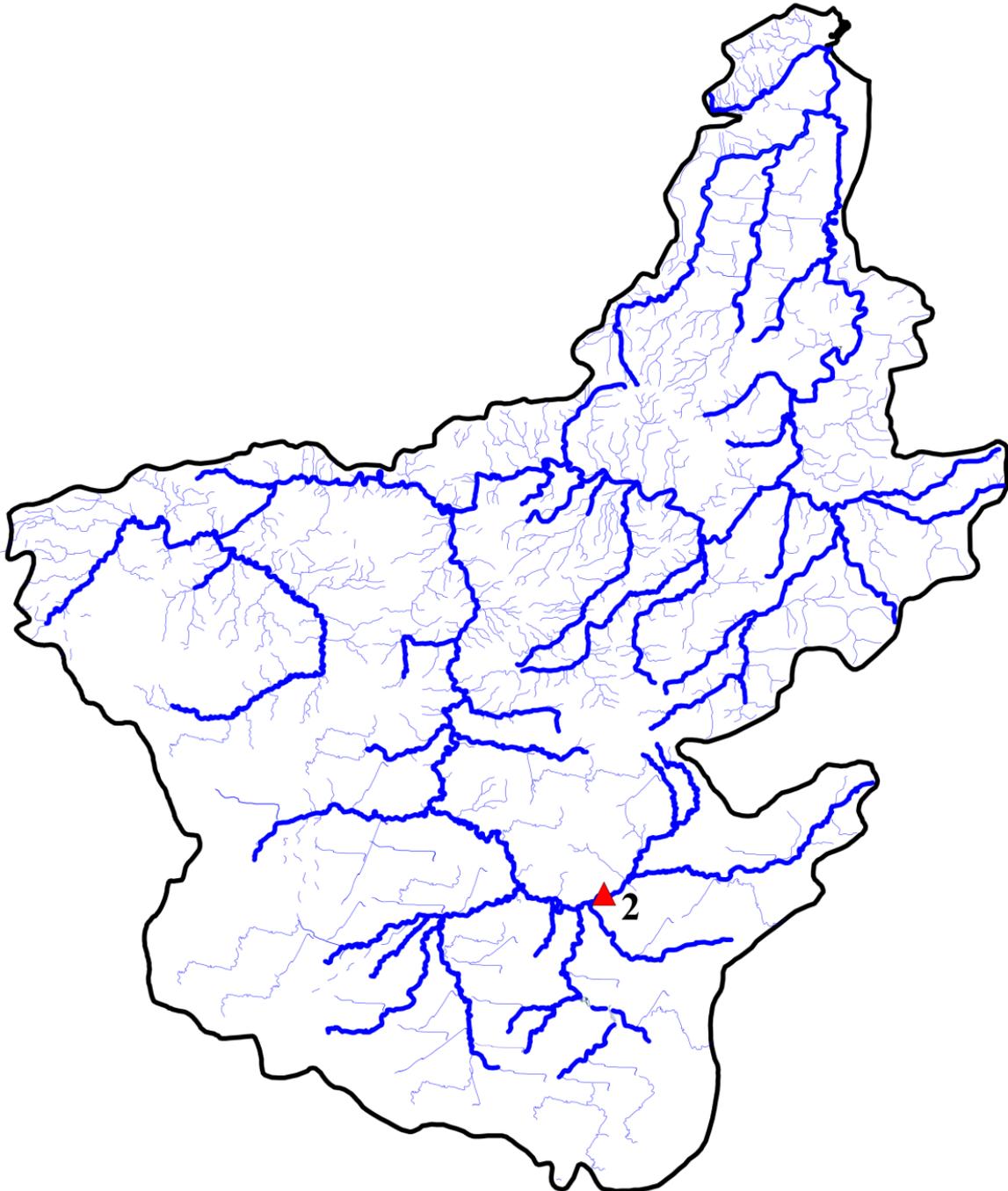


Figure 46: Distribution de *Simulium (Nevermania) ruficorne* B dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

Sous-genre *Simulium* Latreille, 1802

Groupe *Simulium (Simulium) ornatum*

III. 3. 3. 5. *Simulium ornatum* Meigen, 1818 complexe

Synonymie

(Quelques synonymes seulement)

Simulium fasciatum Meigen, 1830

Simulium crassitarse Macquart, 1834

Simulium tibiale Macquart, 1834

Simulium pratorum Friederichs, 1920

Simulium konsuloffi (Enderlein, 1924)

Simulium primum (Baranov, 1926)

Simulium secundum (Baranov, 1926)

Citations bibliographiques en Afrique du Nord

Algérie:

Edwards (1923) [BO, BM].

Parrot (1949) [BO].

Grenier (1953) [BO, BM].

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) [TO, T2, SD, K0, SM, Z1, C0, C1, S4].

Lounaci *et al.* (2000 b) [2, 3, 5, 6, 9, 11, 12, 15, 18].

Clergue-Gazeau *et al.* (1991) [Est et Ouest algérien].

Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.* (2012) [Monts du Djurdjura, Monts de Tlemcen].

Tunisie:

Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986); Clergue-Gazeau et Boumaiza (1986); Clergue-Gazeau *et al.* (1991).

Maroc:

Séguy (1930); Grenier (1953); Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez (1978); Clergue-Gazeau *et al.* (1991); Giudicelli *et al.* (2000); Belqat *et al.* (2001); Belqat (2002); Belqat *et Dakki* (2004); Belqat *et al.* (2005); Belqat *et al.* (2008); Belqat *et al.* (2011).

Diagnose

Imago

Mâle

Pattes: Basitarse de la troisième patte est fortement aplati et haut.

Genitalia: Vue de profil, la plaque ventrale présente un bord distal épineux approximativement et demi circulaire avec un processus ventral nasiforme à extrémité légèrement retournée (Figure 47 a). Gonopodes d'aspect semblable à la figure 47 b.

Femelle

Pattes: Basitarse de la patte postérieure beaucoup moins aplati que chez le mâle. Griffe tarsale avec nette dent basale acérée (Figure 47 c).

Genitalia: Plaque quadrangulaire large sur le huitième sternite; Gonopophyses arrondies, nettement concaves et peu assombries sur leur bordure médiane (Figure 47 d).

Nymphe

Cocon: En forme de poche simple à ouverture semi-circulaire et de tissage séré avec une texture plus compacte vers l'ouverture (Figure 48 a, b).

Appareil respiratoire: De chaque cote, 8 filaments disposés par 4 paires sur de courts pédoncules (Figure 48 c, d), la longueur de ceux-ci est variable, mais généralement ceux des deux paires ventrales sont plus longs; la paire de filaments la plus ventrale est la moins épaisse.

Larve

Tête: Fond brun jaunâtre avec une ornementation frontoclypéale constituée de plages pigmentées qui peuvent être parfois diffuses ou même indistinctes, chez certains individus la tête peut même être complètement noire (Figure 49 a). Echancrure ventrale peu profonde et plus ou moins arrondie (Figure 49 c). Hypostomium formé de 9 dents peu marquées (Figure 49 d). Processus *tp* de la mandibule garni de deux dents de tailles différentes et acérées, l'antérieure étant plus développée que la postérieure plutôt effilée.

Abdomen: Processus rectal non ramifié, papilles ventrales, très petites, à large base et difficiles à distinguer (Figure 49 e).

Notes taxonomiques et caryologiques

A l'occasion de leur révision de *S. ornatum*, Zwick et Crosskey (1980) rappellent que la description originale de l'espèce avait été réalisée à partir des deux sexes, mais que seules deux femelles syntypes ont été retrouvées et qu'ils jugent conspécifiques. L'analyse du lectotype obtenu à partir du meilleur spécimen a permis aux auteurs de conclure que *Odagmia ornata* (Meigen) ou donc *Simulium ornatum* a été correctement compris au niveau morphotaxonomique par tous les nouveaux taxonomistes.

La très grande variabilité morphologique qui existe au sein des espèces du complexe *S. ornatum*, est tellement accusée qu'elle a motivé des tentatives de séparation de ce taxon en formes morphologiquement différentes (Rubtsov, 1967). Post (1980) a mis en évidence l'existence en Grande Bretagne de quatre cytotypes différents, ceci requiert que le matériel soit révisé du point de vue cytologique.

Dans leur matériel collecté dans l'Ouest algérien, Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) ont séparé le groupe en trois espèces: *S. intermedium sensu stricto*, *S. ornatum sensu lato* (complexe duquel est exclue l'espèce précédente) et une forme différente qui a été assignée au groupe *ornatum* grâce à la morphologie de l'exuvie nymphale et l'orientation des filaments

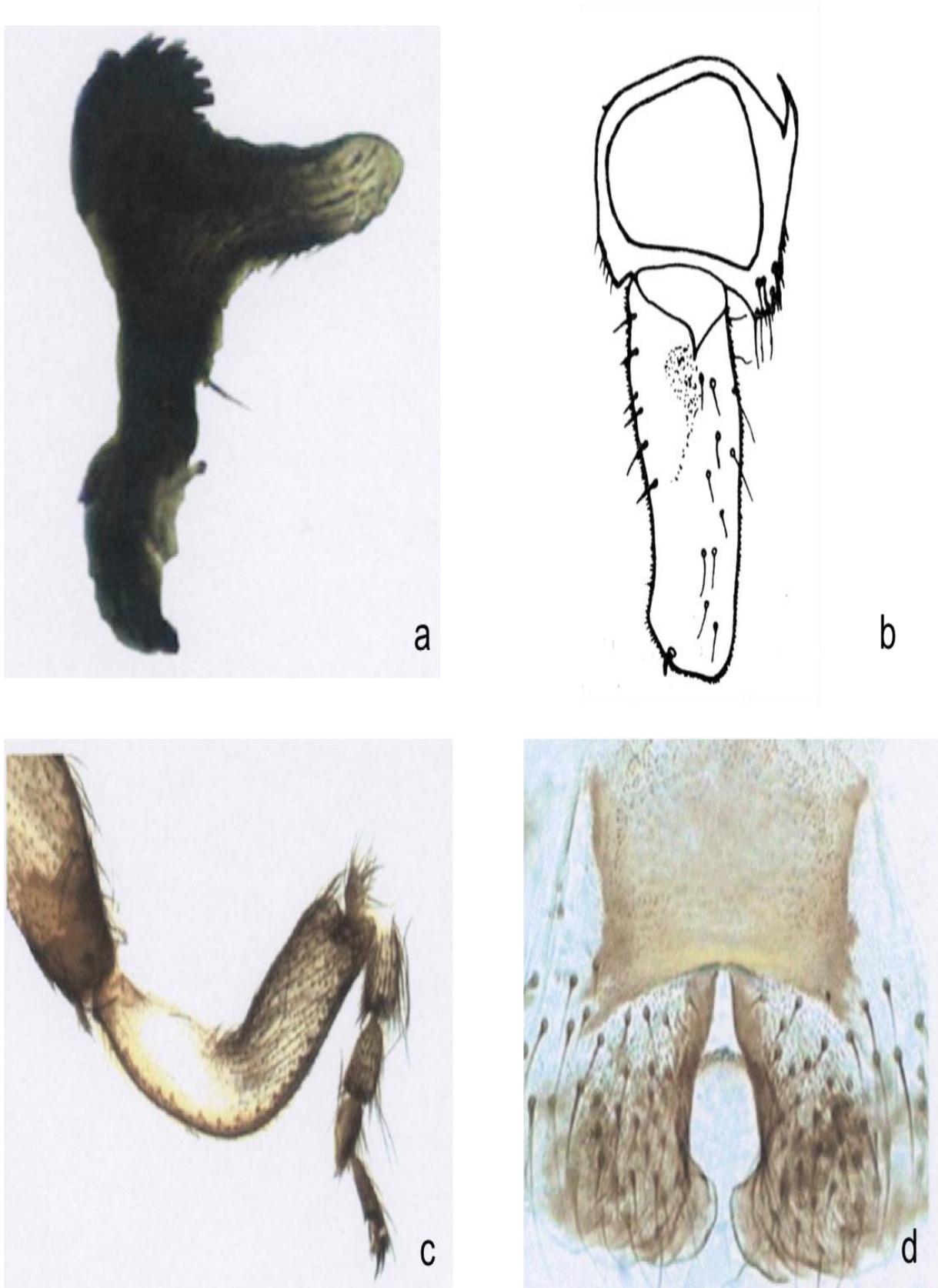


Figure 47: Imago de *Simulium* (*Simulium*) *ornatum*: génitalia mâle: plaque ventrale vue de profil (a) (Belqat, 2004) et gonocoxite (b) (Clergue-Gazeau et Boumaiza, 1986); patte postérieure de la femelle (c); gonopophyses de la femelle (d) (Belqat, 2002).

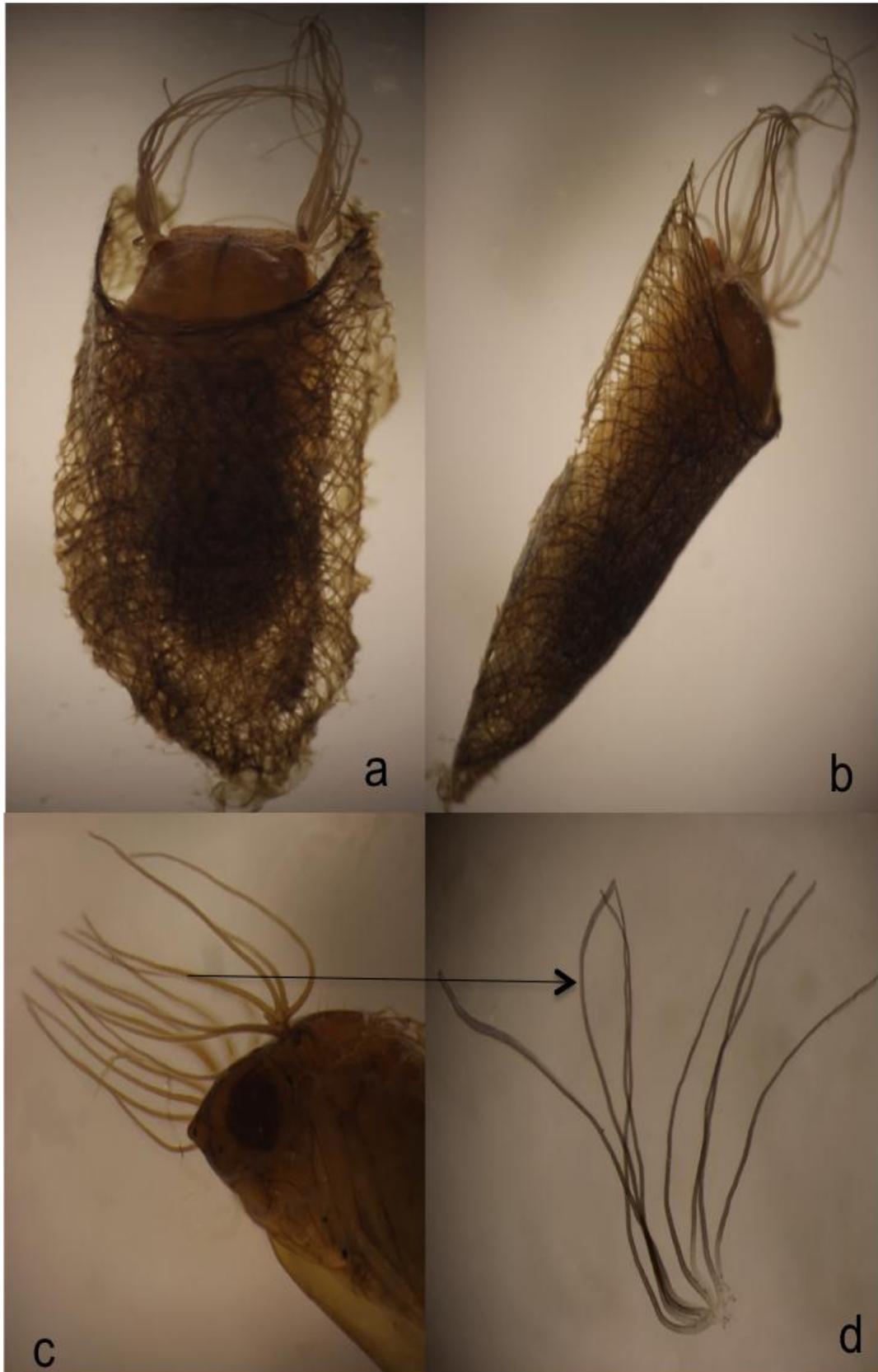


Figure 48: Nympe de *Simulium* (*Simulium*) *ornatum*: aspect général vue de face (a) et de profil (b), céphalothorax (c), branchies nymphales (d).



Figure 49: Larve de *Simulium* (*Simulium*) *ornatum*: tête vue de profil (a), capsule céphalique en vue ventrale (b), échancrure ventrale (c), hypostomium (d), extrémité postérieure de l'abdomen (e).

branchiaux dont les troncs communs sont élargis à la base et les filaments presque sessiles; d'après les mêmes auteurs, le problème de ces formes ne peut être résolu qu'avec l'étude des chromosomes polytènes des larves.

Nos propres observations supportent l'incertitude quant au polymorphisme d'une ou de plusieurs formes. En effet, les populations seyboussiennes de *S. ornatum* formeraient vraisemblablement un complexe d'espèces, ceci est en raison de la fréquence relativement importante de leur distribution dans notre aire d'étude. Cependant, en dépit du nombre limité des larves que nous avons examiné génétiquement (10 larves), les résultats obtenus après confrontation des chromosomes avec des cartes standard (Adler, données non publiées) révèlent l'existence d'une seule espèce.

Bien que le statut de ce taxon par rapport aux autres membres du grand complexe *S. ornatum* ne soit pas encore déterminé, nous sommes toutefois persuadé, en s'appuyant sur notre examen chromosomique, qu'il ne s'agit pas de *S. ornatum sensu stricto*.

Distribution:

L'espèce possède une très large distribution paléarctique (Annexe 10). D'après la littérature, *S. ornatum* compte parmi les formes les plus communes et les plus ubiquistes d'Europe (Clergue-Gazeau, 1987; Vinçon et Clergue-Gazeau, 1988; Lautenschläger et Kiel, 2005; Kazanci, 2006; Kazanci et Ertunç, 2010) où elle est considérée comme une espèce euritherme et polluo-résistante. L'espèce est également connue du Nord de l'Asie.

S. ornatum, s'étend sur le continent africain où elle est beaucoup moins répandue que l'espèce du même groupe *S. intermedium* (Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez, 1978; Boumaiza et Clergue-Gazeau, 1986; Lounaci *et al.*, 2000 a; Giudicelli *et al.*, 2000). Elle a d'abord été localisée en Algérie par Edwards (1923) puis au Maroc où elle a été capturée dans le Haut (Bouzidi, 1989; Giudicelli *et al.*, 2000), le Moyen (Clergue-Gazeau, 1991) et l'Anti-Atlas (Clergue-Gazeau, 1991), mais également dans le Rif, (Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez, 1978; Belqat, 2001; Belqat, 2002). C'est n'est qu'en 1986 que Boumaiza et Clergue-Gazeau l'on signalée en Tunisie. Cet élément n'est pas absent du Moyen-Orient où il a été observé au Liban (Moubayed et Clergue-Gazeau, 1985).

En Algérie, où l'espèce est bien documentée, elle présente des densités très variables: en Grande Kabylie elle colonise 50 % des stations prospectées (Lounaci *et al.*, 2000 b; Lounaci, 2005), alors qu'en Ouest (Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988; Chaoui Boudghane-Bendiouis *et al.*, 2012), neuf points uniquement hébergent le taxon dans le bassin versant du Tafna (Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988). L'espèce a été également observée dans la wilaya de Bouïra (Parrot, 1949; Grenier, 1953).

Habitat:

De façon générale, *S. ornatum* est considérée comme une espèce peu exigeante qui est capable de fréquenter divers types d'habitats (Zhang *et al.*, 1998; Malmqvist *et al.*, 1999; Feld *et al.*, 2002; Ofenböck *et al.*, 2002; Lautenschläger et Kiel, 2005).

En Europe, *S. ornatum* se développe le plus souvent dans des ruisseaux de petite dimensions ou au bords des sources en moyenne ou haute montagne; vitesse du courant faible, modérée à rapide, elle s'oppose à des éléments qui colonisent de préférence les cours d'eau de plus grande dimension (Vinçon et Clergue-Gazeau, 1988), l'espèce est considérée comme eurythope n'ayant pas de préférence altitudinale spécifique (Lautenschläger et Kiel, 2005).

En Afrique du Nord, l'espèce possède une large amplitude altitudinale et est commune surtout en plaine et zones de basse altitude du territoire maghrébin (Clergue-Gazeau, 1991; Giudicelli *et al.*, 2000), elle devient moins fréquente lorsqu'on s'élève en altitude (Boumaiza et Clergue-Gazeau, 1986).

En Tunisie, le taxon a été capturé à l'extrême Nord du pays dans 7 stations dont l'altitude est comprise entre 8 et 400 m. Dans celles-ci, le biotope se caractérise par un courant rapide et bien oxygéné, nonobstant, les densités des stades aquatiques enregistrées étaient très faibles (Boumaiza et Clergue-Gazeau, 1986).

Au Maroc, l'espèce présente des densités très variables: dans le Moyen-Atlas elle fréquente 5 stations (Clergue-Gazeau, 1991), l'Anti-Atlas avec une seule station connue de l'espèce (Clergue-Gazeau, 1991), dans le Rif, où l'espèce a été observée jusqu'à 1550 m d'altitude (Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez, 1978), Belqat (2002) comptabilise 22 gîtes et lui attribue comme habitats des gîtes assez variés.

Dans notre pays, *S. ornatum* est commune dans les Monts de Tlemcen (Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988) dans des cours d'eau situés entre 150 et 1090 m d'altitude, la vitesse d'écoulement est qualifiée de moyenne à lente, avec une largeur du lit ne dépassant pas les 4 mètres, les températures enregistrées oscillent entre 5,2 et 30,4 °C. Dans le Nord algérien, les gîtes qui abritent cette espèce dans les Monts du Djurdjura (Lounaci, 2005; Lounaci *et al.*, 2000 b), semblent présenter des caractères écologiques semblables à ceux avancés dans l'Ouest; en effet, l'espèce est rencontrée aussi bien dans les ruisseaux de sources (940-1680 m d'altitude) que dans les cours d'eau de basse altitude (60-380 m), l'écart thermique enregistré est du même ordre que celui noté dans les cours d'eau du Tafna (4-27 °C) ; l'eau coule sur une section mouillée variant entre 0,5 et 5 m de largeur. Cependant, dans les deux régions algériennes sus citées, l'espèce devient moins abondante dans les zones de haute altitude.

Concernant les observations de Parrot (1949), l'auteur évoque le même commentaire que celui qu'il a fourni pour la distribution de *S. velutinum* en Algérie. En revanche, Grenier (1953) et Chaoui Boudghane-Bendjouis *et al.* (2012), se sont limités à citer l'espèce sans pour autant donner des informations sur son écologie.

Dans notre aire d'étude, la distribution de *S. ornatum* s'insère parfaitement dans le cadre maghrébin, plus particulièrement algérien. En effet, au niveau des 16 stations hébergeant l'espèce (Figure 50), cette dernière montre une tendance hémisténotherme et semble être capable de coloniser des biotopes variés aussi bien dans les petits cours d'eau de hautes altitudes (610-852 m) que les larges rivières de plaines (224 m).

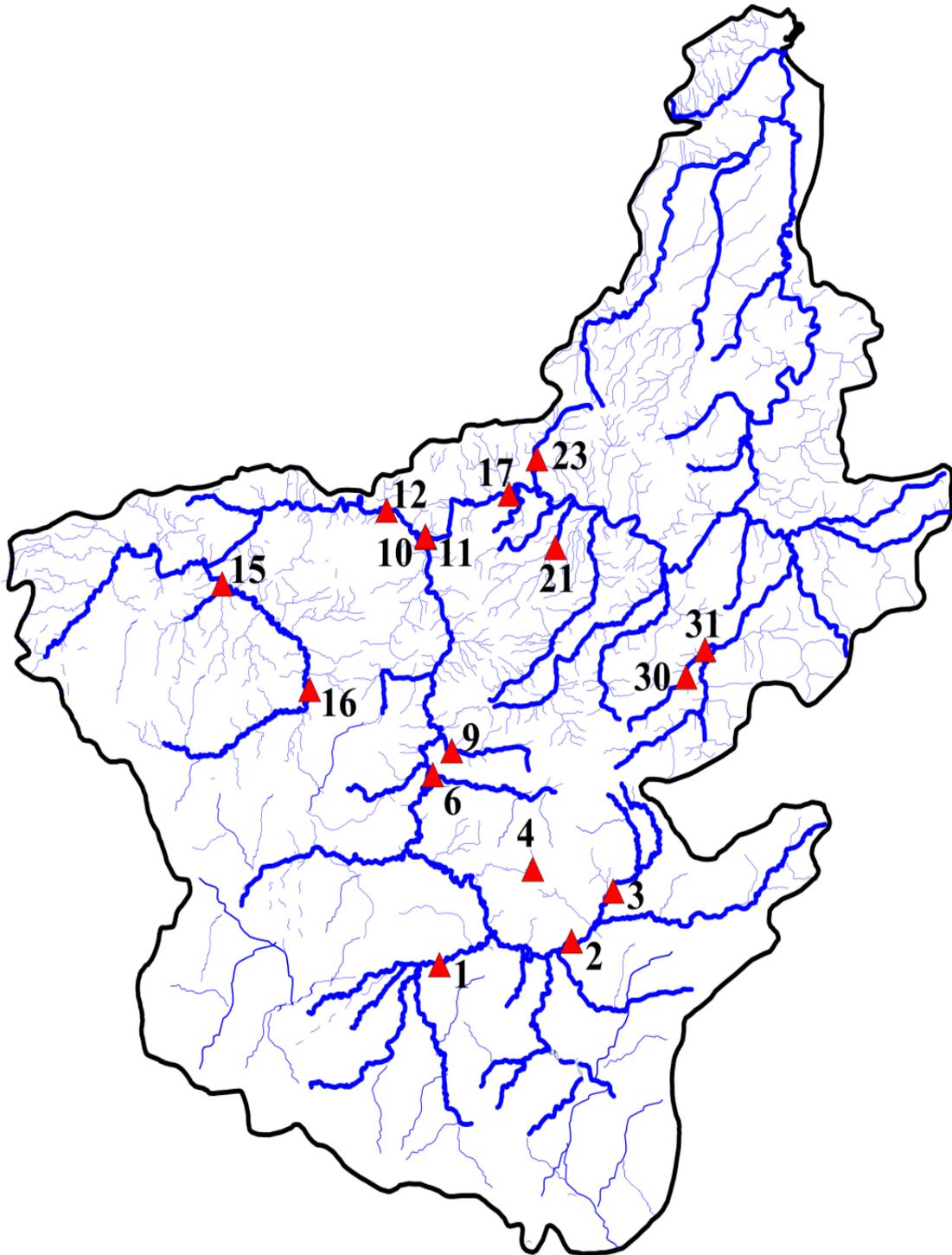


Figure 50: Distribution de *Simulium (Simulium) ornatum* complexe dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

Ces biotopes se caractérisent par un substrat essentiellement pierreux, avec une faible représentativité de limon, des courants lents à très rapides (0.2-2.1 m/s) et des eaux bien oxygénées, dont la température se tient entre 9,5 et 23,5 °C, soit du même ordre de l'amplitude thermique enregistrée par Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986): 8 °C et 30 °C ainsi que Belqat (2002): 9,4 et 29°C. Cependant, Gagneur et Clergue (1988) l'ont signalé dans des sources et leurs émissaires dans le bassin versant du Tafna.

Soulignons que, dans le réseau hydrographique de la Seybouse, *S. ornatum* fréquente des biotopes assez uniformes et évite les formations rocheuses et les endroits à fort courant. L'espèce occupe la troisième place après *S. pseudequinum* en termes d'effectif, et n'est jamais présente en grande abondance. Les stades immatures de l'espèce sont souvent capturés sur la végétation, Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986) ont évoqué la même constatation dans les gites prospectés en Tunisie, alors que Timm et Klopp (1993) et Rühm et Prügel (1988) ainsi que Clergue-Gazeau (1991) l'ont fait pour l'Allemagne et les Pyrénées respectivement.

Enfin, il convient de préciser que la présence de *S. ornatum* dans la station 17 (Seybouse à El-Fedjouj), est jugée accidentelle, car, en dépit de nos recherches approfondies, nous n'avons pu recueillir qu'une seule larve au niveau de cette station.

Sous-genre *Wilhelmia* Enderlein, 1921

Les simulies du sous-genre *Wilhelmia* Enderlein occupent la région paléarctique, et sont très répandues sur tout le pourtour du bassin méditerranéen, où elles constituent des composantes faunistiques les plus facilement reconnues.

Ecologiquement, le groupe montre une nette préférence pour les grandes rivières et les ruisseaux de plaine; les femelles sont bien connues pour le repas de sang qu'elles effectuent sur leurs hôtes mammifères, notamment les équidés, auquel elles infligent des piqures.

En dépit des caractères distinctifs du sous-genre, les différentes espèces qui le constituent ne peuvent être efficacement identifiées que si l'on prend en compte les caractères de l'appareil respiratoire de la puppe combinés à ceux de l'appareil génital mâle. D'autres cas requièrent en outre, l'examen de la spermathèque femelle en tant que caractère discriminatif et/ou confirmatif.

Les travaux taxonomiques anciens étaient basés uniquement sur l'examen des caractères externes des imagos; ce qui a eu comme conséquence directe, la mis-identification de plusieurs espèces et l'établissement de synonymies erronées entre les espèces Ouest-européennes (Crosskey, 1981).

Groupe S. (*Wilhelmia*) *equinum***III. 3. 3. 6. *Simulium pseudequinum* Séguy, 1921****Synonymie**

Simulium canariense Séguy, 1921

Simulium canariense brnizense Baranov, 1924

Simulium canariense mediterraneum Puri, 1925

Simulium canariense stylatum (Baranov, 1926)

Simulium canariense primum (Baranov, 1926)

Simulium canariense quartum (Baranov, 1926)

Simulium canariense barbaricum Séguy, 1930

Simulium sulfuricola (Rivosecchi, 1972)

Simulium fluminicola (Rivosecchi, 1972)

Citations bibliographiques en Afrique du Nord**Algérie:**

Edwards (1923) [CR, BC, BM, BR, KE, KB, KB, KL, KK, AL, MA].

Parrot (1949) [CR, BC, BM, BR, KE, KB, KB, KL, KK, AL, MA].

Grenier (1953) [CR, BC, BM, BR, KE, KB, KB, KL, KK, AL, MA].

Crosskey (1988) [Algérie].

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) [T2, T3, K0, K2, T9, T10, M1, M2, MG, Z1, B1, B2, P, I2, I3, I4, I5, C0, C1, C2, AT, S0, S1, S2, S3, X, H, Y, G, KA, KS].

Clergue-Gazeau *et al.* (1991) [Est et Ouest algérien].

Lounaci *et al.* (2000a) [Oued Sébaou, Grande Kabylie].

Lounaci *et al.* (2000b) [1-5, 7-9, 11].

Chaoui Boudghane-Bendious *et al.* (2012) [Monts du Djurdjura, Monts de Tlemcen].

Tunisie:

Colas-Belcour (1931); Bailly-Choumara *et al.* (1970); Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986); Clergue-Gazeau et Boumaiza (1986); Clergue-Gazeau *et al.* (1991).

Maroc:

Séguy (1930); Grenier (1953); Grenier et Théoridès (1953); Grenier *et al.* (1957); Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez (1978); Bailly-Choumara et Beaucournu-Saguez (1981); Benhoussa *et al.* (1988); Clergue-Gazeau *et al.* (1991); Benhoussa *et al.* (1993); Giudicelli *et al.* (2000); Belqat *et al.* (2001a); Belqat (2002); Belqat *et Dakki* (2004); Belqat *et al.* (2005); Belqat *et al.* (2008); Belqat *et al.* (2011).

Diagnose**Imago****Mâle**

Thorax: Mésonotum plus ou moins noir velouté avec, en vue frontale, une aire gris pâle interrompue sur une région médiane. Scutellum noire terne, couvert d'une pubescence portant une frange de longs poils. Une touffe de poils sur la membrane pleurale.

Pattes: Basitarse de la troisième patte étroit, à bords parallèles.

Aile: Secteur radial pileux sur toute sa longueur.

Genitalia: Aspect général représenté sur la figure (Figure 51 a). Styles très petits et minces, coxites très développés (Figure 51 b). Plaque ventrale en forme de V, sclérite médian allongé et bifurqué distalement (Figure 51 c).

Femelle

Thorax: Membrane pleurale couverte d'une touffe de poils bien fournie. Scutellum gris sombre avec une pubescence grossière et une frange de longs poils d'or pâle (Figure 52 a, b).

Pattes: Pedisulcus bien marqué, calcipala présent. Griffes simples, de grande taille et sans denticulation basale (Figure 52 c).

Genitalia: Gonopophyses antérieures effilées (Figure 52 d). Manabrium de la furca long et mince avec bras latéraux élargis distalement (Figure 52 e). Spermathèque sphérique avec des replis à la base (Figure 52 f).

Nymphe

Cocon: En forme de botte à talon surélevé, de structure compacte et à ouverture circulaire (Figure 53 a, b).

Appareil respiratoire: Filaments branchiaux au nombre de 8 et dilatés, le premier et le dernier étant fusionnés et continus, formant une collerette autour de la tête de la nymphe; les six filaments du groupe central sont plus minces et présentent à leur base une constriction basale, au niveau de laquelle la paroi du tube est annelée (Figure 53 c).

Larve

Taille moyenne de la larve âgée est d'environ 7mm. Coloration générale très variable variant du gris sombre jusqu'au gris clair. Histoblate des branchies nymphales caractéristique (Figure 54 a).

Tête: Capsule céphalique de couleur brun sombre ou clair, les tâches du frontoclypéus sont présentes mais mal délimitées et souvent à peine visible (Figure 54 b). Echancrure ventrale haute et large avec un contour nettement marqué (Figure 54 c). Bord antérieur de l'hypostomium droit avec 9 dents alignées (Figure 54 d).

Abdomen: Extrémité abdominale caractérisée par la présence d'un processus rectal trilobé et l'absence de papilles anales (Figure 54 e).

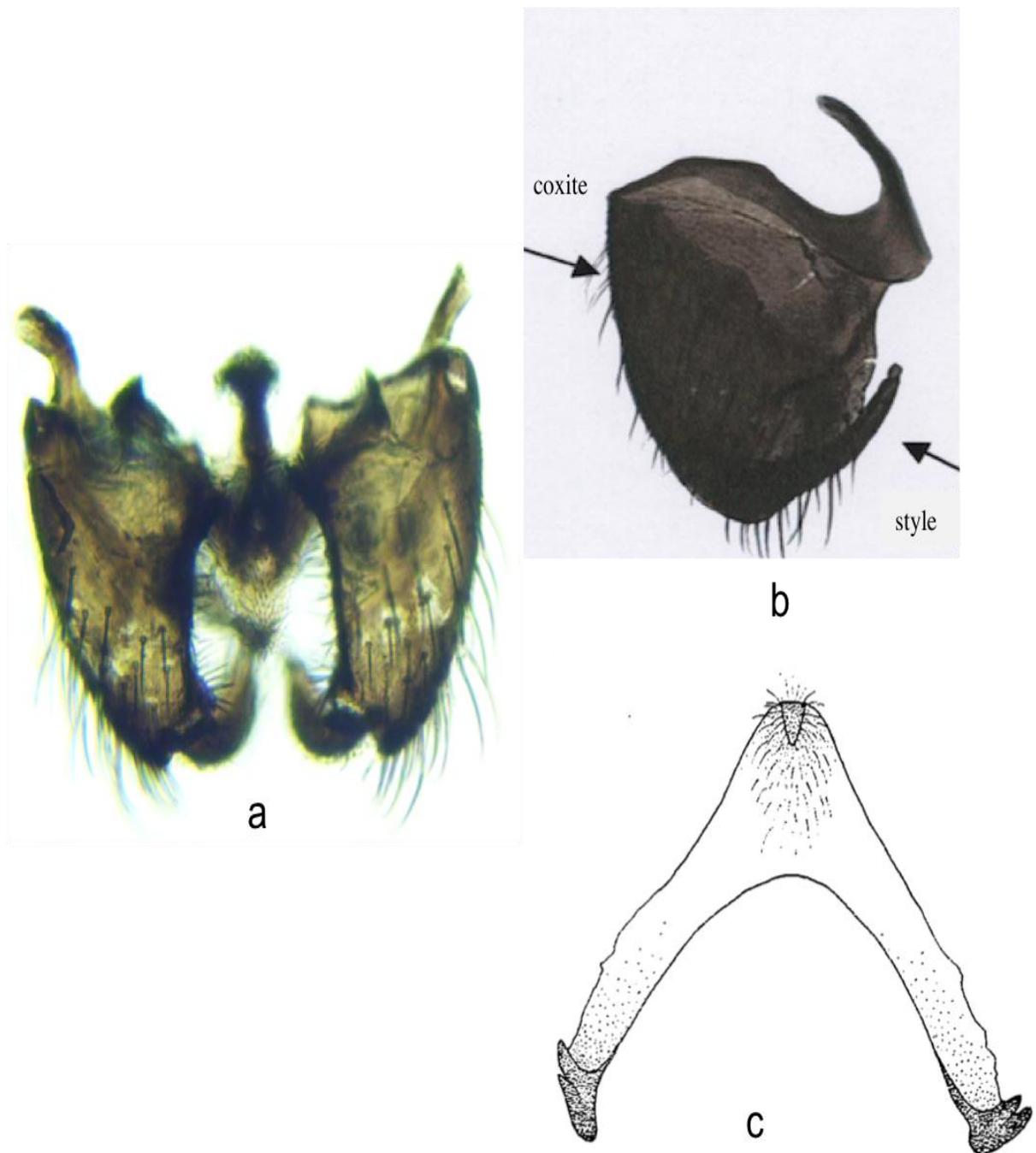


Figure 51: Pièces génitales de l'imago mâle de *Simulium (wilhelmia) pseudequinum*: vue d'ensemble du génitalia (a), coxite et style (b) (Belqat, 2002), plaque ventrale vue de face (c) (Crosskey, 1967).



Figure 52: Imago femelle de *Simulium (wilhelmia) pseudequinum*: céphalothorax (a), corps vu de profil (b), patte postérieure (c), vue d'ensemble des pièces génitales (d), furca (e), spermathèque (f).



Figure 53: Nympe de *Simulium (wilhelmia) pseudequinum*: vue de face (a), vue de profil (b), branchies respiratoires (c).

Distribution

S. pseudequinum, très connue de longue date (Séguy, 1921), est une espèce ubiquiste d'origine orientale, sa répartition couvre une aire continue et traverse les régions pakistanaïses et envahit les pays de la Méditerranée où elle abonde. L'identité et la synonymie définitives de cette forme ont été établies dans un important travail réalisé par Crosskey en 1981.

L'espèce se distribue ainsi à travers la région paléarctique depuis les îles Canaries à l'extrême Ouest, jusqu'en URSS méridionale à l'Est (Crosskey, 1981). Sur le pourtour de la Méditerranée, sa limite Ouest étant le Sud de la Grande-Bretagne (Crosskey, 1981), de la France (Giudicelli, 1964, Clergue-Gazeau, 1987), le Maroc et les îles Canaries (Séguy, 1921, Crosskey, 1988). Le taxon a été signalé dans plusieurs localités au Sud de l'Europe, en Afrique du Nord, Sud-Ouest de l'Asie (Crosskey, 1981), le Moyen Orient (Crosskey, 1967). L'espèce a été récemment resignalée en Turkey (Kazanci, 2006; Kazanci et Ertunç, 2010) et au Nord Ouest de l'Italie (Talbalaghi *et al.*, 2006).

Elle est mentionnée comme très commune dans les différentes régions d'Afrique du Nord où elle prolifère dans les cours d'eau de plaine (Boumaïza et Clergue-Gazeau, 1986; Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988; Clergue-Gazeau, 1991; Giudicelli *et al.*, 2000; Belqat, 2002, 2008).

En Tunisie, cette espèce est mentionnée depuis longtemps par Colas-Belcour (1931) dans un ruisseau de Tozeur, elle a été ensuite retrouvée en 1970 dans la majorité des gîtes prospectés par Bailly-Choumara. De loin la plus abondante, elle englobe tous les réseaux hydrographiques du Nord au Sud du pays (Boumaïza et Clergue-Gazeau, 1986), et conquiert tous les types de biotopes, même ceux qui ont une faible pollution organique.

Au Maroc, cette espèce est commune et est bien représentée dans la plus part des cours d'eau, se répartissant sur l'ensemble du territoire (Belqat, 2008).

En Algérie, l'espèce révèle une abondance et une fréquence assez importantes. En effet, Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) et Lounaci *et al.* (2000b) soulignent que dans les stations prospectées dans les Monts de Tlemcen et la Grande kabylie, elle constitue l'espèce dominante dans les divers biotopes. D'après Parrot (1949), cette forme est extrêmement répandue en Algérie, les stades préimaginaux y peuplent en abondance les cours d'eau des Hauts-Plateaux, mais sont beaucoup moins fréquents dans les Séguias du Sud, l'auteur mentionne que l'espèce est présente partout où il l'a recherché: wilayates de Bouïra, Biskra, Batna, Mascara et Constantine jusqu'à 800 m d'altitude.

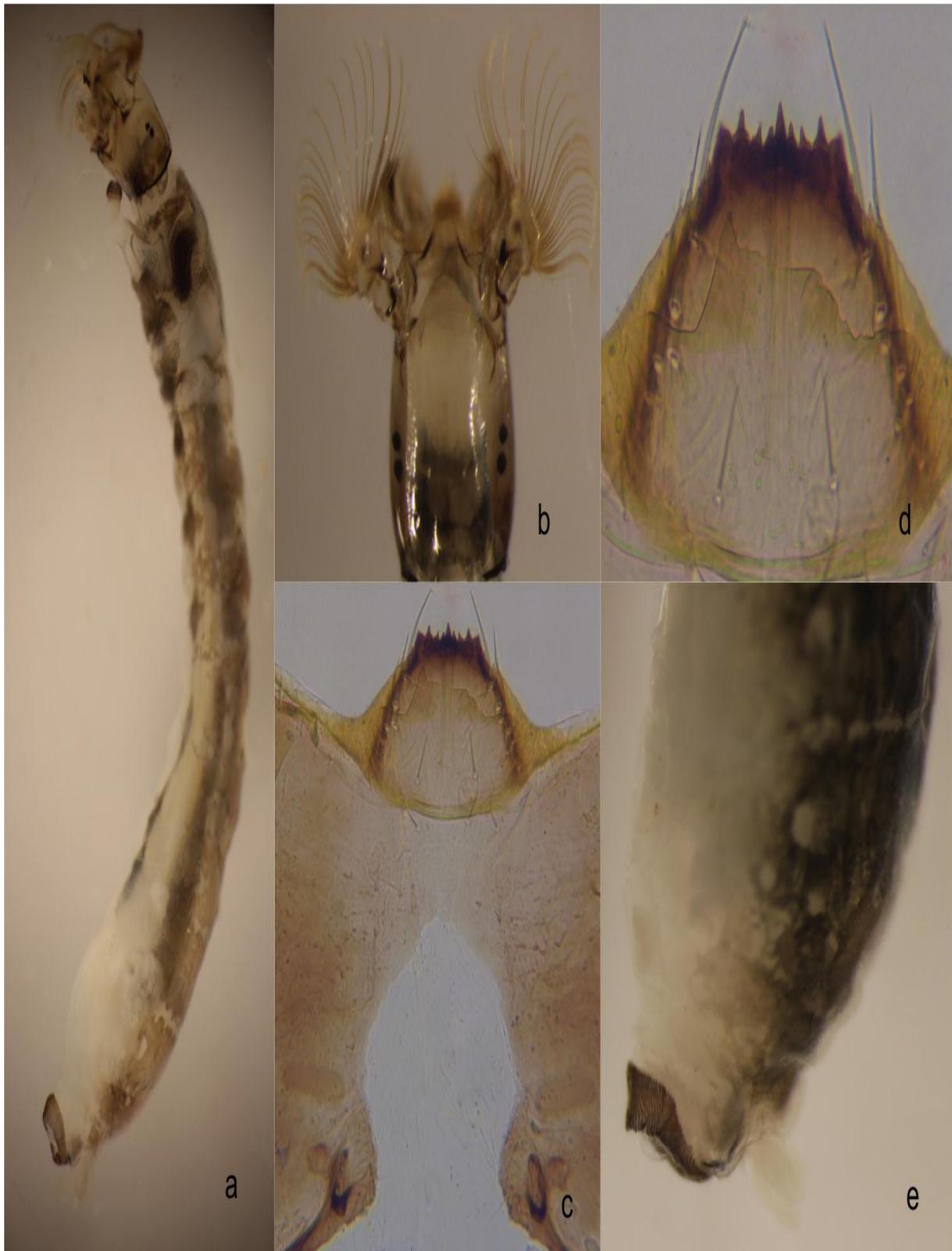


Figure 54: Larve de *Simulium (wilhelmia) pseudequinum*: corps vu de profil (a), tête en vue dorsale montrant l'ornementation du frontoclypeus (b), capsule céphalique en vue ventrale montrant l'échancrure ventrale (c), hypostomium (d), processus rectal (e).

Habitat

En Italie et en Sicile la limite altitudinale supérieure de l'espèce se situe vers 600 m (Rivosecchi 1978), celle d'Alessandria se trouve entre 150 et 800 m d'altitude, au niveau de cette dernière localité, le taxon est mentionné comme le plus abondant (Talbalaghi *et al.*, 2006).

De la confrontation de toutes les données que l'on révèle dans la littérature, il ressort que *S. pseudequinum* est très commune dans les différentes régions d'Afrique du Nord où elle prolifère dans les cours d'eau de plaine (Bailly-Choumara *et al.*, 1970; Clergue-Gazeau et Boumaiza, 1986; Gagneur et Clergue-Gazeau 1988; Clergue-Gazeau *et al.*, 1991; Giudicelli *et al.*, 2000; Belqat, 2002, 2008).

Au Maroc, dans le Haut Atlas l'espèce monte jusqu'à m 1700, mais elle est surtout abondante dans la partie inférieure des réseaux étudiés, elle réalise les plus grandes abondances dans les grands cours d'eau du versant Sud au dessous de 1500 m (Giudicelli *et al.*, 2000). Dans le bassin versant de l'Oued Laou (Belqat, 2008), le taxon colonise 60% des stations étudiées mais ne dépassant pas les 457 m d'altitude, alors que dans le reste du Rif, *S. pseudequinum* a pourtant bien été localisée à des altitudes plus élevées, mais rarement (Belqat, 2002). Dans le Bou Regreg, *S. pseudequinum* constitue l'espèce la plus abondante avec une densité relative dépassant 65% du peuplement simuliidien (Benhoussa *et al.*, 1988).

En Tunisie, *S. pseudequinum* a été récoltée par Colas-Belcour (1931) dans les Oasis de Tozeur, où les larves et nymphes s'établissaient à une température élevée (30,5 °C).

Dans les cours d'eau investigués dans les Monts du Djurdjura, l'espèce est observée entre 20 et 380 m d'altitude. Elle abonde dans les biotopes les plus divers et tolère d'importantes variations de température (11-31°C). Le taxon se développe aussi dans des secteurs proches de l'assèchement, riches en matières organiques et en algues filamenteuses (Lounaci, 2000b).

Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) signalent que 75 % des stations prospectées dans les Monts de Tlemcen abritent l'espèce, l'aire de répartition de *S. pseudequinum* couvrent une amplitude altitudinale de 4 à 1145 m, ces auteurs ont observé l'espèce aussi bien dans des ruisseaux de faible largeur (<1 m) que dans les grandes rivières dans la moyenne et la basse Tafna. Les températures enregistrées se tiennent entre 6,6 et 31,7 °C et la vitesse d'écoulement de l'eau est très lente à moyenne.

Nos observations concernant le seul représentant du sous genre *wilhelmia* dans le bassin versant de la Seybouse corroborent celles de Lounaci (2000b) et Gagneur et Clergue-Gazeau (1988). En effet, parmi toutes les espèces de simuliés de notre région, *S. pseudequinum* semble être la plus banale. Il s'agit d'une espèce particulièrement peu exigeante du point de vue écologique que nous considérons comme fréquente surtout dans les grands cours d'eau de plaine.

Le taxon domine le peuplement simuliidien en occupant la plus large zone altitudinale (Figure 55) depuis la station la plus basse (O. Seybouse à Dréan: 14 m) jusqu'à 852m (O. Anil). Cette espèce englobe tout le réseau hydrographique de la Seybouse (excepté les stations 7: O. Ain Arko et 26: O. Seybouse à Oued Fragha) où elle prolifère surtout dans les grands cours d'eau de plaine en réalisant des fortes densités larvaires témoignant ainsi de sa grande capacité d'adaptation à différents types de cours d'eau.

Le substrat pierreux est favorable aux stades immatures de l'espèce mais on les a trouvés aussi, en abondance fixés indifféremment sur des végétaux immergés ou sur des galets ou même sur des graviers, ils deviennent moins abondants dans ceux à fonds sableux et disparaissent sur les fonds vaseux (O. Ain Arko).

S. pseudequinum n'est pas absente des cours d'eau tumultueux (2.5 m/s), ni de rivières au cours moins agités et peut même exister à une vitesse imperceptible. Elle peut supporter des variations thermiques de grande amplitude (9-31°C) ainsi que des eaux fortement minéralisées (jusqu'à 3790 µS/cm).

Somme toute, c'est dans les mêmes types de biotopes que l'espèce est rencontrée dans le reste de son aire de distribution, avec des particularités de s'accommoder d'une salure assez forte et supporter d'assez considérable variation de température. Les récoltes effectuées par Parrot (1949) aussi bien dans les eaux magnésiennes et tièdes de Biskra que dans les eaux douces et froides des torrents du Nord, témoignent bien de la grande capacité d'adaptation de ce taxon.

Une particularité, non sans importance, doit être soulevée est que *S. pseudequinum* ne disparaît guère dans des eaux polluées et même fortement souillées. En effet, nous avons, nous même, récolté ses stades aquatiques, si étrange soit-il sur de grosses pierres entièrement recouvertes de matière savonneuse pullulante!

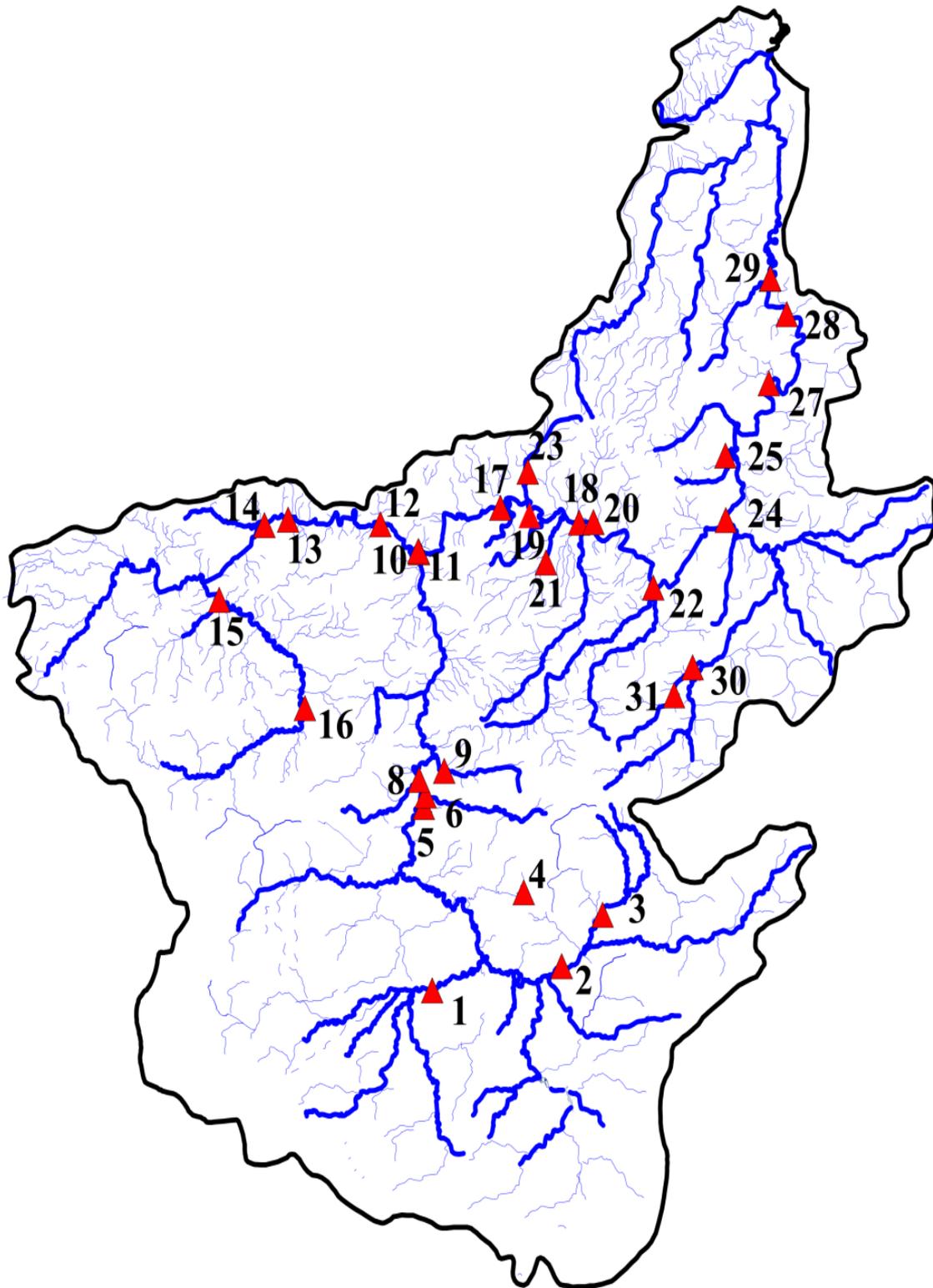


Figure 55: Distribution de *Simulium (wilhelmia) pseudequinum* dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

Chapitre IV

*Clés d'identification des
Simulies du Nord-Est algérie*

Les simulies sont connues pour leur difficulté d'identification en raison de leur grande homogénéité morphologique (Crosskey, 1981). Deux principales erreurs peuvent être commises: soit différentes espèces formelles sont fusionnées en une seule espèce ou bien une espèce avec une grande variabilité morphologique est divisée en plusieurs espèces distinctes. L'homogénéité morphologique et l'immense variabilité intraspécifique des simulies font que ces deux erreurs soient hautement probables (Peterson et Dang, 1981).

Il est d'un grand intérêt systématique et écologique d'effectuer de nouveaux inventaires pour les simulies d'Algérie, car cette entomofaune y a été très peu étudiée. Notre nouvel inventaire nous permettra non seulement d'obtenir une mise à jour et de voir comment les espèces se distribuent par rapport aux changements climatiques et environnementaux, mais aussi d'établir les différents critères constituant les clés d'identification morphologique (larves, nymphe et adulte) des 8 espèces retrouvées dans le Nord-Est algérien, plus particulièrement sur le territoire Seybousien, aucune n'est spécifique à celui-ci d'autant plus qu'aujourd'hui, l'inventaire des espèces algériennes repose encore essentiellement sur d'anciens ouvrages datant d'avant 1980.

Au cours de l'établissement des clés, nous avons eu recours à celles publiées antérieurement pour la Tunisie (Boumaiza et Clergue-Gazeau, 1986), le Maroc (Belqat et Dakki, 2004), l'Italie (Rivosecchi, 1978; Rivosecchi *et al.*, 2007) et les Pyrénées (Clergue-Gazeau, 1991).

Vu la large place que nous avons réservé dans le Chapitre III (et annexe 7) à l'étude des caractères morphologiques utilisés pour la description et la détermination de chaque espèce, nous n'en reprenons pas les illustrations et donnons ici simplement des clés d'identification.

L'utilisation de plusieurs clés nous a donc permis non seulement de soulever certaines incongruités, mais aussi d'accroître la crédibilité de nos identifications qui ont été validées par monsieur le Professeur P. H. Adler.

L'étude de des différentes structures nécessite des dissections délicates et des montages en préparations microscopiques, car il est évident que la détermination avec certitude d'insectes aussi petits et aussi pauvre en coloris nécessite un passage obligatoire par là. Sur les méthodes de dissection, nous nous sommes référés aux publications de Rivosecchi (1978) en ce qui concerne les larves et les nymphes, et à celle de 1967 du même auteur pour les adultes.

La clé des genres est représentée en premier pour départager les 3 genres cités dans la Seybouse: *Urosimulium*, *Metacnephia* et *Simulium*. Ensuite une clé de détermination jusqu'à l'espèce est élaborée.

IV. 1. Clé des Genres**Imago**

1. Aile: secteur radial bifurqué distalement; veines costales avec un seul type de soies: macrotriches sétiformes2
—Aile: secteur radial simple; veine costale avec macrotriches sétiformes et spiniformes.....3
2. Patte: *pedisulcus* et *calcipala* toujours absents; griffes tarsales de la femelle grandes avec processus basal petit. Antennes à 11 articles..... *Urosimulium*
3. Aile: cellule basale présente. Patte: deuxième segment tarsal dépourvu de *pedisulcus*. Genitalia mâle: style pointu distalement..... *Metacnephia*
4. Aile: cellule basale absente. Patte: deuxième segment tarsal avec *pedisulcus*. Genitalia mâle: style de formes variées.....*Simulium*

Nymphes

1. Cocon sans forme définie à structure lâche, ne recouvrant généralement pas la totalité de la puppe. Neuvième sternite abdominal avec une paire d'épines terminales très développées *Urosimulium*
2. Cocon présent et de forme bien définie, épines absentes ou très courtes à l'extrémité abdominale.....3
3. Appareil respiratoire avec 11-14 ou 28-30 filaments, membrane intersegmentaire située entre le 8ème et le 9ème sternite abdominal pourvue de petits crochets caractéristiques en forme d'ancre.....*Metacnephia*
4. Filaments respiratoires au nombre de 2, 4, 6 ou 8, absence de crochets en forme d'ancre entre le 8ème et le 9ème sternite abdominal..... *Simulium*

Larves

1. Echancrure très haute, rejoignant le bord postérieur de l'hypostomium. Bord antérieur de l'hypostomium très étroit à denticulation à peine visible, dent médiane simple.....*Metacnephia*
2. Echancrure toujours peu profonde. Bord antérieur de l'hypostomium à denticulation bien marquée, dent médiane trifide.....*Urosimulium*
3. Bord antérieur de l'hypostomium plus large ne présentant pas de bosse, dents saillantes et bien visibles. Echancrure ventrale de formes et tailles variées. Articles de l'antenne généralement non très pigmentés, article distal normalement pas plus pigmenté que les

premiers, ne présentant pas de striation chitineuse*Simulium*

IV .2 . Clé des espèces

Imagos

1. ♀♀: Secteur radial de l'aile (Rs) bifurqué distalement, sur les veines antérieures, macrotriches sétiformes seulement, pas de pedisulcus, ni de calcipala. Gonapophyses petites, à bords arrondis, cerques très grands et pointus. ♂♂: plaque ventrale, en vue frontale, avec cors aussi large que haut. Style bilobé avec une épine terminale sur l'un des lobes.....*U. faurei*

2- Pedisulcus toujours présent et bien développé.....4

- Pedisulcus toujours absent, calcipala présent mais rudimentaire.....3

3. ♀♀: Gonapophyses arrondies; manabrium de la furca longue. ♂♂ : styles en forme de cylindres coniques à l'apex; plaque ventrale en large bouclier avec l'apex formant un processus ventral allongé garni de longs poils; sclérite médian allongé et étroit au centre, bifurqué distalement et plus la.....*M. blanci*

4. ♀♀: gonapophyses bilobées, pointues distalement. Extrémité distale de la sous-radiale non bifurquée. Veine costale avec mélange de macrotriches sétiformes et spiniformes. Cellule basale absente. Antennes à 11 articles. Section basale de la radiale pileuse. ♂♂: plaque ventrale sub-triangulaire en vue frontale.....5

5. ♂♂: style à bord interne arrondi et à extrémité triangulaire.....6

- ♂♂: bord interne du style formant un angle droit, à extrémité non triangulaire.....7

6. ♀♀: bords internes des gonapophyses plus longs que les bords extérieurs et légèrement retournés vers l'extérieur; spermathèque avec expansion chitinisée et pigmentée à la base du *ductus spermathecae*. ♂♂: corps de la plaque ventrale large, avec bords supérieurs légèrement arrondis.....*S. mellah*

7. ♀♀: spermathèque ne présentant pas une extension sclérifiée, présence d'un grand disque clair au pôle de la jonction entre la spermathèque et le *ductus spermathecae*. ♂♂: corps de la plaque ventrale plus large que l'espèce précédente, bras latéraux minces; style arrondi sur le pôle apical externe, nettement plus court que le coxite et pointu distalement*S. velutinum*

8. ♀♀: gonapophyses fusionnées avec le sternite VIII, marge interne convexe. ♂♂: styles de largeur non uniforme; sclérite médian non arrondi distalement, plaque ventrale comme sur la*S. lundstromi*

9. ♀♀: gonapophyses saillantes au bord du huitième sternite, délimitant intérieurement un espace en «V»; spermathèque avec sclérisation se prolongeant en col vers le *ductus*

spermathecae. ♂♂: plaque ventrale vue latéralement avec bord antérieur nettement convexe, crochets des paramères courts, sclérite médian non bifide distalement, taches du mesonotum grandes et argentées formant 2 bandes latérales amples de chaque côté et qui se prolongent jusqu'au bord postérieur.....***S. ruficorne***

10. ♀♀ : front gris pâle terne, avec «écorces». ♂♂ : plaque ventrale en vue latérale avec bord distal épineux presque demi-circulaire et processus ventral nasiforme à extrémité légèrement retournée vers le haut; basitarse très élargi dorso-ventralement.....***S. ornatum*** Complexe

13. ♀♀: griffes simples très développées; bord de la capsule de la de spermathèque est sclérifié et plissé à la base du *ductus spermathecae*. ♂♂: plaque ventrale en « V » renversé; styles très mince, nettement terminaux par rapport au coxites, beaucoup moins gros et moins longs que les coxites; basitarse postérieur mince.....***S. pseudequinum***

Nymphes

1. Appareil respiratoire de la puppe avec 12 filaments.....***U. faurei***

2. Appareil respiratoire avec 24 à 34 filaments. Cocon à talon haut, à tissage peu serré. Quatre soies caractéristiques sur les segments VIII et IX, en forme d'ancre volumineuse portant sur chaque branche, des épines accessoires..... ***M. blanci***

3. Cocon avec ceinture de renforcement au bord antérieur, filaments respiratoires au nombre de 4 non divergents dans le plan vertical.....4

4. Filament supérieur coudé, formant un angle droit près de sa base.....5

— Filament supérieur ne formant pas un angle droit près de sa base.....6

5. Filament respiratoire supérieur séparé des autres filaments. Couleur générale claire.....***S. velutinum***

6. Filament respiratoire supérieur formant une courbure près de sa base avant de rejoindre les autres filaments sur le plan horizontal. Cocon en forme de chaussure à talon court ***S. mellah***

7. Protubérance médiane longue présente au bord antérieur du cocon. Filaments respiratoires à structure non annelée, disposés en 2 paire, ceux de de la paire dorsale forment un angle d'environ 90° par rapport aux autres. Trichomes thoraciques simples.....***S. lundströmi***

8. Processus médian de taille moyenne, plus épais à la base. Trichomes thoraciques simples. Appareil respiratoire composé de 4 filaments très fragiles, courts, tubulaires, élargis à la base et disposés par paires successives prenant naissance à partir d'un court pédoncule inséré au thorax.....***S. ruficorni***

9. Cocon à texture plus ou moins lâche. Appareil respiratoire formé de chaque côté de 8

filaments disposés par 4 paires sur des troncs allongés, la paire de filaments ventraux est mince. Absence de tubercules épineux; thorax à micro-tubercules polis de forme arrondie
**S. ornatum** Complexe

10. Cocon sans processus médian et latéraux. Appareil respiratoire formé de 8 filaments parmi lesquels deux forment une collerette étalée sur le bord antérieur du cocon, les six filaments du groupe central sont grêles avec constriction basale à paroi annelée.....**S. pseudequinum**

Larves

1. Lisière du bord antérieur du submentum avec dent médiane et les 2 latérales nettement plus grandes et pointues que les dents intermédiaires, antenne presque entièrement brune
**U. faurei**

2. Echancre ventrale très profonde rejoignant le bord postérieur de l'hypostomium à bords presque droits, légèrement convergents. Bord antérieur du submentum très étroit avec de petites dents. Processus *tp* de la mandibule avec 2 ou 3 dents larges, frontoclypeus complètement blanc, sans taches, Antennes à 3 articles: 2 segments basaux clairs translucides, segment distal foncé.....**M. blanci**

3. Frontoclypeus au fond clair avec taches brun foncé. Echancre ventrale petite, peu profonde, à bords réguliers et bien distincte du bord postérieur du submentum.....**S. velutinum**

4. Frontoclypeus au fond clair à ornementation diffuse et à peine visible rappelons celle de l'espèce précédente; échancre ventrale au contour légèrement arrondi.....**S. mellah**

5. Frontoclypeus avec tache postéro-médiane en forme de triangle équilatéral brun foncé Echancre ventrale plus ou moins carrée, avec marge antérieure large contournée d'une zone pigmentée. Processus *tp* à 2 dents, une grosse dent suivie d'une petite dent
**S. lunstromi**

6. Frontoclypeus à ornementation caractéristique avec 3 taches médianes allongées; tache postéro-médiane sub-triangulaires ou fusiforme, taches antéro et postéro latérales moins foncées par rapport aux médianes. Echancre ventrale petite, plus haute que large. Processus *tp* de la mandibule avec 2 dents robustes, subégales, branchies rectales simples.....**S. ruficorne**

7. Histoblaste des branchies nymphales à 8 filaments. Echancre ventrale peu profonde et arrondie, distance du bord antérieur de l'échancre ventrale au bord postérieur du submentum supérieure à la hauteur de ce dernier. Processus *tp* formé de 2 dents, une grosse dent suivie d'une dent plus petite.....**S. ornatum** Complexe

8. Histoblaste en place avec cinq filaments visibles, les trois du milieu bien pigmentés (+ 3

Chapitre IV : Clés d'identification des Simlies du Nord-Est algérien

cachés) pour un total de 8 filaments respiratoires tubulaires. Larves claires ou
sombres.....*S. pseudequinum*.

Chapitre V

*Etude caryologique des
Simulies du Nord-Est algérien*

Les espèces cryptiques sont particulièrement fréquentes chez les diptères d'importance médicale et vétérinaire (Adler, 2009) et les plus grands agrégats d'espèces jumelles chez les arthropodes hématophages sont rencontrés au sein de la famille des simulies qui renferme plusieurs complexes d'espèces responsables de maladies à transmission vectorielle telles que l'onchocercose humaine (Post *et al.*, 2007).

En effet, cette famille comprend relativement peu d'espèces comparativement aux autres familles de diptères. Des types de gîtes similaires associés à un mode de développement spécialisé des stades immatures lui confèrent une grande uniformité morphologique, réduisant ainsi le nombre de caractères distinctifs permettant de séparer les espèces (Adler et McCreadie, 1997).

Au sein de la famille des simuliidae, l'identification à l'espèce demeure ardue et ne fait pas toujours référence précisément à l'espèce, mais plutôt à un complexe d'espèces sœurs reconnues comme ayant le même parent. Ces groupes contiennent deux ou plusieurs espèces cytologiquement distinctes au niveau du caryotype qui sont souvent morphologiquement indiscernables et de détermination particulièrement difficile (Adler *et al.*, 2004). C'est le cas notamment du complexe *Simulium (Eusimulium) aureum* (Leonhardt, 1985).

Ceci nous laisse facilement croire que les études morphologiques, bien que couramment utilisées seules, ne sont peut être aussi précises qu'on le voudrait. Pour s'en convaincre, on n'a qu'à consulter les divers inventaires réalisés ces dernières années pour constater la variabilité du nombre de genres, une division taxonomique normalement immuable pour beaucoup d'autres groupes d'insectes. Cependant, chez les simulies, on n'a d'autre choix que de passer au départ par la morphologie avant de poursuivre au niveau cytogénétique ou moléculaire afin de résoudre le problème des espèces cryptiques (Adler, 1987).

Complétant l'étude morphologique, les méthodes cytogénétiques jouent un rôle important dans la taxonomie des simulies (Adler et Kim, 1986; Adler *et al.*, 2004), elles sont basées principalement sur l'examen des chromosomes géants des glandes salivaires chez la larve, et s'appliquent surtout aux derniers stades larvaires (Xiong et Kocher, 1991; Adler *et al.*, 2004), cependant, ces structures ne permettent pas l'identification des femelles adultes, importantes épidémiologiquement (Krüger *et al.*, 2000).

Bien que la cytogénétique ait montré que plusieurs espèces considérées jusqu'à récemment comme des espèces uniques étaient en fait des complexes d'espèces jumelles mais distinctes, elle demeure techniquement difficile à utiliser et requiert énormément de temps d'essais et de larves avant d'obtenir des résultats satisfaisants (Spironello *et al.*, 2002).

Le sous-genre *Eusimulium*, nommé aussi groupe *Simulium aureum*, comprend des espèces ornithophiles vectrices de certains parasites protistes (genres *leucocytozoon* et

trypanosoma) à diverses espèces aviaires (Fallis et Bennett 1958 ; Bennett, 1961 ; Hunter *et al.*, 1997 ; Votýpka *et al.*, 2002) . Ce taxon représente un clade monophylétique à large distribution holarctique (Adler *et al.*, 2004, Adler et Crosskey, 2014) dont tous les membres sont structurellement similaires (Crosskey, 1988 ; Crosskey et Crosskey, 2000 ; Crosskey et Malicky, 2001 ; Adler *et al.*, 2004) et partagent un complément chromosomique haploïde unique caractérisé par une réduction du nombre chromosomique ($n = 2$) (Dunbar, 1959). Onze des 37 espèces valides du groupe *S. aureum* ont été caractérisées chromosomiquement et leurs relations ont été définies à la base de cartes de référence standards établies à partir de chromosomes polytènes (Leonhardt, 1985).

Dans la région paléarctique, *Simulium velutinum* complexe (Santos Abreu) compte parmi les éléments les plus répandus du groupe *S. aureum* et est connu chromosomiquement en tant que *S. aureum* "I" (Leonhardt, 1985).

Nous avons pour objectif celui d'examiner la validité des espèces actuellement reconnues ainsi que d'évaluer la diversité cytogénétique du groupe *S. aureum* dans le Nord-Est algérien. Deux espèces ont été précédemment répertoriées dans le réseau hydrographique de la Seybouse: *S. mellah* et *S. velutinum* complexe (Cherairia *et al.*, 2014).

Il est important de préciser ici que, en dehors du cadre de la présente étude, aucune analyse cytologique n'a été effectuée sur les espèces algériennes, malgré que plusieurs espèces soient considérées comme formant un complexe. Ainsi, nous avons choisi (Adler *et al.*, 2014) de privilégier les analyses cytogénétiques pour lesquelles on n'utilise pas le même fixateur et dont le taux de succès est plus élevé que celui de la morphologie.

V.1. Matériel et méthodes

Les analyses cytogénétiques ont porté sur des larves en prévenance de dix sites (Tableau 2) entre le 31 Mars et le 14 Juin 2013. Les spécimens ont été récoltés à l'aide d'une pince entomologique puis placés dans le fixatif Carnoy (1 part d'acide acétique glacial: 3 parts d'éthanol à 95%) changé à trois reprises afin d'assurer une bonne conservation du matériel génétique.

Les chromosomes polyténiques des glandes salivaires larvaires ont été préparés selon la technique de Feulgen (Charalmbous *et al.*, 1996) qui a également permis d'obtenir la coloration des gonades. Les préparations chromosomiques ont été examinées sous l'huile à immersion et une conservation temporaire (trois jours) est réalisée à une température inférieure à moins 70 °C. Les séquences de bandes ainsi obtenues ont été comparées à celles publiées par Dunbar (1959) et Leonhardt (1985) qui sont considérées comme cartes standards pour le groupe *S. aureum*. Tous les réarrangements structuraux (exemple, les inversions) ou les marqueurs chromosomiques (exemple, anneau de Balbiani) de notre matériel ont été résolus en comparaison avec les cartes standards.

Tableau 2: Sites de collecte des larves du groupe *Simulium (Eusimulium) aureum* utilisées dans l'étude caryologique dans le bassin versant de la Seybouse.

Site	Localité	Date	Larves (n)
1a	O. M'gisba	31 Mars 2013	47
1b		29 Avril 2013	51
2a	O. Anil	31 Mars 2013	4
2b		29 Avril 2013	13
3	O. Zimba	30 Mai 2013	26
4	O. Krab	29 Avril 2013	8
5a	O. Ain Arko	31 Mars 2013	27
5b		29 Avril 2013	17
5c		24 Mai 2013	16
6	O. Sabate	14 Juin 2013	18
7	O. Helia	30 Avril 2013	23
8	O. Seybouse à El-Fedjoug	14 Juin 2013	47
9	O. Bouhamdane à Bouhamdane	14 Juin 2013	14
10a	O. Bouhamdane à Oued Zenati	29 Avril 2013	16
10b		24 Mai 2013	9

L'illustration des différences est rendue possible grâce à la photographie de chromosomes sélectionnés et ayant servis à l'élaboration de cartes chromosomiques qui ont été soumises à un traitement par le logiciel Adobe® Photoshop® Elements 8.

La terminologie chromosomique ainsi que le système de chiffrage de nos cartes chromosomiques suivent celles de Dunbar (1959) et Rothfels *et al.* (1978). Les points de rupture des inversions ainsi que l'emplacement des différents réarrangements sont indiqués sur les cartes.

L'ensemble du complément haploïde (composé de deux chromosomes I et II, dont le plus long est le chromosome I formé par la fusion des chromosomes II et III) de chaque larve est approximativement divisé en cent sections de longueur égale numérotées de 1 à 100 à partir de l'extrémité du bras court (S) du chromosome I jusqu'à l'extrémité du bras longue (L) du chromosome II.

Les inversions stables (interspécifiques) sont représentées en italiques dans le texte et sur les cartes alors que les inversions instables (intraspécifiques ou polymorphes) ne le sont pas. Les inversions homologues avec celles précédemment identifiées par Leonhardt (1985) sont matérialisées par le même numéro. Les inversions chromosomiques nouvellement repérées sont numérotées dans l'ordre de leur découverte, en commençant juste après la dernière inversion numérotée utilisée dans chaque bras chromosomique par Leonhardt et Feraday (1989).

Du faite que les réarrangements chromosomiques, en particulier les inversions constituent des événements uniques, les réarrangements instables peuvent fournir la preuve de l'ascendance commune (Rothfels, 1979).

Le sexe de chaque larve a été déterminé, après coloration de Feulgen, par la forme des gonades (sphérique chez les mâles, allongée chez les femelles) et a été confirmé par examen cytologique (Adler *et al.*, 2004). Ainsi, nous avons pu évaluer chaque réarrangement en rapport avec les chromosomes X ou Y. Au sein du groupe *S. aureum*, chacun des deux chromosomes peut fonctionner comme un chromosome sexuel où le mâle représente le sexe hétérogamétique (Dunbar, 1959). Les deux sexes peuvent avoir soit des chromosomes non différenciées (exemple, X_0Y_0) ou porter un ou plusieurs réarrangements tels que des inversions liés à X ou Y (exemple, X_0Y_1).

Nous utilisons le terme «cytoforme» pour désigner une entité chromosomique distincte indépendamment de son statut taxonomique. Si l'isolement reproductif est démontré, le terme «cytoespèce» est utilisé; cependant, dans le cas où l'absence d'isolement reproductif est confirmée, le terme «cytotype» est employé (Adler *et al.*, 2004).

V.2. Résultats

Notre étude cytotaxonomique effectuée sur les chromosomes géants des glandes salivaires des larves du groupe *S. aureum* collectées dans diverses stations du réseau hydrographique de la Seybouse nous a permis de les subdivisées en quatre entités cytologiques distinctes: *Simulium mellah* et trois cytoformes: «1», «2» et «3» de *S. velutinum sensu lato*.

Toutes les larves possèdent un complément haploïde composé de deux chromosomes, des homologues étroitement appariés, une région centromérique étendue au niveau du chromosome I et un organisateur nucléaire primaire situé à la base du bras court du chromosome II.

1. *Simulium mellah*

Les chromosomes des spécimens étudiés (6 femelles et 2 mâles) présentent tous des séquences de bandes monomorphiques. Cette cytoespèce est caractérisée par la présence de quatre inversions à savoir: *IS-10*, *IS-11* (Figure 56 A), *IL-50* et *IIL-20*. Bien que ces dernières inversions soient communes entre les séquences de bandes de *S. velutinum sensu lato* et *S. mellah*, le complément haploïde de cette dernière et contrairement à *S. velutinum s. l.* est caractérisé par l'absence des inversions *IS-40*, *IIS-13*, *IIS-12* et *IIS-17* (Figure 56 B). Les chromosomes sexuels sont indifférenciés. Les polymorphismes autosomiques sont absents. Ainsi, l'inexistence d'hybrides et la présence d'une sympatrie dans le site (O. M'gisba) dominé par les cytoformes «1», «2» et «3» de *S. velutinum sensu lato* démontrent amplement l'isolement reproductif de l'espèce *S. mellah*.

2. *Simulium velutinum* complexe

L'analyse des séquences de bandes des larves de *S. velutinum s. l.* recueillies dans le réseau hydrographique de la Seybouse (Tableau 3) a révélé l'existence de trois cytoformes chromosomiquement distinctes bien qu'aucune différence morphologique ne soit décelable.

L'espèce *S. velutinum* constitue ainsi dans le Nord-Est algérien un complexe d'espèces jumelles dont les télomères chromosomiques sont généralement réunies dans au moins certains noyaux et ce chez toutes les larves examinées. Dans tous les sites, les larves de *S. velutinum s. l.* possèdent les séquences stables suivantes: *IS-10*, *IS-11*, *IS-40*, *IL-50*, *IIS-13*, et *IIL-20*. Deux séquences, décrites précédemment par Leonhardt (1985), sont d'intérêt capital: l'*IIS-12* et l'*IIS-17* (Tableau 3) qui sont mutuellement exclusives et ne survenant jamais sur le même homologue. Les trois entités chromosomiques découvertes cohabitent le site 1 (O. M'gisba), il s'agit des cytoespèces «1», «2» et «3» fournissant ainsi un excellent test d'isolement reproductif naturel pour les trois ségrégas du complexes *S. velutinum* vivant en sympatrie.

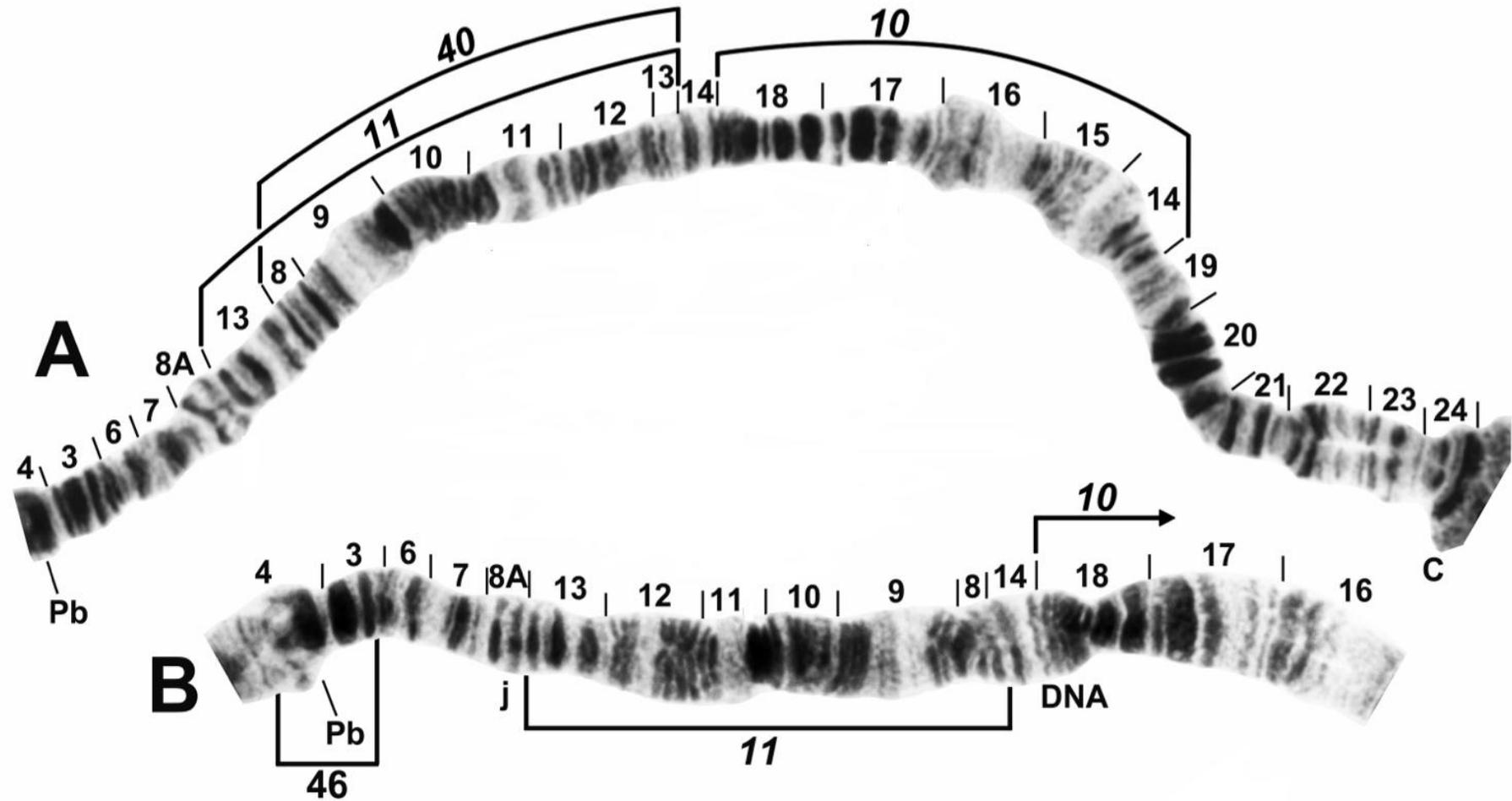


Figure 56: Bras court du chromosome I (IS). **A:** cytoespèce «3» avec les séquences de bandes montrant l'IS-10, 11 et 40. **B:** *S. mellah* montrant les séquences IS-10, IS-11 et les points de rupture de l'IS-46 de la cytoespèce «2». C = centromère, J= jagged, ADN = touffe d'ADN, Pb = anneau de parabalbiani.

Tableau 3: Distribution dans le réseau hydrographique de la Seybouse des géotypes de *Simulium velutinum sensu lato* caractérisés par la présence des séquences IIS-12 et IIS-17 et les séquences standard correspondantes (st).

Site	Date	st/st	12/12	17/17	st/12	st/17	12/17	Cytoformes
1a	31 Mars 2013	8	12	15	1	7	1	'1', '2', '3'
1b	29 Avril 2013	7	4	34	0	2	0	'1', '2', '3'
2a	31 Mars 2013	0	0	4	0	0	0	'2'
2b	29 Avril 2013	0	0	13	0	0	0	'2'
3	30 Mai 2013	0	0	26	0	0	0	'2'
4	29 Avril 2013	0	0	8	0	0	0	'2'
5a	31 Mars 2013	2	1	23	0	1	0	'1', '2', '3'
5b	29 Avril 2013	0	2	15	0	0	0	'1', '2'
5c	24 Mai 2013	0	6	10	0	0	0	'1', '2'
6	14 Juin 2013	0	0	18	0	0	0	'2'
7	30 Avril 2013	0	3	20	0	0	0	'1', '2'
8	14 Juin 2013	0	0	47	0	0	0	'2'
9	14 Juin 2013	1	0	13	0	0	0	'2', '3'
10a	29 Avril 2013	1	0	15	0	0	0	'2', '3'
10b	24 Mai 2013	1	0	7	0	1	0	'2', '3'

2.1. Cytoespèce «1»

Les larves de cette cytoespèce sont fixées pour l'*IIS-12*. Une seule larve femelle est hétérozygote pour l'*IS-40* et ce au niveau du site 1b. L'inversion *IL-72*, qui représente le réarrangement autosomique le plus fréquent chez la cytoespèce «3», n'a pas été observée chez cette forme chromosomique bien que cinq autres réarrangements ont été enregistrés (Tableau 4) y compris l'*IL-73* et *IL-74* (Figure 57) qui constituent des inversions partagées avec les cytoformes «2» et «3». La pénurie des larves (2) hétérozygotes pour l'*IIS-12* dans le réseau hydrographique de la Seybouse constitue une preuve irréfutable que cette forme chromosomique correspond à une espèce indépendante.

Tableau 4: Fréquence d'inversions (%) ainsi que d'autres réarrangements chromosomiques chez les larves de *Simulium velutinum* cytoespèce " 1". Toutes les larves sont fixées pour l'*IS-10*, *IS-11*, *IL-50*, *IIS-12*, *IIS-13* et l'*IIL-20*.

Site	1a	1b	5a	5b	5c	7
Femelles: Mâles	8:4	3:1	1:0	1:1	4:2	1:2
IS-40	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00
IL-73					0.08	
IL-74					0.08	
IL-77		0.12				
IL hb (telomère)					0.08	
IIL-50		0.12				

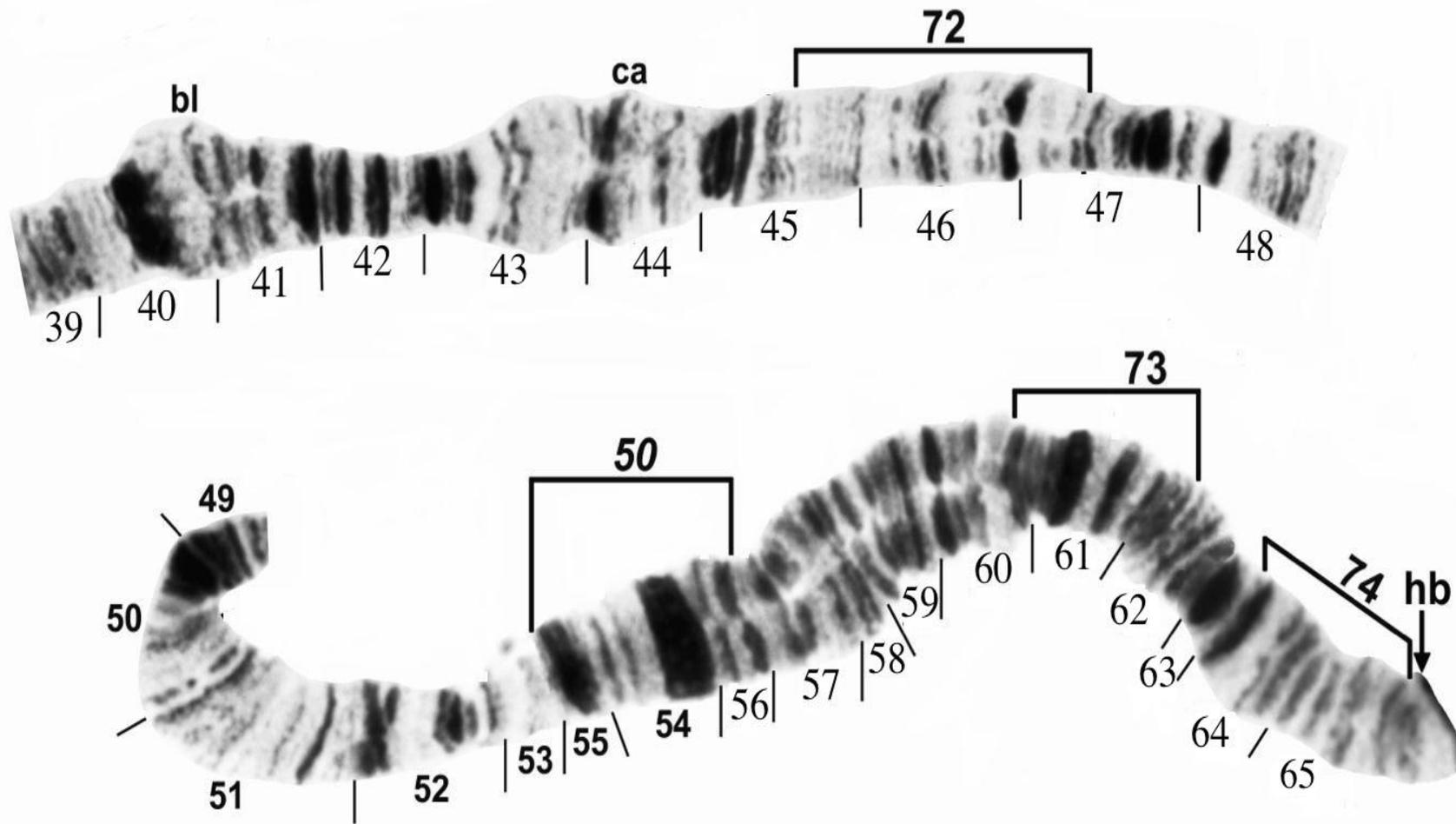


Figure 57: Bras long du chromosome I (IL) de la cytoespèce «2» montrant la séquence *IL-50*; le point de rupture de l'inversions *IL-72* ainsi que l'hétérobande (hb) autosomiques sont indiqués; bl: blister.

2.2. Cytoespèce «2»

Parmi l'ensemble des larves examinées, deux cent quatre vingt neuf larves ont révélé leur appartenance à cette entité cytologique qui est caractérisée par la fixation de l'*IIS-17*. Tout comme le reste des espèces du complexe *S. velutinu*, cet élément possède l'inversion *IIL-20* (Figure 58). Seulement une larve femelle (site 1b) est hétérozygote pour l'*IIL-50* (Figure 57). La fréquence d'occurrence de l'inversion *IL-72* est faible (0,00 - 0,19 %) et ce au même titre que huit autres réarrangements supplémentaires (Tableau 5). Toute la population de cette cytoespèce possède des chromosomes sexuels indifférenciés. La quasi-absence de larves hétérozygotes pour l'*IIS-17* dans notre zone d'étude atteste de l'isolement reproductif de la cytoespèce «2» des deux autres cytoformes «1» et «3» qui vivent en sympatrie.

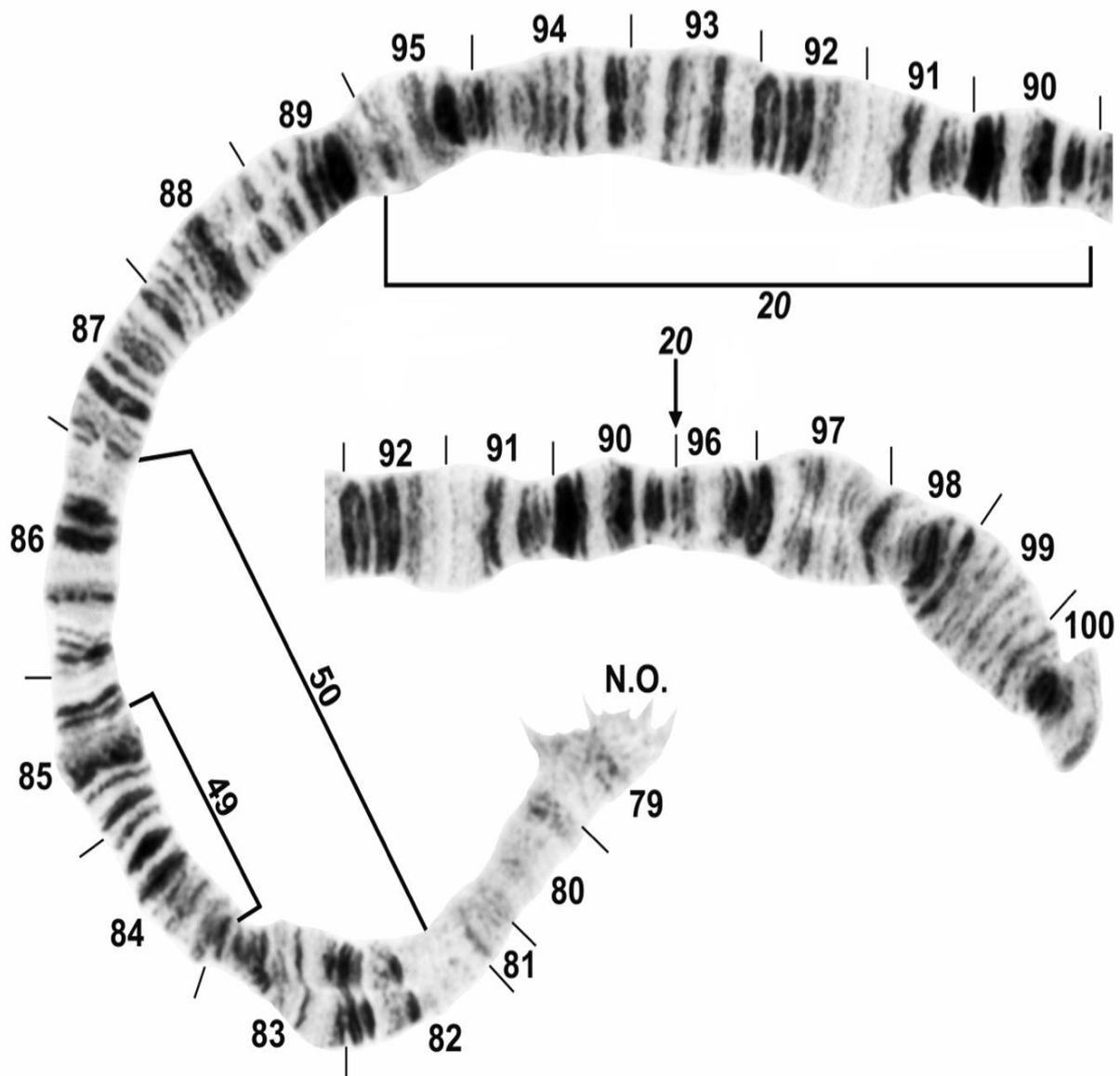


Figure 58: Bras long du chromosome II (IIL) de la cytoespèce «2» montrant la séquence *IIL-20*. Les points de rupture de l'*IIL-49* de la cytoespèce «3» et de l'*IIL-50* de la cytoespèce «1» sont indiqués. N.O = organisateur nucléaire.

Tableau 5: Fréquence d'inversions (%) ainsi que d'autres réarrangements chromosomiques chez les larves de *Simulium velutinum* cytoespèce "2". Toutes les larves sont fixées pour l'*IS-10*, *IS-11*, *IS-40*, *IIS-13*, *IIS-17* et l'*IIL-20*.

Site	1a	1b	2a	2b	3	4	5a	5b	5c	6	7	8	9	10a	10b
Females: Males	8:7	19:15	3:1	7:6	18:8	4:4	15:8	6:9	4:6	9:9	10:10	35:12	4:9	11:4	4:3
IS-46										0.03					
IL-50	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
IL-72				0.08	0.04	0.19		0.13	0.15	0.03	0.10	0.04	0.08	0.13	
IL-73											0.02				
IL-74											0.02				
IL-75		0.01								0.03					
IL-76		0.01													
IL-78		0.01													

2.3. Cytoespèce «3»

Cette cytoespèce est caractérisée par des chromosomes sexuels uniques (Tableaux 6, 7; Figure 59). Les mâles possèdent des séquences typiques: st / 17 + 34 (X_0Y_3 , 81,3%) et sont peu identiques aux femelles (X_0Y_0 , 13,6%). Les chromosomes sexuels femelles représentent des séquences presque entièrement homozygotes standard (X_0X_0 , 97,6%). L'inversion IL-72 la plus fréquente (Figure 57) survient avec une fréquence élevée (0,11 - 0,73 par site). L'absence presque totale de la séquence st / 12 chez les femelles (1) et totale chez les mâles, le nombre relativement faible des femelles (2) possédant le réarrangement chromosomique st / 17 avec l'inexistence de mâles pourvus de la même séquence mais aussi l'absence presque entière de mâles (1) portant la séquence 17 / 17 + 34 soutiennent le statut indépendant de la cytoespèce «3» dans le Nord Est algérien.

De plus, la fréquence élevée de l'inversion IL-72 chez la cytoespèce «3» dans les sites 1a + b (n = 24, 0,54) et 5a (n = 3, 0,67) comparativement avec son absence chez plusieurs larves de la cytoespèce «2» (n = 72) au niveau de ces mêmes sites, a également permis de confirmer que la cytoespèce «3» correspond à une population bien individualisée.

Tableau 6: Constituants des chromosomes sexuels des larves de *Simulium velutinum* cytoespèce “ 3” du réseau hydrographique de la Seybouse.

Site	Chromosomes sexuels ¹						
	X_0X_0	$X_0X_1^2$	X_0Y_0	X_0Y_1	X_0Y_2	X_0Y_3	$X_1Y_3^2$
1a	6	0	2	0	0	7	0
1b	7	0	0	0	0	2	0
5a	2	0	0	0	0	1	0
9	1	0	0	0	0	0	0
10a	1	1	0	0	0	0	0
10b	1	1	0	0	0	1	1

¹: X_0 = séquence standard de l'IIS (avec *IIS-13* seulement), X_1 = séquence avec l'IIS-17, Y_0 = séquence standard de l'IIS (avec *IIS-13* seulement), Y_1 = séquence avec l'IIS-17, Y_2 = séquence avec l'IIS-34, Y_3 = séquence avec l'IIS-17+34. ²: Hybrides éventuels des cytoespèces “ 2 ” et “ 3 ”.

Tableau 7: Fréquence d'inversions (%) ainsi que d'autres réarrangements chromosomiques chez les larves de *Simulium velutinum* cytoespèce "3". Toutes les larves sont fixées pour l'*IS-10*, *IS-11*, *IS-40*, *IL-50*, *IIS-13* et l'*IIL-20*.

Site	1a	1b	5a	5b	8	9	10a	10b
Femelles: Mâles	6:9	6:3	2:1	1:0	1:0	1:1	37:25	30:21
IL-72	0.43	0.11	0.67			0.50	0.73	0.57
IL-73	0.03	0.06						
IL-74	0.07	0.06						
IL-76								0.01
IL-77								0.01
IL-79							0.01	
IL hb31							0.01	
IL hb55							0.01	
IIS-17¹	*	*	*			*	*	*
IIS-32²							**	
IIS-34³	***					***	***	***
IIS N.O.⁴							****	
IIL-49	0.03							

¹ * = IIS-17 est lié au chromosome Y, ² ** = IIS-32 est hétérozygote chez une larve femelle, ³ *** = IIS-34 est lié au chromosome Y en présence ou en absence de l'IIS-17, ⁴ **** = Organisateur nucléaire primaire (N.O.) exprimé de manière hétérozygote chez une larve mâle.

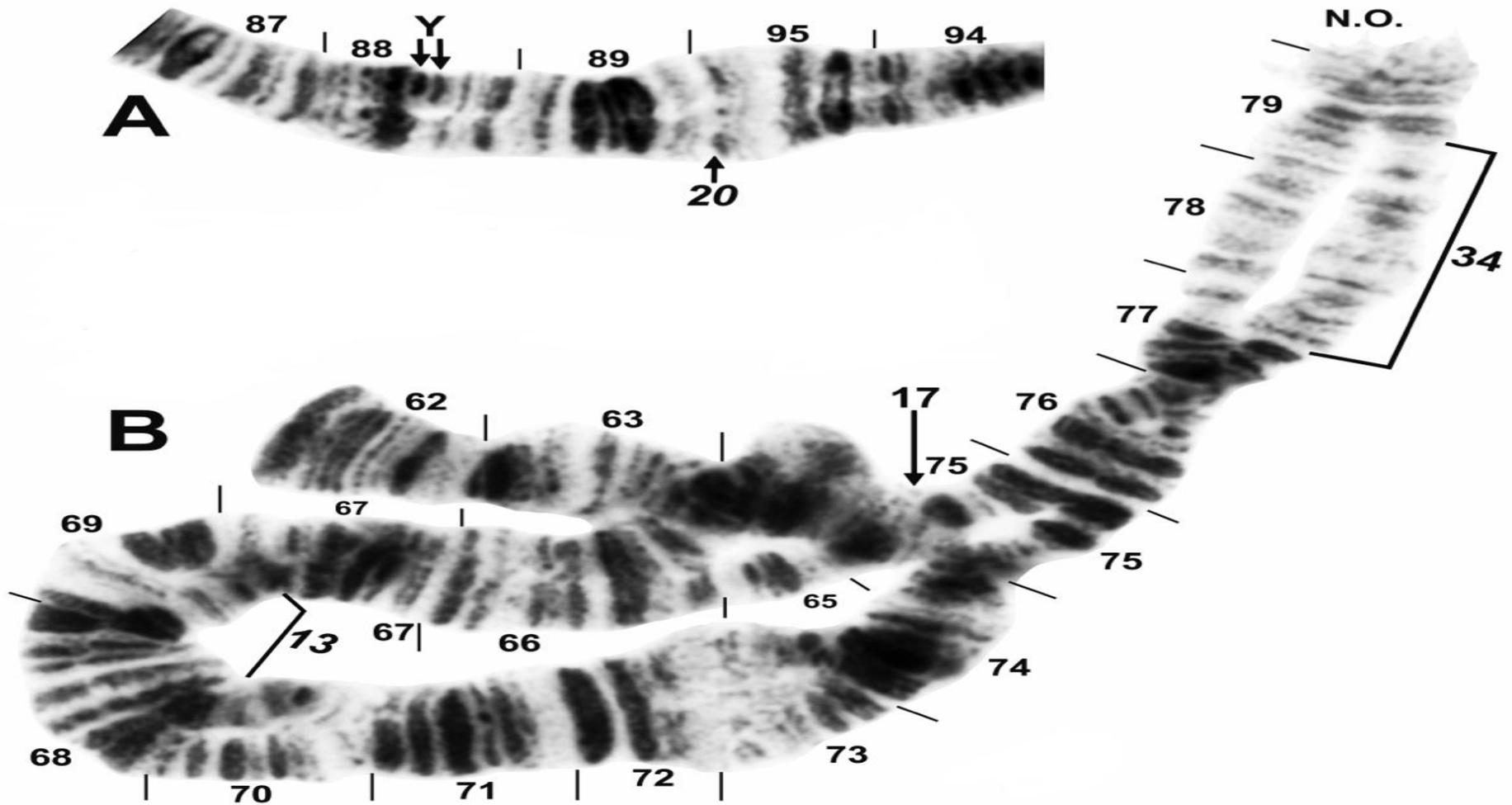


Figure 59: Chromosomes sexuels de larves mâles de la cytoespèce «3», **A:** Bras long du chromosome II (IIL) montrant le segment différentiel avec l'expression de deux bandes (flèches) au niveau de la séquence 88 et le point de rupture de l'*IIL-20*; **B:** Bras court du chromosome II (IIS) définissant le bras sexuel avec X_0 caractérisé par la présence de la séquence standard et Y_3 avec IIS 17 + 34. L'inversion *IIS 13* est fixée dans les deux homologues. N.O = organisateur nucléaire.

V. 3. Discussion

Nos analyses chromosomiques du groupe *S. aureum* du Nord Est algérien ont révélé que les deux espèces *S. mellah* et *S. velutinum* représentent dans le bassin versant de la Seybouse quatre entités chromosomiques distinctes. Les résultats obtenus indiquent que toutes les formes découvertes constituent des espèces valides.

La caractérisation chromosomique de *S. mellah* n'a jamais été faite auparavant, à l'état actuel de nos connaissances cet élément n'est connu que d'habitats d'Afrique du Nord à important taux de salinité. En effet, notre site de collecte de l'espèce dans le bassin versant de la Seybouse (Cherairia et al., 2014) et similairement au site marocain de sa capture dans le Haut Atlas (Giudicelli et al., 2000), sont caractérisés par une teneur élevée en chlorure.

L'Afrique du Nord constitue un centre de diversité chromosomique pour le groupe *S. velutinum sensu lato* (Adler et al., 2014), c'est la seule zone géographique connue où les deux séquences primordiales l'IIS-12 et l'IIS-17, impliquées dans la diversification du complexe, sont simultanément présents. Notre théorie phylogénique suppose des ancêtres successifs et polymorphes pour les inversions suscitées à partir desquelles de multiples lignées ont émergé.

En effet, l'espèce *S. mellah* qui ne manque pas seulement les inversions IIS-12 et IIS-17, mais aussi l'IS-40, apparaît comme à un ancêtre hypothétique de l'ensemble du complexe *S. velutinum*. Au même titre que plusieurs autres inversions pouvant survenir chez les simulies (Rothfels et al., 1978 ; Leonhardt et Feraday, 1989 ; Tangkawanit et al., 2009), les inversions IIS-12 et IIS-17 démontrent les multiples destins que peuvent assumer les polymorphismes ancestraux dans des lignées indépendantes: fixation, perte, polymorphisme autosomique et les liens de sexe.

La cytoespèce « 2 » a été également rencontrée dans le pays limitrophe le Maroc (Adler et al., 2014), où 40% du matériel examiné porte aussi l'inversion stable *IIS-17* avec une population caractérisée par des chromosomes sexuels indifférenciés.

Parmi l'ensemble des individus du complexe *S. velutinum* analysés à partir des prélèvements effectués dans le bassin versant de la Seybouse, la cytoespèce « 3 » représente par le lien existant entre le chromosome Y et l'inversion *IIS-17* le seul exemple de chromosomes sexuels différenciés.

Les populations simulidiennes insulaires, qui diffèrent génétiquement ou structurellement des populations continentales, illustrent parfaitement le problème de l'allopatrie qui constitue un véritable obstacle pour l'évaluation du statut taxonomique des espèces. Notre découverte de populations de *S. velutinum* dont les séquences chromosomiques sont fixées pour l'*IIS-17* nous permet d'établir leur relation avec des populations identiques décrites antérieurement des îles Canaries écartant de ce fait toute singularité chromosomique des populations insulaires.

Assurément et nonobstant l'existence de légères différences morphologiques, ce lien est fondé sur la preuve chromosomique fournie par la présence de la même inversion stable (*IIS-17*) chez une autre espèce *Simulium tenerificum* peuplant les îles Canaries (Tenerife), dénommée chromosomiquement par Leonhardt (1985) espèce jumelle "L", ce résultat est également confirmé par l'examen d'un matériel chromosomique en provenance de la même localité type (Adler et

al., 2014). Crosskey (1988) indique dans sa description de *Simulium tenerificum* la présence d'une petite projection antérodorsale sur le cocon avec l'absence de microtubercules céphaliques et thoraciques, caractères absents chez les nymphes de *S. velutinum sensu lato* récoltées dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

De plus, les résultats obtenus après l'examen de larves en prévenance de l'île de La Palma (Leonhardt, 1985; Adler *et al.*, 2014) localité type de *S. velutinum sensu stricto* ont révélé que les séquences chromosomiques de cette dernière sont identiques à celles de *S. tenerificum*.

Ainsi, la découverte de populations chromosomiquement identiques à celle de *S. tenerificum* sur le continent africain, plus particulièrement le Nord Est algérien, ainsi que la variabilité structurelle des caractères originaux (Crosskey et Báez, 2004) utilisés dans l'établissement du statut de l'espèce *S. tenerificum* permettent de déduire que l'idée que *S. tenerificum* est une espèce distincte devient insoutenable notamment suite à la confirmation de l'existence d'une seule entité chromosomique cohésive dans les îles Canaries ; ainsi et par conséquent, nous nous permettant de synonymiser *S. velutinum* avec *S. tenerificum*.

Les appellations formelles déjà disponibles et pouvant être liés aux deux cytoespèces «1» et «2» sont *Simulium latinum* (Rubtsov) décrite d'Italie (Leonhardt, 1985) et *S. velutinum sensu stricto* respectivement.

Une autre espèce pouvant probablement être liée à la cytoespèce «1» est *Simulium rubzovianum* (Sherban), décrite de la Serbie, et qui est considérée comme ancien synonyme de *Simulium latinum*. Ainsi et par conséquent, nous appliquons les appellations *rubzovianum* (synonyme = *latinum*) et *velutinum* (nouveau synonyme = *tenerificum*) aux cytoespèces «1» et «2» respectivement.

Simulium rubzovianum est largement distribuée, sa répartition géographique s'étend du Nord de l'Afrique (Algérie) vers l'Ouest du continent européen (Italie, Espagne, îles britanniques et Fennoscandie) et asiatique (Turquie) (Adler *et al.*, 2014). L'espèce est fixée pour l'IIS-12 et ce au sein de l'ensemble de son éventail, sauf dans le détroit de Gibraltar (Sud de la péninsule Ibérique) où elle est polymorphe avec une fréquence élevée (0,81) (Leonhardt, 1985).

Le nouveau concept de *S. velutinum sensu stricto*, caractérisé par l'inversion stable IIS-17, limite le nom *velutinum* à l'Afrique du Nord (Algérie et Maroc) ainsi qu'aux îles Canaries (Adler *et al.*, 2014). Cette espèce aurait probablement colonisé les îles Canaries en provenance du Maroc qui constitue la région continentale la plus proche avec des caractéristiques chromosomiques similaires à celles des populations insulaires. La localité marocaine se trouve approximativement à 900 km de la localité type de *S. tenerificum* (Adler *et al.*, 2014).

Soulignons que bien que nous ayons démontré l'isolement reproductif de la cytoespèce «3» présente jusqu'à présent uniquement dans le Nord-Est algérien, nous ne pouvons encore pas lui attribuer une appellation formelle. Nous nous abstenons de la nommer jusqu'à ce que d'ample matériel, composé d'autres stades de développement, soit collecté et étudié. Pour l'instant, cette espèce est désignée sous le nom de *S. velutinum* cytoespèce «3».

Chapitre VI

Recherche des structures écologique et biotypologique

Les écosystèmes peuvent être considérés comme des milieux hétérogènes que l'on peut assimiler à des mosaïques d'habitats aux conditions environnementales différentes.

Le peuplement faunistique de l'écosystème réagissant à cette variable environnementale, on peut penser que ce sont les espèces qui présentent les caractéristiques biologiques et les stratégies écologiques les plus appropriées à chaque type de la mosaïque qui vont être sélectionnées. Il est donc raisonnable d'affirmer que certaines combinaisons d'adaptations doivent être plus particulièrement rencontrées dans certains habitats, compte tenu de leur caractéristiques mésologiques.

Si l'on admet que la structure et la dynamique des peuplements, dans les systèmes lotiques, sont principalement gouvernés par des processus autoécologiques (Townsend et Hildrew, 1994), des relevés faunistiques doivent pouvoir restituer à différentes échelles spatiales et/ou temporelles un ensemble d'informations claires non seulement sur l'organisation et la diversité fonctionnelle de la communauté benthique, mais également sur les propriétés de l'environnement colonisé et sur leurs modifications éventuelles. Cela suppose évidemment de pouvoir rassembler et de savoir structurer de façon appropriée la somme des connaissances autoécologiques sur les différents taxons d'une communauté.

VI.1. Traitement statistique des données

L'étude d'un écosystème à travers la faune, la flore, le milieu et leurs interactions dans ses dimensions espace-temps, conduit à l'obtention d'un ensemble complexe de données tridimensionnelles (variables×temps×espace) qui s'organisent naturellement sous la forme de plusieurs tableaux. En statistique, des méthodes dites multitableaux ont été spécifiquement créées pour analyser simultanément plusieurs tableaux de données en tenant compte des objectifs écologiques tels que les conditions environnementales (Blanc, 2000).

Legendre et Legendre (1998) définissent l'analyse multivariée comme étant un ensemble de méthodes d'analyse numérique traitant en bloc des tableaux de données, où chaque observation et chaque élément d'échantillonnage sont définis par plusieurs variables, soit les abondances des espèces, les descripteurs abiotiques, etc. Cette analyse permet de grouper des stations ayant des attributs semblables. Elle est généralement construite à partir de deux matrices de données, soit une matrice taxonomique et une autre d'habitat. La méthode multivariée permet, donc, une utilisation optimale de nos bases de données biologiques et abiotiques.

L'analyse multivariée a été réalisée à l'aide du logiciel ADE-4 (Thioulouse *et al.*, 1997). Afin d'explorer l'organisation spatiale des espèces et des stations d'échantillonnage étudiées en fonction des facteurs abiotiques, nous avons utilisé l'analyse en composantes principales (ACP), méthode essentiellement descriptive ayant pour but d'exprimer en un minimum de dimensions, un maximum de l'information. Cette méthode, qui est très utilisée pour la description caractéristiques physico-chimiques (Carrel *et al.*, 1986), a permis l'obtention d'un suivi annuel de 31 stations sur la base des données des 32 mois de toute la période d'étude.

VI.2. Résultats

VI.2.1. Analyse de l'abondance du peuplement simuliidien

La présente étude faunistique a permis de recenser, au cours des 3 années d'échantillonnage, un total de 31222 individus répartis en huit espèces et une morphoforme. L'abondance de la faune simuliidienne fluctue suivant les stations, variant entre 2223 et 0 individus (Annexe 8, Figure 60).

Les sites amont (stations DAH, MGI, KRA, ENI, ARK) situés entre 700 et 840 m d'altitude montrent une structure équilibrée avec des abondances variant entre 395 individus (station DAH) et 1036 individus (station KRA).

Les stations de moyenne montagne et de piémont affichent les abondances les plus importantes du fait d'une bonne prolifération de la faune simuliidienne. En effet, les sites localisés entre 274 et 616 m d'altitude enregistrent des abondances oscillant entre 1512 individus (station CMA) et 2223 individus (station SAB).

Les zones de plaines (90 – 250 m d'altitude) ont une abondance moins importante que le groupe précédent; ceux sont des sites influencés par une pollution organique et dont l'abondance varie entre 767 individus (station BMA) et 1048 individus (station SBC).

Quant aux sites de basse altitude (SBD, SBK, SCH, SDR) qui constituent les stations les plus affectées par la pollution organique et industrielle, elles se caractérisent par des abondances assez faibles avec un maximum de 67 individus (station SCH) et un minimum de 3 individus (station SBD).

Notons que parmi toutes les stations prospectées dans notre étude, une seule s'est montrée dépourvue de simuliidies, il s'agit de la station (SOF) située sur le cour axial de Oued Seybouse et qui correspond à une grande rivière de faible altitude (69 m) caractérisée par d'importantes largeur et profondeur moyennes (24 m et 73 cm respectivement).

VI.2.2. Richesse spécifique

L'essai d'une régression linéaire (Figure 61) a permis d'évaluer la relation entre l'altitude et la richesse spécifique des différentes stations prospectées. Les résultats obtenus indiquent une corrélation hautement significative et positive ($r= 26,2$; $P= 0,003$).

En effet, la distribution longitudinale des diptères simuliidae le long des cours d'eau étudiés met en évidence l'importance de cette famille dans les stations d'amont à importante amplitude altitudinale.

La plus grande richesse spécifique (7 espèces) est observée à la station MGI (751 m), ce site héberge des espèces rares (*S. (E.) mellah*, *S. (N.) lundostromi* et *S. (N.) ruficorne* morphoforme B) fuyant les habitats d'aval très perturbés avec d'autres éléments à large répartition longitudinale.

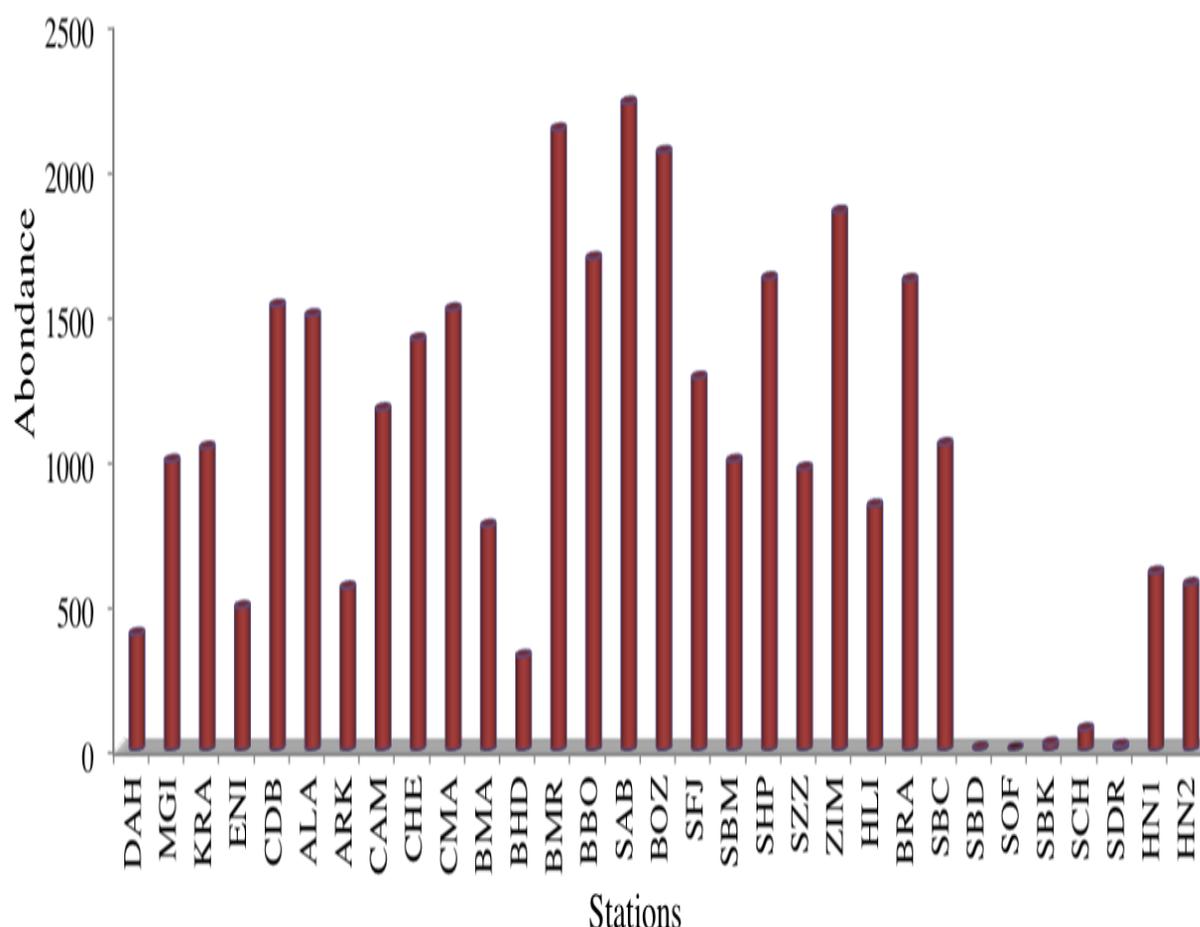


Figure 60: Abondance de la faune simuliidiène dans les stations d'étude dans le bassin versant de la Seybouse.

Les stations ENI (852 m), ALA (610 m), SAB (532 m), CMA (274 m), ZIM (278 m) et SFJ (224 m) enregistrent une richesse taxonomique de 4 espèces. Dans ces stations (excepté la station ENI), caractérisées par un courant rapide à moyen et une pollution modérée, nous trouvons les espèces thermophiles des biotope de pleine: *S. (W.) pseudequinum* et *S. (E.) velutinum* complexe avec d'autres éléments tels que *S. (N.) ruficornis* et *M. blanci* mais aussi l'espèce hémisténotherme *S. (S.) ornatum* complexe.

Le nombre d'espèces récoltées marque une remarquable décroissance à partir des stations de basse altitude qui enregistrent une richesse spécifique comprise entre 1 et 3 espèces. Le cortège faunistique est fondamentalement composé des deux espèces dominant le peuplement simuliidien du réseau hydrographique de la Seybouse *S. (W.) pseudequinum* et *S. (E.) velutinum* complexe mais avec un degré moindre pour cette dernière. Ces zones sont, en effet, des secteurs à forte perturbation anthropique caractérisés par un substrat homogène à dominance de gros galets et de matière organique et une température estivale élevée.

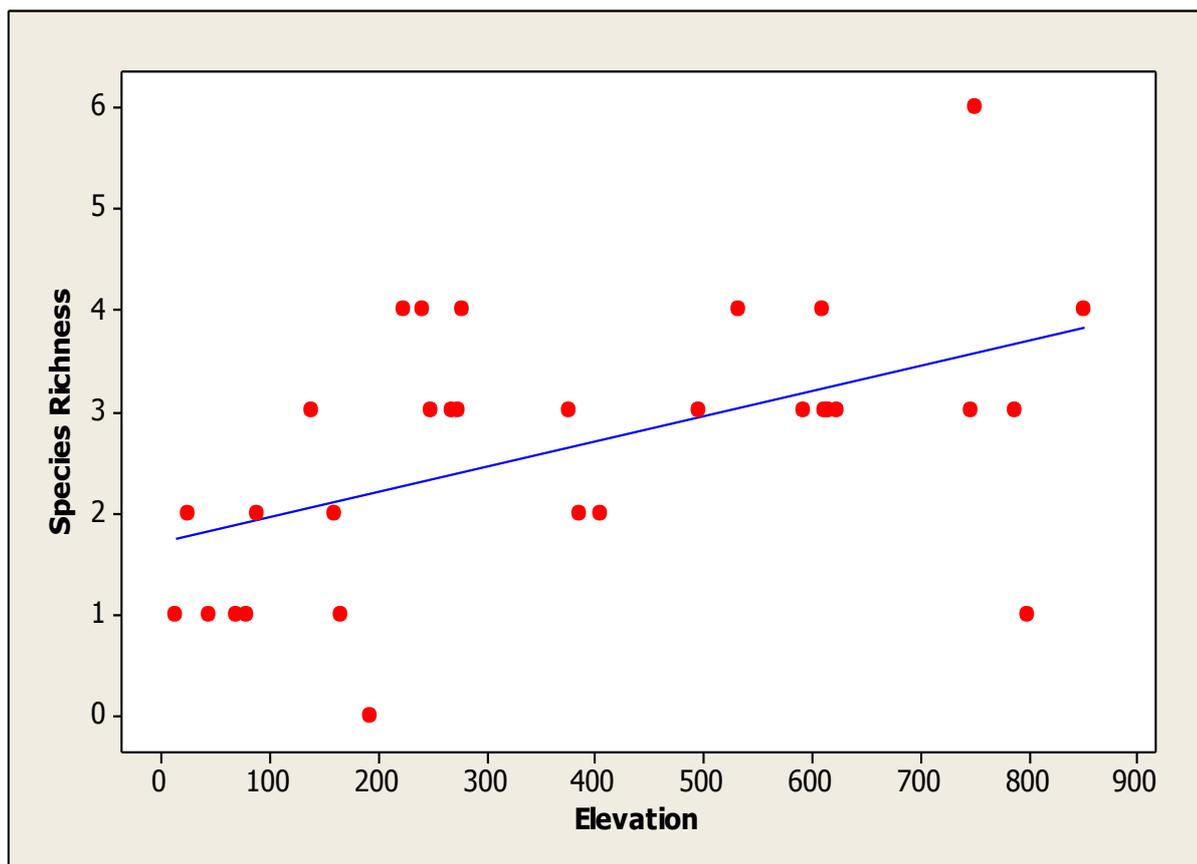


Figure 61: Relation entre la richesse spécifique des similies et l'altitude dans les stations d'étude dans le bassin versant de la Seybouse (richesse spécifique = $1,70 + 0,0025$ élévation; $r = 26,2$, $p = 0,003$).

VI.2.3. Abondance et occurrence des espèces recensées

Les figures 62 et 63 représentent respectivement l'abondance et l'occurrence relatives des similies récoltées dans les 31 stations d'étude dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

Deux espèces forment le fond du peuplement simulidien du bassin versant de la Seybouse, ceux sont *S. (W.) pseudequinum* suivie par *S. (E.) velutinum* complexe qui représentent les espèces abondantes et les plus fréquentes (Annexe 8) de la communauté (occurrence relative 34,94% et 30,12 % respectivement). *S. (W.) pseudequinum* constitue les populations larvaires les plus denses dans les cours d'eau étudiés et totalise à elle seule plus de 70 % des individus récoltés.

S. (W.) pseudequinum est particulièrement abondante dans les stations de l'aval qui constituent les secteurs correspondant à son optimum écologique (altitude < 400 m) où les caractéristiques du milieu (température estivale élevée et pollution organique) sont favorables au développement des stades immatures. Cet élément représente avec *S. (E.) velutinum* complexe (Abr: 17,60 %) des espèces eurythermes et eurytopes colonisant presque tous les types d'habitats indépendamment du substrat et de la vitesse du courant, elles sont polluo-résistantes et supportent bien mieux les élévations de température et descendent nettement plus bas dans les cours inférieurs.

Une autre espèce se révèle fréquente, mais sa représentativité par rapport aux deux taxa précédents est relativement moindre (Figure 63), il s'agit de *S. (S.) ornatum* complexe, espèce assez occurrente (Ocr: 19,28 %) et assez abondante (Abr: 6,20 %) et qui pourrait être également considérés à large répartition longitudinale. Son abondance maximale s'observe dans les zones de piémont. Les stades juvéniles de ce taxon peuvent éventuellement se développer dans les milieux d'altitude, mais seulement dans les biotopes riches en végétation aquatique où l'espèce augmente ainsi son amplitude écologique.

M. blanci est une espèce plutôt peu abondante (Abr: 1,14%) et relativement fréquente (Ocr: 8,43%) dans les stations de moyenne altitude au lit large, cette espèce fréquente 7 des 31 stations échantillonnées.

L'espèce *S. (N.) ruficornis* A est à la fois très peu abondante et très peu occurrente (Abr: 0,80%, Ocr: 2,41%), elle se rencontre uniquement dans deux stations (MGI et ZIM) où elle montre une affinité particulière aux biotopes à faible courant.

Enfin, d'autres taxa sont rares et recueillis sporadiquement correspondant à des éléments très localisés ne fréquentant qu'une seule station (Ocr: 1,20 %). Ceux sont des espèces de biotopes bien spécialisés, c'est les cas de:

S. (E.) mellah, *S. (N.) lundstromi* et *S. (N.) ruficornis* morphoforme B (Abr: 0,02%, 0,01% et 0,003 % respectivement) qui cohabitent exclusivement la station MGI (751 m) caractérisée par une eau fortement minéralisée coulant à une vitesse faible.

U. faurei (Abr: 0,31%) est une espèce cantonnée dans la station la plus haute de notre aire d'étude (ENI, 852 m d'altitude) qui correspond à un site éphémère de montagne.

VI.2. 4. Phénologie des espèces simulidiennes

Le tableau 8, renseigne sur l'occupation temporelle des espèces au niveau des 31 sites d'étude. Nous pouvons distinguer:

- les espèces permanentes occupant tous l'espace temporel et que l'on trouve le long de l'année et durant les 3 cycles hydrobiologiques étudiés tel que *S. pseudequinum*, *S. velutinum sensu lato* et *S. ornatum* complexe.

- Espèces à distribution temporelle très ponctuelle à savoir *U. faurei*, *S. lundstromi* et *S. ruficornis* B.

- Espèces saisonnières: *M. blanci*, *S. mellah* et *S. ruficornis* A.

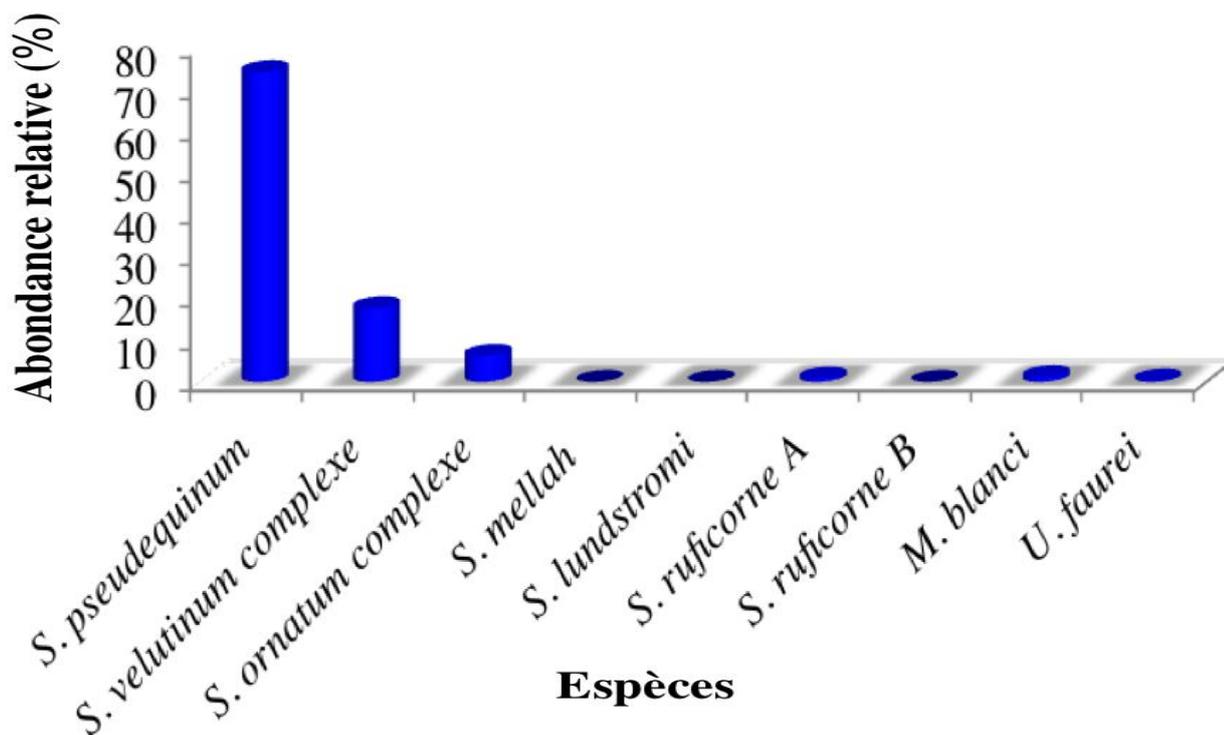


Figure 62: Abondance relative des espèces de simuliées dans les stations d'étude dans le bassin versant de la Seybouse.

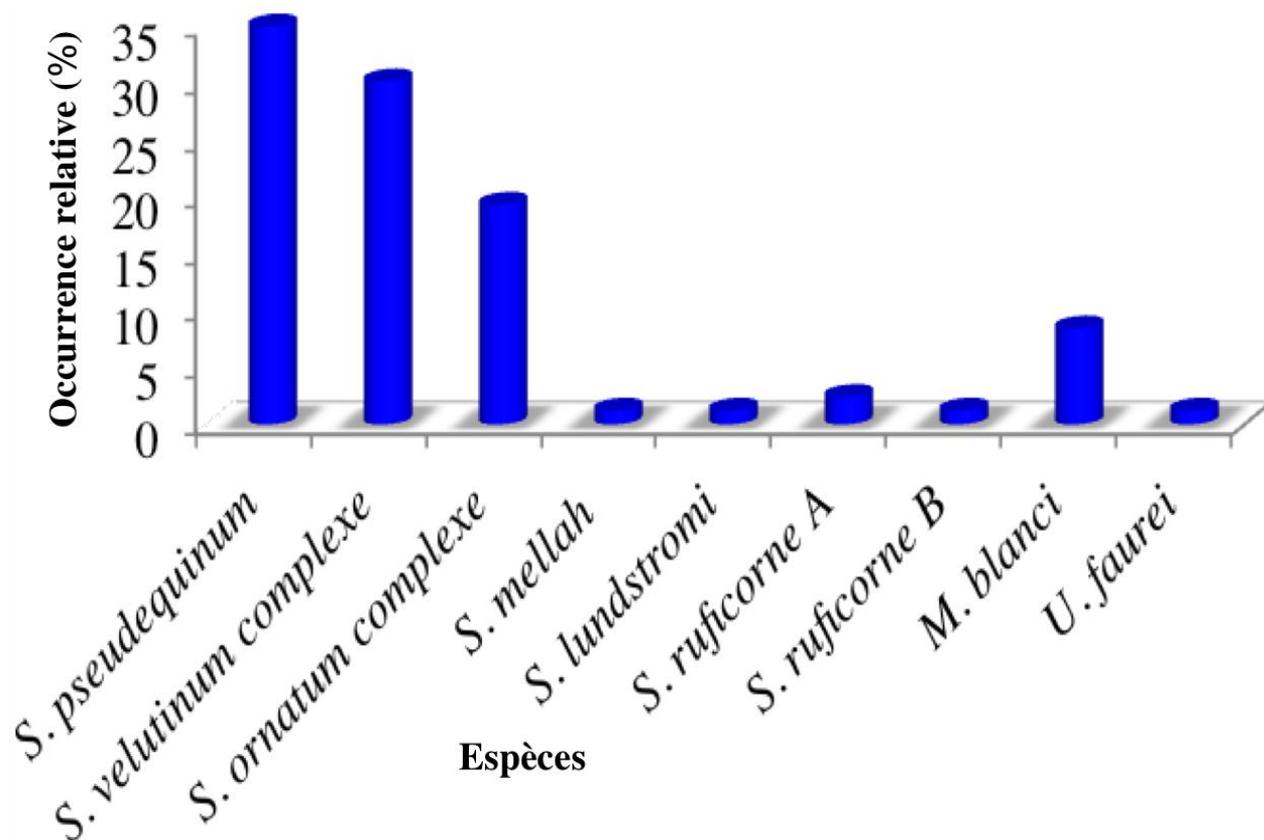


Figure 63: Occurrence relative des espèces de simuliées dans les stations d'étude dans le bassin versant de la Seybouse.

Tableau 8: Nombre de sites et phénologie pour chacune des espèces de simulies recensées dans le réseau hydrographique de la Seybouse.

Espèces	Nombre de sites	Saisonnalité
<i>U. faurei</i>	1	Mars
<i>M. blanci</i>	7	Mars-Juin, Novembre- Janvier
<i>S. (E.) velutinum</i> complexe	25	Janvier-Décembre
<i>S. (E.) mellah</i>	1	Mars-Avril, Décembre
<i>S. (N.) lundstromi</i>	1	Avril
<i>S. (N.) ruficorneA</i>	2	Avril, Août-Décembre
<i>S. (N.) ruficorneB</i>	1	Octobre
<i>S. (S.) ornatum</i> complexe	16	Janvier-Décembre
<i>S. (W.) pseudequinum</i>	29	Janvier-Décembre

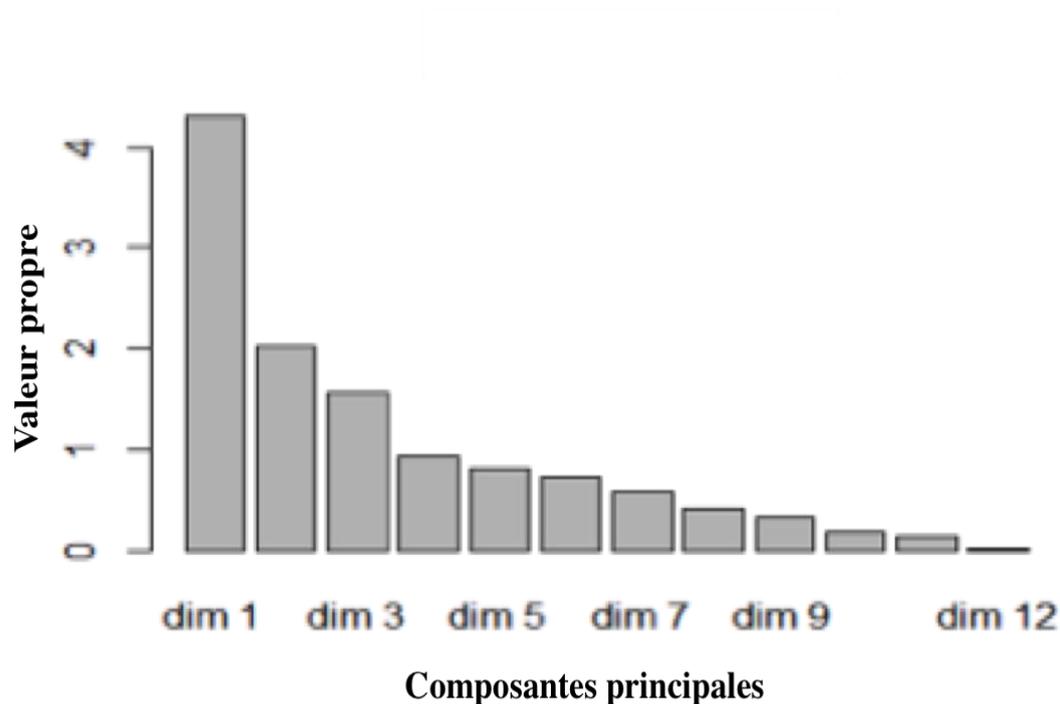
VI.2.5. Structure mésologique

Le nombre de visites de prospection effectué est de 965, les investigations ont concerné des stations situées à des altitudes variant de 852 à 14 m et regroupant une grande variété d'eaux courantes depuis les ruisseaux jusqu'aux grandes rivières. Dans ce travail, 13 descripteurs environnementaux (Annexe 9) sont pris en compte pour caractériser chacune des 31 stations retenues.

L'étude des facteurs environnementaux mesurés au cours de la période d'étude approchée par l'utilisation de l'analyse en composantes principales fait apparaître clairement dans l'espace (Figures 64) les trois dimensions significantes Dim 1 (axe 1), Dim 2 (axe 2) et Dim 3 (axe 3). Le plan factoriel Dim 1 x Dim 2 est celui qui extrait le maximum d'informations faunistiques car les deux premiers axes prennent en compte 52,76 % (Dim 1: 35,84%; Dim 2 : 16,92 %) de la variance totale alors que la troisième composante principale considère 13,01% de l'inertie totale.

Ces pourcentages relativement faibles s'expliquent par la taille importante de la matrice, et par la diversité des facteurs interdépendants régissant la distribution des espèces.

L'ACP nous a fournit un résumé objectif de l'ensemble des données et a bien mis en évidence les relations entre les variables et les espèces d'une part et la distribution des stations compte tenu de l'ensemble de leurs caractéristiques environnementales d'autre part.



Figures 64: Diagramme en cône des composantes principales et leurs valeurs propres.

Ainsi, et vu l'interprétation des axes, la structure du nuage des relevés obtenue par l'ACP peut être résumée en un gradient assez bien exprimé le long de l'axe 1 et parfaitement assimilable à un gradient amont – aval.

Les variables substrat grossier, vitesse élevée du courant, profondeur, largeur du lit et oxygénation des cours d'eau sont fortement liées entre elles (Figure 65 a) et avec l'axe 1 (en position positive), les sites concernés sont bien représentés dans le plan Dim 1x Dim 2 (Figure 65 b), il s'agit de: CMA, CAM, CHE, BBO, BMR, BHD, BMA, HLI, SFJ, SHP, SBM, SZZ, SBC, SBD, SOF, SBK, SCH et SDR.

De manière similaire, mais en position négative, l'axe 1 est également très lié non seulement au deux variables abiotiques teneurs en chlorures et matières dissoutes mais aussi à l'élévation, opposant ainsi les sites salés de haute altitude caractérisés par une importante turbidité (MGI, DAH, ARK et CDB) à l'ensemble des autres stations en position positive (Figure 65 b).

L'axe 2, quant à lui, sépare les sites à importante température caractérisés par la présence d'une végétation riveraine plus ou moins dense (Figure 65 a) à savoir: BRA, ZIM, HN1 et HN2.

L'axe 3 fait ressortir un effet très marqué du pH caractérisant les sites relativement alcalins et les opposant aux sites ayant des eaux à température et des taux de matières dissoutes élevés (Figure 66 a). Nous pouvons citer: BOZ, SAB, BMA, MGI, HLI, ZIM, SBC,

CHE, BRA, ALA, ENI, BHD, BMR, KRA, SBK, SBM et BBO (Figure 66 b).

Par ailleurs, nous tenant à signaler que bien que l'axe 4 ne contribue qu'avec 7,82 % de l'inertie totale, il indique un net effet des eaux à forte conductivité sur la structure des communautés simuliidiennes (Figure 66 a). Néanmoins, le rôle de ce paramètre reste relativement faible mais permettant (Figure 66 b) une distinction des sites hyperminéralisés tels que BOZ, SAB, SBM, CMA, SZZ et BMR.

De plus, l'examen des diagrammes de l'ACP relatifs à la représentation graphique de l'abondance des espèces en fonctions des différentes variables abiotiques retenues (Figures 65 a, 66 a) indique que la première composante est liée avec la présence d'un léger effet de la température et de la végétation bordante sur les effectifs des simulies. De manière similaire, et d'après le plan factoriel 3x4, l'abondance des espèces est également corrélée avec un pH alcalin et à une forte conductivité qui semblent jouer un rôle important dans la structure des populations des simulies.

Tout comme l'analyse faunistique (Chapitre III), l'analyse des variables écologiques indique qu'il y a une modification dans l'organisation des espèces. Celle-ci est d'autant plus importante que l'on s'approche du secteur amont qui rassemble les espèces les plus alticoles et les sténothermes.

Ainsi, la recherche de la distribution spatiale des associations des espèces, précisée grâce à l'ACP, nous a permis de dégager les affinités entre les stations et les espèces:

Axe 1:

Il paraît représenté un facteur de spécialisation. Il permet de distinguer les espèces alticoles, sténothermes et inféodées aux stations d'altitude à forte salinité et à importante concentration totale des solides dissous dans l'eau. Trois taxons contribuent à la formation de ce groupe: *S. lundstromi*, *S. mellah*, et *S. ruficorne* B. Ces éléments peuvent être qualifiés de polluosensibles et caractérisent par leur présence exclusive dans la station MGI.

Les espèces accessoires à ce groupement sont *U. faurei* et *S. velutinum*, la première est un élément typique de montagne, la deuxième correspond principalement à

Axe 2:

Il fait apparaître une distinction de deux espèces *S. ornatum* complexe et *S. ruficorne* A par rapport à l'ensemble des autres taxa. La première est hémisténotherme, alors que la seconde est réputée thermophile, toutes les deux manifestent une nette affinité pour des températures relativement élevées en présence d'une ceinture végétale plus ou moins importante.

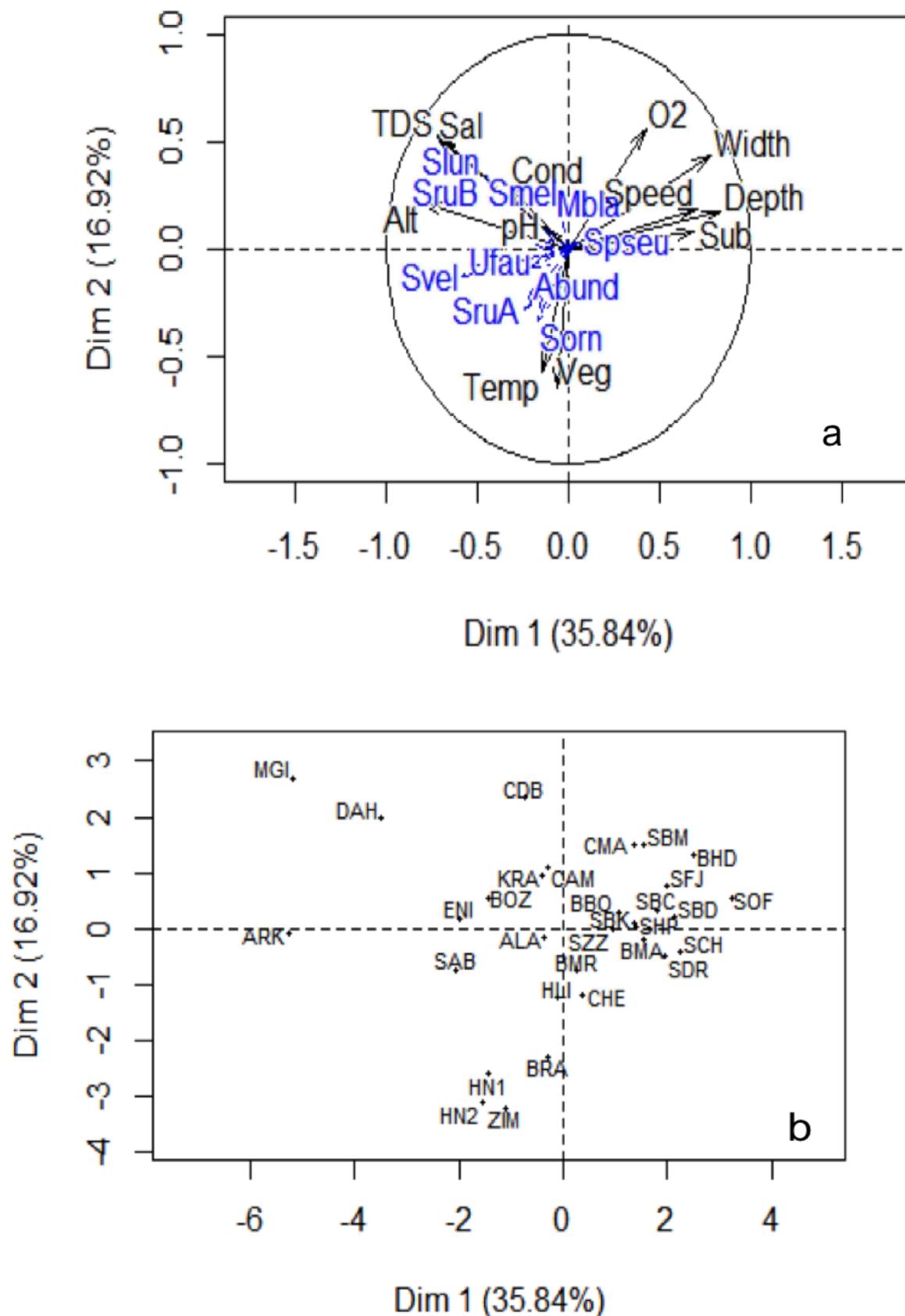


Figure 65: ACP plan factoriel 1x2: distribution des espèces en fonction des paramètres environnementaux (a), distribution des stations (b).

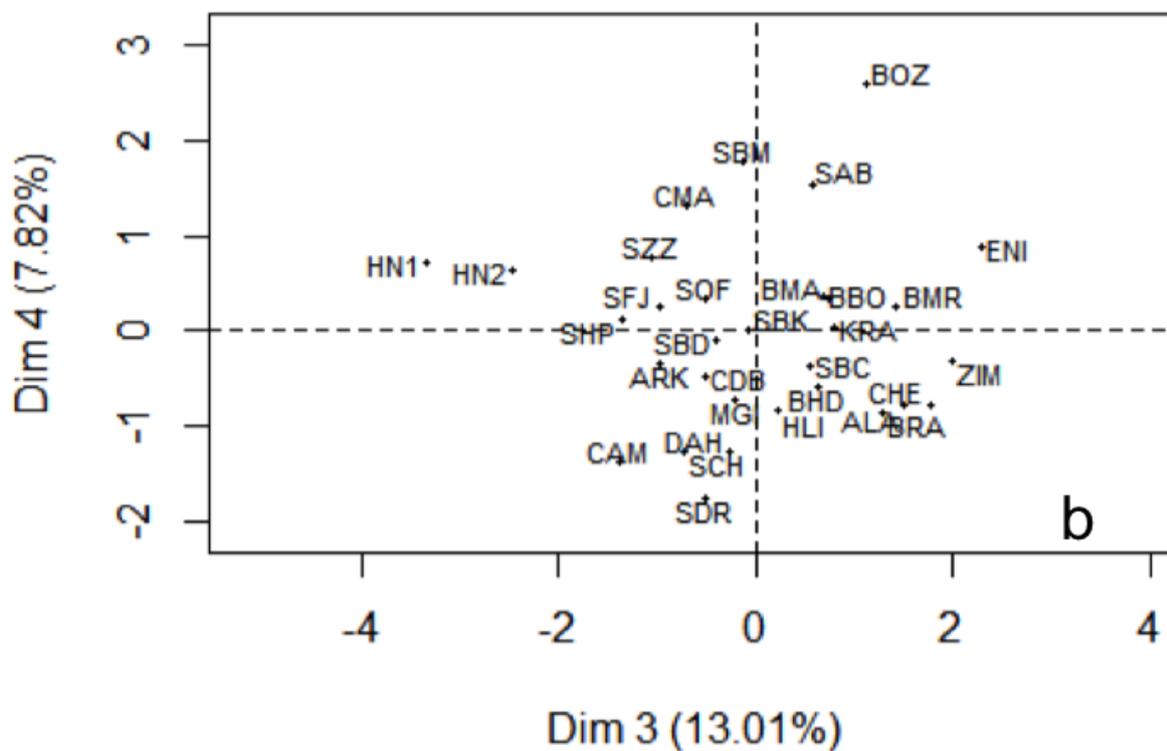
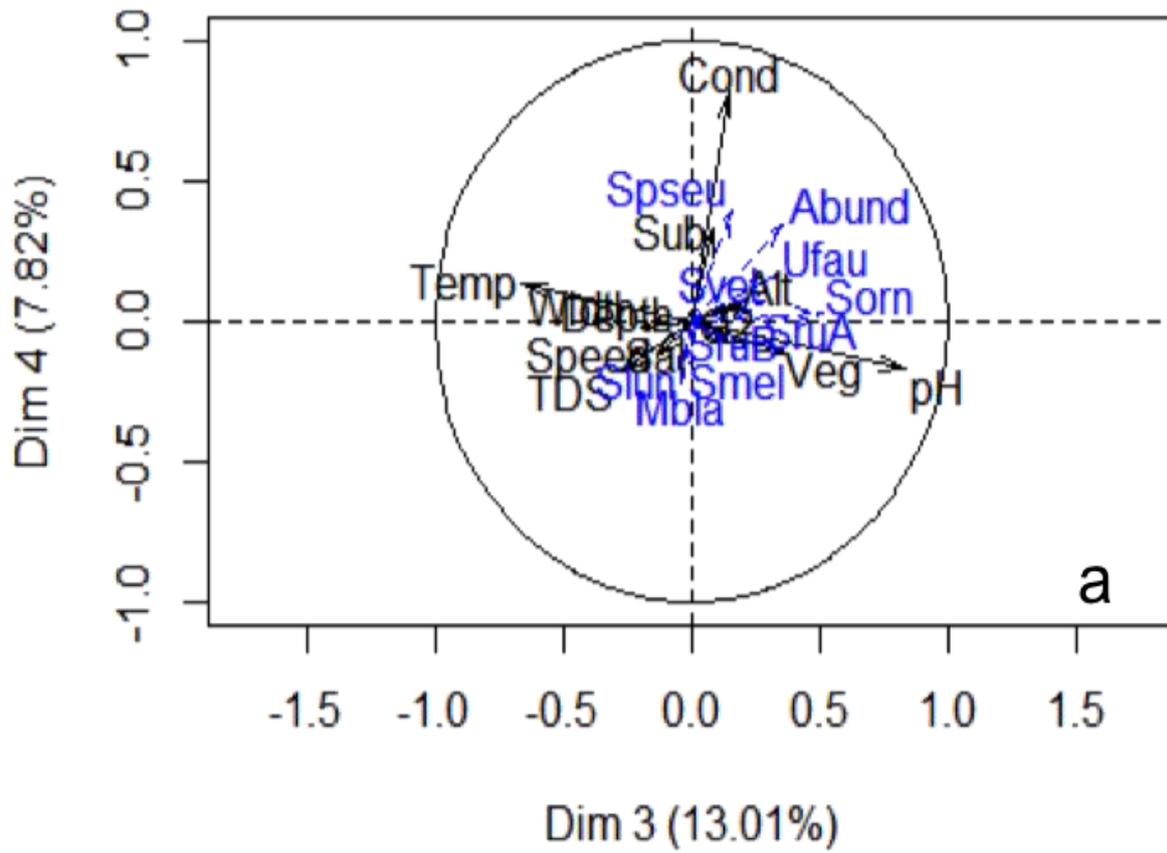


Figure 66: ACP plan factoriel 3x4: distribution des espèces en fonction des paramètres environnementaux (a), distribution des stations (b).

L'analyse a également dégagé l'existence de deux espèces n'ayant pas de profil biologique particulier, il s'agit de *S. pseudequinum* et *M. blanci*. La première constitue l'espèce représentative du réseau hydrographique considéré dans son ensemble et occupe le centre du graphique (Figure 65 a); c'est un taxon thermophile, à large répartition et à caractère nettement eurytherme abandonnant dans les cours inférieurs et pouvant s'accommoder aux courants les plus forts. En revanche, l'espèce *M. blanci* est peu abondante mais relativement fréquente et paraît correspondre à un élément à tendance sténotherme dont la présence est liée au cours d'eau de largeur plus ou moins importante.

VI.3. Discussion

Cette étude écologique a contribué à une meilleure connaissance de la faune simuliidienne d'Algérie et d'apprécier l'abondance et la diversité des peuplements dans des biotopes soumis à des conditions de milieux difficiles.

Les résultats obtenus confirment et complètent les travaux réalisés sur les simules en régions méditerranéenne et maghrébine et permettent de mieux apprécier la répartition et l'écologie de certaines espèces rares ou localisées aboutissant ainsi à la définition avec précision de leur statut écologique.

La richesse faunistique des cours d'eau du bassin versant de la Seybouse est relativement faible (huit espèce et un morphoforme) comparée à celle observée dans les autres contrées du pays avec 20 espèces dans l'Ouest (Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988) et 19 espèces dans la grande Kabylie (Lounaci *et al.*, 2000b).

La faune simuliidienne d'Algérie, composée actuellement de 29 espèces valides (Adler et Crosskey, 2014), est en position intermédiaire entre les pays voisins avec 42 espèces pour le Maroc (Belqat *et al.*, 2011; Adler et Crosskey, 2014) et 14 espèces pour la Tunisie (Boumaiza et Clergue-Gazeau, 1986; Adler et Crosskey, 2014).

Ce nombre reste également faible comparativement à ceux des cours d'eaux du Sud-Ouest de l'Europe, tels que la vallée d'Ossau (25 espèces: Vinçon et Clergue-Gazeau, 1988) et la Neste d'Aure (16 espèces: Clergue-Gazeau et Gazagnes, 1986).

Les importantes disparités s'expliquent vraisemblablement, outre les différences biogéographiques des milieux prospectés d'un pays à l'autre (profil altitudinal), par l'historique des investigations (en particulier pour le Maroc).

En effet, les différences faunistiques observées peuvent résulter des conditions écologiques différentes entre les réseaux hydrographiques des massifs montagneux du Maroc et ceux d'Algérie et de Tunisie avec un nombre de cours d'eau du Maroc présentant une large amplitude altitudinale. Leurs caractéristiques mésologiques, plus proches de celle des réseaux du Sud-Ouest de l'Europe que celle des autres pays du Maghreb (Bouzidi et Giudicelli, 1994; Touabay *et al.*, 2002) ont favorisé le développement d'une faune riche et diversifiée. Dans cette faune figurent des espèces potamophiles et lénitophiles, rares ou absentes dans les cours d'eau algériens et tunisiens, et aussi, au contraire, un contingent d'espèces sténothermes d'eau

froide, exclusifs aux réseaux hydrographiques du Maroc et particulièrement ceux du Rif et du Haut-Atlas (Giudicelli *et al.*, 2000; Belqat, 2002).

Au même titre que les autres groupes d'invertébrés d'eau courante, la faune simuliidienne du réseau hydrographique de la Seybouse est fondamentalement paléarctique, dominée par des éléments à distribution Ouest-méditerranéenne et circumméditerranéenne (Zwick, 1978; Crosskey et Adler, 2014) à l'exception de *S. (W.) pseudequinum*, d'origine orientale, et de *S. (N.) ruficorne*, d'origine éthiopienne. Boumaiza et Clergue-Gazeau (1986) et Gagneur et Clergue-Gazeau (1988) ont fait la même remarque à propos de la Tunisie et de l'Ouest algérien.

L'analyse biotypologique du bassin versant de la Seybouse montre des différences de l'amont en aval souvent rencontrées dans les eaux courantes, en particulier méditerranéennes (Giudicelli *et al.*, 1980; Gonzalez Del Tanago et Garcia De Jalon, 1981; Dia, 1983; Giudicelli *et al.*, 1985; El Agbani *et al.*, 1992). Les assemblages des simuliidae enregistrés le long du cours d'eau de la Seybouse ont démontré deux discontinuités longitudinales importantes: les amonts maintiennent une communauté relativement diversifiée qui, en revanche, se réduit considérablement en aval du réseau hydrographique considéré.

En effet, dans le bassin versant de la Seybouse, le peuplement simuliidien le plus diversifié s'observe dans les zones de piémont et de moyenne montagne (278 à 751 m) qui, en partie, correspondent à des stations plus hétérogènes et moins polluées. Elles sont caractérisées par une vitesse du courant moyenne à modérée, des températures maximales de l'ordre de 16 °C, un substrat hétérogène à dominance de galets, une végétation aquatique très peu abondante et une ripisylve partielle ou absente.

Dans ces tronçons de cours d'eau, les conditions écologiques semblent être plus ou moins favorables et permettant le développement d'une communauté relativement riche. Certains sites hébergent des espèces à distribution ponctuelle accompagnées d'autres remontant en altitude fuyant les habitats d'aval perturbés mais aussi d'autres éléments à large répartition altitudinale.

Le peuplement des stations de plaine est moins diversifié que celui des cours supérieurs et les espèces à fort caractère typologique disparaissent sous le cortège des espèces ubiquistes et polluo-résistantes.

La très faible diversité obtenue au niveau de la partie aval de la Seybouse peut être expliquée par l'interaction de plusieurs phénomènes. Devant le climat méditerranéen accentué, les cours d'eau sont soumis, entre autres, aux températures élevées de l'eau agissant en tant que facteur limitant de la faune (Williams et Felmate, 1992).

En effet, la température élevée de l'eau génère un taux important d'évaporation en induisant de faibles débits et donc une faible hétérogénéité topographique dans ces secteurs menant à une baisse de la diversité d'habitats et par conséquent une diversité spécifique réduite.

D'ailleurs, ses secteurs en contre-bas sont soumis aux perturbations importantes induites par les rares mais violentes inondations et une pollution anthropogène accentuée. Dans ces régions très peuplées, la pollution est augmentée par un débit réduit et seulement peu d'espèces polluo-tolérantes peuvent survivre. Ainsi, la faune de ces milieux est caractérisée par la disparition de la plupart des taxons des cours moyens et supérieurs et seule, se développent les taxons cosmopolites et eurythermes qui sont généralement très fréquents et très abondants tels que *S. (W.) pseudequinum* et *S. (E.) velutinum* complexe.

De manière similaire, l'importance de la densité simuliidienne dans les zones aval du réseau hydrographique considéré est aussi en rapport avec les températures de l'eau relativement élevées, la vitesse du courant assez importante et la présence de matière organique et d'algues filamenteuses, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures. Cet effet est remarquablement amplifié par le dégagement des eaux d'égouts de la ville de Guelma et Annaba, la conséquence principale et classique est l'augmentation dans l'abondance des simuliidae et une diminution simultanée de la richesse taxonomique.

Avec ces caractéristiques et selon Gagneur (1994), le régime thermique des cours d'eau, les températures élevées d'été aussi bien que la décharge réduite de l'eau en été induisent des différences entre les attributs des assemblages d'invertébrés d'Europe et d'Afrique (Lounaci *et al.*, 2000b).

La distribution spatiale des espèces de simules du réseau hydrographique étudié est sous la dépendance des descripteurs environnementaux choisis et les variations observées dans la structure des communautés dépendent des modifications de ces facteurs.

La projection des variables environnementales sur le plan Dim 1x Dim 2 de l'ACP a mis en évidence l'importance prépondérante du débit d'écoulement à travers la profondeur de l'eau, la largeur de la section mouillée, la vitesse du courant mais aussi l'oxygénation qui sont fortement associées à la nature du substrat. L'axe 1 décrit également le rôle déterminant des variables: salinité, taux de matières dissoutes et l'altitude dans la structure des communautés simuliidiennes.

D'autres facteurs ont également un effet appréciable dans la répartition des espèces du réseau étudié à savoir la température et la ripisylve. Le potentiel hydrogène assume aussi un rôle extrêmement important alors qu'un degré d'importance moindre a été accordé à la conductivité.

En effet, Ross et Merritt (1987) indiquent que la présence ou l'absence d'une espèce de simules dans un habitat particulier ne peut être expliquée par l'intervention d'un seul facteur écologique mais plutôt par l'interaction d'un complexe de plusieurs facteurs biotiques (Davies, 1981) et abiotiques du fait que ces paramètres sont tellement associés et interdépendants que la séparation de leurs effets devient ardue (Ross et Merritt, 1987).

La richesse spécifique des simules est positivement corrélée avec l'altitude dans les régions zoogéographiques à travers le monde (Adler *et al.*, 2004). Cette tendance s'applique également à la relation entre le nombre d'espèces de simules et l'amplitude altitudinale des 31

sites étudiés dans le bassin versant de la Seybouse. Notre observation relative au rôle prépondérant que joue ce facteur a été aussi souligné par plusieurs études (McCreadie *et al.*, 1995, Adler et McCreadie, 1997, 2004 ; Kazanci, 2006; McCreadie *et al.*, 2006; Pramual et Kuvangkadilok, 2009).

Les données que nous disposant sur l'effet du substrat sur la distribution des espèces de simulies dans le réseau hydrographique de la Seybouse sont en parfaite concordance avec la bibliographie qui rapporte qu'au niveau de la station, la répartition des stades aquatiques de simulies dans un cours d'eau est régie par deux facteurs interdépendants: la nature du substrat et la vitesse du courant (Grenier 1949; Phillipson, 1956; Carlsson 1962; Décamps *et al.*, 1975; Hart, 1978; Colbo 1979; Burger, 1987; Ross et Merritt, 1987; Kiel *et al.*, 1998; Malmqvist *et al.*, 1999; Giudicelli *et al.*, 2000; Kazanci, 2006).

D'après Ross et Merritt (1987), les stades juvéniles de simulies peuvent s'observer sur une variété de substrats y compris ceux introduits artificiellement dans les cours d'eau. La vitesse de l'eau influence considérablement la nature et la taille du substrat, cependant ce dernier conditionne la modalité d'écoulement de l'eau à travers sa surface (Vogel, 1981). Il devient par conséquent difficile de déterminer quel est le facteur responsable directement de la distribution des larves. De ce fait, la plus part des travaux publiés notent que les préférences des espèces de simulies vis-à-vis de ces deux paramètres constitue un excellent exemple de corrélation plutôt que de cause-effet.

Par ailleurs, plusieurs études indiquent que les densités larvaire et nymphale sont beaucoup plus faibles lorsque le substrat est couvert par du périphoton et de débris comparativement aux surfaces propres. Ceci est probablement dû à la grande difficulté d'attachement des larves à travers leurs filaments de soie (Rivosecchi, 1978; Barr, 1982).

Pour ce qui est de la largeur, ce descripteur s'est aussi manifesté comme un facteur déterminant dans la dynamique des populations simuliidiennes des cours d'eau investigués. En effet, plusieurs travaux ont attiré l'attention sur le fait que les assemblages de simulies sont principalement, et le plus souvent, déterminés par la taille du cours d'eau (Malmqvist *et al.*, 1999; Feld *et al.*, 2002; Ofenböck *et al.*, 2002; Adler *et al.*, 2004; Lautenschläger et Kiel, 2005; Illésóvá *et al.*, 2008). Cette famille se retrouve dans tous les types de cours d'eau ; certaines espèces sont cantonnées dans les petits ruisseaux de faible largeur alors que d'autres affectionnent les rivières à importante largeur de la section mouillée (Feld *et al.*, 2002; Ofenböck *et al.*, 2002; Kazanci, 2006; McCreadie et Adler, 2006; Lock *et al.*, 2014).

En dépit de leurs conditions environnementales instables, comparativement aux rivières à grande dimension, les cours d'eau de faible largeur constituent les habitats typiques et favorables des populations larvaires de simulies (Crosskey, 1990). Les affluents sont généralement des biotopes de structure plus diversifiée offrant des niches écologiques plus variées que les rivières qu'ils alimentent, entraînant ainsi une richesse spécifique relativement importante. Plusieurs espèces, sont cependant, associées principalement ou entièrement aux cours d'eau à largeur élevée, plus particulièrement les espèces du genre *Simulium* (Crosskey, 1990).

La profondeur de l'eau exerce également une influence appréciable sur la distribution des espèces de simulies fréquentant les cours d'eau étudiés. Des résultats similaires à le notre ont été rapportés par Craig et Galloway (1987) et Lautenschläger et Kiel (2005) qui considèrent que la hauteur de la lame d'eau constitue avec la vitesse d'écoulement d'importants facteurs dans la distribution des larves de simulie à l'échelle du microhabitat.

Nos résultats indiquent aussi que la vitesse d'écoulement de l'eau impacte considérablement sur la faune considérée. En effet, les larves de simulies représentent souvent les insectes filtreurs dominants dans les écosystèmes lotiques et constituent d'excellents colonisateurs opportunistes (Adler et McCreadie, 1997; Zhang *et al.*, 1998). Certaines espèces sont très rhéophiles alors que d'autres le sont moins, d'autres enfin sont plus éclectiques (Grenier, 1953).

C'est ainsi qu'on les trouve dans tous les types de cours d'eau aussi bien les petits ruisseaux que les rivières à cours modéré et même les torrents violemment agités (Grenier, 1953; Crosskey, 1990). Du fait de leur rhéophilie bien connue, chacune des espèces possède un rhéopreferendum particulier (Adler et McCreadie, 1997; Figueiró *et al.*, 2008) et les diverses espèces se répartissent dans différents biotopes de façon assez caractéristique (Phillipson, 1956, 1957).

La prédilection des simulies pour les eaux rapides a été longtemps rapportée aux exigences respiratoires élevées des stades préimaginaux (Grenier, 1953). Cependant, certains auteurs expliquent ce comportement par une probable stratégie d'évitement de microhabitats où la prédation peut avoir lieu avec succès (Fuller et DeStaffan, 1988; Hansen *et al.*, 1991; Malmqvist, 1994). De plus, la puissance de l'appareil prémandibulaire paraît en rapport avec l'établissement des larves dans des courants plus ou moins violents (Grenier, 1953).

Dans notre étude, la concentration en sel s'est avérée d'importance majeure dans la répartition des stades préimaginaux. Ce facteur est nettement prépondérant dans les sites à haute altitude; ceci pourrait s'expliquer par la nature des terrains traversés par ces cours d'eau. En effet, La concentration totale des eaux en matières dissoutes est en grande partie régie par la géologie (Maitland, 1978) et l'eau en provenance de roches sédimentaires calcaires est le plus souvent riche en matières dissoutes particulièrement les chlorures.

A l'état actuel de nos connaissances, seulement deux espèces de simulies sont connues pour leur adaptation physiologique aux conditions salines, elles appartiennent toutes deux au groupe *aureum*.

La première est *S. mellah* endémique du Maghreb recueillie par nous même et par Giudicelli *et al.* (2000) dans l'Ouest de notre pays et au Maroc. Notre gîte larvaire ainsi que celui du pays limitrophe sont caractérisés par des eaux riches en chlorures (3,6 % et 2662 mg/l respectivement).

La seconde espèce (Crosskey, 1990) a été présumée *Simulium (Eusimulium) salinum* (Rubtsov), cet élément a été décrit a partir d'un petit cours d'eau en Sibérie orientale

caractérisé par une eau chaude (Rubtsov, 1956) et chargée d'une teneur exceptionnellement élevée en sel (150-200 mg/l). Cependant, et au même titre que *S. mellah*, cette espèce est réputée rare du fait qu'elle n'a pu être retrouvée nonobstant les multiples enquêtes qui ont été réalisées dans le lieu de sa capture (Patrusheva, 1982).

En effet, les membres du groupe *aureum* semblent être plus tolérants aux habitats salés comparativement aux restes des espèces de simulies (Crosskey, 1990); ceci est également suggéré par le fait que certains d'entre eux se distribuent dans des régions côtières tels que les petits cours d'eau de la côte Est de l'Atlantique recevant du sel en raison de leur exposition aux vents maritimes. Deux autres espèces ont été également rencontrées dans des cours d'eau littoraux: *S. aureum* en Ouest de l'Irlande et *S. petricolum* à l'Est de l'archipel de Madère (Crosskey, 1990).

Le pH constitue également un facteur déterminant dans la structuration des communautés simuliidiennes du bassin versant de la Seybouse, ceci est en accord avec les résultats avancés par Quilévéré *et al.* (1977), Grunewald *et al.* (1979), Grunewald (1981), Townsend *et al.* (1983) et Crosskey (1990) qui évoquent les mêmes observations.

En effet, Grunewald *et al.* (1979) ont constaté que la répartition de deux espèces du complexe *Simulium neavei* Roubaud en Afrique différait en fonction des degrés d'acidification ainsi que d'ionisation de leurs habitats. De même, Gordon et Cupp (1980) et Gordon (1984) indiquent que le pH et la concentration ionique de quelques cours d'eau d'Amérique du Nord constituent les facteurs les plus intimement associés à la distribution des espèces de simulies étudiées.

En dépit de son importance dans la distribution des espèces de simulies (Quilévéré *et al.*, 1977; Gordon et Cupp, 1980; Grunewald, 1981; Gordon, 1984; Lautenschläger et Kiel, 2005), la conductivité n'a pas apparu comme facteur hydrochimique à grand effet sur les communautés simuliidiennes dans les cours d'eau étudiés, et son rôle s'éclipse devant celui des autres facteurs existants.

N'oublions pas, en fin de compte, que notre aire d'étude correspond à une zone où les stations, pour la plus part, sont caractérisées par une anthropisation plus ou moins prononcée et correspondant en grande partie à des sites riches en matières organiques, facteur favorable à la seule prolifération des stades immatures des espèces généralistes et cosmopolites, et il est infiniment probable que d'amples prélèvements portant sur la teneur ionique des cours d'eau étudiés permettront de définir une distinction des stations en fonction de leur conductivité (stations hyperpolluées, moyennement et faiblement polluées).

Au même titre que la salinité, le taux de matières dissoutes s'est révélé de grande importance dans la séparation spatiale des espèces de la faune considérée. Nos résultats sont en parfait accord avec les observations de Crosskey (1990) qui indique que pour la distinction des habitats des deux espèces *S. damnosum* et *S. neavei* complexes, l'effet de la concentration totale des solides dissous s'est montré plus significatif que celui de la composition ionique de l'eau.

Pour ce qui est du taux d'oxygénation, ce paramètre s'est également montré bien agir sur la faune seybusienne. Ceci n'est pas surprenant car il existe un consensus que les simulies choisissent toujours des eaux dont la teneur en oxygène dissous est proche de la saturation (Grenier, 1949, 1953).

Par ailleurs, et nonobstant le grand intérêt accordé à l'effet de l'oxygène dissous dans la littérature dédiée à la biologie des simulies, ce paramètre ne constitue pas un facteur de limitation pour la faune (Grenier, 1953; Ross et Merritt, 1987; Crosskey, 1990). Ceci revêt du fait que les eaux à simulies que ce soit les rivières ou ruisseaux à cours modérés ou encore les torrents, ne présentent pas de différences sensibles quant à leurs taux d'oxygénation, car, si dans les seconds, la haute teneur en oxygène est due à la température peu élevée et à l'agitation de l'eau, dans les premiers l'oxygénation est très comparable, en raison de l'activité photosynthétique (Grenier, 1953).

Nos résultats relatifs au rôle que joue la végétation riveraine dans la distribution des populations simuliidiennes sont confirmés par les constatations faites par Kazanci (2006) qui note l'existence d'une corrélation positive entre la ripisylve et quelques espèces du genre *Simulium*. De même, Zwick et Zwick (1990) confirment que les sites d'oviposition des femelles du genre *Prosimulium* sont fortement corrélés avec le taux du couvert végétal.

Cependant, McCreadie *et al.* (2006) avancent que les petits cours d'eau à vitesse élevée et pauvres en ripisylve sont les plus riches en espèces.

Dans les conditions naturelles les larves de beaucoup d'espèces se tiennent aussi bien dans les parties ombragées que dans les parties ensoleillées des cours d'eau (Grenier, 1953). Cependant les larves, lorsqu'on étudie leur comportement en l'absence de tout courant, font preuve d'une nette phototaxie positive et manifestent des réactions de sensibilité différentielle à la lumière (Grenier, 1953). Toutefois, cette dernière semble jouer un rôle secondaire par rapport à celui du reste des facteurs régissant la distribution des simulies (Grenier, 1949).

Comme il a été précédemment avancé, La température joue un rôle fondamental dans la répartition des espèces simuliidiennes (Grenier, 1949, 1953; Crosskey, 1990; Kazanci, 2006). En effet, les élevages de simulies effectués par Colbo et Porter (1980) ainsi que Mokry (1976) ont montré que la quantité de nourriture nécessaire pour un développement optimal est proportionnelle avec l'élévation de la température. Mais si la température dépasse l'optimum de l'espèce, le taux filtré diminue et la croissance larvaire est gênée par le raccourcissement de la durée et le nombre d'instars aboutissant à la diminution de la fécondité (Malmqvist et Brônmark, 1981; Ross et Merritt, 1987).

Il convient de noter que l'absence dans les stations d'aval de certaines espèces tel que l'élément montagnard *U. faurei* semble être due, non seulement à la faible amplitude altitude, mais aussi à l'effet des températures estivales sur le cycle hydrobiologique. En effet, la durée de la phase lotique influe sur l'espèce et conditionne ainsi la qualité de l'écoulement des cours d'eau temporaires de sorte qu'une espèce ne puisse se développer que si son cycle biologique coïncide avec la période d'écoulement de l'eau du ruisseau où elle habite (Crosskey, 1990).

De surcroît, il faut signaler que l'abondance et la répartition des simulies peut ne pas dépendre directement des caractéristiques physicochimiques de l'eau mais plutôt de certains autres facteurs liés à ces derniers (Hynes, 1970; Cummins, 1973) tels que la disponibilité (quantité et qualité) de la nourriture (Hynes, 1970; Cummins, 1973; Adler et McCreadie, 1997; Adler *et al.*, 2004; McCreadie *et al.*, 2006).

Nous tenant aussi à souligner que la présence de simulies dans une région donnée est également conditionnée par la présence d'hôtes sur lesquels les femelles hématophages se nourrissent (Adler *et al.*, 2004). Si l'espèce est inféodée à un hôte particulier, sa présence sera liée d'une part à l'existence de l'hôte et d'autre part aux paramètres des milieux dulçaquicoles, ce qui pourrait expliquer la distribution de certaines espèces. D'une manière générale, les simulies sont considérées comme de bons voiliers (Adler *et al.*, 2004) qui peuvent parcourir plusieurs centaines de kilomètres en vols migratoires à la recherche d'hôtes et de gîtes favorables pour la ponte, ce déplacement est facilité en montant assez haut en altitude et se laissent porter par les vents dans les nuages.

Enfin, et en conclusion, notre étude a montré que la distribution et l'abondance des simulies sont toutes deux régies par diverses variables environnementales qui sont directement liés à l'effet de la pression anthropique sur la structure rivulaire. Cette constatation se dégage également de plusieurs travaux antérieurs allant dans le même sens (Timm, 1995; Rühm, 1998; Zhanget *al.*, 1998 ; Feld *et al.*, 2002; Lautenschläger et Kiel, 2005; Currie et Adler, 2008; Pramual et Kuvangkadilok, 2009; Lock *et al.*, 2014).

En effet, les simuliidae sont bien connus pour leur sensibilité relative à la dégradation de la qualité physicochimique des eaux, y compris l'acidification et la pollution organique (Glötzel, 1973; Seitz, 1992) et beaucoup de travaux ont montré qu' en dépit de la présence des simulies dans la totalité des échantillons prélevés (Zhang *et al.*, 1998; Malmqvist *et al.*, 1999; Lautenschläger et Kiel, 2005; Illésová *et al.*, 2008 ; Lock *et al.*, 2014), celles ci ne sont tout de même pas existantes que dans les eaux courantes à pollution organique peu sévère.

Ainsi l'Homme peut, volontairement ou involontairement, modifier le milieu où se développent les populations préimaginales de simulies. Cette action peut être bénéfique ou non pour les populations simulidiennes:

L'influence bénéfique peut se traduire par la création d'accélération du courant telles que la construction de déversoirs de barrages qui procurent aux espèces d'importantes sources trophiques permettant l'installation d'une faune diversifiée (Adler et Kim, 1984; Crosskey, 1990; McCreadie et Colbo, 1992; Adler et McCreadie, 1997; Adler *et al.*, 2004) ou encore l'implantation de canaux d'irrigation utilisés en agriculture engendrant des microhabitats favorables pour les espèces généralistes (Fredeen et Shemanchuk, 1960) .

L'impact néfaste se manifeste par la création de lacs et de retenues supprimant tout courant, pollution des rivières, campagnes larvicides, introduction de divers espèces de poissons dans les rivières (Minkawa, 1997), mais aussi les aménagements hydro-électriques

Chapitre VI : Recherche des structures écologiques et biotypologiques

ainsi que les prélèvent d'eau pour des fins d'irrigation ce qui induit une réduction des effectifs de simules correspondant à une réduction du courant (Adler *et al.*, 2004).

Conclusion générale

Les Simulies (Diptère: Simuliidae) sont répandues presque dans toute la planète et se développent sous tout les climats et à toutes les altitudes.

Dans la plupart des écosystèmes d'eau courante, les Diptères Simuliidés constituent souvent le groupe qui domine en effectif la communauté d'invertébrés. Néanmoins, ces organismes sont rarement pris en compte dans les études hydrobiologiques. Les difficultés de détermination de leurs stades aquatiques expliquent, en grande partie, cette situation.

Fort peu connue, la faune simulidienne d'Algérie, présente un intérêt évident à cause de la situation géographique de ce pays, à l'Ouest du bassin méditerranéen, entre le Sud-Ouest de l'Europe et la région éthiopienne. C'est la raison pour laquelle nous avons entrepris la prospection d'un important réseau hydrographique situé au Nord-Est du pays.

A l'état actuel de nos connaissances, 2151 espèces de Simulies sont recensées dans le monde entier; cependant, les recherches cytogénétiques montrent que ce nombre doit être bien plus élevé puisque beaucoup d'espèces biologiques ont des morphologies quasi identiques. Le Nord Est algérien, présente à cet égard certaines originalités que nous avons fait sortir de leur anonymat.

Nous avons exposé ici les résultats obtenus au cours d'une étude hydrobiologique réalisée au niveau de trente une stations prospectées dans le bassin versant de la Seybouse durant trois cycles hydrobiologiques consécutifs.

Ce premier inventaire faunistique des Diptères simuliidae du réseau hydrographique de la Seybouse a amélioré nos connaissances en ce qui concerne les espèces des cours moyens et inférieurs. Le nombre de taxa répertoriés est de huit espèces et une morphoforme repartis entre différents genres et sous genres. Ce nombre est deux à trois fois inférieur à celui des espèces recensées dans les régions du Nord-Ouest et Nord centre du pays, ceci pourrait être attribué à l'amplitude altitudinale plus importante au niveau de ces deux contrées du pays.

Trois citations d'espèces sont nouvelles pour l'Est algérien il s'agit d'*U. faurei*, *S. (E.) mellah* et *S. (N.) lundstromi*.

L'analyse biogéographique du peuplement indique qu'il s'agit d'une faune paléarctique largement répartie dans le Sud de l'Europe et dans la région circumméditerranéenne, les éléments afro-tropicaux sont peu représentés.

Deux espèces ont leur localité type en Algérie: *Simulium beckeri* Roubaud 1906, considérée comme conspécifique avec *Simulium ruficorne*, et *Simulium mediterraneum* Puri 1925, considérée comme conspécifique avec *Simulium pseudequinum*.

Aussi, et afin de déterminer le nombre d'espèces réellement impliquées, de comparer les séquences de bandes chromosomiques de nos échantillons avec les descriptions publiées et de caractériser les chromosomes polyténiques des espèces seyboussiennes, nous avons réalisé, pour la première fois, une étude cytologique d'un matériel algérien. Ceci nous a permis

d'évaluer la conspécificité des populations algériennes, notamment celle du groupe *Simulium aureum*, avec d'autres populations maghrebine et insulaire.

L'examen chromosomique des larves de l'espèce *Simulium velutinum sensu lato* indique que cette espèce est en fait un complexe de trois espèces jumelles qui sont phénotypiquement identiques mais cytologiquement distinctes dont la plus abondante dans le bassin versant de la Seybouse est l'espèce *S. velutinum sensu stricto*.

La disposition des bandes chez l'espèce endémique du Maghreb, *Simulium mellah* nous a permis de confirmer sa conspécificité avec les populations marocaines nonobstant les différences morphologiques existant entre les deux populations géographiquement voisines.

L'étude cytogénétique d'un certain nombre de larves du groupe *S. ornatum* examinées chromosomique a révélé qu'il s'agit d'une seule espèce. Bien que le statut taxonomique de cette dernière par rapport aux autres membres du grand complexe *S. ornatum* reste encore à définir, nous savons, sur la base des résultats obtenus, qu'il ne s'agit pas de *S. ornatum sensu stricto*.

De plus, la similitude chromosomique des larves algériennes de l'espèce *S. ruficorne* morphoforme A avec les larves des îles Canaries souligne le lien biogéographique de la faune algérienne avec celle des populations insulaires à travers plus de 2200 km de longitude.

Les données que nous possédant actuellement sur l'écologie des espèces de simuliés récoltées dans le réseau hydrographique de la Seybouse sont maintenant, nous le pensons, suffisamment nombreuses et concordantes pour qu'on puisse définir avec précision le statut écologique de chacune d'entre elles. Les résultats de notre étude confirment et complètent des travaux réalisés sur les Simuliidae en régions méditerranéennes.

Cette étude a également montré que la richesse spécifique des simuliés du réseau hydrographique de la Seybouse est positivement corrélée avec l'altitude, et que les stades aquatiques des espèces ont un rhéopréférendum variable.

L'abondance, la richesse spécifique et la distribution altitudinale de la faune récoltée ont été étudiées. La diversité spécifique des différentes stations révèle un gradient altitudinal avec une diversité maximale dans les zones de piémont et de moyenne montagne qui constituent les zones les plus hétérogènes. Au contraire, la faible diversité des zones d'aval peut être attribuée à l'influence des perturbations anthropiques accentuées au niveau de ses secteurs.

Parmis les neuf éléments recensés dans le réseau hydrographique de la Seybouse, deux espèces : *S. (W.) pseudequinum* et *S. (E.) velutinum sensu lato* constituent les taxa les plus abondants et les plus fréquents avec une nette dominance du premier qui représente l'unique espèce présente dans presque toutes les stations investiguées.

S. (S.) ornatum complexe est une espèce relativement peu exigeante mais moins fréquente dans les zones de faible altitudes.

M. blanci est adaptée aux conditions hydrologiques des cours d'eau méditerranéens, avec pour habitat des rivières de moyenne altitude.

S. (N.) ruficorne morphoforme A est une formes thermophile et peu rhéophile.

Certaines espèces définissent un type de cours d'eau particuliers tel que *U. faurei* qui est une espèce très rare cantonnée exclusivement dans un habitat montagnard éphémère.

D'autres sont indicatrices de conditions hydrochimiques spécifiques: *S. (E.) mellah* espèce endémique du Maghreb qui est inféodée aux cours d'eau très riches en chlorures.

S. (N.) ruficorne morphoforme B et *S. (N.) lundstromi* constituent des éléments rares, peu rhéophiles et à distribution très ponctuelle.

Aucune des espèces recensées dans notre région d'étude ne s'est révélée d'importance médicale ou vétérinaire. Le rôle de l'hématophagie dans la transmission d'agents pathogènes aux animaux domestiques et sauvages étant entièrement inexploré en Algérie, par leur abondance et occurrence constantes dans le bassin versant de la Seybouse, les espèces ornithophiles, en particulier le sous-genre *Eusimulium* (exemple, *S. velutinum* complexe), suggèrent le potentiel transmetteur de la grippe aviaire ainsi que des protozoaires sanguins aux populations aviaires résidentes et migratrices dans cette contrée du pays.

Etant donné le caractère restreint de l'enquête, il n'est guère possible de tirer de conclusions sur l'ensemble de la faune simuliidienne du pays. Cependant, nos captures permettent d'étendre à la partie orientale du Maghreb, l'aire de répartition de certaines espèces récoltées.

Il est infiniment probable qu'un tel inventaire est très incomplet et mériterait d'autres investigations. L'amplitude altitudinale étant faible, La prospection de biotopes d'altitude plus élevée devrait nous permettre d'une part, d'élargir l'aire de répartition des taxons répertoriés, et d'autre part, de déterminer de nouvelles espèces et de mieux connaître la répartition et l'écologie de certaines espèces rares ou localisées.

Il est également d'importance capitale de privilégier les analyses cytogénétiques dans l'identification de toute faune diptérienne et plus particulièrement simuliidienne, des examens chromosomiques supplémentaires sont requis pour résoudre le problème de complexes d'espèces cryptiques au niveau de notre zone d'étude (*S. ornatum*) ainsi que d'autres régions d'Algérie (*S. venum*, *S. variegatum*,...).

De plus, il est d'un grand intérêt d'acquérir un bagage moléculaire et d'utiliser ses outils dans le but de simplifier l'identification au sein de la famille de simuliidae et ce afin de rendre disponible des moyens de détermination rapides et fiables et de résoudre certains problèmes taxinomiques et phylogénétiques relatifs à la faune algérienne.

En outre, une gestion intégrée doit être mise en œuvre afin de protéger les ressources en eau et préserver les milieux aquatiques. Il est aussi indispensable de construire et maintenir en bon état de marche les installations de traitement et les stations d'épuration des eaux résiduaires

Une réglementation en vigueur doit être mise en place afin d'interdire les prélèvements illicites de sable des Oueds. A cette fin, il faut mettre l'accent sur l'éducation et la sensibilisation de la population par des moyens d'information afin qu'elle puisse prendre conscience de l'importance de l'eau et de sa qualité.

Références bibliographiques

- Anonyme 1. Agence des Bassins Hydrographiques Constantinois-Seybousse-Mellegue. Présentation de la region constantinois –Seybousse-Mellegue en général, et le bassin de la Seybousse en particulier. Disponible sur: [http:// www. abhcsm regionsynthese](http://www.abhcsm.regionsynthese) 26 nov 2013 ok ok-2.pdf (consulté le 12-4-2013).
- Anonyme 2. A. B. H. Agence des Bassins Hydrographiques-Constantinois–Seybousse– Mellegue. 1999. Cahiers de l’Agence Ministère de l’équipement et de l’Aménagement du Territoire, Le bassin de la Seybousse, 35 p.
- Abdelnur, O. M. 1968. The biology of some black flies (Diptera: Simuliidae) of Alberta. *Quaestiones Entomologicae*, **4**: 113-174.
- Adler, P.H. 1987. Ecology of blackfly sibling species. Black flies: Ecology, Population Management, and Annotated World List. Pennsylvania State University, University Park and London, 63-76 p.
- Adler, P. H., 2005. Black flies, the Simuliidae. Biology of Disease Vectors, 2nd edition. Elsevier, Academic Press, San Diego, CA., 127–140 p.
- Adler, P. H. 2009. Biodiversity of biting flies: implications for humanity. Insect Biodiversity: Science and Society. Wiley-Blackwell Publishing, Chichester, 523–545 p.
- Adler, P. H. & Belqat B. 2001. Cytotaxonomy of the *Prosimulium hirtipes* Species Group (Diptera: Simuliidae) in Morocco. *Journal of Insect Systematics and Evolution*, **32**: 411-418.
- Adler, P.H. & Crosskey, R.W. 2014. World blackflies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory. Academic Press, San Diego, CA., 180-200 p.
- Adler, P.H. & Kim, K. C. 1984. Ecological characterization of two sibling species, III-1 and IS-7, in the *Simulium vittatum* complex (Diptera: Simuliidae). *Canadian Journal of Zoology*, **62**:1308-1315.
- Adler, P.H. & Kim, K. C. 1986. The black flies of Pennsylvania (Simuliidae: Diptera): Bionomics, Taxonomy, and Distribution. Pennsylvania State University, College of agriculture, University Park, **856**: 1-88.
- Adler, P. H. & McCreadie, J. W. 1997. The hidden ecology of black flies: sibling species and ecological scale. *American Enomologist*, **43**: 153–161.
- Adler, P. H. & McCreadie, J. W. 2002. Blackflies (Simuliidae). Medical and Veterinary Entomology. Academic Press, San Diego, CA., 185-202 p.

- Adler, P.H., Cherairia, M., Arigue, S.F., Samraoui, B. & Belqat, B. 2014. Cryptic biodiversity in the cytogenome of bird-biting black flies (Diptera: Simuliidae) in North Africa, *Medical and Veterinary Entomology*. Article sous presse.
- Adler, P. H., Currie, D. C. & Wood, D. M. 2004. The Black Flies (Simuliidae) of North America. Cornell University Press, Ithaca, NY., 941 p.
- Ait Mouloud, S. 1988. Essais de recherche sur la dérive des macro-invertébrés dans l'Oued Aïssi: faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Magiste, Université d'Alger, 118 p.
- Alvan-Aguilar, M.A., Hamada, N., Adler, P.H. & Luz, S.L.B. 2005. Cytotaxonomy of *Simulium cauchense* Floch & Abonnenc and *Simulium quadrifidum* Lutz (Diptera: Simuliidae) in Brazilian Amazonia. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, **100**: 249-257.
- Alencar, Y.B., Hamada, N. & Magni-Darvich, S. 1999. Stomach content analysis of potential predators of Simuliidae (Diptera: Nematocera) in two lowland forest streams, Central Amazonia, Brazil. *Anais da Sociedade Entomológica de Brazil*, **28**: 327-332.
- Alencar, Y.B., Hamada, N. & Magni-Darvich, S. 2001. Morphometric comparison of *Simulium peiflavum* larvae (Diptera: Simuliidae) in relation to season and gender in Central Amazonia, Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, **96**: 785- 789.
- Anderson, J.R . 1987. Reproductive strategies and gonotrophic cycles of black flies. Black flies: Ecology, Population Management, and Annotated World List. Pennsylvania State University, University Park and London, 276-293 p.
- Annani, F., Alfarhan, A.H & Samraoui, B. 2012. Aquatic hemiptera of northern Algeria: distribution, phenology and conservation. *Revue d'Ecologie (La Terre et la Vie)*, **67**:423-435.
- Arab, A., Lek, S., Lounaci, A & Park, Y.S. 2004. Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **40**: 317-327.
- Bailey, C.H., Gordon, R. & Mills, C. 1977. Laboratory culture of the free-living stages of *Neomesomermis flumenalis*, a mermithid nematode parasite of Newfoundland blackflies (Diptera: Simuliidae). *Canadian Journal of Zoology*, **55**: 391-397.
- Bailly-Choumara, H. & Beaucournu-Saguez, F. 1978. Contribution à l'étude des simulies du Maroc (Diptera, Simuliidae). 1. Le Rif. *Bulletin del'Institut Scientifique de Rabat*, **3**: 121-144.
- Bailly-Choumara, H. & Beaucournu-Saguez, F. 1981. Contribution à l'étude des simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. 2. Le Haut Atlas. *Bulletin del'Institut Scientifique de Rabat*, **5**: 39-57.
- Bailly-Choumara, H., Bernard, M.R., Grenier, P., Leroy-Moret, M.C. & Mouchet, J. 1970. Note

- faunistique sur les Simulies (Diptera, Simuliidae) du Nord de la Tunisie. *Cahier O.R.S.T.O.M, Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, **8**: 377-382.
- Balah, B. 2008. Estimation du coefficient d'abattement spatial des pluies du bassin versant de la Seybouse. Mémoire de Magister. Université Badji-Mokhtar, Annaba. 119 p.
- Barr, W. 1982. Attachment and silk of larvae of *Simulium vittatum* Zetterstedt (Diptera: Simuliidae). Mémoire de Master. Université d'Alberta, Edmonton, 170 p.
- Bass, J. A. B., Crosskey, R.W. & Werner, D. 1995. On the European blackfly *Simulium lundstromi* and inclusion with this species of *S. latigonium* as a new synonym. *Bulletin of British Simuliid Group*, **5**: 7-19.
- Beaucournu-Saguez, F. 1972. Captures de Simulies dans la moitié sud du Portugal. Premières captures en Europe de *Simulium sergenti* Edwards 1923 et de *Simulium ruficorne* Macquart 1838. *Anais da Escola Nacional de Saude Publica e de Medicina Tropical*, **6**: 73-83.
- Beaucournu-Saguez, F. 1975a. Récolte de Simulie (Diptera, Simuliidae) dans le Sud-Est de l'Espagne. *Annales de la Société Entomologique de France*, **11**: 73-83.
- Beaucournu-Saguez, F. 1975b. Sur quelque Simulies (Diptera, Simuliidae) du Nord-Ouest de l'Espagne. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, **50**: 105-122.
- Beaucournu-Saguez, F. 1977. Contribution à l'étude des Simulies (Diptera, Nematocera) du complexe « aureum » en France. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, **52**: 181-194.
- Beaucournu-Saguez, F. & Bailly-Choumara, H. 1981. *Prosimulium (Prosimulium) laamii* n.sp. (Nematocera, Simuliidae), simulie nouvelle du Nord du Maroc. *Cahiers O.R.S.T.O.M, Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, **19**: 113-119.
- Beck, B. E. 1980. Clinical studies of the effect of the black fly *Simulium articum* on cattle. Technical Report of the Pollution Control Division. Alberta Environment, Canada, 233-237 p.
- Bedel, L. 1895. Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitane) avec notes sur la faune des îles Canaries et de Madère. Première partie. *Annales de la Société Entomologique de France*: 402 p.
- Belaidi, N., Taleb, A. & Gagneur, J. 2004. Composition and dynamics of hyporheic and surface fauna in a semiarid stream in relation to the management of a polluted reservoir. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **40**: 237-248.
- Belazzoug, S. & Tabet-Derraz, O. 1980. Note sur les Simulies du Tassili N'Ajjer. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, **54**: 107-108.

- Belqat, B. 2002. Etude systématique, écologique et caryologique des Simulies (Diptera : Simuliidae) du Maroc : Cas particulier du Rif. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, 322 p.
- Belqat, B. & Adler P. 2001. Distribution du genre *Prosimulium* Roubaud (Diptera, Simuliidae) dans le Rif (Nord du Maroc). *Zoologica baetica*, **12**: 119-134.
- Belqat, B. & Dakki, M. 2004. Clés analytiques des Simulies (Diptera) du Maroc. *Zoologica Baetica*, **15**: 77-137.
- Belqat, B., Adler, P.H. & Crosskey, R.W. 2011. Faunistic and bibliographical inventory of the blackflies (Diptera: Simuliidae) of Morocco. *Zootaxa*, **2829**: 46-58.
- Belqat, B., Adler P. & Dakki M. 2001. Distribution summary of the Simuliidae of Morocco with new data for the Rif mountains. *British Simuliid Group Bulletin*, **17**: 10-16.
- Belqat, B., Dakki, M. & El Alami, M. 2005. Estructura Biotipológica de las principales redes hídricas Rifeñas a través de los Simúlidos (Diptera: Simuliidae). *Ecosistemas*, **14**: 50-56.
- Belqat, B., Bennis, N., El Alami, M. Kettani, K & Aoulad Ali, S. 2008. Faune Simulidienne (Diptera : Simuliidae) du bassin versant de Oued Laou (Maroc). *Travaux de l'Institut Scientifique*, Rabat, Série Générale, **5**: 61-66.
- Benhoussa, A., Aguesse, P. & Dakki, M. 1993. Microdistribution larvaire de trois populations de simulie (Insecta, Diptera) de l'Oued Bou Regreg (Maroc). *Vie et Milieu*, **43**: 247-253.
- Benhoussa, A., El Agbani, M. A. & Qninba, A. 1988. Dynamique et cycle biologique de quelques populations simulidiennes (Diptera: Simuliidae) du Bou Regreg (plateau central marocain). *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, **12**: 157-165.
- Bennett, G. F. 1961. On the specificity and transmission of some avian trypanosomes. *Canadian Journal of Zoology*, **39**: 17-33.
- Bernard, M.R. 1971. *Simulium (Eusimulium) latinum* (Rubtzov, 1962) et *Simulium (Simulium) maximum* (Knoz, 1961) (Diptera : Simuliidae) espèces nouvelles pour la faune de France. *Cahier O.R.S.T.O.M., Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, **8**: 319-322.
- Bernard, M.R., Grenier, P. & Bailly-Choumara, H. 1972. Description de *Prosimulium (Prosimulium) faurei* n. sp. (Diptera : Simuliidae). *Cahier O.R.S.T.O.M., Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, **10**: 63-68.
- Bernardo, M.J., Cupp, E.W. & Kiszewski, A.E. 1986. Rearing blackflies in the laboratory: colonization and life table statistics for *Simulium vittatum*. *Annals of the Entomological Society of America*, **79**: 610-621.

- Boumaiza, M. & Clergue-Gazeau, M. 1986. Le peuplement simuliidien de la Tunisie: I. Inventaire faunistique et biogéographique (Diptera, Nématocera). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **1**: 31–39.
- Bouzidi, A. 1989. Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut Atlas (Maroc). Bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Aix-Marseille, 190 p.
- Bouzidi, A. & Giudicelli, J. 1994. Ecologie et distribution des macroinvertébrés des eaux courantes du Haut-Atlas marocain. *Revue de la faculté des sciences Marrakech*, 23-43 p.
- Braverman, Y. 1994. Nematocera (Ceratopogonidae, Psychodidae, Simuliidae and Culicidae) and control methods. *Revue scientifique et technique, International Office of Epizootics*, **13**: 1175-1199.
- Burger, J. F. 1987. Specialized habitat selection by black flies. Black flies: Ecology, Population Management, and Annotated World list. Pennsylvania State University, University Park And London, 129-145 p.
- Burgin, S.G. & Hunter, P.P. 1997. Nectar versus honeydew as sources of sugar for male and female black flies (Diptera: Simuliidae). *Journal of Medical Entomology*, **34**: 605-608.
- Carlsson G. 1962. Studies on Scandinavian black flies (Fam. Simuliidae). *Opuscula Entomologica* (Suppl.), 21 : 1-279.
- Carrel, G., Berthelemy, D., Auda, Y. & Chessel, D., 1986. Approche graphique de l'analyse en composantes principales normées: utilisation en hydrobiologie. *Acta Oecologica*, **7**: 189 – 2003.
- Chaib, N., Alfarhan, A.H., Al-Rasheid, K.A.S. & Samraoui, B. 2011a. Environmental determinants of diatom assemblages along a North African wadi, the Kebir-East, northeast Algeria. *Journal of Limnology*, **70**: 33-40.
- Chaib, N., Samraoui, B., Marziali, L & Rossaro, B. 2011b. Chironomid taxocenosis in a South Mediterranean wadi, the Kebir-East (Algeria). *Studi Trentini di Scienze Naturali* , **88**:61-75.
- Chaib, N., Bouhala, Z., Fouzari, L., Marziali, L., Samraoui, B. & Rossaro, B. 2013. Environmental factors affecting the distribution of Chironomid larvae of the Seybouse wadi, North-Eastern Algeria. *Journal of Limnology*, **72**: 203-214.
- Chance, M. M. 1970. The functional morphology of the mouthparts of blackfly larvae (Diptera: Simuliidae). *Quaestiones Entomologicae*, **6**: 245-284.
- Chaoui Boudghane-Bendiouis, C., Belqat, B., Hassaine-Abdellaoui, K. & Yadi, B. 2012. Checklist des simulies (Diptera: Simuliidae) d'Algérie. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **50**: 305–308.

- Charalambous, M., A., Shelley, J., Maia Herzog, M. & Luna Dias, A. P. A. 1996. Four new cytotypes of the onchocerciasis vector blackfly *Simulium guianense* in Brazil. *Medical and Veterinary Entomology*, **10**: 111–120.
- Chaumont, M. & Paquin, C. 1971. Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500 000 avec notice explicative. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*, 24 p.
- Cherairia, M., Adler, P.H. & Samraoui, B. 2014. Biodiversity and Bionomics of the Black Flies (Diptera: Simuliidae) of Northeastern Algeria. *Zootaxa*, **3796**: 166–174.
- Chutter, F.M. 1970. A preliminary study of factors influencing the number of oocytes present in newly emerged blackflies (Diptera: Simuliidae) in Ontario. *Canadian Journal of Zoology*, **48**: 1389-1499.
- Ciborowski, J. J. H. & Adler, P. H. 1990. Ecological segregation of larval black flies (Diptera: Simuliidae) in northern Saskatchewan, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, **68**: 2113-2122.
- Clastrier, J. & Grenier, P. 1961. Nouvelles récoltes de *Simulium ruficorne* Macq. Au Sahara. *Archives de l'institut Pasteur d'Algérie*, **39**: 106–107.
- Clergue-Gazeau, M. 1987. Influence du climat méditerranéen sur la faune simulidienne (Diptera, Nematocera) d'une rivière pyrénéenne: la Massane. *Ecologia Mediterranea*, **13**:3-13.
- Clergue-Gazeau, M. 1991. Clés de détermination des Simulies des Pyrénées. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **27**: 267-286.
- Clergue-Gazeau, M. & Boumaiza, M. 1986. Les Simuliidae (Diptera, Nématocera) de la Tunisie. II. Clés pour la reconnaissance des espèces actuellement recensées. *Archives de l'Institut Pasteur Tunis*, **63**: 601–637.
- Clergue-Gazeau, M. & Gazagnes, G. 1986. Les Simuliidae (Diptera : Nematocera) de la Neste d'Aure (Pyrénées Centrales). I. Impact des aménagements hydroélectriques dans la haute vallée. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **22**: 195-203.
- Clergue-Gazeau, M., Lek S. & Lek S. 1991. Les Simulies d'Afrique du Nord: nouvelles données sur la répartition de la faune du Maroc et biogéographie des espèces maghrébines (Diptera, Simuliidae). *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, **24**: 47-59.
- Clubber, D. J. 1998. Resurgent vector-borne diseases as a global health problem. *Emerging Infectious Diseases*, **4**: 442-450.
- Colas-Belcour, J. 1931. Note sur la faune parasitologique des oasis de Tozeur et Kébili. *Archives de l'Institut Pasteur Tunis*, **20**: 66-72.
- Colbo M.H. 1979. Distribution of winter-developing Simuliidae (Diptera) in eastern Newfoundland. *Canadian Journal of Zoology*, **57**: 2143-2152.

- Colbo, M. H. 1982. Size and fecundity of adult Simuliidae (Diptera) as a function of stream habitat, year, and parasitism. *Canadian Journal of Zoology*, **60**: 2507-2513.
- Colbo, M. H. 1989. *Simulium vittatum* (Simuliidae: Diptera), a black fly with a variable instar number. *Canadian Journal of Zoology*, **67**: 1730-1732.
- Colbo, M. H. 1990. Persistence of Mermithidae (Nematoda) infections in black fly (Diptera: Simuliidae) populations. *Journal of the American Mosquito Control Association*, **6**: 203-206.
- Colbo, M. H., Morhouse, D.E. 1979. The ecology of pre-imaginal Simuliidae (Diptera) in South-East Queensland, Australia. *Hydrobiologia*, **63**: 63-79.
- Colbo, M. H. & Porter, G .N. 1979. Effects of the food supply on the life history of Simuliidae (Diptera). *Canadian Journal of Zoology*, **57**: 301-306.
- Colbo, M. H. & Porter, G. N. 1980. The interaction of rearing temperature and food supply on the life history of two species of simuliidae (Diptera). *Canadian Journal of Zoology*, **59**:158-163.
- Colbo, M. H., & Wotton, R.S. 1981. Preimaginal blackfly bionomics. Blackflies: the Future for Biological Methods in Integrated Control. Academic Press, New York and London, 209-226 p.
- Cooter, R. 1982. Studies on the flight of black flies (Diptera:Simuliidae).I. Flight performance of *Simulium ornatum* Meigen. *Bulletin of Entomological Research*, **72**: 303-317.
- Cooter, R. 1983. Studies on the flight of black flies (Diptera: Simuliidae). II. Flight performance of three cytospecies in the complex of *Simulium damnosum* Theobald. *Bulletin of Entomological Research*, **73**: 275-288.
- Corkum, L. D. & Currie, D. C. 1987. Distributional patterns of immature Simuliidae (Diptera) in northwestern North America. *Freshwater Biology*, **17**: 201-221.
- Craig, D. A. 1975. The larvae of Tahitian Simuliidae. *Journal of Medical Entomology*, **12**: 463-476.
- Craig, D. A. & Craig, R. E. G. 1986. Simuliidae (Diptera: Culicomorpha) of Rarotonga, Cook Islands, South Pacific. *New Zealand Journal of Zoology*, **13**: 357-366.
- Craig, D. A. & Galloway, M.M. 1987. Hydrodynamics of larval black flies. Black flies: Ecology, Population Management, and Annotated World List. Pennsylvania State University, University Park and London, 171-185 p.
- Crosskey, R.W. 1967. A preliminary revision of the black flies (Diptera: Nematocera) of the Middle East. *Transactions of The Royal Entomological Society of London*, **199**: 145.

- Crosskey, R.W. 1969. A re-classification of the blackflies Diptera (Simuliidae) of Africa and its islands. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology Supplement*, **14**: 1-195.
- Crosskey, R.W. 1981a. The identity and synonymy of *Simulium (Wilhelmia) pseudequinum* Séguy and the occurrence of this species in England (Diptera, Simuliidae). *Entomologist's Gazette*, **32** : 137-148.
- Crosskey, R.W. 1981b. Simuliid taxonomy - the contemporary scene. Blackflies. The Future for Biological Methods in Integrated Control. New York and London, 3-18 p.
- Crosskey, R.W. 1982. The blackfly of the Isle of Wight (Diptera: Simuliidae). *Entomologist's Gazette*, **33**: 55-75.
- Crosskey, R.W. 1985. The blackfly fauna on the London area (Diptera: Simuliidae). *Entomologist's Gazette*, **36**: 199-212.
- Crosskey, R.W. 1988. Taxonomy and geography of the blackflies of the Canary Islands (Diptera: Simuliidae). *Journal of Natural History*, **22**: 321-355.
- Crosskey, R.W. 1990. The Natural History of Blackflies. John Wiley & Sons, Chichester, U.K, 711 p.
- Crosskey, R.W. 1991. On *Simulium xanthinum*, a curious yellow-bodied blackfly of the southwestern Palearctic region (Diptera: Simuliidae). *Journal of Natural History*, **25**: 691-702.
- Crosskey, R.W. 1994. The Manitoban blackfly fauna with special reference to prospectings made in 1983-1985 in central and southern Manitoba (Diptera: Simuliidae). *Journal of Natural History*, **28**: 87-107.
- Crosskey, R.W. 2001. Second update to the taxonomic and geographical inventory of world blackflies (Diptera: Simuliidae). *The Natural History Museum. London*, 11p.
- Crosskey, R.W. & Büttiker, W. 1982. Insects of Saudi Arabia: Diptera: Fam. Simuliidae. *Fauna of Saudi Arabia*, **4**: 398-446.
- Crosskey, R.W. & Crosskey, M. 2000. An investigation of the blackfly fauna of Andalusia, southern Spain (Diptera: Simuliidae). *Journal of Natural History*, **34**: 895-951.
- Crosskey, R.W. & Howard T. M. 1997. A new taxonomic and geographical inventory of world blackflies (Simuliidae: Diptera). *The Natural History Museum. London*, 144 p.
- Crosskey, R. W. & Malicky, H. 2001. A first account of the blackflies (Diptera, Simuliidae) of the Greek islands. *Studia Dipterologica*, **8**: 111-141.

- Cummins, K. W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology*, **18**: 183-206.
- Cummins, K. W. 1987. The functional role of black flies in stream ecosystems. Black flies: Ecology, Population Management, and annotated world list. Pennsylvania State University, University Park and London, 1-10 p.
- Currie, D. C. 1986. An annotated list of and keys to the immature black flies of Alberta (Diptera: Simuliidae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, **134**: 1-90.
- Currie, D.C., & Adler, P.H. 2008. Global diversity of black flies (Diptera: Simuliidae) in freshwater, *Hydrobiologia*, **595**: 469-475.
- Currie, D. C. & Craig, D. A. 1987. Feeding strategies of larval blackflies. Black Flies: Ecology, Population Management, and Annotated World List. The Pennsylvania State University, University Park and London, 155-170 p.
- Dajoz, R. 1975. Précis d'écologie Ed. Bordas, Paris : 549 p.
- Daly, H. V. 1985. Insect morphometrics. *Annual Review of Entomology*, **30**: 415-438.
- Davies, L. 1957. A study of the blackfly, *Simulium ornatum* MG, (Diptera) with particular reference to its activity on grazing cattle. *Bulletin of Entomological Research*, **48**: 407-424.
- Davies, L. 1968. A Key to the British species of Simuliidae in the larval, pupal and adult stages. *Freshwater biological Association Scientific Publication*, **24**: 1-126.
- Davies, D.M. 1978. Ecology and behaviour of adult blackflies (Simuliidae): A review. *Quaestiones Entomologicae*, **14**: 3-12.
- Davies, L. 1981. Predator upon blackflies. Blackflies. Academic Press, N. Y, 139-158 p.
- Davies, D. M., Peterson, B.V. 1956. Observations on the mating, feeding, ovarian development, and oviposition of adult blackflies (Simuliidae: Diptera). *Canadian Journal of Zoology*, **34**: 615-655.
- Davies, D. M., Peterson, B.V. & Wood, D.M. 1962. The black flies (Diptera: Simuliidae) of Ontario. Part I. Adult identification and distribution with descriptions of six new species. *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*, **92**: 70-154.
- Degani G., Herbst G.N., Ortal R., Bromley H.J., Levanon D., Netzer Y., Harari N. & Glazman H. 1993. Relationship between current velocity, depth and the invertebrate community in a stable river system. *Hydrobiologia*, **263**: 163-172.

- Deligne, J. & De Vos, L. 1981. Aspects ultrastructuraux d'adaptations écologiques chez les larves de Simuliidae (Diptera: Nematocera). *Annales de la Société royale zoologique de Belgique*, **4**: 113-123.
- Décamps H., Larrouy G. & Trivellato D. 1975. Approche hydro- dynamique de la microdistribution d'invertébrés benthiques en eau courante. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **11** : 79-100.
- Dia, A. 1983. Recherche sur l'écologie et la biogéographie des cours d'eau du Liban méridional. Thèse de Doctorat, Université de Marseille, 302 p.
- Dinulescu, G. 1966. Diptera Fam. Simuliidae (Mustele Columbace). *Fauna Republicii Socialiste Romania (Znsecta)*, **11**: 1-600.
- Dorier, A. 1963. Documents pour servir à la connaissance des Simuliidae du Sud-Est de la France. Travaux du Laboratoire d'Hydrobiologie. Université de Grenoble, 7-79 p.
- Dunbar, R.W. 1959. The salivary gland chromosomes of seven forms of black flies included in *Eusimulium aureum* Fries. *Canadian Journal of Zoology*, **37**: 495–525.
- Edwards, F.W. 1923. On some Algerian species of Simulium. *Archives de L'Institut Pasteur d'Algérie*, **1**: 647–653.
- El Agbani, M. A., Dakki, M. & Bournaux, M. 1992. Etude typologique du Bou Regreg (Maroc): les milieux aquatiques et leurs peuplements en macroinvertébrés. *Bulletin Ecologique*, **23**: 103-113.
- El Mezdi, Z. & Giudicelli, J. 1985. Etude d'un écosystème limnique peu connu: les Khettaras de la region de Marakech (Maroc) habitats et peuplements. *Sciences de l'Eau*, **6**: 281-279.
- Enderlein, G. 1921. Die systematische Gliederung der Simuliiden. Zugleich eine Bitte um Überlassung von Simuliidenmaterial. *Zoologischer Anzeiger*, **53**: 43-46.
- Englund, G. 1993. Interactions in a lake outlet stream community: direct and indirect effects of net-spinning caddis larvae. *Oikos*, **66**: 431-438.
- Fallis, A. M. & Bennett G. F. 1958. Transmission of *Leucocytozoon bonasae* Clarke to ruffed grouse (*Bonasa umbellus* L.) by the black flies *Simulium latipes* Mg. and *Simulium aureum* Fries. *Canadian Journal of Zoology*, **36**: 533–539.
- Feld, C. K., Kiep, E. & Lautenschläger, M., 2002. The indication of morphological degradation and rivers using Simuliidae. *Limnologica*, **32**: 273–288.
- Figueiró, R., Nascimento, É. S., Gil-Azevedo, L.H, Maia-Herzog, M & Monteiro, R.F. 2008. Local distribution of blackfly (Diptera: Simuliidae) larvae in two adjacent streams: role

- of water current velocity in the diversity of blackfly larvae. *Revista Brasileira de Entomologia*, **52**: 452-454.
- Fortner, G. 1937. Zur ernährungsfrage der Simulium larve. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere*, **32**: 360-383.
- Fredeen, F. J. H. 1981. The seven larval instars of *Simulium (Phosterodoros) luggeri* (Diptera: Simuliidae). *Canadian Entomologist*, **113**: 161-165.
- Fredeen, F. J. H. & Shemanchuk, J.A. 1960. Blackflies (Diptera: Simuliidae) of irrigation systems in Saskatchewan and Alberta. *Canadian Journal of Zoology*, **38**: 723-735.
- Freeman, P. & de Meillon, B. 1953. Simuliidae of the Ethiopian Region. London, *British Museum (Natural History)*, 224 p.
- Fuller, R.L. & DeStaffan, P. A. 1988. A laboratory study of the vulnerability of prey to predation by three aquatic insects. *Canadian Journal of Zoology*, **66**: 875-878.
- Gagneur, J. 1994. Flash floods and drying up as major disturbances upon benthic communities in North-African wadis. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, **25**: 1807-1811.
- Gagneur, J. & Aliane, N. 1991. Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera. Sandhill Crane Press Inc., Gainesville FL, USA, 311-323 p.
- Gagneur, J. & Clergue-Gazeau, M. 1988. Les Simulies d'Algérie (Diptera: Simuliidae). I. Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest-Algérien. *Annales de Limnologie*, **24**: 275-284.
- Gagneur, J., Giani, N., & Martinez-Ansemil, E. 1986. Les Oligochètes aquatiques d'Algérie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **122** : 119-124.
- Gagneur, J. & Thomas, A.G.B., 1988. Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I- Répartition et écologie (1^{ère} partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, **124** : 275-284.
- Gauthier, H. 1928. Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Thèse Doctorat, Université d'Alger : 149 p.
- Gibon, F. M & Elouard, J. M. 1996. Etude préliminaire de la distribution des insectes lotiques a Madagascar (exemples des Trichoptères Peulopotamidae et Diptères Simuliidae). *Biogéographie de Madagascar*, 507-516 p.
- Gíslason, G. M. & Jóhannsson, V. 1991. Effects of food and temperature on the life cycle of *Simulium vittatum* Zett. (Diptera: Simuliidae) in the River Laxá, N-Iceland.

Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, **24**: 2912- 2916.

- Giudicelli, J. 1964. Une Simulie nouvelle pour la faune française. *Annales de Parasitologie*, **39**: 95-97.
- Giudicelli, J., Bouzidi, A. & Ait Abdelaali, N. 2000. Contribution a l'étude faunistique et écologique des simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc IV. Les simulies du Haut Atlas. Description d'une nouvelle espèce. *Annales de Limnologie*, **36**: 57–80.
- Giudicelli, J., Dakki, M. & Dia, A. 1985. Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, **22**: 2094-2101.
- Giudicelli, J., Dia, A. & Legier, P. 1980. Etude hydrobiologique d'une rivière de la région méditerranéenne, l'Argens (V, France): habitat, hydrochimie, distribution de la faune benthique. *Bijdragen tot de Dierkunde*, **50**: 303-341.
- Glötzl, R. 1973. Populations dynamik und Ernährungsbiologie von Simuliidenlarven in einem mit organischen Abwässern verunreinigten Gebirgsbach. *Archiv für Hydrobiologie*, **42**: 406–451.
- Golini, V.I. & Davies, D.M. 1975. Relative response to colored substrates by ovipositing blackflies (Diptera: Simuliidae). 1. Oviposition by *Simulium (Simulium) verecundum* Stone and Amnback. *Canadian Journal of Zoology*, **53**: 521–535.
- Golini, V.I. & Davies, D.M. 1987. Oviposition of black flies. Black Flies: Ecology, Population Management, and Annotated World List. Pennsylvania State University, University Park and London, 155-170 p.
- González-Peña, G. 1990. Sistema y ecoología de los Simuliidae (Diptera) de los ríos de Catalunya y de otras cuencas hidrográficas Españolas. Thèse de Doctorat, 451 p.
- González-Peña, G., González Del Tanago, M. & Garcia De Jalon, D. 1987. Los simulidos de los ríos Guadalhorce y Guadiaro (Malaga, SE Espana), *Actas Congreso Español de Limnologia*, 233-242 p.
- González Del Tanago, M. & Garcia De Jalon, D. 1981. Estudio de la estructura biotipologica del Rio Jamara. *Est. Cent. Ecol.*, **19**: 33-51.
- Gordon, A.E. 1984. Observation on limnological factors associated with three species of the *Simulium jenningsi* group (Diptera: Simuliidae) in New York State. *Freshwater Invertebrate Biology*, **3**: 48-51.

- Gordon, A.E., & Cupp, E.W. 1980. The limnological factors associated with cytotypes of the *Simulium (Simulium) venusitum/verecundum* complex (Diptera: Simuliidae) in New York State. *Canadian Journal of Zoology*, **58**:973-981.
- Gordon, R., Ebsary, B.A. & Bennett, G.F. 1973. Potentialities of mermithid nematodes for the biocontrol of blackflies (Diptera: Simuliidae)- a review. *Experimental Parasitology*, **33**: 226-238.
- Graig, D. A. & Galloway, M.M. 1987. Hydrodynamics of larval black flies. Black flies: Ecology, Population Management, and Annotated world list. Pennsylvania State University, University Park and London, 171-185 P.
- Greger, P. D. & Deacon, J. E. 1987. Diel food utilization by woundfin, *Plagopterus argentissimus*, in Virgin River, Arizona. *Environmental Biology of Fishes*, **19**: 73-77.
- Grenier, P. 1949. Contribution à l'étude biologique des Simuliides. *Physiologie Comparée et Oecologie*, **1**: 165-330.
- Grenier, P. 1953. Simuliidae de France et d'Afrique du Nord (systématique, biologie, importance médicale). *Encyclopédie Entomologique Série A*, **29**: 1-170.
- Grenier, P. & Doucet, J. 1949. *Mémoire de l'Institut scientifique de Madagascar Série (A)*, **3**: 301-323.
- Grenier, P. & Clastrier, J. 1960. Une Simulie Saharienne: *Simulium ruficorne* Macquart. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, **38**: 329-330.
- Grenier, P. & Rioux, J.A. 1960. Présence de *Simulium ruficorne* Macquart, 1838 (Diptera, Simuliidae) au Tibesti. Mission épidémiologique au Nord Tchad. Centre d'information et d'études des problèmes humains dans les zones arides, **106** : 3 p.
- Grenier, P. & Théodoridès, J. 1953. Simulies (Dipt. Simuliidae) du Maroc. *Archives de l'Institut Pasteur du Maroc*, **4**: 429-441.
- Grenier, P., Faure, P.R. & Laurent, J. 1957. Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc (Deuxième mémoire). *Archives de l'Institut Pasteur du Maroc*, **5**: 218-242.
- Grillet, M. E. & Barrera, R. 1997. Spatial and temporal abundance, substrate partitioning and species co-occurrence in a guild of Neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae). *Hydrobiologia*, **345**: 179-208.
- Grillet, M.E., Basanez, M.G., Vivas-Martinez, S., Villamizar, N., Frontado, H., Cortez, J., Coronel, P., Botto, C. 2001. Human onchocerciasis in the Amazonian area of southern Venezuela: spatial and temporal variations in biting and parity rates of black fly (Diptera: Simuliidae) vectors. *Journal of Medical Entomology*, **38**: 520- 530.

- Grunewald, J.R., 1981. Hydro-chemical and physical characteristics of the larval sites of the immature stages of some species of the *Simulium (Edwardsellum) damnosum* complex (Diptera). *Tropenmedizin und Parasitologie*, **27**: 438-454.
- Grunewald, J.R., Grunewald, E.B., Raybould, J.N. & Mhiddin, H.K. 1979. The hydrochemical and physical characteristics of breeding sites of the *Simulium neavei* Roubeau group and their associated crabs in the eastern Usanbara mountains in Tanzania. *Revue der gesamten der Hydrobiologie und Hydrographie*, **64**: 71-88.
- Gutowski, M. J. & Stauffer, J. R. 1993. Selective predation by *Noturus ingnis* (Richardson) (Teleostei: Ictaluridae) in the Delaware River. *American Midland Naturalist*, **129**: 309-318.
- Hamada, N. 1998. Bionomics of *Simulium perflavum* Roubaud (Diptera: Simuliidae) in Central Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, **42**: 523-526.
- Hamada, N. & McCreadie, J.W. 1999. Environmental factors associated with the distribution of *Simulium perflavum* (Diptera: Simuliidae) among streams in Brazilian Amazonia. *Hydrobiologia*, **397**: 71-78.
- Hamada, N., McCreadie, J.W. & Adler, P.H. 2002. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. *Freshwater Biology*, **47**: 31-40.
- Hansen, R. A., Hart, D.D. & Merz, R.A. 1991. Flow mediates predatory-prey interactions between triclad flatworms and larval blackflies. *Oikos*, **60**: 187-196.
- Hart, D. D. 1978. Diversity in stream insects: Regulation by rock size and microspatial complexity. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie –Verhandlungen*, **20**: 1376–1381.
- Hunter, F. & Jain, H. 2000. Do gravid black flies (Diptera: Simuliidae) oviposit at their natal site? *Journal of Insect Behaviour*, **13**: 585-595.
- Hunter, F., Burgin, S.G. & Woodhouse, A. 2000. Shattering the folklore: blackflies do not pollinate sweet lowbush blueberry. *Canadian Journal of Zoology*, **78**: 2051-2054.
- Hunter, F., Rohner, C. & Currie, D. C. 1997. Mortality in fledgling great horned owls from black fly hematophaga and leucocytozoonosis. *Journal of Wildlife Diseases*, **33**: 486–491.
- Hinton, H. E. 1958. The pupa of the *Simulium* feeds and spins its own cocoon. *Entomologist's Monthly Magazine*, **94**: 14-16.
- Hynes, H.B.N. 1970. *The Ecology of Running Waters*. Liverpool University Press, Liverpool, 555 p.

- Imhof, J.E. & Smith, S. M. 1979. Oviposition behaviour, egg-masses and hatching response of the eggs of five Nearctic species of *Simulium* (Diptera: Simuliidae). *Bulletin of Entomological Research*, **69**: 405-425.
- Illésová, D., Halgos, J., Krno, I., 2008. Blackfly assemblages (Diptera, Simuliidae) of the Carpathian river: habitat characteristics, longitudinal zonation and eutrophication. *Hydrobiologia*, **598**: 163–174.
- Jarry, D. 1973. Contribution à l'étude des Simulies du Langue- doc-Roussillon, I. *E. latinum* Rubzov et son écologie. *Annales de Parasitologie Hummaine et Comparative*, **48**: 603-611.
- Jedlička, L. 1998. The morphometric variability of pupal gills and respiratory surface area in the *Simulium ornatum* Meigen species-group (Simuliidae), 4th International Congress Dipterol, Oxford, 93-94 p.
- Kazanci, N. L., 2006. Ordination of simuliidae and climate change impact. *Acta Entomologica Serbia*, 69-76 p.
- Kazanci, N. L., & Ertunç, O. 2010. Use of Simuliidae (Insecta, Diptera) species as indicators of aquatic habitat quality of Yedilirmak River Basin (Turkey). *Review of Hydrobiology*, **3**: 27-36.
- Kellogg, V. L. 1901. Food of larvae of *Simulium* and *Blepharocera*. *Psyche: A Journal of Entomology*, **9**: 166-167.
- Kettle, D.S. 1995. Medical and Veterinary Entomology, 2nd édition. Wallingford, CAB International, 725 p.
- Khan, M.A. 1980. Protection of cattle from black flies. Technical Report. Pollution Control Division, Alberta Environment, Canada, 217-232 p.
- Khelalfa, M. 2009. Etude du ruissellement pluvial des sous bassins de la Seybouse. Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, 157 p.
- Kiel, E., Böge, F. & Rühm, W. 1998. Sustained effects of larval blackfly settlement on further substrate coloniers. *Archiv für hydrobiologia*, **141**: 153-166.
- Klowden, M. J. & Lea, A. O. 1979. Oocyte maturation in black fly, *Simulium underhilli* Stone & Snoddy, resulting from blood enemas. *Canadian Journal of Zoology*, **57**: 1344-1347.
- Kruger, A., Gelhaus, A. & Garms, R. 2000. Molecular identification and phylogeny of East African *Simulium damnosum* S.I. and their relationship with West African species of the complex (Diptera: Simuliidae). *Insect Molecular Biology*, **9**: 101-108.
- Kurtak, D.C. 1978. Efficiency of filter-feeding of blackfly larvae (Diptera: Simuliidae). *Canadian Journal of Zoology*, **56**:1608-1623.

- Kurtak, D.C. 1979. Food of black fly larvae (Diptera: Simuliidae): seasonal changes in gut contents and suspended material at several sites in a single watershed. *Quaestiones Entomologicae*, **19**: 41–51.
- Laparé, R. 1980. Écologie des mouches noires (Diptera : Simuliidae) de LG2 Radisson (Territoire de la Baie James, Québec). Mémoire de Master en Sciences de l'Environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 92 p.
- Lautenschläger, M. & Kiel, E. 2005. Assessing morphological degradation in running waters using blackflies communities (Diptera: Simuliidae): can habitat quality be predicted from use land?. *Limnologica*, **35**: 262-273.
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. Numerical Ecology. 2^{ème} édition, Elsevier, 853 p.
- Leonhardt, K. G. 1985. A cytological study of species in the *Eusimulium aureum* group (Diptera: Simuliidae). *Canadian Journal of Zoology*, **63**: 2043–2061.
- Leonhardt, K. G. and R. M. Feraday. 1989. Sex chromosome evolution and population differentiation in the *Eusimulium aureum* group of black flies. *Genome*, **32**: 543–549.
- Lestage, J.A. 1925. Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères recueillis en Algérie par M.H Guathier et liste des espèces connues actuellement de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*, **16**: 8-18.
- Léger, L. & Duboscq, O. 1929. *Harpella melusinae* n. g. n. sp. Entophyte ecchini forme parasite des larves de Simulies. Comptes rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, **188**: 951-954.
- Lock, K., Adriaens, T. & Goethals, P. 2014. Effect of water quality on blackflies (Diptera: Simuliidae) in Flanders (Belgium). *Limnologica*, **44**: 58–65.
- Lounaci, A. 2005. Recherches sur la Faunistique, l'Écologie et la Biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie), Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 201 p.
- Lounaci, A., Brosse, S., Ait Mouloud, S., Lounaci-Daoudi, D., Mebarki, N. & Thomas, A. 2000a. Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sébaou River basin (Tizi-Ouzou). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **136**: 43–55.
- Lounaci, A., Brosse, S., Thomas, A. & Lek, S. 2000b. Abundance, diversity and community structure of macroinvertébrates in an Algerian stream: the Sébaou wadi. *Annales Limnologie*, **36**: 123–133.
- Lounaci-Daoudi, D. 1996. Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou. Thèse de Magister, Université de Tizi-

Ouzou, 152 p.

- Lucas, P., Hunter, F. 1999. Phenotypic plasticity in the labral fan of simuliid larvae (Diptera): effect of seston load on primary-ray number. *Canadian Journal of Zoology*, **77**: 1843-1849.
- Maitland, P.S. 1978. Biology of fresh waters. Blackie, Glasgow & London, 244 p.
- Malmqvist, B. 1994. Preimaginal blackflies (Diptera: Simuliidae) and their predators in a central Scandinavian lake outlet stream. *Annales Zoologici Fennici*, **31**: 245-255.
- Malmqvist, B. & Brönmark, C. 1981. Filter feeding in larval *Lamptera planeri* effects of size, temperature and particle concentration. *Ofkos*, **38**: 40-48.
- Malmqvist, B. & Sjöström, P. 1984. The microdistribution of some lotic insect predators in relation to their prey and to abiotic factors. *Freshwater Biology*, **14**: 649-656.
- Malmqvist, B., Adler, P.H. & Strasevicius, D. 2004. Testing hypotheses on egg number and size in black flies (Diptera: Simuliidae). *Journal of Vector Ecology*, 248-256.
- Malmqvist, B. Sjöström, P. & Frick, K. 1991. The diet of two species of *Isoperla* (Plecoptera: Perlodidae) in relation to season, site, and sympatry. *Hydrobiologia*. **213**: 191-203.
- Malmqvist, B., Zhang Y., & Adler, P.H. 1999. Diversity, distribution and larval habitats of North Swedish blackflies (Diptera: Simuliidae). *Freshwater Biology*, **42**: 301-314.
- Maurand, L. 1973. Recherches biologiques sur les microsporidies des larves de simulies. Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Technologies du Languedoc, 299 p.
- McCreadie, J.W. & Adler, P.H. 1998. Scale, time, space and predictability: species distributions of preimaginal blackflies (Diptera: Simuliidae). *Oecologia*, **114**: 79-92.
- McCreadie, J., Adler, P.H., 2006. Ecoregions as predictors of lotic assemblages of blackflies (Diptera: Simuliidae). *Ecography*: **29**: 603–613.
- McCreadie, J. W. & Colbo, M. H. 1991. Spatial distribution patterns of larval cytotypes of the *Simulium venustum verecundum* complex (Diptera: Simuliidae) on the Avalon Peninsula, Newfoundland: factors associated with occurrence. *Canadian Journal of Zoology*, **69**: 2651–2659.
- McCreadie, J. W. & Colbo, M. H. 1992. Spatial distribution patterns of larval cytotypes of the *Simulium venustum verecundum* complex (Diptera: Simuliidae) on the Avalon Peninsula, Newfoundland: factors associated with cytotype abundance and composition. *Canadian Journal of Zoology*, **70**: 1389–1396.

- McCreadie, J. W. & Colbo, M. H. 1993a. Seasonal succession and spatial-temporal distribution patterns of six larval cytospecies of the *Simulium venustum/ verecundum* complex (Diptera: Simuliidae). *Canadian Journal of Zoology*, **71**: 116–124.
- McCreadie, J. W. & Colbo, M. H. 1993b. Larval and pupal microhabitat selection by *Simulium truncatum* Lundström, *S. rostratum* Lundström and *S. verecundum* (Diptera: Simuliidae). *Canadian Journal of Zoology*, **71**:358-367.
- McCreadie, J.W., Adler, P.H. & Colbo, M.H. 1995. Community structure of larval blackflies(Diptera: Simuliidae) from the Avalon Peninsula, Newfoundland. *Annals of the Entomological Society of America*, **88**: 51-57.
- McCreadie, J.W., Beard, C. E. & Adler, P.H. 2005. Context-dependent symbiosis between black flies (Diptera: Simuliidae) and trichomycete fungi (Harpellales: Legeriomycetaceae). *Oikos*, **108**: 362 – 370.
- McCreadie, J.W., Adler, P.H., Grillet , M. E. & Hamada, N. 2006. Sampling and statistics in understanding distribution of black fly larvae (Diptera: Simuliidae). *Acta Entomologica Serbica*, 89-96.
- Merritt, R.W., Ross, D.H. & Larson, G.J. 1982. Influence of stream temperature and seston on the growth and production of overwintering larval black flies (Diptera: Simuliidae). *Ecology*, **63**: 1322-1331.
- Minkawa, N. 1997. The dynamics of aquatic insect communities associated with salmon spawning. Thèse de Doctorat. Université de Washington, Seattle, 105 p.
- Minshall, G. W., Cummins, K. W, Petersen R. C., Cushing, C. E., Bruns, D. A., Sedll J. R. & Vannote, R. L. 1985. Developments in stream ecosystem theory. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**: 1045-1055.
- Moubayed, Z. & Clergue-Gazeau, M. 1985. Les Simuliidae (Diptera) de trois rivières (Oronte, Litani et Beyrouth) du Liban. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, **21**: 83-88.
- Moubayed, J., Ait-Mouloud, S. & Lounaci, A. 1992. Les Chironomides (Diptera) d'Algérie. I. Bassin de l'Oued Aissi (Grande Kabylie). *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*, **41**: 21-29.
- Mokry, J. E. 1980. Laboratory studies on blood-feeding of blackflies (Diptera: Simuliidae). 2. Factors affecting fecundity. *Tropenmedizin und Parasitologie*, **31**: 374-380.
- Mondet, B. 1981. Études sur *Isomermis lairdi* (Nematoda, Mermithidae), parasite de *Simulium damnosum* S.L. (Diptera, Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. *Travaux et Documents de l'O.R.S.T.O.M.*, n 14, 61 p.

- Mondet, B & Bernard, M.R. 1981. Studies on *Isomermis lairdi* (Nematoda: Mermithidae) parasite of *Simulium damnosum* s.l. (Diptera: Simuliidae) in West Africa. *Cahier D O.R.S.T.O.M.*, n 141.
- Moor, F. C. 1991. The role of *Cheumatopsyche thomasseti* Ulmer (Hydropsychidae). Controlling Population Growth of Simuliidae in the Vaal River, South Africa. Tomaszewski, C. (ed.), Proc. 6th International Symposium of Trichoptera. Adam Mickiewicz University Press, Poznan, 101-104 p.
- Moor, F. C. 1992. Parasites, generalist and specialist predators and their role in limiting the population size of Blackflies and in particular *Simulium chutteri* Lewis (Diptera: Simuliidae) in and along the Vaal River, South Africa. *Annals of the Cape Provincial Museums (Natural History)*, **18**: 271-291.
- Morin, A., Harper, P. P. & Peter, R. H. 1986. Microhabitat preference curves of black flies larvae (Diptera: Simuliidae): a comparison of three estimation methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **43**: 1235-1241.
- Morin, A., Back C., Chalifour A., Boisvert J. & Peters, R. H. 1988. Effect of black fly ingestion and assimilation on seston transport in a Quebec lake outlet. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **45**: 705-714.
- Moulton, L. K. 2000. Molecular sequence data resolves basal divergences within Simuliidae (Diptera), *Systematic Entomology*, **25**: 95-113.
- Muttkowski, R. A. & Smith, G. M. 1929. The food of trout stream insects in Yellowstone National Park. *Roosevelt Wild Life Annals*, **2**: 241-263.
- Navas, L. 1929. Insectes Névroptères et voisins Barbarie. Septième série. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*, **7**: 57-60.
- Neveu, A. 1973. Le cycle de développement des Simuliidae (Diptera Nematocera) d'un ruisseau des Pyrénées-Atlantiques, le Lissuraga. *Annales d'Hydrobiologie*, **4**:51-75.
- Neveu, A., Riou, C., Bonhomme, R., Chassin, P. & Papy, f. 2001. L'Eau dans l'Espace Rural: Vie et Milieux Aquatiques. INRA, Paris, 284 p.
- Noirtin, C., Boiteux, P., Grillet, P., De Joux, C., Beaucournu-Saguez, F & Mouchet, J. 1983. Les simulies, nuisance pour le bétail dans les Vosges : les origines de leur pullulation et les méthodes de lutte. *Cahier O.R.S.T.O.M., Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, **19**: 101-112.
- Ofenböck, T., Moog, O., Car, M., 2002. Do the Austrian blackfly fauna (Diptera: Simuliidae) support the typological approach of the EU water framework directive? *Limnologica*, **32**: 255–272.

- Palmer, R.W. & Craig, D.A. 2000. An ecological classification of primary labral fans of filter-feeding black fly (Diptera: Simuliidae) larvae. *Canadian Journal of Zoology*, **78**: 199-218.
- Parrot, L. 1949. Quelques notes sur les simuliidés d'Algérie. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 273-276 p.
- Pascuzzo, M. C. 1976. Fecundity, ovarian development, and physiological age in adult blackflies (Simuliidae) with some observations on vertical distribution. Memoire de Master, Université de Hamilton, Ontario, 250 p.
- Patrusheva, V. D. 1982. Blackflies of Siberia and the Far East. Annotated Catalogue and Handbook of Species, 321 p.
- Peterson, B. V. 1924. Bidrag til de Danske Simuliers naturhistorie. *Memory of Royal Academy of Science and Letters. Danemark*, 237-340 p.
- Peterson, B. V. 1962. Observation on mating swarms of *Simulium venustum* Say and *Simulium vittatum* Zetterstedt (Diptera: Simuliidae). *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*, **92**: 188-190.
- Peterson, B. V. 1981. Simuliidae. Manual of Nearctic Diptera. Monograph Research Branch, Agriculture Canada. Ottawa, **1**: 355-391.
- Peterson, B.V. & Dang, R.T. 1981. Morphological means of separating siblings of the *Simulium damnosum* complex (Diptera: Simuliidae). Blackflies. The Future for Biological Methods in Integrated Control, London, 45-56.
- Philippon, B. 1978. L'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest : Vecteurs, Agent pathogène, épidémiologie, lutte. Office de la recherche scientifique et technique Outre-Mer, *Cahier O.R.S.T.O.M. Paris*, 197 p.
- Phillipson, J. 1956. A study of factors determining the distribution of the larvae of the blackfly *Simulium ornatum* Mg. *Bulletin of Entomological Research*, **47**: 227-238.
- Phillipson J. 1957. The effect of current speed on the distribution of the larvae of black flies, *Simulium variegatum* (Mg.) and *Simulium monticola* Fried. (Diptera). *Bulletin of Entomological Research*, **48**: 811-819.
- Phillips, R. O. 1890. The transformations of *Simulium innoxium*, Willison. Memoire de baccalauréat. Cornell University, Ithaca, N., 35 p.
- Pion, MG., Sébastien, DS., Churcher, TS., Lutz, PB, Mark, PL. & Boussinesq, M. 2006. Maladies Négligées Cécité des Rivières: Une Réussite Menacée; River blindness: A success story under threat. *PLoS Medecine*, **3**: 371.

- Post, R. J. 1980. Cytotaxonomy of the *Simulium ornatum* species-group in Britain. *Newsl. British Simulium Group*, **3**: 3-5.
- Post, R. J. 1981. The identification of blackflies (Diptera, Simuliidae) in Norfolk. *Transactions of the Norfolk and Norwich Naturalists Society*, **25**: 153-163.
- Post, R. J., Mustapha, M. & Krueger, A. 2007. Taxonomy and inventory of the cytospecies and cytotypes of the *Simulium damnosum* complex (Diptera: Simuliidae) in relation to onchocerciasis. *Tropical Medicine and International Health*, **12**: 1342–1353.
- Pramual, P., & Kuvangkadilok, C. 2009. Agricultural land use and black fly (Diptera: Simuliidae) species richness and species assemblage in tropical streams, Northeastern Thailand. *Hydrobiologia*, **645**: 173-184.
- Puri, I. M., 1925. On the life-history and structure of the early stages of Simuliidae (Diptera: Nematocera). Part. I. *Parasitology*, **17**: 295-337.
- Quezel, P. 1957. Le peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord. *Encyclopedie de Biogéographie et Ecologie*. Edition Chevalier, Paris: 463 p.
- Quillévéré, D. 1979. Contribution à l'étude des caractéristiques taxonomiques, bioécologiques et vectrices des membres du complexe *Simulium damnosum* présents en Côte d'Ivoire. *Cahier O. R. S. T.O. M, Série Entomologie Médicale et Parasitologie*: 109-304 p.
- Quillévéré, D., Gouzy, M., Schan, Y. & Pendriez, B. 1977. Etude du complexe *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. VI. Analyse de l'eau des gîtes larvaires en saison des pluies; comparaison avec la saison sèche. *Cahier O. R. S. T.O. M, Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, **15**: 195-207.
- Ramade, F. 1984. *Eléments d'Ecologie, Ecologie fondamentale*. Mc Graw-Hill, Paris. 397 p.
- Riley, C.V. 1887. Report of the Entomologist, United States Department of Agriculture Report, **1886**: 459-592.
- Rivosecchi, L. 1963. Contributo alla conoscenza dei Simulidi italiani. VIII: due sottospecie dei gruppi *monticola* e *latizonum*. *Rivista di Parassitologia*, **24**: 199-211.
- Rivosecchi, L. 1967. Simuliidi degli Apennini. *Parassitology*, **9**: 129-304.
- Rivosecchi, L. 1978a. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. 3. Simuliidi (Diptera Simuliidae). *Consiglio nazionale delle ricerche*, **7** : 1-88.
- Rivosecchi, L. 1978b. *Fauna D'Italia. Diptera Nematocera: Simuliidae*. Edizioni Calderini Bologna, 533 p.

- Rivosecchi, L., Addonisio, M., & Maiolini, B. 2007. I Ditteri Simulidi: nuove chiavi dicotomiche per l'identificazione delle speci italiane con brevi note bio-tassonomiche. *Quaderni del Museo Tridentino di Scienze Naturali*, **2**: 148 p.
- Robert, M. & Cloutier, L. 2001. Summer food habits of harlequin ducks in eastern North America. *Wilson Bulletin*, **113**: 78-84.
- Rodway, M. S. 1998. Activity patterns, diet, and feeding efficiency of harlequin ducks breeding in northern Labrador. *Canadian Journal of Zoology*, **76**: 902-909.
- Rodhain, F., & Perez, C. 1985. Précis d'Entomologie Médicale et Vétérinaire. Edition Maloine, 458 p.
- Ross, D.H. & Craig, D.A. 1979. The seven larval instars of *Prosimulium mixtum* Syme and Davies and *P. fuscum* Syme and Davies (Diptera: Simuliidae). *Canadian Journal of Zoology*, **57**: 290-300.
- Ross, D.H. & Merritt, R.W. 1978. The larval instars and population dynamics of five species of black flies (Diptera: Simuliidae) and their responses to selected environmental factors. *Canadian Journal of Zoology*, **56**: 1633-1642.
- Ross, D.H., & Merritt, R.W. 1987. Factors affecting larval black flies distribution and population dynamics. Black flies: Ecology, Population Management and Annotated World List. Pennsylvania State University, University Park and London, 90-108 p.
- Rothfels, K.H. 1956. Black flies: siblings, sex, and species grouping. *Journal of Heridity*, **47**:113-122.
- Rothfels, K.H. & Dunbar, R.W. 1953. The salivary gland chromosomes of the blackfly *Simulium vittatum* Zett. *Canadian Journal of Zoology*, **31**: 226-241.
- Rothfels, K.H., Fereday, R., Kaneps, A. 1978. A cytological description of sibling species of *Simulium venustum* and *S. verecundum* with standard maps for the subgenus *Simulium* Davies (Diptera). *Canadian Journal of Zoology*, **56**: 1110-1128.
- Roubaud, M. E. 1906. Insectes Diptères. Simulies nouvelles ou peu connues. *Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris*, **7**: 517-521.
- Rubstov, I. A. 1956. Blackflies (Simuliidae): Fauna of the USSR Diptera; Volume 6, Part 6. *Academy of Sciences of the USSR, Zoological Institute, Moscow*, 042 p.
- Rubtsov, I. A. 1967. Simuliidae d'Italia. Memoria II. *Memorie della Societa Entomologica Italiana*, **46**: 126-180.
- Rühm, W. 1998. Das Habitat und seine Strukturen als Voraussetzung für die autochthone Entwicklung von Schadgebieten der Kriebelmücken (Diptera: Simuliidae). *Entomologia*

Generalis, **23**: 27–37.

- Rühm, W. & Pieper, W. 1989. Simuliidenlarven und puppen als Beute räuberisch lebender Tierarten in Alster, Bille und Seve (Diptera: Simuliidae). *Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg*, **9**: 283-293.
- Rühm, W. & Prügel, M. 1988. Schwankungen im Spektrum von Kriebelmückenarten und räumliche Konstanz der Eiablageplätze in einem Niederungsbach (Simuliidae, Diptera). *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, **73**: 95–106.
- Samraoui, B. 2009. Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata). *International Journal of Odonatology*, **12**: 383-394.
- Samraoui, B. & Corbet, P.S. 2000a. The Odonata of Numidia. I. Status and Distribution. *International Journal of Odonatology*, **3**:11-25.
- Samraoui, B. & Corbet, P.S. 2000b. The Odonata of Numidia. II. Seasonal ecology. *International Journal of Odonatology*, **3**: 27-39.
- Samraoui, B. & Menai, R. 1999. A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology*, **2**: 145-165.
- Samraoui, B., Samraoui, F., Benslimane, N., Alfarhan A. & Al- Rasheid, K.A.S. 2012. A precipitous decline of the Algerian Newt *Pleurodeles poireti* Gervais, 1835 and other changes in the status of amphibians of Numidia, North-Eastern Algeria. *Revue Ecologie (La Terre et la Vie)*, **67**: 71-82.
- Santos-Grácio, A. 1985. Estudo Sistemático e bioecológico dos Simulideos de Portugal (Diptera: Simuliidae). Thèse de Doctorat, Nouvelle Université de Lisbonne, 796 p.
- Sarıözkan, S., İnci, A., Yıldırım, A., Düzlü, Ö., Gray, E. W. & Adler, P.H. 2014. *Simulium (Wilhelmia)* Species (Diptera: Simuliidae) in the Cappadocia Region of Turkey. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 116-119.
- Schorscher, J. A. 1991. Assessing the importance of Hydropsychidae larvae as predators of *Simulium damnosum* s. l., the vectors of river blindness in West Africa. 6th International Symposium of Trichoptera. Adam Mickiewicz University Press, Poznan, 105-115 p.
- Seitz, G. 1992. Verbreitung und Ökologie der Kriebelmücken (Diptera: Simuliidae) in Niederbayern. *Lauterbornia*, **11**: 1–231.
- Seitz, G., Zwick, H. & Adler, P.H. 2012. Description of a new species, *Simulium (Rubzovia) joanae* (Diptera: Simuliidae), and its chromosomes, with new information on the blackfly fauna of Madeira. *Lauterbornia*, **74**: 1–28.
- Seltzer, P. 1946. Le Climat de l'Algérie, Travaux de l'Institut Meteorologique et Physique. Du Globe, Université d'Alger. Fascicule hors série: 1-219.

- Seurat, L.G. 1934. Etudes zoologiques sur le Sahara Central. Mission du Hoggar III (Fév-Mai 1928). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **4**: 5-195.
- Séguy, E. 1921. Faune entomologique des îles Canaries. Séjour de M. Lesne dans la Grande Canarie (1902-1903) II. Diptères piqueurs. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, **17** : 291-295.
- Séguy, E. 1930. Contribution à l'étude des Diptères du Maroc. *Mémoires de la Société des Sciences Naturelles du Maroc*, **14**: 1-206.
- Sharp, A. 2007. Mermithid (Nematoda: Mermithidae) infections of black flies (Diptera: Simuliidae): seasonal variation and developmental characteristics. Memoire de Master. Brock University, St. Catharines, Ontario, 116 p.
- Smart, J.S. 1944. The British Simuliidae with keys to the species in the adult, pupal and larval stages. *Freshwater Biology Association of the British Empire Scientific Publication*, **9**: 1-57.
- Spironello, M., Hunter, F.F., Craig, D.A. 2002. A cytological study of the Pacific black fly *Simulium cataractarum* (Diptera: Simuliidae). *Canadian Journal of Zoology*, **80**: 1810-1816.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. 2000. Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie. CNRS Edition, Paris, 587 p.
- Talbalaghi, A., Pessino, M., Agosta, P., Bo, T. & Igniatovic-Cupina, A. 2006. Overview of possible simuliidae related problems in the Alessandrie district (piedmont, Italy). *Acta Entomologica Serbica (Supplement)*, 77-81 p.
- Taylor, T.H. 1902. On the tracheal system of *Simulium*. *Transactions of the Entomological Society of London*, 701-716 p.
- Thioulouse, J., Chessel, D., Dolédec, S. & Olivier, J.M. 1997. ADE-4: A Multivariate Analysis and Graphical Display Softwar. *Statistics and Computing*, **7**: 75-83.
- Thomas, A. 1998. A previsional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, **134**: 13-20.
- Thompson, B. H. 1987. The use of algae as food by larval Simuliidae (Diptera) of Newfoundland streams. II. Digestion of algae, and environmental factors affecting feeding rates and the degree of digestion. *Archiv für Hydrobiologie*, **76**: 443-457.
- Timm, T. 1995. Uferund Auestrukturen und Simuliiden Plagen. *Handbuch Angewandte, Limnologie*: 1-28 p.
- Timm, T. & Klopp, F. 1993. Die Ursachen unterschiedlicher Verteilungsmuster der

- Kriebelmücken (Diptera, Simuliidae). Essener Ökologische Schriften – Beiträge zur Taxonomie, Faunistik und Ökologie der Kriebelmücken in Mitteleuropa (Diptera, Simuliidae), **2**: 121–145.
- Torre-Bueno, J.R. 1985. A glossary of Entomology. Lubrecht and Cramer Ltd., NY., USA, 336 p.
- Touabay, M., Aouad, N. & Mathieu, J. 2002. Etude hydrobiologique d'un cours d'eau du Moyen-Atlas: l'Oued Tizguit (Maroc). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **38**: 65-80.
- Towsend, C.R., 1989. The patch dynamics concept of stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, **8**: 36-50.
- Towsend, C.R., Hildrew, A.G. 1994. Species traits in relation to habitat templet for river systems. *Freshwater Biology*, **31**: 265-275.
- Towsend, C.R., Hildrew, A.G. & Francis, J. 1983. Community structure in some southern English streams: the influence of physicochemical factors. *Freshwater Biology*, **13**: 521-544.
- Tsacas, L. & Disney, R.H.L. 1974. Two new African species of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) whose larvae feed on *Simulium* larvae (Diptera: Simuliidae). *Tropenmedizin und Parasitologie*, **25**: 360-377.
- Vaillant, F. 1951. Un Empidide destructeur de Simulies. *Bullettin de la Société Entomologique de France*, **76**: 371-379.
- Vaillant, F. 1953. Hemerodromia seguyi, nouvel empidide d'Algérie destructeur de simulies. *Hydrobiologia*, **5**: 180–188.
- Vaillant, F. 1955. Recherches sur la faune macrique de France, de Corse et d'Afrique du Nord. *Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle, Paris*, **11**: 1–258.
- Vannote, R.L, Minshall, G.W., Cummins, K.W, Sedll J.R. & Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **37**: 130-137.
- Villa, J.M.1980. La chaîne Alpine d'Algérie oriental et des confins Algéro - Tunisiens. Thèse de Doctorat, Université de Pierre Marie Curie, Paris VI, France, 232 p.
- Vinçon, G. & Clergue-Gazeau, M. 1988. Etude hydrobiologique de la vallée d'Ossau (Pyrénées-Atlantiques, France) III. Simuliidae (Diptera, Nematocera): leur originalité biogéographique et écologique. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, **24**: 67-81.
- Vogel, S. 1981. Life in moving fluids: The physical biology of flow. Willard Grant Press, Boston, 353 p.

- Votýpka, J., Oborník, M., Volf, P., Svobodová, M. & Lukes, J. 2002. *Trypanosoma avium* of raptors (Falconiformes): phylogeny and identification of vectors. *Parasitology*, **125**: 253–263.
- Wenk, P. 1981. Bionomics of adult blackflies. Blackflies: The Future for Biological Methods in Integrated Control. Academic Press, New York, 259-279 p.
- Wenk, P. 1987. Swarming and mating behaviour of black flies. Blackflies: Ecology, Population Management, and Annotated World List. The Pennsylvania State University, University Park and London, 215-22 P.
- Werner, D., Pont, A.C. 2003. Dipteran predators of Simuliid blackflies: a worldwide review. *Medical and Veterinary Entomology*, **17**: 115-132.
- Williams, T. R. 1974. Egg membranes of simuliidae. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, **68**: 15-16.
- Wood, D.M., Peterson, B.V., Davies, D.M. & Gyorkos, H. 1963. The Blackflies (Diptera: Simuliidae) of Ontario. Part II. Larval identification, with description and illustration. *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*, **93**: 99-129.
- Wotton, R. S. 1978. The feeding-rate of *Metacnephia tredecimatum* larvae (Diptera: Simuliidae) in a Swedish lake outlet. *Oikos*, **30**: 121-125.
- Wu, Y. 1931. A contribution to the biology of *Simulium*. *Papers of the Michigan Academy of Science, Arts and Letters*, **13**: 543-599.
- Xiong, B. & Kocher, T.D. 1991. Comparison of mitochondrial DNA sequences of seven morphospecies of black flies (Diptera: Simuliidae). *Genome*, **34**: 306-311.
- Zettler, J.A., Adler, P.H. & McCreadie, J.W. 1998. Factors influencing larval color in the *Simulium vittatum* complex (Diptera: Simuliidae). *Invertebrate Biology*, **117**: 245–252.
- Zhang, Y. 2005. Balancing food availability and hydrodynamic constraint: phenotypic plasticity and growth in *Simulium noelleri* blackfly larvae. *Oecologia*, **147**: 39-46.
- Zhang, Y., Malmqvist, B. 1996. Relationships between labral fan morphology, body size and habitat in North Swedish blackfly larvae (Diptera: Simuliidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, **59**: 261-280.
- Zhang, Y., Malmqvist, B. & Englund, G., 1998. Ecological processes affecting community structure of blackfly larvae in regulated and unregulated rivers: a regional study. *Journal of Applied Ecology*, **35**: 673–686.

- Zivkovic, V. 1966. Simulide (Diptera: Simuliidae) grupe *aureum* u Jugoslaviji. *Acta Veterinaria*, **16**: 257-264.
- Zwick, H. 1978. Simuliidae (Diptera). *Limnofauna Europaea*. Edition J. lilies: 396-403 p.
- Zwick, H. & Crosskey, R. W. 1980. The taxonomy and nomenclature of the blackflies (Diptera: Simuliidae). Described by J. W. Meigen, *Aquatic Insects*, **2**: 225-247.
- Zwick, H. & Zwick, P. 1990. Terrestrial mass-oviposition of *Prosimulium* species (Diptera: Simuliidae). *Aquatic Insects*, **12**: 33-46.

Annexes

Annexe 1: Répartition des stations d'échantillonnage dans le bassin versant de la Seybouse.

Région		Stations	Commune- Wilaya
Haute Seybouse	Sous Bassin Charef	1- Oued Dahmane 2- Oued M'gisba 3- Oued Krab 4- Oued Anil 5-Charef- Debabcha 6- Oued Alar 7- Oued Ain Arko 8- Cherf - Ain Makhlouf 9-Oued Chenior 10- Cherf- Medjez Amar	Ksar Sbihi- Oum ElBouaghi Sedrata -Souk Ahras Sedrata -Souk Ahras Sedrata –Ain Soltane- SoukAhras Sedrata – Ain Soltane- Souk Ahras Sedrata – Ain Soltane- Souk Ahras Tamlouka – Guelma Aïn Makhlouf -Guelma Aïn Larbi-Guelma Medjez Amar -Guelma
	Sous Bassin Bouhamdane	11-Bouhamdane-Medjez Amar 12- Bouhamdane- Hammam Debagh 13- Bouhamdane -Mermoura 14- Bouhamdane -Bouhamdane 15- Borj Sabat 16- Bouhamdane -Oued Zenati	Medjez Amar –Guelma Hammam Debagh-Guelma Bouhamdane- Guelma Bouhamdane- Guelma Borj Sabat -Guelma Oued Zenati- Guelma
Moyenne Seybouse		17-Seybouse-El-Fedjouj 18- Seybouse-Boumahra 19- Seybouse- Heliopolice 20- Seybouse-Zemzouma 21- Oued Zimba 22- Oued Helia 23- Oued Bradâa	El-Fedjouj, Guelma Boumahra, Guelma Heliopolice, Guelma Djaballa Khemissi, Guelma Belkheir, Guelma Hammam N'Bail, Guelma Héliopolis, Guelma
Basse Seybouse		24-Seybouse- Bouchegouf 25-Seybouse- Boudaroua 26- Seybouse- Oued Fragha 27-Seybouse- Boukemouza 28- Seybouse-Chihani 29-Seybouse- Dreân 30- Hammam N'Bail Amont 31- Hammam N'Bail Aval	Bouchegouf –Guelma Oued Fragha- Guelma Oued Fragha- Guelma El-Taref Chihani, El-Taref Dreân, El-Taref Hammam N'Bail, Guelma Hammam N'Bail, Guelma

Annexe 2

Fiche technique utilisée sur terrain pour la description des sites étudiés.

Fiche technique

N° Fiche:

Date: **N° Compagne:**

Secteur: **Localité:** **Nom du site:**.....

N° du site **Code**.....

Coordonnées géographiques:

Latitude:..... **Longitude:**..... **Altitude:**.....

Description du site:

Largeur (m)

Profondeur (cm)

Vitesse du courant (m/s)

Classe du substrat (1-6)

Type de substrat

Limon/ Vasse Sable Gravier

Gallet Bloc Roches

Classe du couvert végétal du lit (1-3)

1-Complet 2-Partiel 3-Absent

PH..... **Température (C°)**..... **Oxygène dissous (mg L-1)**.....

Conductivité (µS cm-1) **Salinité (%)**..... **TDS (mg L-1)**.....

Annexe 3 : Précipitations moyennes annuelles, précipitations minimales (P min) et maximales (P max) (mm) pour les stations de Guelma, Souk Ahras, Constantine et Annaba (2004-2013). P max: précipitations maximales, P min: précipitations minimales.

Station Année	Guelma			Souk Ahras			Constantine			Annaba		
	P min	P max	Moyenne annuelle	P min	P max	Moyenne annuelle	P min	P max	Moyenne annuelle	P min	P max	Moyenne annuelle
2004	0,1	177,1	67,1	0,0	194,5	77,8	0,6	181,2	58,4	2,8	185,0	60,6
2005	3,0	145,2	45,1	8,0	152,6	51,4	2,1	63,1	27,1	1,1	184,0	67,0
2006	1,3	140,1	39,9	2,6	165,3	55,2	0,9	118,8	38,2	1,5	142,1	48,8
2007	0,8	215,9	60,2	0,2	111,8	65,3	2,4	117,8	40,1	2,5	203,7	61,6
2008	4,3	160,4	43,8	7,1	110,4	54,2	5,8	72,6	29,0	0,2	87,3	36,2
2009	3,0	160,4	74,5	0,0	190,9	98,4	0,0	113,3	52,3	0,2	217,0	85,9
2010	0,8	147,9	51,2	0,1	159,3	70,0	2,0	76,4	40,9	0,0	204,4	58,1
2011	1,2	148,5	50,0	3,0	253,6	72,3	5,2	174,5	47,7	0,0	112,0	55,0
2012	1,8	141,4	45,9	6,6	198,2	87,2	1,8	104,6	34,6	172,4	0,6	44,7
2013	1,2	122,6	52,6	172,3	0,5	78,4	2,6	111,9	40,5	0,1	217,8	58,6
Moyenne station	/	/	53,013	/	/	71,00	/	/	40,90	/	/	57,64

Annexe 4: Précipitations moyennes mensuelles (mm) calculées pour les stations de Guelma, Souk Ahras, Constantine et Annaba (2004-2013).

Station Mois	Guelma	Souk Ahras	Constantine	Annaba
J	93,71	122,59	49,32	93,43
F	73,11	116,39	62,53	88,89
M	87,7	93,82	61,17	81,94
A	61,54	88,23	55,92	59,14
M	43,1	63,81	40,46	35,92
J	21,61	23,04	13,05	12,5
J	3,44	6,67	4,04	1,85
A	16,76	19,65	17,18	9,37
S	46	43,11	37,76	47,65
O	42,85	65,46	34,73	67,44
N	72,75	88,92	48,57	83,4
D	73,59	120,38	65,72	112,46
Moyenne annuelle	53,01	71,00	40,90	57,64

Annexe 5: Variations mensuelles des moyennes des températures (°C) enregistrées dans les stations de Guelma, Souk Ahras, Constantine et Annaba (2004-2013). Tmin: Moyenne mensuelle des températures minimales, Tmax: Moyenne mensuelle des températures maximales. T: température moyenne mensuelle.

Station	Guelma			Souk Ahras			Constantine			Annaba		
Mois	T min	T max	T	T min	T max	T	T min	T max	T	T min	T max	T
J	4,96	15,90	9,76	3,8	11,5	7,3	2,2	12,5	6,8	7,1	16,3	11,0
F	4,59	16,50	10,00	3,3	11,6	7,1	2,1	12,7	7,0	6,6	16,3	10,8
M	6,63	19,57	12,52	5,9	15,5	10,3	4,6	16,8	10,2	8,2	18,6	12,9
A	8,35	22,05	15,00	8,6	18,8	13,3	7,3	20,0	13,3	10,7	21,2	15,6
M	11,87	27,13	19,46	11,5	23,0	17,0	10,2	24,9	17,3	13,0	24,5	18,5
J	15,79	32,03	24,07	15,7	28,7	22,1	14,4	31,0	22,6	16,2	28,0	22,1
J	18,53	36,30	27,22	19,3	33,3	26,1	18,2	35,3	26,7	19,4	31,2	25,3
A	19,61	36,47	27,47	19,2	33,2	25,6	17,9	34,7	25,8	19,7	31,6	25,5
S	17,31	31,28	23,52	16,0	27,8	21,1	14,9	28,9	21,2	18,1	29,0	23,1
O	13,80	27,34	19,51	13,0	23,9	17,7	11,6	24,9	17,6	15,3	26,6	20,2
N	9,37	21,01	14,48	8,1	16,7	11,8	6,2	17,4	11,3	11,0	21,5	15,3
D	6,19	16,95	10,97	4,9	12,3	8,2	3,3	13,2	7,7	8,1	17,5	12,1
Annuel	11,40	25,21	17,84	10,8	21,4	15,6	9,4	22,7	15,6	12,8	23,5	17,7

Annexe 6: Liste de quelques stations de prélèvements effectués sur le territoire algérien

Tableau 1: Liste des stations de prélèvements étudiées par: Edwards (1923) [détermination des taxons]; (Parrot 1949) [collectes et notes biologiques]; Grenier (1953) [citation].

Localité	Code	Station
Constantine	CR	Rive droite du Rummel
Batna	BC	Oued Chaba
	BM	Mac-Mahon (=Ain Touta): Oued el Ksour
	BR	R'oufi: Oued el Abiodh
Biskra	KE	El Kantra-les Gorges (Oued el Hai)
	KB	Branis
	Ç	Djemora (Oued Abdi)
	KL	El Outaya (seguias de l'oasis)
	KK	Biskra: Seguias de l'oasis et de la ville
	AN	Ain Ben Noui près (de Biskra)
Alger	AL	Fendouk (près du pied du barrage du Hamiz)
Palikao (=Tighennif, à 100 Km de Maskara)	MA	/
Bouira	BO	/

Tableau 2: Liste des stations de prélèvements réalisés par: Grenier et Clastrier (1960) et Belazzoug et Tabet-Derraz (1980): [Sahara Oriental]; Clastrier et Grenier (1961): [Sahara centrale].

Auteur	Localité	Code	Station	Altitude (m)
Grenier et Clastrier (1960)	Tassili n'Ajjer, 500 Km à l'Ouest du Tibesti	OA	Oued Arharhar (affluent du grand Oued Tadjerdjéri): en amont de Borj Arharhar	800
		OV	Oued Arharhar (affluent du grand Oued Tadjerdjéri): en aval de Borj Arharhar	1300
Clastrier et Grenier (1961)	Entre le grand Erg Oriental et le grand Erg Occidental	GO	Oasis El Goléa	380
	5 km au N-E de Borj Arharhar	AR	Arak (Massif du Mouydir)	550
	A la limite N-O du massif du Hoggar	IA	In Amguel	974
	Limite du Hoggar et du Tanczrouft	SI	Silet	727
	A 42 Km au N-O du Tanczrouft	TI	Tit	1031
	A la limite N-E du massif du Hoggar	ID	Idelès	1452
	A 40 Km au Sud de Idelès	TA	Tarrouk	1844
	A 65 Km au Sud de Tarrouk	TH	Tahifet	1395
	A 30 Km au Sud de Tahifet	OF	Oued Afilal (coeur du Hoggar)	2070
A 5 Km au Sud-Sud Est de Tamanrasset	TM	Tamanrasset (source)	1400	
Belazzoug et Tabet-Derraz (1980)	Tassili n'Ajjer-Djanet	TD	Ihérir, 220 Km au Nord-Ouest de Djanet	/

Tableau 3: Liste de quelques stations de prélèvements effectués par Gagneur et Clergue-Gazeau (1988).

Localité	Code	Station	Altitude (m)
Bassin de la haute Tafna	SM	O. Oua Am (Sidi Medjahed)	375
	TO	Tafna source (Char Boumaza)	1090
	SD	O. Tafna (amont Beni-Bahdel)	930
	K1	O. Khemis (amont Khemis)	950
	K2	O. khemis (aval Khemis)	650
	T4	O. Tafna (avaL Beni-Bahriél)	470
	K0	O. Khemis (aval Sidi Larbi)	1045
	T2	O. Tafna (avaL Sbdou)	830
	T3	O. Tafna (amont Beni-Bahdel)	665
	T4	O. Tafna (avaL Beni- Bahdel)	470
Moyenne et Basse Tafna	SM	O. Oua Am (Sidi Medjahed)	375
	M2	O. Mouilah (aval Maghnia)	285
	Z1	O. Zitoun (Sabbra)	560
	T5	O. Tafna (poste Tafna)	300
	T6	O. Tafna (aval Hammam Boughara)	220
	T7	O. Tafna (Zenata)	105
	T8	O. Tafna (Pierre du Chat)	45
	T9	O. Tafna (aval Emir Abdelkader)	10
	T10	O. Tafna (amont embouchure)	0
	M1	O. Mouilah (route Maghnia-Ahfir)	405
	M2	O. Mouilah (aval Maghnia)	285
	MG	O. Ouerdeffou (aval Maghnia)	330
	B1	O. Bou Messaoud (Hennaya)	375
	B2	O. Bou Messaoud (Zenata)	160
	P	O. Ed diab (Pierre du Chat)	55

Bassin de l'Isser	S0	O. Saf Saf (terni)	1145
	I2	O. Isser (aval Ouled Mimoun)	450
	I3	O. Isser (Sidi Abdelli)	300
	I4	O. Isser (Sidl Bouchta)	170
	I5	O. Isser (aval RemchI)	80
	S3	O. Sikkak (Hennaya)	245
	C0	O. Chouly (amont Tebbar)	850
	C1	O. Chouly (aval Tebbar)	800
	C2	O. Chouly (aval Ouled Mimoun)	535
	AT	O. Bou Hadi (Ouled Mimoun)	535
	S1	O. Saf Saf (El Ourit, amont)	800
	S4	O. Sikkak (Aïn youcef)	150
	S2	O. Sikkak (Chetouane)	550
Oued Côtiers	X	O. Ouidane (Honaine)	40
	Y	O. Sidna Youcha	20
	KA	O. Kouarda	4
	H	O. Rediou (Honaine)	20
	G	O. El Mersa (Ghazaouet)	7
	KS	O. Kiss (Marsa Ben Mihidi)	20

Tableau 4: Liste de quelques stations de prélèvements effectués par Lounaci *et al.* (2000 b) [Oued Sébaou, Grande Kabylie].

Code de la station	Altitude (m)
1	20
2	60
3	100
4	160
5	220
6	940
7	140
8	200
9	300
10	1300
11	380
12	480
13	810
14	920
15	1680
16	1680
17	1200
18	1480

Annexe 7: Caractères utilisés pour la taxonomie des espèces de simuliidae

1. Caractères imaginaux.

La systématique des adultes est difficile.

La forme des genitalia des mâles est hautement spécifique, mais il s'agit là d'un caractère d'observation délicate du fait de la petitesse de ces organes, qui nécessitent des dissections fines, des montages dans diverses positions et un examen minutieux.

Les genitalia des mâles et femelles offrent d'importants caractères taxonomiques de valeur spécifique.

Les autres caractères utilisables pour l'identification des adultes sont également fort peu spécifiques, et un ensemble de caractères est trop souvent commun à plusieurs espèces de femelles, qui sont ainsi morphologiquement indifférenciables les unes des autres.

Ces principaux caractères sont :

- des caractères de coloration du tégument et des écailles tégumentaires.
- l'étude des dimensions, des proportions relatives et de la coloration des différents articles des pattes, en particulier des basitarses.
- la présence ou l'absence de soies en arrière du premier stigmate thoracique.
- la présence ou l'absence de macrotriches sur la partie basale de la nervure radiale de l'aile.
- la forme des griffes tarsales.

2. Caractères nymphaux.

Le nombre, la forme, la disposition et le port des filaments branchiaux sont d'excellents caractères taxonomiques, qui permettent le plus souvent l'identification des espèces.

D'autres caractères moins spécifiques et accessoires sont constitués par le nombre, la forme et la disposition des crochets, soies et trichomes abdominaux, ainsi que par la forme et la structure du cocon.

Il est également possible d'identifier les nymphes avec certitude par extraction, dissection, montage et observation des genitalia des mâles.

3. Caractères larvaires.

L'identification des larves de simulies est relativement délicate, les caractères de bonne valeur taxonomique étant peu abondants et souvent communs à plusieurs espèces voisines, ou d'observation malaisée nécessitant le recours à la loupe à fort grossissement, voire à l'observation microscopique.

Les principaux caractères sont :

- L'ornementation fronto-clypéale de la capsule céphalique.
- La forme de l'échancrure ventrale de la capsule céphalique.
- Le nombre et la disposition des dents du processus « tp » des mandibules.
- Le nombre et la forme des dents ainsi que le nombre et la disposition des soies latérales de l'hypostome.
- Le nombre des soies de l'éventail prémandibulaire.
- Le nombre de rangées de crochets du pseudopode thoracique.
- La forme et la répartition des écailles du tégument abdominal.
- La présence ou l'absence de tubercules abdominaux dorsaux.
- La présence ou l'absence de papilles ventrales sur l'abdomen.
- La présence ou l'absence de sclérites accessoires à l'extrémité postérieure de l'abdomen.
- La forme du sclérite anal.
- La forme des branchies rectales.
- Le nombre de rangées de crochets de l'extrémité postérieure de l'abdomen.

Ces caractères s'appliquent essentiellement aux larves du dernier stade, reconnaissables par la présence des ébauches brunes des branchies nymphales sur les parois latérales du thorax. Un moyen d'identification sûr consiste d'ailleurs à extraire ces histoblastes et à les étaler pour déterminer les larves à partir de ce caractère nymphal beaucoup plus spécifique.

Annexe 8 (Suite): Répartition des Simuliidae dans les stations d'étude du bassin versant de la Seybouse. Ab: Abondance des espèces, Abr : Abondance relative par rapport à la faune totale (%), Oc : Occurrence, Ocr : Occurrence relative (%), Rs: richesse spécifique.

SCH	63	4	0	0	0	0	0	0	0	67	2
SDR	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1
HN1	489	106	12	0	0	0	0	0	0	607	3
HN2	555	8	4	0	0	0	0	0	0	567	3
Ab	23091	5483	1936	8	3	249	1	355	96	31221	
Abr	74	17,60	6,20	0,02	0,01	0,80	0,003	1,14	0,31		
Oc	29	25	16	1	1	2	1	7	1	83	
Ocr	34,94	30,12	19,28	1,20	1,20	2,41	1,20	8,43	1,20		

Annexe 9: Caractéristiques et valeurs moyennes des descripteurs abiotiques mesurés pour chacune des 31 stations étudiées dans le réseau hydrographique de la Seybouse (2011-2013).

Site	N°	Code	Altitude (m)	¹ Type de substrat	² Classe du substrat	³ Classe du couvert végétal du lit	Profondeur (cm)	Largeur (m)
O. Dahmane	1	DAH	747	gravier	3	3	10,8	7,71
O. M'gisba	2	MGI	751	galets	4	3	9,23	3,5
O. Krab	3	KRA	788	galets	4	3	23,6	18,9
O. El Nil	4	ENI	852	bloc	5	3	8,92	1,11
O. Charef, Debabcha	5	CDB	616	bloc	5	3	23,64	12
O. El Aare	6	ALA	610	galets	4	3	22,8	2,22
O. Ain Arko	7	ARK	799	limon/vasse	1	3	3,9	0,9
O. Cherf, Ain Makhoulf	8	CAM	592	galets	4	3	22,74	13,7
O. Chenior	9	CHE	612	bloc	5	2	26,2	2,3
O. Cherf, Medjez Amar	10	CMA	274	bloc	5	3	34,23	16,7
O. Bouhamdane, Medjez Amar	11	BMA	250	roches	6	2	45	14,62
O. Bouhamdane, Hammam Debagh	12	BHD	274	bloc	5	3	34,8	30,13
O. Bouhamdane, Mermoura	13	BMR	387	bloc	5	2	24,5	9
O. Bouhamdane, Bouhamdane	14	BBO	405	bloc	5	3	26,27	15,62
O. Sabate	15	SAB	532	galets	4	3	9,8	2,8
O. Bouhamdane, Oued Zenati	16	BOZ	623	bloc	5	3	21,12	9,21
O. Seybouse, El-Fedjoug	17	SFJ	224	bloc	5	3	26,4	25,5
O. Seybouse, Boumahra	18	SBM	166	bloc	5	3	32,7	22,9
O. Seybouse, Heliopolice	19	SHP	194	bloc	5	3	29,73	22,41
O. Seybouse, Zemzouma	20	SZZ	160	bloc	5	3	28,5	14,09
O. Zimba	21	ZIM	278	galets	4	1	15,34	3,63
O. Helia	22	HLI	139	galets	4	3	21,62	5,7
O. Bradâa	23	BRA	268	galets	4	1	18,2	2,43
O. Seybouse, Bouchegouf	24	SBC	90	bloc	5	3	32,6	19,3
O. Seybouse, Boudaroua	25	SBD	80	bloc	5	3	54,8	22,8
O. Seybouse, Oued Fragha	26	SOF	69	roches	6	3	73,73	24,3
O. Seybouse, Boukemouza	27	SBK	44	galets	4	3	42	16,54
O. Seybouse, Chihani	28	SCH	26	bloc	5	3	39,07	26,8
O. Seybouse, Dreân	29	SDR	14	galets	4	3	43,7	17,5
O. N'Bail Amont	30	HN1	496	bloc	5	3	12,33	2,16
O. N'Bail Aval	31	HN2	376	galets	4	2	11,7	2,33

Annexe 9 (suite): Valeurs moyennes des variables abiotiques mesurées pour chaque sites dans le réseau hydrographique de la Seybouse durant la période d'étude (2011-2013) (suite).

Site	N°	Code	Vitesse (m/s)	PH	Température (C°)	Oxygène dissous (mg. L-1)	Conductivité (µS cm-1)	Salinité (%)	TDS (mg L-1)
O. Dahmane	1	DAH	0,61	7,7	13,64	4,4	789,8	2	1997
O. M'gisba	2	MGI	0,3	7,81	13	2,92	1002,7	3,15	2670
O. Krab	3	KRA	0,74	7,74	13,54	4,94	821,2	0,5	537
O. El Nil	4	ENI	0,19	7,9	13,7	4,6	944,6	0,6	478
O. Charef, Debabcha	5	CDB	1	7,6	14,4	6,16	773,18	1,7	1440
O. El Aare	6	ALA	0,95	7,9	15,2	5,03	617,5	0,25	387
O. Ain Arko	7	ARK	0,21	7,61	16,3	2,32	1042,06	1,6	1614
O. Cherf, Ain Makhoulf	8	CAM	1,35	7,5	15,32	4,9	505,7	1,35	1020
O. Chenior	9	CHE	1,2	7,8	14,07	4,2	537	0,15	249
O. Cherf, Medjez Amar	10	CMA	1,3	7,4	12,6	5,28	1149,2	0,7	625
O. Bouhamdane, Medjez Amar	11	BMA	0,83	7,6	12,63	4,23	783,7	0,4	641
O. Bouhamdane, Hammam Debagh	12	BHD	1,39	7,72	11,23	4,61	650	0,3	396
O. Bouhamdane, Mermoura	13	BMR	0,73	7,72	13,43	4,5	816	0,4	286
O. Bouhamdane, Bouhamdane	14	BBO	1,13	7,7	13,63	4,43	822	0,3	249
O. Sabate	15	SAB	0,53	7,7	15	2,5	1189	0,6	534
O. Bouhamdane, Oued Zenati	16	BOZ	0,8	7,84	13,9	2,42	1532	0,8	756
O. Seybouse, El-Fedjouj	17	SFJ	1,9	7,6	15,7	ND	874	0,6	594
O. Seybouse, Boumahra	18	SBM	1,14	7,7	17,4	6,6	1328,7	0,6	566
O. Seybouse, Heliopolice	19	SHP	1,08	7,5	16,17	ND	708,5	0,6	577
O. Seybouse, Zemzouma	20	SZZ	1,1	7,5	15,8	ND	902	0,6	547
O. Zimba	21	ZIM	0,6	7,9	16,53	2,42	780,5	0,35	263
O. Helia	22	HLI	1	7,8	15,7	2,61	565,5	0,5	467
O. Bradâa	23	BRA	0,8	7,64	13,4	ND	623,5	0,4	326
O. Seybouse, Bouchegouf	24	SBC	1,3	7,84	13,8	ND	706	0,4	446
O. Seybouse, Boudaroua	25	SBD	0,7	7,61	14,2	ND	663	0,4	430
O. Seybouse, Oued Fragha	26	SOF	0,94	7,62	14,6	ND	724,5	0,4	441
O. Seybouse, Boukemouza	27	SBK	1,09	7,7	15	ND	865	0,4	412
O. Seybouse, Chihani	28	SCH	0,9	7,7	16,8	ND	314,5	0,4	390
O. Seybouse, Dreân	29	SDR	1,2	7,7	15,7	ND	323,5	0,4	372
O. N'Bail Amont	30	HN1	0,5	7,3	23,5	2,41	564	ND	ND
O. N'Bail Aval	31	HN2	0,8	7,4	23,5	2,61	ND	ND	ND

¹ (Substrat dominant): Limon/ Vasse, Sable, Gravier, Gallet, Bloc, Roches; ²: 1-6; ³: 1-3; **1**= Complet, **2**= Partiel, **3**= Absent; **ND**: données non disponibles.

Annexe 10: Répartition Géographique mondiale des similies du bassin versant de la Seybouse.

Espèce	Distribution mondiale
<i>U. faurei</i>	Maroc, Espagne, Algérie.
<i>M. blanci</i>	Maroc, France, Italie, République de Macédoine, Portugal, Roumanie, Serbie, Espagne, Tunisie, Algérie.
<i>S. velutinum</i> complexe	Iles Canaries, Algérie , Andorre, la Bosnie, la Grande-Bretagne, République de Chypre, République tchèque, Finlande, France, Allemagne, Grèce, Hongrie, Irlande, Palestine, Italie, Jordanie, Libye, Macédoine, Malte, Maroc, Norvège, Portugal, Roumanie, Serbie, Slovaquie, Slovénie, Espagne, Tunisie, Turquie, Ukraine.
<i>S. mellah</i>	Maroc, Algérie.
<i>S. lundstromi</i>	Grande-Bretagne, Algérie , Autriche, Biélorussie, Belgique, Bulgarie, Chine, République tchèque, Danemark, Estonie, Finlande, France, Allemagne, Hongrie, Irlande, Italie, Kazakhstan, Lettonie, Liban, Lituanie, Maroc, Pays-Bas, Norvège, Pologne, Portugal, Russie, Serbie, Slovaquie, Espagne, Suède, Suisse, Turquie, Ukraine.

<i>S. ruficorne</i>	Ile de la Réunion, Algérie , Angola, Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Iles Canaries, îles du Cap Vert, République centrafricaine, Tchad, Comores, République démocratique du Congo, Egypte, Erythrée, Ethiopie, Ghana, Guinée, la Guinée-Bissau, Iraq, Palestine, Côte-d'Ivoire, Jordanie, Kenya, Liban, Libéria, Libye, Madagascar, Madère, Malawi, Mali, Malte, République de Maurice, Maroc, le Mozambique, Namibie, Niger, Nigéria, Oman, Portugal, Arabie Saoudite, Sénégal, Sierra Leone, Somalie, Afrique du Sud, le Soudan du Sud, Espagne, Soudan, Syrie, Tanzanie , Togo, Tunisie, Ouganda, Yémen, Zambie, Zimbabwe.
<i>S. ornatum</i> complexe	Allemagne, Algérie , Andorre, Autriche, Biélorussie, Belgique, Bosnie, la Grande-Bretagne, Bulgarie, Chine, Croatie, République tchèque, Danemark, Estonie, Finlande, France, Grèce, la Hongrie, Irlande, Palestine, Italie, Jordanie, Kazakhstan, Lettonie, Liban, Liechtenstein, Lituanie, Luxembourg, Macédoine, Mongolie, Monténégro, Maroc, Pays-Bas, Norvège, Pologne, Portugal, Roumanie, Russie, la Serbie, la Sibérie, Slovaquie, Slovénie, Espagne, Suède, Suisse, Tunisie, Turquie, Ukraine, Ouzbékistan
<i>S. pseudequinum</i>	Îles Canaries, Algérie , Arménie, Autriche, Azerbaïdjan, Bosnie, Grande Bretagne, la Chine, République de Chypre, France, Grèce, la Géorgie, l'Inde, l'Iran, l'Irak, Palestine, Italie, la Jordanie, le Kazakhstan, le Kirghizistan, le Liban, la Libye, la Macédoine, Maroc, Pakistan, Portugal, Roumanie, Russie, Serbie, Slovaquie, Slovénie, Espagne, Tadjikistan, Tunisie, Turquie, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan, République tchèque.

