Contribution à l'étude faunistique et écologique des simulies (Diptera : Simuliidae) du Maroc

IV. Les simulies du Haut Atlas. Description d'une nouvelle espèce

J. Giudicelli¹

A. Bouzidi²

N. Ait Abdelaali³

Mots clés : Diptera, Simuliidae, Haut Atlas, Maroc, espèce nouvelle, eaux courantes, biogéographie, écologie, zonation.

Des simulies ont été récoltées entre 1985 et 1991 dans les principaux réseaux hydrographiques du Haut Atlas. Les stades préimaginaux des simulies représentent un élément important de la faune benthique de ces cours d'eau. Des larves et des nymphes ont été récoltées dans 54 stations (entre 450 m et 3800 m d'altitude) qui regroupent une grande variété d'eaux courantes, depuis les ruisselets jusqu'aux grandes rivières.

La communauté des simulies du Haut Atlas compte 24 espèces ; six sont nouvelles pour la science. Cinq espèces ont été décrites précédemment. La description de *Simulium (Eusimulium) mellah* Giudicelli & Bouzidi n. sp. est donnée dans le présent travail.

Le nombre d'espèces de simulies connues actuellement du Haut Atlas est remarquablement élevé, comparé à celui d'autres régions d'Europe et du bassin méditerranéen ; à l'inverse, on note une relative pauvreté en espèces dans les autres groupes d'invertébrés vivant dans les eaux courantes de ce massif.

Beaucoup d'espèces sont communes avec la faune des simulies de l'Europe occidentale et surtout de l'Europe méditerranéenne. La faune des simulies du Haut Atlas est nettement paléarctique, dominée par des éléments à distribution ouest-méditerranéenne et circumméditerranéenne ; elle comprend aussi quelques éléments africains. Quatre espèces sont endémiques, cantonnées dans les torrents et les sources de haute altitude.

Des informations sur la biogéographie, l'écologie et la répartition des espèces sont fournies.

Les affinités et les relations écologiques entre 23 espèces et 50 stations ont été déterminées par une analyse factorielle des correspondances. Cinq groupements d'espèces et de stations ont été reconnus : un premier groupement caractérise les cours d'eau froids (torrents et sources) aux altitudes supérieures (entre 2660 et 3200 m) ; les deuxième et troisième groupements correspondent au crénal et aux secteurs initiaux du rhithral (entre 1600 et 2700 m) et à une communauté d'espèces sténothermes d'eau froide ; le quatrième groupement réunit les espèces eurythermes à large répartition dans les réseaux hydrographiques et il correspond aux rivières de montagne (hypo-métarhithral) entre 1200 et 2600 m d'altitude ; le cinquième groupement contient les espèces thermophiles et potamophiles qui habitent le cours inférieur des rivières (entre 600 et 1600 m).

Une analyse factorielle des correspondances a été réalisée sur des prélèvements mensuels d'invertébrés récoltés de déc. 1985 à déc. 1986 dans les différents microhabitats, définis par la combinaison courant-substrat, de deux secteurs épipotamiques. Le premier axe factoriel (F1) représente une échelle de vitesse de courant. Les stades aquatiques des 7 espèces de Simulies présentes se disposent le long de cet axe en fonction de leur rhéopréférendum.

1. Laboratoire d'Ecologie des Eaux Continentales Méditerranéennes, Faculté des Sciences de Saint-Jérôme, 13397 Marseille cedex 20, France.

2. Département de Biologie Appliquée, Faculté des Sciences et Techniques, Université Hassan I, BP 577, Settat, Maroc.

3. Laboratoire d'Hydrobiologie, Faculté des Sciences, Université Cadi Ayyad, B.P. 515, Marrakech, Maroc.

Contribution to the faunistic and ecological study of the blackflies (Diptera: Simuliidae) of Morocco
IV. The blackflies of the High Atlas mountain range. Description of a new species

Keywords : Diptera, Simuliidae, High Atlas, Morocco, new species, running waters, biogeography, ecology, zonation.

Blackflies have been collected along the main river systems of the High Atlas range between 1985 and 1991. Immature instars of Simuliidae were important members of the benthic fauna in these streams. Larvae and pupae were collected from 54 sampling stations (between 450 and 3800 m a.s.l.) which included a great diversity of running waters from trickles to rather large rivers.

The blackfly community consists of 24 species ; six species are new to science. Five species were previously described. A complete description of *Simulium (Eusimulium) mellah* Giudicelli & Bouzidi sp. n. is given in the present paper.

The number of blackfly species presently recorded from High Atlas is remarkably high in comparison to several European and Mediterranean countries ; conversely, a relative scarcity of species has been observed for the other faunal groups inhabiting the High Atlas running waters.

Many species are shared with the blackfly fauna of western Europe and most of Mediterranean Europe. The blackfly fauna of High Atlas clearly appears palearctic, dominated by elements of west-mediterranean and circummediterranean distribution ; it also includes some african ones. Four species are endemic ; they live in high-altitude torrential streams and springs.

Information on the biogeography, ecology and distribution of the species are given.

Ecological affinities and relations between the 50 stations and 23 selected species have been determined by means of a Correspondance Analysis. Five clusters of species and stations have been recognized : a first cluster characterizes the cold-water torrential streams and spring brooks at the highest altitudes (2660 to 3200 m a.s.l.) ; the 2nd and 3rd clusters correspond to the crenal and the initial sectors of the rhithral (between 1600 and 2700 m a.s.l.) and to a community of cold-stenothermous species ; the 4th cluster is a community of eurythermic widely distributed species corresponding to mountain rivers (hypo-métarhithral) between 1200 and 2600 m a.s.l. ; the 5th cluster includes the thermophilous and potamophilous species and their habitat which is related to the lower course of the rivers (between 600 and 1600 m a.s.l.).

A factorial correspondances analysis was carried out on samples of invertebrates, collected monthly from dec. 1985 to dec. 1986, in various microhabitats (defined by current velocity and substratum) of two epipotamic river stretches. The first factorial axis (F1) represent a current velocity scale. The immature stages of 7 blackfly species are arranged on this axis in a defined order in terms of their rheopreferendum.

1. Introduction

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 Diptères sont rarement pris en compte dans les études hydrobiologiques. Les difficultés de détermination de leurs stades aquatiques expliquent, en grande partie, cette situation. Il existe quelques travaux où le peuplement simulidien a été déterminé jusqu'à l'espèce et intégré, au même titre que les autres groupes taxonomiques, dans l'analyse des écosystèmes lotiques ; citons Giudicelli (1968) à propos des cours d'eau de Corse, Krno (1982) dans une étude sur les cours d'eau des Tatras de Tchékoslovaquie, Vinçon (1987) dans une étude sur les peuplements de deux réseaux hydrographiques des Pyrénées.

Dans une étude hydrobiologique concernant les principaux réseaux hydrographiques du Haut Atlas nous avons pris en compte les Diptères Simuliidés, non seulement parce qu'ils ont été récoltés dans tous les cours d'eau et à toutes les altitudes, mais surtout à cause de leur diversité taxonomique élevée (24 espèces).

La richesse taxonomique du peuplement simulidien du Haut Atlas est remarquable, comparée à celle des autres groupes d'invertébrés. Elle est identique à celle des Trichoptères, supérieure à celle des Ephéméroptères et des Plécoptères. Dans les réseaux des autres régions naturelles de la zone paléarctique la faune des Simulies est comparativement moins riche et les autres groupes taxonomiques présentent une diversité bien supérieure à celle des Simulies.

Le tableau 1 montre la richesse spécifique de la faune des Simulies, comparée à celle des autres groupes d'invertébrés, dans différents cours d'eau du bassin de la Méditerranée occidentale.

On doit à Grenier (1953) le premier inventaire des Simulies d'Afrique du Nord.

Dans la *Limnofauna Europaea*, H.Zwick (1978) relevait, dans la zone X qui correspond à l'Afrique du Nord, 13 espèces dont la présence est certaine et 16 espèces dont la présence est probable.

En Tunisie, 18 espèces sont connues (Boumaiza & Clergue-Gazeau 1986). Les Simulies d'Algérie ont fait l'objet de deux courtes notes (Edwards 1923, Parrot 1949) ; plus récemment, Gagneur & Clergue-Gazeau

Tableau 1. Comparaison de la richesse spécifique des Simuliidae et des principaux groupes d'invertébrés dans les cours d'eau du Haut Atlas, du Moyen Atlas et de deux vallées des Pyrénées françaises.

Table 1. Comparison of specific richness of Simuliidae and main invertebrate groups in the streams of High Atlas, Middle Atlas and two valleys of the French Pyrenees.

	Ephémères	Plécoptères	Trichoptères	Coléoptères Elmidae	Diptères Simuliidae	Total
Vallée d'Ossau (Pyrénées)	30	54	55	11	23	173
Neste d'Aure (Pyrénées)	26	56	111	14	31	238
Moyen Atlas (Maroc)	25	10	46	12	8	101
Haut Atlas (Maroc)	21	12	34	6	24	97

(1988) ont recensé 20 espèces dans les cours d'eau du nord-ouest de l'Algérie.

Les récoltes de Simulies au Maroc sont restées limitées dans l'espace et dans le temps. Elles ont donné matière à des publications épisodiques consacrées surtout à des descriptions d'espèces nouvelles. Les plus anciennes sont celles de Grenier et al. (1957), Bernard et al (1972).

Dans les travaux plus récents :

- Bailly-Choumara & Beaucournu-Saguez (1978, 1981) ont publié les résultats de leurs prospections dans le Rif (67 stations réparties entre 0 et 2000 m d'altitude), puis dans le Haut Atlas (99 stations entre 0 et 3800 m). Ainsi, 15 espèces ont été recensées dans le Rif et 18 dans le Haut Atlas. Elles ont apporté des nouveautés faunistiques (description de 5 espèces nouvelles) et fourni des informations sur l'écologie de certaines espèces.

- Dakki (1979) mentionnait la présence de 8 espèces dans le réseau supérieur de l'oued Sebou (Moyen Atlas)

- Giudicelli & Dakki (1984), à la suite de récoltes dans les ruisseaux de source du Rif, signalaient pour la première fois la présence au Maroc du sous-genre *Obuchovia* et de *Simulium lamachi*.

- Beaucournu-Saguez & Braverman (1987) ont signalé la présence au Maroc de *Grenieria fabri*, sans aucune précision sur la localité de récolte.

- Nos récoltes dans le Haut Atlas, de 1985 à 1991, ont permis de recenser dans les cours d'eau de ce massif 24 espèces, dont six nouvelles pour la science. Cinq de ces espèces nouvelles ont été décrites entre 1985 et

1989 ; la sixième est décrite dans le présent travail. Deux espèces sont signalées pour la première fois en Afrique du Nord.

- Le dernier bilan sur la faune des Simulies d'Afrique du Nord (Clergue-Gazeau et al. 1991), qui intègre nos résultats mentionnés dans la thèse non publiée de A. Bouzidi (1989), fait état de 29 espèces au Maroc.

Le matériel que nous avons récolté dans le Haut Atlas, constitué de larves et de pupes, provient de prélèvements de faune benthique réalisés au filet de type Surber (surface échantillonnée: 0,1 m²). Des imagos ont été obtenues par élevages de pupes ; elles nous ont permis de confirmer les déterminations des stades aquatiques.

2. Inventaire des stations prospectées

Nous avons prélevé la faune benthique dans une soixantaine de stations dont 54 hébergeaient des larves et pupes de Simulies. Ces stations sont réparties sur les principaux réseaux hydrographiques des deux versants du Haut Atlas (Fig. 1, 2). Dans le Haut Atlas, les cours d'eau s'appellent soit «oued» (nom arabe), soit «assif» (nom berbère).

2.1. Stations situées sur le versant nord

— Réseau hydrographique de l'oued Réghaya

- 1. assif Ait Mizane, ruisseau formé par les eaux de fonte de névés; 3800 m.

- 2. l'oued Reghaya; au niveau du refuge Neltner; 3200 m.

Fig. 1. Cartes des réseaux hydrographiques du Haut Atlas et localisation des stations de prélèvements des Simulies.

Fig. 1. Map showing the river systems of High Atlas and the sites at which Simuliidae were collected.

- 3. l'oued Reghaya; au niveau de Sidi Chamharouch; 2300 m.
- 4. l'oued Reghaya; au niveau d'Imlil; 1740 m.
- 5. l'oued Reghaya; au niveau d'Aguersioual; 1550 m.
- 6. l'oued Reghaya; au niveau de Moulay Brahim; 1200 m
- 7. l'oued Reghaya; en amont de Tahanaout; 890 m.
- 8. ruisseau émissaire de source débouchant dans l'oued Reghaya en amont d'Imlil; 1750 m.
- 9. ruisseau émissaire de source débouchant dans l'assif M'zik, affluent de l'oued Reghaya; 1850 m.

— Réseau de l'oued N'fis.

- 10. ruisseau émissaire de source débouchant dans l'assif N'Ouarzane, affluent de l'oued N'fis; 3000 m.

- 11. ruisseau émissaire de source formant le début de l'assif N'Ouarzane; 3000 m.

- 12. l'assif N'Ouarzane, en aval des cascades d'Irhoulidene; 2800 m.

- 13. ruisseau affluent en rive droite de l'assif N'Ouarzane; 2400 m.

- 14. l'oued N'fis, en amont d'Ijoukak; 1600 m.

- 15. l'oued N'fis, en amont de Wirgane; 1200 m.

- 16. l'oued N'fis; 980 m.

- 17. l'oued N'fis, en amont de la retenue de Lalla Takerkoust; 660 m.

— Réseau de l'oued Ourika.

- 18. ruisseau de Tinzart (émissaire de source); 2850 m.

- 19. ruisseau de Tifni (émissaire de source); 2780 m.

Figs. 2, 3. Cartes des réseaux hydrographiques de l'oued Ourika et de l'oued Reghaya et localisation des stations de prélèvements des Simulies.
 Figs 2, 3. Maps showing the Ourika wadi and the Reghaya wadi networks and the sites at which Simuliidae were collected.

• 20. ruisseau de Likemt (émissaire de source); 2670 m.

(ces trois ruisseaux forment le secteur initial de l'Ourika)

• 21. ruisseau de Tougroudadene (émissaire de source) débouchant dans l'oued Ourika en amont de Setti Fatma; 2660 m.

• 22. assif Oukaïmeden, au niveau de la station de ski; 2600 m.

• 23. source hélocrène au niveau du cirque d'Oukaïmeden; 2660 m.

• 24. assif Tiferguine, affluent en rive droite de l'assif Oukaïmeden; 2500 m.

• 25. assif Oukaïmeden; 2450 m.

• 26. ruisseau émissaire de source débouchant dans l'assif Oukaïmeden; 1740 m.

• 27. complexe rhéocrène formé par des émissaires de source débouchant dans l'assif Oukaïmeden; 1730 m.

• 28. affluent temporaire en rive gauche de l'assif Oukaïmeden; 1630 m.

• 29. affluent temporaire en rive gauche de l'assif Oukaïmeden; 1360 m.

• 30. affluent temporaire en rive droite de l'assif Oukaïmeden; 1260 m.

- 31. affluent en rive droite de l'assif Oukaïmeden; 1300 m

- 32. assif Tarzaza (appellation de l'assif Oukaïmeden dans sa partie inférieure), secteur temporaire; 1200 m.

- 33. assif Tarzaza; 1000 m.

- 34. cours inférieur de l'oued Ourika, en amont de Souk Etnin; 850 m.

— Réseau de l'oued Rdat

- 35. l'oued Rdat en amont de Taddert; 1850 m.

- 36. affluent temporaire en rive gauche de l'oued Rdat; 1400 m.

- 37. l'oued Rdat; 1600 m.

- 38. l'oued Rdat; 1230 m.

— L'oued Tensift

- 39. l'oued Tensift entre 600 et 700 m d'altitude. (Trois stations ont été regroupées en une à cause de leur peuplement simulidien identique).

- 40. trois ruisseaux de khetarras (système d'irrigation drainant par gravité l'eau de la nappe phréatique de la plaine de Marrakech); 450 - 600 m.

— Réseau de l'oued Tessaout

- 41. l'oued Tessaout au niveau d'Ait Tamli; 1620 m.

- 42. l'oued Lakdar en aval de la retenue de Sidi Driss; 1030 m.

2.2. Stations situées sur le versant sud.

— Réseau de l'oued Draa

- 43. ruisseau émissaire de source formant le début de l'assif Imini; 2090 m.

- 44. l'assif Imini; 1560 m.

- 45. l'oued Ounila; 1820 m.

- 46. ruisseau affluent en rive gauche de l'oued Ounila; 1820 m.

- 47. l'oued Ounila au niveau de Timlilt; 1600 m.

- 48. l'oued Mellah au niveau d'Anghessa; 1400 m.

- 49. l'oued Dadès en amont des gorges; 1630 m.

- 50. l'oued Dadès au niveau de Boumalne; 1530 m.

- 51. l'oued Dadès au niveau de Sidi Flah; 1100 m.

- 52. l'oued M'goun; 1530 m.

- 53. l'oued M'goun en aval de Kelaa; 1370 m.

- 54. ruisseau émissaire de source débouchant dans un affluent de l'oued Souss; 2350 m.

Remarque : les stations prospectées ne subissent aucun impact de rejets polluants.

3. Inventaire du peuplement simulidien du Haut Atlas

Liste des espèces

Metacnephia blanci (Grenier & Théodorides, 1953)

Prosimulium (*Prosimulium*) *latimucro* (Enderlein, 1925)

Simulium (*Eusimulium*) *petricolum* (Rivosecchi, 1953)

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

S. (E.) mellah n. sp.

Simulium (*Nevermannia*) *ibleum* (Rivosecchi, 1966)

S. (N.) brevidens (Rubzov, 1956)

S. (N.) costatum Friederichs, 1920

S. (N.) cryophilum (Rubzov, 1959)

S. (N.) latigonium (Rubzov, 1956)

S. (N.) ruficorne Macquart, 1838

S. (N.) toubkal Bouzidi & Giudicelli, 1986

Simulium (*Rubzovia*) *knidirii* Giudicelli & Thiéry, 1985

S. (R.) lamachi Doby & David, 1960

Simulium (*Obuchovia*) *marocanum* Bouzidi & Giudicelli, 1987

Simulium (*Simulium*) *atlasicum* Giudicelli & Bouzidi, 1989

S. (S.) berberum Giudicelli & Bouzidi 1989

S. (S.) intermedium Roubaud, 1906

S. (S.) ornatum Meigen, 1818

S. (S.) variegatum Meigen, 1818

S. (S.) xanthinum Edwards, 1933 (= *S. gaudi* Grenier & Faure, 1957)

Simulium (*Tetisimulium*) *bezzii* (Corti, 1914)

Simulium (*Wilhelmia*) *pseudequinum* Séguy, 1921

S. (W.) sergenti Edwards, 1923

Sur les 29 espèces présentes au Maroc, 5 n'ont pas été récoltées dans le Haut Atlas ; ce sont *Prosimulium* (*Prosimulium*) *laamii* Beaucournu-Saguez & Bailly-Choumara, *Prosimulium* (*P.*) *faurei* Bernard, Grenier & Bailly-Choumara, *Simulium* (*Eusimulium*) *angustipes* Edwards (= *S. latizonum* Rubzov), *S. (Crosskeyellum)* *gracilipes* Edwards, *S. (Wilhelmia)* *quadrifila* Grenier, Faure & Laurent citées par Bailly-Choumara & Beaucournu-Saguez (1978, 1981). Il s'agit d'espèces cantonnées dans les régions septentrionales du Maroc (massifs du Rif et du Moyen Atlas, Méséta côtière). Elles ont pour habitat des cours d'eau chauds de basse altitude et leur aire est limitée à la région occidentale du bassin méditerranéen (Afrique du Nord, sud de l'Espagne, Sicile).

Dans le matériel que nous avons récolté, six espèces se sont révélées être nouvelles pour la science. Parmi elles quatre sont, jusqu'à présent, endémiques de ce massif : *S. knidirii*, *S. toubkal*, *S. atlasicum*, *S. berberum*; elles repré-

sentent les formes les plus sténothermes et les plus alticoles du peuplement simuliidien de ce massif. Les deux autres espèces (*S. marocanum*, *S.(E.) mellah* n. sp.) ont été trouvées aussi en Algérie (récoltes J. Gagneur et J. Giudicelli).

Deux espèces, *S. petricolum* Rivosecchi, *S. brevidens* Rubzov sont citées pour la première fois en Afrique du Nord.

4. Description de *Simulium mellah* Giudicelli & Bouzidi n. sp.

Matériel examiné

L'holotype ♂ et les paratypes sont extraits de pupes mûres. Holotype, 10 paratypes, 20 pupes, 15 larves, Maroc : oued Mellah, affluent de l'oued Ouarzazate (réseau de l'oued Draa), alt. 1400 m, en amont du village d'Anghessa, 16.II.1986.

2 paratypes ♂, 10 pupes, 20 larves, Maroc : même localité, 8.VII 1985.

5 paratypes ♂, 15 pupes, 20 larves, Algérie : oued Chiha el Ababda, 480 m, affluent de l'oued Tafna, entre les localités de Sebra et Maghnia (wilaya de Tlemcen), 24.III.1988.

Tous les spécimens sont conservés dans l'alcool.

L'holotype, les paratypes et les paedotypes sont déposés dans la collection de J. Giudicelli (Marseille).

La nouvelle espèce appartient au sous-genre *Eusimulium* Roubaud, 1906 et au groupe de *Eusimulium aureum* Fries.

Dans la description, les caractères que partage la nouvelle espèce avec les espèces du groupe *aureum* ne sont pas mentionnés.

Mâle

Gonopodes (Fig. 4) très semblables à ceux de *S. velutinum*. Plaque ventrale (Fig. 5, 6) : bras très écartés, fortement sclérifiés et pigmentés, les deux bras forment un angle très ouvert ; partie médiane étroite et pointue, en forme de triangle isocèle à bords rectilignes, pourvue latéralement et dorsalement de très nombreuses soies.

Pupe

Longueur du corps : 2,8-3,5 mm ; longueur du cocon : 4,6-5,2 mm. Cocon (Fig. 9, 10) en forme de chaussure, talon court, couleur jaune clair, tissage fin et serré, plus lâche près de l'ouverture, bord antérieur renforcé par un mince bourrelet. Appareil respiratoire (Fig. 9, 11) constitué de 4 filaments disposés en deux paires issues chacune d'un tronc basal très court ; filament supérieur présentant une forte courbure dans sa

partie proximale. Soies et crochets abdominaux disposés comme dans le sous-genre *Eusimulium*.

Larve mûre

Longueur du corps : 5,2-6,4 mm. Couleur du corps gris noir. Capsule céphalique brun sombre ; fronto-clypeus (Fig. 12) présentant une grande tache centrale plus sombre sur un fond brun. Echancrure ventrale (Fig. 13) petite, bord antérieur légèrement arrondi. Submentum (Fig. 14) : bord antérieur sinueux, garni de 9 dents ; la dent médiane et les deux dents latérales sont plus développées ; bord latéraux présentant 5 ou 6 dents ; deux rangées latérales de 5 soies (3 grandes et 2 petites), la soie antérieure se terminant en pinceau. Eventail prémandibulaire : 40-49 baguettes ; disque postérieur formé de 62 à 65 rangées de 8 à 10 crochets.

Affinités taxonomiques

Simulium mellah se situe parmi les espèces du groupe *aureum* ; l'espèce la plus proche est *Simulium velutinum* (Santos Abreu). Les caractères distinctifs les plus nets sont les suivants :

- au niveau des genitalia mâles, les gonopodes sont identiques à ceux de *S. velutinum* ; par contre, la plaque ventrale de *S. mellah*, avec ses bras très écartés et sa partie médiane étroite, est bien caractéristique de l'espèce ;
- la forme en chaussure du cocon est unique dans le groupe *aureum* ;
- le filament supérieur de l'appareil respiratoire de la nymphe se courbe en arc de cercle dans sa partie basale ; chez *S. velutinum* la pliure fait un angle net ;
- la coloration sombre des larves et la pigmentation du fronto-clypeus différencient les larves de *S. mellah* de celles des autres espèces du groupe qui sont de coloration jaune clair.

Notes écologiques

Les deux cours d'eau où la nouvelle espèce a été récoltée sont caractérisés par des eaux très minéralisées et riches en sel (*mellah* signifie sel, en arabe). Les données hydrochimiques dont nous disposons pour la station de l'oued Mellah sont significatives :

- conductivité : 9000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$;
- chlorures : 2662 mg.l^{-1} ;
- bicarbonates : 560 mg.l^{-1} ;
- température de l'eau (le 8.VII.1985) : 28 °C.

Une espèce du même groupe *aureum*, *S.(E.) salinum* (Rubzov), a été trouvée en Sibérie, dans le même type d'habitat, avec des teneurs en sel de 150-200 mg.l^{-1} (Rubzov 1956).

Figs. 4-8. Genitalia mâles de *Simulium mellah* n.sp. et *S. velutinum* (spécimen de l'oued Tensift, 600 m d'altitude). 4-6, *S. mellah* : 4, gonocoxite et gonostyle ; 5 et 6, plaque ventrale, vue ventrale et vue dorsale. 7 et 8, *S. velutinum* : plaque ventrale, vue ventrale et vue dorsale.

Figs. 4-8. Male genitalia of *Simulium mellah* sp.n. and *S. velutinum* (specimen from oued Tensift, 600 m a.s.l.). 4-6, *S. mellah* : coxite and style ; 5 and 6, ventral plate ventral view and dorsal view. 7 and 8, *S. velutinum* : ventral plate, ventral view and dorsal view.

Figs. 9-11. Pupa de *Simulium mellah* n.sp.. 9 et 10 : cocon, vue latérale et vue dorsale ; 11 : filaments respiratoires.

Figs. 9-11. Pupa of *Simulium mellah* sp. n.. 9 and 10 : cocoon, lateral view and dorsal view. 11 : pupal gills.

5. Biogéographie du peuplement

La faune des Simulies du Haut Atlas, comme celles des autres groupes d'invertébrés d'eau courante, est fondamentalement d'origine paléarctique. Boumaiza & Clergue-Gazeau (1986), Gagneur & Clergue-Gazeau (1988) ont fait la même remarque à propos des Simulies de Tunisie et de l'ouest algérien.

Les espèces à large distribution européenne et s'étendant sur la région paléarctique occidentale sont les plus nombreuses.

Dans cette catégorie on trouve:

- *Prosimulium latimucro*, espèce à distribution boréo-alpine.

- *Simulium petricolum*. Son aire de distribution couvre l'Europe occidentale, les Balkans, l'Europe

méditerranéenne (Italie, sud-est de la France, Corse, Pyrénées, Espagne). Sa présence dans le Haut Atlas (deux ruisselets de source) constitue la première citation de l'espèce en Afrique du nord.

- *Simulium cryophilum*. Espèce à vaste répartition paléarctique, bien représentée dans la région méditerranéenne et en Afrique du Nord.

- *Simulium costatum*. Cette similie à vaste répartition européenne est considérée comme rare en Europe méridionale (Rivosecchi 1978). Absente en Tunisie, elle a été signalée par Grenier et al (1957) dans quelques stations du Moyen Atlas et du Rif, puis par Bailly-Choumara & Beaucournu-Saguez (1981) dans trois stations du Haut Atlas; dans l'ouest algérien elle a été mentionnée dans deux stations (Gagneur & Clergue-Gazeau 1988).

Figs. 12-15. Larve de *Simulium mellah* n.sp.. 12 : pigmentation du fronto-clypeus. 13 : capsule céphalique en vue ventrale montrant l'échancrure ventrale. 14 : submentum. 15 : extrémité de la mandibule.

Figs. 12-15. Larva of *Simulium mellah* sp. n.. 12 : dorsal head pattern. 13 : head ventral, showing postgenal cleft. 14 : hypostomium. 15 : tip of mandible.

- *Simulium brevidens*. Espèce connue surtout d'Europe orientale, sa présence dans trois de nos stations du Haut Atlas constitue la première citation pour l'Afrique du Nord.

- *Simulium latigonium*. Espèce euro-méditerranéenne, elle n'est connue, dans la partie méridionale de son aire, que de quelques rares stations en Italie (Rivosecchi 1978), dans les Pyrénées (Vinçon & Clergue-Gazeau 1988) et en Espagne (Beaucournu-Saguez 1975). En Afrique du Nord elle a été trouvée pour la première fois en Algérie (Gagneur & Clergue-Gazeau 1988). Dans nos récoltes elle ne figure que dans une seule station.

- *Simulium variegatum*. Elle est très commune dans les cours d'eau de montagne et de piémont de toute la zone paléarctique. Elle est assez rare en Afrique du Nord où elle n'a été trouvée que dans le haut Rif et sur le versant nord du Haut Atlas (Bailly-Choumara & Beaucournu-Saguez 1978, 1981).

- *Simulium atlasicum*, *S. berberum*. Ces deux endémiques du Haut Atlas font partie du groupe *monticola* représenté en Europe occidentale par quatre espèces sténothermes et montagnardes (*S. argyreatum*, *S. monticola*, *S. maximum*, *S. sicana*). Compte tenu de l'écologie des espèces du groupe, on comprend qu'elles se

cantonner, en Afrique du Nord, dans les plus hauts massifs : Haut Atlas marocain et Grande Kabylie (présence de *Simulium* gr. *monticola* selon Gagneur & Clergue-Gazeau 1988).

Il est intéressant de noter que ces deux endémiques montrent les affinités les plus étroites avec *Simulium niha* Giudicelli & Dia, endémique du Liban.

Neuf espèces confèrent au peuplement simulidien du Haut Atlas un caractère méditerranéen; ce sont des formes eurythermes ou thermophiles.

Parmi elles se trouvent trois espèces circumméditerranéennes :

- *Simulium bezzii*, espèce très commune sur tout le bassin méditerranéen, depuis le Maroc jusqu'au Liban.

- *Simulium velutinum*, dont l'aire s'étend sur l'Europe méditerranéenne et qui est très fréquente et abondante dans les cours d'eau d'Afrique du Nord.

- *Simulium pseudequinum*, qui occupe la frange méridionale de la zone paléarctique, depuis les Iles Canaries jusqu'à l'ouest de la Russie, en passant par l'Afrique du Nord, l'Espagne, le sud de la France, l'Italie, les Balkans, la Lybie, Israël, le Liban, le Pakistan.

Six espèces : *Metacnephia blanci*, *S. ibleum*, *S. toubkal*, *S. xanthinum*, *S. marocanum*, *S. sergenti* sont cantonnées dans la partie occidentale du bassin méditerranéen.

Metacnephia blanci est l'exemple type de cette distribution. Décrite sur des exemplaires provenant du Haut Atlas (Grenier & Theodorides 1953), elle a été récoltée ultérieurement dans le Rif et dans divers cours d'eau du Haut Atlas (Bailly-Choumara & Beaucournu-Saguez 1978, 1981). Elle se trouve aussi en Tunisie (Boumaiza & Clergue-Gazeau 1986). Hors du Maghreb elle est rare puisqu'elle n'a été mentionnée que dans quelques stations en Espagne (Beaucournu-Saguez 1975), dans le midi méditerranéen français (Dorier 1963), en Sicile et dans les Balkans (Rivosecchi 1978).

S. toubkal est une endémique du Haut Atlas mais elle présente les plus grandes affinités taxonomiques avec *S. rivosecchii*, endémique de Sardaigne.

S. marocanum, décrite comme endémique marocaine (Bouzidi & Giudicelli 1987), a été trouvée depuis dans l'ouest algérien (Gagneur & Clergue-Gazeau 1988). Elle constitue, avec *S. galloprovincialis* Giudicelli (sud-est de la France, Corse, Italie) et *S. ibericum* Crosskey & Santos Gracio, endémique ibérique, une lignée ouest-méditerranéenne du sous-genre *Obuchovia*.

S. ibleum fait aussi partie de l'élément méditerranéen, son aire de distribution couvrant la partie méridionale du bassin (Sicile, Afrique du Nord, Lybie, Liban).

Trois espèces constituent l'élément le plus original de la faune des simulies du Haut Atlas car elles appartiennent ou se rattachent à des lignées éthiopiennes. Ce sont *S. ruficorne*, *S. lamachi*, *S. knidirii*.

L'aire de répartition de *S. ruficorne* couvre tout le continent africain, Madagascar, la Réunion, la plupart des régions méridionales du bassin méditerranéen: Maghreb, Egypte, Moyen Orient (Crosskey 1969). Le sud de la péninsule ibérique marque la limite septentrionale de la distribution de l'espèce (Beaucournu-Saguez 1972b). Elle a été trouvée aussi aux Iles Canaries (Crosskey 1988) et dans la péninsule arabique où elle monte jusqu'à 2500 m d'altitude (Crosskey & Buttiker 1982). Au Maroc elle a été signalée d'abord dans les oasis sahariennes (Grenier et al 1957), puis dans le Rif et le Haut Atlas (Bailly-Choumara & Beaucournu-Saguez 1978, 1981).

Le sous-genre *Rubzovia* Petrova 1983 est remarquable par sa rareté (il n'est connu que de quelques stations isolées), par sa distribution géographique très fragmentée, par la nature particulière de l'habitat de ses stades aquatiques (ruisselets de source à très faible débit, coulant en une mince lame d'eau). Actuellement il réunit trois espèces.

L'espèce-type, *S. lamachi*, a été décrite d'une station dans les Pyrénées-Orientales à 700 m d'altitude, puis a été trouvée dans le sud du Massif Central à 690 m, (Beaucournu-Saguez 1972a) et dans les Alpes françaises à 1000 m et à 1600 m (Bernard et al. 1974). En Afrique du Nord, elle n'est connue qu'au Maroc, dans une source du Rif à 1600 m (Giudicelli & Dakki 1984) et une source dans la vallée de l'oued Reghaya (Haut Atlas) à 1750 m. Récemment, Clergue-Gazeau & Vinçon (1990) l'ont signalée dans une source du sud de l'Espagne.

S. knidirii n'est connue que du Haut Atlas. Décrite par Giudicelli & Thiéry (1985) d'une petite source à 2660 m d'altitude, nous l'avons récoltée ultérieurement dans huit autres stations du crénal dans le Haut Atlas central entre 1400 et 3000 m.

La troisième espèce, *S. (R.) vantshi* Petrova, a été découverte en Asie centrale, dans le massif du Pamir à 3300 m d'altitude.

Petrova (1983) a souligné les affinités taxonomiques de *Rubzovia* avec certaines espèces de *Simulium* d'Afrique tropicale: celles du sous-genre *Pomeroyellum* Rubzov 1962 et celles du groupe de *S. griseicollae*

(sous-genre *Byssodon* Enderlein 1925). Elle pense que la distribution actuelle de *Rubzovia*, distribution paléarctique excluant la plus grande partie du massif alpin, les Carpathes et le Caucase, peut s'expliquer par la pénétration d'une forme ancestrale très ancienne depuis le continent africain jusqu'en Europe en passant par le Maroc (il s'agit de la lignée occidentale de *la-machi-knidirii*) et jusqu'en Asie à travers les montagnes de l'Asie Mineure (il s'agit de la lignée orientale de *vantshi*).

6. Ecologie des espèces

Cinq espèces forment le fond du peuplement simuli-dien du Haut Atlas car elles ont une fréquence supérieure à 40% et, de plus, elles constituent les populations larvaires les plus denses dans les secteurs de cours d'eau correspondant à leur optimum écologique. Ce sont *S. bezzii*, *S. velutinum*, *S. intermedium*, *S. pseudequinum*, *M. blanci*, espèces circum-méditerranéennes et ouest-méditerranéennes, à caractère nettement eurytherme.

S. bezzii et *S. velutinum*, parmi toutes les espèces récoltées, occupent la plus large zone altitudinale, depuis les stations les plus basses jusqu'à 2700 m.

S. velutinum est, selon Jarry (1973), la similie la plus adaptée aux contrastes du climat méditerranéen et, selon Beaucournu-Saguez (1975), la mieux représentée en Afrique du Nord. Dans les cours d'eau du Haut Atlas elle forme les populations d'invertébrés les plus abondantes au-dessous de 1600 m.

S. bezzii, espèce typiquement méditerranéenne et hémisténotherme, est considérée en Europe comme caractéristique des cours d'eau rapides de la zone de piémont (Rivosecchi 1978). En Afrique du Nord, sa présence est liée aux grands massifs montagneux. En effet, elle est très répandue au Maroc, rare dans l'ouest algérien et absente en Tunisie. Dans les réseaux du Haut Atlas, comme dans ceux du Liban (Giudicelli & Dia 1986), elle a un spectre écologique très large car elle constitue des populations abondantes dans presque tous les types d'eaux courantes, depuis le crénal jusqu'au potamal. Dans le Haut Atlas elle n'est exclue que des cours d'eau les plus froids (torrents au dessus de 2800 m d'altitude) et des cours d'eau à salinité élevée (oued Mellah, oued Tensift). Dans plus de la moitié des stations où figure l'espèce (33 stations sur 54) ses populations aquatiques ont une densité supérieure à 100 ind./m²; dans 7 stations situées sur de grandes rivières (cours inférieur de l'Ourika, de la Reghaya, du N'fis) la densité dépasse 1000 ind./m².

S. intermedium est très fréquente au Maghreb. Elle est un élément dominant du peuplement simuli-dien

dans les massifs marocains et dans l'ouest algérien, mais elle devient moins fréquente en Tunisie (Boumaiza & Clergue-Gazeau 1986). Dans le Haut Atlas cette similie est plus alticole et a un spectre écologique plus large (on la trouve dans tous les types de cours d'eau) qu'en Europe.

S. pseudequinum est une espèce plus thermophile que les précédentes; elle est mentionnée comme très commune dans les différentes régions d'Afrique du Nord où elle prolifère dans les cours d'eau de plaine. En Italie et en Sicile sa limite altitudinale supérieure se situe vers 600 m (Rivosecchi 1978). Dans le Haut Atlas elle monte jusqu'à 1700 m, mais elle est surtout abondante dans la partie inférieure des réseaux (le Tensift vers 600-700 m, l'Ourika au dessous de 900 m, le N'fis entre 600 et 1200 m); elle réalise les plus fortes densités larvaires dans les grands cours d'eau du versant sud au dessous de 1500 m.

L'aire de *M. blanci* couvre les régions les plus chaudes du bassin de la Méditerranée occidentale. En Afrique du Nord on la trouve régulièrement dans les réseaux du Haut Atlas, du Rif et du nord de la Tunisie; son absence des cours d'eau du Moyen Atlas et de l'ouest algérien doit être attribuée aux températures plus élevées des eaux. L'habitat des stades aquatiques de l'espèce, comme l'a indiqué Rivosecchi (1978), est bien caractéristique des rivières et grands torrents du Maroc avec un large lit pierreux soumis à des crues violentes. Dans le Haut Atlas l'espèce atteint 1850 m d'altitude et réalise son optimum écologique dans le cours moyen des grandes rivières entre 800 et 1500 m. Ainsi, dans la Reghaya, la densité larvaire est de 5 à 30/m² au dessus de 1500 m, de 50 à 100/m² vers 1200 m, de 1000/m² entre 900 et 1100 m. La densité est faible dans les cours inférieurs: 5 à 10/m² dans le N'fis à 650 m. L'espèce est absente du Tensift où la température de l'eau dépasse 30°C en été. Elle est absente des sources et des petits ruisseaux et torrents, quelle que soit l'altitude.

Dans le classement hiérarchique des espèces suivent quatre similies dont la fréquence est comprise entre 21 % et 33 % (*S. cryophilum*, *S. ornatum*, *S. variegatum*, *S. sergenti*). Chacune occupe une gamme d'habitats et d'altitudes plus restreinte que celle des espèces précédentes.

S. cryophilum et *S. ornatum* ont une fréquence un peu supérieure à 30 %. La première est une forme montagnarde qui a été trouvée dans les émissaires de source entre 1750 et 2800 m et dans les petits cours d'eau à courant modéré du rhithral entre 1000 et 2600 m.

S. ornatum a une amplitude altitudinale plus large et se trouve dans des habitats plus variés : ruisseaux du crénal et du rhithral, cours inférieur des rivières de montagne. Elle présente une tendance plus alticole, plus sténotherme et plus rhithrophile que l'autre espèce du groupe *ornatum*, *S. intermedium*. Les deux espèces se trouvent généralement dans les mêmes stations. *S. intermedium* a été récoltée dans 24 stations, *S. ornatum* dans 17 stations; elles cohabitent dans 16 stations. *S. intermedium* vit seule dans les quatre stations inférieures du N'fis (entre 650 et 1600 m) et dans deux stations de l'oued Ounila (entre 1600 et 1800 m), secteurs caractérisés par des températures relativement élevées par rapport aux secteurs homologues des autres réseaux.

S. variegatum et *S. sergenti* ont respectivement une fréquence de 20 % et 24 %. *S. variegatum* est commune en Europe dans les cours d'eau de basse et moyenne montagne entre 400 et 1000 m, devenant plus rare à des altitudes supérieures. L'espèce est plus alticole dans le Haut Atlas où elle a pour habitat préférentiel les grandes rivières de montagne du versant nord entre 1000 et 2300 m (6 stations sur 11). Elle réalise ses effectifs les plus importants en juin dans la Réghaya entre 1550 et 2300 m; en versant sud elle ne figure que dans un ruisseau de source à 2100 m.

S. sergenti, simule ibéro-magrébine, est largement répartie au Maroc, depuis le Rif jusqu'aux oueds des oasis présahariennes; les stades aquatiques vivent dans les cours d'eau eurythermes de la partie inférieure des réseaux. Dans le Haut Atlas nous l'avons récoltée dans 6 stations en versant nord entre 600 et 1250 m et dans 7 stations en versant sud entre 1050 et 1630 m; elle a pour habitat exclusif les grands cours d'eau (Tensift, cours inférieur de la Réghaya, du N'fis, de l'Ourika, cours inférieur et moyen de l'oued Dadès, de l'oued Lakhdar, du Mgoun, de la Tessaout).

Neuf espèces ont une fréquence faible (de 6 à 15 %). Ce sont des espèces nettement sténoèces, inféodées à un type bien défini d'habitat; pour la plupart elles sont sténothermes.

S. toubkal, *S. atlasicum*, *S. berberum* habitent les torrents les plus froids, entre 1800 et 3200 d'altitude. *S. toubkal* a été trouvée dans 6 stations du versant nord entre 2400 et 3200 m; peu abondante entre 2400 et 2800 m, elle réalise son optimum écologique à des altitudes supérieures, dans les torrents où la température estivale est comprise entre 6 et 10°C. Les deux espèces du groupe monticola, cantonnées dans la haute Réghaya, se succèdent en altitude: *S. berberum* est plus alticole (entre 2400 et 3200 m) que *S. atlasicum* (entre 1800 et 2400 m).

Trois espèces, *S. costatum*, *S. ibleum*, *S. knidirii*, sont strictement cantonnées dans les ruisseaux et ruisselets de source, à des altitudes comprises entre 1400 et 3000 m. Des récoltes que nous avons effectuées en 1992 dans le massif du Siroua (extrémité occidentale de Haut Atlas) confirment ces constatations.

Le caractère crénobionte de *S. costatum* a été souvent mentionné: «*S. costatum* is an example par excellence of a species associated with rheocrenes» (Crosskey 1988). Les cinq stations où nous l'avons récoltée dans le Haut Atlas sont des émissaires de source. En Afrique du Nord elle n'a été trouvée, hors du Maroc, que dans deux ruisseaux de source de l'ouest de l'Algérie (Gagneur & Clergue-Gazeau 1988).

Le crénal est l'habitat préférentiel de *S. ibleum*. Au Liban, Moubayed & Clergue-Gazeau (1985) la mentionnent dans les émissaires de source vers 1000 m d'altitude et dans les eaux fraîches (8,5 à 13°C) des secteurs supérieurs du rhithral entre 1100 et 1360 m. En Sicile elle vit dans les ruisseaux temporaires froids (12°C) vers 600-700 m (Rivosecchi 1978). Dans le Haut Atlas nous l'avons trouvée dans la plupart des ruisseaux du crénal et dans un ruisseau temporaire à 1040 m; la population la plus importante de l'espèce (250 à 400 ind./m²) vit dans une grande source rhéocrène à 1730 m.

S. knidirii a été récoltée dans la plupart des sources prospectées. Découverte pour la première fois dans un ruisselet s'apparentant à un suintement (Giudicelli & Thiery 1985), son biotope habituel est représenté par de petits émissaires de source à faible débit au dessus de 2000 m.

Simulium marocanum et *S. xanthinum* sont des espèces relativement rares au Maroc et au Maghreb. Leur stades aquatiques semblent étroitement inféodés à un habitat particulier: les cascades des ruisseaux dont les eaux riches en bicarbonate de calcium forment des dépôts de tuf. Crosskey (1990 p. 202-203) a fait la même observation, dans le sud de l'Espagne, pour *S. xanthinum* et *S. galloprovinciale* Giudicelli 1963, espèce du même groupe que *S. marocanum*.

7. Recherche des structures biocénétiques

7.1. Méthode d'analyse

Une matrice des données faunistiques a été établie. Elle comporte 50 stations et 23 espèces (Tableau 2). Sur les 54 stations échantillonnées, 4 ont été exclues soit parce qu'elles hébergeaient une seule espèce (stations 1 et 23), soit parce qu'elles représentaient un milieu particulier (station 48 située sur un cours d'eau sa-

Tableau 2. Matrice des données faunistiques (23 espèces x 50 stations)

Table 2. Faunistical data matrix (23 species x 50 stations).

Stations	<i>Pros. latimucro</i>	<i>Metacn. blandi</i>	<i>S. knidiri</i>	<i>S. lamachi</i>	<i>S. petricolum</i>	<i>S. velutinum</i>	<i>S. ruficorne</i>	<i>S. brevidens</i>	<i>S. costatum</i>	<i>S. cryophilum</i>	<i>S. ibileum</i>	<i>S. latigonum</i>	<i>S. toubkal</i>	<i>S. maroccanum</i>	<i>S. berberum</i>	<i>S. atlasicum</i>	<i>S. variegatum</i>	<i>S. xanthinum</i>	<i>S. intermedium</i>	<i>S. ornatum</i>	<i>S. bezzi</i>	<i>S. pseudoequinum</i>	<i>S. sergenti</i>
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	4	9	1	1	1	1	1	1
4	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	3	7	1	1	2	8	4	1
5	1	5	1	1	1	6	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	7	5	1
6	1	6	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3	4
7	1	7	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	7	5
8	1	1	5	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1
9	1	1	3	2	3	2	1	1	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	1	1
10	1	1	3	1	1	1	1	1	5	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	3	1	1	1	4	1	1	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	3	1	7	5	1
15	1	6	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	3	1	9	6	1
16	1	5	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	9	4	1
17	1	3	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	4	4	4
18	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	3	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
22	8	1	1	1	1	8	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	7	1	1
24	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	8	1	1
25	1	1	1	1	1	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	8	7	1	1
26	2	1	2	1	1	1	1	1	1	6	5	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
27	3	1	5	1	1	3	1	1	5	5	9	1	1	1	1	1	1	1	6	7	9	1	1
28	1	1	1	1	1	1	1	3	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	5	3	5	1	1
29	1	7	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	6	1	1
30	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	2	4	3	3	1	1
31	1	1	1	1	1	6	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	1	1
32	2	3	1	1	1	2	1	1	1	4	5	1	1	1	1	1	3	2	2	2	7	1	1
33	1	7	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	7	1	1
34	1	5	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	7	9	8	9
35	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	4	1	1
36	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	5	1
37	1	1	1	1	1	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	3
38	1	6	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	1
39	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6
41	1	4	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	7	2	2
42	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4
43	4	4	3	1	2	1	1	2	1	5	2	3	1	1	1	3	2	1	5	1	6	1	1
44	1	2	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	6	1
45	1	4	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	2	5	1	1
46	1	4	1	1	1	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1	2	5	1
47	1	2	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2	2	6	1
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	5	4	5
50	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	9	5
51	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	4	2	7
52	1	3	1	1	1	6	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	3	5
53	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	2
54	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1

lé et très minéralisé, l'oued Mellah) ou artificialisé (station 48 correspondant aux ruisseaux de khetarras). Une espèce a été exclue, *Simulium mellah*, car elle a été recoltée seulement à la station 48. Chaque couple espèce-station est affecté d'une classe d'abondance qui résulte du découpage des valeurs de densité correspondant au maximum d'abondance des espèces sur un cycle annuel ; le découpage des densités en classes d'abondance a été réalisé selon une progression logarithmique de raison 0,66.

Les peuplements simulidiens des 50 stations retenues ont été traités par une analyse factorielle des correspondances (AFC) en utilisant le logiciel ADE (Doledec & Chessel 1993).

Les trois premiers axes totalisent 49,42 % de l'inertie totale du tableau des données.

	Taux d'inertie	Inertie cumulée
Axe 1	19,60 %	
Axe 2	17,33 %	36,93 %
Axe 3	12,49 %	49,42 %

Les axes 1 et 2 apparaissent complémentaires dans leur signification écologique. L'axe 1 oppose les espèces les plus microthermes et les stations les plus élevées en altitude et les plus froides, d'une part, aux espèces les plus euryèces et aux stations de piémont, d'autre part. L'axe 2 oppose des espèces hémisténothermes et des stations de moyenne montagne, d'une part, à des espèces thermophiles et aux stations les plus chaudes du cours inférieur des grands cours d'eau, d'autre part.

7.2. Les groupements d'espèces et de stations

Un programme de classification hiérarchique ascendante a mis en évidence deux ensembles majeurs au sein desquels s'individualisent des groupements d'espèces et de stations : trois groupements dans le premier ensemble, deux groupements dans le deuxième ensemble (Fig. 16, 17)

PREMIER ENSEMBLE (Fig. 16 B).

Il occupe la moitié gauche du plan factoriel F1-F2 et réunit les espèces sténothermes et les milieux les plus froids. Les stations correspondant à cet ensemble se rapportent au crenal et au secteur supérieur du rhithral ; elles représentent tous les émissaires de source et presque tous les torrents de haute altitude.

Trois groupements d'espèces et de stations sont mis en évidence par l'analyse hiérarchique.

Groupement 1

Il isole les deux espèces les plus sténothermes et les plus alticoles, *S. toubkal*, *S. berberum*. Le groupement coenotique correspondant est constitué de cinq stations (Fig. 17) réparties sur quatre torrents froids et permanents de haute altitude (2660 et 3200 m) :

- la station supérieure de la Réghaya (st. 2) ;
- les deux stations supérieures du réseau du N'fis (st. 11, 12) ;
- les deux stations du cours supérieur de l'Ourika (st. 20, 21).

Stations de référence, composantes écologiques et faunistiques :

La station supérieure de la Réghaya (3200 m) et la station supérieure du réseau du N'Fis (3000 m) hébergent uniquement *S. berberum* et *S. toubkal* ; ce sont des petits ruisseaux à faible débit (20 l.s^{-1}), formant une succession de cascades sur un substrat de cailloux anguleux et de blocs, véhiculant des eaux très froides (4 à 10°C en été). L'autre station du N'fis (2800 m) contient, en plus des deux espèces précédentes, une petite population de *S. variegatum*, espèce commune dans les cours d'eau de montagne à des altitudes variées et dont la présence est ici en rapport avec un débit supérieur (210 à 380 l.s^{-1}).

Les deux stations du réseau supérieur de l'Ourika (st. 20 et 21, alt. 2660 et 2670 m) sont des ruisseaux émissaires de grandes sources rhéocrènes, avec des forts débits (100 à 400 l.s^{-1}), un écoulement rapide (60 à 80 cm.s^{-1}), des eaux très froides (4 à 6°C toute l'année) parce que alimentées par la fonte de névés permanents ; substrat constitué de blocs, de cailloux anguleux, de dalles ; leur peuplement simulidien contient, en plus des deux espèces constituant le groupement faunistique, deux espèces crénobiontes, *S. costatum* et *S. knidirii*.

Le groupement 1 correspond donc au crenal et à l'épirhithral de haute altitude, représentés par des ruisseaux torrentiels froids (température de l'eau en été : 6 à 10°C) alimentés par les eaux de fonte des névés ou par des sources rhéocrènes.

A ce groupement on peut rattacher la station 1 (non prise en compte dans cette AFC), située dans le bassin supérieur de la Réghaya, à 3800 m. Elle représente un ruisseau très froid (5°C en août) issu d'un névé permanent qui héberge une seule espèce de similie, *Prosimulium latimucro*, présente en été avec une importante population de larves et de pupes.

Sur le dendrogramme (Fig. 16 A), les groupements 2 et 3 font partie d'un même sous-ensemble qui réunit 13

Fig. 16. Dendrogramme (A), distribution et groupement (B) des espèces dans le plan F1 x F2 de l'AFC.

Pla : *Prosimulium latimucro*, Scr : *Simulium cryophilum*, Sib : *S. ibleum*, Skn : *S. knidirii*, Sco : *S. costatum*, SI1 : *S. lamachi*, Spe : *S. petricolum*, SI2 : *S. latigonium*, Sbr : *S. brevidens*, Sat : *S. atlasticum*, Sma : *S. marocanum*, Sva : *S. variegatum*, Sxa : *S. xanthinum*, Sto : *S. toubkal*, Sbe : *S. berberum*, Mbl : *Metacnephia blanci*, Srl : *S. ruficorne*, Sps : *S. pseudequinum*, Ss : *S. sergenti*, Sve : *S. velutinum*, Sbz : *S. bezzii*, Sin : *S. intermedium*, Sor : *S. ornatum*.

Fig. 16. Dendrogram (A) and clustering (B) of species using FCA on the F1 x F2 factorial plane.

Fig. 17. Distribution et groupement des stations de prélèvements dans le plan F1 x F2 de l'AFC.

Fig. 17. Clustering of sampling sites using FCA faunistic data on the F1 x F2 factorial plane.

espèces sténothermes d'eau froide. A ce sous-ensemble correspondent 17 stations (Fig. 17) réparties dans la zone supérieure des réseaux hydrographiques à des altitudes comprises entre 1300 et 3000 m. Neuf stations se situent sur des petits cours d'eau qui correspondent aux secteurs initiaux du rhithral (épi-métarhithral) et huit stations concernent des ruisseaux et ruisselets de source (hypocrénal).

Groupement 2

Il comprend cinq espèces : *Simulium costatum*, *S.knidirii*, *S.cryophilum*, *S.ibleum*, *Prosimulium latimucro*. Ce sont toutes des formes sténothermes d'eau froide; les deux premières sont crénobiontes strictes, les trois autres sont crénophiles.

Les stations correspondantes sont :

- 6 émissaires de source situés entre 1730 et 2350 m, 3 en versant nord et 3 en versant sud ;

- 3 ruisseaux temporaires du réseau de l'Ourika, situés entre 1300 et 1630 m.

Les stations se situent à des altitudes moins élevées (entre 1300 et 2090 m) que celles du groupement 1.

Au plan faunistique, ce groupement caractérise le crenon. Le peuplement simulidien des sources du Haut Atlas est défini par un groupe de quatre espèces : *Simulium costatum*, *S.knidirii*, *S.ibleum*, *S.cryophilum*. Ces sources hébergent d'autres espèces sténothermes d'eau froide, réalisant ainsi les peuplements stationnels les plus riches - une dizaine d'espèces de simuliés - que nous ayons relevés dans la région; c'est le cas du ruisseau de source près d'Aguelmous (station 43) qui héberge 11 espèces.

Les trois ruisseaux temporaires de ce groupement appartiennent à l'épirhithral; ils ont un peuplement simulidien identique ou très voisin de celui des émissaires de source car ils sont en eau pendant la saison froide et présentent alors les conditions écologiques favorables à une faune sténotherme.

Stations de référence, composantes écologiques et faunistiques :

On retiendra trois stations.

1) Un émissaire de source du versant nord (st. 27) à 1730 m d'altitude, dans le réseau de l'Ourika. Largeur : 2,5 à 6 m ; débit : 80 à 110 l.s⁻¹ ; température de l'eau : 6 à 15°C ; substrat de blocs, cailloux et galets, important développement d'herbiers de macrophytes (*Ranunculus aquatilis*). La diversité de l'habitat aquatique détermine une richesse simuliennne élevée : neuf espèces *Simulium ibleum*, *S. knidirii*, *S. bezzii*, *S. costatum*, *S. cryophilum*, *S. ornatum*, *S. intermedium*, *Prosimulium latimucro*, *S. velutinum* (classées par densités décroissantes).

2) Un émissaire de source en versant sud (st. 43), à 2090 m d'altitude ; il s'agit du ruisseau de source qui forme le secteur initial de l'assif Imini. Largeur : 0,45 à 0,70 m ; débit : 19 à 21 l.s⁻¹ ; température de l'eau : 8,1 à 12,2°C ; substrat de blocs et cailloux. Onze espèces : *Simulium bezzii*, *S. cryophilum*, *Prosimulium latimucro*, *S. intermedium*, *S. knidirii*, *S. atlasticum*, *S. ibleum*, *S. brevidens*, *S. petricolum*, *S. variegatum*, *S. latigonium* (classées par ordre de densités décroissantes).

3) Un ruisseau temporaire (st. 32, 1300 m), correspondant au cours inférieur de l'assif Oukaimeden, à sec de fin juin à novembre. Dix espèces : *Simulium bezzii*, *S. ibleum*, *S. cryophilum*, *S. variegatum*, *Metacnephia blanci*, *Prosimulium latimucro*, *S. intermedium*, *S. ornatum*, *S. xanthinum*, *S. velutinum* (classées par densités décroissantes). Cette communauté est composite : on y trouve une composante sténotherme avec *S. cryophilum*, *S. ibleum* et *Prosimulium latimucro*, une composante hémisténotherme avec *S. variegatum*, *S. bezzii*, *S. ornatum*, une composante caractéristique des cours d'eau temporaires avec *Metacnephia blanci*, *S. ibleum*, *S. xanthinum*.

Groupement 3

Il est constitué de huit espèces sténothermes (*Simulium atlasticum*, *S. brevidens*, *S. lamachi*, *S. latigonium*, *S. petricolum*) et hémisténothermes (*S. xanthinum*, *S. marocanum*, *S. variegatum*). Ce sont toutes des espèces rares dans le Haut Atlas et dans les autres régions de leur aire géographique. Trois ont été trouvées dans une seule station (*S. lamachi*, *S. latigonum*, *S. marocanum*) et trois autres dans deux ou trois stations (*S. petricolum*, *S. brevidens*, *S. atlasticum*).

Ce groupement est composite au plan écologique car il comprend :

- une espèce crénobionte (*S. lamachi*) et une espèce crénophile (*S. brevidens*) ;

- deux espèces dont la présence est en rapport avec des particularités hydrochimiques (*S. xanthinum*, *S. marocanum*) ; de plus, elles vivent souvent dans des ruisseaux temporaires ;

- une espèce sténotherme d'eau froide (*S. atlasticum*) ;

- une espèce hémisténotherme caractéristique des rivières de montagne (*S. variegatum*) ;

- une espèce inféodée aux petits ruisseaux stepiques (*S. petricolum*).

Ce groupement d'espèces est déterminé par le peuplement de 8 stations de haute montagne (5 stations entre 2000 et 3000 m ; 3 stations entre 1600 et 1850 m).

Quatre stations (st. 8, 10, 18, 19) sont des émissaires de source de haute altitude (entre 1750 et 3000 m) caractérisés par leurs dimensions réduites et un faible écoulement. Leur peuplement simulienn ne compte que deux ou trois espèces par station, mais il est caractérisé par la présence d'espèces crénobiontes (*S. costatum*, *S. knidirii*) et/ou crénophiles (*S. ibleum*, *S. cryophilum*).

• Stations de référence, composantes écologiques et faunistiques :

Ruisselet émissaire de source à 3000 m (st. 10) ; débit très faible (0,5 à 1 l.s⁻¹) ; température de l'eau 13 à 15°C en été ; trois espèces : *S. costatum*, *S. knidirii*, *S. ibleum* (classées par ordre de densités décroissantes).

A ce type d'habitat on doit rattacher la station 23 (non prise en compte dans l'AFC), qui représente un ruisselet de source hélocrène et qui héberge une seule espèce de similie, *Simulium knidirii*.

Deux stations (st. 3, 13) sont des ruisseaux de haute altitude (2300 et 2400 m) situés dans la partie supérieure des réseaux de la Reghaya et du N'fis.

• Station de référence, composantes écologiques et faunistiques :

La Reghaya (st. 3). Largeur : 100-150 cm ; débit : 90-380 l.s⁻¹ ; vitesse du courant : 60-85 cm.s⁻¹ ; température de l'eau 6 à 14°C ; substrat constitué de cailloux et de gros blocs plats ; trois espèces : *Simulium variegatum*, *S. atlasticum*, *S. cryophilum* (classées par ordre de densités décroissantes).

Deux stations (st. 35, 36) se situent, l'une sur le cours supérieur du Rdat à 1850 m d'altitude, l'autre sur un affluent du Rdat à 1400 m. Cette station est intéressante car elle est caractéristique de l'habitat de *Simulium marocanum*, endémique maghrébine.

• Station de référence, composantes écologiques et faunistiques :

station 36 : ruisseau temporaire, alternance de cascades et de vasques, température de l'eau : 11-17°C ; substrat formé par la roche mère au niveau des cascades (biotope de *S. marocanum*), de cailloux et de sable au niveau des vasques ; quatre espèces : *Simulium marocanum*, *S. pseudequinum*, *S. cryophilum*, *S. velutinum* (classées par ordre de densités décroissantes).

DEUXIÈME ENSEMBLE

Il est constitué de deux groupements d'espèces et de stations.

Groupement 4

Les points espèces et les points stations se situent dans le quadrant inférieur droit du plan F1-F2 (Figs 16 B, 17). Le noyau faunistique est représenté par les quatre espèces les plus eurythermes et à large valence écologique : *Simulium ornatum*, *S. intermedium*, *S. bezzii*, *S. velutinum*.

Les quatre stations de ce groupement appartiennent au réseau de l'Ourika : trois stations (22, 24, 25) sur le cours supérieur de l'assif Oukaimeden, entre 2450 et 2600 m d'altitude ; une station (31) sur un affluent temporaire de l'assif Tarzaza (dénomination de l'assif Oukaimeden dans son cours inférieur).

• Stations de référence, composantes écologiques et faunistiques :

Station 22. L'assif Oukaimeden à 2600 m d'altitude ; largeur : 1,5 à 2 m, température de l'eau entre 5 et 16°C ; substrat formé de cailloux et de blocs. Six espèces : *Prosimulium latimucro*, *Simulium velutinum*, *S. bezzii*, *S. intermedium*, *S. ornatum*, *S. cryophilum*. *Prosimulium latimucro* et *S. cryophilum* sont présentes en hiver et au début du printemps, les autres espèces leur succèdent au printemps et en été.

Station 25. L'assif Oukaimeden à 2450 m d'altitude. Largeur : 2 à 5 m ; température de l'eau entre 9 et 20°C ; substrat formé de cailloux et de blocs. Le peuplement réunit les quatre espèces constituant le groupement 4 : *S. ornatum*, *S. velutinum*, *S. intermedium*, *S. bezzii* (classées par ordre de densités décroissantes).

Groupement 5

Les points-espèces et les points-stations se placent dans le quadrant supérieur droit du plan factoriel F1-F2. Le noyau faunistique est constitué par quatre espèces thermophiles et potamophiles : *Metacnephia*

blanci, *Simulium pseudequinum*, *S. ruficorne*, *S. sergenti*, associées aux stations des cours moyens et inférieurs des réseaux hydrographiques.

Les stations du versant nord se situent entre 600 et 1740 m d'altitude et pour la plupart entre 600 et 1200 m ; elles se situent sur les cours inférieurs du N'fis (st 14, 15, 16, 17) de l'Ourika (st 33, 34), de la Reghaya (st 4, 5, 6, 7), du Tensift (st 39). Les stations du versant sud se situent entre 1030 et 1820 m et pour la plupart entre 1030 et 1630 m ; elles se rapportent à la partie terminale de l'oued Dadès (st 49, 50, 51), de l'oued Mgoun (st 52, 53), de la Tessaout (st 41, 42).

Le groupement 5 correspond au potamon.

Stations de référence, composantes écologiques et faunistiques :

On retient une station en versant nord et une en versant sud.

• La Reghaya à 890 m (st. 7). Cette station se situe à l'extrémité de la partie permanente du cours d'eau. Largeur : 1 à 10 m ; débit entre 0,3 et 21,5 m³.s⁻¹ ; température de l'eau entre 6 et 22°C ; conductivité : 190 à 650 µS.cm⁻¹ ; substrat de cailloux, graviers et sable.

Cinq espèces : *Simulium bezzii*, *Metacnephia blanci*, *S. pseudequinum*, *S. velutinum*, *S. sergenti*.

• L'oued Dadès à 1530 m (st 50). Largeur : 3 à 10 m ; température de l'eau entre 13 et 28°C ; conductivité : 1000 à 1100 µS.cm⁻¹ ; substrat de cailloux et sable grossier.

Cinq espèces : *Simulium pseudequinum*, *S. sergenti*, *S. ruficorne*, *S. bezzii*, *S. velutinum*.

Dans ce groupement on doit ajouter la station 40 (non prise en compte dans l'AFC) qui représente trois ruisseaux de khetaras, biotopes lotiques caractérisés par un débit faible et constant (20 l.s⁻¹), un courant modéré (vitesse < 70 cm.s⁻¹), une température de l'eau constante dans le cycle annuel (autour de 20°C). Le peuplement simuliidien comprend trois espèces : *Simulium intermedium*, *S. velutinum*, *S. ruficorne*.

8. Repartition des espèces dans les micro-habitats

Au niveau de la station, la répartition des stades aquatiques de simules dans un cours d'eau est régie par deux facteurs interdépendants, la vitesse du courant et la nature du substrat.

On trouve dans la littérature de nombreuses informations sur la présence des populations larvaires de certaines espèces en fonction de la vitesse du courant et de l'habitat (Burger 1986, Grenier 1949, Décamps et al. 1975, Phillipson 1956, Colbo 1979, Carlsson 1962 etc...). Dans la mesure où la vitesse du courant est en

rapport direct avec le débit, la répartition des espèces est généralement analysée et interprétée en référence au type de cours d'eau défini par le *stream order* («order number is often mentioned in blackfly studies, because in any particular fauna it is usual for some species to inhabit entirely or mainly first-order streams and others to live in streams of higher order», Crosskey 1990 p. 184).

Au cours des recherches que nous avons menées sur les similies du Haut Atlas nous avons étudié la répartition des espèces vivant dans une même station en fonction des microhabitats présents, ceux-ci étant définis par la combinaison du couple substrat-vitesse du courant. Deux stations ont été retenues sur le cours inférieur (hépipotamal) de deux rivières du versant nord, l'oued Ourika à 1000 m d'altitude, l'oued Zat à 1050 m.

A la suite d'analyses granulométriques 4 types de substrats minéraux ont été reconnus (sables, graviers, galets, blocs) et deux substrats organiques (débris végétaux, herbiers aquatiques : renoncules, cressons, algues filamenteuses). Les vitesses du courant, mesurées à 5 cm au dessus du fond, ont été classées dans les 5 catégories de l'échelle de Berg (1948) : très lent, lent, modéré, rapide, très rapide. La combinaison des catégories de substrat et de vitesse de courant a conduit à identifier 18 microhabitats dans la station de l'Ourika et 16 microhabitats dans la station du Zat.

De décembre 1985 à décembre 1986, 3 prélèvements mensuels (surface de substrat échantillonnée à chaque prélèvement : 400 cm²) ont été réalisés dans chaque station et pour chaque microhabitat.

Ces prélèvements quantitatifs ont fourni 39 taxons de macroinvertébrés benthiques dont 6 espèces de similies dans la station de l'Ourika, 51 taxons dont 7 espèces de similies dans la station du Zat.

L'étude des relations existant entre les deux variables environnementales (courant, substrat) et la répartition des invertébrés benthiques a été conduite en utilisant une AFC. Deux matrices des données correspondant aux deux stations ont été établies : à chaque couple taxon-microhabitat est associée l'abondance maximale du taxon considéré ; les effectifs ont été ramenés à une surface de substrat de 1 m². Les résultats de l'analyse montrent que, pour les deux stations, les taxons s'ordonnent sur l'axe 1 en fonction leur degré de rhéophilie (Tableaux 3 et 4).

Pour la station de l'Ourika, cet axe oppose les larves de Diptères Tabanidae (*Tabanus*), Stratiomyidae (*Melanocheilia*), Chironomidae (Chironomini, Tanypodinae), qui vivent sur des substrats à granulométrie fine sous courant lent où elles trouvent les débris végétaux

dont elles se nourrissent, aux taxons pétricoles et rhéobiontes que sont les larves et pupes de Diptères Blephariceridae (*Liponeura*) et de Simuliidae (*Metacnephia blanci*, *Simulium bezzii*), les Ephéméroptères *Rhythrogena*, *Oligoneuriella*. Le gradient de rhéophilie des taxons augmente depuis l'extrémité négative de l'axe jusqu'à l'extrémité positive. Sur le même axe on note aussi, dans le même sens, une opposition entre les microhabitats à granulométrie fine et ceux à granulométrie grossière.

Pour la station du Zat, le gradient de rhéophilie augmente depuis le côté positif de l'axe 1 jusqu'au côté négatif. On note une opposition entre, d'une part, les espèces lénitophiles : un Trichoptère Hydroptilidae (*Oxyethira*) dont les larves se nourrissent d'algues filamenteuses, un Coléoptère Haliplidae qui se nourrit aussi d'algues filamenteuses, des Diptères Ceratopogonidae (*Forcipomyia*) et Stratiomyidae (*Melanocheilia*) dont les larves se nourrissent de fins débris organiques, un Gastéropode *Planorbis* et, d'autre part, des espèces très rhéophiles : *Liponeura megalatlantica*, *Simulium bezzii*, *Metacnephia blanci*, *Limnius intermedius*...

Sur un gradient de rhéophilie croissante, matérialisé par l'axe 1, les espèces de similies des stations de l'Ourika et du Zat se remplacent dans le même ordre : *Simulium velutinum*, *S. sergenti*, *S. intermedium*, *S. pseudequinum*, *S. ornatum*, *S. bezzii*, *Metacnephia blanci*.

9. Conclusions

Les résultats de notre étude confirment et complètent des travaux réalisés sur les Simuliidae en région méditerranéenne.

Le peuplement simulidien du Haut Atlas s'est révélé d'un grand intérêt à deux titres :

- sa richesse taxonomique élevée comparée à celle des autres groupes d'invertébrés d'eaux courantes de ce massif ;
- le statut d'indicateur écologique qui s'attache à toutes les espèces.

Cette étude montre que le peuplement simulidien d'une région naturelle, ou même d'un réseau hydrographique, apporte une quantité d'informations comparable à celle des groupes d'invertébrés (Ephéméroptères, Plécoptères, Coléoptères, Trichoptères, autres Diptères) le plus souvent pris en compte dans l'écologie des eaux courantes.

Les données de la littérature sur l'écologie des Simulies sont maintenant suffisamment nombreuses et

Tableau 3. Ordination des taxons d'invertébrés (51 taxons d'invertébrés, incluses 7 espèces de Simulies) sur l'axe 1. Station de l'oued Zat.

Table 3. Ordination of the F1 scores (51 invertebrate taxa, included 7 blackfly species). Site of Zat wadi.

ESPECES ou TAXONS	GROUPE TAXONOMIQUES	CONTRIBUTIONS RELATIVES (C. R.)	COORDONNEES FACTORIELLES
<i>Oxyethira unidentata</i>	Trichoptera	57	2171
<i>Haliphus lineaticollis</i>	Coleoptera	57	2171
<i>Forcipomyia</i> sp.	Dipt. Ceratopogonidae	57	2171
<i>Planorbis mitidjensis</i>	Gastropoda	51	1327
<i>Melanocheilia riparia</i>	Dipt. Stratiomyidae	54	1160
<i>Psychoda</i> sp.	Dipt. Psychodidae	18	945
<i>Lymnaea peregra</i>	Gastropoda	53	902
<i>Tabanus</i> sp.	Dipt. Tabanidae	33	867
<i>Hydroptila vectis</i>	Trichoptera	34	834
<i>Micronecta meridionalis</i>	Heteroptera	33	673
<i>Potamonectes clarki</i>	Coleoptera	22	590
Tubificidae	Oligochaeta	38	552
<i>Dasyhelea</i> sp.	Dipt. Ceratopogonidae	27	529
<i>Dryops striatellus</i>	Coleoptera	27	521
<i><u>Simulium velutinum</u></i>	Dipt. Simuliidae	21	431
Tanypodinae	Dipt. Chironomidae	35	395
Tanytarsini	Dipt. Chironomidae	48	386
<i>Mesophylax aspersus</i>	Trichoptera	5	363
<i><u>Simulium sergenti</u></i>	Dipt. Simuliidae	2	276
<i>Onychogomphus uncatus</i>	Odonata	7	205
<i>Oulimnius rivularis</i>	Coleoptera	13	192
<i>Dugesia gonocephala</i>	Tricladida	12	173
<i>Wiedemannia</i> sp.	Dipt. Empididae	1	167
<i>Baetis pavidus</i>	Ephemeroptera	1	72
Chironomini	Dipt. Chironomidae	0	37
<i>Hexatoma</i> sp.	Dipt. Limoniidae	0	29
Orthocladiinae	Dipt. Chironomidae	0	7
<i>Pisidium casertanum</i>	Lamellibranchiata	0	0
<i><u>Simulium intermedium</u></i>	Dipt. Simuliidae	0	-44
<i>Baetis navasi</i>	Ephemeroptera	0	-67
<i>Perla marginata</i>	Plecoptera	0	-73
<i><u>Simulium pseudequinum</u></i>	Dipt. Simuliidae	1	-111
<i>Caenis luctuosa</i>	Ephemeroptera	8	-120
<i>Setodes acutus</i>	Trichoptera	14	-154
<i>Perla bipunctata</i>	Plecoptera	1	-181
<i>Protonemura talboti</i>	Plecoptera	1	-186
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	Trichoptera	18	-192
<i>Ecdyonurus rothschildi</i>	Ephemeroptera	12	-254
<i>Baetis rhodani</i>	Ephemeroptera	53	-277
<i><u>Simulium ornatum</u></i>	Dipt. Simuliidae	15	-321
<i>Baetis maurus</i>	Ephemeroptera	79	-493
<i>Dicranota</i> sp.	Dipt. Limoniidae	4	-523
<i>Rhithrogena</i> sp.	Ephemeroptera	45	-584
<i>Agapetus dolichopterus</i>	Trichoptera	15	-611
<i><u>Metacnephia blanci</u></i>	Dipt. Simuliidae	45	-672
<i>Rhyacophila munda</i>	Trichoptera	8	-708
<i>Ancylus fluviatilis</i>	Gastropoda	13	-712
<i><u>Simulium bezzii</u></i>	Dipt. Simuliidae	50	-998
<i>Limnius intermedius</i>	Coleoptera	24	-1086
<i>Liponeura megalatlantica</i>	Dipt. Blephariceridae	41	-1393
<i>Ephemerella ignita</i>	Ephemeroptera	21	-1951

Tableau 4. Ordination des taxons d'invertébrés (39 taxons d'invertébrés incluses 6 espèces de Simulies) sur l'axe 1. Station de l'oued Ourika.

Table 4. Ordination of the F1 scores (39 taxa of invertebrates, included 6 blackfly species). Site of Ourika wadi.

ESPECES ou TAXONS	GROUPE TAXONOMIQUES	CONTRIBUTIONS RELATIVES (C. R.)	COORDONNEES FACTORIELLES
<i>Liponeura megalatlantica</i>	Dipt. Blephariceridae	64	1275
<i>Metacnephia blanci</i>	Dipt. Simuliidae	43	788
<i>Simulium bezzii</i>	Dipt. Simuliidae	66	761
<i>Ephemerella ignita</i>	Ephemeroptera	22	640
<i>Simulium ornatum</i>	Dipt. Simuliidae	66	636
<i>Rhithrogena</i> sp.	Ephemeroptera	8	464
<i>Rhyacophila munda</i>	Trichoptera	4	441
<i>Oligoneuriella skoura</i>	Ephemeroptera	9	384
<i>Baetis maurus</i>	Ephemeroptera	56	364
<i>Hydroptila vectis</i>	Trichoptera	1	189
<i>Baetis rhodani</i>	Ephemeroptera	11	182
<i>Perla bipunctata</i>	Plecoptera	1	178
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	Trichoptera	1	-62
<i>Simulium pseudequinum</i>	Dipt. Simuliidae	1	-105
<i>Orthocladinae</i>	Dipt. Chironomidae	6	-119
<i>Baetis pavidus</i>	Ephemeroptera	1	-157
<i>Tanytarsini</i>	Dipt. Chironomidae	4	-295
<i>Hexatoma</i> sp.	Dipt. Limoniidae	2	-360
<i>Caenis luctuosa</i>	Ephemeroptera	31	-447
<i>Ecdyonurus rothschildi</i>	Ephemeroptera	15	-449
<i>Afroperlodes lecerfi</i>	Plecoptera	5	-538
<i>Oulimnius rivularis</i>	Coleoptera	12	-576
<i>Tubificidae</i>	Oligochaeta	13	-580
<i>Elmis maugetii</i>	Coleoptera	13	-581
<i>Hydropsyche fezana</i>	Trichoptera	13	-587
<i>Physa acuta</i>	Gastropoda	1	-647
<i>Dicranota</i> sp.	Dipt. Limoniidae	6	-653
<i>Simulium velutinum</i>	Dipt. Simuliidae	9	-671
<i>Simulium sergenti</i>	Dipt. Simuliidae	18	-685
<i>Perla marginata</i>	Plecoptera	3	-722
<i>Wiedemannia</i> sp.	Dipt. Empididae	45	-724
<i>Hydropsyche maroccana</i>	Trichoptera	16	-750
<i>Dugesia gonocephala</i>	Tricladida	18	-846
<i>Forcipomyia</i> sp.	Dipt. Ceratopogonidae	43	-988
<i>Tanypodinae</i>	Dipt. Chironomidae	63	-1085
<i>Potamonectes clarki</i>	Coleoptera	33	-1243
<i>Chironomini</i>	Dipt. Chironomidae	30	-1270
<i>Melanochelia riparia</i>	Dipt. Stratiomyidae	22	-1270
<i>Tabanus</i> sp.	Dipt. Tabanidae	38	-1630

concordantes pour qu'on puisse définir avec précision le statut écologique de chaque espèce.

Certaines espèces définissent un type de cours d'eau ou de zone écologique

- *S. knidirii* et *S. lamachi* sont inféodées au crénal à très faible débit et à écoulement lent ;

- *S. costatum* et *S. ibleum* ont pour habitat exclusif les émissaires de sources rhéocrènes ;

- *S. petricolum* est cantonnée dans les petits cours d'eau des zones steppiques d'altitude ;

- *S. bezzii* est typique des grandes rivières de montagne et de piémont ;

- *M. blanci* est adaptée aux conditions hydrologiques des cours d'eau méditerranéens, avec pour habitat des rivières de moyenne altitude subissant des épisodes hydrologiques très contrastés avec des alternances de crues brutales et d'étiages sévères.

Certaines espèces sont indicatrices de conditions hydrochimiques : *S. mellah* est inféodée aux cours d'eau très riches en chlorures ; *S. marocanum*, *S. xanthinum* ont pour habitat les cascades des ruisseaux à eaux encroûtantes.

Certaines espèces sont indicatrices du régime thermique des cours d'eau :

- *Prosimulium latimucro*, *S. toubkal*, *S. berberum* sont de strictes sténothermes d'eau froide ;

- *S. velutinum*, *S. pseudequinum*, *S. ruficorne*, *S. sergenti* sont des formes thermophiles, abondantes dans les cours inférieurs.

Enfin cette étude montre que, si les stades aquatiques de Simuliidae sont des organismes fondamentalement adaptés aux eaux courantes, les espèces ont un rhéopréférendum défini. Il existe une série d'intermédiaires entre *S. lamachi* dont les stades immatures vivent dans des ruisselets qui s'apparentent à des suintements et des espèces comme *S. marocanum* caractéristique des cascades.

Travaux cités

- Bailly-Choumara H., Bernard P., Grenier P., Le Roy-Muret M.C. & Mouchet J. 1970. — Note faunistique sur les Simulies du nord de la Tunisie. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Entomol. médic. et Parasitol.*, 8 (4) : 377-382.
- Bailly-Choumara H. & Beaucournu-Saguez F. 1978. — Contribution à l'étude des Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. 1. Le Rif. *Bull. Inst. Scient. 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. *Bull. Inst. Scient. Rabat*, 5 : 39-57.
- Beaucournu-Saguez F. 1972a. — Deuxième station de *Simulium lamachei* Doby et David 1960 : présence en Lozère, Massif Central. *Ann. Parasitol.*, 47 : 169-173.

- Beaucournu-Saguez F. 1972b. — 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 (1-4) : 73-83.
- Beaucournu-Saguez F. 1975. — Sur quelques Simulies (Diptera, Simuliidae) du nord-ouest de l'Espagne. *Ann. Parasitol. Hum. et Comp.*, 50 (1) : 105-122.
- Beaucournu-Saguez F. & Braverman Y. 1987. — *Greniera dobyi* (Diptera, Simuliidae) espèce nouvelle du Golan (Israël). *Ann. Parasitol. Hum. et Comp.*, 62 (1) : 77-91.
- Berg K. 1948. — Biological studies on the river Susaa. *Folia limnol. scand.*, 4 : 318 p.
- Bernard M.R., Grenier P. & Bailly-Choumara H. 1972. — Description de *Prosimulium (P.) faurei* n. sp. (Diptera, Simuliidae). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Entomol. médic. et Parasitol.*, 10 (1) : 63-68.
- Bernard M.R., Grenier P. & Challier A. 1974. — *Simulium lamachei* et *S. petricolum*, espèces nouvelles pour les Alpes françaises. *L'Entomologiste*, 31 : 19-20.
- Boumaiza M. & Clergue-Gazeau M. 1986. — Le peuplement simuliidien de la Tunisie. I. Inventaire, faunistique et biogéographie (Diptera, Simuliidae). *Annls. Limnol.*, 22 (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 d'Etat, Université d'Aix-Marseille III : 190 p.
- Bouzidi A. & Giudicelli J. 1986. — Contribution à l'étude faunistique et écologique des Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc I. Une nouvelle espèce du Haut Atlas : *Simulium (Nevermannia) toubkal* n. sp.. *Annls Limnol.*, 22 (1) : 41-52.
- Bouzidi A. & Giudicelli J. 1987. — Contribution à l'étude faunistique et écologique des Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. II. *Simulium (Obuchovia) marocanum* n. sp. et les espèces méditerranéennes d'*Obuchovia* Rubzov. *Annls Limnol.*, 23 (3) : 185-195.
- Burger F. 1986. — Specialized habitat selection by black flies. in *Black flies : ecology, population management and annotated world list*. Kim K. C. & Meritt R.W. (eds.) Pennsylvania State University, University Park & London: 528 p.
- Carlsson G. 1962. — Studies on Scandinavian black flies (Fam. Simuliidae Latr.). *Opusc. ent. Suppl.* 21 : 1-279.
- Chessel D. & Doledec S. 1993. — A.D.E. version 3. 6. Hypercards stacks and programme library for the analysis of environmental data. URA CNRS 1451, Université Lyon I. User's manual: 750 p.
- Clergue-Gazeau M. & Vinçon G. 1990. — Importance de la découverte de *Simulium (Rubzovia) lamachi* Doby et David en Péninsule Ibérique (Diptera, Simuliidae). *Nouv. Revue Entomol. (N.S.)*, 7 (3) : 303-306.
- 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 Hydrobiol. trop.*, 24 (1) : 47-59.
- Colbo M.H. 1979. — Distribution of winter-developing Simuliidae (Diptera) in eastern Newfoundland. *Can. J. Zool.*, 57 : 2143-2152.
- Crosskey R.W. 1969. — A re-classification of the Simuliidae (Diptera) of Africa and its islands. *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) (Entomology)*, Suppl. 14 : 1-195.
- Crosskey R.W. 1988. — Taxonomy and geography of the blackflies of the Canary Islands (Diptera, Simuliidae). *J. Nat. Hist.*, 22 : 321-355.
- Crosskey R.W. 1990. — The natural history of blackflies. John Wiley & Sons (ed.): 711 p.
- Crosskey R.W. & Buttiker W. 1982. — Insects of Saudi Arabia. Diptera : Fam. Simuliidae. *Fauna of Saudi Arabia*, 4 : 398-446.

- Dakki M. 1979. — Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau du Moyen Atlas (Maroc). Thèse 3^{ème} cycle, Université d'Aix-Marseille III : 126 p.
- Dorier A. 1962-1963. — Documents pour servir à la connaissance des Simuliidae du sud-est de la France, *Trav. Labor. Hydrobiol. Univ. Grenoble* 54-55 : 7-79.
- Décamps H., Larrouy G. & Trivellato D. 1975. — Approche hydrodynamique de la microdistribution d'invertébrés benthiques en eau courante. *Annls Limnol.*, 11 : 79-100.
- Edwards F.W. 1923. — On some algerian species of *Simulium*. *Arch. Inst. Pasteur Algérie*, 1 (4) : 647-653.
- El Mezdi Z. & Giudicelli J. 1986. — Etude d'un écosystème limnique peu connu : les khettaras de la région de Marrakech (Maroc). habitats et peuplements. *Sciences de l'Eau*, 6 (3) : 281-297.
- 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. *Annls Limnol.*, 24 (3) : 275-284.
- Giudicelli J. 1968. — Recherches sur le peuplement, l'écologie et la biogéographie d'un réseau hydrographique de la Corse centrale. Thèse es-Sciences Marseille, A.O. CNRS 2478 : 437 p.
- Giudicelli J. & Bouzidi A. 1989. — Contribution à l'étude faunistique et écologique des Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. III. Deux espèces nouvelles du Haut Atlas : *Simulium (Simulium) atlasicum* n. sp. et *Simulium (Simulium) berberum* n. sp.. *Annls Limnol.*, 25 (2) : 145-158.
- Giudicelli J. & Dakki M. 1984. — Les sources du Moyen Atlas et du Rif (Maroc) : faunistique (description de deux espèces nouvelles de Trichoptères), écologie, intérêt biogéographique. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 54 (1) : 83-100.
- Giudicelli J. & Dia A. 1986. — Contribution to the knowledge of the blackfly fauna (Diptera, Simuliidae) of Lebanon, with description of a new species and ecological comments. *Aquat. Insects*, 8 (3) : 123-139.
- Giudicelli J. & Thiery A. 1985. — About a peculiar type of rheocrene spring in the High Atlas (Morocco). Description of a simuliid characteristic of this habitat, *Simulium (Crenosimulium* n. g.) *kni-dirii* n. sp. (Diptera, Simuliidae). *Bull. Zool. Mus. Univ. Amsterdam*, 10, 15 : 109-123.
- Grenier P. 1949. — Contribution à l'étude biologique des Simuliides France. *Physiol. Compar. et Oecol.*, 1 : 165-330.
- Grenier P. 1953. — Simuliidae de France et d'Afrique du Nord. *Encyclopédie Entomologique* 29, Lechevalier Paris (ed.) : 170 p.
- Grenier P. & Théodorides J. 1953. — Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. *Arch. Inst. Pasteur Maroc*, 4 (6) : 429-441.
- Grenier P., Faure R. & Laurent J. 1957. — Simulies (Diptera, Simuliidae) du Maroc. 2^{ème} mémoire. *Arch. Inst. Pasteur Maroc*, 5 (6) : 218-242.
- Jarry D. 1973. — Contribution à l'étude des Simulies du Languedoc-Roussillon, I. *E. latium* Rubzov et son écologie. *Annls Parasitol. Hum. et Comp.*, 48 : 603-611.
- Krno I. 1982. — Struktura a dynamika makrozoobenthosu riecky l'upcianky a jeji pritokov (Nizke Tatry) *Biologické Prace* : 126 p.
- Moubayed Z. & Clergue-Gazeau M. 1985. — Les Simuliidae de trois rivières du Liban. Oronte, Litani et Beyrouth. *Annls Limnol.*, 21 (1) : 83-88.
- Parrot L. 1949. — Quelques notes sur les Simulidés d'Algérie. *Arch. Inst. Pasteur Algérie*, 27 : 273-276.
- Petrova N.A. 1983. — A new genus and species of buffalognats (Diptera, Simuliidae) from West Pamir. *Zoologicheskij Zhurnal*, 62, 12 : 1911-1915. (en russe)
- Phillipson J. 1956. — A study of factors determining the distribution of the larvae of the blackfly *Simulium ornatum* Mg. *Bull. Entomol. Res.*, 47 : 227-238.
- Rivosecchi L. 1978. — Simuliidae, Diptera Nematocera. Fauna d'Italia, vol. 13, Calderini (ed.), Bologna : 533 p.
- Rubzov I.A. 1959-1964 — Simuliidae (Melusinidae), in *Die Fliegen der Palearktischen Region*, III (4), E. Lindner (Ed) : 689 p.
- Vinçon G. 1987. — Comparaison de la faune benthique des vallées d'Aure et d'Ossau (Pyrénées) en vue de l'élaboration d'une méthodologie de surveillance des cours d'eau de montagne. Thèse de docteur ingénieur, Université Paul Sabatier, Toulouse : 381 p.
- Vinçon G. & Clergue-Gazeau 1988. — Etude hydrobiologique de la vallée d'Ossau (Pyrénées Atlantiques, France). III. Simuliidae (Diptera, Nematocera) : leur originalité biogéographique et écologique. *Annls Limnol.*, 24 (1) : 67-81.
- Zwick H. 1978. — Simuliidae (Diptera) in *Limnofauna Europaea* 2nd edit., Illies J. (ed.) : 396-403.