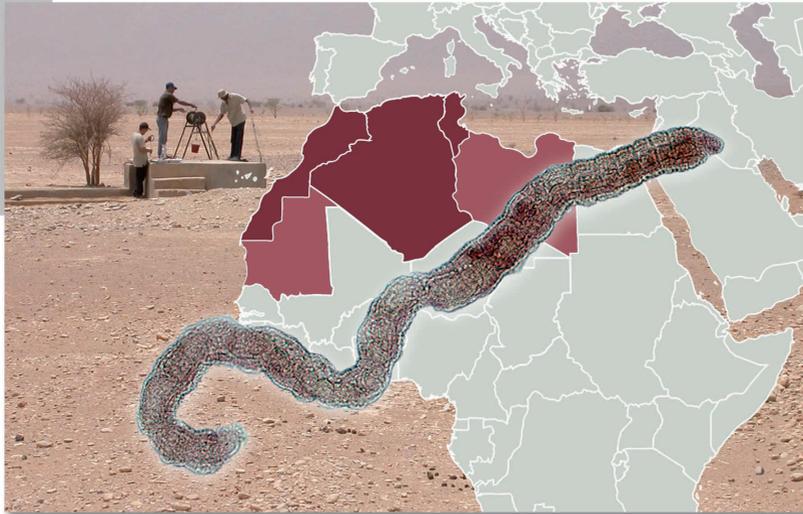


Abc Taxa

Guide taxonomique des oligochètes dulçaquicoles du Maghreb

Patrick Martin
Ali Aït Boughrous



Volume 12 (2012)

Abc Taxa

la Série de Manuels
Dédiés aux Renforcements
des Capacités en Taxonomie
et en Gestion des Collections

Avec le soutien de
LA COOPÉRATION
BELGE AU DÉVELOPPEMENT 

Editeurs

Yves Samyn - Zoologie (non africaine)

Point focal belge pour l'Initiative Taxonomique Mondiale
Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
Rue Vautier 29, B-1000 Bruxelles, Belgique
yves.samyn@sciencesnaturelles.be

Didier VandenSpiegel - Zoologie (africaine)

Département de Zoologie africaine
Musée royal de l'Afrique centrale
Chaussée de Louvain 13, B-3080 Tervuren, Belgique
dvdspiegel@africamuseum.be

Jérôme Degreef - Botany

Point focal belge pour la Stratégie Globale sur la Conservation des Plantes
Jardin botanique national de Belgique
Domaine de Bouchout, B-1860 Meise, Belgique
jerome.degreef@br.fgov.be

Instructions aux auteurs

<http://www.abctaxa.be>

ISSN 1784-1283 (hard copy); ISSN 1784-1291 (on-line pdf)
ISBN 9789073242180 (hard copy); ISBN 9789073242197 (on-line pdf)
D/2012/0339/1; NUR 910

Guide taxonomique des oligochètes dulçaquicoles du Maghreb



par

Patrick Martin

Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
Biologie des Eaux douces
29, rue Vautier, B-1000 Bruxelles, Belgique
Courriel : Patrick.Martin@sciencesnaturelles.be

Ali Aït Boughrous

Ecole nationale des Sciences appliquées
Département Génie de l'Environnement
BP 03, Ajdir, 32003 Al Hoceima, Maroc
Courriel : boughrous@gmail.com

Planche de couverture: *Aktedrilus yacoubii* sp. n. (Naididae, Phallodrilinae), sur un arrière-plan illustrant le Maghreb et un paysage marocain représentatif des conditions d'accès à l'eau dans cette région d'Afrique du nord.

Photo sur cette page: Echantillonnage du milieu aquatique interstitiel selon la méthode Karaman-Chappuis. De gauche à droite : P. Martin, A. Aït Boughrous et M. Yacoubi Khebiza à qui la nouvelle espèce *Aktedrilus yacoubii* est dédiée. (Photo : M. Messouli)

Avant-propos

Ce guide permet l'identification des oligochètes dulçaquicoles du Maghreb, pris dans son sens restreint, c'est-à-dire limité au Maroc, l'Algérie et la Tunisie, pays pour lesquelles une information suffisante est disponible. A l'échelle du « Grand Maghreb », il doit pouvoir également couvrir la Libye. Bien que les oligochètes aquatiques de ce pays demeurent pratiquement inconnus, les quelques données disponibles tendent à montrer que la faune d'oligochètes aquatiques de Libye est beaucoup plus pauvre que celle du « Petit » Maghreb, en raison de conditions climatiques beaucoup plus arides dans le nord-est de l'Afrique. Par contre, ce guide n'est pas approprié pour la Mauritanie, qui, malgré l'ignorance totale de sa faune d'oligochètes aquatiques, appartient à la zone afro-tropicale, au contraire du Maghreb qui abrite une faune essentiellement ouest-paléarctique.

Ce guide a été conçu pour pouvoir être utilisé par n'importe quelle personne intéressée par l'étude des oligochètes dulçaquicoles d'Afrique du nord, sans formation particulière. Cette approche permet de cibler un large public mais présente également certaines contraintes. En particulier, l'identification des oligochètes doit éviter, dans la mesure du possible, le recours aux caractères anatomiques internes, difficiles à appréhender pour un non-spécialiste, et repose d'abord sur les caractères externes. Il en résulte que la séparation des genres n'est pas toujours possible avec ces clés, en particulier pour les Naididae tubificides, dans la mesure où les genres sont essentiellement définis sur la base de la morphologie interne.

Les clés d'identification fournies dans ce guide suivent l'approche développée par Kathman & Brinkhurst (1998), c'est-à-dire qu'elles adoptent un style à mi-chemin entre les clés dichotomiques familières et les clés tabulaires. Ce système est basé sur la division progressive des oligochètes en groupes de plus en plus restreints d'espèces, basés sur des caractères clairement visibles. Avec de la pratique, un examen préliminaire du spécimen à identifier permet de sauter la plupart des étapes décisionnelles qui permettent d'aboutir à un groupe particulier. Par rapport aux clés dichotomiques traditionnelles qui obligent, à chaque fois, de démarrer depuis le début, ce système a l'avantage d'être beaucoup plus rapide. Il oblige également le lecteur à reconnaître un minimum de caractéristiques morphologiques du spécimen étudié, préalablement à l'utilisation de la clé, ce qui peut s'avérer fort utile, par la suite, s'il s'avère que l'animal est nouveau pour la faune du Maghreb et n'est pas repris dans ce guide.

La rédaction de ce guide a été possible par la consultation de nombreux ouvrages généraux auxquels le lecteur pourra utilement se référer, à savoir Brinkhurst & Jamieson (1971), Chekanovskaya (1981), Hrabě (1981), Kasprzak (1981, 1986), Kathman & Brinkhurst (1998), Timm & Veldhuijzen van Zanten (2002) et Timm (2009). D'autres ouvrages traitent de familles en particulier, soit Sperber (1950 ; Naididae), Nielsen & Christensen (1959 ; Enchytraeidae), Bouché (1972 ; Lumbricidae) et Schmelz & Collado (2010 ; Enchytraeidae). Une sélection de références plus particulières à une famille est donnée lors de la présentation de la famille proprement dite.

Enfin, Il est important de préciser que les photos qui illustrent les descriptions d'espèces ont été prises sur du matériel échantillonné au Maghreb (Maroc et Algérie, essentiellement), sauf exceptions.

Bruxelles, janvier 2012

Résumé

Ce guide fournit l'information taxonomique pour les 68 espèces d'oligochètes dulçaquicoles connus à l'heure actuelle au Maghreb, au sens strict, c'est-à-dire la région d'Afrique du nord qui regroupe le Maroc, l'Algérie et la Tunisie. Au niveau du Grand Maghreb, ce guide est potentiellement valable pour la Libye mais ne convient pas pour la Mauritanie. Une introduction est faite au milieu dulçaquicole du Maghreb et sa spécificité pour les oligochètes, ainsi qu'une présentation de la biologie et de la diversité globale des oligochètes. Les récentes avancées dans le domaine de la nomenclature et de la classification du groupe sont intégrées. Un panorama détaillé des familles maghrébines d'oligochètes est dressé, précédé par des introductions à l'anatomie générale et aux caractères taxonomiques des oligochètes. Les aspects pratiques liés à l'échantillonnage et aux techniques de préparation des spécimens et de leur conservation sont détaillés, ainsi que les étapes à suivre pour les identifier. Une clé d'identification au niveau spécifique est fournie pour chaque famille, valable uniquement pour les oligochètes connus à l'heure actuelle au Maghreb, mais en précisant les espèces susceptibles d'y être rencontrées en raison de leur distribution biogéographique présente. Enfin, ce guide donne la description d'*Aktedrilus yacoubii* (Naididae, Phallodrilinae), espèce nouvelle pour la science et le Maghreb.

Mots clés – Clitellata, oligochètes dulçaquicoles, Maghreb, clés d'identification, taxonomie, liste d'espèces, échantillonnage, préparation de spécimens.

Abstract

This guide provides taxonomical information for the 68 freshwater oligochaete species known to date in Maghreb *sensu stricto*, namely this region of Northern Africa that includes Morocco, Algeria and Tunisia. At the “Grand Maghreb” level, the guide is potentially valid for Libya as well but not for Mauritania. An introduction to the freshwater environment of Maghreb and its peculiarity vis-à-vis the oligochaetes is given, as well as a presentation of the biology and general diversity of oligochaetes. Recent nomenclatural and classification advances are integrated. A comprehensive overview of Maghrebi oligochaete families is given, preceded by introductions into the general anatomy and taxonomic traits of oligochaetes. Practical aspects of sampling, and techniques of specimen preparation and conservation are detailed, as well as steps required for their identification. An identification key, at the species level, is provided for each family, only valid for oligochaetes presently known from Maghreb; however, species likely to be found in the future, because of their current biogeographic distribution, are also mentioned. Lastly, this guide gives the description of *Aktedrilus yacoubii* (Naididae, Phallodrilinae), a species new for science and Maghreb.

Keywords – Clitellata, freshwater oligochaetes, Maghreb, identification keys, taxonomy, species list, sampling, specimen processing.

Sommaire

1.	Introduction	1
1.1.	Le milieu dulçaquicole au Maghreb.....	1
1.2.	Les oligochètes au Maghreb	3
1.2.1.	Etat des connaissances.....	3
1.2.2.	Nature de la faune d'oligochètes du Maghreb.....	4
1.2.3.	Intérêt de l'étude des oligochètes au Maghreb.....	5
2.	Les Oligochètes	6
2.1.	Définition	6
2.2.	Classification et nomenclature	6
2.2.1.	Une classification en plein remaniement.....	6
2.2.2.	Classification des oligochètes	6
2.3.	Diversité	8
2.4.	Biologie.....	9
2.5.	Références	10
3.	Morphologie générale des oligochètes.....	10
3.1.	Segmentation	10
3.2.	Soies	11
3.2.1.	Soies capillaires.....	12
3.2.2.	Crochets	13
3.2.3.	Soies aciculaires.....	14
3.2.4.	Soies génitales	14
3.3.	Organes reproducteurs	15
3.4.	Autres caractères morphologiques utilisés.....	19
3.4.1.	Organes photosensibles.....	19
3.4.2.	Proboscis.....	19
3.4.3.	Papilles épidermiques	19
3.4.4.	Branchies.....	19
3.4.5.	Cœlomocytes	19
3.4.6.	Segmentation secondaire.....	20
3.4.7.	Vaisseaux sanguins.....	20
3.4.8.	Appareil digestif.....	20
3.4.9.	Caractères particuliers.....	20
4.	Qualificatifs d'orientation.....	20
5.	Panorama des familles rencontrées au Maghreb	22
5.1.	Almidae	22
5.2.	Enchytraeidae	23
5.3.	Haplotaxidae	25
5.4.	Lumbricidae.....	26
5.5.	Lumbriculidae	27
5.6.	Naididae – Naidinae, Pristininae	28
5.7.	Naididae tubificides	30
5.8.	Phreodrilidae	32

6.	Liste des espèces d'oligochètes dulçaquicoles du Maghreb.....	33
7.	Récolte, conservation, dissection et montage.....	36
7.1.	Récolte	36
7.1.1.	Eaux de surface.....	36
7.1.2.	Eaux souterraines.....	36
7.2.	Fixation sur le terrain.....	38
7.3.	Etiquetage des échantillons	38
7.4.	Conservation au laboratoire	39
7.5.	Montage	40
7.6.	Numérotation des lames, étiquetage.....	44
7.7.	Dissection.....	45
8.	Identifier un oligochète en pratique	48
8.1.	Etapes à suivre.....	48
8.2.	Raccourcis.....	49
8.3.	Points importants.....	50
9.	Clés d'identification - Clé des familles	50
10.	Almidae	57
11.	Enchytraeidae.....	58
11.1.	Séparation des groupes primaires	59
11.2.	Fiches descriptives des genres et espèces d'Enchytraeidae.....	65
	<i>Achaeta</i>	65
	<i>Buchholzia</i>	66
	<i>Cernosvitoviella</i>	72
	<i>Cognettia</i>	74
	<i>Enchytraeus</i>	76
	<i>Fridericia</i>	79
	<i>Henlea</i>	81
	<i>Lumbricillus</i>	81
	<i>Marionina</i>	84
	<i>Mesenchytraeus</i>	86
12.	Haplotaxidae.....	88
	<i>Haplotaxis</i>	88
13.	Lumbricidae.....	90
	<i>Eiseniella</i>	90
14.	Lumbriculidae.....	91
14.1.	Séparation des groupes primaires	91
14.2.	Fiches descriptives des genres et espèces de Lumbriculidae	92
	<i>Lumbriculus</i>	92
	<i>Trichodrilus</i>	93

15.	Naididae – Naidinae, Pristininae	97
15.1.	Séparation des groupes primaires	97
15.2.	Fiches descriptives des genres et des espèces de Naididae.....	99
	<i>Chaetogaster</i>	99
	<i>Dero</i>	100
	<i>Nais</i>	107
	<i>Ophidonais</i>	116
	<i>Paranais</i>	117
	<i>Pristina</i>	121
	<i>Slavina</i>	127
16.	Naididae tubificides	128
16.1.	Séparation des groupes primaires	128
16.2.	Fiches descriptives des genres et espèces de Naididae tubificides .	132
	<i>Akteredrilus</i>	132
	<i>Aulodrilus</i>	135
	<i>Bothrioneurum</i>	138
	<i>Branchiura</i>	140
	<i>Epirodrilus</i>	142
	<i>Limnodrilus</i>	146
	<i>Lophochaeta</i>	151
	<i>Potamothrix</i>	152
	<i>Psammoryctides</i>	154
	<i>Rhyacodrilus</i>	156
	<i>Tubifex</i>	157
17.	Phreodrilidae	161
	<i>Astacopsidrilus</i>	161
18.	Références	164
19.	Lexique	175
20.	Remerciements	180
21.	A propos des auteurs	181
22.	Index taxonomique	182

1. Introduction

1.1. Le milieu dulçaquicole au Maghreb

Au sens strict, le Maghreb est la région d'Afrique du nord correspondant à la partie occidentale du monde arabe, qui regroupe l'ensemble des trois pays occupant la péninsule atlassienne, le Maroc, l'Algérie et la Tunisie (Fig. 1). Par extension, le « Grand Maghreb » désigne la région septentrionale de l'Afrique comprise entre la mer Méditerranée, l'océan Atlantique, le Sahara et l'Egypte (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye et Mauritanie).

Le Maghreb, au sens strict, possède une superficie de plus de 3,3 millions de km², dont plus de deux tiers en zone désertique. Cette région est bordée au nord par la mer Méditerranée, à l'ouest par l'océan Atlantique et au sud par le désert du Sahara. Elle est traversée par la chaîne de l'Atlas sur plus de 2 000 kilomètres. Le sud du Maghreb est occupé par le désert du Sahara dont la majeure partie est constituée de plaines rocailleuses, le reste étant constitué d'immenses dunes de sable.

La région connaît une grande diversité de types de climat, due à son étendue en longitude et latitude, à l'existence de chaînes montagneuses dépassant les 3000 mètres et à l'influence maritime au voisinage des côtes (Agoumi, 2003). Il en résulte que la région est à dominance semi-aride à aride et que les précipitations présentent une grande variabilité spatiale et interannuelle, avec des précipitations faibles dans la partie sud, un nombre de jours de pluie très limité et des épisodes de sécheresse périodiques et fréquents dont la durée peut dépasser trois années successives (Agoumi, 2003).

Au Maghreb, les cours d'eau, « oued » en arabe ou « assif » en berbère, sont alimentés par ces rares précipitations, souvent intenses, et connaissent un régime hydrologique très irrégulier (Stoffel *et al.*, 2002). D'une part, ils se retrouvent quasiment à sec, chaque année, et souffrent d'une surcharge considérable en substances chimiques et polluantes néfastes. D'autre part, les crues intempestives consécutives aux pluies orageuses, dans les massifs montagneux, emportent d'énormes quantités de matériaux sédimentaires (Fig. 2). Il en résulte que, bien souvent, le cours superficiel est un milieu inhospitalier pour la faune dulçaquicole, laquelle doit être capable de résister aux grandes amplitudes des paramètres physico-chimiques de son habitat (température, salinité, oxygène dissous, charge sédimentaire, etc.), et est contrainte de trouver refuge dans le cours souterrain. En raison d'une plus grande stabilité environnementale, les eaux souterraines (sous-écoulement, nappes phréatiques) jouent probablement un grand rôle dans le maintien d'une faune aquatique diversifiée (Fig. 3).

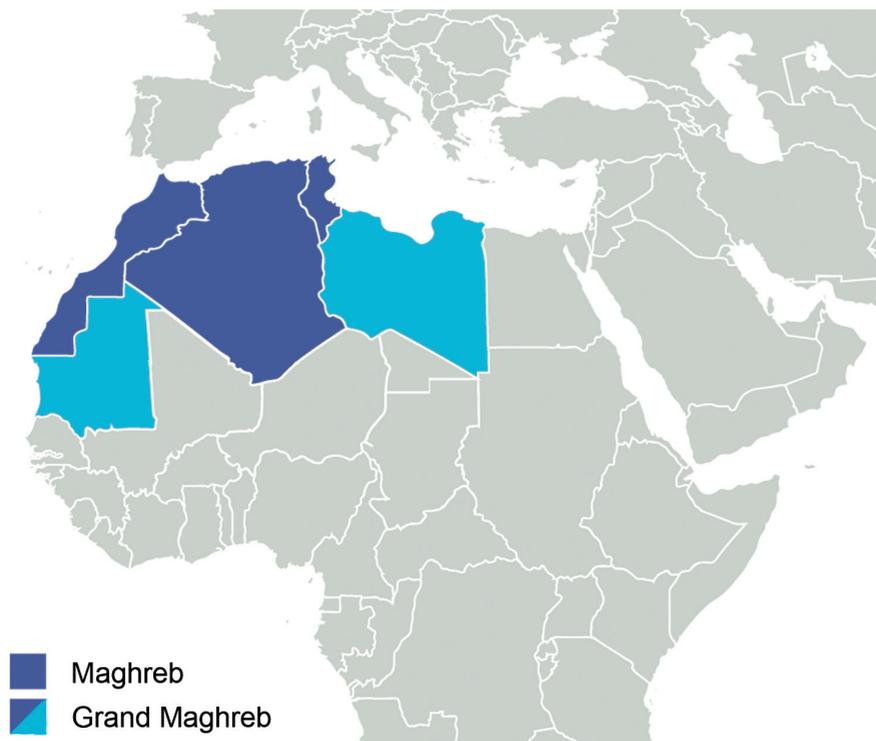


Fig. 1. Situation géographique du Maghreb.

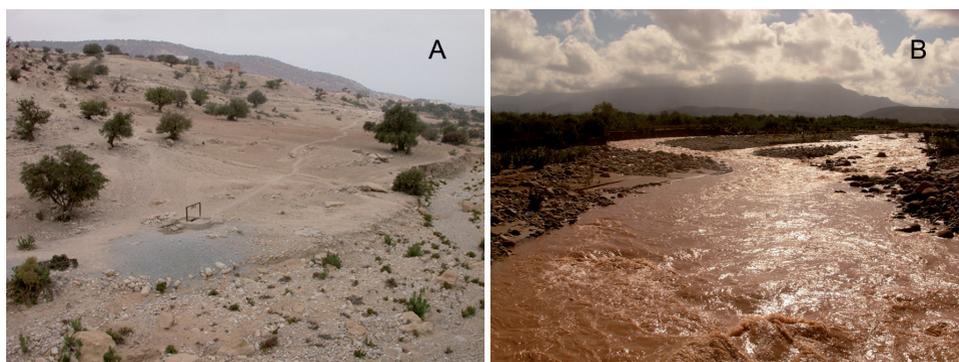


Fig. 2. Régime hydrologique irrégulier des oueds. **A.** Puits sur la berge d'un oued à sec. **B.** Oued après une période pluvieuse (oued Zat, Maroc).



Fig. 3. Diversité du milieu dulçaquicole au Maghreb. **A.** Oued. **B.** Puits. **C.** Source dans un oasis. **D.** Résurgence. **E.** Lac naturel (lac de Tislit, Haut-Atlas, Maroc ; photo : M. Messouli).

1.2. Les oligochètes au Maghreb

1.2.1. Etat des connaissances

Pendant longtemps, la faune des oligochètes dulçaquicoles du Maghreb est restée pratiquement inconnue. Au début des années 80, on dénombrait 3 espèces d'oligochètes au Maroc (Sahara occidental ; De Henau & Dumont, 1976), 8 espèces en Algérie et aucune espèce en Tunisie (Martínez-Ansemil *et al.*, 1987 ;

Martínez Ansemil, 1993). La région a ensuite bénéficié d'importants travaux, sous l'impulsion de Giani et Martínez Ansemil, en collaboration avec les chercheurs locaux tels que Boumaiza, Baroudi, Lounaci (Gagneur *et al.*, 1986 ; Boumaiza *et al.*, 1986a,b ; Martínez-Ansemil & Giani, 1987). Martínez Ansemil (1993) en a donné un historique détaillé. A l'heure actuelle, 68 espèces sont connues au Maghreb mais on peut considérer qu'une prospection plus exhaustive des milieux aquatiques d'Afrique du nord révélera d'autres espèces dans cette région, en particulier dans les eaux souterraines.

A l'échelle du Grand Maghreb, c'est-à-dire en considérant la Libye et la Mauritanie, l'état des connaissances est, malheureusement, resté inchangé, avec 6 espèces banales connues en Libye (*Tubifex tubifex*, *Tubifex blanchardi*, *Limnodrilus udekemianus*, *Psammoryctides barbatus*, *Branchiura sowerbyi*, *Eiseniella tetraedra*) et aucune en Mauritanie.

La faune d'oligochètes d'Afrique du nord est typique de la zone paléarctique ouest et est très semblable à celle de la bordure nord de la Méditerranée, mais en plus pauvre (Martínez-Ansemil & Giani, 1987). *Astacopsidrilus naceri* (Phreodrilidae) est la seule espèce afro-tropicale présente en Afrique du nord, et témoigne de ce que certaines régions du Maghreb forment une zone de transition entre deux régions biogéographiques. Omodeo *et al.* (2003) a montré les affinités évidentes entre la faune des oligochètes terrestres d'Afrique du nord et la faune ibérienne et macaronésienne, ainsi qu'entre l'Italie (Sicile) et la Tunisie (Omodeo, 1960), suggérant la présence d'anciens ponts terrestres qui ont relié ces régions au cours de leur histoire.

La faune des oligochètes du Maghreb est, habituellement, considérée comme pauvre et banale, et composée d'espèces à très large répartition (Boumaiza *et al.*, 1986a ; Gagneur *et al.*, 1986) mais cette constatation est basée sur une prospection essentiellement orientée vers les eaux stagnantes et les herbiers. L'intérêt porté ces vingt dernières années sur les oligochètes, par l'Université de Marrakech (Maroc), en particulier dans le domaine souterrain, est en train de modifier notre regard sur cette faune qui pourrait se révéler plus riche et particulière que supposée (Yacoubi Khebiza, 1996 ; Aït Boughrou, 2007 ; El Alami El Filali, 2010). En particulier, la découverte, dans le milieu souterrain, de la sous-famille des Phallo-drilinae témoigne d'une faune d'origine marine qui aurait colonisé le milieu dulçaquicole à partir du littoral marin, au travers du milieu interstitiel, via des eaux de salinité décroissante (Giani & Rodríguez, 1988 ; Sambugar *et al.*, 1999). Une seule espèce est décrite dans ce guide, *Akteredrilus yacoubii* sp. n., mais une autre nouvelle espèce est d'ores et déjà identifiée et sera décrite ultérieurement. Il faut s'attendre à ce que des prospections ciblées de ce milieu augmentent encore, dans le futur, la diversité au sein de cette sous-famille d'oligochètes.

1.2.2. Nature de la faune d'oligochètes du Maghreb

Le régime spasmodique de la plupart des cours d'eau d'Afrique du nord les rend inhospitaliers pour la faune dulçaquicole qui est contrainte de trouver refuge dans le cours souterrain. Même dans les eaux stagnantes et les lacs de barrage, les oligochètes doivent faire face à des conditions parfois extrêmes de température et d'oxygène dissous, ce qui explique probablement la rareté des Lumbriculidae en

Afrique du nord, alors que cette famille thermophobe est très diversifiée dans la zone paléarctique (plus de 150 espèces ; Martin *et al.*, 2008).

Au Maghreb, la famille la plus diversifiée, les Naididae (45 espèces), est essentiellement constituée d'espèces qui présentent une grande valence écologique et une résistance élevée au manque d'oxygène, aux températures élevées et/ou aux pollutions organiques. Ces espèces vivent soit dans la colonne d'eau, éloignées du sédiment potentiellement anoxique (la plupart des Naidinae) ou, parmi les formes fouisseuses, beaucoup d'espèces présentent des adaptations particulières, soit physiologiques (*Tubifex tubifex*, *Limnodrilus* spp., *Potamothrix* spp.) et/ou soit par la possession d'organes respiratoires (branchies : *Dero* spp., *Branchiura sowerbyi* ; queue modifiée en tube respiratoire : *Aulodrilus* spp.).

En raison du climat maghrébin semi-aride à aride, l'évapotranspiration des eaux est importante. Il en résulte souvent une forte conductivité des eaux, voire de fortes chlorosités qui expliquent la présence d'espèces connues pour leur préférence pour les eaux fortement minéralisées ou saumâtres, telles que *Paranais birsteini* var. *maghrebensis* et *Nais elinguis* (Naidinae, Naididae) (Boumaiza *et al.*, 1986a), *Epirodilus* spp. (Rhyacodrilinae, Naididae), formes de *Tubifex tubifex* (Tubificinae, Naididae), *Cernovitoviella immota* (Enchytraeidae ; Schmelz & Collado, 2010), ou *Aktedrilus yacoubii* (Phallo-drilinae, essentiellement marins ; Erséus, 1992).

1.2.3. Intérêt de l'étude des oligochètes au Maghreb

Les oligochètes jouent un rôle prépondérant dans les écosystèmes aquatiques, connu depuis longtemps (Giani, 1984). En particulier, ils ont un impact considérable sur le sédiment et on considère, généralement, que les oligochètes limicoles fouisseurs jouent, dans l'évolution des sédiments du fond des eaux, un rôle analogue à celui des vers de terre dans les sols émergés (Avel, 1959).

D'un point de vue économique, les oligochètes sont importants pour de multiples raisons, abondamment discutées dans la littérature (voir, notamment, Giani, 1984 ; Kathman & Brinkhurst, 1998 ; Martin *et al.*, 2008). Par le remaniement complet du sédiment sur plusieurs centimètres, plusieurs fois par an, ils ont un impact considérable sur la structure des sédiments et participent aux flux de certaines substances au travers de l'interface eau/sédiment. Ils sont également une proie essentielle pour les poissons et de nombreux invertébrés. Ils permettent souvent de caractériser des pollutions et de quantifier leur impact environnemental (Rodríguez & Reynoldson, 2011). Ils sont également utilisés dans des études toxicologiques et sont aussi des hôtes intermédiaires d'un certain nombre de parasites de poissons.

La plupart de ces raisons sont également applicables aux oligochètes du Maghreb. Cependant, les travaux d'Aït Boughrou *et al.* (2009) ont récemment apporté une dimension nouvelle à l'utilisation potentielle des oligochètes dans un contexte de développement durable. Ces chercheurs ont suggéré que la biodiversité génétique au sein du genre *Trichodrilus* dans les eaux souterraines du Maroc pouvait être utilisée comme marqueur biologique des nappes phréatiques. Cette étude fournit des perspectives intéressantes dans la mesure où elle suggère que les barcodes moléculaires pourraient fournir un outil simple pour aider les compagnies des eaux à mieux gérer cette ressource inestimable.

2. Les Oligochètes

2.1. Définition

Les Oligochètes sont des vers segmentés à symétrie bilatérale, sétigères et qui possèdent un clitellum. Celui-ci est un épaissement glandulaire de l'épithélium, en forme d'anneau ou de selle, ayant une longueur et un emplacement déterminé pour chaque espèce, et qui secrète un cocon à l'intérieur duquel seront pondus les œufs. Les soies sont peu nombreuses et s'implantent directement dans la paroi du corps. Les Oligochètes sont hermaphrodites ; le développement est direct, sans stade larvaire. Les gonades sont localisées dans un nombre restreint de segments.

2.2. Classification et nomenclature

2.2.1. Une classification en plein remaniement

Après un premier examen de la littérature existante, toute personne désireuse d'aborder l'étude des oligochètes aura remarqué, avec étonnement et perplexité, qu'il n'existe aucun consensus, à l'heure actuelle sur la classification adoptée dans ce groupe, au-dessus du niveau familial. Cela tient essentiellement à deux raisons : d'une part le système de classification adopté, et, d'autre part, les progrès de la biologie moléculaire qui, en donnant accès à de nouveaux caractères contenus dans les séquences d'ADN, ont provoqué des bouleversements dans les classifications traditionnelles (Adoutte *et al.*, 2000).

Si plusieurs systèmes de classification du vivant ont existé, et continuent à exister, la classification phylogénétique est devenue le système dominant dans le milieu scientifique (voir Lecointre et Le Guyader, 2001). Selon ce système, l'arrangement des êtres vivants en groupes doit se faire selon le critère phylogénétique, c'est-à-dire qu'il doit rendre compte des degrés de parenté entre les espèces et être basé sur des groupes monophylétiques qui comprennent un ancêtre et la totalité de ses descendants. Dans cet ouvrage, nous suivons cette approche phylogénétique mais certains auteurs défendent toujours un système de classification traditionnel, qui admet des groupes paraphylétiques, c'est-à-dire un groupe de taxons comprenant un ancêtre et une partie seulement de ses descendants (Schmelz & Timm, 2007).

2.2.2. Classification des oligochètes

Les Oligochètes forment traditionnellement une classe au sein des Annélides, avec les Polychètes et les Hirudinées (ou « Achètes » ; Avel, 1959 ; Brinkhurst, 1982a). Le nom « Oligochète » (du grec *oligos*, peu nombreux et *chaete*, soie) fait référence aux soies présentes sur chaque segment du soma (voir « Morphologie générale des oligochètes »), mais en nombre réduit, par opposition aux « Polychètes » (du grec *polys*, nombreux) qui possèdent des soies nombreuses sur des parapodes, et aux Achètes (du grec *a*, sans) qui en sont dépourvues.

Avec les sangsues, les oligochètes ont été regroupés au sein des Clitellata, un taxon spécifiquement créé par Michaelsen (1928) pour inclure les vers segmentés

qui possèdent un clitellum. Les Clitellata se divisent traditionnellement en deux grands groupes, à savoir les Oligochaeta, d'une part, et les Hirudinea *sensu lato* (les « vraies » sangsues plus *Acanthobdella peledina*, parasite du saumon arctique), d'autre part, avec les Branchiobdellida (ectoparasites d'écrevisses, à habitus de sangsue) soit comme un taxon au sein des Hirudinea (Sawyer, 1986), soit comme un troisième groupe en lui-même (Erséus, 2005).

Récemment, Jamieson & Ferraguti (2006) ont proposé une révision de la classification phylogénétique des oligochètes, qui intègre les données moléculaires les plus récentes, mais celle-ci demeure inachevée et instable, en raison des progrès constants dans le domaine moléculaire. Fait soupçonné depuis longtemps par leur morphologie, les analyses moléculaires ont confirmé que les oligochètes formaient un groupe paraphylétique, à moins d'y inclure les sangsues et les branchiobdellides (Martin, 2001 ; Siddall *et al.*, 2001 ; Martin *et al.*, 2005). En d'autres termes, selon le principe de monophylie, les sangsues et les branchiobdellides sont des oligochètes et Clitellata devient synonyme de « Oligochaeta ». Etant d'appellation plus ancienne, l'utilisation du terme Oligochaeta Huxley, 1875 pourrait être considéré prioritaire sur Clitellata Michaelsen, 1928. Dans ce cas précis, les règles de nomenclature zoologique (ICZN, 1999) ne sont pas d'application, n'étant pertinentes que jusqu'au niveau familial. Le choix d'une appellation est donc laissé à l'appréciation des taxinomistes.

En ce qui nous concerne, nous pensons qu'il est plus opportun d'adopter le terme « Clitellata » dans la mesure où il a été spécifiquement formulé pour inclure les Hirudinea (Martin, 2001), ce qui prive, *de facto*, le terme « Oligochaeta » de son statut formel. Cependant, les oligochètes forment un groupe cohérent, tant d'un point de vue morphologique qu'écologique, distinct des Hirudinea, et il doit rester commode de pouvoir s'y référer autrement que sous la forme « Clitellata à l'exclusion des Hirudinea et des Branchiobdellida ». Aussi, nous avons choisi d'utiliser le nom commun « oligochète » (en minuscule) pour désigner les « Oligochaeta *sensu stricto* ». Le terme vernaculaire « oligochète » n'est pas reconnu officiellement dans la nomenclature actuelle (qui n'accepte que les noms latins ou latinisés) et permet, ainsi, de traiter, de façon commode, d'un groupe paraphylétique, au même titre que les « microdriles » ou les « tubificides » désignent des groupes paraphylétiques qui, pour une raison ou une autre (taille, écologie, ...), forment un tout cohérent qui justifie qu'on les traite séparément. Le cas de l'ancienne famille des Tubificidae sera traité ultérieurement (voir « Panorama des familles »).

2.3. Diversité

Les Oligochètes *sensu stricto* sont présents dans les milieux marins, estuariens, dulçaquicoles et terrestres (Martin *et al.*, 2008). Environ deux tiers des quelques 5000 espèces décrites et considérées comme valides appartiennent à des familles de vers de terre (Erséus, 2005). Les vers de terre sont habituellement désignés par le terme vernaculaire « mégadrile » (Stephenson, 1930), en raison de leur grande taille (2 cm à 3 m ; Avel, 1959). Ils correspondent au taxon Crassiclitellata (Jamieson, 1988) qui désigne un groupe monophylétique au sein des oligochètes, caractérisé par un clitellum à couches cellulaires multiples. Bien qu'essentiellement terrestres, les mégadriles contiennent 4 familles, sur 14, qui sont présentes dans le milieu aquatique ou semi-aquatique. Parmi celles-ci, seule la famille des Almidæ, via *Criodrilus lacuum*, a été récoltée au Maghreb.

À l'exception de quelques genres à allure de ver de terre, la plupart des oligochètes aquatiques sont généralement très petits et effilés, longs d'environ 1 mm à quelques centimètres (Fig. 4). En raison de leur taille, ils sont habituellement désignés par le terme vernaculaire « microdrile » mais, au contraire des mégadriles, ils ne forment pas un groupe monophylétique. Les microdriles comprennent 13 familles dont la plupart sont complètement aquatiques, à l'exception des Enchytraeidae, une famille qui est essentiellement terrestre, avec seulement un tiers d'espèces aquatiques. Au Maghreb, les microdriles sont représentés par 5 familles : Enchytraeidae, Haplotaxidae, Lumbriculidae, Phreodrilidae et Naididae (l'ancienne famille des Tubificidae ayant été récemment mise en synonymie avec les Naididae – voir « Panorama des familles »).

Il existe environ 1700 espèces valides d'oligochètes aquatiques à l'heure actuelle ; parmi celles-ci quelques 600 espèces sont marines (Erséus, 2005) et plus de 1100 sont dulçaquicoles (Martin *et al.*, 2008). La diversité au sein des familles dulçaquicoles a été examinée en détail par Martin *et al.* (2008).

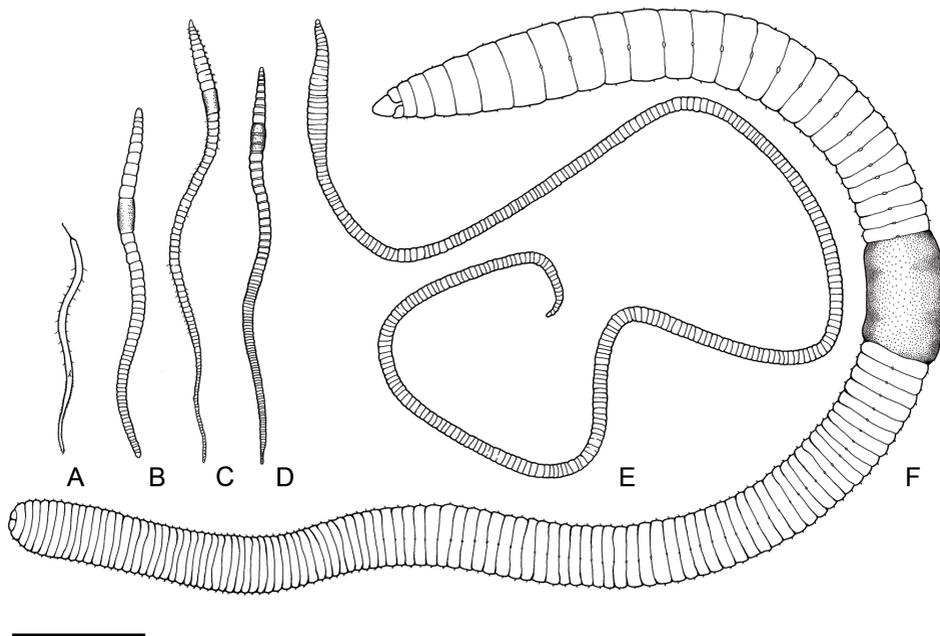


Fig. 4. A-F. Aspect extérieur de quelques oligochètes représentatifs (A-E : microdriles ; F : mégadrile). **A.** *Stylaria lacustris* (Linné, 1767) (Naididae, Naidinae). **B.** *Mesenchytraeus beumeri* (Michaelsen, 1886) (Enchytraeidae). **C.** *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) (Naididae, Tubificinae). **D.** *Stylo-drilus heringianus* Claparède, 1862 (Lumbriculidae). **E.** *Haplotaxis gordioides* (Hartmann, 1821) (Haplotaxidae). **F.** *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843 (Lumbricidae). Echelle = 1 cm. (Dessin d'après Michaelsen, 1928).

2.4. Biologie

Les oligochètes sont, en grande majorité, des animaux fousseurs qui se nourrissent de bactéries, micro-organismes et détritiques contenus dans le sol et les sédiments ingérés. La plupart des oligochètes dulçaquicoles sont des détritivores et s'enfoncent dans le sédiment. Ils sont capables de remanier le sédiment de fond en comble sur plusieurs centimètres et, en conséquence, jouent un rôle bioturbateur important. Au sein des Naididae, la sous-famille des Naidinae se distingue par son mode de vie adapté au sédiment de surface ou à la nage parmi la végétation où ils se nourrissent d'algues ou de micro-organismes qu'ils broutent à la surface des plantes. Quelques oligochètes seulement sont prédateurs (*Haplotaxis*) ou commensaux (*Chaetogaster*), mais ces comportements restent rares au sein du groupe.

Tous les oligochètes peuvent se reproduire sexuellement bien que la reproduction asexuée soit beaucoup plus répandue dans certains groupes. En règle générale, les Naidinae se reproduisent essentiellement par paratomie (division au niveau de zones de bourgeonnement, où la régénération a déjà commencé), ou par architomie

(fragmentation suivie de régénération). Ce dernier mode de reproduction est aussi commun chez certains lumbriculides et tubificines. Sous certaines conditions environnementales, certaines espèces se reproduisent par parthénogenèse, alors que leur mode habituel de reproduction est sexué.

2.5. Références

Avel, 1959 : plusieurs ouvrages sont parus depuis cette synthèse sur les oligochètes, parue dans le fameux « Traité de Zoologie » (Grassé, 1959). Aucun n'aborde les oligochètes avec cette vue d'ensemble propre à cet ouvrage qui reste indispensable pour toute personne désireuse d'étudier les oligochètes. La classification proposée n'est plus d'actualité mais les descriptions succinctes des familles restent pertinentes.

Brinkhurst & Jamieson, 1971 : la référence incontournable sur les oligochètes dulçaquicoles.

Brinkhurst, R. O., 1982a : une classification qui a fait autorité et à laquelle il est souvent fait référence.

Lecointre & Le Guyader, 2001. Une excellente introduction à la classification phylogénétique du vivant.

Stephenson, 1930 : en dépit de son âge, il s'agit d'un ouvrage de référence sur les oligochètes, conseillé, notamment, pour une introduction à la morphologie de ces animaux.

3. Morphologie générale des oligochètes

La morphologie externe et l'anatomie interne des oligochètes aquatiques est détaillée dans des ouvrages généraux tels que Avel (1959), Brinkhurst & Jamieson (1971) et, pour les Enchytraeidae, Schmelz & Collado (2010). Cette section passe en revue les caractéristiques essentielles des oligochètes nécessaires à leur identification, en prenant le parti que cet ouvrage doit pouvoir être utilisé par le plus grand nombre. Dans la mesure du possible, nous avons donc évité le recours aux structures internes qui nécessitent des manipulations particulières pour leur observation. Malheureusement, cette approche montre ses limites dans le cas des Enchytraeidae. Cette famille est traditionnellement considérée comme difficile d'étude car elle nécessite souvent l'observation de caractères internes, difficiles à aborder pour un non-spécialiste, et souvent seulement bien visibles que sur des animaux vivants. Ces points seront abordés plus en détail dans la partie « Clés d'identification » consacrée à cette famille.

3.1. Segmentation

Le corps d'un oligochète est composé de trois régions successives, le prostomium, le soma et le pygidium. Le prostomium (du grec *pro*, devant et *stoma*, bouche) est un petit organe situé au-dessus de la bouche et fusionné avec le premier segment, ou péristomium (du grec *peri*, autour). Comme son nom l'indique, ce

premier segment entoure la bouche. Le pygidium (du grec *pygé*, fesse) est la région postérieure du corps, dépourvue de cavité coelomique et qui porte l'anus. Le soma constitue donc la quasi-totalité du corps. Il est entièrement métamérisé (ou segmenté).

Par convention, les segments sont numérotés par des chiffres romains (par ex. « XI » = 11^{ème} segment), tandis que les chiffres arabes désignent les limites entre segments. Ils correspondent normalement aux dissépiments (ou septums) mais désignent également, par extension, les sillons intersegmentaires (par ex. 9/10 = sillon entre les segments IX et X). En général, les sillons intersegmentaires correspondent aux dissépiments mais ce n'est pas toujours le cas, en particulier chez les Enchytraeidae (cela peut s'avérer important pour localiser des structures telles que les glandes pharyngiennes ou les diverticules intestinaux chez *Buchholzia*, p. ex. – Schmelz & Collado, 2010 : 23).

Sur chaque segment, les soies sont regroupées en 4 faisceaux, 2 en position dorso-latérale et 2 en position ventro-latérale. Par commodité, on se réfère à ces faisceaux en les désignant comme faisceaux « dorsaux » ou « ventraux ». Chez les Enchytraeidae, les soies dorsales ont souvent une position beaucoup plus latérale que dans n'importe quelle autre famille.

Le premier segment est toujours dépourvu de soies. Il est important de se rappeler que *le premier segment porteur de soies est le segment II*, bien que ce segment puisse être dépourvu de soies dorsales. Les Capilloventridae et les Parvidrilidae sont les seules familles où toutes les soies débutent en III (ou IV) mais ces deux familles n'ont pas été trouvées au Maghreb. Les Capilloventridae forment une petite famille regroupant trois espèces dulçaquicoles australiennes et deux espèces marines (Pinder & Brinkhurst, 1997). Par contre, la distribution européenne actuelle des Parvidrilidae (eaux souterraines du sud de l'Europe ; Martínez Ansemil *et al.*, 2012) suggère qu'ils pourraient être présents dans les eaux souterraines du Maghreb. Chez les Phreodrilidae, les soies dorsales sont absentes en II, tandis que chez les Naidinae, elles sont présentes seulement à partir de IV, V ou VI (à l'exception du genre *Amphichaeta* où elles débutent en III).

Etant donné le mode de reproduction essentiellement asexué des Naidinae, il est fréquent de trouver, dans un même échantillon, plusieurs individus secondaires qui se sont séparés et chez lesquels la régénération des segments antérieurs est inachevée. Dans ce cas, les soies dorsales peuvent sembler débuter à partir de II mais, en pratique, un examen attentif permet de les reconnaître par, notamment, l'absence de prostomium.

3.2. Soies

Les soies constituent l'un des caractères principaux utilisés pour l'identification des oligochètes (Fig. 5). Il en existe plusieurs types et en quantité variable par faisceau, dont la combinaison en font des caractères utiles pour identifier les familles. En règle générale, les faisceaux ventraux ne contiennent que des soies sigmoïdes ou droites. Tous les autres types de soies sont dorsaux (à l'exception des soies génitales).

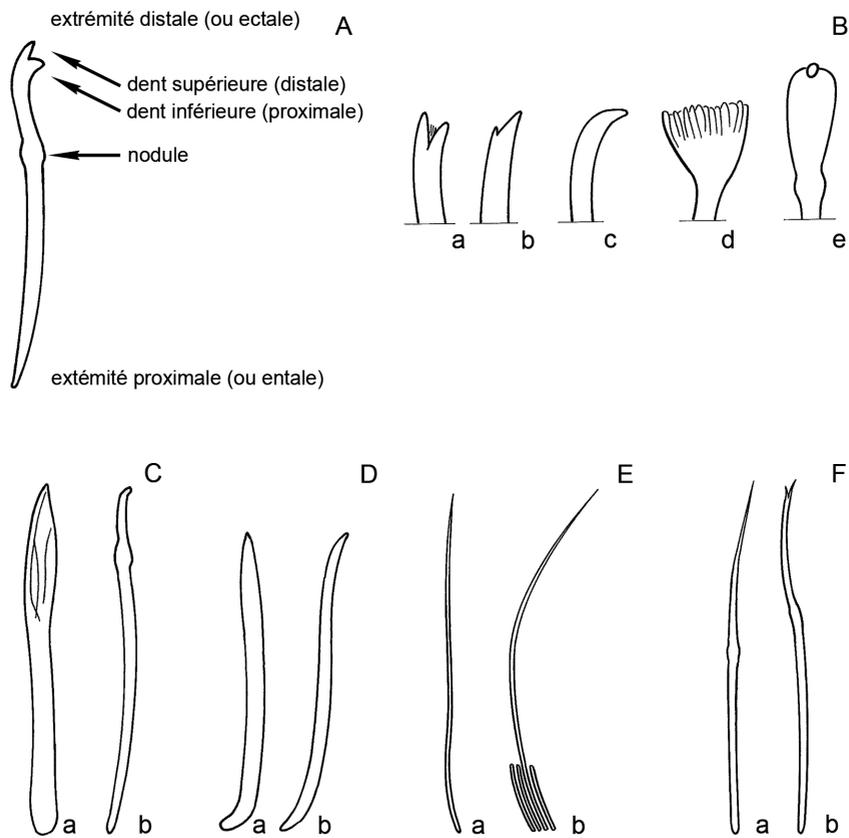


Fig. 5. Diversité des soies au sein des oligochètes. **A.** Crochet bifide nodulé. **Ba-e.** Diversité des extrémités distales des crochets : a. bifide pectiné, b. à dent supérieure réduite, c. à pointe simple, d. palmé, e. en forme d'aviron. **Ca-b.** Soies génitales modifiées : a. spermathécalle, b. pénienne. **Da-b.** Crochet sans nodule, à pointe simple, droit (a) et sigmoïde (b). **Ea-b.** Soies capillaires avec (b ; Phreodrilidae) et sans soies de soutien (a). **Fa-b.** Aiguilles dorsales (Naidinae) : a. à pointe simple, b. bifide à dent supérieure réduite.

3.2.1. Soies capillaires

Ce sont des soies fines, en forme de cheveu (Fig. 5E). Elles sont toujours contenues dans les faisceaux dorsaux, à l'exception des Capilloventridae et des Parvidrilidae qui en possèdent dans les faisceaux ventraux.

Les soies capillaires peuvent être lisses, recouvertes d'une pilosité partiellement, ou sur tout le pourtour (soies capillaires plumeuses), ou encore pourvues d'indentations sur un seul côté (soies capillaires denticulées). Habituellement, ces particularités ne sont observables qu'au microscope, avec un objectif à immersion (X100). Même dans ce cas, l'observation de la pilosité peut être difficile. Il faut alors

chercher les soies capillaires qui ont été cassées ou pliées dans la préparation. Les denticules sont alors plus visibles car elles font habituellement saillie au niveau de la pliure ou de la cassure.

Les soies capillaires sont présentes chez les Capilloventridae, Naididae, Opistocystidae, Parvidrilidae et Phreodrilidae. Au Maghreb, elles se rencontrent uniquement chez les Naididae, dans toutes les sous-familles présentes, à l'exception des Phalodrilinae.

3.2.2. Crochets

Les crochets sont présents dans les faisceaux dorsaux et ventraux (Fig. 5A). Ils sont constitués d'une hampe contenue en partie à l'intérieur du corps et font saillie à l'extérieur par une pointe simple ou bifide. Pour cette raison, on distingue habituellement sur la soie une partie entale, à l'intérieur du corps, et une partie ectale, à l'extérieur du corps. Dans le cas des soies, la partie entale correspond aussi à l'extrémité proximale, la partie ectale à la partie distale (voir « Orientation »). La hampe présente en général un renflement, ou nodule, dont la position relative sur la hampe est un caractère également utile. Le nodule peut être absent, en particulier sur certains types de soies des Enchytraeidae (Fig. 5D).

Les crochets peuvent être en forme de S (on s'y réfère comme « soie sigmoïde » ; Fig. 5A, Db) ou droits (Fig. 5Da). Les soies sigmoïdes présentent une certaine diversité et peuvent être bifides, à pointe simple, pectinées, palmées, ou présenter des modifications inhabituelles du schéma de base (Fig. 5B).

Les *soies bifides* portent deux dents à leur extrémité distale (Fig. 5A). Leur longueur relative et leur degré de bifurcation sont des caractères importants. En général, la dent distale (supérieure) est plus longue que la dent proximale (inférieure). La situation inverse est plus rare et permet de s'orienter rapidement vers certains Phalodrilinae (Naididae) ou, au Maghreb, vers les espèces suivantes : *Aulodrilus* sp., *Branchiura sowerbyi* et *Lumbriculus variegatus*.

Les *soies à pointe simple* ont une extrémité pointue (Fig. 5Bc). Elles sont sigmoïdes ou droites et, dans ce dernier cas, elles sont caractéristiques des Enchytraeidae. Parmi les espèces signalées au Maghreb, outre chez les Enchytraeidae, les soies sigmoïdes à pointe simple sont aussi présentes chez les Lumbriculidae (*Trichodrilus*) et dans les faisceaux ventraux d'*Astacopsidrilus naceri* (Phreodrilidae). Des soies sigmoïdes à pointe simple, massives et courtes, sont caractéristiques des vers de terre (Crassiclitellata) représentés, dans le milieu aquatique du Maghreb, par les Almidae et les Lumbricidae. Les Haplotaxidae ont des soies à pointe simple, en forme de faucille.

Les *soies pectinées* sont des soies bifides pourvues de petites dents intermédiaires (Fig. 5Ba). Elles sont toujours dorsales, habituellement associées à des soies capillaires et typiques, en majorité, des Tubificinae. Chez quelques tubificines, il peut y avoir trace de dents intermédiaires dans les soies ventrales mais cela reste anecdotique.

Les soies *palmées* sont une variété particulière de soies pectinées où les dents intermédiaires ont atteint un développement comparable aux dents extérieures et ont fusionné pour former une palmure (Fig. 5Bd). Elles sont typiques de *Psammoryctides barbatus*.

Certaines soies sigmoïdes ont une forme *inhabituelle* qui permet de reconnaître instantanément une espèce ou un groupe d'espèces. C'est le cas d'*Aulodrilus pigueti* qui a des soies aplaties en forme d'aviron (Fig. 5Be), ou d'*Aulodrilus limnobius* dont les soies bifides possèdent des ailettes latérales.

3.2.3. Soies aciculaires

Les soies *aciculaires*, ou en forme d'aiguille, sont toujours dorsales (Fig. 5F). Ce sont de petites soies, fines et délicates comme des aiguilles, à pointe simple ou bifide, avec ou sans nodule. Elles sont typiques des Naidinae et Pristininae. Chez *Ophidonais serpentina*, elles ont une forme massive.

3.2.4. Soies génitales

Lors de la maturation sexuelle, les soies ventrales associées aux pores génitaux peuvent disparaître et de nouvelles soies, modifiées, se développent à proximité immédiate des pores génitaux, spermathécaux et/ou péniens (Fig. 5C).

Associées aux pores spermathécaux, ou à proximité de ceux-ci, les soies spermathécales sont en général uniques, et ont leur extrémité distale effilée, modifiée en forme de lame ou de gouttière. Cette partie résulte, en fait, d'une modification drastique des dents de la soie bifide originelle, qui se rejoignent pour former une structure dont le rôle principal semble être de transpercer le concopulant afin de le stimuler de façon mécanique, voire chimique par inoculation de sécrétions agissant comme stimulant sexuel (Cuadrado & Martínez-Ansemil, 2001).

Les soies péniennes apparaissent en nombre variable dans chaque faisceau ventral, allant de 1-2 à plusieurs soies par faisceau. Une configuration souvent rencontrée consiste en de nombreuses soies disposées en rangs +/- parallèles (*Epirodrius moubayedi*) ou regroupées sous forme d'éventail dont la base correspond à la partie ectale des soies qui convergent les unes vers les autres. L'extrémité distale des soies est variable, habituellement obtuse, sous forme de dents +/- fusionnées, ou encore en forme de faucille (*Rhyacodrilus falciformis*). Les soies péniennes semblent surtout servir à l'accrochage des partenaires lors de l'accouplement et au transfert du sperme dans la spermathèque du concopulant (Cuadrado & Martínez-Ansemil, 2001).

Chez *Criodrilus lacuum*, il existe plusieurs soies modifiées dans la région génitale, entre IX et XXIII, sans distinction particulière avec les soies associées aux pores spermathécaux et celles associées aux pores péniens.

Les soies génitales sont présentes dans toutes les familles de microdriles signalées au Maghreb, sauf les Enchytraeidae, où elles sont toujours absentes. Chez les

Lumbriculidae, leur présence est exceptionnelle (*Thinodrilus genitosestosus*, Alaska ; *Pseudorhynchelmis* spp., lac Baïkal ; *Trichodrilus longipenis*, Catalogne, N-E. Espagne) (Martin & Kaygorodova, 2008). *Trichodrilus* est un genre fondamentalement paléarctique, bien présent au Maghreb. *T. longipenis* est la seule espèce, parmi les 37 espèces du genre connues à l'heure actuelle, à posséder des soies péniennes discrètes, qui diffèrent seulement des soies somatiques par leur aspect plus délicat et leur extrémité en aiguille, sans différence de taille notable (Giani & Rodríguez, 1994). Il n'est donc pas exclu que de nouvelles espèces, possédant des soies péniennes, soient découvertes dans le futur.

Les soies spermathécales sont exclusivement connues des Naididae et sont rares, en général. Au Maghreb, on peut les rencontrer chez *Pristina* (Pristininae), *Potamothrix bavaricus*, *P. hammoniensis* et *Psammoryctides barbatus* (Tubificinae).

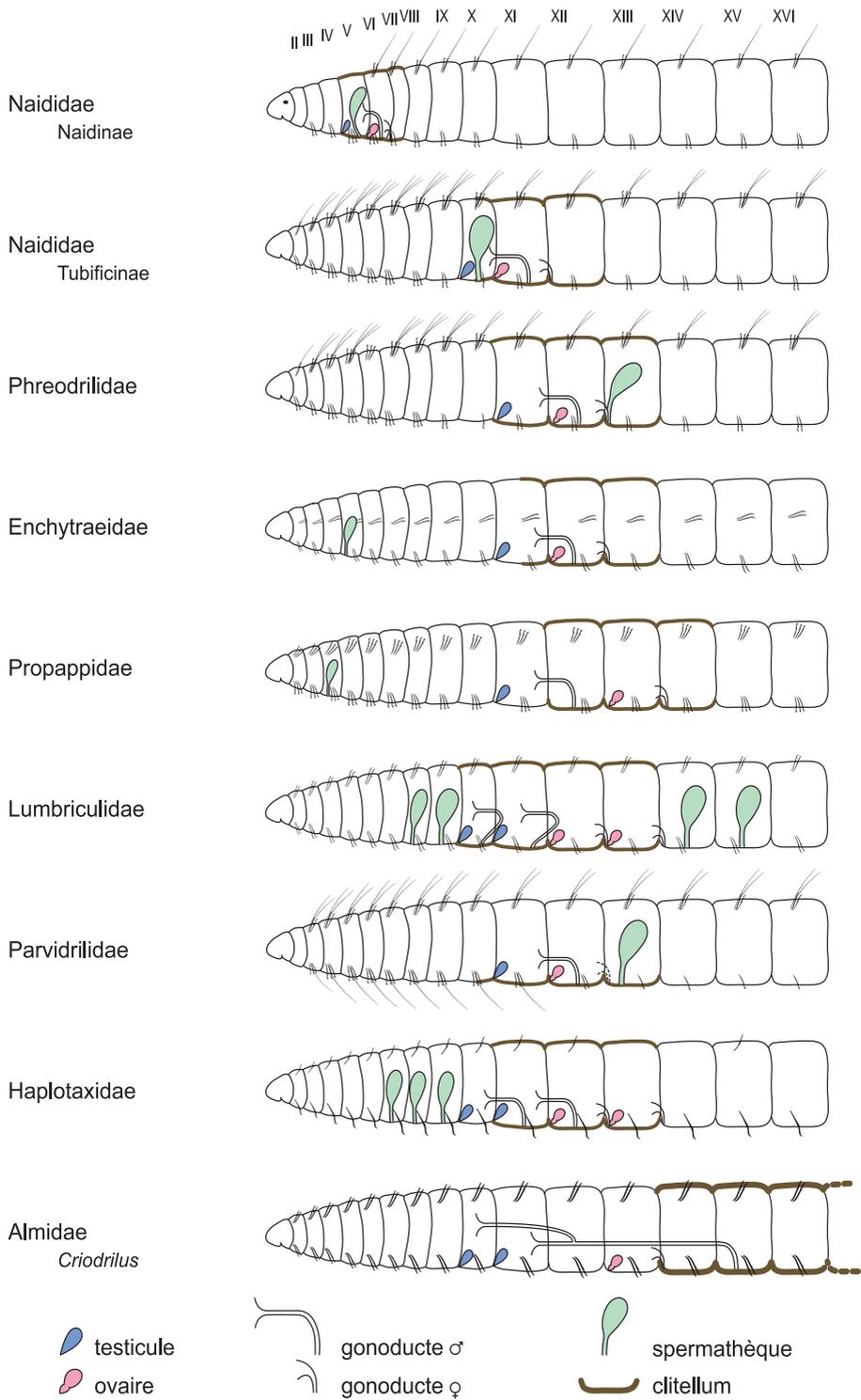
Les soies péniennes sont, de loin, les plus courantes. Comme les soies spermathécales, elles sont essentiellement présentes chez les Naididae. Au Maghreb, on les rencontre dans les espèces suivantes : *Aulodrilus pigueti*, *Bothrioneurum vej dovskyanum*, *Epirodri lus moubayedi*, *Rhyacodrilus falciformis*.

3.3. Organes reproducteurs

Cette section donne une description sommaire des organes reproducteurs des oligochètes dans la mesure où ce guide a été conçu pour être d'utilisation simple. Le recours aux structures internes requiert une préparation particulière (dissection, montage) et un niveau certain d'expertise. Néanmoins, une connaissance succincte des organes reproducteurs est indispensable car ils jouent un rôle prépondérant dans la systématique des oligochètes. Dans certains cas, il est impossible d'identifier une espèce sans recourir à leur observation. Pour une description plus détaillée de ces structures, le lecteur se référera aux ouvrages de références habituels tels que Avel (1959) et Brinkhurst & Jamieson (1971).

Un ver mature se reconnaît habituellement à la présence d'un clitellum. Celui-ci correspond à un épaissement glandulaire en forme d'anneau ou de selle, couvrant plusieurs segments dans la région des pores génitaux, habituellement en X-XIII (la plupart des microdriles) ou en V-VIII (Naidinae et Pristininae ; Naididae) (Fig. 6). Chez la plupart des vers de terre (mégadriles), le clitellum est beaucoup plus épais (d'où le nom « Crassiclitellata », du latin *crassus*, épais, utilisé pour désigner ce clade), étant constitué de plusieurs couches cellulaires, et est localisée plusieurs segments après les pores génitaux, souvent bien après XX. La région adjacente au clitellum apparaît souvent d'un blanc laiteux, en raison des spermatozoïdes et des œufs en voie de maturation, qui s'accumulent dans les vésicules séminales et les ovisacs.

Tous les oligochètes sont hermaphrodites et possèdent des gonades mâles (testicules) et femelles (ovaires). Leur nombre et leur localisation sont variables selon les familles (voir « Panorama des familles ») bien qu'ils soient souvent interprétés comme des variations par rapport à un schéma octogonadal de base (deux paires de testicules et deux paires d'ovaires ; voir Brinkhurst, 1982b, 1984)



En général les gonades sont situées en position ventrale, accolées sur le dissépinement antérieur du segment gonadal. Les produits des gonades tombent dans la cavité coelomique et s'accumulent dans de volumineuses hernies, non cloisonnées, qui peuvent pénétrer sur plusieurs segments, à la manière d'un doigt de gant, où ils achèveront leur maturation. Le dissépinement postérieur du segment femelle forme un ovisac, à l'intérieur duquel se glisse la vésicule séminale issue du dissépinement postérieur du segment mâle. Une petite vésicule séminale peut aussi se former vers l'avant.

Les spermatozoïdes sont expulsés via le tractus mâle, constitué d'un pavillon cilié, situé dans le segment testiculaire, qui se prolonge par un canal déférent cilié, lequel débouche souvent dans un atrium (lequel est notamment absent chez les Enchytraeidae, les Propappidae et les Haplotaxidae). L'atrium s'ouvre à l'extérieur via le pore mâle, en se terminant éventuellement par un pénis. Les cellules du revêtement ectodermique, dans la partie proximale de l'atrium, peuvent aussi être allongées et être protrusibles pour former un pseudopénis. Le pénis est parfois recouvert d'une structure chitineuse, de forme et taille variées, la gaine pénienne (ou fourreau pénien). Celle-ci peut apparaître comme un simple anneau granuleux entourant le pénis (*Tubifex tubifex*) ou former une structure épaisse très visible (*Limnodrilus* spp.). La position des pores mâles par rapport aux segments testiculaires est un caractère utilisé dans la classification des oligochètes (Fig. 7). Ils sont plésiopores chez la plupart des familles de microdriles (les gonoductes aboutissent dans le segment qui suit immédiatement le segment d'origine), prosopores chez les Lumbriculidae (les gonoductes aboutissent dans le segment d'origine) ou opisthopores chez les mégadriles (les gonoductes aboutissent plusieurs segments après le segment d'origine). Chez certains Lumbriculidae, ils sont « semi-prosopores ». Dans ce cas, deux gonoductes, aboutissant dans le même atrium, débutent dans des segments adjacents ; le gonoducte antérieur aboutit dans le segment qui suit immédiatement le segment d'origine, et le gonoducte postérieur aboutit dans le segment d'origine. Il s'agit donc d'une combinaison de l'état plésiopore et prosopore. Il est également caractéristique des Hirudinea et des Branchiobdellida et est considéré comme un indice de parenté proche de ces taxons avec les Lumbriculidae, au sein des oligochètes (voir « Classification des oligochètes »).

Fig. 6 (page opposée). Représentation schématique des principales caractéristiques morphologiques des familles d'oligochètes dulçaquicoles présentes au Maghreb (ou susceptibles d'être présentes). La plupart des familles peuvent présenter de légères variations, par rapport à cette représentation de base, dans la disposition des soies et la position du clitellum et des genitalia. En particulier, la représentation schématique des Lumbriculidae tente de synthétiser la grande variabilité que l'on peut observer dans la disposition des gonades et des spermathèques.

Une partie du tractus mâle peut porter une prostate. Celle-ci apparaît comme une masse glandulaire compacte attachée à l'atrium par un court pédoncule, ou comme un groupe de petits amas cellulaires pédonculés, ou encore comme un ensemble cellulaire disposé de manière diffuse, à la surface de l'atrium. Chez les Phreodrilidae, la prostate est absente mais l'atrium semble jouer un rôle glandulaire analogue. Le tractus femelle est beaucoup plus simple. Le pavillon cilié est proche, ou accolé au dissépiment postérieur du segment femelle. Il se poursuit par un court oviducte cilié qui traverse le dissépiment et aboutit presque immédiatement à l'extérieur, dans le sillon intersegmentaire.

Au cours de l'accouplement, les spermatozoïdes sont échangés entre partenaires et sont stockés dans des spermathèques, constituées d'une ampoule et d'un canal débouchant à l'extérieur au niveau du pore spermathéal. Chez les Enchytraeidae, les ampoules spermathécales peuvent s'ouvrir dans le tube digestif, via un court canal ental. Les spermatozoïdes sont stockés dans l'ampoule spermathécale sous forme d'amas informe ou de spermatozeugmata. Dans cette super structure, les spermatozoïdes sont agrégés selon un ordre répétitif, avec présence d'une sorte de liant organique. Les spermatozeugmata sont caractéristiques des Tubificinae bien qu'une structure similaire ait été décrite chez *Epirodilus michaelsoni* (cas unique au sein des Rhyacodrilinae), espèce présente au Maghreb. Dans certains cas, il n'y a pas de spermathèque et les spermatozoïdes sont libérés sous la forme de spermatophores qui adhèrent extérieurement sur le tégument des concopulants (*Bothrioneurum vej dovskyanum*, *Criodrilus lacuum*). Les spermathèques sont habituellement paires et disposées à proximité immédiate des segments génitaux (segment prégonadal, Naididae ; segment postgonadal, Phreodrilidae). Chez les Lumbriculidae, le nombre et la position des spermathèques est variable.

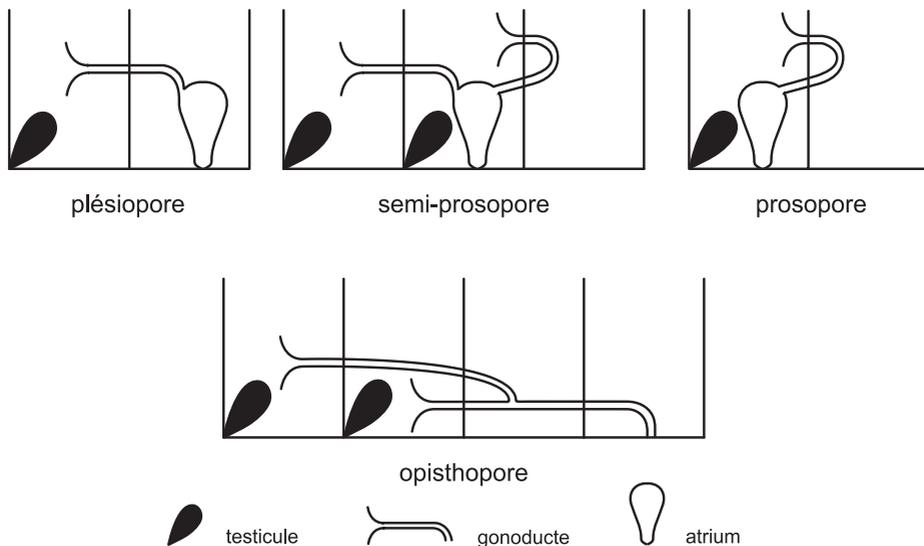


Fig. 7. Position des pores mâles par rapport aux segments testiculaires.

3.4. Autres caractères morphologiques utilisés

3.4.1. Organes photosensibles

Une paire de petits yeux est parfois présente chez les oligochètes. Les yeux sont présents sur le segment II et sont constitués chacun d'un groupe de cellules photosensibles doublées d'une cupule pigmentaire. Ils sont uniquement rencontrés chez certains Naidinae et, au Maghreb, dans les genres *Nais*, *Ophidonais* et *Slavina*.

3.4.2. Proboscis

Chez certains oligochètes, le prostomium peut être allongé en forme de trompe, capable ou non de rétraction, très innervé, à fonction sensorielle. Il existe surtout chez les Naididae et quelques genres de Lumbriculidae (notamment *Rhynchelmis*). Au Maghreb, il n'est connu que du genre *Pristina* (Pristininae).

3.4.3. Papilles épidermiques

Chez certains Naididae, le tégument est pourvu de rangées de papilles auxquelles sont accolées des particules de sédiment, donnant un aspect caractéristique au ver. Au Maghreb, ce cas est rencontré chez *Slavina appendiculata*. Certains Tubificinae possèdent également des papilles épidermiques, qui apparaissent comme des saillies de l'épithélium de la surface du corps, en forme de mamelon (*Spirosperma* spp. ; genre non signalé au Maghreb).

3.4.4. Branchies

Les branchies ne sont pas courantes chez les oligochètes qui respirent par toute leur surface cutanée, par simple diffusion de l'oxygène. Lorsqu'elles sont présentes, elles sont très caractéristiques et permettent de reconnaître rapidement certaines espèces ou genres. *Branchiura sowerbyi* présente des branchies filamenteuses, irriguées par un vaisseau sanguin. Les espèces du genre *Dero* possèdent des branchies anales logées dans une fossette branchiale. Enfin, l'extrémité postérieure du corps des espèces d'*Aulodrilus* est fusionnée, achète, et transformée en tube respiratoire.

3.4.5. Cœlomocytes

Les cœlomocytes sont des cellules discoïdales ou fusiformes, généralement arrondies, de grande taille, qui flottent librement dans la cavité cœlomique. Parmi les microdriles, ils sont essentiellement présents chez les Naididae et les Enchytraeidae. Au sein des Naididae, ils sont caractéristiques des Rhyacodrilinae, chez qui ils sont abondants, mais ils sont aussi présents chez plusieurs Naidinae. Les Enchytraeidae en possèdent plusieurs types et constituent des caractères taxonomiques utiles, par leur forme, abondance, taille et texture (Schmelz & Collado, 2010).

3.4.6. Segmentation secondaire

Outre une annulation de base, qui correspond à la succession des métamères, il peut exister, chez plusieurs espèces, une segmentation secondaire qui apparaît sous la forme d'un anneau plus étroit, précédant ou suivant l'annulation primaire. Cette segmentation secondaire peut fournir un indice utile pour s'orienter rapidement vers les Lumbriculidae (*Trichodrilus*, *Stylodrilus*), où elle est souvent présente, en particulier dans la partie antérieure du corps, ou les Phallodrilinae (*Akteredrilus*).

3.4.7. Vaisseaux sanguins

Le système circulatoire des oligochètes est très simple et correspond, dans son schéma de base, à un vaisseau dorsal et un vaisseau ventral, de part et d'autre du tube digestif, reliés l'un à l'autre par des commissures latérales. Il est peu utilisé dans l'identification des oligochètes. Cependant, la présence, chez certaines espèces, de digitations latérales aveugles dans les segments postérieurs est parfois utilisée comme caractère important, en particulier au sein des Lumbriculidae (*Lumbriculus variegatus*, certains *Trichodrilus*).

3.4.8. Appareil digestif

Dans son schéma de base, l'appareil digestif est constitué successivement d'un pharynx, œsophage, estomac et un long intestin presque toujours de structure uniforme jusqu'à l'anus. Selon le mode d'alimentation, on peut observer des parties différenciées en jabot et gésier, faisant suite à l'œsophage. La présence ou non d'une dilatation entre l'œsophage et l'estomac, progressive ou brutale, permet de faire la différence entre certaines espèces de *Nais*. La dilatation stomacale est aussi un caractère utile chez certains genres d'Enchytraeidae.

3.4.9. Caractères particuliers

Outre les caractères mentionnés ci-dessous, la famille des Enchytraeidae fait souvent appel à une multitude de détails anatomiques internes, en raison du manque de variabilité de ces animaux dans leur morphologie externe (néphridies, diverticules intestinaux, appendices œsophagiens, etc.). Ceux-ci sont, malheureusement, très difficiles à aborder pour un non-spécialiste. Ce point sera abordé dans la description de cette famille.

4. Qualificatifs d'orientation

Pour orienter des structures anatomiques, certains termes sont habituellement utilisés dans les descriptions, en particulier « proximal – distal » et « ental – ectal ». Malheureusement, ces termes ne sont pas toujours utilisés avec la même signification dans la littérature consacrée aux oligochètes, ni même à bon escient, en sorte qu'il nous semble important de préciser le sens que nous leur donnons dans ce guide.

Le couple « *proximal – distal* » se réfère au point d'origine des structures. **Proximal** désigne la partie de la structure située près de son point d'origine, en opposition à **distal** qui désigne la partie de la structure située le plus loin de son point d'origine. D'une manière stricte, l'origine doit être comprise dans un contexte embryologique mais, par extension, cela revient souvent à connaître le point d'attache de la structure.

Ces deux termes sont essentiellement utilisés dans la description des spermathèques, atriums, pénis et soies. Pour les spermathèques et atriums, d'origine ectodermique, la partie proche des pores spermathécaux et atriaux est la partie proximale (« canal spermathécal »), la partie éloignée est distale (« ampoule distale »). Brinkhurst & Jamieson (1971) distinguent parfaitement, pour les atriums, une partie proximale, proche du pore mâle, et une partie distale. Ceci est important lorsqu'on décrit le point d'attache des canaux déférents sur les atriums, en particulier pour les lumbriculides tels que *Styiodrilus*. Pour les pénis, la partie basale est proximale, la partie la plus proche de l'ouverture est distale. Ceci est pertinent notamment pour décrire les fourreaux pénien (cf. *Limnodrilus* spp.).

Pour les soies, la partie proximale se réfère au point d'attache de la soie, le follicule sétal, qui correspond à l'origine de cette structure. Les références à « proximal » et « distal » sont souvent utilisées pour désigner la position des nodules (cf. nodule proximal chez *Dero* ; Brinkhurst & Jamieson : 372-3). Dans le cas des soies, « proximal » est synonyme de « ental », et « distal » de « ectal », mais il s'agit d'un cas particulier car « ental – ectal » se réfère à une position par rapport à la surface du corps (voir ci-dessous).

Pour les structures qui présentent deux points d'attache (canaux déférents, néphridies), le recours à l'origine embryologique est indispensable pour comprendre les termes d'orientation. Le canal déférent est d'origine mésodermique. Il commence par la formation, à partir du dissépiment, d'un pavillon cilié (entonnoir spermatique) qui s'ouvre sur la face antérieure du dissépiment, et du canal déférent proprement dit, qui se développe à partir de la face postérieure du dissépiment et qui s'attache ensuite à l'atrium. Dans ce cas, la partie proche du pavillon est la partie proximale, la partie proche de l'atrium est la partie distale. Par exemple, *Tasserkidrilus kessleri kessleri* (Brinkhurst & Jamieson, 1971 : 459) a la partie proche de l'entonnoir spermatique du canal déférent ciliée, donc la partie proximale, alors que la partie distale est plus large et non ciliée. Le couple « proximal – distal » peut s'appliquer de la même façon à la néphridie, qui a également une origine mésodermique. Contrairement aux spermathèques et atriums pour lesquels les pores correspondent à la partie proximale de ces structures, le pore néphridien appartient à la partie distale alors que le pavillon cilié est la partie proximale.

Le couple « *ental – ectal* » se réfère à l'orientation d'une structure par rapport à la surface du corps. **Ectal** désigne la partie de la structure appartenant à la partie externe du corps, ou située près de la surface externe, par opposition à **ental** qui correspond à la partie interne du corps, ou située près de la surface interne. Ce couple est souvent utilisé dans la description des soies. La partie ectale d'une soie correspond à la partie de la soie qui pointe à l'extérieur du corps, l'extrémité entale de la soie est la partie de la soie qui pointe à l'intérieur du corps.

Plan de référence

Le système de référence utilisé pour se repérer de façon précise dans la structure anatomique des oligochètes fait appel à des termes standardisés, aisément compréhensibles pour quiconque a une connaissance de base de l'anatomie humaine. Etant des animaux à symétrie bilatérale, on retrouve, chez les oligochètes, les trois principaux plans de l'anatomie humaine : un plan sagittal, qui sépare le corps en une partie droite et gauche, un plan frontal, qui sépare la partie ventrale de la partie dorsale, et un plan transversal, qui sépare la partie antérieure de la partie postérieure. Pour localiser certaines structures propres aux oligochètes, en particulier les pores génitaux, il est parfois fait référence à la ligne des soies, qui désigne la ligne virtuelle qui relie les soies de plusieurs faisceaux consécutifs, dans un plan parasagittal.

5. Panorama des familles rencontrées au Maghreb (Fig. 6)

5.1. Almidae

5.1.1. Morphologie

La famille des Almidae fait partie des mégadriles dulçaquicoles, les Aquamegadrii Jamieson, 1988. Comme tous les mégadriles, les représentants de cette famille ont une morphologie de type ver de terre, avec généralement une taille de plusieurs centimètres, et deux soies très épaisses, à pointe simple dans tous les faisceaux. Le schéma testiculaire habituel consiste en deux paires de testicules, respectivement en X et XI. Le pore mâle s'ouvre plusieurs segments en arrière (en XV chez *Criodrilus*), soit une condition opisthopore. La seule espèce d'Almidae connue au Maghreb, *Criodrilus lacuum*, ne possède pas de spermathèques.

5.1.2. Biologie

La biologie de cette famille reste très mal connue. Certaines espèces du genre *Alma* semblent particulièrement résistantes au manque d'oxygène et ont été signalées dans les milieux marécageux, avec du substrat en décomposition. Etant de position phylogénétique incertaine (voir ci-dessous), *Criodrilus lacuum* n'est pas représentatif de cette famille. L'espèce vit dans le sédiment des eaux douces et saumâtres et semble présente dans les eaux courantes et en milieu lacustre.

5.1.3. Diversité

La famille des Almidae est présente dans toutes les régions biogéographiques, à l'exception de l'Antarctique, mais dominante dans les régions tropicales (orientale, néotropicale et afrotropicale). Elle contient 6 genres et une quarantaine d'espèces. Quatre espèces sont connues de la région paléarctique, *Glyphidrilus yuannensis* Chen & Zhifang, 1977, *Alma nilotica* Grube, 1855, *Alma stuhlmanni* Michaelsen, 1892 et *Criodrilus lacuum* Hoffmeister, 1845. Seul *C. lacuum* est une authentique espèce paléarctique, distribuée en Europe, en Afrique du Nord et au Proche-Orient. Les autres espèces sont plutôt des formes tropicales à la limite septentrionale de leur distribution géographique (c'est le cas des espèces du genre *Alma*, qui sont présentes dans la région paléarctique via le corridor du Nil). D'un point de vue biogéographique, la seule espèce maghrébine, *Criodrilus lacuum* Hoffmeister, 1845 apparaît donc comme une curiosité au sein des Almidae. Jamieson & Ferraguti (2006) la considèrent actuellement comme appartenant aux Almidae, sur la base de considérations morphologiques et moléculaires, et nous adoptons cette position ici. Cependant, d'autres auteurs la placent toujours dans sa propre famille, les Criodrilidae (voir Blakemore, 2007 et Timm, 2009) mais leur décision ne repose que sur d'anciennes considérations basées uniquement sur la morphologie.

5.1.4. Références

Jamieson & Ferraguti (2006) : essentiellement des considérations phylogénétiques sur la position des *Criodrilidae* au sein des mégadriles, avec quelques illustrations de *Criodrilus lacuum*.

5.2. Enchytraeidae

5.2.1. Morphologie

La plupart des espèces d'Enchytraeidae ont une taille adulte comprise entre 5 et 20 mm (Erséus, 2005). Cependant, la gamme de taille peut s'étendre de 1 mm, chez les espèces les plus petites (*Marionina* Michaelsen), à 170 mm pour les formes géantes (*Mesenchytraeus grandis* Eisen, 1904) (Rota, 2001). Les vers ont souvent une apparence blanchâtre, opalescente, bien que certaines espèces puissent être colorées. Leur cuticule est souvent épaisse, ce qui les rend plus rigides et moins vifs que les espèces dulçaquicoles d'autres groupes, de taille semblable. Les soies sont souvent robustes, à pointe simple souvent émoussée, en nombre variable et rarement absentes. Elles sont regroupées en faisceaux asymétriques ou présentant une symétrie bilatérale, répartis en 2 paires ventrales et 2 paires dorso-latérales.

La reproduction est essentiellement sexuée. Il n'y a pas de formation de chaînes d'individus. Le clitellum s'étend sur XII-XIII et une partie de XI. Les spermathèques sont séparées du reste des genitalia de plusieurs segments et s'ouvrent dorso-latéralement, dans le sillon intersegmentaire 4/5. L'ampoule spermathéciale peut être connectée à l'œsophage ou former une poche aveugle. Dans ce dernier cas, elle peut parfois s'étendre vers l'arrière, sur plusieurs segments. Le pore mâle est généralement en XII. Les gonoductes mâles diffèrent de ceux du type tubificoïde

par l'absence de structures atriales et prostatiques et la présence d'entonnoirs spermatiques glandulaires particuliers et d'appareils copulateurs musculaires et glandulaires.

5.2.2. Biologie

Les Enchytraeidae sont fousseurs ou interstitiels. De tous les oligochètes, ils sont probablement les plus ubiquistes. Ils sont largement présents dans le milieu terrestre mais on les trouve également dans le milieu limnique (lacs, rivières, sources, tourbières), le milieu marin (eaux saumâtres, marais salants, lits d'algues, estran, plateau continental, fonds marins) et même dans des milieux extrêmes tels que les glaciers. Les Enchytraeidae sont parmi les plus cosmopolites, étant signalés dans toutes les zones biogéographiques, y compris le continent antarctique, à l'exception de la région afrotropicale (Martin *et al.*, 2008). Dans ce dernier cas, cette absence étonnante résulte probablement d'un manque d'étude dans cette région, associé à une famille traditionnellement peu étudiée car difficile à aborder.

5.2.3. Diversité

La famille des Enchytraeidae contient actuellement environ 650 espèces (Erséus, 2005). Etant essentiellement terrestres, beaucoup d'enchytréides tolèrent les milieux saturés en eau, tel que les rivages côtiers ou les rives des cours d'eau, les marais, ou autre tourbière. Il est donc difficile de préciser le nombre exact d'espèces dulçaquicoles. On peut estimer qu'à l'heure actuelle, il existe une centaine d'espèces dulçaquicoles. Mais si les espèces trouvées dans les eaux souterraines sont prises en compte, ce nombre s'élève à 136 (Martin *et al.*, 2008). Dans ce cas, la différence peut s'expliquer par les nombreuses espèces essentiellement terrestres, comme celles appartenant au genre *Fridericia*, qui peuvent survivre suffisamment longtemps dans ce genre de milieu pour pouvoir y être recensée, bien que leur présence doive être considérée comme accidentelle (espèces stygoxènes).

Au Maghreb, les eaux de surface et souterraines sont souvent soumises à une évaporation importante qui contribue à l'augmentation de la concentration de ces eaux en ions dissous (Ait Boughrouss *et al.*, 2010). Il n'est donc pas étonnant d'y trouver des espèces d'Enchytraeidae représentatives de genres typiquement présents en milieu marin ou dans les eaux saumâtres tels que *Lumbricillus* ou *Marionina*.

Jusqu'à la fin des années 80, la faune d'enchytréides dulçaquicoles du Maghreb était virtuellement inconnue. Le travail de Baroudi (1987) a jeté les bases d'un recensement sérieux de cette faune mais beaucoup reste à faire. Dix espèces nominales d'Enchytraeidae ont été signalées au Maghreb, représentatives de 6 genres. La présence de 4 autres genres a également été mentionnée mais sans identification au niveau spécifique. On peut donc estimer qu'à l'heure actuelle, la faune d'Enchytraeidae du Maghreb consiste en un minimum de 14 espèces et de 9 genres.

5.2.4. Références

Pour une étude plus approfondie de cette famille, le lecteur consultera utilement les guides suivants :

Nielsen & Christensen (1959) : introduction à la famille, révision critique des genres, clés d'identification des genres et espèces européens.

Kasprzak (1986) : clé d'identification des espèces d'Enchytraeidae de Pologne ; bien qu'en polonais l'ouvrage fourmille d'illustrations utiles, extraites de la littérature courante.

Schmelz & Collado (2010) : excellent ouvrage récent sur les Enchytraeidae d'Europe ; techniques d'étude de la famille, morphologie et caractères taxonomiques, liste des espèces, clés d'identification des genres et espèces.

5.3. Haplotaxidae

5.3.1. Morphologie

Les Haplotaxidae sont habituellement des vers de grande taille, pouvant atteindre 40 cm (*Haplotaxis gordioides*). Ils présentent une certaine ressemblance externe avec les mégadriles mais sont beaucoup plus sveltes. Ils ont des soies à pointe simple ou bifides, les soies dorsales étant beaucoup plus petites que les soies ventrales, et souvent manquantes dans plusieurs, voire dans tous les segments. Ils présentent une anatomie extrêmement simple, notamment au niveau des organes sexuels. Les gonoductes mâles sont dépourvus d'atriums et de prostates. Les gonades sont souvent au nombre de huit, avec deux paires de testicules et deux paires d'ovaires en X-XI et XI-XII, respectivement (avec parfois des variantes). En raison de ces caractéristiques, les Haplotaxidae sont souvent considérés comme une famille très ancienne, probablement la plus proche du type ancestral d'où seraient dérivés tous les oligochètes actuels (Brinkhurst, 1984). Malheureusement, les données génétiques récentes ne confirment pas ce scénario (Erséus & Källersjö, 2004), ce qui implique que la banalité anatomique de ces animaux résulterait plutôt d'une simplification de structures originellement plus complexes. Cependant, des études génétiques en cours (Martínez-Ansemil *et al.*, 2012) semblent indiquer que les Haplotaxidae sont à la base du groupe qui a donné naissance aux vers de terre (mégadriles), comme cela est soupçonné depuis de nombreuses années, sur une base morphologique (Jamieson & Ferraguti, 2006).

5.3.2. Biologie

Rares, ils sont, en général, associés aux nappes phréatiques, sols humides ou autres milieux considérés comme des refuges (eaux souterraines, anciens lacs). Certaines espèces au sein du genre *Haplotaxis* sont prédatrices d'autres vers et possèdent des adaptations anatomiques en relation avec ce comportement particulier, tels que le pharynx musculéux et massif, et des soies ventrales de grande taille, uniques, en forme de faucille, qui permettent d'enserrer la proie.

5.3.3. Diversité

Les Haplotaxidae forment une petite famille de 8 genres et une vingtaine d'espèces dulçaquicoles, à distribution discontinue, répartie sur l'ensemble des continents, à l'exception de la région antarctique. La famille reste mal connue car négligée en raison de la rareté des espèces et du fait que les spécimens récoltés sont souvent immatures. Au Maghreb, elle n'est connue que par une seule espèce, *Haplotaxis gordioides*.

5.3.4. Références

Il n'existe pas de synthèse récente des connaissances sur la famille.

Brinkhurst (1988) : analyse phylogénétique de la famille et révision des genres.

5.4. Lumbricidae

5.4.1. Morphologie

Les Lumbricidae appartiennent aux vers de terre vrais, les mégadriles terrestres ou Terrimegadrili Jamieson, 1988. Les représentants de cette famille ont une taille moyenne à grande (plusieurs centimètres) et deux soies par segment, du type lombricien, épaisses, sigmoïdes, avec un nodule médian, à pointe simple. Les pores mâles ont une condition opisthopore, généralement en XV. Les pores femelles sont en XIV.

5.4.2. Biologie

Fondamentalement terrestres, ils sont parfois présents dans le milieu aquatique, souvent de manière accidentelle bien que certaines espèces aient un mode de vie amphibie.

5.4.3. Diversité

La famille des Lumbricidae a une distribution holarctique et contient 42 genres et environ 670 espèces (Blakemore, 2007). Une trentaine d'espèces, appartenant à 9 genres ont été signalées dans les eaux douces, dont une dizaine d'espèces dans les eaux souterraines. Au Maghreb, la famille n'est connue, dans le milieu aquatique, que par une seule espèce, *Eiseniella tetraedra*.

5.4.4. Références

Bouché (1972) : ouvrage complet sur les lombriciens de France (morphologie, systématique, écologie, techniques d'étude).

Blakemore (2007) : liste mondiale des espèces de Lumbricidae.

5.5. Lumbriculidae

5.5.1. Morphologie

Les lumbriculides sont des vers de taille moyenne, en général (10 à 40 mm), mais certaines espèces peuvent atteindre des tailles considérables pour des microdriles (jusqu'à 20 cm chez *Rhynchelmis brachycephala* Michaelsen, 1901). En général, ils ont un aspect et une taille similaire aux tubificides mais, extérieurement, ils en diffèrent fondamentalement par la présence de deux soies dans tous les faisceaux et l'absence totale de soies capillaires. Les soies sont sigmoïdes, avec nodule, à pointe simple, mais parfois légèrement bifides, avec la dent supérieure réduite. La présence de soies génitales est exceptionnelle. Sous cette apparence externe banale, les lumbriculides sont caractérisés par une grande diversité dans le système reproducteur. La principale caractéristique de la famille est la condition prosopore des gonoductes mâles, avec le canal déférent qui émerge, via le pore mâle, dans le segment testiculaire lui-même (voir Brinkhurst, 1989). Le schéma gonadal de base consiste en deux paires de testicules et une paire d'ovaires, situés, respectivement, en IX-X et XI. Il existe plusieurs variantes de ce schéma, avec (1) le déplacement des gonades et gonoductes de plusieurs segments vers l'avant ou, plus rarement, vers l'arrière, et (2) la multiplication, ou la disparition, de paires de testicules.

5.5.2. Biologie

La plupart des lumbriculides sont sténothermes et vivent dans les sédiments des eaux froides, bien oxygénées, en particulier dans les cours d'eau d'altitude et les lacs profonds. La famille est particulièrement bien représentée dans les eaux souterraines (nappes phréatiques, grottes, écoulement hyporhéique) avec 36 espèces strictement inféodées à ce milieu (espèces stygobiontes). A lui seul, le genre *Trichodrilus* abrite 24 espèces stygobiontes et 8 espèces stygophiles, sur les 104 espèces d'oligochètes stygobiontes connues à l'heure actuelle (Creuzé des Châtelliers *et al.*, 2009).

5.5.3. Diversité

La famille des Lumbriculidae est une vaste famille qui inclut plus de 200 espèces connues à l'heure actuelle, à distribution holarctique. Deux espèces seulement (*Lumbriculus variegatus* et *Stylodrilus heringianus*) sont présentes dans l'hémisphère sud mais elles sont considérées comme des introductions (Martin *et al.*, 2008). Sténothermes froids, les Lumbriculidae ont atteint leur limite méridionale au Maghreb, ce qui explique probablement leur très faible diversité dans cette zone (2 genres), et leur quasi absence des eaux de surface, à l'exception de *L. variegatus*. Seul, le genre *Trichodrilus* est bien présent, tant en abondance qu'en diversité d'espèces, mais il est restreint aux eaux souterraines.

5.5.4. Références

Il n'y a pas de révision récente de la famille dans sa globalité.

Brinkhurst (1989) : analyse phylogénétique de la famille.

Rodríguez & Giani (1994) : révision du genre *Trichodrilus* ; clé d'identification des espèces.

5.6. Naididae – Naidinae, Pristininae

Les développements phylogénétiques récents montrent que les Naididae ont évolué au sein des Tubificidae, c'est-à-dire qu'ils y forment un groupe cohérent, parmi d'autres. Selon le principe de monophylie, les Naididae et les Tubificidae deviennent synonymes (voir Erséus *et al.*, 2005) et, pour respecter les règles de nomenclature (ICZN, 1999), le nom le plus ancien doit être utilisé pour désigner ce nouvel assemblage monophylétique. Etant d'appellation plus ancienne, les Naididae Ehrenberg, 1828 ont la préséance sur les Tubificidae Vejdovský, 1876 et désignent, actuellement, une famille élargie qui inclut les anciens Tubificidae (Erséus *et al.*, 2008).

Dans leur ancien sens, les Naididae abritaient des espèces attribuables, aujourd'hui, à deux sous-familles actuelles, les Naidinae Ehrenberg, 1828, et les Pristininae Lastočkin, 1921. Cette dernière sous-famille a été récemment créée pour abriter le genre *Pristina*, phylogénétiquement distinct des autres Naidinae (Envall *et al.*, 2006). Dans leur sens actuel, la famille élargie des Naididae comprend les sous-familles suivantes : Limnodriloidinae Erséus, 1982, Naidinae Ehrenberg, 1828, Phallogrilinae Brinkhurst, 1971, Pristininae Lastočkin, 1921, Rhyacodrilinae Hrabě, 1963, Rhyacodriloidinae Martin, Martínez-Ansemil & Sambugar, 2010, Telmatodrilinae Eisen, 1879, et Tubificinae Vejdovský, 1876.

Cependant, les Naididae, au sens ancien, ont toujours formé un groupe particulier, cohérent, au sein des oligochètes, tant d'un point de vue morphologique que comportemental ou reproducteur. Dans un souci d'éviter toute confusion avec les ouvrages antérieurs, et par commodité, nous avons donc choisi, dans cet ouvrage, de traiter séparément (1) les sous-familles appartenant aux Naididae, dans le sens ancien, soit les « Naididae *sensu stricto* », et (2) les autres sous-familles, appartenant anciennement aux « Tubificidae » et attribuées, actuellement, à la famille élargie des Naididae.

5.6.1. Morphologie

Les Naididae *sensu stricto* sont des vers de petite taille, en général 2 à 10 mm, certains étant à peine supérieurs à 1 mm. Plusieurs espèces possèdent des caractères rares ou absents dans les autres familles. Des branchies sont présentes chez le genre *Dero*, caractère inconnu des autres oligochètes paléarctiques, à l'exception du tubificide *Branchiura sowerbyi*. Plusieurs espèces possèdent également une paire d'yeux, caractère unique aux Naididae *sensu stricto* et probablement lié à leur mode de vie (voir ci-dessous). Enfin, le prostomium est

parfois développé en organe sensoriel allongé, le proboscis, une caractéristique trouvée seulement chez certains lumbriculides (vers beaucoup plus grands). Les vers sont translucides et peu colorés mais des pigments brunâtres, rougeâtres et jaunâtres sont souvent présents, en particulier dans la partie antérieure du corps. Comme chez les tubificides, les espèces de ce groupe présentent une grande diversité de soies, y compris des soies capillaires et génitales, mais en diffèrent fondamentalement par la présence d'aiguilles dans les faisceaux dorsaux, bifides ou à pointe simple, plus fines, délicates et petites que les soies ventrales. Ces dernières sont bifides, parfois à pointe simple, et sont parfois différentes en taille et en épaisseur dans la région antérieure du corps. Les soies dorsales commencent généralement en II-VI. Les aiguilles sont absentes chez *Amphichaeta* et *Uncinails* (genres non signalés au Maghreb).

Les Naididae *sensu stricto* ont un mode de reproduction essentiellement asexué, par paratomie (fission qui inclut la régénération d'un nombre fixe de segments antérieurs chez les individus secondaires). Ils peuvent alors former des chaînes de plusieurs individus. A certains moments pendant la saison, ou au cours de leur développement, ils peuvent devenir sexués avec les organes reproducteurs développés en une position plus antérieure que chez les tubificides (IV-V jusqu'à VII-VIII). Cependant, les formes sexuées sont rares.

5.6.2. Biologie

Fondamentalement, les Naididae *sensu stricto* sont dulçaquicoles mais ils peuvent être également présent dans le milieu marin côtier et dans les eaux saumâtres (*Paranais*). Ce sont des animaux très actifs, souvent nageurs, qui vivent parmi les végétaux (épiphytes) ou à la surface du sédiment (épibenthos). Ils sont généralement herbivores mais certaines espèces (genre *Chaetogaster*) sont prédatrices de micro-invertébrés. Ils sont habituellement communs dans les eaux calmes, tels que les canaux, mares, ou autre zone protégée des cours d'eau, étangs et lacs.

5.6.3. Diversité

Les Naididae *sensu stricto* forment un vaste groupe d'environ 230 espèces et 26 genres (Naidinae : 186 espèces, 25 genres ; Pristininae : 40 espèces, 1 genre). Avec les Rhyacodrilinae, la sous-famille des Naidinae est la seule à avoir une distribution réellement cosmopolite, étant présente dans toutes les zones biogéographiques, y compris l'Antarctique (îles Kerguelen). Dans la seule région paléarctique, pas moins de 120 espèces sont présentes, représentatives de 22 genres. Proportionnellement à leur diversité spécifique, les Naididae *sensu stricto* sont sous-représentés dans les eaux souterraines, probablement en raison de leur mode de vie essentiellement épiphyte. Une soixantaine d'espèces a été signalée dans ce milieu mais la plupart sont considérées comme stygoxènes et crénoxènes. Six espèces sont d'authentiques stygobiontes, dont 5 appartiennent au genre *Pristina*, lequel est souvent associé aux écoulements hyporhéiques, et une au genre *Dero*. Il n'est donc pas étonnant que *Pristina* soit diversifié au

Maghreb (7 espèces), dans une région où le régime hydrologique très irrégulier des cours d'eau favorise les sous-écoulements au détriment des eaux de surface. Au Maghreb, les Naididae *sensu stricto* sont représentés par 25 espèces et 7 genres.

5.6.4. Références

Sperber (1948) : une révision en profondeur de la famille, déjà ancienne mais qui fait toujours autorité, en l'absence de révision plus récente. Les techniques d'étude sont détaillées, ainsi que les aspects anatomiques et systématiques. La plupart des clés récentes traitant des Naididae *sensu stricto* sont encore basées sur cet ouvrage et celui de Sperber (1950).

Sperber (1950) : une clé d'identification des espèces européennes, construite à partir de l'ouvrage de 1948.

Bien qu'il existe d'autres clés plus récentes, traitant des Naididae *sensu stricto*, elles continuent de s'inspirer largement des travaux de Sperber (1948 et 1950). Par contre, elles ont l'avantage de tenir compte des espèces décrites depuis lors. Parmi celles-ci, le lecteur pourra utilement consulter :

Kathman & Brinkhurst (1998) : clé d'identification et descriptions succinctes des espèces d'Amérique du Nord.

Timm (2009) : clé d'identification et descriptions succinctes des espèces d'Europe centrale et septentrionale.

5.7. Naididae tubificides

Les tubificides regroupent 6 sous-familles : Limnodriloidinae, Phalodrilinae, Rhyacodrilinae, Rhyacodriloidinae, Telmatodrilinae, et Tubificinae. Anciennement regroupés dans la famille des Tubificidae (à l'exception des Rhyacodriloidinae, de création récente), ils représentent un assemblage paraphylétique de sous-familles, désigné ici par le terme vernaculaire « tubificides » pour respecter les principes de la classification phylogénétique. Si certaines sous-familles sont bien définies, d'autres le sont moins. Ainsi, il apparaît clairement que les Rhyacodrilinae, habituellement définis par, entre autres, des cœlomocytes abondants, la présence de prostates diffuses et l'absence de spermatozeugmata, forment, en réalité, un assemblage paraphylétique, en attente d'une révision (Martin *et al.*, 2010).

5.7.1. Morphologie

Les tubificides sont des vers habituellement plus grands que les Naidinae et Pristininae, de taille moyenne, généralement comprise entre 4 et 20 mm, mais certaines espèces filiformes peuvent atteindre des tailles exceptionnelles, proches de 20 cm (*Lophochaeta ignota*). Ils sont, en général, colorés en raison de leur sang, le plus souvent rouge, riche en erythrocrurine, qui transparaît à travers le tégument incolore. Pratiquement tous les tubificides ont des soies bifides, parfois accompagnées, ou remplacées, de soies à pointe simple, et une grande

diversité de soies dorsales, bifides, pectinées, palmées, avec ailettes latérales, etc., accompagnées ou non de soies capillaires. Des soies génitales modifiées sont également présentes chez plusieurs espèces, que ce soit au niveau de, soit les pores spermathécaux, soit les pores mâles, soit les deux. La reproduction est typiquement sexuée. De rares cas de reproduction asexuée ont été signalés (*Bothrioneurum vej dovskyanum*, *Branchiura sowerbyi*, *Potamothrix bavaricus* ; Brinkhurst & Jamieson, 1971 ; Timm, 2009) mais, dans ce cas, il s'agit de reproduction par architomie (fission) et non par paratomie (avec formation de chaînes d'individus) comme chez les Naidinae *sensu stricto*. Les tubificides sont typiquement tétragonadaux, avec une paire de testicules en X et une paire d'ovaire en XI. Une paire de spermathèques est normalement associée au segment testiculaire, avec les pores spermathécaux en X. Les gonoductes mâles sont accompagnées de structures glandulaires et musculaires qui ont tendance à être élaborées, et qui sont utilisées pour les identifications aux niveaux taxonomiques inférieurs (genres, sous-familles). Les pores mâles et femelles sont respectivement en XI et XII.

5.7.2. Biologie

Au contraire des Naididae *sensu stricto*, les tubificides sont des vers fousseurs qui vivent dans le sédiment fin ou dans le milieu interstitiel (grains de sable). Pris dans son ensemble, ce groupe présente une plus grande tolérance aux températures élevées que les Lumbriculidae, ainsi qu'une résistance élevée au manque d'oxygène (conditions hypoxiques et anoxiques). Plusieurs espèces de ce groupe sont eurythermes. Plus de la moitié des espèces sont typiquement marines mais, parmi les espèces dulçaquicoles, plusieurs tolèrent les milieux saumâtres. Cette capacité à résister à des températures élevées, de faibles concentrations en oxygène et des salinités élevées explique pourquoi certaines espèces, notamment *Tubifex tubifex* et *Limnodrilus hoffmeisteri*, sont particulièrement résistantes à la pollution organique. Cependant, la majorité des espèces vivent dans des habitats spécifiques et ne peuvent être réduites à ces formes polluo-résistantes.

5.7.3. Diversité

Les tubificides forment un groupe aquatique le plus diversifié en espèces. Ils comptent environ 800 espèces dont un peu plus de la moitié sont marines. Environ 350 espèces, représentatives de 62 genres, sont dulçaquicoles. Parmi celles-ci, une centaine sont présentes dans les eaux souterraines, dont 42 sont stygobiontes. Au sein de celles-ci, le genre *Rhyacodrilus* est un peu l'équivalent de *Trichodrilus*, au sein des Lumbriculidae, avec près de la moitié de ses espèces typiquement stygobiontes.

Au Maghreb, le groupe est représenté par 22 espèces et 11 genres. Il est intéressant de constater que, dans cette région, les genres les plus diversifiés abritent des espèces particulièrement tolérantes aux conditions adverses habituellement associées aux eaux de surface. Ces espèces font face au manque chronique d'oxygène par la possession d'un sang riche en erythrocrurine

(*Limnodrilus* spp., *Tubifex* spp.) ou d'organes respiratoires particuliers (longues branchies – *Branchiura sowerbyi*, extrémité postérieure du corps transformée en tube respiratoire – *Aulodrilus* spp.). En général, ces espèces, ainsi que *Epirodriilus* spp., tolèrent également des salinités élevées.

Dans cet ouvrage, la présence de Phallodrilinae est mentionnée pour la première fois. Cette famille, essentiellement marine, contient également plusieurs espèces dulçaquicoles, rencontrées exclusivement dans les eaux souterraines. Une seule espèce, *Aktedrilus yacoubii* sp. n., est actuellement signalée au Maghreb (exsurgence près de Meknès, Maroc) mais de nouvelles espèces restent à décrire et il est probable qu'un inventaire plus exhaustif des eaux souterraines fournira son lot de surprises.

5.7.4. Références

En général, ce groupe est beaucoup mieux connu que les autres familles, grâce, notamment, aux ouvrages de synthèse de Brinkhurst.

Brinkhurst & Jamieson (1971) : reste le point de départ incontournable pour aborder les « tubificides ».

Kathman & Brinkhurst (1998) : clé d'identification, avec notes écologiques, des espèces d'Amérique du Nord. Convient pour de nombreuses espèces du Maghreb.

Timm (2009) : clé d'identification et descriptions succinctes des espèces d'Europe centrale et septentrionale, mais certaines espèces maghrébines sont absentes de cet ouvrage.

5.8. Phreodrilidae

5.8.1. Morphologie

Les Phreodrilidae ont une apparence semblable aux tubificides, avec une gamme de tailles comparables et une diversité de soies semblables (soies à pointe simple, soies bifides, soies capillaires, soies spermathécales modifiées). Au niveau sétal, ils en diffèrent fondamentalement par la présence de soies dorsales, dites « de support », qui enserrant latéralement les soies capillaires lorsque ces dernières sont présentes, ainsi que par les soies dorsales absentes en II et habituellement présentes à partir de III. Les testicules et les ovaires sont situés respectivement en XI et XII, soit un segment plus loin que chez les tubificides, avec les pores mâles en XII et les pores femelles dans le sillon intersegmental 12/13 ou antérieurement en XIII. Les pores spermathécaux sont situés en XIII. Le revêtement épithélial interne des atriums est épaissi et glandulaire. Il assure probablement la fonction des prostates qui sont absentes dans cette famille.

5.8.2. Biologie

Les espèces sont aquatiques et la plupart vivent dans les sédiments dulçaquicoles, bien que certaines vivent en commensal sur les écrevisses. Une dizaine d'espèces

sont présentes dans les eaux souterraines, en particulier dans l'environnement hyporhéique, un milieu refuge dans les régions où les eaux de surface sont inhospitalières en raison de températures élevées, ce qui est, notamment, le cas au Maghreb. La famille semble particulièrement tolérante à la salinité des eaux et certaines espèces sont présentes en milieu intertidal ou d'estuaire.

5.8.3. Diversité

Les Phreodrilidae forment une famille de 10 genres et d'une cinquantaine d'espèces, pour beaucoup endémiques, et réparties essentiellement dans l'hémisphère sud (régions néotropicale, afrotropicale, orientale, australasienne et antarctique). Interprétée dans le cadre de la théorie de la dérive des continents, cette répartition actuelle témoigne d'une ancienne distribution gondwanienne (Martin *et al.*, 2008). Si trois espèces de Phreodrilidae ont été signalées dans la région paléarctique, aucune ne peut véritablement être considérée comme représentative de cette zone. Au Maroc, *Astacopsidrilus naceri* Giani & Martin, 1995 est présent dans une région de transition entre la région paléarctique et la région afrotropicale. Récemment, *Astacopsidrilus ryuteki* Martin & Ohtaka, 2008 a été décrit en provenance du lac Biwa (Japon) mais, basé sur un seul spécimen, il s'agit très probablement d'une introduction accidentelle, tout comme le spécimen non identifiable de Phreodrilidae signalé dans un cours d'eau irlandais (Gunn *et al.*, 2003).

5.8.4. Références

Pinder & Brinkhurst (1997) : une révision des Phreodrilidae d'Australie qui, outre les descriptions d'espèces, fournit de nombreuses informations sur la famille (diagnose, diversité, distribution, écologie, biologie et anatomie).

6. Liste des espèces d'oligochètes dulçaquicoles du Maghreb

La classification adoptée dans cette liste d'espèces tente de refléter, dans l'état des connaissances actuelles, la classification phylogénétique des oligochètes. Elle est basée sur la proposition la plus récente de Jamieson & Ferraguti (2006), qui intègre les données moléculaires dans la classification de Jamieson (1988), amendée d'après Martínez-Ansemil *et al.* (2012) qui ont confirmé la position des Haplotaxidae parmi les Diplotesticulata, en conformité avec Jamieson (1988). Cette classification suit la tendance actuelle des systématiciens, qui est de ne plus obéir aux impératifs d'une organisation hiérarchique des taxons en rangs taxonomiques, tout en respectant le principe de clades monophylétiques.

Annelida
Clitellata
Neoclitellata
Tubificata

Famille Naididae

Sous-famille Naidinae

Chaetogaster diastrophus (Gruithuisen, 1828)
Dero digitata (Müller, 1774)
Dero furcata (Müller, 1773)
Dero nivea Aiyer, 1929
Dero obtusa Udekem, 1855
Dero raviensis (Stephenson, 1914)
Nais barbata Müller, 1774
Nais bretscheri Michaelsen, 1899
Nais christinae Kasprzak, 1973
Nais communis Piguët, 1906
Nais elinguis Müller, 1774
Nais pardalis Piguët, 1906
Nais stolci Hrabě, 1981
Nais variabilis Piguët, 1906
Ophidonais serpentina (Müller, 1774)
Paranais birsteini var. *maghrebensis* Sokolskaya, 1971
Paranais frici Hrabě, 1941
Paranais litoralis (Müller, 1784)
Slavina appendiculata (Udekem, 1855)

Sous-famille Phallodrilinae

Aktedrilus yacoubii n. sp.

Sous-famille Pristininae

Pristina aequiseta Bourne, 1891
Pristina jenkinsae (Stephenson, 1932)
Pristina longiseta Ehrenberg, 1828
Pristina menoni (Aiyer, 1929)
Pristina rosea (Piguët, 1906)
Pristina sima Marcus, 1944

Sous-famille Rhyacodrilinae

Bothrioneurum vej dovskyanum Štolc, 1886
Branchiura sowerbyi Beddard, 1892
Epirodrius michaelseni Hrabě, 1930
Epirodrius moubayedi Giani & Martínez-Ansemil, 1983
Epirodrius slovenicus Karaman, 1976
Rhyacodrilus falciformis Bretscher, 1901

Sous-famille Tubificinae

Aulodrilus limnobius Bretscher, 1899
Aulodrilus pigueti Kowalewski, 1914
Aulodrilus pluriseta (Piguët, 1906)
Limnodrilus claparedeianus Ratzel, 1868
Limnodrilus hoffmeisteri Claparède, 1862

- Limnodrilus profundicola* (Verrill, 1871)
- Limnodrilus udekemianus* Claparède, 1862
- Lophochaeta ignota* Štolc, 1886
- Potamothrix bavaricus* (Oschmann, 1913)
- Potamothrix hammoniensis* (Michaelsen, 1901)
- Psammoryctides barbatus* (Grube, 1861)
- Tubifex blanchardi* Vejdovský, 1891
- Tubifex tubifex* f. *bergi* Hrabě, 1935
- Tubifex tubifex* f. *grandiseta* Rodríguez (1984)
- Tubifex tubifex* f. *tubifex* (Müller, 1774)
- Famille Phreodrilidae
 - Astacopsidrilus naceri* Giani & Martin, 1995
- Lumbriculata
 - Famille Lumbriculidae
 - Lumbriculus variegatus* (Müller, 1774)
 - Trichodrilus allobrogum* Claparède, 1862
 - Trichodrilus claparedei* Hrabě, 1937
 - Trichodrilus macroporphorus* Hrabě, 1954
- Clade non nommé
 - Famille Enchytraeidae
 - Achaeta* sp. Vejdovský, 1878
 - Buchholzia africana* Černosvitov, 1933
 - Buchholzia* cf. *africana* Baroudi, 1987
 - Buchholzia appendiculata* (Buchholz, 1863)
 - Buchholzia fallax* Michaelsen, 1887
 - Cernosvitoviella immota* (Knöllner, 1935)
 - Cognettia* sp. Nielsen & Christensen, 1959
 - Enchytraeus albidus* Henle, 1837
 - Enchytraeus buchholzi* Vejdovský, 1879
 - Fridericia* sp. Michaelsen, 1889
 - Henlea* sp. Michaelsen, 1889
 - Lumbricillus rivalis* (Levinsen, 1884)
 - Marionina argentea* (Michaelsen, 1889)
 - Marionina riparia* Bretscher, 1899 augm. Cern.
 - Mesenchytraeus armatus* (Levinsen, 1884)
- Diplostesticulata
 - Famille Haplotaxidae
 - Haplotaxis gordioides* (Hartmann, 1821)
- Metagynophora
 - Opisthopora
 - Crassiclitellata
 - Almoidea
 - Famille Almidae
 - Criodrilus lacuum* Hoffmeister, 1845
 - Lumbricoidea
 - Famille Lumbricidae
 - Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826)

7. Récolte, conservation, dissection et montage

7.1. Récolte

7.1.1. Eaux de surface

En principe, tous les substrats aquatiques contiennent des oligochètes (vase, sable, gravier, galets, végétation) et plusieurs appareils de prélèvement peuvent être utilisés (filet Surber, carottiers, bennes, etc.). Pour un aperçu plus détaillé des méthodes d'échantillonnage adaptées aux eaux de surface, le lecteur consultera utilement le volume de cette série « *Abc Taxa* » spécialement consacré à cet aspect (Eymann *et al.*, 2010).

7.1.2. Eaux souterraines

Au Maghreb, les eaux souterraines constituent une fraction importante du milieu aquatique. Elles sont essentiellement accessibles au niveau des sources, puits, piézomètres, ainsi que dans le sous-écoulement des cours d'eau (milieu hyporhéique), et nécessitent des techniques d'échantillonnage particulières. Celles-ci sont également abordées dans Eymann *et al.* (2010) mais l'ouvrage de Malard *et al.* (2002) donne une description détaillée de toutes les techniques d'échantillonnage de ce milieu. Trois méthodes ont été particulièrement utilisées au Maghreb, en particulier par les chercheurs de la Faculté des Sciences Semlalia (Université de Marrakech, Maroc), et méritent qu'on s'y attarde.

En pratique, le sous-écoulement des cours d'eau est échantillonné au moyen de la méthode de Karaman-Chappuis et de la pompe Bou-Rouch (Bou & Rouch, 1967 ; Bou, 1974) (Fig. 8). La méthode de Karaman-Chappuis (Fig. 8C,D) est facile à mettre en œuvre et nécessite peu de matériel (un seau, une petite pelle et un filet). Un trou est creusé dans le sédiment près du cours superficiel (sur la berge ou sur une barre émergée). L'eau interstitielle s'écoule dans le trou jusqu'à atteindre l'équilibre avec le niveau de surface de la nappe d'eau. Le flux interstitiel est maintenu dans le trou en prélevant l'eau au moyen d'un petit seau. L'eau récoltée est ensuite filtrée au travers d'un filet à mailles fines (100 – 150 µm) pour recueillir les invertébrés qui ont été délogés par le courant. Un filet à mailles plus larges (250 µm) permet un lavage plus rapide de l'échantillon mais il laissera échapper les oligochètes de petite taille, tels que les Phallodrilinae.

La pompe Bou-Rouch (Fig. 8A) demande plus d'investissement pour sa mise en œuvre mais permet de prendre des échantillons semi-quantitatifs aussi bien dans le lit d'un cours d'eau que sur ses parties émergées. L'échantillon récolté contient un mélange d'eau, de sédiments de différentes granulométries, de matière organique et d'animaux. Sur le terrain, il est souvent commode de séparer les animaux et la matière organique des sédiments par élutriation. Le mélange de sédiment obtenu par pompage est versé dans un seau de 10 litres qui est remué avec des mouvements circulaires pour mettre le liquide en mouvement. Les particules sédimentaires lourdes restent au fond, tandis que la méiofaune reste en suspension. L'eau en mouvement est versée dans un filet à maille fine (100 – 150 µm) et l'opération est répétée au moins 4 fois.

Les puits sont échantillonnés au moyen du filet phréatobiologique, développé par Cvetkov (1968). Il s'agit d'un cône en toile et nylon fin monté sur un cercle métallique lesté, de 40 cm de diamètre (Fig. 8B). A la base de ce cône est attachée une valve (aluminium et clapet en caoutchouc) qui permet, lors de la remontée du filet, l'entrée de la faune nageuse et de la faune benthique mise en suspension, et qui empêche sa fuite lorsque le filet redescend. Pour récolter les oligochètes, qui vivent généralement au fond de puits, il faut laisser le filet descendre jusqu'au fond de puits et mettre le sédiment en suspension en remontant rapidement le filet sur une courte distance. L'expérience a montré que dix coups de filet sont généralement suffisants, pour obtenir un échantillon représentatif et semi-quantitatif du peuplement d'un puits. Cette technique est relativement moins efficace pour la récolte des oligochètes que pour les organismes nageants mais, en général, l'utilisation d'une benne ne fonctionne pas, en raison de l'épaisseur réduite de sédiment accumulée au fond du puits.



Fig. 8. A-D. Aperçu des moyens d'échantillonnage des eaux souterraines. **A.** Pompe Bou-Rouch. **B.** Filet Cvetkov (puits). **C-D.** Méthode de Karaman-Chappuis.

7.2. Fixation sur le terrain

Une fois l'échantillon prélevé, il est fixé sur le terrain au moyen d'une solution de formol à 10 % (pour rappel, le formol est une concentration à 40 % de formaldéhyde dilué dans l'eau ; la solution de formol proposée ici correspond à une solution de formaldéhyde à 4 %). Le volume de formol nécessaire pour bien fixer l'échantillon dépend de la dilution par l'échantillon lui-même (contenu en eau, sédiment) ; la concentration finale doit être au moins de 6 %. Des solutions plus élevées rendent les animaux cassants. Le formol est une solution acide qu'il est utile de neutraliser, en particulier pour les autres animaux à structures calcaires (ostracodes) contenus dans l'échantillon. Pour une solution de formol à 10 %, il faut dissoudre, dans 1 litre, 100 g de poudre de paraformaldéhyde (HCOH) en poudre avec 20 g de carbonate de sodium (Na_2CO_3) (Samyn *et al.*, 2006). Les échantillons destinés à une étude de l'ADN des spécimens doivent être préservés dans de l'alcool absolu (éthanol) et impérativement éviter le contact avec le formol. Il peut être utile de nettoyer au maximum l'échantillon avant la fixation, afin de réduire son volume et d'éviter le gaspillage d'alcool coûteux. Ces échantillons seront ensuite placés dans une glacière pour rester au frais.

Dans tous les cas, il est essentiel de bien homogénéiser le contenu du flacon. Les oligochètes sont des animaux fragiles qui se décomposent rapidement. Une mauvaise homogénéisation entraîne la décomposition rapide des exemplaires restés au fond du flacon.

7.3. Etiquetage des échantillons

Une fois qu'un échantillon a été prélevé et fixé au formol, ou préservé dans l'alcool absolu, il doit être étiqueté. *Il est impératif que chaque échantillon reçoive un identifiant unique.* L'expérience montre que, sans une discipline rigoureuse d'étiquetage par identifiant unique, apparaissent tôt ou tard des doublons parmi lesquels il devient difficile de mettre de l'ordre. Une manière simple de procéder (parmi d'autres) est d'utiliser une combinaison chiffrée où les deux premiers chiffres correspondent à l'année et les chiffres suivants au numéro de l'échantillon pris dans l'année en question. Dans l'exemple suivant « 11.027 » correspond à l'échantillon 27 pris en 2011. Si l'échantillonnage fait partie d'un projet particulier, il peut être commode d'y ajouter une combinaison de trois lettres qui rappelle le projet en question. Par exemple, 11.GTI.027 correspond à l'échantillon 27 prélevé en 2011 dans le cadre d'un projet « Global Taxonomy Initiative – GTI ».

L'identifiant est noté au crayon sur une étiquette qui sera déposée à l'intérieur du flacon, avec l'échantillon (éviter les feutres et stylo à bille !). Il peut être utile de noter également sur l'étiquette la date de prélèvement et un acronyme correspondant à la technique d'échantillonnage utilisée (PBR = pompe Bou-Rouch), en cas d'erreur éventuelle d'étiquetage. L'identifiant unique peut éventuellement être reporté sur le flacon, au moyen d'un feutre mais *il faut impérativement éviter de noter l'identifiant uniquement sur le couvercle.* En cas d'échange de couvercles entre deux échantillons, l'information est faussée ! De plus en plus, les échantillons sont préservés dans l'alcool absolu (à des fins d'étude de l'ADN). Dans ce cas,

l'utilisation de stylo à bille et de feutres est déconseillée car d'éventuelles pertes d'alcool feront rapidement disparaître les annotations.

Dans un carnet de terrain sera repris l'identifiant de l'échantillon, auquel sera rattaché le maximum d'information sur les caractéristiques de la station où il a été prélevé : localité, coordonnées (WGS84), méthode d'échantillonnage (abréviation), type de station (puits, source, etc.), caractéristiques de la station (profondeur du puits, profondeur de l'endroit du prélèvement, végétation environnante, etc.), paramètres physico-chimiques.

7.4. Conservation au laboratoire

Au laboratoire, les échantillons fixés au formol sont lavés et tamisés. Ils sont ensuite transférés dans de l'éthanol dénaturé à 70 % pour le stockage. Si cela n'a pas été fait sur le terrain, l'étiquetage peut être complété par l'ajout d'informations (récolteur, coordonnées, profondeur). Des étiquettes pré-imprimées peuvent s'avérer utiles. L'alcool des échantillons destinés aux analyses moléculaires sera renouvelé et les flacons seront conservés dans un surgélateur, à – 20 °C.

La manipulation des vers se fait sous loupe binoculaire, au moyen de pinces fines souples (éviter les pinces brucelles, trop rigides), ou, pour les petits animaux, avec une aiguille fine, fixée dans un porte-aiguille à mandrin, dont l'extrémité a été recourbée en anneau (Fig. 9). L'aiguille fine peut aussi être simplement enchâssée dans une brindille écorcée d'un arbuste comme le troène commun (*Ligustrum vulgare* Linnaeus, 1753). D'autres, encore, utilisent un porte-mine dont l'extrémité a été enfoncée, au préalable, dans une gomme, à la manière d'un emporte-pièce. L'aiguille est alors enchâssée dans le morceau de gomme prisonnier de l'extrémité du porte-mine.



Fig. 9. Vue d'ensemble du matériel nécessaire aux préparations d'oligochètes. En avant-plan, de la gauche vers la droite : lames placées dans de l'alcool dénaturé légèrement acide, milieux de montage (baume de Canada, glycérine, polyvinyl lactophénol), lamelles couvre-objet de deux tailles différentes, loupe binoculaire, ensemble de salières disposées pour le montage avec la méthode du paracarmin, pinces diverses (pince fine et brucelles), aiguilles fines et micro-scalpels (Photo : Th. Hubin).

7.5. Montage

Hormis les mégadriles, pour lesquels un examen à la loupe binoculaire est suffisant, l'identification des oligochètes se fait au microscope et nécessite le montage des spécimens entre lame et lamelle. Un premier examen des vers peut se faire en les plaçant dans une goutte de glycérine qui permet l'observation des structures externes (soies, localisation des pores génitaux et spermathécaux) et, éventuellement, de quelques structures internes (gaines péniennes, cœlomocytes, spermatozeugmata, etc.), en raison d'un léger pouvoir éclaircissant de la glycérine. En théorie, par le parti pris de n'utiliser que des caractères d'identification simples, tous les oligochètes décrits dans ce guide doivent pouvoir être identifiés dans ce milieu (à l'exception des Enchytraeidae qui nécessitent des techniques particulières). Après examen, les vers sont replacés dans l'alcool pour conservation. Les oligochètes destinés aux analyses moléculaires peuvent également être observés de cette façon, sans que cela altère le potentiel d'amplification et de séquençage de l'ADN.

Pour une étude plus détaillée des spécimens et une mise en collection, il est nécessaire de monter les vers dans un milieu de montage approprié. Plusieurs milieux ont été proposés et discutés (voir, en particulier, Lafont, 1983 ; Policard *et al.*, 1957). Il existe de nombreux milieux miscibles à l'eau, qui évite les étapes fastidieuses de déshydratation et permettent une conservation à moyen terme (sirop de lévulose, lactophénol d'Amann, polyvinyl lactophénol). Leur principal avantage est qu'ils permettent un traitement rapide et un excellent éclaircissement des spécimens. Les structures chitineuses (soies, gaines péniennes) sont bien visibles. Malheureusement, les structures internes sont détruites. En outre, la conservation n'est garantie qu'à moyen terme, via un lutage des préparations (vernis à ongle, p. ex.) et leur conservation à plat. Tôt ou tard, le lut devient perméable à l'air, la préparation finit par sécher et le ver est perdu. Néanmoins, ces milieux peuvent être intéressants quand il s'agit de bien voir une structure chitineuse pour des spécimens disponibles en grande quantité. Parmi ces milieux, le lactophénol polyvinylique, bien connu des entomologistes (Jones, 1946), est peut-être le plus approprié car la polymérisation du vinyle permet d'obtenir une préparation semi-rigide dans lequel le ver est immobilisé. Lutée, la préparation peut alors être conservée en position verticale, dans des boîtes appropriées.

Solutions utilisées pour le montage

Alcool acide

Ajouter 2,0 ml d'acide acétique glacial dans 98,0 ml d'éthanol 70 %.

Hématoxyline acétique d'Ehrlich

Dissoudre 2 g d'hématoxyline dans 100 ml d'alcool à 96 %. Ajouter 100 ml d'eau distillée, 100 ml de glycérine pure, 3 g d'alun de potasse ($KAl(SO_4)_2$) et 10 ml d'acide acétique. Le mélange rouge clair devient foncé en vieillissant. Après coloration des spécimens, différentier dans l'eau distillée (élimination de l'acide et virage en bleu foncé).

Lactophénol d'Amann

60,0 g de phénol, 50,0 ml d'acide lactique, 100,0 ml de glycérol

Lactophénol polyvinylique

6,3 mg d'alcool polyvinylique, 18,0 ml d'alcool absolu (96 %), 35,0 ml d'eau distillée, 45,0 ml de lactophénol.

Paracarmin de Mayer

Dissoudre à chaud 1 g de carmin acide, 0,5 g de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) et 4 g de chlorure de calcium ($CaCl_2$) dans 100,0 ml d'éthanol 70 % ; laisser refroidir et reposer ; filtrer. La solution peut se conserver plusieurs années. Il peut être nécessaire de la filtrer à nouveau, après un certain temps.

Pour les spécimens qui doivent faire l'objet d'une description (p. ex. une nouvelle espèce), et pour une conservation sur le long terme, il est indispensable de faire un montage au Baume de Canada, après coloration et déshydratation. Une procédure couramment employée dans le milieu des spécialistes est la méthode au paracarmin. D'autres colorants, synthétiques, peuvent être utilisés, en particulier l'hématoxyline acétique d'Ehrlich.

Méthode de coloration au paracarmin de Mayer

Coloration

Placer le spécimen dans l'éthanol 70 % après fixation (formol, Bouin, etc.) ; mettre le spécimen dans la solution de paracarmin (1 – 2 minutes ; plus si le spécimen est épais) ; différentier dans l'alcool acide (quelques secondes à plusieurs minutes – surveiller la décoloration) ; rincer dans un bain d'alcool 80 % (la concentration plus élevée d'alcool permet une meilleure élimination de l'alcool acide).

Déshydratation et montage

Déshydrater le spécimen dans une série de bains successifs : 1^{er} bain d'éthanol absolu (96 %) ; 2^{ème} bain d'alcool absolu ; 3^{ème} bain : mélange éthanol absolu – xylène (= xylol) (50 :50) ; 4^{ème} bain : xylène. La durée d'immersion dans chaque bain peut être très courte, en particulier pour les fragments de petits spécimens où l'équilibre avec le milieu ambiant est presque instantané. Les plus gros spécimens restent plusieurs minutes dans chaque bain. Monter au baume de Canada

Mettre à sécher 2 – 3 jours (étuve à 50 °C, ou chauffe-lames à 37 °C).

Selon la taille, plusieurs spécimens peuvent être montés sur une lame (Fig. 10). Il peut être utile de les aligner toujours dans le même sens (p. ex. la tête à gauche) pour faciliter les comparaisons entre spécimens. Le montage des petits spécimens se fait *in toto* mais il est préférable, lorsque la taille du ver le permet, de faire une dissection qui mettra bien en évidence les structures internes au niveau des segments génitaux. Il faut utiliser, de préférence, des lames porte-objet de 76 X 26 mm, aux bords rodés, à coins biseautés et à plage dépolie. Les coins biseautés permettent d'éviter des cassures sur le coin de la lame, lors de la fermeture du porte-objet sur la platine du microscope. La plage dépolie est utile pour noter les premières informations relatives à la préparation, précédant l'étiquetage définitif (identifiant unique de la préparation, nom de l'espèce, etc.).

Si disponibles, il faut préférer des lamelles couvre-objet rondes, de 15 à 18 mm de diamètre, aux lamelles carrées (18 mm de côté). Elles permettent une meilleure répartition du milieu de montage lorsque la lamelle est déposée sur la préparation.

Une goutte du milieu de montage est disposée au centre de la lame porte-objet. La quantité déposée dépend de l'épaisseur du spécimen préparé. Après avoir disposé