

# Faune aquatique souterraine de France :

## base de données et éléments de biogéographie

David FERREIRA <sup>1</sup>, Marie-José DOLE-OLIVIER <sup>1</sup>, Florian MALARD <sup>1</sup>,  
Louis DEHARVENG <sup>2</sup> et Janine GIBERT <sup>1</sup>

(1) UMR CNRS 5023, Ecologie des hydrosystèmes fluviaux, Equipe hydrobiologie et Ecologie souterraines,  
Université Claude Bernard Lyon 1, bât. Forel, 43 bd. du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France

(2) FRE CNRS 2695, Origine, Structure et évolution de la biodiversité, Département systématique et Evolution,  
Muséum National d'Histoire Naturelle, 45 rue Buffon, 75005 Paris, France  
ferreira@univ-lyon1.fr

Avec la contribution de : C. BOU, A. BRANCELJ, N. COINEAU, M. et G. FALKNER, D. GALASSI,  
N. GIANI, R. GINET, J.-P. HENRY, C. JOUIN-TOULMOND, J. JUGET, F. LESCHER-MOUTOUE, G. MAGNIEZ,  
P. MARMONIER, J. MATHIEU, P. RICHOUX et M.-J. TURQUIN.

**RÉSUMÉ :** De nombreuses données existent sur la faune aquatique souterraine de France mais elles sont encore dispersées. Depuis 2002, un effort a été entrepris pour rassembler sous la forme d'une base de données, les informations disponibles concernant la distribution de cette faune aquatique souterraine de France. Un premier bilan en est présenté dans cet article. La base comprend actuellement 381 espèces et sous-espèces correspondant à plus de 5700 enregistrements. Cette diversité place la faune française parmi l'une des plus riches faunes aquatiques souterraines d'Europe. Le bilan réalisé montre que l'état actuel des connaissances est très hétérogène en fonction du groupe zoologique considéré et de la région étudiée. La base de données sera utilisée pour identifier les

régions à forte de biodiversité (richesse spécifique, endémisme) et les aires françaises de conservation prioritaires. Elle permettra également de formuler et de tester différentes hypothèses sur l'origine et les facteurs responsables de la biodiversité aquatique souterraine.  
**MOTS-CLÉS :** eaux souterraines, biodiversité, biospéologie, biogéographie, France.

**ABSTRACT :** SUBTERRANEAN AQUATIC FAUNA OF FRANCE : DATA BASE AND BIOGEOGRAPHY. Many data exist on the aquatic subterranean fauna of France but they are scattered. Thus, large scale patterns of ground water biodiversity are still poorly documented due mainly to the lack of synthesis. Since 2002, we are currently gathering existing information on the distribution of stygobite species in France. A first inventory is presented in

this paper. The present data base contains 381 species and subspecies corresponding to more than 5700 records. This diversity indicates that the stygobite fauna of France is among one of the richest ground water fauna in Europe. Our current knowledge of groundwater biodiversity varies markedly among zoological groups and regions. We are currently implementing the present data set in order to provide a distribution pattern as complete as possible of stygobite richness in France. The data base will be used for delineating hot-spots of biodiversity (specific richness, endemism), for identifying priority areas for conservation and for formulating and testing hypotheses on the origin and drivers of groundwater biodiversity.  
**KEY WORDS :** ground water, biodiversity, biospeleology, biogeography, France.

## INTRODUCTION

La biospéologie se développe à partir du milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle après que de multiples observations ont lentement et progressivement révélé l'existence d'une faune typiquement souterraine. Le premier animal souterrain est découvert en Carniole (Slovénie actuelle), découverte signalée en 1689 par J.W. Valvasor dans un livre consacré à son pays [Vandel, 1964]. Il s'agit du Protée, espèce qui sera décrite quatre-vingts années plus tard en 1768 par Laurenti sous le nom de *Proteus anguinus*

[Ginet et Decu, 1977]. En France, c'est en 1857 que sont découverts, dans les Pyrénées, les premiers insectes cavernicoles. C'est également en France que l'association "Biospéologica" a été fondée en 1907 par E.G. Racovitza et R. Jeannel en collaboration avec d'autres éminents naturalistes tels L. Fage, P.A. Chappuis... [Racovitza, 1907]. Cette association, à laquelle ont collaboré de nombreux spécialistes français et étrangers, a contribué au développement des connaissances sur la taxonomie, la biogéographie et la genèse des faunes souterraines aussi bien en

France qu'en Europe et dans le reste du monde [historique dans Vandel, 1964 ; Juberthie et Ginet, 1994 ; Camacho, 1992].

Les eaux souterraines ont longtemps été considérées comme des milieux extrêmes, colonisés par seulement quelques espèces [Danielopol *et al.*, 2000 ; Gibert et Deharveng, 2002]. Or, les données actuelles montrent qu'à l'échelle de la planète, les eaux souterraines abritent une faune très diversifiée [Juberthie et Decu, 1994, 1998 et 2001] : plus de 7000 espèces y ont été décrites [Botosaneanu, 1986].

Par la diversité des contextes géologiques, hydrologiques et géomorphologiques, la France présente une palette étendue d'aquifères poreux, fissurés ou karstiques. Sans prétendre égaler la diversité des faunes aquatiques souterraines de la péninsule balkanique, les eaux souterraines françaises n'en abritent pas moins des communautés d'une remarquable richesse [Botosaneanu, 1986 ; Ginet et Juberthie, 1987 ; Juberthie et Ginet, 1994]. Certains groupes zoologiques ont été l'objet de synthèses à différents niveaux biologiques :

- espèce (*Isopoda Faucheria faucheri* : Bertrand, 1974) ;
- genre (*Cyclopoida Speocyclops* : Lescher-Moutoué, 1967) ;
- famille (*Isopoda Stenasellidae, Asellidae* et *Microparasellidae* : Magniez, 1976 ; Henry, 1976 ; Coineau, 1971) ;
- ordre (*Cyclopoida* : Lescher-Moutoué, 1973 ; *Harpacticoida* : Rouch, 1968 ; *Amphipoda* : Balazuc, 1954, Ginet, 1971 et 1996 ; *Syncarida* : Serban *et al.*, 1972 ; *Planaria Tricladida* : Gourbault, 1972) ;
- classe (*Ostracoda* : Meisch *et al.*, 1990) ;
- ou embranchement (*Mollusca* : Falkner *et al.*, 2002).

A partir des années 1960, des recherches écologiques ont été menées à l'échelle de plusieurs massifs karstiques notamment en Ariège [Rouch, 1970], dans les Corbières [Bertrand, 1973 et 1975], dans l'Hérault [Rouch *et al.*, 1968 ; Malard, 1995 ; Malard *et al.*, 1997], en Ardèche [Vervier, 1988], dans le Gard [Juberthie et Juberthie-Jupeau, 1975], et dans le Jura Méridional [Ginet, 1953 et 1961 ; Barthélémy, 1984 ; Gibert, 1986]. Des recherches écologiques sur les commu-

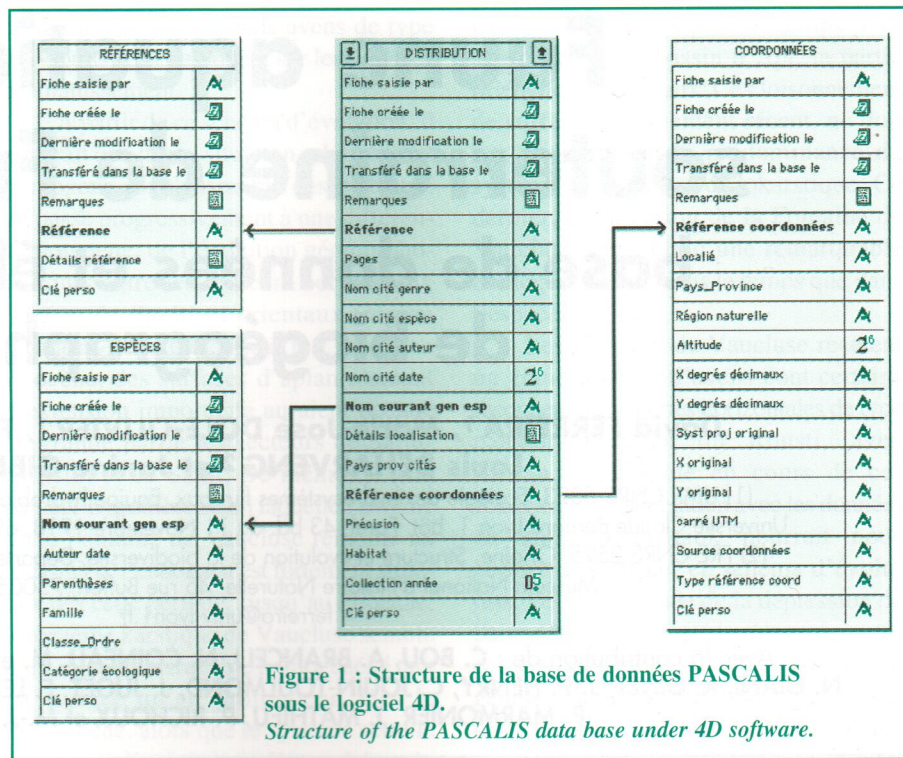


Figure 1 : Structure de la base de données PASCALIS sous le logiciel 4D.  
Structure of the PASCALIS data base under 4D software.

nautés souterraines ont été également développées dans les aquifères alluviaux des cours d'eau, par exemple le Lachein [Rouch, 1988], le Nert [Gourbault et Lescher-Moutoué, 1968 ; Rouch, 1995], l'Ariège [Dumas, 2000], le Rhône [Dole, 1983 ; Marmonier, 1988 ; Des Châtelliers, 1991], la Moselle [Picard, 1962] et le Rhin [Hertzog, 1932, 1936 et 1938].

Jusqu'à présent, seuls les travaux de Ginet et Juberthie [1987] et de Juberthie et Ginet [1994] avaient fourni une représentation synthétique de la richesse et de la distribution de la faune aquatique souterraine à l'échelle de la France. C'est pourquoi il est apparu nécessaire de

rassembler de manière plus exhaustive les informations existantes et de les synthétiser sous forme cartographique.

Dans ce but, l'élaboration d'une base de données a donc été entreprise depuis 2002 dans le cadre du programme de recherche européen PASCALIS (Protocols for the Assessment and Conservation of Aquatic Life In the Subsurface) [EVK2-CT-2001-00121, Gibert, 2001]. C'est à partir de cette base de données que nous proposons dans cet article un premier bilan des connaissances sur la diversité et la distribution de la faune aquatique souterraine de France.

Tableau 1 : Nombre d'espèces stygobies, genres et familles au sein des différents groupes zoologiques pris en compte dans la base de données sur la faune aquatique souterraine de France.  
Number of species, genus and families per zoological group included in the data base of groundwater fauna of France.

Taxon	Famille	Genre	Espèces	Enregistrements	Publiés	Non publiés	Spécialistes taxonomiques
Nemertina	1	1	1	2	2	0	/
Planaria	2	6	24	112	101	11	/
Aphanoneura	2	2	2	9	6	3	J. Juget
Oligochaeta	4	12	21	68	68	0	N. Giani
Polychaeta	1	1	1	15	15	0	J. Juget
Hirudinea	1	1	1	50	34	16	M.J. Turquin
Mollusca	2	17	83	673	650	23	M. & G. Falkner
Cladocera	1	1	2	7	7	0	A. Brancelj
Decapoda	1	1	1	13	12	1	/
Ostracoda	3	10	23	222	201	21	P. Marmonier
Syncarida	2	11	21	126	89	37	N. Coineau
Isopoda	5	7	49	769	527	242	G. Magniez, J.P. Henry, N. Coineau
Amphipoda	6	10	45	2962	843	2119	R. Ginet, N. Coineau
Cyclopoida	1	7	35	315	261	54	F. Lescher-Moutou ?
Harpacticoida	4	10	68	361	329	32	D. Galassi
Gelyelloida	1	1	1	1	1	0	D. Galassi
Calanoida	1	1	1	3	3	0	D. Galassi
Coleoptera	1	1	2	12	10	2	Ph. Richoux
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>100</b>	<b>381</b>	<b>5720</b>	<b>3159</b>	<b>2561</b>	

## I. STRUCTURE DE LA BASE DE DONNÉES

La faune vivant dans les eaux souterraines se compose d'organismes qui peuvent être classés en trois catégories en relation avec leurs affinités pour le domaine aquatique souterrain. Les stygoxènes et les stygophiles correspondent respectivement aux organismes rencontrés accidentellement ou vivant temporairement dans les eaux souterraines ; les stygobies pour leur part vivent exclusivement dans les eaux souterraines [Thienemann, 1926 ; Plesa, 1985 ; Marmonier *et al.*, 1993 ; Gibert *et al.*, 1994]. Dans la base de données élaborée, seules les espèces stygobies sont considérées.

Pour rassembler l'ensemble des informations concernant la distribution des espèces, la procédure suivante a été mise en place : pour chaque groupe zoologique (e.g. Amphipoda Niphargidae), une liste des espèces stygobies a été établie puis validée par des experts taxonomiques. Les informations issues de la littérature, de bases de données préexistantes et de données non publiées provenant de chercheurs français ou européens ont été utilisées pour produire une liste d'enregistrements. Chaque enregistrement correspond à une espèce, un lieu (site échantillonné, commune, département), des coordonnées (longitude, latitude, altitude) et une origine (référence bibliographique). La liste des enregistrements est enfin soumise à des experts qui en assurent la validation finale. La base française, actuellement développée sous la forme de tableaux Excel, est en cours d'intégration dans la base européenne élaborée pour PASCALIS sous le logiciel 4D. Sa structure repose sur quatre tableaux liés entre eux : Distribution, Coordonnées, Espèces et Références (figure 1). Les données rassemblées prennent en compte les enregistrements d'organismes stygobies identifiés à l'espèce mais également à un niveau systématique supérieur, genre ou famille.

### Annexe : Liste des espèces stygobies de France.

#### Checklist of stygobite species in France.

#### NEMERTINA

##### Tetrastemmatidae

- *Prostoma puteale* de Beauchamp 1932

#### PLANARIA

##### Dendrocoelidae

- *Dendrocoelopsis beauchampi* (Gourbault 1969)
- *Dendrocoelopsis bessoni* (Gourbault, Benazzi et Helléouët 1976)
- *Dendrocoelopsis brementi* (de Beauchamp 1919)
- *Dendrocoelopsis chattoni* (de Beauchamp 1949)
- *Dendrocoelopsis garmieri* (de Beauchamp 1950)
- *Dendrocoelopsis vandeli* (de Beauchamp 1931)
- *Dendrocoelum (Bolbodendrocoelum) agile* (de Beauchamp 1932)
- *Dendrocoelum (Dendrocoelides) barbei* (de Beauchamp 1956)
- *Dendrocoelum (Dendrocoelides) collini* (de Beauchamp 1919)
- *Dendrocoelum (Dendrocoelides) coiffaiti* (de Beauchamp 1956)
- *Dendrocoelum (Dendrocoelides) lescherae* (Gourbault 1971)
- *Dendrocoelum (Dendrocoelides) regnardi* (Steinmann 1907)
- *Dendrocoelum (Dendrocoelides) tuzetae* (Gourbault 1965)
- *Dendrocoelum (Dendrocoelum) infernale* (Steinmann 1907)
- *Dendrocoelum (Eudendrocoelum) gineti* (de Beauchamp 1954)
- *Dendrocoelum (Eudendrocoelum) remyi* (de Beauchamp 1926)
- *Dendrocoelum (Polycladodes) album* (Steinmann 1910)
- *Dendrocoelum sollaudi* (de Beauchamp 1931)
- *Miodendrocoelum parisi* (de Beauchamp 1929)

##### Planariidae

- *Atrioplanaria delamarei* (Gourbault 1969)
- *Atrioplanaria notadena* (de Beauchamp 1937)
- *Phagocata albissima* (Vejdovsky 1883)
- *Phagocata vitta* (Dugès 1830)
- *Plagnolia vandeli* (de Beauchamp et Gourbault 1964)

#### ANNELIDA, HIRUDINEA

##### Erpobdellidae

- *Trocheta bykowski* (Gedroyc 1913)

#### ANNELIDA, APHANONEURA

##### Aeolosomatidae

- *Aeolosoma gineti* (Juget 1959)

##### Potamodrilidae

- *Potamodrilus fluviatilis* (Lastochkin 1935)

#### ANNELIDA, POLYCHAETA

##### Nerillidae

- *Troglochaetus beranecki* (Delachaux 1921)

#### ANNELIDA, OLIGOCHAETA

##### Enchytraeidae

- *Enchytraeus flavus* (Moszynski 1938)
- *Pachydriulus fossor* (Vejdovsky 1877)

##### Haplotaxidae

- *Delaya corbarensis* (Delay 1972)
- *Haplotaxis leruthi* (Hrabé 1958)

##### Lumbriculidae

- *Cookidrilus speluncaeus* (Rodriguez et Giani 1987)
- *Trichodrilus capilliformis* (Rodriguez et Giani 1994)
- *Trichodrilus cernosvitovi* (Hrabé 1937)
- *Trichodrilus intermedius* (Fauvel 1903)
- *Trichodrilus leruthi* (Hrabé 1937)
- *Trichodrilus pragensis* (Vejdovsky 1875)
- *Trichodrilus tenuis* (Hrabé 1960)

##### Tubificidae

- *Abyssidrilus cuspis* (Erséus et Dumnicka 1988)
- *Ganius labouchensis* (Rodriguez et Giani 1989)
- *Ganius cavealis* (Juget et Des Châtelliers 2001)
- *Haber turquini* (Juget et Lafont 1979)
- *Krenedrilus sergei* (Giani, Erséus et Martinez-Ansemil 1990)
- *Rhyacodrilus amphigenus* (Juget 1987)
- *Rhyacodrilus balmensis* (Juget 1959)
- *Rhyacodrilus lindbergi* (Hrabé 1963)
- *Rhyacodrilus subterraneus* (Hrabé 1963)
- *Spiridion phreaticola* (Juget 1987)

#### MOLLUSCA

##### Hydrobiidae

- *Alzoniella (Alzoniella) haicabia* (Boeters 2000)
- *Alzoniella (Alzoniella) navarrensis* (Boeters 1999)
- *Alzoniella (Alzoniella) pyrenaica* (Boeters 1983)
- *Alzoniella (Alzoniella) junqua* (Boeters 2000)
- *Alzoniella (Navariella) elliptica* (Paladilhe 1874)
- *Avenionia bourguignati* (Locard 1883)
- *Avenionia brevis* (Draparnaud 1805)
- *Avenionia berengueri* (Bourguignat 1882)
- *Belgrandiella saxatilis* (Reyniès 1844)
- *Belgrandiella ? dunalina* (Moquin-Tandon 1856)
- *Bythinella bouloti* (Girardi, Bichain et Wienin 2002)
- *Bythinella cylindracea* (Paladilhe 1869)
- *Bythinella eutrepha* (Paladilhe 1867)
- *Bythinella galerae* (Girardi, Bichain & Wienin 2002)
- *Bythinella geisserti* (Boeters et Falkner 2003)
- *Bythinella padiraci* (Locard 1903)
- *Bythinella pupoides pupoides* (Paladilhe 1869)
- *Bythinella pupoides phreaticola* (Bernasconi 1989)
- *Bythiospeum anglesianum* (Westerlund 1890)
- *Bythiospeum articense* (Bernasconi 1985)
- *Bythiospeum bourguignati* (Paladilhe 1866)
- *Bythiospeum bressanum* (Bernasconi 1985)
- *Bythiospeum charpyi charpyi* (Paladilhe 1867)
- *Bythiospeum charpyi giganteum* (Bernasconi 1969)
- *Bythiospeum diaphanoides* (Bernasconi 1985)
- *Bythiospeum diaphanum diaphanum* (Michaud 1831)
- *Bythiospeum diaphanum michaellense* (Girardi 2002)
- *Bythiospeum dorvani* (Bernasconi 1985)
- *Bythiospeum drouetianum* (Clessin 1882)
- *Bythiospeum francomontanum* (Bernasconi 1973)
- *Bythiospeum garmieri* (Sayn 1889)
- *Bythiospeum klemmi* (Boeters 1969)
- *Bythiospeum michaudi* (Locard 1882)
- *Bythiospeum moussonianum* (Paladilhe 1869)
- *Bythiospeum racovitzai* (Germain 1911)
- *Bythiospeum rhenanum rhenanum* (Lais 1935)
- *Bythiospeum terveri* (Locard 1882)
- *Fissuria boui* (Boeters 1981)
- *Graziana provincialis* (Boeters 2000)
- *Graziana rayensis* (Caziot 1910)
- *Graziana ? cezairensis* (Boeters 2000)
- *Heraultiella exilis* (Paladilhe 1867)
- *Islamia bomangiana* (Boeters et Falkner 2003)
- *Islamia bourguignati* (T. Letourneux 1869)
- *Islamia consolationis* (Bernasconi 1985)
- *Islamia germani* (Boeters et Falkner 2003)
- *Islamia minuta* (Draparnaud 1805)
- *Islamia moquiniana* (Dupuy 1851)
- *Islamia spirata* (Bernasconi 1985)
- *Istriana falkneri* (Boeters 2000)
- *Palacanthilhiopsis vervierii* (Bernasconi 1988)
- *Palacanthilhiopsis ? margritae* (Boeters et Falkner 2003)
- *Plagigeyeria deformata* (Nicolas 1891)

##### Moitessieridae

- *Henririgardia wienini* (Girardi 2001)
- *Moitessieria bourguignati* (Coutagne 1883)
- *Moitessieria cocheti* (Boeters et Falkner 2003)
- *Moitessieria heideae* (Boeters et Falkner 2003)
- *Moitessieria fonsaintei* (Bertrand 2001)
- *Moitessieria juvenisanguis* (Boeters et E. Gittenberger 1980)
- *Moitessieria lescherae* (Boeters 1981)
- *Moitessieria locardi* (Coutagne 1883)
- *Moitessieria massoti* (Bourguignat 1863)
- *Moitessieria nezi* (Boeters et Bertrand 2001)
- *Moitessieria ollerii* (Altimira 1960)
- *Moitessieria rhodani* (Coutagne 1883)
- *Moitessieria rolandiana* (Bourguignat 1863)
- *Paladilhia conica* (Paladilhe 1867)
- *Paladilhia gloeri* (Boeters et Falkner 2003)
- *Paladilhia pleurotoma* (Bourguignat 1865)
- *Paladilhia pontmartiniana* (Nicolas 1891)
- *Paladilhia sp.*
- *Paladilhia umbilicata* (Locard 1902)
- *Palaospeum bessoni bessoni* (Bernasconi 1999)
- *Palaospeum bessoni rebenacqense* (Boeters et Bertrand 2001)
- *Palaospeum ? nanum* (Boeters et Bertrand 2001)
- *Spiralix burgundina* (Locard 1882)
- *Spiralix collieri* (Nicolas 1891)
- *Spiralix corsica* (Bernasconi 1994)
- *Spiralix hofmanni* (Boeters et Falkner 2003)
- *Spiralix puteana* (Coutagne 1883)
- *Spiralix rayi* (Locard 1882)
- *Spiralix vitrea* (Draparnaud 1801)

Pour reporter la distribution des taxons et de la richesse taxonomique sur un fond cartographique, un Système d'Information Géographique (ArcView 3.2.) a été utilisé. Les coordonnées des centroïdes des communes (exprimées en Lambert II étendu) ont été utilisées

pour les représentations cartographiques car les coordonnées exactes des sites échantillonnés sont rarement disponibles dans la littérature. Ces coordonnées sont issues de l'index numérique GEOFLA® Communes (Edition 5 - 2001, IGN, Paris, <http://www.ign.fr>).

## II. UNE IMPORTANTE DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

La base de données actuelle comprend 381 espèces et sous-espèces (annexe et planche photos en 4<sup>ème</sup> de couv.) correspondant à plus de 5700 enregistrements dont 45 % proviennent de données non publiées (tableau 1). A titre de comparaison, les faunes stygobies pourtant bien étudiées d'Italie [Stoch, 2001] et de Slovénie [Sket, 1999a] comprennent respectivement 265 et 210 espèces.

Les 381 espèces et sous-espèces de France se répartissent au sein de 100 genres et 39 familles (tableau 1). Près de 39 % des espèces appartiennent à seulement 8 genres : *Niphargus* (Amphipoda, 28 espèces), *Proasellus* (Isopoda, 21), *Elaphoidella* (Copepoda Harpacticoida, 19), *Speocyclops* (Copepoda Cyclopoida, 18), *Parastenocaris* (Copepoda Harpacticoida, 17), *Bythiospeum* (Mollusca, 19), *Moitessieria* (Moitessieria, 13), et *Dendrocoelum* (Planaria, 12). Par leur grande diversité spécifique, ces 8 genres s'opposent à tous les autres, 51 % des genres étant monospécifiques. Si la plupart des groupes d'invertébrés sont présents dans les eaux souterraines françaises, le groupe des Crustacés est de loin le plus diversifié puisqu'il comprend 246 espèces, réparties en 25 familles et 59 genres. Ils contribuent à environ 60 % du nombre total d'espèces, de genres et de familles. Près de 42 % des Crustacés stygobies sont des Copépodes, majoritairement des Harpacticoides dont 54 % des espèces se répartissent en seulement 2 genres (*Elaphoidella* et *Parastenocaris*) sur les 10 genres que comprend ce groupe. De récentes synthèses [Holsinger, 1994 ; Stoch, 1995 ; Sket, 1999a et 1999b ; Gibert et Deharveng, 2002] montrent effectivement que les Crustacés ont colonisé les eaux souterraines européennes avec succès, en particulier les Copépodes [Galassi, 2001], dont le nombre d'espèces stygobies égale ou excède dans certaines régions, celui des espèces de surface. Parmi les Amphipodes, 45 espèces stygobies ont été recensées en France alors que seulement une douzaine d'espèces peuple les eaux douces superficielles. Certains groupes de Crustacés sont, essentiellement (Syncarida), voire exclusivement (Gelyelloida) souterrains. Le groupe des Mollusques est également bien diversifié avec 83 espèces réparties en 17 genres, représentant 22 % de la richesse spécifique stygobie de France. Les Crustacés et

### Annexe (suite)

#### CRUSTACEA

##### CLADOCERA

###### Chydoridae

- *Alona bessei* (Dumont 1983)
- *Alona phreatica* (Dumont 1983)

##### DECAPODA

###### Atyidae

- *Troglocaris inermis* (Fage 1937)

##### ISOPODA

###### Stenasellidae

- *Stenasellus buili* (Remy 1949)
- *Stenasellus racovitzaei* (Razzauti 1925)
- *Stenasellus virei angelieri* (Magniez 1968)
- *Stenasellus virei boui* (Magniez 1968)
- *Stenasellus virei hussoni* (Magniez 1968)
- *Stenasellus virei virei* (Dollfus 1897)

###### Asellidae

- *Gallasellus heilyi* (Legrand 1956)
- *Proasellus albigensis* (Magniez 1965)
- *Proasellus aquaealidae* (Racovitza 1922)
- *Proasellus beroni* (Henry et Magniez 1968)
- *Proasellus boui* (Henry et Magniez 1969)
- *Proasellus burgundus* (Henry et Magniez 1969)
- *Proasellus cavaticus* (Leydig 1871)
- *Proasellus chauvini* (Henry et Magniez 1978)
- *Proasellus claudaei* (Henry et Magniez 1996)
- *Proasellus coiffaiti* (Henry et Magniez 1972)
- *Proasellus coxalis* (Dollfus 1892)
- *Proasellus meridianus* (Racovitza 1919)
- *Proasellus nolli* (Karaman 1952)
- *Proasellus racovitzaei* (Henry et Magniez 1972)
- *Proasellus rouchi* (Henry 1980)
- *Proasellus spelaeus* (Racovitza 1922)
- *Proasellus strouhali puteanus* (Henry 1966)
- *Proasellus synaselloides* (Henry 1963)
- *Proasellus valdensis* (Chappuis 1948)
- *Proasellus vandeli* (Magniez et Henry 1969)
- *Proasellus walteri* (Chappuis 1948)
- *Proasellus* sp.1

###### Microparasellidae

- *Microcharon angelieri* (Coineau 1963)
- *Microcharon boui* (Coineau 1968)
- *Microcharon doueti* (Coineau 1968)
- *Microcharon juberthiei juberthiei* (Coineau 1968)
- *Microcharon juberthiei ramosus* (Coineau 1968)
- *Microcharon reginae* (Dole et Coineau 1987)
- *Microcharon rouchi* (Coineau 1968)
- *Microcharon sisiphus* (Chappuis et Delamare 1954)
- *Microcharon* sp.1
- *Microcharon* sp.2
- *Microcharon* sp.3
- *Microcharon* sp.4
- *Microcharon* sp.5
- *Microcharon* sp.6
- *Microcharon* sp.7

###### Sphaeromatidae

- *Caecosphaeroma burgundum burgundum* (Dollfus 1898)
- *Caecosphaeroma burgundum rupisfucaldi* (Hubault 1934)
- *Caecosphaeroma virei* (Dollfus 1896)

###### Cirolanidae

- *Sphaeromides raymondi* (Dollfus 1897)
- *Faucheria faucheri* (Dollfus et Viré 1900)
- *Cirolanidae* n. sp.

##### AMPHIPODA

###### Karstogiella lautieri

###### Bogidiellidae

- *Bogidiella albertimagni* (Hertzog 1933)
- *Bogidiella nicolae* (Karaman 1988)
- *Medigidiella chappuisi* (Ruffo 1952)

###### Niphargidae

- *Niphargus angelieri* (Ruffo 1953)

- *Niphargus aquilex* (Schiödte 1855)
- *Niphargus balazuci* (Schellenberg 1951)
- *Niphargus boulangei* (Wichers 1964)
- *Niphargus burgundus* (Graf et Straskraba 1967)
- *Niphargus ciliatus* (Chevreux in Peyerimhoff 1906)
- *Niphargus corsicanus* (Schellenberg 1950)
- *Niphargus delamarei* (Ruffo 1953)
- *Niphargus fontanus* (Bate 1859)
- *Niphargus foreli* (Humbert 1877)
- *Niphargus gallicus* (Schellenberg 1935)
- *Niphargus gineti* (Bou 1965)
- *Niphargus gr. jovanovici* (S. Karaman 1931)
- *Niphargus kieferi* (Schellenberg 1936)
- *Niphargus kochianus kochianus* (Bate 1859)
- *Niphargus ladmiraulti* (Chevreux 1901)
- *Niphargus laisi* (Schellenberg 1936)
- *Niphargus nicaensis* (Isnard 1916)
- *Niphargus pachypus* (Schellenberg 1933)
- *Niphargus plateaui* (Chevreux 1901)
- *Niphargus renei* (G. Karaman 1986)
- *Niphargus rhenorhodanensis* (Schellenberg 1937)
- *Niphargus robustus* (Chevreux 1901)
- *Niphargus schellenbergi* (S. Karaman 1932)
- *Niphargus setiferus* (Schellenberg 1937)
- *Niphargus thienemanni* (Schellenberg 1934)
- *Niphargus vandeli* (Barbé 1961)
- *Niphargus virei* (Chevreux 1896)
- *Niphargopsis casparyi* (Pratz 1866)

###### Crangonyctidae

- *Crangonyx subterraneus* (Bate 1859)

###### Salentinellidae

- *Parasalentinella rouchi* (Bou 1971)
- *Salentinella angelieri* (Ruffo et Delamare 1952)
- *Salentinella delamarei delamarei* (Coineau 1962)
- *Salentinella delamarei macrocheles* (Coineau 1968)
- *Salentinella gineti* (Balazuc 1957)
- *Salentinella major* (Barbé 1965)
- *Salentinella petiti* (Coineau 1968)
- *Salentinella* sp.1

###### Pseudoniphargidae

- *Pseudoniphargus adriaticus* (S. Karaman 1955)

###### Ingolfiellidae

- *Ingolfiella (Thyrrhenidiella) catalanensis* (Coineau 1963)
- *Ingolfiella (Thyrrhenidiella) thibaudi* (Coineau 1968)

##### OSTRACODA

###### Candonidae

- *Candonopsis boui* (Danielopol 1978)
- *Cryptocandona kieferi* (Klie 1938)
- *Fabaeformiscandona wegeli* (Petkovski 1962)
- *Mixtocandona juberthieae* (Danielopol 1978)
- *Mixtocandona laisi* (Klie 1938)
- *Pseudocandona cf. hertzogi* sp.1
- *Pseudocandona cf. hertzogi* sp.2
- *Pseudocandona delamarei* (Danielopol 1978)
- *Pseudocandona hertzogi* (Klie 1937)
- *Pseudocandona rouchi* (Danielopol 1973)
- *Pseudocandona simililampadis* (Danielopol 1978)
- *Pseudocandona zschokkei* (Wolf 1920)
- *Schellencandona belgica* (Klie 1937)
- *Schellencandona cf. schellenbergi* sp.1
- *Schellencandona cf. schellenbergi* sp.2
- *Schellencandona triquetra* (Klie 1936)

###### Cyprididae

- *Cavernocypris subterranea* (Wolf 1920)
- *Psychrodromus betharrami* (Baltanas, Danielopol Roca et Marmonier 1993)

###### Entocytheridae

- *Sphaeromicola cebennica cebennica* (Remy 1948)
- *Sphaeromicola cebennica juberthiei* (Danielopol 1977)
- *Sphaeromicola hamigera* (Remy 1948)
- *Sphaeromicola topsenti* (Paris 1916)
- *Ostracoda* n. gen. n. sp.

les Mollusques composent ainsi près de 86 % de la totalité des espèces stygobies répertoriées en France.

Au contraire, les insectes stygobies (larves et adultes) sont très rares dans les eaux souterraines [Botosaneanu, 1986] alors que les espèces de surface représentent, en Europe, 50 % de la totalité des espèces animales vivant dans les eaux de surface [Danielopol *et al.*, 2000]. Les deux seules espèces d'insectes stygobies recensées en Europe, *Siئتitia avenionensis* et *Siئتitia balsetensis* (Coleoptera), sont présentes uniquement en France [Botosaneanu, 1986]. En revanche, la faune stygobie de France ne comporte aucun vertébré. Le seul vertébré stygobie d'Europe est le Protée qui vit exclusivement dans les eaux souterraines du karst des Alpes Dinariques (Slovénie, Croatie et Bosnie-Herzégovine) [Aljancič, 1993].

### III. HÉTÉROGÉNÉITÉ DES CONNAISSANCES

L'état actuel des connaissances varie en fonction du groupe zoologique considéré et de la région étudiée. L'évaluation de la biodiversité d'une région dépend étroitement, d'une part de la qualité des études taxonomiques (identification et description des espèces, mise à jour régulière des publications) qui est fortement liée au nombre de taxonomistes en activité [Valdecasas et Camacho, 2003], et d'autre part de l'effort d'échantillonnage [Stoch, 1995 ; Deharveng *et al.*, 2000].

Certains groupes zoologiques, en particulier les Crustacés, ont été l'objet d'études plus approfondies. C'est le cas des genres *Proasellus*, *Stenasellus* et *Niphargus* dont la systématique et la biogéographie, voire la biologie et l'écologie pour certaines espèces, sont aujourd'hui relativement bien connues [Henry, 1976 ; Magniez, 1976 ; Ginet, 1960 et 1971]. Ainsi, le genre *Niphargus* fait depuis plus d'une quarantaine d'années l'objet d'une collection mise en place par le Professeur R. Ginet. Les données issues de cette collection constituent 57 % des enregistrements du genre *Niphargus* et près de 50 % des enregistrements de la totalité des Amphipodes stygobies.

D'autres groupes zoologiques sont au contraire peu répertoriés dans les eaux souterraines tels les Nématodes et les Annélides. Chez ces derniers, les caractères morphologiques et anatomiques d'adaptation à la vie souterraine sont pratiquement inexistantes et l'identification est

#### COPEPODA, CYCLOPOIDA

- Cylopidae**
- *Acanthocyclops hispanicus* (Kiefer 1937)
  - *Acanthocyclops rhenanus* (Kiefer 1936)
  - *Acanthocyclops sensitivus* (Graeter et Chappuis 1914)
  - *Diacyclops cf. paolae* (Pesce et Galassi 1987)
  - *Diacyclops clandestinus* (Kiefer 1933)
  - *Diacyclops zschokkei* (Graeter 1910)
  - *Eucyclops graeteri* (Chappuis 1927)
  - *Graeteriella (Paragraeteriella) bertrandi* (Lescher-Moutoué 1974)
  - *Graeteriella (Paragraeteriella) gelyensis* (Lescher-Moutoué 1978)
  - *Graeteriella (Paragraeteriella) laisi* (Kiefer 1936)
  - *Graeteriella (Paragraeteriella) vandeli* (Lescher-Moutoué 1969)
  - *Graeteriella boui* (Lescher-Moutoué 1974)
  - *Graeteriella brehmi* (Lescher-Moutoué 1968)
  - *Graeteriella rouchi* (Lescher-Moutoué 1968)
  - *Graeteriella unisetigera* (Graeter 1910)
  - *Kieferiella delamarei* (Lescher-Moutoué 1971)
  - *Megacyclops brachypus* (Kiefer 1954)
  - *Speocyclops arregladensis* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Speocyclops anomalus* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Speocyclops astereti* (Lindberg 1954)
  - *Speocyclops demitensis* (Scourfield 1932)
  - *Speocyclops gallicus* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Speocyclops kieferi* (Lescher-Moutoué 1968)
  - *Speocyclops orcinus* (Kiefer 1937)
  - *Speocyclops proserpinae* (Kiefer 1937)
  - *Speocyclops racovitzai* (Chappuis 1923)
  - *Speocyclops racovitzai bosnensis* (Kiefer 1954)
  - *Speocyclops racovitzai goullounensis* (Kiefer 1954)
  - *Speocyclops racovitzai incerta* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Speocyclops racovitzai liquensis* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Speocyclops racovitzai noustensis* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Speocyclops racovitzai peyortensis* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Speocyclops racovitzai sabartensis* (Kiefer 1954)
  - *Speocyclops racovitzai sandetsi* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Speocyclops sisyphus* (Kiefer 1937)

#### COPEPODA, HARPACTICOIDA

- Ectinosomatidae**
- *Pseudectinosoma vandeli* (Rouch 1969)
  - *Pseudectinosoma janineae* Galassi, (Dole-Olivier et De Laurentiis 1999)
- Ameiridae**
- *Parapseudoleptomesochra subterranea subterranea* (Chappuis 1928)
  - *Parapseudoleptomesochra subterranea deminuta* (Chappuis 1928)
  - *Nitocrellopsis elegans* (Chappuis et Rouch 1959)
  - *Nitocrellopsis rouchi* Galassi, (De Laurentiis et Dole-Olivier 1999)
  - *Nitocrella beatrix* (Cottarelli et Bruno 1994)
  - *Nitocrella delayi* (Rouch 1970)
  - *Nitocrella dussarti* (Chappuis et Rouch 1959)
  - *Nitocrella gracilis* (Chappuis 1955)
  - *Nitocrella omega* (Hertzog 1936)
  - *Nitocrella* sp.1 groupe hirta
  - *Nitocrella* sp.2 groupe hirta
- Canthocampidae**
- *Elaphoidella boui* (Rouch 1988)
  - *Elaphoidella boulloni* (Rouch 1964)
  - *Elaphoidella brehieri* (Apostolov 2001)
  - *Elaphoidella calypsonis* (Chappuis et Rouch 1959)
  - *Elaphoidella cavatica* (Chappuis 1957)
  - *Elaphoidella coiffaiti* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Elaphoidella elaphoides elaphoides* (Chappuis 1924)
  - *Elaphoidella federicae* (Pesce et Galassi 1988)
  - *Elaphoidella garbetensis* (Rouch 1980)
  - *Elaphoidella infernalis* (Rouch 1970)
  - *Elaphoidella leruthi leruthi* (Chappuis 1937)
  - *Elaphoidella leruthi meridionalis* (Chappuis 1953)
  - *Elaphoidella longifurcata* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Elaphoidella madiracensis* (Apostolov 1998)
  - *Elaphoidella mauro* (Chappuis 1956)

- *Elaphoidella pyrenaica* (Rouch 1970)
  - *Elaphoidella reducta* (Rouch 1970)
  - *Elaphoidella vandeli* (Chappuis et Rouch 1958)
  - *Elaphoidella vasconica* (Rouch 1970)
  - *Ceuthonectes boui* (Apostolov 2002)
  - *Ceuthonectes bulbiseta* (Apostolov 2002)
  - *Ceuthonectes chappuisi* (Rouch 1980)
  - *Ceuthonectes gallicus* (Chappuis 1928)
  - *Ceuthonectes serbicus* (Chappuis 1924)
  - *Ceuthonectes vievilleae* (Rouch 1980)
  - *Moraria catalana* (Chappuis et Kiefer 1952)
  - *Moraria varica* (Graeter 1911)
  - *Bryocamptus (Articocamptus) vandouwei* (Kessler 1914)
  - *Bryocamptus (Articocamptus) zschokkei triarticulata* (Kiefer 1929)
  - *Bryocamptus (Rheocamptus) alosensis* (Apostolov 1998)
  - *Bryocamptus (Rheocamptus) dentatus* (Chappuis 1937)
  - *Bryocamptus (Rheocamptus) pyrenaicus* (Chappuis 1923)
  - *Bryocamptus (Rheocamptus) unisaetosus* (Kiefer 1930)
  - *Antrocampthus catherinae* (Chappuis et Rouch 1969)
  - *Antrocampthus chappuisi* (Rouch 1970)
  - *Antrocampthus coiffaiti* (Chappuis 1956)
  - *Antrocampthus longifurcatus* (Rouch 1970)
  - *Antrocampthus stygius* (Rouch 1970)
- Parastenocarididae**
- *Parastenocaris aedes* (Hertzog 1938)
  - *Parastenocaris corsica* (Cottarelli, Bruno et Berera 2000)
  - *Parastenocaris dentulatus* (Chappuis et Rouch 1959)
  - *Parastenocaris diana* (Chappuis 1955)
  - *Parastenocaris fontinalis borea* (Kiefer 1960)
  - *Parastenocaris fontinalis fontinalis* (Schnitter et Chappuis 1915)
  - *Parastenocaris fontinalis meridionalis* (Rouch 1990)
  - *Parastenocaris glareola* (Hertzog 1936)
  - *Parastenocaris hippuris* (Hertzog 1938)
  - *Parastenocaris mangini* (Rouch 1990)
  - *Parastenocaris micheli* (Chappuis et Rouch 1959)
  - *Parastenocaris nertensis* (Rouch 1990)
  - *Parastenocaris nicolasi* (Rouch 1996)
  - *Parastenocaris psammica* (Songeur 1961)
  - *Parastenocaris silvana* (Cottarelli, Bruno et Berera 2000)
  - *Parastenocaris stammeri gallicus* (Chappuis et Rouch 1959)
  - *Parastenocaris vandeli* (Rouch 1987)

#### COPEPODA, GEL YELLOIDA

- Gelyellidae**
- *Gelyella droguei* (Rouch et Lescher-Moutoué 1977)

#### COPEPODA, CALANOIDA

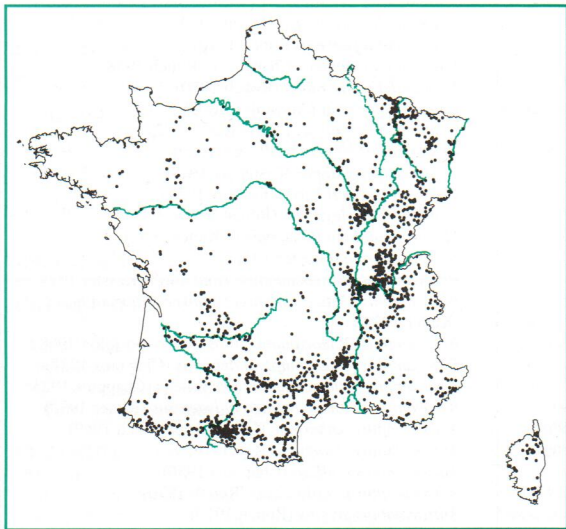
- Diaptomidae**
- *Spelaediaptomus rouchi* (Dussart 1970)

#### SYNCARIDA

- Bathynellidae**
- *Bathynella gallica* (Delamare et Chappuis 1954)
  - *Bathynella natans natans* (Vejdovsky 1882)
  - *Bathynella natans natans* (Vejdovsky 1882)
  - *Bathynella pyrenaica* (Delamare et Chappuis 1954)
  - *Delamareibathynella debouttevillei* (Serban 1989)
  - *Delamareibathynella motasi* (Serban 1992)
  - *Gallobathynella (Clamoussella) delayi* (Serban, Coineau et Delamare 1971)
  - *Gallobathynella (Gallobathynella) boui* (Serban, Coineau et Delamare 1971)
  - *Gallobathynella (Gallobathynella) coiffaiti* (Delamare 1963)
  - *Gallobathynella (Gallobathynella) juberthiae* (Serban, Coineau et Delamare 1971)
  - *Gallobathynella (Gallobathynella) tarissei* (Serban, Coineau et Delamare 1971)
  - *Meridiobathynella (Paraiberobathynella) rouchi* (Serban, Coineau et Delamare 1971)
  - *Pseudobathynella magniezii* (Serban, Coineau et Delamare 1971)
  - *Parameridiobathynella gardensis* (Serban 1989)
  - *Vandelibathynella vandeli* (Delamare et Chappuis 1954)
  - *Vejdovskybathynella balazuci* (Serban et Leclerc 1984)
  - *Vejdovskybathynella spatyensis* (Serban et Leclerc 1984)
  - *Vejdovskybathynella leclerci* (Serban 1989)
- Parabathynellidae**
- *Parabathynella stygia* (Chappuis 1926)
  - *Paraiberobathynella (Paraiberobathynella) fagei* (Delamare et Angellier 1950)
  - *Hexabathynella knoepffleri* (Coineau 1965)

#### INSECTA

- COLEOPTERA**
- Dytiscidae**
- *Siئتitia avenionensis* (Guignot 1925)
  - *Siئتitia balsetensis* (Abeille de Perrin 1904)



**Figure 2 : Carte de distribution des enregistrements de toutes les espèces stygobies répertoriées en France.**  
*Distribution map of records of all stygobite species known from France.*

rarement menée au niveau spécifique. Certains de ces groupes font actuellement l'objet de recherches spécifiques. C'est le cas, par exemple, des Oligochètes [Martínez-Ansemil *et al.*, 1997 et 2002 ; Sambugar *et al.*, 1999 ; Creuzé des Châtelliers, 2000 ; Creuzé des Châtelliers et Meyssonier, 2001] pour lesquels les données très récentes indiquent que la richesse spécifique des eaux souterraines du sud de l'Europe est comparable à celle observée dans les milieux aquatiques de surface [Giani *et al.*, 2001].

Indépendamment de la qualité des données disponibles (données taxonomi-

ques, précision des données cartographiées), la variabilité de l'effort d'échantillonnage constitue un problème récurrent dans les analyses biogéographiques aussi bien à l'échelle régionale que continentale. Les données rassemblées dans les bases sont effectivement rarement récoltées dans le but d'analyses cartographiques [Deharveng *et al.*, 2000]. Aussi, la carte de distribution des enregistrements de toutes les espèces stygobies répertoriées en France traduit en premier lieu l'état actuel des connaissances (figure 2). La faune stygobie est présente essentiellement dans la

moitié méridionale du pays où elle a été activement recherchée : les Pyrénées, les Causses du sud-ouest, l'Ardèche, le Jura et le long du Rhône et de la Saône. Il s'agit là essentiellement de régions où sont implantés des individualités ou des laboratoires spécialisés dans l'étude du domaine souterrain ou encore des sites d'études, sélectionnés pour leurs caractéristiques particulières (hydrogéologie, hydrogéomorphologie, faune potentielle, facilité d'accès...). Au contraire, la majeure partie de l'ouest de la France (Bassin Parisien, Massif Armoricain, Bassin Aquitain, nord ouest du Massif

Central) n'a fait l'objet que de rares études biospéologiques [e.g. Bertrand, 1971 dans le Loiret] et de récoltes ponctuelles d'Amphipodes Niphargidae, organismes relativement visibles.

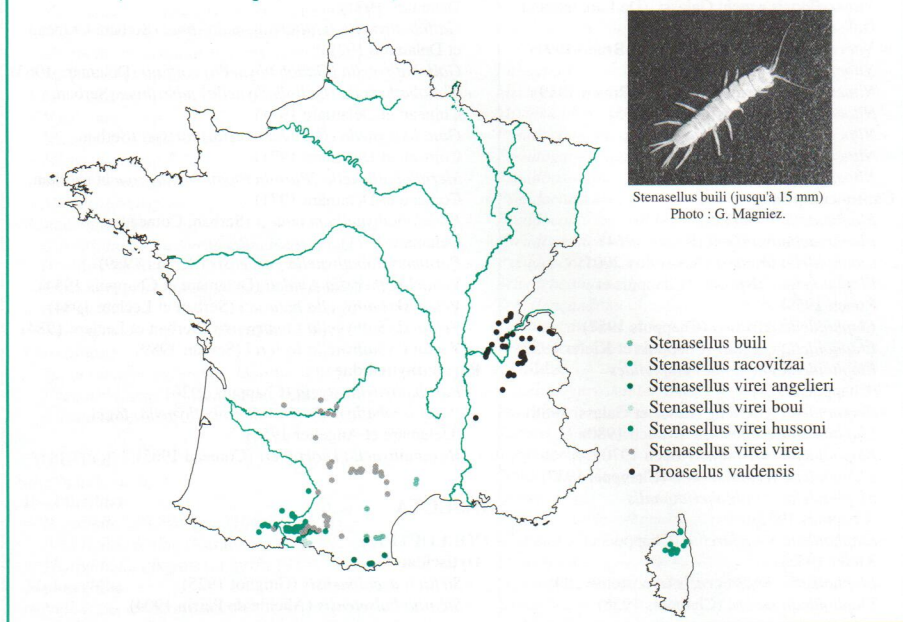
#### IV. DISTRIBUTION BIOGÉOGRAPHIQUE DE QUELQUES ESPÈCES

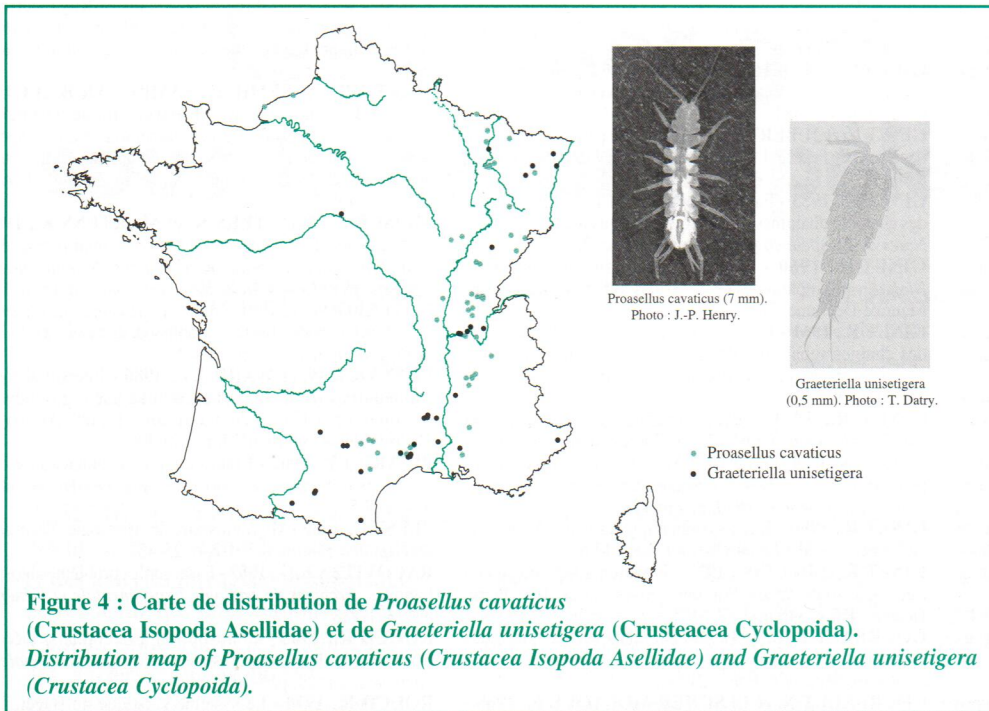
L'origine de la colonisation du milieu souterrain constitue une interrogation récurrente qui a généré plusieurs modèles conceptuels, cherchant notamment à expliquer la distribution actuelle des espèces [Rouch et Danielopol, 1987 ; Botosaneanu et Holsinger, 1991 ; Boutin et Coineau, 1990 ; Notenboom, 1991 ; Holsinger, 1994 ; Stoch, 1995]. La répartition biogéographique des espèces souterraines résulte d'un grand nombre de facteurs biologiques (capacité de dispersion et d'adaptation des espèces), paléogéographiques et paléoclimatiques (transgressions et régressions marines du Tertiaire, glaciations du Quaternaire) dont l'étude détaillée dépasse l'objet de cet article. Globalement, les espèces souterraines présentent, comparativement aux espèces de surface, des aires de répartition beaucoup plus limitées.

Ainsi 100 espèces, soit 26 % des espèces répertoriées, ne sont connues que d'une seule station (endémiques stricts). Cette importante richesse en espèces endémiques est directement liée à la fragmentation et à la stabilité des habitats souterrains qui favorisent les processus évolutifs (i.e. spéciation) conduisant à l'isolement des populations [Stoch, 1995 ; Holsinger ; 2000 ; Gibert et Deharveng, 2002]. Cet endémisme est également, pour une partie, le reflet de prospections insuffisantes, car s'il est connu que des espèces peuvent être limitées à un massif ou à un aquifère karstique, il est peu probable qu'elles ne se trouvent qu'en un seul point de ce massif ou de cet aquifère.

Les aires de répartition de la majorité des espèces sont, cependant, plus étendues. Par exemple, les espèces du genre *Stenasellus* (Crustacea Isopoda Stenasellidae) sont limitées au bassin Ibéro-Aquitain à l'exception de *Stenasellus racovitzai* présente en Corse, en Sardaigne et en Toscane (figure 3) [Magniez, 1976]. De même, l'espèce alpine *Proasellus valdensis* (Crustacea Isopoda Asellidae) présente une distribution qui correspond aux limites des glaciers würmiens et

**Figure 3 : Cartes de distribution des espèces du genre *Stenasellus* (Crustacea Isopoda Stenasellidae) et de *Proasellus valdensis* (Crustacea Isopoda Asellidae).**  
*Distribution map of *Stenasellus* species (Crustacea Isopoda Stenasellidae) and *Proasellus valdensis* (Crustacea Isopoda Asellidae).*





résulte probablement d'une recolonisation post-glaciaire (figure 3) [Henry, 1976].

Enfin de rares espèces ont une aire de répartition beaucoup plus vaste. *Proasellus cavaticus*, forme expansive, occupe une grande partie de l'Europe moyenne et occidentale (France, Allemagne, Suisse, Autriche, Pays-Bas, Belgique, Grande-Bretagne) (figure 4) [Henry, 1976]. De même, le Cyclopöide *Graeteriella unisetigera* est connu du nord de l'Espagne jusqu'en Géorgie (figure 4) [Vandel, 1964]. D'autres espèces, telles que *Fabaeformiscandona wegelini* (Ostracoda) et *Troglochaetus beranecki* (Polychaeta), présentent une distribution européenne (Allemagne, Pologne, Croatie pour la première, Roumanie, Pologne, Suisse, ex-Tchécoslovaquie, Hongrie, Finlande pour la seconde), mais se retrouvent également outre-atlantique. En effet, ces deux espèces ont également été récoltées aux Etats-Unis dans le Colorado et dans l'Arizona [Pennak et Ward, 1986 ; Danielopol *et al.*, 1994 ; Ward et Voelz, 1994].

L'aire de répartition de certaines espèces soulève des questions biogéographiques intéressantes. Ainsi, les glaciations du Quaternaire ont probablement modelé la distribution des Amphipodes *Niphargus virei* et *Niphargus rhenorhodanensis* dans le Jura Méridional [Ginet, 1960 et 1971 ; Ginet et Juberthie, 1987]. L'espèce karstique de grande taille *N. virei* est absente des zones pourtant karstifiées recouvertes autrefois par les glaciers würmiens, alors que l'espèce généraliste *N. rhenorhodanensis*, aurait recolonisé ces milieux lors du retrait des glaciers.

## CONCLUSION

La base de données présentée est toujours en cours d'élaboration et ne sera pas disponible avant la fin du programme PASCALIS, soit fin 2004. Celle-ci devrait constituer un formidable outil, tant sur le plan scientifique que sur le plan de la conservation de la biodiversité aquatique souterraine. Les données issues des recherches à venir devront alimenter cette base afin de la rendre plus robuste.

Dans son état actuel, la base de données sera utilisée afin d'analyser les structures de distribution de la faune stygobie de France et d'identifier les régions à forte biodiversité (richesse spécifique, endémisme). Une part importante du travail restant consistera notamment à apprécier et à comparer la qualité de l'évaluation de la richesse taxonomique dans les différentes régions du territoire français. Un tel travail nécessite notamment d'estimer l'effort d'échantillonnage requis pour disposer d'une information fiable sur la diversité spécifique régionale. De plus, le recoupement entre les informations obtenues sur la distribution de la biodiversité stygobie et celles disponibles sur des variables environnementales clés (*i.e.* vulnérabilité des aquifères, perturbations anthropiques) devrait permettre d'identifier les aires françaises de conservation prioritaire, et d'aider ainsi à la mise en œuvre de stratégies de conservation et de gestion de la biodiversité des eaux souterraines. Enfin, la base sera également utilisée afin de tester différentes hypothèses sur l'origine de la biodiversité aquatique souterraine et les mécanismes qui ont conduit à sa répartition actuelle.

## Remerciements et adresses des contributeurs

Cette étude est financée par le programme de recherche européen PASCALIS (EVK2-CT-2001-00121).

### Contributeurs :

- Claude BOU (Crustacea, Mollusca, Annelida), La Forestole, Cambon d'Albi, 81000 Albi.
- Nicole COINEAU (Synarida, Isopoda Microparasellidae, Amphipoda Ingolfiellidae, Bogidiellidae et Salentinellidae), Observatoire Océanologique de Banyuls, Laboratoire Arago, Université P. & M. Curie, B.P. 44, 66651 Banyuls-sur-Mer. [n.coineau@obs-banyuls.fr](mailto:n.coineau@obs-banyuls.fr)
- Anton BRANCELJ (Cladocera), National Institute of Biology of Ljubljana, Vecna pot 111, 1000 Ljubljana, Slovénie. [anton.brancelj@uni-lj.si](mailto:anton.brancelj@uni-lj.si)
- Margrit et Gerhard FALKNER (Mollusca), Raiffeisenstrasse 5, D-85457 Woerth-Hoerlkofen, Allemagne. [Falkner@malaco.de](mailto:Falkner@malaco.de)
- Diana GALASSI (Harpacticoida, Calanoida, Gelyelloida), Dipartimento di Scienze Ambientali, University of l'Aquila, Via Vetoio, Coppito, I-67100 L'Aquila, Italie. [diana.galassi@aquila.infn.it](mailto:diana.galassi@aquila.infn.it)
- Narcisse GIANI (Oligochaeta), Laboratoire des Hydrosystèmes, Université Paul Sabatier Toulouse 3, Bât. IVR3, 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse cedex 4. [giani@cict.fr](mailto:giani@cict.fr)
- René GINET (Amphipoda), UMR CNRS 5023 - Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Université Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, F-69622 Villeurbanne cedex.
- Claude JOUIN-TOULMOND (Aphanoneura), CBM - Cahiers de Biologie Marine, place Georges Teissier B.P. 74, F-29682 Roscoff Cedex. [jouin@sb-roscoff.fr](mailto:jouin@sb-roscoff.fr)
- Jacques JUGET (Annelida) UMR CNRS 5023 - Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Université Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, F-69622 Villeurbanne cedex.
- Françoise LESCHER-MOUTOUE (Cyclopoida), Ecole Normale Supérieure, Laboratoire d'Ecologie CNRS-UMR 7625, 46 rue d'Ulm, F-75260 Paris Cedex 05. [lescher@biologie.ens.fr](mailto:lescher@biologie.ens.fr)
- Guy MAGNIEZ (Jean-Paul HENRY) (Isopoda Asellidae, Stenasellidae, Sphaeromatidae et Cirolanidae), Université de Bourgogne, Bâtiment Gabriel, 6 boulevard Gabriel, F-21000 Dijon. [Guy.Magniez@u-bourgogne.fr](mailto:Guy.Magniez@u-bourgogne.fr)
- Pierre MARMONIER (Ostracoda), Université de Rennes, UMR CNRS 6553 - ECOBIO, Station Biologique, F-35380 Paimpont. [pierre.marmonier@univ-rennes1.fr](mailto:pierre.marmonier@univ-rennes1.fr)
- Jacques MATHIEU (Cyclopoida), UMR CNRS 5023 - Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Université Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, F-69622 Villeurbanne cedex. [mathieu@biomserv.univ-lyon1.fr](mailto:mathieu@biomserv.univ-lyon1.fr)
- Philippe RICHOUX (Coleoptera), UMR CNRS 5023 - Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Université Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, F-69622 Villeurbanne cedex. [richoux@biomserv.univ-lyon1.fr](mailto:richoux@biomserv.univ-lyon1.fr)
- Marie-José TURQUIN (Hirudinea), UMR CNRS 5023 - Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Université Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, F-69622 Villeurbanne cedex. [turquin@univ-lyon1.fr](mailto:turquin@univ-lyon1.fr)

- ALJANČIČ M. (Ed.), 1993 - *Proteus*, the mysterious ruler of karst darkness. *Vitrum, Ljubljana, Slovenia*, 75 p.
- BALAZZ J., 1954 - Les Amphipodes troglodytes et phréatobies de la faune gallo-rhénane. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, n°91, p. 153-193.
- BARTHÉLEMY D., 1984 - Impact des pollutions sur la faune stygobie karstique : approche typologique sur seize émergences des départements de l'Ain et du Jura. Thèse, Lyon 1, 181 p.
- BERTRAND J.Y., 1971 - Documents faunistiques et écologiques sur une source du Loiret. *Bulletin de l'Association des Naturalistes Orléanais et de la Loire Moyenne*, n°52.
- BERTRAND J.Y., 1973 - Sur le peuplement des eaux souterraines des karsts du Languedoc et des Corbières. *Annales de Spéléologie*, n° 28, p. 675-684.
- BERTRAND J.Y., 1974 - Recherches sur l'écologie de *Faucheria faucheri* (Crustacé, Cirolanides). Thèse, Paris VI, 123 p.
- BERTRAND J.Y., 1975 - Etude d'un aquifère épikarstique des Corbières (Opoul, Pyrénées-Orientales). *Annales de Spéléologie*, n° 30, p. 513-537.
- BOTOSANEANU L. (Ed.), 1986 - Stygofauna Mundi. Leiden (The Netherlands) : E.J. Brill and Dr. W. Backhuys, 740 p.
- BOTOSANEANU L. et HOLSINGER J.R., 1991 - Some aspects concerning colonization of the subterranean realm - especially of subterranean waters : a response to Rouch & Danielopol, 1987. *Stylogia*, n°6, p. 11-39.
- BOUTIN C. et COINEAU N., 1990 - "Regression model", "modèle biphasé" d'évolution et origine des micro-organismes stygobies interstitiels continentaux. *Revue de Micropaléontologie*, n°33, p. 303-322.
- CAMACHO A.I. (Ed.), 1992 - The natural history of biospeleology. *Monografias del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid*, 680 p.
- COINEAU N., 1971 - Les Isopodes interstitiels. Documents sur leur écologie et leur biologie. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris*, 170 p.
- CREUZÉ des CHÂTELLIERS M., 1991 - Dynamique de répartition des biocénoses interstitielles du Rhône en relation avec des caractéristiques géomorphologiques (secteurs de Brégnier-Cordon, Miribel-Jonage et Donzère-Mondragon). Thèse, Université Lyon 1, 161 p.
- CREUZÉ des CHÂTELLIERS M., 2000 - Ecologie évolutive des Oligochètes dans le milieu souterrain. *Spéléo-Dossiers*, n°30, p. 96-98.
- CREUZÉ des CHÂTELLIERS M. et MEYSSONNIER M., 2001 - Etat des recherches sur les Oligochètes stygobies. *Spéléo-Dossiers*, n°31, p. 42-43.
- DEHARVENG L., DALENS D., DRUGNAND D., SIMON-BENITO J.C., GAMA M.M., de SOUSA P., GERS C., et BEDOS A., 2000 - Endemism mapping and biodiversity conservation in western Europe : an arthropod perspective. *Belgian Journal of Entomology*, n°2, p. 59-75.
- DANIELOPOL D.L., MARMONIER P., BOULTON A.J. et BONADUCE G., 1994 - World subterranean ostracod biogeography : dispersal or vicariance. *Hydrobiologia*, n° 287, p. 119-129.
- DANIELOPOL D.L., POSPISIL P., et ROUCH R., 2000 - Biodiversity in groundwater : a large-scale view. *Trends in Ecology and Evolution*, n°15, p. 223-224.
- DOLE M.J., 1983 - Le domaine aquatique souterrain de la plaine alluviale du Rhône à l'est de Lyon. *Ecologie des niveaux supérieurs de la nappe*. Thèse, Université Lyon 1, 168 p.
- DUMAS P., 2000 - Les Crustacés souterrains, indicateurs naturels de l'aquifère alluvial de l'Ariège (France, Pyrénées). Thèse, Toulouse III, 165 p.
- FALKNER G., RIPKEN T.E.J. et FALKNER M., 2002 - Mollusques Continentaux de France. Liste de Référence annotée et Bibliographie. *Muséum d'Histoire Naturelle, Paris*, 350 p.
- GALASSI D.M.P., 2001 - Groundwater Copepods : diversity patterns over ecological and evolutionary scales. *Hydrobiologia*, n°453/454, p. 227-253.
- GIANI N., SAMBUGAR B., RODRIGUEZ P. et MARTÍNEZ-ANSEMIL E., 2001 - Oligochaetes in southern European groundwater : new records and an overview. *Hydrobiologia*, n°463, p. 65-74.
- GIBERT J., 1986 - Ecologie d'un système karstique jurassien. *Hydrogéologie, dérive animale, transits de matières, dynamique de la population de Niphargus* (Crustacé Amphipode). Thèse d'Etat, Lyon 1, 368 p.
- GIBERT J., 2001 - Protocols for the assessment and conservation of aquatic life in the subsurface (PASCALIS) : a European project. *Proceedings of an international workshop held, March 18 through 20, 2001, Laboratoire Souterrain du CNRS, Moulis, Ariège, France*, p. 19-21.
- GIBERT J., STANFORD J.A., DOLE-OLIVIER M.J. et WARD J.V., 1994 - Basic attributes of groundwater ecosystems and prospects for research. In : *Groundwater Ecology*, J. Gibert, D.L. Danielopol et Stanford J.A. (Eds), Academic Press, San Diego, p. 7-40.
- GIBERT J. et DEHARVENG L., 2002 - Subterranean ecosystems : a truncated functional biodiversity. *BioScience*, n°52(6), p. 473-481.
- GINET R. et JUBERTHIE C., 1987 - Le peuplement animal des karsts de France. I. La faune aquatique. *Karstologia*, n°10, p. 43-51.
- GINET R., 1953 - Faune cavernicole du Jura méridional et des chaînes subalpines dauphinoises. I. Crustacés aquatiques. *Notes de Biospéléologie*, Tome VIII, Fasc. 2, p. 185-198.
- GINET R., 1960 - Ecologie, éthologie et biologie de *Niphargus* (Amphipodes Gammaridés hypogés). Imprimerie Maurice Declume, Lons-le-Saunier, 254 p.
- GINET R., 1961 - Faune cavernicole du Jura Méridional et des chaînes subalpines dauphinoises. II Contribution à la connaissance des invertébrés. *Annales de Spéléologie*, n°XVI, fasc. 3, p. 303-326.
- GINET R., 1971 - Biogéographie de *Niphargus* et *Caecosphaeroma* (Crustacés troglodytes) dans les départements français du Jura et de l'Ain. Origine : influence des glaciations. *Actes du 4<sup>ème</sup> Congrès Suisse de Spéléologie, Neuchâtel, septembre 1970*, p. 186-198.
- GINET R., 1996 - Bilan systématique du genre *Niphargus* en France. *Société Linnéenne de Lyon*, 242 p.
- GINET R. et DECU V., 1977 - Initiation à la biologie et à l'écologie souterraines. Editions Universitaires, Jean-Pierre Delarge, Paris, 345 p.
- GOURBAULT N., 1972 - Recherches sur les Tricladés Paludicoles hypogés. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris*, 249 p.
- GOURBAULT N. et LESCHER-MOUTOUÉ F., 1968 - Recherches sur les eaux souterraines. 4. Étude de la faune hypogée peuplant le sous-écoulement du Nert. *Annales de Spéléologie*, n°23, p. 735-742.
- HENRY J.P., 1976 - Recherches sur les Asellidae hypogés de la lignée cavaticus (Crustacea Isopoda Asellota). Thèse, Dijon, 270 p.
- HERTZOG L., 1932 - Notes sur quelques Crustacés nouveaux pour la plaine d'Alsace (Bas-Rhin). *Bulletin de l'Association Philom. Alsace Lorraine*, n°7, p. 363-364.
- HERTZOG L., 1936 - Crustacéan aus unterirdischen biotopen des Rheintales bei Strassburg. I. Mitteilung. *Zoologischer Anzeiger*, n°114, p. 271-279.
- HERTZOG L., 1938 - Crustacéan aus unterirdischen biotopen des Rheintales bei Strassburg. III. Mitteilung. *Zoologischer Anzeiger*, n°123, p. 45-47.
- HOLSINGER J.R., 1994 - Pattern and process in the biogeography of subterranean amphipods. *Hydrobiologia*, n°287, p. 131-145.
- HOLSINGER J.R., 2000 - Ecological derivation, colonisation and speciation. In : *Subterranean ecosystems*, Wilkens H, Culver DC & Humphreys W (Eds.), *Ecosystems of the World*, 30, Elsevier, Amsterdam, n°30, 399-415.
- JUBERTHIE C. et DECU V. (Eds.), 1994-2001 - Encyclopaedia Biospeologica. *Société de Biospéléologie, Moulis - Bucarest*, n°1, p. 1-834, n°2, p. 835-1373, n°3, p. 1374-2294.
- JUBERTHIE C. et GINET R., 1994 - France. In : *Jubertie C. et V. Decu (eds), Encyclopaedia Biospeologica I, Société de Biospéléologie, Moulis-Bucarest*, n°1, p. 665-692.
- JUBERTHIE C. et JUBERTHIE-JUPEAU L., 1975 - La réserve biologique du laboratoire souterrain du CNRS à Sauve (Gard). *Annales de Spéléologie*, n°30, p. 539-551.
- LESCHER-MOUTOUÉ F., 1967 - Notes sur la biogéographie et les biotopes du genre *Speocyclops* dans la région pyrénéenne. *Spelunca Mémoires*, n°5, p. 277-284.
- LESCHER-MOUTOUÉ F., 1973 - Sur la biologie et l'écologie des copépodes cyclopidés hypogés (Crustacés). Thèse, Toulouse III, 341 p.
- MAGNIEZ G., 1976 - Contribution à la connaissance de la biologie des Stenasellidae (Crustacea Isopoda Asellota des eaux souterraines). Thèse, Dijon, 227 p.
- MALARD F., 1995 - Contribution à l'étude biologique de la qualité des eaux souterraines karstiques : application à un site athélier nord montpelliérain (bassin de la source du Lez). Thèse, Lyon 1, 400 p.
- MALARD F., GIBERT J. et LAURENT R., 1997 - L'aquifère de la source du Lez : un réservoir d'eau et de biodiversité. *Karstologia*, n°30, p. 49-54.
- MARMONIER P., 1988 - Biocénoses interstitielles et circulation des eaux dans le sous-écoulement d'un chenal aménagé du Haut-Rhône français. Thèse, Lyon 1, Tome I 160 p. et Tome II 107 p.
- MARMONIER P., VERVIER P., GIBERT J. et DOLE-OLIVIER M.J., 1993 - Biodiversity in ground waters. *Trends in Ecology and Evolution*, n°8, p. 392-395.
- MARTÍNEZ-ANSEMIL E., SAMBUGAR B. et GIANI N., 1997 - Groundwater Oligochaetes from Southern-Europe. I. A new genus and three new species of Rhyacodrilinae (Tubificidae) with a redescription of *Tubifex pescei* (Dumnicka) comb. n. *Annales de Limnologie*, n°33, p. 33-44.
- MARTÍNEZ-ANSEMIL E., SAMBUGAR B. et GIANI N., 2002 - First record of Parviridilidae (Annelida, Oligochaeta) in Europe with a description of a new species (*Parviridilus spelaeus* sp. nov) and comments on the family and its phyletic relationships. *Journal of Zoology, London*, n°256, p. 495-503.
- MEISCH C., WOUTERS K. et MARTENS K., 1990 - Liste annotée des Ostracodes actuels non-marins trouvés en France (Crustacea, Ostracoda). *Travaux Scientifiques du Musée d'Histoire Naturelle de Luxembourg*, n°15, p. 1-62.
- NOTENBOOM J., 1991 - Marine regressions and the evolution of groundwater dwelling amphipods (Crustacea). *Journal of Biogeography*, n°18, p. 437-454.
- PENNAK R.W. et WARD J.V., 1986 - Interstitial faunal communities of the hyporheic and adjacent groundwater biotopes of a Colorado mountain stream. *Archiv für Hydrobiologie/Suppl.*, n°74, p. 356-396.
- PICARD J.Y., 1962 - Contribution à la connaissance de la faune psammique de Lorraine. *Vie et Milieu*, n°13, p. 471-505.
- PLESA C., 1985 - Microglossaire de stygologie. *Theoretical and Applied Karstology*, n°2, p. 25-45.
- RACOVITZA E.G., 1907 - Essai sur les problèmes biospéologiques. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, n°6, 371-488.
- ROUCH R., 1968 - Contribution à la connaissance des Harpacticoides hypogés (Crustacés - Copépodes). *Annales de Spéléologie*, n°23, p. 5-167.
- ROUCH R., 1970 - Le système karstique du Baget. I. Le phénomène d'hémorragie au niveau de l'exutoire principal. *Annales de Spéléologie*, n°25, p. 667-709.
- ROUCH R., 1988 - Sur la répartition spatiale des Crustacés dans le sous-écoulement d'un ruisseau des Pyrénées. *Annales de Limnologie*, n°24, p. 213-234.
- ROUCH R., 1995 - Peuplements des Crustacés dans la zone hyporhéique d'un ruisseau des Pyrénées. *Annales de Limnologie*, n°31, p. 9-28.
- ROUCH R., DANIELOPOL D.L., 1987 - L'origine de la faune aquatique souterraine, entre le paradigme du refuge et le modèle de la colonisation active. *Stylogia*, n°3, p. 345-372.
- ROUCH R., JUBERTHIE C. et JUBERTHIE-JUPEAU L., 1968 - Essai d'étude du peuplement de la zone noyée d'un karst. *Annales de Spéléologie*, n°23, p. 717-733.
- SAMBUGAR B., GIANI N. et MARTÍNEZ-ANSEMIL E., 1999 - Groundwater Oligochaetes from Southern-Europe. Tubificidae with marine phyletic affinities : new data with description of a new species, review and consideration on their origin. *Mémoires de Biospéléologie*, n°26, p. 107-116.
- SERBAN M., COINEAU N. et DELAMARE-DEBOUTTEVILLE C., 1972 - Recherches sur les Crustacés souterrains et mésopsammiques. I. Les Bathynellacés (Malacostraca) des régions méridionales de l'Europe Occidentale. La sous-famille des Gallobathynellinae. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, n°75, 107 p.
- SKET B., 1999a - High biodiversity in hypogean waters and its endangerment - The situation in Slovenia, the Dinaric karsts, and Europe. *Crustaceana*, n°72, p. 767-780.
- SKET B., 1999b - The nature of biodiversity in hypogean waters and how it is endangered. *Biodiversity and Conservation*, n°8, p. 1319-1338.
- STOCH F., 1995 - The ecological and historical determinants of Crustacean diversity in groundwaters, or : why are there so many species ? *Mémoires de Biospéléologie*, n°22, p. 139-160.
- STOCH F., 2001 - Mapping subterranean biodiversity : structure of the database, mapping software (CKMAP), and a report of status for Italy. *Proceedings of an international workshop held, March 18 through 20, 2001, Laboratoire Souterrain du CNRS, Moulis, Ariège, France*, p. 29-35.
- THIENEMANN A., 1926 - Die Binnengewässer Mittel-Europas. In : *Die Binnengewässer. Einzeldarstellung aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten*, n°1, 255 p.
- VANDEL A., 1964 - Biospéologie - La biologie des animaux cavernicoles. *Gauthier-Villars éd., Paris*, 619 p.
- VALDECASAS A.G. et CAMACHO A.I., 2003 - Conservation to the rescue of taxonomy. *Biodiversity and Conservation*, n°12, p. 1113-1117.
- VERVIER P., 1988 - Hydrologie et dynamique des peuplements aquatiques souterrains : comparaison de deux systèmes karstiques des gorges de l'Ardeche. Thèse, Lyon 1, 219 p.
- WARD J.V., VOELZ N.J., 1994 - Groundwater fauna of the South Platte River System, Colorado. In : *Groundwater Ecology*, J. Gibert, D.L. Danielopol et Stanford J.A. (Eds), Academic Press, San Diego, p. 391-423.