

LA VIE DANS LES EAUX SOUTERRAINES TARNAISES

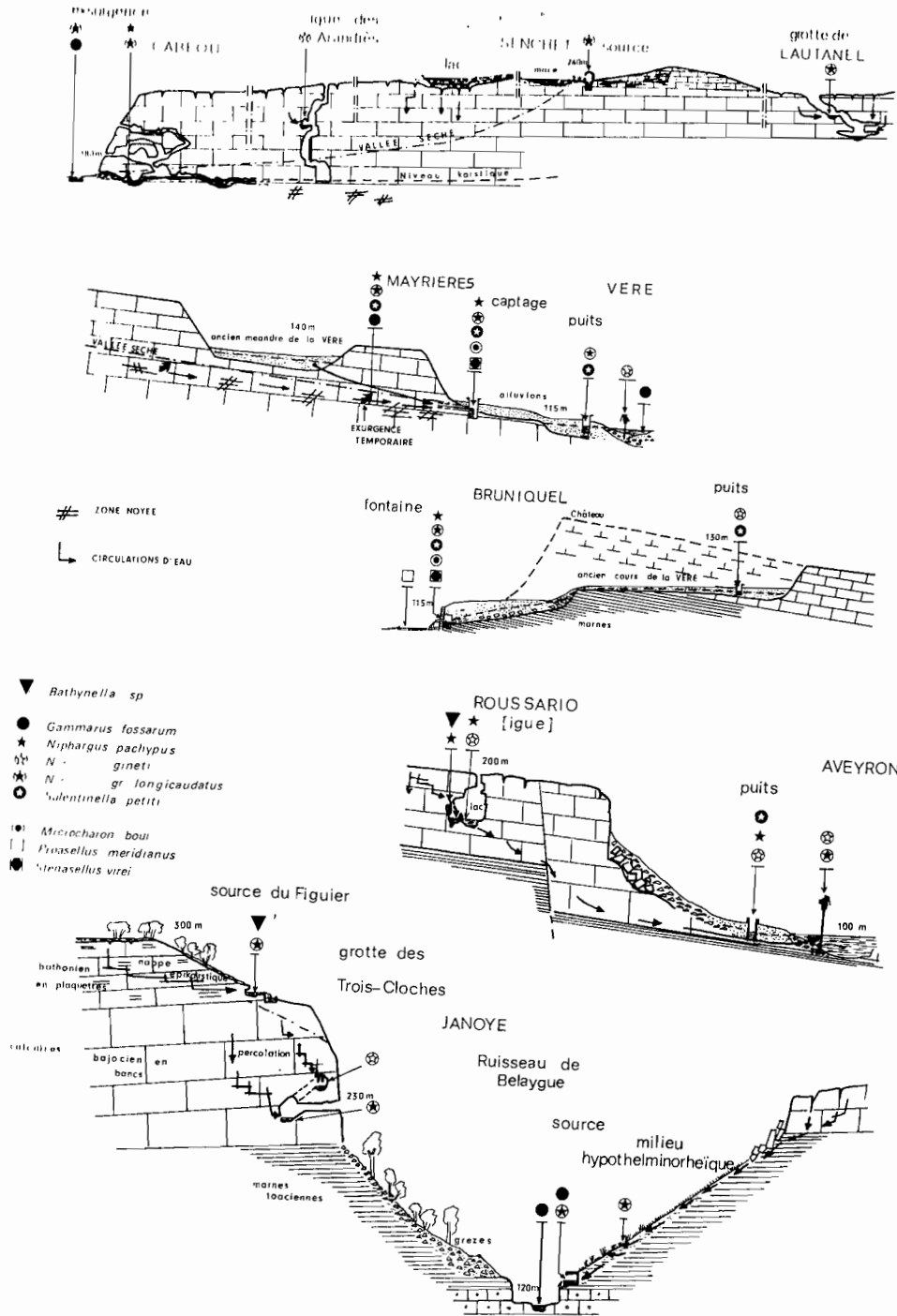
La naissance de la biospéologie et de l'hydrobiologie souterraine est liée à des campagnes d'exploration effectuées dès le début du vingtième siècle dans le département du Tarn. Notre territoire est peu favorisé en phénomènes karstiques, mais il a suscité l'activité de chercheurs qui ont progressivement révélé la richesse des peuplements des eaux souterraines karstiques et phréatiques.

En juin 1988, la Fédération Française de Spéléologie célébrait à Millau le Centenaire de la Spéléologie en France et rendait hommage à son initiateur incontesté Edouard - Alfred MARTEL. La spéléologie n'est connue du grand public que par son aspect sportif et par les rares accidents médiatiques ; c'est par définition la Science du Monde souterrain : son exploration et l'étude du milieu souterrain. Armand VIRE, biologiste et brillant second de MARTEL, était expédié en mission dans le Tarn dès 1900 pour effectuer des recherches dans le domaine de la biologie et de l'hygiène publique à la demande des élus de Sorèze. Le créateur de la biospéologie (il en définit le terme en 1904) venait de soutenir sa thèse à Paris en 1899 : « Essai sur la faune obscuricole de France ».

Nous pouvons faire le bilan d'un siècle de recherches dans le domaine de la biologie des eaux souterraines dans le Tarn, département pourtant défavorisé par les zones calcaires peu étendues : causses des gorges de l'Aveyron au Nord - Ouest, causses de Castres - Labruguière et cause de Sorèze et des bandes calcaires de la Montagne Noire, de bordure du Sidobre et des Monts de Lacaune.

Le Tarn et la naissance de la biospéologie.

C'est sous le titre de « Recherches de zoologie, de botanique et d'hydrologie souterraines effectuées pendant l'été 1900 dans les départements du Tarn, de l'Hérault et du Lot » qu'Armand VIRE et son collègue Jacques MAHEU, botaniste du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris publiaient leur rapport d'activités spéléologiques. Ce mémoire fondateur de la biospéologie tarnaise était d'abord publié en 1902 dans Spelunca, bulletin de la Société de Spéléologie et dans la Revue du Tarn en 1905. Les travaux d'explorations de cette première campagne



Quelques exemples de biotopes aquatiques souterrains de la bordure de la Grésigne et leur peuplement en Crustacés Péracarides.

menée à la demande de la municipalité de Sorèze devaient faire le point sur la validité des captages d'eau potable utilisés par la petite ville tarnaise (BOU, 1997). La description des cavités de la région avec de remarquables topographies et des listes d'espèces récoltées dans le milieu souterrain mettait en évidence une Crevettine du genre *Niphargus* (Crustacé Amphipode) aveugle et dépigmentée précédemment pêchée dans la rivière souterraine de Padirac.

Dans le cadre des campagnes européennes d'exploration « *Biospeologica* », juste avant la Première guerre mondiale, une équipe de biologistes explorait les grottes tarnaises. Le célèbre trio : René JEANNEL, spécialiste des Coléoptères Carabiques, futur directeur du Laboratoire d'Entomologie du Muséum National d'Histoire Naturelle et initiateur du Premier Congrès Mondial de Spéléologie de Paris, Louis FAGE, spécialiste des Crustacés, professeur au Muséum, et leur collègue roumain Emile RACOVITZA biologiste de réputation internationale et directeur du Laboratoire ARAGO de Banuyls (Centre de biologie marine de la Sorbonne) parcourraient en décembre 1911 une vingtaine de cavités des Causses de Limogne et de la bordure de la Grésigne de part et d'autre des gorges de l'Aveyron. Les résultats de leurs prospections étaient publiés dans les « *Énumérations des grottes visitées* » qui allaient révéler au cours de la première moitié du siècle un riche inventaire mondial portant sur plusieurs milliers de grottes. Les échantillons récoltés sont toujours disponibles dans les Collections du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris et dans celles de l'Institut de Spéléologie de Bucarest ; ils ont été étudiés et publiés par de nombreux zoologistes dans la série *Biospeologica* des Archives de Zoologie Expérimentale et Générale. Les explorations tarnaises généralisaient la connaissance de la faune des ruisseaux souterrains de la commune de Penne avec la présence de l'espèce *Niphargus robustus* décrite par CHEVREUX du gouffre de Padirac.

Les spéléologues tarnais prenaient le relais des grands précurseurs avec la création des Sociétés et des Clubs de spéléologie qui devaient former la Fédération Tarnaise de Spéléo-Archéologie après la Seconde guerre mondiale. Les recherches biologiques souterraines firent l'objet d'un état des données disponibles avec l'apport des identifications des campagnes « *Biospeologica* » et quelques nouvelles explorations de stations dans les grottes des gorges de l'Aveyron et de la Montagne Noire (MAGNE, 1960). L'activité de l'auteur, membre du Spéléo Club Albigeois et lié dès 1960 au Laboratoire souterrain du C.N.R.S. de Moulis (Saint Girons - Ariège) faisait du territoire tarnais (BOU, 1965, 1966, 1967 et 1968) un champ d'application pour des recherches qui s'étendaient périodiquement dans d'autres régions françaises (Pyénées, Languedoc et Provence) et européennes (Italie, Espagne et Grèce).

Les eaux souterraines et leurs immenses réservoirs

Les eaux douces continentales sont généralement connues dans les cours d'eau et les lacs (et sous la forme solide dans les glaciers), mais la

grande surprise que révèlent les hydrogéologues étudiant les eaux souterraines est la part extraordinaire qu'elles occupent dans le compartiment eau douce liquide de l'hydrosphère : 98% (pour seulement 0.015% dans les cours d'eau et 2% dans les lacs). Les menaces de pénurie avec les problèmes de pollutions attirent périodiquement l'attention du public sur les ressources en eau potable. Leur exploitation dans le domaine souterrain est très ancienne dans le Tarn (BOU, 1997) et actuellement elle assure l'alimentation de 50% de la population, l'autre part étant assurée par des prises d'eau dans des lacs artificiels et en rivière.

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans les roches perméables où elles forment des systèmes aquifères emmagasinés dans les fissures de roches compactes (calcaires, schistes ou granites) et les interstices de roches meubles poreuses (sables ou grès). Dans les calcaires, les fissures sont élargies par l'action chimique de l'eau chargée en gaz carbonique de l'air qui dissout la roche (carbonate de calcium). Ainsi, dans les aquifères karstiques des régions calcaires, l'eau est stockée dans des zones profondes à fissures noyées, drainées par des galeries immergées se transformant en ruisseaux souterrains, et en grottes accessibles aux spéléologues. Ces eaux réapparaissent à la surface dans les exurgences, résurgences et sources vauclusiennes. C'est le cas des grosses sources karstiques des gorges de l'Aveyron (grotte et ruisseau souterrain de la Loutre, la Madeleine des Albis, Cabéou et Amiel qui alimentent le village de Penne) et le ruisseau souterrain du Calcel sous le Causse de Sorèze qui était capté dans la résurgence de la Carrière pour la ville.

Plus généralement, les eaux souterraines sont emmagasinées dans des aquifères en nappes. Les plus fréquentes et accessibles sont les nappes phréatiques qui sont drainées dans les pentes des vallées par les sources. Elles sont abondamment exploitées par des puits peu profonds (5 à 20 mètres) dans les plaines alluviales des cours d'eau pour l'irrigation agricole, l'adduction publique en eau potable et par les particuliers. Ce sont des nappes alluviales situées dans les dépôts sableux des terrasses.

Les nappes profondes atteintes par des forages dépassant 35 m réalisés en petits diamètres (de 125 à 180 mm) sont situées dans les molasses tertiaires couvrant la zone occidentale du département. Elles imprègnent les grès molassiques et les couches de sables et graviers des formations éocènes connues sous le nom d'argiles à graviers couvrant les formations primaires de la bordure orientale du Tarn. Ce sont les nappes infra-molassiques et intra-molassiques explorées autour d'Albi et de Castres par les géologues recherchant le charbon et divers minerais (uranium, zinc, tungstène, fluorine). Elles sont exploitées depuis une vingtaine d'années à Graulhet (- 350 m), Vielmur (- 470 m), Lavaur (- 600 m) et plus récemment à Marssac (- 140 m) où elles sont artésiennes (jaillissantes). Des nappes ont été reconnues par forages et exploitées dans la fissuration des schistes et calcaires primaires du Ségala et de la bordure du Sidobre.

Les conditions de vie

Les nappes phréatiques sont permanentes, y compris dans les cours d'eau asséchés où leur sous-écoulement dans les graviers circule sous le lit

en période d'étiage. Leur niveau varie saisonnièrement et elles présentent des milieux aquatiques permanents où la température est régulée avec peu d'amplitude annuelle (10° C sous les cours d'eau à 5° C dans les nappes des plaines alluviales). Elles sont abondamment aérées sur les premiers mètres d'épaisseur.

L'absence de lumière prive les eaux souterraines de la production primaire liée à l'activité photosynthétique qui verdit les eaux de surface en période estivale. De rares Algues microscopiques sont entraînées avec les débris organiques en bordure des cours d'eau. L'infiltration verticale des zones présentant un sol avec couverture végétale (cultures, prairies et sols forestiers) fournit une ressource liée à la décomposition végétale et animale. La pauvreté en ressources nutritives est la principale originalité des milieux souterrains : les organismes sont généralement hétérotrophes et sont obligés de consommer de la matière organique carbonée issue des filières de décomposition (dégradation des cadavres et végétaux morts, ou de leurs déchets et déjections). Ils sont également prédateurs en dévorant les organismes introduits accidentellement dans le milieu ou en se dévorant entre eux sur de courtes chaînes alimentaires. La biomasse produite avec parcimonie dans le milieu souterrain aquatique participe donc à la consommation de la matière organique d'origine épigée (extérieure) et finalement à l'épuration des eaux souterraines.

Les seuls organismes autotrophes sont les Bactéries qui peuvent se développer en utilisant l'énergie de réactions d'oxydo-réduction de certains ions dissous dans les roches voisines (sulfates, nitrates, changement de valence du fer et du manganèse). Ces mécanismes fonctionnent saisonnièrement dans les nappes para-fluviales (processus de filtration sur les berges de rivières)

Les biotopes

Les nappes profondes ne sont occupées que par des Bactéries, en raison des quantités quasi inexistantes de ressources en matière organique. La nappe intra-molassique de Lescure située entre 30 et 40 m. de profondeur a toutefois révélé quelques populations de Crustacés terminant l'épuration des ressources infiltrées latéralement à quelques centaines de mètres.

Dans les zones calcaires, les phénomènes karstiques explorés depuis le début des prospections biologiques offrent des biotopes facilement accessibles. Les biotopes tels que les ruisseaux souterrains, les lacs, flaques et gours situés dans les grottes se sont révélés d'excellents refuges pour les Vers et surtout les Crustacés. Ils profitent de zones calmes pour proliférer avec l'apport de ressources alimentaires provenant des infiltrations, des pertes des ruisseaux de surface et parfois du guano des Chauves-Souris. Les zones noyées du réseau de fentes des nappes karstiques se sont révélées riches en faune.

Les biotopes phréatiques ont révélé tout leur intérêt dans la ville d'Albi avec la prospection des puits situés chez les particuliers (BOU, 1969) et des sources. Leur richesse en espèces nouvelles pour la Science a encouragé et développé les prospections sur le territoire départemental.

La prospection des nappes fluviales, d'abord effectuée dans les nappes phréatiques des terrasses alluviales quaternaires (plaine du Tarn et terrasses anciennes de la vallée), a été étendue aux alluvions récentes situées dans le lit mineur du cours d'eau : c'est le domaine du biotope hyporhéique initialement étudié dans la vallée du Tarn entre Albi et Ambialet (BOU, 1977).



La biocoenose interstitielle d'un sous-écoulement. (1 — Hydracarien, 2 — Cyclopide, 3 — Ostracode, 4 — Bathynella, 5 — Elaphoidella, 6 — Parastenocaris, 7 — Nématode, 8 — Balcanella, 9 — Niphargus, 10 — Microcharon, 11 — Stenasellus, 12 — larve de Leuctra).

Le biotope interstitiel des nappes phréatiques et hypothéiques et ses principaux occupants (exemple des alluvions du Tarn dans le secteur d'Ambialet).

Leur prospection

La pêche à vue est la première technique utilisée par les spéléologues lors des explorations. Les appâts (viande, croquettes de chien) et divers modèles improvisés de nasses ou balances permettent de concentrer les populations animales naturellement sous-alimentées. Les instruments de récolte sont des aspirateurs et des filets trouble-eau à plancton.

Une technique de filtrage continu à l'aide de grands filets à plancton (mailles de 50 à 200 μm) permet de filtrer des milliers de mètres cubes pendant de longues périodes d'étiage et surtout pendant les crues. Un phénomène d'"hémorragie" entraîne les populations vers l'aval des ruisseaux souterrains et l'extérieur du massif. Des résultats intéressants ont

été obtenus sur les sites de captages d'eau potable de la commune de Penne (ruisseau souterrain d'Amiel, sources karstiques de Cabéou et de la Magdeleine) et de Sorèze (source de la Mandre). Des milliers d'individus sont ensuite triés et identifiés sous le microscope.

Les nappes phréatiques ont été explorées avec un matériel adapté (BOU, 1974) : une technique de filet phréatobiologique permet de collecter rapidement les organismes fréquentant le fond des puits. Le filtrage des eaux d'exhaure pendant les pompages d'essais et le nettoyage des puits fournit des récoltes abondantes et diversifiées comparable à celui des sources.

L'étude du biotope hyporhéique situé dans le sous-écoulement des cours d'eau a d'abord été exécutée avec la méthode KARAMAN-CHAPPUIS consistant à attirer l'eau des berges dans des trous creusés dans les plages de graviers des berges. Une nouvelle méthode (BOU & ROUCH, 1967) consistant à réaliser des sondages pompés dans les graviers des plages et dans les sédiments immergés du Tarn a été initiée dans le méandre d'Ambialet. Le matériel mis au point et fabriqué en petites séries au Lycée Technique RASCOL d'Albi a généralisé ce type de prospection qui s'est révélé d'une grande efficacité. La méthode a révélé l'importance du biotope hyporhéique dans le peuplement des eaux souterraines continentales ; elle est diffusée à l'échelon international.

Le peuplement des eaux souterraines tarnaises

L'originalité de la faune souterraine aquatique

Les espèces animales souterraines présentent des particularités morphologiques et physiologiques assimilées à des adaptations. Ce sont les espèces stygobies caractérisées par leur dépigmentation (couleur blanche ou transparentes), leurs formes allongées, filiformes, avec de longs appendices, leur taille souvent supérieure aux espèces voisines des eaux de surface, l'absence d'yeux souvent compensée par de longues antennes et des récepteurs chimiques. Les espèces hypogées présentent un métabolisme réduit, un développement ralenti et une grande longévité. Le nombre d'œufs est généralement réduit et leur taille est plus grosse. Ces caractères les opposent aux espèces épigées qui s'introduisent régulièrement (espèces stygophiles) ou accidentellement (espèces stygoxènes) dans le milieu souterrain.

Une diversité biologique insoupçonnée

En dehors des organismes vivants unicellulaires microscopiques (Bactéries et Protozoaires), le règne animal est essentiellement représenté dans les eaux souterraines par la classe des Vers, celle des Mollusques et celle des Crustacés, la plus abondante et la mieux étudiée.

Sur 120 espèces animales reconnues dans les eaux souterraines tarnaises, 32 sont des espèces stygobies (voir tableau). Nous pouvons comparer aux résultats fournis par de longues études menées dans le domaine équivalent de la région du Languedoc (MALLARD et coll., 1997)

qui reconnaissent 55 stygobies dans les aquifères situés au pied des Cévennes. Ces derniers résultats sont par ailleurs les fruits de plus de vingt années de recherches menées par trois équipes universitaires de Lyon, Montpellier et du Laboratoire souterrain du C.N.R.S. de Moulis (Toulouse) sur une des plus importantes ressources d'eau souterraine française alimentant la ville de Montpellier.

Si on considère que tous les groupes zoologiques n'ont pas été étudiés, le domaine aquatique souterrain tarnais se révèle pratiquement aussi riche que l'ensemble languedocien. Il a révélé des curiosités et bon nombre de surprises avec la capture d'espèces endémiques (6), certaines n'étant provisoirement connues que de leur station de récolte initiale.

La redécouverte de la grande planaire *Dendrocoelides regnardi* (Ver Triclade dépassant les 5 centimètres en extension) dans la nappe phréatique d'Albi en 1964 a créé la première surprise. Cette espèce n'était connue que de la résurgence de la Bonnette (grotte de St.-Géry en Tarn-et-Garonne) depuis sa découverte des années 1900. Cette espèce a été retrouvée dans les principaux réseaux karstiques des gorges de l'Aveyron (grotte de Cabéou, de la Madeleine et d'Amiel), mais elle fréquente également le milieu interstitiel de la nappe sous-fluviale du Tarn en amont d'Albi. Le petit Ver *Geocentrophora* également rencontré dans un puits de la nappe phréatique d'Albi a été rapidement identifié et décrit par le professeur de BEAUCHAMP (1967), seul spécialiste mondial du Muséum de Paris qui identifiait un Microturbellarié dont l'espèce voisine n'était connue que de Nouvelle Zélande ! Cet exemple démontre une des causes de la méconnaissance du monde vivant souterrain : la rareté des prospections, la négligence et la rareté des chercheurs qui n'ont que peu d'occasions de prospecter un milieu inhospitalier et difficilement accessible.

Avec les Mollusques de la famille des Hydrobiidés, les 3 espèces reconnues dans le département du Tarn sont de petite taille (ne dépassent pas 3 mm) et elles sont abondantes dans nappes phréatiques et dans les systèmes karstiques. Nous avons récolté par dérive des centaines d'exemplaires de *Hauffenia* et de *Moitessieria* vivants, créant parfois de véritables carnages parmi les Crustacés (ces espèces sont carnivores) dans les filets à plancton immergés en permanence pendant les crues.

Les Crustacés constituent par leur variété et leur abondance les animaux les plus fréquents des eaux souterraines : nous avons dénombré 22 espèces stygobies tarnaises (les espèces des eaux de surface ne sont pas plus nombreuses). C'est le genre *Niphargus* qui est le plus fréquent et le plus repérable : avec une taille dépassant 3 centimètres, cette crevette est plus grosse que son voisin des ruisseaux, le Gammare. Deux nouvelles espèces ont été décrites du Tarn. *Niphargus gineti* est issu des captages médiévaux situés sous les fortifications de Cordes et d'une importante population d'une source de la base de plein air de la Mouline (Albi). Les autres espèces de ce genre étaient connues du Languedoc (*N. pachypus*) et des ruisseaux souterrains des Causses du Quercy (*N. robustus* du gouffre de Padirac). Les deux espèces de Salentinelles étaient décrites des eaux souterraines pyrénéennes.

Cette richesse ne se limite pas au nombre d'espèces, mais aux associations faunistiques remarquables caractérisant le domaine karstique des Causses des gorges de l'Aveyron et celui des nappes phréatiques du bassin hydrographique du Tarn. Les nappes phréatiques de l'Albigeois (et du bassin hydrographique du Tarn, Agoût, Aveyron) sont caractérisées par *Niphargus gineti*, *Salentinella petiti*, *Stenasellus virei*, *Microcharon boui*, *Parastenocaris sp.* *Candonopsis boui*. Les systèmes karstiques des Causses du Quercy (gorges de l'Aveyron) avec leurs ruisseaux souterrains et grosses sources ou exurgences n'ont jamais démontré la présence d'Isopodes (*Stenasellus* ou *Microcharon*), mais fournissent l'association faunistique remarquable de Crustacés : *Speocyclops racovitzai boscensis*, *Elaphoidella leruthi meridionalis*, *Niphargus robustus*, *Salentinella petiti*, *Ingolfiella thibaudi* auxquels s'ajoutent depuis peu les endémiques *Elaphoidella boui*, *Pseudocandona marmonieri* et *Karstogiella ruffoi*.

Pourquoi y a-t-il tant d'espèces ?

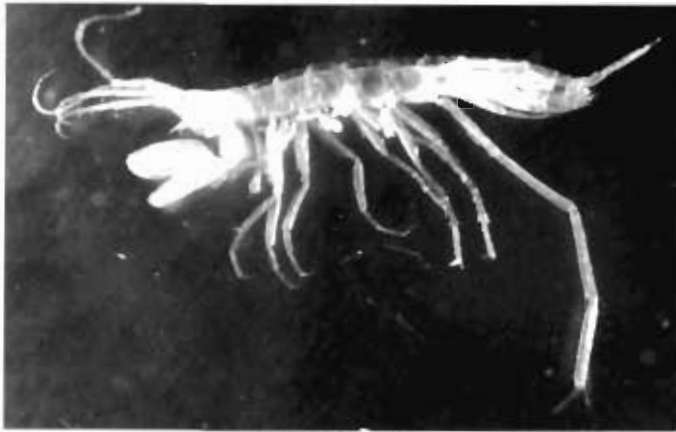
Parmi les facteurs qui sont évoqués par les biologistes pour expliquer le nombre d'espèces, il est souvent avancé ceux de la stabilité du milieu souterrain et de la faible compétition (facteurs écologiques), mais également les vagues successives de colonisation à partir des eaux de surface (marines ou continentales) qui se sont ajoutées au cours des temps géologiques (facteurs paléogéographiques). Ce milieu peut également avoir été le témoin de la spéciation (mécanisme par lequel se différencient les espèces vivantes). Les évolutionnistes ont avancé de nombreuses hypothèses : celle du modèle refuge, des régressions marines, de modèles en deux ou trois étapes.

Dans la région languedocienne, l'histoire géologique met en avant les nombreuses transgressions et régressions marines dans une Méditerranée soumise à de grands changements pendant la phase la plus active du plissement alpin (Tertiaire). Sa richesse en formes animales laissées par les vagues successives de colonisation est-elle suffisante pour expliquer sa biodiversité ? Les connaissances actuelles des faunes souterraines dans les balkans et la péninsule italienne plaident en faveur de ces hypothèses avec parfois l'argument d'espèces voisines. Certains genres dont les espèces actuelles sont exclusivement marines se retrouvent autour de la Méditerranée, isolés dans des karsts qui avaient les « pieds dans la mer » le long de rivages transgressifs dessinés par les géologues paléogéographes. C'est le cas de la famille des Crustacés Cirolanides et de ses genres *Spheromides* et *Faucheria* des Causses de Montpellier.

Notre situation est plus délicate dans le Causse du Quercy dont la stabilité semble évidente : au cours du Tertiaire, seuls des lacs déposant les calcaires d'eau douce de l'Albigeois et de l'Agenais témoignent du régime continental de ces régions. Ils surmontent les calcaires secondaires marins dont l'émergence est attestée par la présence de paléokarsts (les galeries des phosphorites du Quercy sont datées par les charniers dont la faune remonte au début du Tertiaire). Nous avons été étonnés par la biodiversité du système karstique d'Amiel dont les Crustacés Amphipodes ont été



Salentinella gineti



Karstogiella ruffoi



Ingolffiella thibaudi de 3 mm (crustacé amphipode de la grotte d'Amiel)

Voir documents couleur en page 372

particulièrement étudiés. Les eaux des ruisseaux, mares et sources tarnaises ne présentent que deux espèces de crevettes de la famille des Gammaridés (*Gammarus pulex* et *Gammarus fossarum*). Le filtrage continu de milliers de mètres cubes d'eau du ruisseau souterrain capté par le village de Penne (pendant les décrues et les longues périodes d'étiage) a révélé de rares exemplaires de *G. fossarum*, mais des populations importantes en dérive par centaines d'exemplaires:

- de la famille des Nipharguidés : *Niphargus robustus*, *N. gineti*, *N. pachypus* et *N.sp.* ;
- de la famille des Salentinellidés : *Salentinella gineti*, *S. petiti* et *S.sp.* ;
- de la famille des Ingolffiellidés : *Ingolffiella thibaudi* ;
- et enfin du nouveau genre pour la Science : *Karstogiella* (35 exemplaires en 12 années)

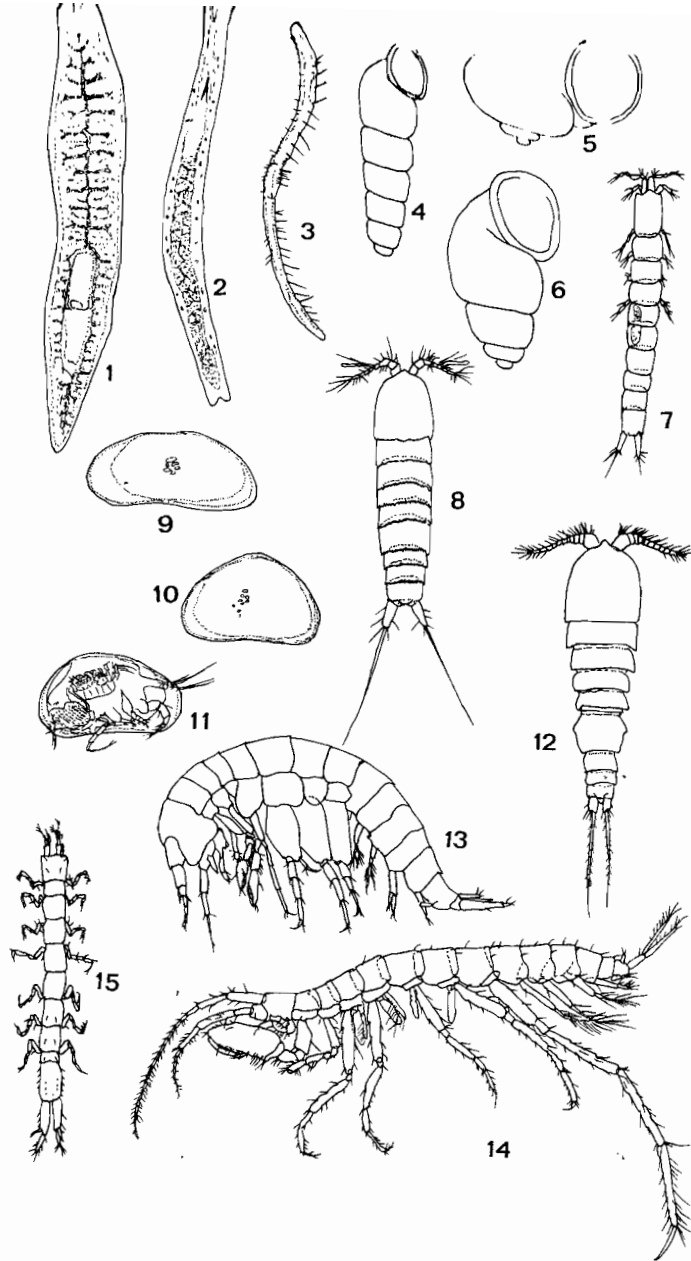
Avec une dizaine de kilomètres carrés, l'extrémité du causse d'Anglars qui constitue la pointe la plus méridionale du plateau jurassique moyen du Quercy, possède un aquifère karstique de faible étendue. Dix espèces d'Amphipodes, dont 9 stygobies, se répartissent dans 5 familles : (contre 7 espèces et deux familles pour l'aquifère des sources de Lez, 500 km² au Nord de Montpellier). La même performance pour ce groupe est atteinte par l'aquifère d'Edwards qui couvre la moitié de l'état américain du Texas. Le nombre des espèces n'est donc pas amené à croître avec la taille de l'habitat souterrain étudié !

Un patrimoine vieux de plusieurs millions d'années

En dehors des Amphipodes, les autres occupants de l'aquifère semblent nous démontrer, par leur présence, mais aussi par la fréquence de leur capture en sortie du système et en fonction de l'état de ce système (crue ou étiage), les différentes voies de leur origine.

Avec quelques individus *Gammarus fossarum*, l'Isopode épigé *Proasellus meridianus*, de rares populations de Cladocères (Daphnies) et différentes larves d'Insectes (tels les Chironomides) démontrent un accès occasionnel et rapide par des pertes ou infiltrations rapides en périphérie du plateau. Les jeunes adultes et larves sont entraînés et évacués par le drain principal sans avoir le temps de coloniser le système en permanence pour y effectuer un cycle vital.

Les Crustacés Harpacticides du genre *Elaphoidella*, fréquents dans les eaux souterraines françaises, présentent de très nombreuses espèces dans les eaux des régions tropicales et équatoriales où ils occupent les biotopes à eaux calmes (lacs) et imprégnant les mousses. Ces formes stygobies en Europe (deux espèces dont un endémique à Amiel) représentent les relictés d'une faune tropicale tertiaire qui abandonnaient les eaux de surface, particulièrement dès le début du Quaternaire avec les phases de glaciations. Le milieu souterrain s'est alors révélé comme un refuge où certaines espèces respectées des mauvaises conditions de la surface ont subsisté dans les zones fissurées du karst profond et noyé.



Quelques organismes des eaux souterraines du Tarn : 1- *Dendrocoelides regnardi* (Planaire Triclade du ruisseau souterrain de la Madeleine et des puits d'Albi - 40 mm) ; 2- *Geocentrophora boui* (Ver Microturbellarié endémique de la nappe phréatique d'Albi - 15 mm) ; 3- *Trichodrilus* sp. (Ver Oligochète Naididé du sous-écoulement du Tarn - 12 mm) ; 4- *Moitessieria rolandiana* (Mollusque Hydrobiidé des nappes phréatiques - 4 mm) ; 5- *Hauffenia minuta* (Hydrobiidé - 3 mm) ; 6- *Bythinella* sp. (Hydrobiidé - 4 mm) ; 7- *Parastenocaris* sp. (Crustacé Copépode Harpacticide du sous-écoulement du Tarn - 0.8 mm) ; 8 - *Elaphoidella* sp. (Harpacticide des nappes phréatiques et du karst - 1 mm) ; 9- *Candonopsis boui* (Crustacé Ostracode phréatique et hyporhéique - 1 mm) ; 10- *Pseudocandona marmonieri* (Ostracode karstique endémique des gorges de l'Aveyron - 1 mm) ; 11- *Pseudocandona pratensis* (Ostracode phréatique d'Albi - 1 mm) ; 12- *Graeteriella unisetiger* (Crustacé Copépode Cyclopidé des nappes phréatiques - 1 mm) ; 13- *Salentinella petiti* (Crustacé Amphipode phréatique et karstique - 3 mm) ; 14- *Karstogiella ruffoi* (Amphipode endémique du karst profond d'Anglars à Penne - 5 mm) ; 15 - *Microcharon* sp. (Crustacé Isopode phréatique des nappes d'Albi - 3 mm).

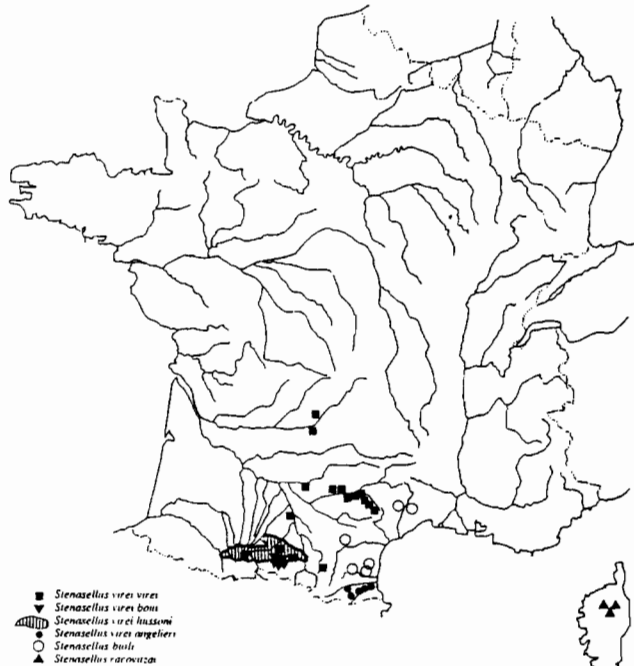
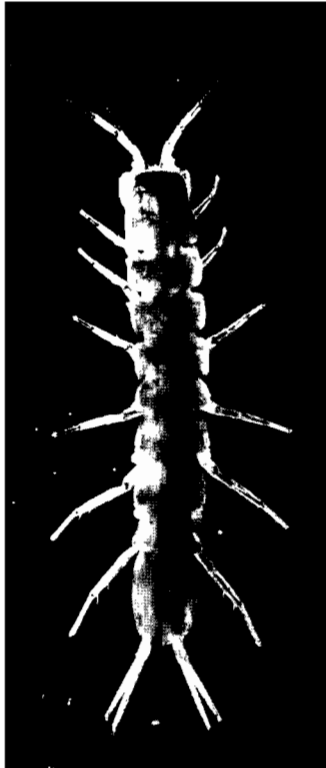
Les Salentinelles, initialement découvertes dans les eaux saumâtres des grottes marines de Terre d'Otrante ou Salento (talon de la botte italienne), sont des espèces d'origine marine qui ont occupé les rivages de la Thétys (Méditerranée tertiaire). Une vingtaine d'espèces colonisent les eaux souterraines phréatiques et karstiques d'Italie, Grèce, Croatie, France (de l'île d'Oléron à la Corse - Sardaigne), Espagne (dont Baléares) et Maroc. Ce domaine correspond à l'espace alpin au sens géologique du terme. C'est donc un genre d'origine marine qui est resté dans le domaine alluvial et karstique profond continental pendant la régression marine liée au plissement alpin. Son ancienneté remonte vraisemblablement au Tertiaire.

Plus énigmatique est le cas de *Karstogiella* (voir photo et dessin) découverte lors des premiers filtrages du ruisseau d'Amiel en 1985. Cette espèce d'un genre unique se retrouve dans un site isolé. Elle s'apparente par sa morphologie à la famille des Bogidiellidés, connue du monde entier (Amérique du Nord et du Sud, Kerguelen, Asie, Afrique), et plus anciennement d'Europe où le genre était décrit pour la première fois d'exemplaires ne dépassant pas 1.5 mm, de la nappe phréatique du Rhin en Alsace (elle est absente du bassin de la Garonne). Une forme voisine de grande taille (3 mm) était décrite des eaux d'une grotte marine de Grèce (BOU&RUFFO, 1979) : *Bogidiella cerberus*. *Karstogiella* présente la même première patte-pince (gnathopode 1) hypertrophiée, mais la seconde paire de pince (gnathopode 2) est apparentée à celle de la famille de Hadziidés des côtes du Golfe des Caraïbes. Aucune des deux familles actuelles ne lui conviennent. Par ailleurs le genre *Parabogidiella* découvert dans l'immense aquifère karstique d'Edwards (puits artésiens de la ville texane de San Antonio) présente le même aspect, avec une dernière paire de patte (P7 = longueur du corps) ambulatoire hypertrophiée. L'histoire de ces espèces pourrait remonter bien avant l'ouverture de l'Atlantique (il y a plus de 200 millions d'années) avec l'aventure de deux fossiles vivants préservés dans deux îlots...

En revanche, les Isopodes stygobies *Stenasellus* et *Microcharon* qui colonisent les nappes phréatiques de l'Aveyron dans les alluvions situées près de l'émergence des eaux d'Amiel ne semblent pas avoir pénétré le système karstique où elles sont absentes. L'une d'entre elles (*Stenasellus*) a réussi son aventure spéléologique dans la rivière de Padirac où le genre a été décrit des grands gours en 1890 par VIRE.

L'intérêt pratique de l'hydrobiologie souterraine.

Dans les remarques précédentes, nous venons de démontrer l'intérêt que prend l'étude de la faune aquatique souterraine en considérant son aspect fonctionnel : la décomposition de la matière organique qui pénètre dans les réserves naturelles d'eau souterraine dont les réservoirs sont une part importante de l'alimentation en eau potable. Ces organismes constituent la structure de l'écosystème qui réalise l'épuration naturelle : dans les berges de la rivière, le processus est réalisé autour des puits filtrants sur quelques mètres d'épaisseur d'alluvions. L'étude de cet écosystème nous



Le plus ancien des Crustacés Isopodes stygobie décrit en France : *Stenonellus virei* et sa carte de répartition.

montre l'état du filtre naturel qui termine l'épuration des eaux de surface dont la qualité est parfois menacée par un dysfonctionnement de l'écosystème épigé (apports non désirés de matière organique par les effluents polluants: égouts, rejets industriels et agricoles), et saisonnièrement par son hyperfonctionnement (eutrophie = prolifération d'Algues). Les écosystèmes karstiques sont d'autant plus vulnérables que la pénétration des perturbations y est plus rapide : intense fissuration depuis le sol, pertes de ruisseaux (parfois même de forages d'injection d'effluents !).

Les organismes stygobies peuvent être considérés comme des sentinelles qui nous renseignent sur l'état de santé des aquifères. Les études des cours d'eau mettant en jeu la méthode des « indices biotiques » permettent aux techniciens de l'environnement de noter (de 0 à 20) l'état de la pollution et son évolution. Des études comparables sont réalisées depuis une dizaine d'années pour de futures applications aux systèmes karstiques (MALLARD & GIBERT, 1997) – aquifère du Lez - et plus récemment pour les nappes phréatiques de l'Ariège (DUMAS & BOU, 2001).

Conclusion

Les acquisitions des trente dernières années dans le Tarn portent sur la prospection extensive de plus de 200 stations sur l'ensemble du territoire départemental. Mais les résultats les plus exploitables, et parfois les plus spectaculaires, ont été obtenus par l'étude minutieuse des quelques sites judicieusement choisis, dont certains ont fait l'objet de prélèvements continus pendant plusieurs semaines, mois et parfois années. Le site de la plage du tunnel des Avalats – Saint-Juéry (actuellement emportée par les crues) a permis de réaliser un important échantillonnage (75 000 individus) sur 44 prélèvements étalés sur un cycle hydrologique du Tarn 1967-1968 (BOU, 1977-1979) et d'étudier le rôle des alluvions et du sous-écoulement (biotope hyporhéique) dans l'écosystème fluvial. Il attirait l'attention des Pouvoirs Publics sur les conséquences écologiques de l'exploitation intensive des granulats dans le lit mineur des cours d'eau.

Depuis 1980, les réalisations menées avec des spéléologues (dans le cadre des activités de l'Association Tarnaise d'Etudes Karstiques) portèrent sur les ressources en eau potable et leur exploitation. L'étude du site historique des galeries de captage de Cordes en collaboration avec les archéologues, toujours avec ces derniers l'étude de puits et de sources d'Albi, Montans, Sorèze, permirent la découverte de nombreuses espèces, dont certaines inédites. Mais ce sont les travaux concernant l'alimentation en eau potable de Penne qui fournirent l'occasion d'aménager le site idéal du ruisseau souterrain d'Amiel. Dix années d'échantillonnages sont disponibles et en cours d'étude, complétées par des échantillonnages plus restreints aux ruisseaux souterrains de Cabéou et de la Madeleine, également captés pour alimenter l'habitat dispersé de la commune. Actuellement, les études se poursuivent sur les sites de Saint-Juéry, Lescure et Albi, avec le développement de nouvelles méthodes d'exploitation des puits filtrants mis en place dès 1890 en aval du Saut de Sabo.

En 1998, une session du « Karst Waters Institute » (Charles Town, WV, USA) sélectionnait 10 écosystèmes karstiques parmi les plus menacés du monde, dont celui de Montpellier. Ces écosystèmes étaient l'objet des pressions anthropiques : perspectives d'aménagement, y compris touristiques, surexploitation des ressources d'eau, lessivage agricole, l'extraction pétrolière ou minière. La protection du site de captage de Penne et de son bassin d'alimentation semble assurée par le dispositif « Natura 2000 » qui fournit une aide financière européenne et de nombreux encouragements aux propriétaires du plateau d'Anglars (occupé par un ensemble cohérent de territoires de chasse et d'élevage extensif). L'extraordinaire communauté stygobie de son réservoir souterrain assure par sa présence la sécurité de la ressource et pourra éviter son classement dans le cadre des futurs sites surveillés par les karstologues du KWI.

ESPECES STYGOBIES TARNAISES	Phréatobies	Hyporhéiques	Karstiques
VERS OLIGOCHETES			
1 <i>Trichodrilus campoyi</i>		X	
2 <i>Rhyacophilus subterraneus</i>			X
3 <i>Spiridion phreaticola</i>		X	
4 <i>Dorydrilus michaelsoni</i>			X
VERS TRICLADES			
5 <i>Dendrocoelides regnardi</i>	X	X	X
VERS MICROTURBELLARIES			
6 <i>Geocentrophora boui</i> *	X		
MOLLUSQUES			
7 <i>Bythinella reyniesi</i>	X		
8 <i>Moitessieria rolandiana</i>	X	X	
9 <i>Hauffenia minuta</i>	X	X	
CRUSTACES ISOPODES			
10 <i>Proasellus albigenis</i> *	X	X	
11 <i>Stenasellus virei virei</i>	X	X	
12 <i>Microcharon boui</i> *	X	X	
CRUSTACES AMPHIPODES			
13 <i>Niphargus robustus</i>	X	X	X
14 <i>Niphargus pachypus</i>	X	X	X
15 <i>Niphargus gineti</i>	X	X	X
16 <i>Salentinella gineti</i>		X	X
17 <i>Salentinella petiti</i>	X	X	X
18 <i>Ingolfiella thibaudi</i>			X
19 <i>Karstogiella sp.</i> *			X
CRUSTACES SYNCARIDES			
20 <i>Bathynella sp.</i>	X	X	X
CRUSTACES COPEPODES CYCLOPIDES			
21 <i>Acanthocyclops stammeri</i>		X	
22 <i>Graeteriella unisetigera</i>	X	X	
23 <i>Speocyclops kieferi</i>	X		
24 <i>Speocyclops gallicus</i>			X
25 <i>Speocyclops racovitzai</i>			X
CRUSTACES COPEPODES HARPACTICIDES			
26 <i>Ceuthonectes gallicus</i>			
27 <i>Elaphoidella leruthi</i>			X
28 <i>Elaphoidella boui</i> *			X
29 <i>Elaphoidella sp.</i>		X	
30 <i>Parastenocaris sp.</i>		X	
CRUSTACES OSTRACODES			
31 <i>Pseudocandona marmonieri</i> *			X
32 <i>Candonopsis boui</i>		X	X

Liste des espèces stygobies des aquifères interstitiels et karstiques tarnais
(6 espèces endémiques tarnaises sont signalées avec un astérisque*)

Annexes

1° Liste des espèces stygobies découvertes et décrites de stations tarnaises :

- Niphargus gineti*, BOU, 1965 – galeries médiévales de captage de Cordes (Crustacé Amphipode)
Proasellus albigenis, MAGNIEZ, 1965 – source et puits de la Mouline du Gô à ALBI (Crustacé Isopode)
Geocentrophora boui, de BEAUCHAMP & GOURBAULT, 1967 – puits de la Mouline du Gô à Albi (Ver Microturbellarié)
Microcharon boui, COINEAU, 1968 – nappe phréatique de Mazicou à Albi (Crustacé Isopode)
Candonopsis boui, DANIELOPOL, 1978 – nappe phréatique de Mazicou à Albi (Crustacé Ostracode)
Elaphoidella boui, ROUCH, 1988 – ruisseau souterrain d'Amiel à Penne (Crustacé Copépode Harpacticide)
Pseudocandona marmonieri, NIAMOTKO & DANIELOPOL, (in litt.) du ruisseau souterrain d'Amiel (Crustacé Ostracode)
Karstogiella ruffoi, BOU (in lit.) – ruisseau souterrain d'Amiel à Penne (Crustacé Amphipode)

2° Tableau de la liste des espèces stygobies des aquifères interstitiels et karstiques tarnais. (voir ci-contre)

Bibliographie

- BEAUCHAMP P. (de) et GOURBAULT N.-1967- Une nouvelle espèce française obscuricole du genre *Geocentrophora*. Contribution à l'étude des Prorhynchidés (Turbellariés). Annales de Spéléologie, 22, 2, 311-320.
BOETERS H.-1973- Französische Rissoaceen-Aufsammlungen von C. BOU. Annales de Spéléologie, 28, 1, 63-67.
BOU C.-1965- *Niphargus gineti*, nouvel Amphipode hypogé des eaux souterraines du Sud-Ouest de la France. Annales de Spéléologie, 21, 3, 289-306.
BOU C.-1966- Faune souterraine du Sud Ouest du Massif Central : 1- Contribution à la connaissance des Invertébrés cavernicoles. Annales de Spéléologie, 21, 3, 189-306.
BOU C.-1967- Les Amphipodes hypogés de la bordure Sud Ouest du Massif Central : observations sur la répartition et la biologie. Spelunca Mémoires, 5, 226-235-
BOU C.-1968- Faune souterraine du Sud Ouest du Massif Central : 2- Contribution à la connaissance des eaux souterraines de l'Albigeois. Annales de Spéléologie, 23, 2, 441-473.
BOU C.-1969- La faune des eaux souterraines d'Albi. Revue du Tarn, 56, 399-413.
BOU C.-1974- Recherches sur les eaux souterraines : 25- Les méthodes de récolte dans les eaux souterraines interstitielles. Annales de Spéléologie, 29, 4, 611-619.
BOU C.-1977- Conséquences écologiques de l'extraction des alluvions récentes dans le cours moyen du Tarn. Bulletin de la Société d'Ecologie, 8, 4, 435-444.
BOU C.-1979- Etude de la faune interstitielle des alluvions du Tarn : mise en place d'une station d'étude et premiers résultats. Bull. de la Féd. Tarn de Spéleo-Archéologie, 16, 117-129.
BOU C.-1997- L'eau potable : l'exploitation des eaux souterraines dans le Tarn. Revue du Tarn, 166, 177-207.
BOU C. et ROUCH R.-1967- Un nouveau champ de recherche pour la faune aquatique hypogée. C. R. Acad. Sc. de Paris, 265, 369-370.
COINEAU N. -1968- Contribution à l'étude de la faune interstitielle - Isopodes et Amphipodes. Mémoires du Muséum Nat. Hist. Nat. de Paris, série A, 64, 170 p.
DANIELOPOL D. -1980- Deux espèces hypogées du genre *Candonopsis* (Ostracoda, Candoninae) du Sud Ouest de la France et de Cuba. Vie et Milieu, 30, 3-4, 315-323.