

LA PHRÉATOLOGIE DE CONSTANTIN MOTAS DANS LA PERSPECTIVE DES DÉVELOPPEMENTS ACTUELS DE L'ÉCOLOGIE AQUATIQUE SOUTERRAINE

DAN L. DANIELOPOL

La phréatobiologie, telle qu'on l'aperçoit de nos jours, est le domaine de la recherche scientifique qui s'occupe de l'écologie des eaux souterraines continentales (non-marines) circulant dans les systèmes poreux des roches élastiques. Des études biologiques concernant ce milieu aquatique ont existé dès la fin du 19^e siècle (D a n i e l o p o l, 1982). Les recherches zoologiques sur les animaux interstitiels dulcaquicoles se sont intensifiées surtout en Europe durant la première partie de ce siècle. Le professeur Constantin Motas a non seulement participé à la découverte de nouveaux animaux souterrains mais il a été aussi un des premiers à percevoir l'extraordinaire intérêt pour la biologie de cette nouvelle direction de recherche. Le mérite de C. Motas consiste à avoir donné une définition et un nom à ce domaine scientifique et à avoir attiré l'attention à son sujet par ses propres recherches sur les problèmes spécifiques de la phréatobiologie.

Dans ce qui suit, je vais rappeler la conception de C. Motas sur la phréatobiologie; je vais ensuite esquisser la façon dont ce domaine de recherche se développe actuellement. Pour finir je voudrais situer l'héritage culturel de C. Motas dans le contexte des recherches modernes faites par ses élèves ou par une nouvelle génération de chercheurs.

LES DÉBUTS DE LA PHRÉATOLOGIE

En Europe à la fin du 19^e siècle, la découverte d'animaux souterrains appartenant à des groupes zoologiques divers dans les puits normalement utilisés pour l'alimentation en eau potable, avait aiguisé l'intérêt des zoologistes et les avaient conduits à étudier d'une manière intensive les puits accédant aux nappes phréatiques superficielles. P. A. C h a p p u i s (1920) publia une thèse de doctorat ayant comme sujet la faune des puits de Bâle en Suisse. C'est S t a n k o K a r a m a n qui, dans la Vallée du Vardar près de Skopje, en remarquant la manière dont les paysans obtenaient l'eau potable des alluvions déposées en bord de la rivière, essaya leur méthode pour collecter des animaux souterrains. Il creusait dans les sédiments des trous de faible profondeur dans lesquels l'eau interstitielle phréatique s'accumulait entraînant en même temps avec elle des animaux hypogés, quelquefois en grand nombre. Cette technique fut reprise par P. A. C h a p p u i s durant ses recherches en Transylvanie (C h a p p u i s, 1944).

Note : Certaines des idées exprimées ici sont basées sur des recherches phréatobiologiques en cours en Autriche financées par l'agence autrichienne « Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung » (Projet — P-7881). Je remercie R. Rouch (Laboratoire souterrain du CNRS, Moulis), P. Marmonier (Université de Chambéry), I. Tabacaru (Institut de Spéologie « E. Racovitza », Bucarest) et P. Pospisil (Université de Vienne), pour les discussions que j'ai eues à ce sujet.

Une faune d'invertébrés riche et diversifiée fut décrite en Europe par un grand nombre de spécialistes. Motas lui-même étudia les Hydracariens des collections faites par son ami Chappuis ou par ses élèves Orghidan et Botoșăneanu (e. g. M o t a s et T a n a s a c h i, 1946 ; M o t a s et al., 1947). Les animaux trouvés vivaient dans la nappe phréatique * c'est à-dire dans les eaux souterraines superficielles accessibles par les puits ordinaires creusés dans les sédiments élastiques loin du bord des rivières ainsi que dans la zone toute proche des eaux courantes. C h a p p u i s (1942, 1943) considéra que le milieu de vie représenté par les eaux souterraines qui circulent dans des systèmes poreux posait des problèmes écologiques qui n'étaient pas du domaine de la Spéologie. Effectivement, la faune découverte par Karaman, Chappuis et les autres pionniers de la Phréatobiologie différait en quelque sorte de la faune cavernicole. Il y avait des groupes d'animaux comme les Hydracariens connues des eaux courantes superficielles et formant dans les sédiments alluvionnaires des rivières une faune extrêmement originale. Les spécialisations morphologiques des animaux interstitiels semblaient différer de celles des habitats cavernicoles (D e l a m a r e D e b o u t t e v i l l e, 1960). M o t a s et T a n a s a c h i (1946) ont remarqué que certaines espèces d'Hydracariens étaient strictement inféodées aux habitats interstitiels proches des eaux courantes alors que d'autres étaient également connues des milieux épigés avoisinants. À partir de ces observations, M o t a s et T a n a s a c h i (1946) ont essayé, pour la première fois, de classer du point de vue écologique les animaux trouvés dans les nappes phréatiques. En utilisant leurs propres données sur les acariens et en prenant comme modèle les classifications de H e s s e, 1924 et de T h i e n e m a n n, 1925, sur les animaux souterrains ou cavernicoles, ces auteurs proposent les termes de phréatobies, ou animaux euphréatiques, pour les animaux vivant exclusivement dans ce type d'habitat ainsi que les termes phréatophiles et phréatoxènes. Ce n'est qu'en 1957 que Motas, après avoir été libéré des prisons communistes (où il dut passer sept ans !), continua à développer l'idée que les recherches biologiques sur les eaux des nappes phréatiques par leur spécificité, par la méthode de recherche utilisée, par l'originalité de la faune trouvée ainsi que par la nature du substrat géologique qui forme l'habitat des animaux interstitiels, représentait une direction de recherche qui s'écartait des recherches spéologiques. Ainsi M o t a s et al. (1957 p. 103) annoncent que la recherche des Hydrachnelles des eaux souterraines alluviales appartient à un nouveau domaine de recherche appelé Phréatobiologie : « Es wurde so ein neues Kapitel der Limnologie geschaffen, welches wir (C. Motas) Phreatobiologie nennen worden ; sie ist der jungste Zweig der Hydrobiologie und die Schwester der Speologie der E. G. Racovitza den Namen gab. Die Schaffung dieses neuen Kapitels lag schon vor sieben Jahren in der Luft. »

Motas développa ces idées dans les années qui suivirent. Un premier aperçu sur le contenu théorique de la Phréatobiologie et l'histoire des recherches liées à cette discipline a été présentés dans une conférence mémorable à Bucarest en 1957 (M o t a s, 1958). Une définition claire de la Phréa-

* Le terme de nappe phréatique introduit par D a u b r é e (1887) est discuté par C a s t a n y et M a r g a t (1977).

tobiologie apparaît dans Motas 1962 a et 1963 : « J'ai donné... le nom de Phréatobiologie à la branche de la Limnologie dont le but est celui d'étudier du point de vue taxonomique, écologique et biogéographique les êtres vivants qui peuplent les eaux phréatiques » (Motas, 1963, p. 58).

La phréatobiologie a été considéré par son auteur comme une branche de la limnologie. Du point de vue épistémologique, Motas a eu parfaitement raison de proposer ce terme car la phréatobiologie était un domaine de recherche ayant un contenu précis (c'est à dire la recherche biologique des milieux aquatiques interstitiels non-marins, des nappes phréatiques), et une méthode spécifique (i. e. l'observation de l'environnement souterrain des eaux phréatiques se faisant par l'intermédiaire des puits). La méthode des sondages de Karaman et Chappuis en dernière analyse n'est que le développement de mini puits en bordure des rivières.

La Phréatobiologie en tant que chapitre de la Limnologie a été intégrée par Motas (1962 a) dans le système de Thienemann (1925) au même niveau que l'étude écologique des eaux courantes de surface (la Potamobiologie et la Crénobiologie).

On peut se demander pourquoi Motas a choisi comme direction de recherche en Phréatobiologie seulement l'étude taxonomique, écologique et biogéographique des animaux interstitiels et n'a pas inclus les études de bactériologie. La réponse est simple si on regarde la littérature scientifique de l'époque. Les recherches en biologie souterraines ont été dominées par les recherches d'Emile Racovitz a et de ses collaborateurs sur la faune aquatique cavernicole, par celle de Thienemann, H. Spandl, P. A. Chappuis et autres sur la faune phréatique (Danielopol et Marmonnier, 1992). Il y avait très peu de recherches en microbiologie et celles-ci étaient surtout orientées sur les bactéries pathogènes des eaux potables (Danielopol, 1982).

Le succès des zoologistes qui ont décrit un nombre important d'espèces nouvelles ainsi que des groupes d'animaux qui étaient connus seulement par leur restes fossiles a été immense. Racovitz a l'avait brillamment expliqué dans son discours de réception à l'Académie Roumaine (Racovitz a, 1927). Les chercheurs qui ont étudié les animaux hypogés aquatiques étaient aussi intéressés par les particularités écologiques du milieu souterrain où vivent normalement ces animaux et se posaient la question de savoir pourquoi ce milieu a permis la survie d'un si grand nombre d'animaux considérés comme des relictés de faunes disparues depuis longtemps de la surface de la terre.

Le milieu souterrain a été considéré par plusieurs générations de biologistes comme un environnement assez simple, dominé par sa stabilité écologique avec de faibles fluctuations de certains paramètres e. g. la température et caractérisé par la persistance des habitats sur des périodes de temps très longues (centaines de milliers ou millions d'années). Les eaux souterraines sont par contre extrêmement contraignantes comme milieu de vie. L'absence de lumière a comme corollaire la réduction d'une source énergétique importante existant dans les eaux de surface, la matière organique synthétisée par le monde végétal. L'extrême oligotrophie de certaines eaux souterraines oblige beaucoup d'organismes à réduire leur activité métabolique.

Le problème restait de savoir pourquoi des animaux aquatiques de surface occupant un milieu énergétique nettement plus propice ont colonisé les eaux souterraines. P. A. Chappuis (1927), parmi d'autres, pensait que beaucoup d'animaux aquatiques, surtout ceux d'origine marine, se sont retirés dans le milieu souterrain sous les contraintes imposées par les changements écologiques survenus dans des habitats épigés contigus aux habitats souterrains. Un grand nombre de biologistes se sont ralliés à cette idée. Ainsi le refuge sous contrainte de la faune épigée et sa survie dans un milieu souterrain stable est devenu l'explication de choix pour la présence des fossiles vivants dans les habitats hypogés (Rouch et Danielopol, 1987). Motas et Tanasachi (1946 p. 60) l'expliquent clairement : «Quelle est l'origine des formes phréatiques, comment et quand sont-elles arrivées dans ce biotope, comment vivent-elles ici, de quoi se nourrissent-elles? ... Nous pensons... que l'origine des formes phréatiques doit être cherchée dans l'eau épigée d'où elles sont émigrées depuis les époques géologiques les plus reculées, lorsque les conditions d'existence ont changé à la surface. L'eau souterraine a été donc un refuge pour certaines espèces qui n'ont pu s'adapter à de nouvelles conditions d'existence.»

Ainsi les trois directions de recherches de la phréatobiologie i.e. l'étude de la taxonomie, de l'écologie et de la biogéographie des animaux phréatiques, devait donner une image d'ensemble de cette situation surprenante : l'existence d'animaux relictés, quelquefois de groupes faunistiques bien diversifiés ayant choisi de vivre dans un milieu stable mais contraignant.

Motas a contribué au développement de la phréatobiologie par de très belles études taxonomiques qu'il a réalisées, en compagnie de ses élèves J. Tanasachi et T. Orghidan (e.g. Motas et al 1947, 1957). Motas stimula ses élèves à regarder de près les caractéristiques écologiques du milieu phréatique dans lequel les animaux interstitiels étaient péchés. Les belles découvertes de T. Orghidan et L. Botoșăneanu doivent être rappelées ici ainsi que les recherches écologiques de E. Șerban, I. Căpușe, F. Botea (voir revue in Orghidan et al. 1979 ainsi que Motas et Șerban, 1961, Motas et Căpușe, 1962, Motas et Botea, 1962). Enfin Motas contribua à la biogéographie des animaux phréatiques par une synthèse des Acariens souterrains où la phylogénie et la morphologie adaptative sont aussi intégrées (Motas, 1962 b).

DÉVELOPMENTS ACTUELS DE L'ÉCOLOGIE AQUATIQUE SOUTERRAINE

Pour C. Motas comme pour E. Racovitza le problème fondamental dans la recherche d'un domaine de vie peu connu était sa connaissance intrinsèque. L'aspect culturel avait priorité sur celui matériel et pratique. La phréatobiologie de nos jours est confrontée à l'avancement des connaissances sur deux fronts : d'une part les connaissances générales se sont accrues à la suite des recherches fondamentales faites sur des systèmes écologiques naturels ; d'autre part, à cause des nombreuses pollutions et transformations négatives des eaux souterraines, les recherches appliquées se sont développées qui consistent à trouver des remèdes aux systèmes aquatiques souterrains perturbés par les activités humaines. Le déve-

l'opement de cette phréatobiologie appliquée apparaît vitale pour l'homme si l'on tient compte du fait qu'une grande partie de l'eau potable provient de l'exploitation des nappes phréatiques. Dans ce contexte appliqué, de nouvelles directions de recherches sont en pleine expansion. L'une d'entre elles est la microbiologie souterraine. Les recherches dans ce domaine ont porté sur l'identification de la flore bactérienne vivant dans les eaux souterraines, l'étude de son activité physiologique et, d'autre part, sur la recherche de la capacité de décomposer ou minéraliser les polluants organiques qui détériorent souvent la qualité des eaux souterraines. L'aspect le plus surprenant qui ressort de ces recherches (voir revues in *Bitton* et *Gerba*, 1984 et *Ward et al.*, 1985) est que la flore bactérienne des nappes phréatiques superficielles ou profondes est riche et variés et qu'un grand nombre de microorganismes ont une flexibilité adaptative non négligeable (*Balkwill et al.*, 1989). Cette particularité permet de manipuler les habitats interstitiels pollués pour augmenter l'activité physiologique des bactéries, assurant ainsi la décomposition rapide des substances organiques polluantes. Des laboratoires entiers surtout auprès des Universités techniques et des agences qui ont l'obligation d'assurer le contrôle de la qualité de l'environnement s'occupent avec ce problème. Une retombée de ces préoccupations pour le traitement in situ des aquifères pollués par l'activation des bactéries souterraines est aussi le développement de toute une technologie pour étudier in situ la biologie des nappes phréatiques. *Collins et Johnson* (1988) font le point sur ce sujet. Les chercheurs en phréatobiologie appliquée travaillent en général en équipes multidisciplinaires où les hydrogéologues jouent un rôle important tandis que les écologistes n'ont qu'un rôle secondaire. Cette situation vient de changer brusquement comme l'indique le récent symposium organisé par l'IAHS à Vienne (*Nachtnabel et Kovar*, 1991). Même la très puissante agence américaine U.S. E.P.A. (la « Environmental Protection Agency ») va organiser en Avril 1992, à Tampa en Floride, son premier symposium d'écologie souterraine où les spécialistes travaillant dans les deux directions de recherches, appliquée et fondamentale, vont faire le point sur leurs résultats et perspectives scientifiques.

Les recherches de phréatobiologie traitant des aspects à première vue non-appliqués (recherche fondamentale) se sont concentrées sur le problème de la description de la diversité des organismes souterrains, de la structure des écosystèmes et des habitats hypogés, enfin, de l'évolution des adaptations des organismes à leur environnement. Le problème de la diversité animale souterraine est un problème qui a été cher à Motas, comme on l'a vu ci-dessus. Les études de faunistique, de taxonomie et de biogéographie font partie intégrante de ce problème. Les recherches des nombreux groupes de chercheurs en Europe et en Amérique ont fait progresser nos connaissances sur les animaux aquatiques souterrains. Le compendium *Stygofauna Mundi* (*Botosaneanu*, 1986) donne une belle image de cette croissance impressionnante de nos connaissances sur la faune vivant dans les eaux souterraines. A cette diversité biologique correspond aussi une diversité d'habitats hypogés (*Danielopol et Rouch*, 1991). Par exemple la diversité des grottes sous-marines anchialines avec sa faune originale et remarquable (*Illif et al.*, 1984). Pour ce qui est de la diversité des habitats des nappes alluviales, *Rouch* (1988),

Danielopol (1991), Creuzé des Chatelliers (1991) ont montré qu'une faune interstitielle abondante composée par des espèces hypogées et épigées se développe dans un milieu interstitiel hétérogène et, du point de vue des organismes, imprévisible. Si on examine l'environnement interstitiel à une échelle de grandeur couvrant des dizaines ou centaines de mètres carrés on s'aperçoit que les animaux phréatiques occupent les habitats en fonction de leur tolérance et préférences écologiques. Les recherches que nous poursuivons depuis quelques années dans la vallée alluviale du Danube près de Vienne, en Autriche, démontrent clairement cette situation (Danielopol, 1989, 1991 et Pospisil, recherches en cours). Des espèces comme *Cypridopsis vidua* occupent seulement les sédiments superficiels proche des eaux de surface. Les observations de laboratoire (Roca et Danielopol, 1992) montrent que cette espèce choisit de vivre dans des habitats interstitiels riches en ressources énergétiques, alors que d'autres espèces hypogées d'Ostracodes ou d'Isopodes ont des tolérances écologiques très larges vivant tout aussi bien dans des sédiments superficiels bien oxygénés et riches en matières organiques qu'en milieu phréatique profond où les conditions hypoxiques et l'oligotrophie dominent durant l'année. La mise au point de nouveaux appareils de mesure pour les paramètres chimiques et physiques des eaux phréatiques comme le double packer (Danielopol et Niederreiter, 1987), ainsi que les appareils pour échantillonner la faune (la pompe phréatobiologique Bouch, 1967), les nouvelles méthodes d'implantation des sondes à crépine continue et la possibilité d'examiner l'espace interstitiel et les organismes avec des minividéocameras (Niederreiter et Danielopol, 1991), les progrès enfin que nous avons faits dans la stratégie d'échantillonner quantitativement (voir les recherches de Rouch à Moulis, de l'équipe de J. Gibert à Lyon, nos recherches à Vienne (revue in Danielopol et al., 1991, Danielopol et Marmonnier, 1992) permettent maintenant de suivre la distribution dans l'espace et dans le temps des organismes phréatiques. On se rend compte ainsi qu'une grande partie de la faune aquatique souterraine est représentée par des espèces généralistes avec une grande flexibilité adaptative. Cette image qui avait été discutée par Rouch (1986), Rouch et Danielopol (1987), montre bien qu'on est en train de changer de vision sur l'origine et l'adaptation des organismes souterrains. Comme l'ont montré Danielopol et Rouch (1991) et ceci est bien visible à partir des recherches en cours de notre équipe à Vienne (MS en préparation), les écosystèmes phréatiques sont très hétérogènes et dynamiques. La stabilité de la température qui peut-être est vraie pour des systèmes aquatiques karstiques ou des aquifères poreux profonds n'est pas visible dans les systèmes superficiels tels les alluvions des bras morts du Danube à Vienne (Le Lobau). Ici, les Crustacés hypogés tels l'Isopode *Proasellus slavus*, les Amphipodes du genre *Niphargus* ou l'Ostracode *Cryptocandona kieferi* supportent des fluctuations thermiques annuelles de plus de 20°C. En laboratoire, à Mondsee, M. Creuzé des Chatelliers a pu observer l'extraordinaire capacité des *Proaselles* hypogés à régler leur respiration par rapport à celle des espèces d'Asellides épigés. Il apparaît ainsi qu'un certain nombre d'animaux hypogés ne sont pas du tout des organismes séniles hyperspécialisés avec des possibilités réduites d'autorégulation comme l'avait suggéré Vandell (1964). La flexibilité adap-

tative de ces animaux interstitiels ressemble à la situation présentée par les bactéries souterraines discutée ci-dessus. Ces données ont amené Rouch (1986), Rouch et Danielopol (1987) à argumenter que le milieu hypogé n'est pas un asile peuplé par des « vieillards » où les organismes sont les prisonniers de leur destin historique comme le pensaient des générations de biologistes (Motas y compris) mais un milieu écologique normal réglé par les mêmes lois et contraintes qu'on trouve aussi dans des habitats des eaux de surface. Les analogies qui existent entre l'écologie des animaux peuplant les milieux marins ou dulçaquicole profonds (Gage et Tyler, 1991, Danielopol et al., 1992) et les eaux souterraines sont remarquables. Ce changement de vision biologique qui abandonne le modèle refuge sous contrainte, permet à mon avis de développer l'écologie des eaux souterraines d'une manière très créative. Ainsi, on pourra mieux prévoir quelles espèces seront trouvées dans certains habitats des régions non explorées. À partir de connaissances précises d'autoécologie on pourra également prévoir quelles espèces sont en péril d'extinction par un certain type de pollution des eaux souterraines. On pourra enfin prévoir quelles sont les chances de colonisation d'un habitat souterrain par différents organismes à partir des connaissances obtenues sur le terrain et en laboratoire sur leur biologie. C'est tout le problème de l'origine et de l'adaptation des animaux qui colonisent les eaux souterraines qui est approché de la même manière qu'en écologie évolutive des eaux de surface. On n'a plus besoin de recourir à des modèles d'évolution orthogénétique comme ceux qui avait été largement acceptés par Racovitza et ses émules ou ceux organistes comme celui de Vandell (1964).

L'HÉRITAGE CULTUREL LAISSÉ PAR C. MOTAS

Les idées sur lesquelles la définition de la phréatobiologie est basée, à savoir la connaissance de la diversité et de l'histoire des animaux phréatiques sous ses aspects faunistiques, écologiques et biogéographiques, comme on a vu précédemment, ont été pour suivies et développées un peu partout dans le monde.

Dans une période où l'environnement de notre biosphère souffre des détériorations profondes dues aux activités humaines, la connaissance de la diversité biologique de notre planète devient un impératif culturel ; elle aide à comprendre le monde dans lequel nous vivons et à mieux situer la position de l'homme dans le cadre de l'évolution planétaire. Ceci est aussi valable pour les eaux phréatiques qui sont dans beaucoup de cas hyperexploitées ou polluées par des substances toxiques dont l'autoépuration se fait difficilement et à très long terme. À l'heure actuelle, on est engagé dans une course contre la montre pour connaître les types d'organismes souterrains qui vivent dans les nappes phréatiques, quel est leur rôle dans la dynamique des écosystèmes hypogés etc. Comme l'a écrit J. Lawton (1991, p. 4) récemment, la nécessité de connaître la diversité du monde organique et la nécessité de sa protection créent une activité culturelle stimulante ayant quelquefois une fin pratique et, d'autre fois, relevant seulement d'un aspect esthétique : « Nature is beautiful. Let's say so, and let us have the stewardship of that beauty as an honest and

major reason for conserving it. » Voici une idée qui a été également chère à Motas. À plusieurs reprises (e. g. Danielopol, 1989 ; Pospisil et Danielopol, 1990), nous avons insisté sur l'idée qu'il faut laisser aussi aux générations futures le plaisir de découvrir la beauté insolite des organismes vivants dans les eaux souterraines. Il faut offrir aux jeunes chercheurs la chance de découvrir avec le même émerveillement que nous avons ressenti les surprenantes solutions adaptives choisies par les organismes dans leur confrontation permanente avec l'environnement souterrain.

À part l'héritage culturel des idées scientifiques que Motas nous a laissé, nous gardons aussi le souvenir d'une personnalité humaine douée non seulement d'une culture scientifique immense mais aussi d'une culture littéraire et artistique remarquable qu'il sut communiquer à ses interlocuteurs. Le discours qu'il fit à l'Académie Roumaine (Motas, 1973) à l'occasion de l'anniversaire de ses 80 ans illustre bien ce point de vue. C. Motas est aussi l'héritier du savoir de brillants zoologistes roumains et étrangers comme Ion Borcea, Emile Racovitza, August Thienemann, Louis Léger et Pierre-Alfred Chappuis. Il a bâti sur leur savoir sa conception de la phréatobiologie comme je l'ai montré ci dessus.

Pour finir il me semble intéressant d'essayer d'intégrer l'héritage culturel laissé par C. Motas dans la perspective de l'Académie Roumaine. Emile Racovitza, image légendaire de l'Académie Roumaine (il fut à plusieurs reprises président de cette illustre institution culturelle roumaine), a créé avec son équipe la renommée internationale de l'Institut de Spéologie de Cluj dans la période entre les deux guerres mondiales. Motas prit en 1948 la place vacante à l'Académie laissée par la mort de Racovitza. En 1957, C. Motas a rebâti à partir « de l'édifice en ruine » qu'était devenu l'Institut Spéologique de Cluj, un Institut de recherche dynamique avec deux laboratoires, un à Cluj, l'autre à Bucarest. Une équipe de jeunes chercheurs enthousiastes a travaillé dans le cadre de cet institut dans les années 60 sous la direction de Motas. Les recherches de phréatobiologie occupèrent pendant une bonne période de temps une place importante dans l'activité scientifique de cette institution, spécialement sous la direction de l'élève de Motas, Traian Orghidan. Les jeunes chercheurs d'hier devraient maintenant continuer la traditions culturelle laissée par Racovitza et Motas et essayer de transmettre le flambeau à la prochaine génération. Certains des élèves ou collaborateurs de Motas, comme Botoșăneanu ou moi-même, se sont établis à l'étranger. Nous avons essayé, à notre façon, rendre hommage à Motas par une activité scientifique créatrice ainsi que par la dissémination de certaines idées culturelles qui lui avaient été chères à Motas. Je pense à l'idée de faire mieux connaître la beauté du monde souterrain et de ses problèmes. Mais le meilleur hommage qu'on peut rendre à des personnalités qu'on aime et admire c'est de créer à partir de leur savoir, des idées nouvelles qui puissent stimuler les générations qui nous suivent dans la même mesure que les idées de Racovitza ou Motas nous ont stimulés. Le fameux physicien J. R. Oppenheimer, dont la personnalité brillante et le destin tragique rappellent en quelque sorte Motas, a bien exprimé cette idée (Oppenheimer, 1955 p. 143) : « Nous ne sommes rien sans le travail de nos prédécesseurs, de nos maîtres, de nos contemporains.

Même lorsque dans la mesure de nos capacités et de notre talent, nous créons une nouvelle conception et un nouvel ordre, nous ne sommes encore rien sans les autres. Et, cependant, nous sommes plus que cela.»

BIBLIOGRAPHIE

- 1980 BALK WILL D. L., FREDERIKSON J. K. et THOMAS J. M., *Vertical and horizontal variations in the physiological diversity of the aerobic chemoheterotrophic bacterial microflora in deep Southeast Plain, subsurface sediments*. Appl. Env. Microb., **55**, 1058—1065.
- 1984 BITTON G. et GERBA C. P. (eds.), *Groundwater pollution microbiology*. J. Wiley Publ., Paris.
- 1967 BOU C. et ROUCH R., *Un nouveau champ de recherches sur la faune aquatique souterraine*. C. R. Acad. Sci. Paris, **265**, 369—370.
- 1936 BOTOSANEANU L. (ed.) *Stygofauna mundi. A faunistic distributional and ecological synthesis of the world fauna inhabiting subterranean waters (including the marine interstitial)*. E. J. Brill Publ., Leiden.
- 1977 CASTANY G. et MARGAT J., *Dictionnaire français d'hydrobiologie*. B. R. G. M., Orleans.
- 1920 CHAPPUIS P. A., *Die Fauna der unterirdischen Gewässer des Umgebung von Basel*. Arch. f. Hydrobiol., **14**, 1—88.
- 1927 — *Die Tierwelt der unterirdischen Gewässer*. Die Binnengewässer **3**, Schweizenbart, Stuttgart.
- 1942 — *Eirre neue Methode zur Untersuchung der Grundwasserfauna*. Acta Sci. Math. Nat., **6**.
- 1943 — *Über die Fauna der Spaltwasser und des Grundwassers*. Allat. kozlem. **40**, 221—232.
- 1944 — *Die Grundwasserfauna des Körös und des Szamos*. Ungar. Akad. Wiss., **3** kl., **1**—42.
- 1988 COLLINS A. G. et JONNSON A. I. (eds.), *Groundwater contamination : field methos*. ASTM, Philadelphia.
- 1991 CRUEZÉ DES CHATELLIERS M., *Dynamique de repartition des biocenoses interstitielles du Rhon en relation avec des caractéristiques geomorphologiques*. Thèse Univ. Lyon I, 1—160.
- 1982 DANIELOPOL D. L., *Phreatobiology reconsidered*. Polskie Arch. Hydrobiol., **29**, 375—386.
- 1989 — *Groundwater fauna associated with riverine aquifers*. J. North Am. Benth. Soc., **8**, 18—35.
- 1991 — *Spatial distribution and dispersal of interstitial Crustacea in alluvial sediments of a backwater of the Danube at Vienna*. Stygologia, **6**, **2**, 97—110.
- 1992 DANIELOPOL D. L. et MARMONIER P., *Aspects of research on ground-water along the Rhône, Rhine and Danube*. Regulated Rivers **7**, 5—16.
- 1987 DANIELOPOL D. L. et NIEDERREITER R. N., *A sampling device for groundwater organisms and oxygen measurements in multi-level monitoring wells*. Stygologia, **3**, 225—263.
- 1991 DANIELOPOL D. L., POSPISIL P. et DREHER J., *Ecological basic reasearch with potential application for the groundwater management*. IAHS Publ., **202**, 215—228.
- 1991 DANIELOPOL D. L. et ROUCH R., *L'adaptation des organismes au milieu aquatique souterrain. Réflexions sur l'apport des recherches écologiques récentes*. Stygologia, **6**, **3**, 129—142.
- 1992 DANIELOPOL D. L., HANDL M. et YIN Y., *Benthic ostracods in the pre-alpine deep lake Mondsee. Notes on their origin and distribution*. In : Mc KENZIE K. G. (ed.), *Proceedings of the 11. International Symposium on Ostracoda*. Bolkema Publ. (sous presse).
- 1960 DELAMARE DEBOUTTEVILLE C., *Biologie des eaux souterraines littorales et continentales*, Hermann, Paris.
- 1991 GAGE J. D. et TYLER P. A., *Deep sea biology. A natural history of organisms at the deep-sea floor*. Cambridge Univ. Press., Cambridge
- 1924 HESSE R., *Tiergeographie auf ökologischer Grundlage*. Jena (apud Motas et Tanasachi, 1946).
- 1984 ILLIFE T. M., WILKENS H., PARZEFALL J. et WILLIAMS D., *Marine lava cave fauna : composition, biogeography and origins*. Science, **225**, 309—311.
- 1991 LAWTON J., *Are species useful?*. Oikos, **62**, 3—4.
- 1958 MOTAS C., *Freatobiologia o nouă ramură a limnologiei*. Natura, **10**, 95—105
- 1962 a — *Procédé des sondages phreatiques — Division du domaine souterrain — Classification écologique des animaux souterrains — Le Psamon*. Acta Mus. Maced. Sci. Nat., **8**, 135—173.
- 1962 b — *Sur les acariens phreatiques, leur distribution géographique, leur origine*. Zool. Anz., **163**, 325—350.

- 1963 — *La notion de nappe phréatique, la phréatobiologie, ses debuts, son objet.* An. Şti. Univ. A. I. Cuza, Iaşi (S. N. Sec. 2, Şti. Nat.) a. Biol. 9, 57—61.
- 1973 — *Réponse du professeur C. MOTAS aux allocutions prononcées à l'occasion de son 80^e anniversaire par M. Ştefan Milecu, Mme Adriana Murgoci et par MM. Mihai Băcesco, Sergiu Cărăuşu, Nicolae Bolnariuc et Traian Orghidan.* In: T. ORGHIDAN, (ed.), *Libre du cinquantiennaire de l'Institut de Spéologie Emile Racovitza*, Edit. Acad, Bucarest., 81—83.
- 1962 MOTAS C. et BOTEA F., *Cercetări asupra faunei freatică din Valea Prahonei.* Stud. Cercet. Biol. Ser. Biol. Anim., 4, 529—537
- 1962 MOTAS C. et CAPUŞE I., *Beiträge zur Kenntnis der Brunnenfauna im Tal des Flusses Bela Reca (Rumänien).* Biol. Glasn., 15, 193—206.
- 1961 MOTAS C. et SERBAN E., *Cercetări freatobiologice: Valea Motrului (Notă preliminară).* Studii Cercet. Biol. Ser. Biol. Anim., 13, 1—10.
- 1946 MOTAS C. et TANASAGHI J., *Aeariens phréaticoles de Transylvanie.* Notat. Biol., 4, 3—63.
- 1947 MOTAS C., TANASAGHI J. et ORGHIDAN T., *Hydracariens phréaticoles de Roumanie.* Notat. Biol., 5, 3—67.
- 1957 — *Über einige neue phreatische Hydrachnellae aus Rumänien und über Phreatobiologie, ein neues Kapitel der Limnologie.* Abh. naturw. Ver. Bremen, 36, 101—122.
- 1991 NACHTNEBEL P. et KOVAR K. (eds.), *Hydrobiological basis of ecologically sound management of soil and groundwater.* IAHS Publ., nr. 202
- 1991 NIEDERREITER R. et DANIELOPOL D. L., *The use of mini-videocameras for the description of groundwater habitats.* Mitt. Hydrogr. Dienst. Österreich, 65/66, 85—89.
- 1955 OPENHEIMER J. R., *La science et le bon sens.* Gallimard, Paris.
- 1979 ORGHIDAN T., DANCĂU D., CAPUŞE I. et BOTEA F., *Fauna acuatică subterană din zona Defileului Dunării.* In: ORGHIDAN T. et NEGREA Ş. (eds.) *Speologia*, Edit. Acad., Bucureşti, 85—102.
- 1990 POSPISIL P. et DANIELOPOL D. L., *Vorschläge für den Schutz der Grundwasserfauna im geplanten Nationalpark „Donauauen“ östlich von Wien, Österreich.* Stygologia, 5, 75—85.
- 1927 RACOVITZA E. G., *Speologia. O ştiinţă nouă a străvechilor taine subpământieşti.* Astra, Cluj, 68 p. (reproduit in Emil Racoviţă, *Opere alese*, Edit. Acad. Bucureşti, 513—539).
- 1991 ROCA J. R. et DANIELOPOL D. L., *Exploration of interstitial habitats by the phytophilous ostracode *Cypridopsis vidua* (O. F. Müller); experimental evidence.* Annls. Limnol., 27 (sous presse).
- 1986 ROUCH R., *Sur l'écologie des eaux souterraines dans le karst.* Stygologia, 2, 352—398.
- 1988 — *Sur la répartition spatiale des Crustacés dans le sous-écoulement d'un ruisseau des Pyrénées.* Annls. Limnol., 24, 213—234.
- 1987 ROUCH R. et DANIELOPOL D. L., *L'origine de la faune aquatique souterraine, entre le paradigme du refuge et le modèle de la colonisation active.* Stygologia, 4, 345—372.
- 1925 THIENEMANN A., *Die Binnengewässer Mitteleuropas.* Die Binnengewässer, Schweizenbart, Stuttgart, 1.
- 1964 VANDEL A., *Biospéologie. La biologie des animaux cavernicoles.* Gauthier-Villars, Paris.
- 1985 WARD C., GIGER W. et Mc CARTY P. L., (eds.), *Groundwater quality.* Wiley, New York.

Limnologisches Institut,
Österreichische Akademie des Wissenschaften
A — 5310 — Mondsee, Autriche

Reçu le 10 mars 1992