

## Biodiversité, environnement et intégrologie appliqués aux lombriciens du pourtour méditerranéen

### *Biodiversity, environment and integrology applied to earthworms of the mediterranean surrounding*

Par / by

Qiu Jiang-Ping

Laboratoire de zoécologie du sol, INRA, 2 place Viala, F. 34060 Montpellier. E-mail. bouche @ ensam. inra. fr.

**Mots-clés** : Biodiversité, lombricien, taxonomie, Analyse factoriale des Correspondances, classification automatique, morphologie fonctionnelle, phylogénèse, paléogéographie, intégration des connaissances, environnement, région méditerranéenne, toxicologie, déchet, écotoxicologie.

**Key-words** : Biodiversity, earthworm, taxonomy, Factorial Correspondance Analysis, automatic classification, functional morphology, phylogeny, paleogeography, knowledge integration, environment, Mediterranean landscape, toxicology, waste, ecotoxocology.

**Nomenclator taxonomicum** : Annelida, Oligochaeta, Haplotaxida, Lumbricoidea, Lumbricidae, Diporodrilidae, Megascolecidae, Hormogastridae, Ailoscolecidae, Spargonophilidae.

**Résumé** : D'une façon générale l'étude de la biodiversité porte 1) sur l'observation des organismes et sur leurs milieux, y compris leur répartition, 2) son interprétation et la mise à disposition effectivement des résultats, 3) sa protection et son utilisation vis-à-vis des activités humaines.

En utilisant un échantillon de vers de terre Lumbricoidea nous avons étudiés plus de plus de 300 espèces ou sous-espèces, soit environ 60% des taxons Lumbricoidea étudiés et parmi lesquelles 108 sont nouveaux pour la science. Nous avons approfondis l'étude de ces organismes par l'exploitation de nouveaux caractères taxonomiques, surtout morphologie des néphridies, des typhlosolis et par l'observation méthodique des spermatophores. Nous avons rationalisé par standardisation de la terminologie la description de ces organismes.

La distribution spatiotemporelle observée, surtout autour de la Méditerranée occidentale, a été mise en télécommunication par le module TAXORDRE par l'organisation de la saisie des dics (données initiales) selon le Schéma Conceptuel Global d'ECORDRE. Grâce à la normalisation de la description des individus et de sa terminologie, à la codification des données et à l'élaboration du schéma conceptuel et relationnel de données, le lien a été assuré avec les divers connaissances initiales: taxons, prélèvements, biogéographie, écologie, écotoxicologie,...

L'interprétation taxonomique s'est faite de façon classique, caractère par caractère, puis de façon multivariée

**Summary** : From a general point of view biodiversity studies deal with 1) the observation of organisms and their surrounding characteristics, including the spatial distribution, 2) the interpretation of the observed facts and the effective access to results and 3) the biodiversity protection or uses versus human activities.

Using an earthworm sample of Lumbricoidea the study of 300 species or subspecies has been made, i.e. about 60% of Lumbricoidea taxa; among them 108 are new to science. The study of organisms was improved by the use of new taxonomic characters, especially about the morphology of nephridia, typhlosolis and the methodic registration of observed spermatophora. The description of earthworms has been also improved by the rationalization of a standardized terminology.

The observed spatiotemporal distribution, especially in the surrounding of the Western Mediterranean Sea has been telecommunication managed into the sub-base TAXORDRE of ECORDRE. This management deal with the dics (data, initial and controlled) and follow the Global Conceptual Scheme of ECORDRE. Thanks to the normalization of the individual descriptions, of the terminology, of the data codification and the use of the conceptual scheme, the links with the various initial knowledge has been made for taxa, sampling site, biogeography, ecology, ecotoxocology,...

The taxonomic interpretation has been made by

par les prises en compte de toutes les caractéristiques accessibles. Pour la première fois la taxinomie numérique fondée sur l'analyse multivariée a été associée à une pondération morphofonctionnelle à objectif phylogénétique. L'essentiel de la taxonomie infra-familles a pu être réévaluée : une nouvelle sous-famille, 16 tribus et 24 genres et sous-genres nouveaux ont été proposés. Grâce à la rationalisation des descriptions et à un libellé polyglotte terme à terme, la traduction et l'édition automatiques des descriptions des taxons deviennent possible. La gestion et l'accès intégré de toutes connaissances relatives à la biodiversité, en général, devient possible.

Cela rend possible l'usage exhaustif de la biodiversité, ce qui a été décrit vis-à-vis des peuplements spontanés (impact des toxiques, des déchets, des agrotechniques, usage des bioindications, etc.) et des lombriciens manipulés (tests de toxicologie, évaluations environnementales *in situ*, lombriculture, lombricompostage, traitement des déchets liquides et solides, etc.).

*following a classical manner, character by character, then by a multivariate analysis on all available characteristics. For the first time a numerical taxinomy (cluster analysis), grounded on multivariate analysis has been linked with a morphofunctional weighting of characteristics with a phylogenetic objective. Most of the infra-family taxonomy has been re-evaluated : one sub-family, 16 new tribes and 24 new genera or subgenera were erected. Thanks to the description rationalization and to a multilingual tabulation word to word, the automatic translation and publication of the description became available. In general, the integrated management and access of all the biodiversity knowledge become possible.*

*This allows an unlimited use of the biodiversity. These applications were described for spontaneous earthworm communities (impacts of toxics, waste, agronomical practices, use of bioindications, etc.) and for manipulated earthworms (toxicological tests, in situ environmental assessments, vermiculture, vermicomposting, liquid and solid waste treatments, ...).*

## I. Introduction

Ce travail a fait l'objet d'une longue étude centrée sur la description de la biodiversité lombricienne et de certaines de ses applications environnementales. Il a été présenté par l'auteur sous forme de thèse (Qiu, 1998) et a bénéficié de collaborations importantes qui se traduisent par les co-signatures des travaux qui en sont issus et par les remerciements présentés en fin de cet article. L'objet de ce bref article de présentation est de souligner la cohérence de cet ensemble.

La biodiversité signifie, *stricto sensu*, la diversité biologique. Celle-ci ne peut être appréhendée que vis-à-vis des organismes, usuellement sous forme d'individus, que l'on peut observer dans leur caractéristiques : éthologiques, physiologiques, morphologiques... à l'échelle de l'individu (parfois de l'association, telle les lichens,...), des organes, des tissus, des molécules constitutives.

Toute échelle d'observation : de l'individuel au moléculaire, en passant par le tissulaire (histologie) et le cellulaire (cytologie) porte sur l'observation des caractéristiques de chaque individu et chaque individu contribue ainsi à l'observation de la diversité des organismes, la diversité étant une variable d'état d'un ensemble d'individus à préciser. Ceci constitue un objectif que notre étude doit à la fois **restreindre** et **étendre** de diverses manières.

**Restreindre d'abord.** Depuis Lamarck 1800, créateur du mot biologique, les biologistes n'ont cessé de se spécialiser.

Le présent travail ne porte que sur une fraction des Annelida (Lamarck, 1801), Oligochaeta (Grube, 1850), Diplostesticulata (Yamaguchi, 1953), Haplotaxida (Stephenson, 1930), plus brièvement désignés par lombriciens ou vers de terre.

Il s'agit de la limitation du **référendaire composition** à la biologie.

- Le référendaire **espace** est également limité à un échantillon essentiellement issu des abords de la Méditerranée occidentale, quoique cet échantillon soit, ça et là, étendu à d'autres lieux de la planète.

- Le référendaire **temps** est aussi, au plan biologique, fort limité puisque l'échantillon se réfère essentiellement à un matériel collecté durant trois décennies, ce qui est quasi instantané par rapport aux échelles de temps que nous serons amenés à évoquer au plan phylogénétique.

- Les deux référendaires techniques **protocole** (d'analyse) et **obteneur** (d'information) détaillés aux chapitres III et IV limitent encore notre contribution à la perception de la biodiversité.

En conséquence notre contribution fondamentale à la perception de la biodiversité de la biosphère (sensu Suess, 1888) est fort modeste. Elle est quelque peu désespérante si on la replace par rapport à la demande adressée par l'humanité à notre communauté scientifique : étudier la biodiversité planétaire pour la préserver et l'utiliser sans l'appauvrir.

**Etendre ensuite.** C'est dans cette perspective appliquée de l'étude de la biodiversité que notre contribution s'est étendue selon deux directions. D'une part l'intégration effective de notre contribution dans le corpus de la CEPE (Connaissance Exhaustive Pertinente et Explicite) afin de la rendre disponible et d'autre part une contribution à l'écotoxicologie, les substances potentiellement toxiques étant l'un des facteurs mésologiques régulant la biodiversité de la biosphère.

Le travail d'intégration effective nécessite un investissement en temps limité malgré son caractère novateur et de son importance opérationnelle. En effet la préservation de la biodiversité planétaire n'est possible que si celle-ci est connue (décrite et accessible) et si elle est reliée aux facteurs mésologiques la modifiant. Encore faut-il que ces facteurs fussent connus afin que les hommes puissent mettre leurs actes en conformité avec leurs désirs exprimés à la conférence de Rio de Janeiro. Ceci implique l'accès aux éléments de connaissance relatifs à cette demande sociale (Bouché, 1998).

Or indépendamment, les scientomètres ont montré quantitativement que cette fonction d'accès aux

connaissances est peu assurée par ce qui s'appelle encore curieusement les "publications" scientifiques. En fait de public, 90% de ces textes ne sont jamais lus (même une seule fois) et seulement 2,8% sont cités et en général pas pour leur contenu (Callon *et al.*, 1993). Considérer que les connaissances relatives à la biodiversité peuvent s'échanger et se développer par ce canal, dont la fonction ne cesse de se dégrader, semble donc impossible.

Evidemment les puissants moyens informatiques actuels viennent à l'esprit pour se substituer à cette carence. Cela est pratiqué avec un succès très limité – par exemple avec les bases de données relatives aux séquences moléculaires de constituants biologiques dont l'adresse est possible grâce au nombre limité d'éléments constitutifs (acides nucléiques ou acides aminés, par exemple). Mais très vite l'absence d'adressage des autres éléments de connaissance interdit le minimum logique d'une démarche écologique sur la biodiversité : adresser l'ensemble des données relatives aux caractéristiques biologiques et mésologiques connues. Celles-ci, quoique acquises ne sont généralement pas "publiées" pour cause de concision dans les "publications", qui de toute façon ne sont pratiquement pas consultables. Quant aux systèmes informatiques hypermédiés et en réseaux ils accélèrent ce qui a été justement dénommé la balkanisation de la science (Van Alstyne, M. & E. Brynjolfsson, 1996) en raison de l'absence d'adressage des éléments de connaissance (ou élémances). Ceci préoccupe la communauté informatique mondiale à son plus haut niveau dans l'Union Internationale des Conseils Scientifiques (I.C.S.U.), c'est-à-dire CODATA, dont les congrès traitent de cette situation alarmante.

Mais l'étude de la biodiversité ne peut se construire qu'en s'appuyant sur un passé initié conventionnellement avec la 10<sup>ème</sup> édition du *Systema naturae* de Linné (1758). En fait il faut maîtriser l'apport de ce passé, sous forme de connaissances concrètes et de modalités d'interprétation.

Cette connaissance est *a priori* très contestable et fort confuse et a été présentée dans une littérature d'abord en latin puis surtout en français et en allemand avant de se diversifier en anglais, roumain, italien, russe, espagnol, etc... A cette difficulté linguistique historique et initiale s'ajoute la difficulté d'une science à la fois exacte, la biologie de l'actuel, et spéculative, celle sur l'évolution passée d'un groupe animal majeur – le premier des terres émergées mais aussi le premier phylum animal repérable dans notre paléontologie (650 millions d'années). Il se trouve que notre étude sur l'évolution lombricienne s'inscrit dans une suite de progrès interprétatifs antérieurs et présentés dans ce volume par Bouché (1998).

L'interprétation du passé n'est perceptible qu'indirectement à travers les états présents de nos faunes, de nos caractéristiques géologiques et de nos écosystèmes. Elle impliquerait pour le moins d'accéder à la Connaissance Exhaustive présentement acquise sur ce sujet. Celle-ci, très étendue, a trait à de nombreuses disciplines qui devraient pouvoir être accessibles pour la seule partie Pertinente nécessaire à chaque interprétation. Cette Connaissance Exhaustive Pertinente devrait être Explicite – sans jargon et barrière linguistique – afin de pouvoir être mobilisée, complétée et critiquée dans sa partie hypothétique pour assurer un progrès réel de nos connaissances. Cette indispensable Connaissance Exhaustive Pertinente Explicite, ou CEPE, est malheureusement encore inaccessible du fait des ségrégations réductionniste traditionnelles, et

actuellement croissantes, des spécialistes et des publications spécialisées des technosciences. Il faut accéder à toutes les connaissances écosystémiques de toutes les populations lombriciennes étudiées pour en comprendre au mieux les conditions d'existence, puis en inférer depuis les causes actuelles les probables situations passées et enfin produire des hypothèses validables avec recoupement sur d'autres sciences historiques, telle la paléogéographie. Ce n'est pas encore le cas dans l'écrasante majorité des pratiques scientifiques : le chercheur est encore aujourd'hui séquestré dans une démarche trop ponctuelle pour être en rapport avec un objet d'étude évolutionniste et communicable.

Tendre à sortir de cette séquestration est justement un sujet majeur de recherche de notre laboratoire. Il se trouve que la solution au problème général de l'adressage des connaissances a été résolu dans mon laboratoire d'accueil (Bouché, 1990 et surtout Bouché, 1996) mais son application à la gestion des élémances relatives à la biodiversité restait à mettre en œuvre. Il se trouve aussi que l'intérogologie, ainsi pratiquée, résout le problème relatif à la barrière sémantique élevée par les jargons techniques spécialisés, nécessaires mais abscons. Reste le problème du véhicule linguistique utilisé, aucune langue n'étant pratiquée par plus de 10 ou 15% de l'humanité et la préservation de la biodiversité concernant tout le monde. L'homme agissant de façon très diversifiée sur celle-ci, la CEPE appliquée à la biodiversité se doit d'être ce qu'elle est par définition : Explicite, donc lisible dans la langue de l'utilisateur des élémances et non dans celle du producteur d'élémances.

En tant que chinois, ayant fait l'effort de pratiquer le français et de lire l'anglais, je suis constamment confronté à l'impossibilité de lire les descriptions en allemand, roumain, italien ou slovène qui constituent une part importante du fond des descriptions que je dois comparer. J'imagine sans mal que réciproquement la grande majorité de mes collègues actuels sont incapables de lire dans la langue que je pratique le mieux : le chinois.

Profitant de nos aptitudes linguistiques hispano-franco-chinoise, notre équipe s'est attelée, en se limitant au seul domaine technoscientifique où seule l'intérogologie s'applique, à la traduction automatique réversible ; chacun rédige dans sa langue et lit les textes des autres dans sa langue. Ici l'exercice a été limité aux DICs (Données Initiales Contrôlées) quantitatives, qualitatives et floues, un travail en cours traite des sensciets (=énonçats) dans un environnement informatique hypermedia partagé par INTERNET.

Comme indiqué plus haut notre contribution à l'étude de la biodiversité s'est également étendue à l'écotoxicologie. Ici encore il s'agit d'un travail d'équipe, ma contribution étant surtout focalisée sur l'élaboration et l'usage de tests normalisables nouveaux avec l'aide de l'ADEME, pour l'évaluation globale des risques dus aux déchets.

Le problème des déchets en général est un domaine confus, complexe, actuellement abordé par le monde technique et scientifique de façon si peu intégrée que les progrès, lorsqu'ils existent, sont littéralement noyés par une communication politique et commerciale s'ajoutant au marasme des publications décrit plus haut. Ma contribution en ce domaine se situe sur deux plans : une mise en œuvre concrète de tests de laboratoire applicables à tout déchet, et relatifs à tout toxique. C'est-à-dire au macro-polluants (ordre du ppm, tels les métaux lourds), au micro-polluants (ordre du

ppb, tels les PCBs) et même aux génotoxiques (cancérogènes et tératogènes). Cela n'exclut, pour des raisons de mise en œuvre, que les déchets à radionucléides.

L'autre plan à trait à la description de la problématique des déchets. Ici ma contribution est plus passive, cette démarche utilisant les moyens hypermedias et les énonçats intégrologiques se réfère à des travaux de procédique industrielle de notre laboratoire sur lesquels se greffent les procédures de tests combinés de biodégradation et de toxicologie.

Il est admis couramment que seulement 1/10000<sup>e</sup> des espèces vivantes sont effectivement utilisées par l'homme. Par son faible pouvoir de migration la première biomasse animale des terres émergées que j'ai étudiée localement offre une biodiversité réelle énorme dont mes

résultats ne peuvent rendre compte que très partiellement. Rechercher des espèces aussi adéquates que possible pour les tests de biodégradation, biodisponibilité et toxicité ; sélectionner les souches les plus performantes pour traiter les déchets complexes en permettant la séparation organique/inerte, impossible sans ces animaux ; choisir les taxons les plus performants pour produire une lombrifarine riche en acides gras insaturés et en acides aminés indispensables afin d'optimiser les élevages avicoles et de permettre un vrai décollage de la pisciculture montre que cette frontière entre espèces utilisées ou non est virtuelle. Ce sera aussi en gérant les attributs de la biodiversité possible par l'accès à la CEPE où notre contribution s'inscrit, qu'une gestion raisonnée de toute la biodiversité deviendra possible.

## II. Principaux résultats

### 2.1. L'échantillonnage

L'observation des populations lombriciennes s'est effectuée depuis un *échantillon* d'individus Qiu *et al.* 1998. Quoique exceptionnellement collecté à des fins d'évaluations stationnelles, c'est essentiellement un matériel prélevé selon la méthode ponctuelle - c'est-à-dire rapporté à un point dans le temps (une date précise si possible) et à des coordonnées (si possible relativement exacte) dans l'espace. Il s'agit de matériel nouveau pour 370 points de prélèvements (Qiu et Bouché, 1998a).

Dans ce matériel il faut distinguer un échantillon diffus accumulé au laboratoire à des fins d'études ultérieures et fournis avant ou même au cours de mon travail pour identification (Qiu *et al.*, 1998). Ici, aucune stratégie d'échantillonnage "pour la biodiversité" n'a été mise en œuvre.

Par ailleurs nous avons effectué des séries de collectes pour tenter d'appréhender la biodiversité. Ici il s'agissait de s'appuyer sur la diversité perceptible des milieux et sa relative conservation ponctuelle pour choisir les emplacements à labourer, toujours très restreints par rapport à

l'espace parcouru. Chaque point représente de l'ordre de 1 m<sup>2</sup> de labour... et est distant souvent de plusieurs dizaines de kilomètres d'un autre. Son choix s'est fait en fonction du caractère aussi peu perturbé que possible du milieu, reconnaissable à l'état de la végétation spontanée et de la diversité géo-pédologique et topographique du paysage. Cette méthode s'est avérée très efficace ; lorsque l'on songe que 18 jours de collectes effectuées au cours de deux voyages (Nord de l'Espagne continentale de Montpellier à Vigo aller et retour... et une journée à Majorca, Baléares) ont permis de doubler notre connaissance sur la faune espagnole pourtant déjà en partie décrite (Diaz Cosin *et al.*, 1992).

Au niveau des interprétations, cet échantillon a été évidemment étendu dans la mesure du possible à la révision de matériel soit du laboratoire (collection CO-ECO) soit de celui du professeur Omodeo ou à quelques autres occasions. L'échantillon étudié est évidemment très insuffisant, limité dans l'espace, le temps et la composition taxonomique.

### 2.2. Richesse faunistique

La composition taxonomique nous permet une évaluation approximative de notre apport. Nous avons réétudié environ la moitié des taxons du groupe-espèce (~ 200 taxons sur 400) des Lumbricoidea connus antérieurement et exactement 108 nouveaux taxons de ce groupe ont été rajoutés à cet inventaire (Qiu et Bouché, 1998b). Sur les 500 taxons qui constituent approximativement ce groupe c'est donc 300 d'entre-eux que nous avons pu étudier. Cet

échantillon est assez complet pour l'Europe occidentale et très déficient de l'Europe orientale à l'Asie et pour l'Amérique du Nord.

Si la prise en compte du groupe-espèce est incomplète, c'est essentiellement parce qu'une partie du matériel signalé dans la littérature est mal répertoriée, insuffisamment décrite et que les connaissances acquises, théoriquement publiées, sont en fait inaccessibles.

### 2.3. L'observation des lombriciens

L'étude des individus des populations a été approfondie. Sa méthode, essentiellement morphologique, s'inscrit dans l'origine de la taxonomie et est aussi vieille que la taxonomie elle-même. De Linné à nos jours peut-on dire . Ici notre apport est limité à deux aspects s'inscrivant dans ce continuum :

1) *l'ajout de caractères morphologiques*. Ce sont ceux des vessies, du typhlosolis ou des spermatophores, déjà étudiés ça et là par d'autres auteurs, mais ici

systématiquement pris en compte. Ajoutons que pour la première fois une attention est accordée au méat précystal.

2) *la rationalisation des descriptions*, également entreprise par les auteurs antérieurs s'inscrit ici dans une autre perspective : la gestion des éléments de connaissances relatifs à la biodiversité. Cette gestion des éléments de connaissances nous a permis de constituer la matrice sur laquelle (ou selon les besoins les sous-matrices) est fondée notre interprétation phylogénétique (Qiu *et al.*, 1998).

## 2.4. L'interprétation des observations

L'interprétation phylogénétique n'a pas été le souci de tous les taxonomistes antérieurs, d'abord préoccupés de descriptions et classement, mais certains tels Stephenson, Omodeo, Jamieson, Bouché, ont essayé cet art délicat visant à partir des caractéristiques actuelles des lombriciens, à essayer de donner un sens historique aux taxons (au moins à certains d'entre-eux, Bouché et Qiu, 1998a).

Il s'agit évidemment de supputations. L'une des difficultés est de reconnaître ce qui crée des similitudes dues à une convergence récente de lignées généalogiquement très distinctes par adaptation à des milieux semblables, telles les convergences de pigmentation au milieu endogé des *Allolobophora* apigmentés *sensu* Pop, ou pigmenté de rouge en milieu épigé des *Dendrobaena* *sensu* Pop. Il s'agit d'essayer de distinguer - malgré ces convergences morphologiques vers des catégories écologiques ou mode de vie, épigés, endogés, hygrophiles, anéciques - les parentés réelles dont les traits sont plus ou moins conservés sur les individus actuels étudiés.

Nous n'avons pas pu étudier les différenciations génétiques ou cytologiques au niveau des populations ce qui nous a certainement limité dans l'interprétation des taxons fins du groupe-espèce. La caractérisation de bien des espèces et sous-espèces nous échappe ainsi assurément. De même l'interprétation fine de genres entiers est ainsi tronquée. Citons particulièrement celle des *Eisoniona*, *Nicodrilus*, *Eisenia* occidentaux... et évidemment celle des *Dendrobaena*.

A l'inverse l'interprétation phylogénétique des taxons des rangs les plus élevés s'impose presque d'elle-même au morphologiste. On a reconnu ainsi très tôt les mammifères des oiseaux (avec des difficultés toutefois). De même chez les lombriciens les grands classificateurs ont souvent à peu près défini, sans vraies préoccupations phylogénétiques, des taxons probablement cohérents avec la phylogenèse.

La difficulté pour nous était donc plutôt dans le milieu de la hiérarchie taxonomique où les études morphologiques antérieures insuffisantes et basées sur un matériel trop pauvre, souvent sans véritable démarche d'interprétation, laisse un vaste domaine d'incertitude. La tendance dominante a été de simplement comparer les similitudes et dissemblances sans analyse des conséquences et sans tentatives de reconstruction phylogénétique critiquable. Comme déjà indiqué notre travail fait suite sur ce point à quelques chercheurs qui ont explicitement tenté quelques interprétations.

Notre interprétation est fondée sur un constat trivial qui est accepté depuis Darwin ; ne peuvent se maintenir dans le temps que les lignées dont les individus ont survécu assez pour se reproduire. La sélection naturelle porte globalement sur l'ensemble des caractéristiques des individus. Ces ensembles de caractéristiques sont soit éliminés soit transmis dans le temps en fonction de leur adéquation à la survie des géniteurs dans leur milieu.

De cet ensemble de caractéristiques constituant chaque individu nous n'observons qu'un échantillon à caractère analytique. L'interprétation usuelle ne porte pas sur l'ensemble mais sur un échantillon de caractères réduit alors que la sélection a porté sur un tout. C'est donc la signification "évolutive" de cet échantillon de caractères par rapport à l'ensemble réel qui est en cause ici.

De ce point de vue nous avons effectué un travail d'interprétation qui s'inscrit aussi dans un continuum. A tout niveau d'interprétation deux attitudes se superposent. On considère d'abord les caractères et, moyennant des hypothèses, on en déduit que certains d'entre-eux ont une valeur historique relativement plus forte que d'autres... ou, d'abord considérant que certains caractères ont une valeur historique forte, nous classons les organismes. Dans le premier cas l'interprétation suit l'étude de caractères (post-interprétation) dans le second les hypothèses d'interprétation précèdent (pré-interprétation). Ce qui a changé, c'est la façon de passer de ces interprétations quasiment caractère analytique par caractère analytique vers une démarche plus cohérente avec la sélection naturelle vers des ensembles de caractéristiques considérés comme sous-ensembles. Ainsi en tendant à prendre en compte simultanément tous les caractères perçus on considère leur ensemble comme l'échantillon représentatif de l'ensemble des caractéristiques réelles sélectionnées par l'évolution biologique.

Pour cela nous avons pratiqué l'interprétation à des niveaux intégrateurs successifs, additionnels et complémentaires (Qiu et Bouché, 1998c). A chacun de ces niveaux les hypothèses furent un mélange de déductions (post-interprétation) et d'inductions (pré-interprétations).

On peut reconnaître le niveau classique accumula des interprétations successives, caractère par caractère. Nous l'avons évidemment effectué, comme tous les taxonomistes. Ceci s'est produit notamment à chaque fois qu'un taxon "cryptique" a d'abord été observé comme distinct par un seul caractère ; puis l'observation attentive a distingué celui-ci par une série de caractères. Citons le cas de *Dendrobaena monspessulana* nov. sp. initialement reconnu par sa position du méat précristal mais en définitive très distinct de *D. octaedra*. De même la confusion de *Proselodrilus proporus* nov. sp. avec *Proselodrilus elusatus*, effectuée par Bouché 1972, ne fut-elle levée que par cette démarche. Beaucoup de taxons ont été ainsi distingués, caractère par caractère d'une façon très dichotomique (Qiu et Bouché, 1998b) alors que l'évolution s'effectue par sélection sur l'ensemble des caractéristiques des individus.

La démarche de prise en compte de l'ensemble des caractères observés est devenue possible avec les méthodes dites d'"analyses" multivariées permettant en fait une synthèse de ceux-ci. En nous limitant aux Lombricoidea celles-ci furent mises en oeuvre d'abord par Sims (1980a) effectuant sur leurs résultats une post-interprétation complète et peu convaincante. En effet les caractéristiques actuelles reflètent d'abord les adaptations actuelles ; cette étude s'interprète effectivement très bien en terme de catégories écologiques (Bouché, 1980).

Une autre démarche a été de pré-interpréter chaque caractère en terme cladistique en les supposant tantôt apomorphes tantôt pléisiomorphes, une classification automatique résultant ensuite d'un ensemble de caractères (Jamieson, 1978, 1980, 1988).

Dans ce travail le deuxième niveau par la prise en compte de l'ensemble des caractères observés. Elle a été mise en oeuvre par l'Analyse Factorielle des



Correspondances (AFC). En fait, pour des raisons de capacité limitée du logiciel nous avons été obligés d'écarter quelques caractères pré-interprétés comme « sans intérêt ». Mais ceci fut limité et dans l'ensemble et nous avons pris en compte initialement à la fois le maximum de taxons et le maximum de caractères en une matrice globale (Qiu et Bouché, 1998c).

Nous avons alors constaté deux types de faits :

1) Les axes factoriels résument l'information selon des modalités nous permettant une post-interprétation. Nous y avons reconnu l'importance de la pholéoïptomie et des systèmes de reproductions.

2) Les axes factoriels décrivent aussi des ensembles de caractères ayant une valeur générale mais dont la signification adaptative nous échappe. C'est le cas des soies écartées, des typologies des néphridies, etc.

Ainsi la prise en compte globale des caractères par l'AFC a confirmé des interprétations indépendantes et permis de compléter celles-ci depuis les groupes de caractères sans nécessairement pouvoir les réduire à des explications d'adaptations écologiques simples.

Cet ensemble d'interprétations fondé sur les coordonnées de l'AFC nous a permis de premiers exercices qui se sont avérés taxonomiquement plus ou moins satisfaisants. L'AFC, ayant toutefois le mérite de ne pas introduire d'hypothèses, prenait bien en compte une masse d'informations (caractéristiques *versus* taxons) de la matrice initiale sans autres limitations que la limite de l'échantillon (et que la capacité du logiciel).

Un *troisième niveau* a pu ensuite être pratiqué dans les cas où nous savions que l'expression même des ensembles de caractéristiques reconnues comme importants par l'AFC générale, étaient peu différenciées dans certains taxons. C'est particulièrement le cas des *Proselodrilus*. Nous avons alors effectué une interprétation *multi-caractère pondérée*. A nouveau l'AFC est utilisée ici mais un poids a été donné aux caractères pragmatiquement soit en renforçant les caractères ayant une forte contribution dans l'AFC initiale

## 2.5. La paléobiogéographie

La comparaison biogéographie phylétique avec la chronologie paléogéographique a alors été possible. L'ensemble de l'interprétation phylogénétique, pour la partie qui a pu être effectuée, n'est qu'une hypothèse sur le passé - une supposition depuis les caractéristiques actuelles des individus des populations. Il faut pouvoir soumettre cette interprétation à *réfutation*, c'est-à-dire en déduire des prédictions pouvant être fausses ultérieurement. Dans ce domaine historique cela ne peut se faire que par *recoupement* avec une (ou des) interprétation(s) historiques *indépendantes* (Bouché, 1990).

Ceci a été effectué en remplaçant les interprétations phylétiques dans leur cadre biogéographique pour les taxons "fixes" (non anthropochores, non épigés) comparé à la chronologie des paléogéographies géologiques. Nous n'avons pas été conduit en ce domaine à des remises en cause déchirantes de ce qui avait déjà été interprété au niveau limité de la France ou au niveau planétaire. Notre échelle d'interprétation phylogénétique s'est inscrite sans difficulté dans la paléogéographie actuelle. Remarquons toutefois que les apports de détails ont confirmé des mécanismes supputés antérieurement tel l'extension pré-glaciaire importante des *Scherotheca* (*Scherotheca*) dans le Nord de l'Europe par la

- ceux-ci ayant été confirmés ou révélés comme importants pour les Lumbricoidea et Lumbricidae, soit en renforçant les caractères pré-interprétés comme importants, ces caractères ayant en commun d'être peu différenciés dans la matrice *Proselodrilus*. Cette démarche s'est immédiatement avérée comme satisfaisante.

Evidemment les deux derniers niveaux d'interprétation (ensemble de caractères et multicaractères pondérés) ont, comme déjà indiqué, été constamment confrontés à notre connaissance des contraintes écologiques ayant pu conduire à la différenciation des lignées de Lumbricoidea. C'est particulièrement le cas de la pholéoïptomie et des modalités de reproduction en opposition avec les convergences reconnaissables par les catégories écologiques. Ainsi l'outil de synthèse assisté par ordinateur mis en oeuvre a été constamment recadré dans un savoir qualitatif morphofonctionnel des adaptations aux milieux, le milieu étant la deuxième composante du système de survie du couple individu-milieu (Bouché, 1998)

En définitive trois niveaux ont été employés pour la première fois 1) caractère par caractère, 2) ensemble de caractères et 3) multicaractère pondéré. Chacun a été l'occasion d'une pré-interprétation modérée et a fourni une post-interprétation utilisable au niveau supérieur suivant. Ainsi des groupes entiers classés arbitrairement ou avec des doutes énormes ont pu recevoir une interprétation phylogénétique mieux justifiée. Par exemple tous les *Allobophora* (*sensu lato*) de Bouché, 1972, non classés, ont reçu une interprétation assez probable. Toutefois même avec ces moyens relativement sophistiqués des groupes entiers restent à interpréter (exemple : les *Dendrobaena*). En définitive une sous-famille, 16 tribus et 24 genres et sous-genres nouveaux ont pu être définis dans le cadre d'une taxonomie renouvelée des Lumbricoidea (Qiu et Bouché, 1998d).

découverte de *S. rhodana pellerini*. Notons aussi que nos interprétations des Spermophorodrilinae et des Lumbricinae suggère fortement une "coupure" Ouest-Est de l'Europe en raison de la surrection relativement tardive du plissement alpin. Ceci se traduirait par une colonisation des Lumbricidae d'abord occidentale de l'Europe, puis par une expansion via le Maghreb et les Balkans à l'est européen poursuivie ultérieurement encore plus à l'Est (*Eisenia* en Sibérie, Corée et Japon) (Qiu et Bouché, 1998e). Cette interprétation donne aux *Criodrilus laccum* un statut de Spermophorodrilinae "tardif" à confirmer.

A l'inverse, et exceptionnellement, nous avons prédit des caractères morphologiques pour des taxons rattachés pour "raisons biogéographiques" au genre *Pietromodeona* (Qiu et Bouché, 1998d)

Notons toutefois que cette approche biogéographique a été fortement limitée par l'absence d'intégration des connaissances. Il est très difficile d'utiliser les informations publiées en raison de leurs hétérogénéité linguistique, informative (localisations imprécises, taxons mal ou peu décrits) et interprétatives (classifications peu justifiées phylogénétiquement). Ici nous nous heurtons aux limites des publications et à la faiblesse-lenteur-confusion de

la communication relative à la biodiversité. Domaine sur

lequel nous avons effectué quelques progrès (Qiu *et al.* 1998).

## 2.6. Publication effective

La communication de la connaissance sur la biodiversité a été organisée très tôt avec la reconnaissance de la nécessité d'une stabilité de la nomenclature relative aux organismes. Celle-ci est fondée sur une règle, en principe simple : la règle de priorité. La description originale imprimée repère la date et la description de l'holotype, base concrète de connaissance. Les autres individus sont identifiés, c'est-à-dire considérés comme (suffisamment) identiques au taxon auquel on rapporte chacun d'entre-eux.

Cette structure est fondamentale car elle permet de gérer par référence toute connaissance non seulement sur la biodiversité perçue de tous les organismes mais aussi sur tout ce que l'on peut leur rapporter comme, par exemple, les caractéristiques de leurs milieux ou leurs rôles socio-économiques utiles ou nuisibles.

Mais cette structure essentielle remplit fort mal son rôle pour deux raisons : son indisponibilité relative et le manque de sérieux des références biologiques utilisées.

L'indisponibilité tient au fait que les usages des dénominations biologiques sont fait par tous et que chacun ne peut pas s'assurer de la qualité de l'identification, toujours relative, qui est faite. Ceci est vrai dans le secteur général mais aussi dans le domaine technoscientifique, *a priori* plus exigeant. Par exemple, au moins la moitié des *Lumbricus terrestris* de la littérature scientifique ne se réfère pas au néotype de cette espèce, ni même à un Lumbricidae mais à un vers de terre quelconque non identifié. Autre exemple, il est impossible de comparer les nombreux travaux rapportés à *Allolobophora* (= *Nicodrilus*, *Aporrectodea*) *trapezoides*... l'espèce étant *incertae sedis*.

L'indisponibilité de l'état réel des connaissances sur les caractéristiques des taxons, renforcée par la quasi absence de spécialiste, permet de référer les plus belles études de physiologie, d'utilisation économique ou de biologie moléculaire à n'importe quoi, par manque de sérieux ou par l'extrême difficulté d'être en pratique sérieux. La connaissance, si elle a été publiée, est dispersée dans une montagne d'articles scientifiques et dans des langues multiples, et est de fait inaccessible à tout utilisateur.

Les moyens modernes de gestion informatique de la connaissance peuvent potentiellement lever cette difficulté (Bouché, sous presse) mais comme le constate le *Committee on Data for Science and Technology* (CODATA) de l'ICSU (*International Council of Science Union*) la confusion textuelle des publications et leur indisponibilité reste très grande via ses supports.

Il faut en effet rétablir le lien entre :

## 2.7. Usage des lombriciens

L'utilisation de la biodiversité relative aux lombriciens est très diversifiée (Bouché et Qiu, 1998c). C'est la connaissance des peuplements et de leur rôle écologique, voire de leur composition corporels en contaminants, nécessairement biodisponibles, qui permet l'évaluation de l'impact humain sur ces lombriciens, la biodisponibilité des toxiques dans les sols et l'utilisation au terrain par introduction ou réintroduction d'espèces ayant des rôles quantitativement mesurés. Ici toute la biodiversité

1) les faits observés sur les holotypes de référence à la nomenclature du groupe-espèce (description originale, puis complété), c'est-à-dire le lien terme/objet désigné,

2) les interprétations biologiques (attributions taxonomiques à des genres, familles,...niveaux d'identification) et leurs conséquences (par exemple évolution de la terminologie),

3) les connaissances rapportées aux organismes en général, y compris leurs usages.

Nous nous sommes donc attaché à rendre accessibles les faits observés sur les travaux reliés au groupe-espèce par un système de description de ces taxons exhaustif et dynamiquement adaptable (en fait extensible à toute nouvelle caractéristique polyglotte). Ceci s'est fait par la *rationalisation des descriptions* déjà évoquée. Une description écrite dans une langue peut être lue potentiellement dans toute autre (plus exactement dans toutes celles où un spécialiste a introduit le vocabulaire de sa langue) (Qiu *et al.*, 1998). Il sera possible ultérieurement de donner des définitions des termes propres aux caractéristiques par des énoncés (ou sensciets) spécifiques (le logiciel de mise à disposition reste à développer) (Bouché et Zhao en prep.). Dès à présent des caractéristiques de toute nature depuis l'échelle atomique (cf. métaux lourds et éléments majeurs constitutifs des individus, Abdul Rida, 1992) jusqu'à l'ensemble de l'individu (cf. poids, longueur, ...) sont gérés par ce moyen. Dès à présent aussi les cinq référendaires (temps, espace, composition, obtenteur et protocole) liant les caractéristiques des lombriciens ont pu être utilisés. Par exemple, dans ce travail l'espace, le temps et l'obteneur (date et coordonnée des captures ; descripteurs des taxons), dans un autre travail les caractéristiques et protocoles d'analyses de la composition des milieux (Bouché, 1972) a fourni des données ayant permis de relier toute information relative à la biodiversité.

Ainsi en complément de la base objective (l'holotype) et de sa référence publiée et datée (édition princeps) constituant les bases de la taxonomie de la terminologie biologique, la gestion des éléments de connaissances relatifs à la biodiversité est devenue possible comme nous l'avons illustré. La *communication de la connaissance sur la biodiversité* étant établie, son utilisation peut être améliorée. Nous l'assurons de deux façons : sur le site Internet du laboratoire et, en respect avec les exigences du code de nomenclature, dans des publications imprimées ayant trait à la description d'une série d'espèces ou sous-espèces nouvelles pour la science (Qiu et Bouché, 1998f à t et Bouché et Qiu, 1998b).

lombricienne doit être connue et est (potentiellement) utilisable dans les (agro)écosystèmes.

L'utilisation de la biodiversité lombricienne dans des dispositifs artificiels est actuellement incroyablement pauvre et souvent mauvaise. Les difficultés d'accès aux connaissances, entraîne une non fiabilité des résultats de laboratoire, y compris dans les tests d'homologation de substances chimiques. Il en est de même dans la lombriculture et le lombricompostage ou des noms de

fantaisie attribués aux lombriciens ont longtemps bloqué les progrès techniques.

Actuellement, une seule espèce s'est imposée en raison de sa dynamique de population en milieu organique dans les tests, le lombricompostage et la lombrifiltration. Une meilleure exploitation du potentiel offert par la biodiversité décrite est à prévoir avec l'amélioration de son accessibilité. Peut-être des recherches finalisées seront-elles entreprises en ce domaine. Par exemple, les formes tropicales à dynamique de population élevée et peut-être plus thermotolérantes constituent une perspective importante en lombriculture.

polytechnique du traitement des déchets. Autre exemple, la sélection d'espèces hygrophiles putricoles en lombrifiltration est prévisible.

*Nous espérons que l'ensemble des travaux cités en références ont apporté des connaissances nouvelles, une amélioration de l'accès aux connaissances et une synthèse sur les utilisations actuelles relatives à la biodiversité lombricienne et contribueront à relancer les recherches, tant fondamentales qu'appliquées, relatives à la première biomasse animale commensale de l'homme.*

### III. Remerciements

Ce texte présente un travail réalisé pendant cinq ans au Laboratoire de Zooécologie du Sol, dirigé par M.B. BOUCHE, au CEFÉ, CNRS. Il a bénéficié de nombreuses collaborations qui ont rendus ce travail possible. Parmi les personnes ayant contribué à sa réalisation, je tiens à remercier particulièrement :

Messieurs Marcel B. BOUCHE, directeur de recherche à l'INRA, Denis SAVANE de l'Ademe qui m'a permis de m'initier aux tests d'évaluation environnementale, Maurice ROUX, Professeur à l'Université de Marseille – Saint Jérôme et spécialiste de taxinomie, Pietro OMODEO, Professeur à l'Université de Sienna (Italie), qui m'a accueilli dans son laboratoire pour un fructueux séjour, Diario DIAZ COSIN, Professeur à l'Université de Madrid (Espagne), pour m'avoir fourni du matériel biologique et m'avoir critiqué, Jean-Dominique LEBRETON, et Madame Anne-Marie BACOU pour les conseils fructueux qu'ils m'ont apporté lors de l'analyse des données et Messieurs Jacques CORTEZ, pour des discussions sur l'écologie des vers de terre et pour m'avoir permis d'utiliser le matériel de son laboratoire, Richard JOFFRE, pour m'avoir donné du matériel biologique et les renseignements qui y sont liés, Michel SERANNE, Professeur à l'Université de Montpellier II, pour des discussions constructives sur l'aspect paléogéographique, Patricio SOTO, ingénieur informatique à l'INRA, et Jacques-Etienne KLEIN pour leur aide dans la réalisation du module

TAXORDRE intégré dans la base de données ECORDRE, permettant la gestion et l'édition automatique translinguistique des données sur la biodiversité, Gérard CUENDET, biologiste Suisse, pour m'avoir donné quelques exemplaires de son pays et pour son amitié, Mademoiselle Emilia ROTA pour son aide et sa sympathie pendant que je travaillais au laboratoire du Professeur P. OMODEO, Madame Maryse GAUTIER pour la gentillesse et l'efficacité et son aide, Madame Françoise LENOIR pour sa gentillesse et sa patience pour corriger le manuscrit. L'achèvement et la présentation du texte lui doivent beaucoup, Mademoiselle Régine ALIGA pour son aide dans l'introduction à l'usage de l'informatique et notamment dans l'obtention des données depuis la base de données ECORDRE, Mademoiselle Nathalie ALAUZET pour son amicale collaboration et ses suggestions relatives à la partie expérimentale des tests.

J'adresse aussi mes remerciements à l'équipe du service de dessin du CEFÉ, CNRS, Messieurs René FERRIS, André CARRIERE et Denis LACOMBE et Marcel ARBIEU.

Je n'oublie pas le soutien et le service administratif que m'a apporté le service de l'éducation de l'ambassade de Chine à Paris.

Mes remerciements sincères vont aussi à WANG Hong, ma femme et Qiu Shuang, ma fille ; sans leur soutien moral pendant ces années, cette thèse n'aurait pas été possible.

### IV. Références

- Abdul Rida, A.M.M., 1992 - Biosurveillance de la contamination du sol : apport de l'étude des lombriciens à l'évolution des risques liés aux éléments traces. *Documents Pédozoologiques*, 1, 4, 1-233.
- Bouché, M.B., 1972 - Lombriciens de France. Ecologie et systématique. Ed. INRA, Ann. zool. écol. anim., PU sp., 72-2, 1-
- Bouché, M. B., 1980 - L'interprétation morphologique des lombriciens: un commentaire de l'évaluation numérique de R. W. SIMS. *Pedobiologia*, 20: 227-229.
- Bouché, M.B., 1990 - Ecologie opérationnelle assistée par ordinateur. Ed. Masson, Paris, 1-572.
- Bouché, M.B., 1996 - Intégrologie. L'adressage des connaissances ou le doigt sur la plaie. Marcel Bouché autoédition, 92 rue Pauline Ramart, F-34070 Montpellier France, 1-207.
- Bouché, M.B., 1998 - L'évolution spatiotemporelle des lombriciens. *Doc. pédozool. intégrol.* 3, 1, 1-28
- Bouché, M.B., (sous presse) - Intégration globale des connaissances et biodiversité(en anglais).In "Species diversity: Global Data System ».
- Bouché, M.B., et Qiu J.-P., 1998a - La systématique : problèmes et validation appliqués aux lombriciens. *Doc. pédozool. intégrol.* 3, 3, 39-56.
- Bouché, M.B., et Qiu J. -P., 1998b - Un nouveau *Sparganophilus* (Annelida : Oligochaeta) d'Europe, avec considérations paléogéographiques sur les Lumbricina. *Doc. pédozool. intégrol.* 4, 16, 178-180.
- Bouché, M.B., et Qiu J.-P., 1998c - Contributions des lombriciens aux études environnementales concrètes. *Doc. pédozool. intégrol.* 3, 8, 225-252.
- Callon, M., J.P. Courtrial & H. Penan, 1993 - La scientométrie. Que sais-je, PUF, Paris, 1-126.
- Diaz Cosin, D. J., D. Trigo & R. Mascato, 1992 - Earthworms of the Iberian Peninsula. Species List and some Biogeographical Considerations. *Soil Biol. Biochem.*, 24, 12, 1351-1356.
- Jamieson, B. G. M., 1978 - Phylogenetic and phenetic systematics of the opisthoporou oligochaetes



- (Annelida). *Evolutionary Theory*, 3:195-233.
- Jamieson, B. G. M., 1980 - Preliminary discussion of an Hennigian analysis of the phylogeny and systematics of opisthoporou Oligochaeta. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 17 (2): 261-275.
- Jamieson, B. G. M., 1988 - On the phylogeny and higher classification of the Oligochaeta. *Cladistic*, 4: 367-410.
- Qiu, J.-P., 1998 - Interprétation environnementale intégrée de caractéristiques taxonomiques et paléogéographiques de la biodiversité. Application aux Lumbricoidea (Annelida, Oligochaeta) du pourtour de la méditerranée occidentale. Thèse, univ. sci. tech. Montpellier-II, (18-06-98), 1-455 ; annexe, 1-606.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998a - Chorologie : Nouvelles stations d'études de lombriciens et relation des taxons à celles-ci. *Doc. pédozool. intégrol.*, 3, 9, 253-273.
- Qiu J.-P. et M. B. Bouché, 1998b - Liste classée des taxon valides de lombriciens (Oligochaeta : Lumbricoidea) après l'étude des trois cinquième d'entre-eux. *Doc. pédozool. intégrol.* 4, 17, 181-199.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998c - L'interprétation des caractéristiques lombriciennes. *Doc. pédozool. intégrol.*, 3, 5, 119-178.
- Qiu, J. -P. et M. B. Bouché, 1998d - Révision des taxons supraspécifiques de Lumbricoidea. *Doc. pédozool. intégrol.*, 3, 6, 179-216.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998e - Eléments de paléobiogéographie lombricienne. *Doc. pédozool. intégrol.*, 3, 7, 217-223.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998f - *Eumenescolex*, nouveau genre de Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta). *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 1, 3-7.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998g - Une nouvelle évaluation du genre *Helodrilus* (*sensu* Zicsi,1985) (Oligochaeta: Lumbricidae). *Doc. pédozool. Integrol.*, 4, 2, 8-16.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998h - *Hydrilus*, un remarquable nouveau genre de Lumbricidae amphibie (Annelida: Oligochaeta). *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 3, 17-19.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998i - *Zophoscolex*, un nouveau genre de Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta) d'Ibérie et de France. *Doc. pédozool. Intégrol.*, 4, 4, 20-36.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998j - Révision du genre *Proselodrilus* Bouché,1972 (Oligochaeta: Lumbricidae); description de 16 taxons nouveaux pour la science. *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 5, 37-64.
- Qiu, J. -P. et M. B. Bouché, 1998k - La découverte de *Postandrilus* gen. nov. (Oligochaeta: Lumbricidae) et remarques sur la reproduction des lombriciens. *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 6, 65-72.
- Qiu J. -P. et M. B. Bouché, 1998l - Contribution à la taxonomie de *Zophoscolexini* (Oligochaeta: Lumbricidae), *Cataladrilus* gen. nov. et *Ethnodrilus setusmontanus* nov. sp. *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 7,73-85.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998m - Le genre *Allolobophora*, ses avatars et sa définition moderne. *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 8,86-97.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998n - Contribution à la révision des Lumbricoidea (Annelida: Oligochaeta). Une nouvelle sous-espèce du genre *Fitzingeria* Zicsi, 1978. *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 9, 98-101.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998o - Contribution à la taxonomie des Eiseniellini (Oligochaeta : Lumbricidae). *Reynodsia* gen. nov. et deux nouveaux d'*Eiseniella*. *Doc. pédozool. Integrol.* 4, 10,102-108.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998p - Contribution à la taxonomie des Avelonini trib. nov.(Oligochaeta: Lumbricidae): *Avelona* gen. nov.,*Koinodrilus* gen. nov. et *Nicodrilus cuendeti* sp. nov. *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 11, 109-116.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998q - Révision morphologique, chorologique et taxonomique du genre *Scherotheca* Bouché, 1972 (Oligochaeta: Lumbricidae). *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 12,117-139.
- Qiu, J.-P. et M.B. Bouché, 1998r - *Heraclescolex*, un nouveau genre de Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta). *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 13, 140-152 .
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998s - Contribution à la taxonomie des Dendrobaenini trib. nov. (Oligochaeta: Lumbricidae) : *Iberoscolex* gen. nov. et nouveaux taxons de *Dendrobaena* Eisen,1874 et *Satchellius* Gates,1975. *Doc. pédozool. intégrol.*, 4, 14, 153-163.
- Qiu, J.-P. et M. B. Bouché, 1998t - Contribution à la taxonomie des Hormogastridae (Annelida : Oligochaeta) avec description de nouvelles espèces d'Espagne. *Doc. pédozool. intégral.*, 4, 15,164-177.
- Qiu, J.-P. M.B. Bouché, et P. Soto, 1998 - L'acquisition, la rationalisation et la gestion des connaissances : application à la biodiversité lombricienne. *Doc. pédozool. intégrol.*, 3, 4, 57-118.
- Sims, R.W., 1980a - A preliminary numerical evaluation of the taxonomic characters of *Allolobophora* auct. And some allies (Lumbricidae: Oligochaeta) occurring in France. *Pedobiologia*, 20 (3) : 212-219.
- Sims, R. W., 1980b - A classification and the distribution of earthworms, suborder Lumbricina (Haplotaxida : Oligochaeta). *Bull. British mus.nat.hist.*, (Zool.ser.), 39 (2) : 103-124.
- Suess, E., 1888 - Das Antlitz der Erde, Tomus II. Ed. Tempsky, Prag, & Freytag, Leipzig, 1-212 (Traduction : La face de la terre, éd. Colin, Paris)
- Van Alstyne, M. & E. Brynjofsson, 1996 - Could the internet balkanize science ? *Science*, 274 : 1479-1480.