



**HAL**  
open science

# Les représentations de la biodiversité dans les fonds marins : une approche épistémologique et scientifique

Sophie Bary

► **To cite this version:**

Sophie Bary. Les représentations de la biodiversité dans les fonds marins : une approche épistémologique et scientifique. Biodiversité. Université Sorbonne Paris Cité, 2018. Français. NNT : 2018USPCB093 . tel-02310156

**HAL Id: tel-02310156**

**<https://theses.hal.science/tel-02310156v1>**

Submitted on 9 Oct 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Université Paris Descartes

**Ecole doctorale Frontières du Vivant (FDV)**

*Institut de Systématique Evolution et Biodiversité (ISYEB) /*

*Equipe de recherche 3E Exploration, Espèces, Evolution*

## **Les représentations de la biodiversité dans les fonds marins une approche épistémologique et scientifique**

Par Sophie Bary

Thèse de doctorat de Biologie Interdisciplinaire

Dirigée par Anouk Barberousse et Sarah Samadi

Présentée et soutenue publiquement le 28 Septembre 2018

Devant un jury composé de :

Benoît Dayrat, Assistant Professor, Rapporteur

Philippe Huneman, Directeur de Recherche CNRS, Rapporteur

Nadia Améziane, Professeur MNHN, examinateur

Michel Guiraud, Professeur MNHN, examinateur

Thomas Changeux, Ingénieur Recherche IRD, examinateur

Pierre Chevaldonné, Directeur de Recherche CNRS, examinateur

Françoise Gaill, Directeur de Recherche CNRS émérite, examinateur



*A Benamos et Rosa Billie*



# Remerciements

Le goulot d'étranglement de fin de thèse est certes assez dur mais ces années de thèse ont été en revanche très vivantes et marquées par beaucoup de plaisir intellectuel.

La transcription des enjeux pluridisciplinaires de cette thèse a été ardue. Anouk et Sarah ont largement contribué à rendre sa réception accessible quel que soit la spécialité du lecteur.

De nombreux échanges avec Anouk Barberousse, Sarah Samadi, Philippe Bouchet et Bertrand Richer de Forges ont contribué à mettre en place ma problématique de thèse.

Cette thèse est le fruit de collaboration avec différentes équipes du muséum.

Les équipes des Collections m'ont permises de bénéficier de la structuration de leurs données dans les bases du muséum et l'équipe de la DSI (Direction des Systèmes d'Information) m'a aidée à structurer les données de BasExp et Refbiblio et à développer ces bases de données. Je remercie particulièrement Pierre Lozouet, Philippe Maestrati et Paula Martin-Lefèvre des équipes des collections. Je remercie aussi tous les gens qui ont collaboré au montage de l'exposition : Marc Eléaume, Philippe Maestrati, Paula Martin-Lefèvre et Jean-François Barrazer pour les prêts de spécimens et autres objets de l'exposition, Paula Martin-Lefèvre, Laure Corbari, Magalie Castelin, Romain Sabroux, Nicolas Puillandre, Barbara Buge, Juliette Delavenne, Sarah Samadi pour l'aide à réaliser les panneaux de l'exposition. Alice Leblond a permis aussi d'organiser administrativement cette exposition. Ce travail très riche a été mis en place avec la collaboration de l'équipe de Gabriel Picot et Déodat Machon de l'Aquarium de la Porte Dorée pour réfléchir au contenu pédagogique et à la réalisation d'une telle exposition (dont les panneaux sont présentés en annexe de ce manuscrit).

Je remercie tout le groupe de travail autour des bases de données BasExp et RefBiblio, Etienne Cavillier et Simon Chagnoux de la DSI, Patrice Pruvost, Alexis Martin et Romain Causse (BOREA), Julien Brisset (Equipe 3E puis AFB) avec lesquelles des réunions régulières pendant plusieurs années ont largement contribué à nourrir toutes mes réflexions sur les bases de données.

J'ai bénéficié de l'aide et de la providentielle rencontre avec les membres de l'ABI, atelier de Bioinformatique du Muséum, et de tous ces membres très sympathiques ! Notamment Henry

Soldano qui venait tout juste de mettre au point une technique exploratoire des réseaux bipartites orientés et qui a fait émerger des structures indécélables jusqu'alors à mon jeu de données. Une riche rencontre qui m'a enlevée la boule – physique et aussi celle du jeu de données initial – et qui m'a permise ainsi d'explorer à mon tour les fonds de ces données ! Je remercie aussi Guillaume Sapriel et Joël Pothier qui ont pris du temps pour la mise au point de la méthode statistique à mon jeu de données. Amandine Blin, Boris Leroy et Marine Robuchon ont contribué aussi à chercher des solutions pour l'analyse statistique de mon jeu de données.

Je remercie grandement tous les membres de l'équipe 3E avec qui j'ai eu des échanges pendant toute la durée de la thèse et qui m'ont apporté beaucoup d'aides. Je remercie spécialement Laure Corbari, Nicolas Puillandre, Magalie Castelin, Virginie Héros, Gilberto Marani, Juliette Delavenne, Julien Brisset et Louise Kezsler, Paul Zaharias, Malcom Sanders, Perrine Mandon et Leatitia Aznar-Cormano pour l'ambiance, les échanges et leur aide.

Gilberto Marani m'a apporté une aide technique indispensable pour mettre en place ma base de données ACCESS à partir de laquelle se fonde mon analyse bibliométrique. Il m'a formé au logiciel ACCESS ainsi qu'à EXCEL. Il a contribué fortement à l'enrichissement en données de ZOTERO, REFBIBLIO et BASEXP.

Julien Brisset m'a aussi apporté une aide précieuse pour me former à Jacim et aux bases de données du Muséum National d'Histoire Naturelle. Il m'a permis de consolider mes données et d'enrichir les bases de données REFBIBLIO et BASEXP.

Je remercie aussi Christine Careau et Alexia Raimondo du service des Bibliothèques du MNHN qui m'ont permis de dégoter des perles rares de ce corpus.

Je remercie grandement aussi la contribution de « petites mains » qui m'ont aidées à scanner et à référencer toutes ces bibliographies, notamment Gaël Hubert et Florence Allègre.

Je remercie toutes les personnes qui ont consenti à m'accorder leur temps pour les interroger et qui ont permis d'apporter des éléments solides et centraux à la problématique de ma thèse. De plus, les échanges à l'occasion des trois comités de thèse avec Virginie Maris, Régine Vigne, Philippe Bouchet et Denis Lamy ont contribué à structurer ma pensée.

Je remercie toutes les personnes qui sont passées par le 3<sup>e</sup> étage pour travailler du 47 rue Cuvier, comme Agnès Dataï et Géraldine Véron, avec lesquelles j'ai pu bavarder. Je remercie

toute l'équipe du SSM, Céline, Jawed, Julio, Régisse, Delphine, Josie, Ludivine, Isabelle avec laquelle j'ai passé du bon temps.

L'école Doctorale FDV a apporté une très bonne qualité de formation (300h !), des échanges et des rencontres atypiques, en plus d'un soutien matériel privilégié.

Le soutien du projet de cette thèse par le Labex BCDiv – Diversités biologiques et Culturelles – en plus du soutien à de nombreuses reprises par l'ATM savoirs naturalistes et aussi de l'UMR ISYEB auront apporté le soutien matériel et le financement de salaire sans qui cette thèse n'aurait pas pu se dérouler.

Le projet IDEX Emergence CAT – Contribution des amateurs à la taxonomie – m'aura permis de terminer de financer ces prolongations et d'ouvrir des perspectives riches à la structuration de ce jeu de données avec le sociologue des sciences Renaud Debailly. C'est en collaboration avec Philippe Bouchet, Virginie Héros et Gilberto Marani du MNHN que ce projet interdisciplinaire a pu se dérouler.

Je remercie les membres de ce jury, Benoît Dayrat, Philippe Huneman, Nadia Améziiane, Michel Guiraud, Thomas Changeux, Pierre Chevaldonné et Françoise Gaill d'avoir consenti à examiner ce manuscrit et je me réjouis d'avoir l'opportunité de pouvoir en discuter avec eux.

Enfin, je remercie très fortement tous mes amis qui ont accompagné mes réflexions et mes décompressions festives, en passant par Carlotta, Phuong, Tania, Deyria, François, Damien, Ilaria, Reyane, Aymeric, Justin, Giorgia et tous les autres ! Et bien sûr, je remercie de tout mon cœur ma famille, et spécialement Rosa et Benjamin pour leur patience !





# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>I – LA CAMPAGNE MUSORSTOM : ORIGINE D’UN PROGRAMME D’EXPLORATION NATURALISTE .....</b>	<b>1</b>
<b>II – BUTS DU PROGRAMME MUSORSTOM : LE MYTHE ORIGINEL DE LA RECHERCHE DE NEOGLYPHEA INOPINATA ET L’ETABLISSEMENT D’INVENTAIRES FAUNISTIQUES.....</b>	<b>5</b>
<b>III – LES DECOUVERTES DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB : INSCRIPTION DANS LA TRADITION DES GRANDES EXPLORATIONS NATURALISTES DU 19E SIECLE.....</b>	<b>7</b>
<b>IV – LA PLACE DES FOSSILES VIVANTS DANS LES CONNAISSANCES NATURALISTES DE LA FAUNE DES PROFONDEURS ET LA DECOUVERTE DE « NOUVEAUX » TAXONS.....</b>	<b>10</b>
<b>CHAPITRE 1 : LE PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB : ACTEURS ET CONTEXTE.....</b>	<b>19</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>19</b>
<b>I – ENTRETIENS AVEC LES ACTEURS DE LA RECHERCHE OCEANOGRAPHIQUE FRANÇAISE.....</b>	<b>20</b>
<b>II - CONTEXTE SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET INSTITUTIONNEL DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB.....</b>	<b>37</b>
<b>III - EVOLUTION DES AXES DE RECHERCHE DANS LA LITTERATURE GRISE : DOCUMENTS DE DEMANDES DE CAMPAGNES ET DES COMPTES RENDUS.....</b>	<b>72</b>
<b>IV – CONCLUSION.....</b>	<b>79</b>
<b>CHAPITRE 2 : CONSTITUTION DES CORPUS DE DONNEES ISSUS DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB.....</b>	<b>80</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>80</b>
<b>I – SOURCES DES DONNEES ET INTEGRATION AU SYSTEME D’INFORMATION DU MNHN .....</b>	<b>81</b>

<b>II – EVOLUTION DE LA VALORISATION SCIENTIFIQUE DES CAMPAGNES MUSORSTOM-TDSB .....</b>	<b>93</b>
<b>III – ANALYSE EXPLORATOIRE DE LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE ET DES COMMUNAUTES DE CHERCHEURS .....</b>	<b>119</b>
<b>IV – CONCLUSION .....</b>	<b>148</b>
<b>CHAPITRE 3 : LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB ET SES AUTEURS.....</b>	<b>149</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>149</b>
<b>I - PARTIE 1 : CARACTERISATION DE LA COMMUNAUTE DES AUTEURS QUI VALORISENT LES RECOLTES DES CAMPAGNES TDSB.....</b>	<b>150</b>
<b>II - PARTIE 2 : ANALYSE DE LA COMMUNAUTE DES AUTEURS QUI VALORISENT LES RECOLTES DE MOLLUSQUES DES CAMPAGNES TDSB.....</b>	<b>178</b>
<b>III - CONCLUSION GENERALE DU CHAPITRE 3.....</b>	<b>198</b>
<b>CHAPITRE 4 – CONCLUSION ET PERSEPCTIVES.....</b>	<b>199</b>
<b>I - LA PLACE DES FOSSILES VIVANTS DANS LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB.....</b>	<b>199</b>
<b>II - EVOLUTION DES CONNAISSANCES TAXONOMIQUES AU TRAVERS DU CORPUS : MEMES HYPOTHESES, AUTRES METHODES ET AUTRES CARACTERES.....</b>	<b>201</b>
<b>III - CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE ET INCIDENCE SUR LE PROGRAMME NATURALISTE MUSORSTOM-TDSB.....</b>	<b>203</b>
<b>ANNEXE CHAPITRE 1.....</b>	<b>207</b>
<b>ANNEXES CHAPITRE 2.....</b>	<b>220</b>
<b>ANNEXE 1-CHAPITRE 2 – TUTORIEL BASEXP.....</b>	<b>221</b>
<b>ANNEXE 2-CHAPITRE 2 – LISTE DES CAMPAGNES DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB.....</b>	<b>239</b>
<b>ANNEXE 3-CHAPITRE 2 – LISTE DES PARTICIPANTS OCCASIONNELS.....</b>	<b>246</b>

<b>ANNEXE 4-CHAPITRE 2 – ANNEXE METHODOLOGIQUE.....</b>	<b>253</b>
<b>ANNEXE 5-CHAPITRE 2 – GRAPHIQUES.....</b>	<b>266</b>
<b>ANNEXES CHAPITRE 3.....</b>	<b>269</b>
<b>ANNEXE 1 –CHAPITRE 3 –TABLEAU RECAPITULATIF DE L’IMPLICATION AUX CAMPAGNES DES AUTEURS DU GRAPHE AUTEURS-ARTICLES 2-3.....</b>	<b>269</b>
<b>ANNEXE 2 –CHAPITRE 3 – LISTE DES ESPECES DECRITES (JUSQU'A 2014) DE MOLLUSQUE MARIN D’APRES DES CARACTERES MOLECULAIRES ET DONT UN TYPE EST CONSERVE AU MNHN DE PARIS.....</b>	<b>277</b>
<b>ANNEXE 3 –CHAPITRE 3 – TABLEAU DES REFERENCES ARTICLES SCIENTIFIQUES DU CORPUS ET LEUR CATEGORIE DISCIPLINAIRE.....</b>	<b>282</b>
<b>ANNEXE CONCLUSION &amp; PERSPECTIVES.....</b>	<b>361</b>
<b>ANNEXES PUBLICATIONS ET EXPOSITION.....</b>	<b>365</b>
<b>ARTICLE 1 – IDEAL AND ACTUAL INVENTORIES OF BIODIVERSITY.....</b>	<b>366</b>
<b>ARTICLE 2 – HOW MANY SPECIES OF MOLLUSCS ARE THERE IN THE WORLD’S OCEANS, AND WHO IS GOING TO DESCRIBE THEM ?.....</b>	<b>386</b>
<b>ARTICLE 3 – BI-PATTERN MINING OF TWO MODE AND DIRECTED NETWORKS.....</b>	<b>403</b>
<b>ARTICLE 4 – LE ROLE DES HYPOTHESES ININTERROGEES DANS L’ETUDE SCIENTIFIQUE DE LA BIODIVERSITE DES FONDS MARINS.....</b>	<b>413</b>
<b>ARTICLE 5- BIODIVERSITY DATABANKS : THEIR ROLE IN DEVELOPMENT KNOWLEDGE DEVELOPMENT.....</b>	<b>421</b>
<b>ARTICLE 6 – CONFERENCE PAPER: HABITAT CHARACTERIZATION OF NEW CALEDONIA DEEP-SEA ECOSYSTEMS : A COLLABORATIVE FRENCH NATIONAL MUSEUM PROJECT.....</b>	<b>439</b>
<b>PANNEAUX EXPOSITION « AU FOND DES OCEANS », AQUARIUM DE LA PORTE DOREE JANVIER-SEPTEMBRE 2017.....</b>	<b>441</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>442</b>
<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>456</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>461</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX.....</b>	<b>465</b>



# Introduction générale

## I – La campagne MUSORSTOM : origine d'un programme d'exploration naturaliste

Dans un premier temps, répondre à la question "quoi" ? , c'est-à-dire réaliser un inventaire systématique. A plus long terme, dans le cadre d'une perspective évolutionniste et biogéographique tenter de répondre aux questions « pourquoi » et « comment » ? (Crosnier 1990)

C'est de cette manière qu'Alain Crosnier décrit les objectifs d'un programme qui a pour origine une campagne océanographique réalisée en 1976 aux Philippines sous le nom de « MUSORSTOM » pour marquer la collaboration entre deux instituts français de recherche, le Muséum National d'Histoire Naturelle et l'ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer). A partir de la campagne MUSORSTOM s'est développé un programme d'exploration naturaliste des habitats benthiques des grandes profondeurs de la zone inter tropicale, qui a d'abord été nommé « MUSORSTOM » comme la campagne initiale, puis « Tropical Deep Sea Benhos » (TDSB) à partir de 2001, quand l'ORSTOM devient l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD). La première étape d'un programme naturaliste est, comme le souligne Alain Crosnier, de décrire et d'inventorier les organismes des habitats explorés.

L'approche naturaliste compte une dimension descriptive qui est illustrée par le contenu du volume rassemblant les résultats de la première campagne. Ce volume comprend en effet plus de 550 pages d'articles de description des organismes du benthos profond de la mer des Philippines. Dans ce premier volume paru en 1981 – soit cinq années après la récolte des spécimens - plus de 60 espèces et autres taxons de Crustacés, de Mollusques, d'Echinodermes, de Brachiopodes et de poissons sont décrits comme nouveaux et près de 600 espèces et sous-espèces sont identifiées. La préface de ce volume est rédigée par Jean Dorst, directeur du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) de Paris à cette époque, mais aussi taxonomiste. Dans l'extrait suivant, il commente les résultats de cette première

campagne en insistant sur l'importance des découvertes faunistiques réalisées et sur l'influence des connaissances naturalistes sur toutes les disciplines de la biologie.

Ces chapitres glorieux de la découverte ne sont que les prémises de l'océanographie biologique. (...) Loin de moi l'idée de minimiser la portée des travaux de ceux qui, en de savants laboratoires et à l'aide de dispendieux équipements, se préoccupent du fonctionnement intime de la cellule et vont améliorer le sort des hommes tout en acquérant de nouvelles et décisives connaissances. Ne négligeons pas pour autant les études faunistiques et taxonomiques des êtres vivants, car leur catalogue reste à dresser pour la plupart d'entre eux. La systématique est une science vivante, nécessaire au progrès de toute la biologie. (Dorst, 1981)

Dans cet extrait, le directeur du MNHN souligne l'existence, au sein des sciences du vivant, d'une tension entre approches naturalistes et approches fonctionnelles. Aujourd'hui, comme cette thèse le montrera pour le domaine marin, cette tension est atténuée en raison des réponses nécessaires à apporter à la crise de la biodiversité, dont l'urgence rend la taxonomie centrale : elle est indispensable à l'établissement d'inventaires de ce qui vit et pour comprendre, avec l'écologie, les mécanismes qui structurent les communautés et prendre des mesures de conservation (Wilson 2000). L'affirmation selon laquelle les connaissances naturalistes sont une étape préliminaire à l'élaboration d'autres connaissances en biologie est bien présente dans la littérature scientifique comme par exemple dans l'article de Costello, May, et Stork 2013b ; cependant, le statut de ces connaissances naturalistes apparaît souvent comme un préalable à la science plutôt que le résultat d'une démarche scientifique (Dubois 2003). Ces connaissances sont souvent considérées comme des simples données (voir par exemple Garnett et Christidis 2017). Cette conception réductrice transforme les connaissances taxonomiques en résultats d'une approche strictement descriptive, ce que de nombreux articles dénoncent, comme celui de Carvalho et collaborateurs 2013 ou celui de Raposo et collaborateurs 2017. Elle minimise l'importance du cadre théorique, et donc explicatif, de la construction de ces connaissances. Dans un article de 1990 paru dans *Nature*, Bremer et collaborateurs prennent parti dans cette controverse et défendent la thèse selon laquelle que la taxonomie n'est pas un service dont la fonction serait de nommer les organismes, mais bien une science qui formule des hypothèses – et fournit des explications.

Taxonomist should pursue their scientific venture and stop worrying about instability in classification. Taxonomy is not a service function for labelling organisms, but a science of its own, dealing with variation, relationships and phylogeny. (Bremer et al. 1990)

Le travail conduit dans cette thèse prend appui sur ces réflexions, en proposant une étude systématique du programme MUSORSTOM-TDSB dans le but de caractériser la démarche scientifique dans laquelle les connaissances naturalistes s'inscrivent. Pour ce faire, cette recherche s'appuie sur le vaste corpus de documents associés à ce programme qui regroupe près de 82 campagnes océanographiques réalisées entre 1976 et 2017, et des campagnes déjà prévues pour les années à venir. Ces documents ont été soumis à une analyse détaillée dont les résultats seront présentés dans la suite de ce manuscrit.

Le premier chapitre cherche à identifier les hypothèses et le cadre explicatif global dans lequel le programme Musorstom-TDSB s'insère. Pour mettre en évidence les éléments à la fois scientifiques et sociétaux qui contribuent à l'élaboration des connaissances produites, une analyse détaillée des documents relatifs aux campagnes – comptes rendus de campagnes, demandes de campagne – a été menée. Cette analyse est complétée par des entretiens avec des acteurs du programme ainsi que d'autres acteurs de la recherche océanographique.

Le deuxième chapitre se focalise sur la première étape de la constitution des connaissances naturalistes, à savoir la récolte du matériel biologique sur le terrain. L'étude des documents associés aux campagnes met en évidence les éléments qui permettent de caractériser la communauté des chercheurs qui ont participé aux campagnes du programme, ainsi que les campagnes elles-mêmes. L'analyse croisée de l'évolution de cette communauté de chercheurs et du matériel biologique récolté et valorisé dans les publications scientifiques permet d'esquisser un certain nombre d'hypothèses à propos des facteurs qui influencent cette première étape de constitution des connaissances naturalistes.

Dans le troisième chapitre est proposée une caractérisation fine de la production scientifique issue des campagnes Musorstom-TDSB. Cette caractérisation permet de déterminer de quelle manière se transforment les connaissances naturalistes au cours du temps.

L'analyse des documents de campagne et les entretiens présentés au chapitre 1 permet de dégager les motivations scientifiques sous-jacentes du programme MUSORSTOM/TDSB. Cette analyse révèle l'imbrication du contexte économique sociétal et des enjeux propres à la connaissance scientifique. L'exemple le plus frappant d'une telle imbrication est celui des « fossiles vivants » : il s'agit d'organismes actuels qui ressemblent morphologiquement à des organismes connus à l'état fossile et attribués à des lignées supposément éteintes. La découverte de ces organismes bien vivants est une preuve que ces hypothèses d'attribution étaient fausses ; la prendre en compte conduit à d'importantes transformations au sein de



l'édifice des connaissances taxonomiques et phylogénétiques. L'importance des « fossiles vivants » dans l'exploration des fonds marins est attestée dans la littérature scientifique dès le 19<sup>e</sup> siècle et figure dans la justification de la programmation de la première campagne. En effet, les comptes rendus des trois premières campagnes MUSORSTOM mettent en avant comme justification scientifique principale de leur organisation la recherche du crustacé Décapode *Neoglyphea inopinata*, considéré comme un fossile-vivant. Cette espèce est décrite en 1975 par Jacques Forest et Michèle Saint Laurent, taxonomistes du MNHN. Ce petit crustacé, qui ressemble grossièrement à une crevette, est décrit par ces auteurs comme un représentant actuel de la lignée des Glyphéides supposée jusqu'alors éteinte depuis plus 50 000 ans. L'histoire de la quête de la *Neoglyphea* a pris une place centrale dans la manière dont certains chercheurs impliqués dans le programme racontent son histoire ((Forest 1981) ; (Crosnier 1990);(Bouchet et al. 2008) ; (Richer de Forges et al. 2013)), ce qui lui confèrent un statut de « mythe originel ».

Si trouver des exemplaires du fossile-vivant constitue une justification importante dans les comptes rendus des premières campagnes, c'est aussi parce que cette quête suscite de l'intérêt au-delà de la seule sphère des spécialistes (Forest, 1981). Cependant, elle ne suffit pas pour obtenir les moyens d'explorer les fonds dans un « but strictement zoologique » (Forest, 1981). Effectivement, en 1976, on ne lie pas encore la nécessité de dresser un inventaire à une cause qui touche la société, comme cela sera le cas avec la crise de la biodiversité dans les années 1990 (Heywood 1995; Raven et Wilson 1992). Jacques Forest explique que l'organisation de cette première campagne repose sur l'opportunité, et la volonté politique, de déployer un navire français dans la zone Pacifique Sud.

A l'époque où j'étais en quête d'un moyen d'aller à la recherche des Glyphéides, Alain Crosnier, responsable du service d'océanographie de l'ORSTOM, m'a informé de l'affectation du *Vauban* à Nouméa, en envisageant en même temps la possibilité d'un détour du navire par les Philippines. p10 (Forest 1981)

C'est sur cette conjonction politique et scientifique que se construit la collaboration entre le MNHN et l'ORSTOM. L'accès aux navires de recherche de l'ORSTOM (le *Vauban* puis l'*Alis*), qui résident dans la zone Indo-Ouest Pacifique (en Nouvelle-Calédonie), est au cœur de cette collaboration. Le benthos de la zone bathyale au-delà de 100 mètres de profondeur, principalement dans la région Indo-Ouest Pacifique, est l'objet scientifique du programme pour les quarante années qui suivent.

## **II – Buts du programme MUSORSTOM : le mythe originel de la recherche de *Neoglyphea inopinata* et l'établissement d'inventaires faunistiques**

L'équipe scientifique de la première campagne est constituée de cinq chercheurs du MNHN et de l'ORSTOM et d'un universitaire des Philippines. Tous sont taxonomistes : trois chercheurs sont spécialistes des Crustacés, un est spécialiste des Mollusques et deux sont spécialistes des Poissons. Ils embarquent à bord du navire de recherche le *Vauban*. Pendant 10 jours, ils explorent les fonds de la mer des Philippines, en déployant des dragues et des chaluts, principalement au-delà de 100m.

Comme évoqué ci-dessus, l'histoire de la *Neoglyphea inopinata* commence avec un unique spécimen vivant remonté des mers des Philippines en 1908 lors de l'expédition de l'*Albatross*. Près de 70 ans plus tard, deux chercheurs du MNHN, spécialistes des Crustacés, Jacques Forest et Michèle de Saint Laurent, découvrent ce spécimen et font le rapprochement avec les fossiles de la lignée des Glyphéides. Jacques Forest est le chef de mission de cette première campagne à laquelle Michèle de Saint Laurent participe également. L'objectif affiché de cette première campagne est de trouver de nouveaux spécimens en bon état, mâles et femelles, afin de compléter la description de cette espèce mais aussi de clarifier l'histoire évolutive des crustacés Décapodes. Cependant, même si la recherche de spécimens de ce "fossile-vivant" est une motivation scientifique majeure, non seulement pour la première campagne mais encore pour les deux suivantes, l'inventaire des organismes résidant dans les fonds marins des Philippines est un objectif tout aussi central :

En fait, contrairement à une opinion trop répandue, en particulier chez ceux qui ont la responsabilité de l'orientation de la recherche, les faunes et les flores, spécialement celles des océans, sont loin d'être complètement inventoriées. p44 (Forest 1981)

Effectivement, en 1976, les fonds marins de la région des Philippines - comme dans beaucoup d'autres zones du monde - sont quasi-vierges de toute exploration, ce dont Jacques Forest fait le reproche aux responsables de la politique scientifique de l'époque.

Dans ce compte-rendu, Jacques Forest présente une stratégie pour explorer ces fonds marins méconnus. Cette stratégie repose sur une approche taxonomique et une méthode d'échantillonnage précises. Pour illustrer l'importance de la stratégie d'échantillonnage,

Jacques Forest évalue le nombre d'espèces de crabes communs récoltées pendant la campagne MUSORSTOM en les comparant à ceux récoltés lors d'une campagne *historique* (la campagne Siboga qui a lieu entre 1899 et 1900 dans les eaux indonésiennes). Près de 80 ans après leur récolte, 37 espèces de crabes communs de la famille des Goneplacidae avaient été identifiées à partir de spécimens recueillis en un an d'expédition de la *Siboga*, alors que 25 espèces ont été trouvées en moins de 10 jours par la campagne MUSORSTOM, et identifiées seulement 5 ans après leur récolte. Selon Jacques Forest, l'efficacité des récoltes durant la campagne MUSORSTOM n'est pas l'effet de la différence de richesse des crabes communs entre les deux zones échantillonnées mais plutôt de différences dans les méthodes d'échantillonnage. Le nombre élevé d'opérations par jour sur une aire géographique plus restreinte pendant la campagne MUSORSTOM permet un échantillonnage plus complet des habitats et donc de la faune résidant dans cette zone. Le compte rendu est rédigé comme une prospective scientifique et renvoie à des perspectives d'exploration à plus long terme :

Compte tenu des capacités actuelles de la recherche océanographique, l'un des moyens les plus efficaces pour progresser dans l'inventaire des fonds marins paraît être l'organisation d'expéditions géographiquement localisées, visant à explorer méthodiquement et successivement les divers biotopes que peut faire reconnaître une prospection préliminaire. p44 (Forest 1981)

Jacques Forest place ainsi l'exploration naturaliste dans la perspective d'une politique globale de la recherche en océanographie. Selon lui, les enjeux scientifiques de l'expédition océanographique à la fin du 20<sup>e</sup> siècle se jouent dans la mise en place d'une méthode d'échantillonnage efficace pour inventorier la faune.

Le discours prospectif de Forest se réalise dans les quarante années suivantes, avec une série de plus de 80 campagnes organisées dans la zone intertropicale, principalement de l'Indo-Ouest Pacifique. Toutes ces campagnes se caractérisent par la même stratégie d'échantillonnage qui multiplie les opérations de dragage et de chalutage sur une zone géographique réduite. En 1990, quatorze ans après le lancement de la première campagne MUSORSTOM, Alain Crosnier parle de l'émergence du programme océanographique MUSORSTOM comme étant le résultat de la conjonction d'intérêts politiques, scientifiques et logistiques :

L'intérêt grandissant et l'originalité des récoltes faites lors de chaque campagne devait conduire à la mise en place d'un véritable programme de recherche dans la région indo-malaise, qui est depuis longtemps reconnue comme étant vraisemblablement le

principal centre de différenciation et de dissémination des espèces de l'indo-ouest pacifique. Pour des raisons diverses (scientifiques, logistiques, parfois politiques), les campagnes n'ont plus été cantonnées aux Philippines mais ont eu lieu également en Indonésie, puis à partir de 1985, exclusivement dans la ZEE de la Nouvelle-Calédonie (NC, îles Chesterfield, bancs Fairway-Landsdowne, îles Loyauté). (Crosnier, 1990)

Le volume regroupant les résultats de la première campagne MUSORSTOM révèle un autre élément marquant de ce programme scientifique : d'importants efforts sont déployés pour que le matériel récolté soit identifié et décrit par des spécialistes. Effectivement, moins de 5 ans après leur récolte, près de 600 espèces et sous-espèces sont d'ores et déjà identifiées et font l'objet de publications. Les volumes suivant de la série publiés dans les *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle* mettent en évidence la mise en place progressive d'un réseau de taxonomistes qui prennent en charge l'analyse des récoltes réalisées lors de des campagnes MUSORSTOM-TDSB.

### **III – Les découvertes du programme MUSORSTOM-TDSB : Inscription dans la tradition des grandes explorations naturalistes du 19e siècle**

Comme on l'a vu, dès le compte rendu de la première campagne, l'identité du projet s'est construite autour de l'exploration naturaliste, même si, en 1976, une exploration à « but strictement zoologique » ne semble guère « être à la mode » dans la communauté océanographique. C'est pourtant cette identité inscrite dans la tradition des grandes expéditions naturalistes du XIX<sup>e</sup> siècle qui est mise en avant au fil des campagnes :

The global “Challenger” Expedition (Henderson 1885, 1888) sampled in deep waters, and contributed to discovery of only a few additional species to the genus. The last few decades have seen a burgeoning of species added to the *Galathea* thanks, in large part, to numerous French expeditions conducted in the coastal, continental shelf and slope waters of the Indian and Pacific Oceans, from Madagascar to French Polynesia (Macpherson et Robainas-Barcia 2015)

Dans cet article, dont l'objet est une révision taxonomique du genre *Galathea* (Crustacés Décapodes) de la zone Indo-Pacifique, Macpherson et Robainas-Barcia 2015 décrivent 92 espèces nouvelles dont 39 espèces pour lesquelles le spécimen de référence (l'holotype) a été récolté lors d'une campagne du programme TDSB.

Les articles de synthèse sur le programme et les documents de demande de campagne, ainsi que les comptes-rendus, reprennent encore aujourd'hui l'affirmation selon laquelle le temps des découvertes de nouveaux taxons et des structures non cartographiées ne s'est pas arrêté avec les grandes expéditions naturalistes du 19<sup>e</sup> siècle. Ainsi, dans sa demande pour la campagne « Benthaus », soumise à la Commission nationale de la Flotte hauturière en 2001 pour explorer les archipels les plus au sud de la Polynésie française, Bertrand Richer de Forges souligne que l'état des connaissances sur la faune marine de l'Indo-Pacifique – zone couvrant près de 100 millions de Km<sup>2</sup> – a peu progressé depuis les quelques stations échantillonnées à l'occasion des expéditions du 19<sup>e</sup> siècle.

L'état de l'art au début du 21<sup>ème</sup> siècle est essentiellement inchangé par rapport à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle qui avait été marqué par les campagnes de la *Siboga* (1896) en Indonésie, de l'*Albatross* (1909-1913) aux Philippines, et de l'*Investigator* (1890-1905) dans le Golfe du Bengale. (...) En 1990, la faune de profondeur de l'archipel fidjien n'était toujours connue que par le résultat des quatre stations réalisées par le *Challenger* en... 1874 ! Même les régions couvertes par les grandes campagnes historiques ne l'ont été que très superficiellement : la fameuse campagne de la *Siboga* en Indonésie n'a réalisé que 91 stations de prélèvement de benthos à des profondeurs supérieures à 100 mètres, pour une ZEE s'étendant sur près de 5,5 millions de km<sup>2</sup>. (Richer de Forges 2001)

De même, dans l'article de synthèse introduisant le volume de la série Tropical Deep-Sea Benthos publié en 2008, Philippe Bouchet, chef de mission de nombreuses campagnes, et ses co-auteurs insistent sur les découvertes taxonomiques, mais aussi sur les découvertes des reliefs des fonds marins de la zone économique exclusive de Nouvelle-Calédonie.

These were truly pioneering years, when cruises discovered not only new species of animals but also new topographic features: the Antigonina, Stylaster and Eponge banks, for instance, now featured on Navy charts of the Norfolk Ridge, were discovered and named by the MUSORSTOM expeditions as a by-product of biological exploration. p12 (Bouchet et al. 2008)

Dans les documents justifiant ou relatant les campagnes et leurs résultats, le nombre de nouveaux taxons découverts est placé au centre du discours scientifique (voir par exemple Bouchet et al. 2002 ; Bouchet 2006 ; Bouchet et al. 2008; Richer de Forges et al. 2013). Rendre compte du nombre d'espèces décrites permet de les ajouter à la liste de ceux qu'on connaît et ainsi de compléter l'inventaire du vivant. Si la métrique du nombre d'espèces occupe une place importante dans la littérature scientifique (May 1988; Gaston 1991; Mora et al. 2011; Costello, Wilson, et Houlding 2012; Costello, May, et Stork 2013b; Costello et al.

2013a), c'est parce que c'est un moyen efficace de prendre la mesure de ce qu'on connaît et de ce qu'on ne connaît pas de la vie dans les océans (Appeltans et al. 2012). Elle impose des limites strictes aux conclusions qu'on peut tirer des analyses de la composition faunistique relativement aux actions de conservation.

L'héritage des grandes expéditions naturalistes du 19<sup>e</sup> siècle se retrouve également dans les techniques de récolte (dragage et chalutage) mises en œuvre lors des campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB, même si ces techniques se transforment peu à peu. Près de deux tiers des campagnes de ce programme ont eu lieu à bord du navire de recherche *Alis* qui appartient à l'IRD. L'équipe de marins qui à bord manie les engins de pêche contribue au perfectionnement de leur utilisation à ces profondeurs moyennes. A partir de la campagne MUSORSTOM 4 en 1985, un nouveau modèle de drague dite "drague Warèn" est utilisé pour échantillonner la faune résidant sur les fonds durs. Ce modèle de drague a été élaboré une dizaine d'années auparavant par Anders Warèn, qui fait partie des chercheurs participant encore aujourd'hui régulièrement aux campagnes et à la valorisation scientifique du matériel récolté. Le chalut à perche de 4 m utilisé pendant toutes les campagnes du programme est un chalut très efficace pour récolter la faune résidant sur les fonds meubles par rapport à d'autres chaluts comme, une étude quantitative l'a démontré pour les crustacés décapodes (Tsai et al. 2009). L'ajustement de ce chalut aux besoins de l'échantillonnage est largement assuré par l'équipage de l'*Alis* et notamment son capitaine actuel Jean-François Barazer. Ces techniques de récolte, même perfectionnées par leurs utilisateurs, sont *traditionnelles* par rapport à d'autres techniques disponibles. Les seules campagnes du programme qui ont utilisé d'autres moyens que les engins de pêches traditionnels sont la campagne CALSUB en 1989, durant laquelle un submersible (la soucoupe CYANA) a fourni des images des fonds de Nouvelle-Calédonie, puis en 2014 et 2016, les campagnes MADEEP en Papouasie Nouvelle Guinée, et BIOMAGLO au large de Mayotte, qui ont fourni des images des fonds grâce au déploiement de la caméra tractée SCAMPI. Cela contraste avec le déploiement de technologies sophistiquées caractéristique d'autres programmes d'océanographie biologique contemporain du programme Musorstom-TDSB (Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI),2018). La principale avancée technologique arrive en 2001 quand l'IRD équipe son navire *Alis* d'un sondeur multifaisceaux (DTSI, 2009).

Bien que les engins de récoltes utilisés dans le programme Musorstom-TDSB soient comparables à ceux des expéditions historiques, l'efficacité de l'échantillonnage réalisé est bien plus importante. Comme évoqué dans les citations ci-dessus, l'une des plus grandes

expéditions océanographiques du 19<sup>e</sup> siècle est l'expédition du *Challenger*. Elle a marqué l'histoire de l'exploration naturaliste par l'étendue parcourue (127 000 Km), sa durée (4 ans), l'importance de son équipage (243 marins et scientifiques) et les connaissances faunistiques et physico-chimiques sur les océans (Burstyn 1972, Emig 2010) qu'elle a permis d'établir. Pendant ces quatre ans, des spécimens ont été récoltés lors de 362 stations. A partir de ces échantillons, des milliers d'espèces marines ont été décrites dans les 50 volumes publiés entre 1877 et 1895 du « *the Report Of The Scientific Results of the Exploring Voyage of H.M.S. Challenger during the years 1873-76* ». Au total, 4700 espèces marines et terrestres ont été décrites (Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI), 2018).

Le nombre de stations échantillonnées lors du programme MUSORSTOM/TDSB pendant 40 ans d'expéditions s'élève à plus de 7200. Si on compare à l'expédition du *Challenger*, en moyenne sur un an, deux fois plus de stations ont été échantillonnées. Comme Jacques Forest l'a souligné dans le compte rendu de la première campagne (Forest 1981), contrairement aux expéditions historiques, la stratégie d'échantillonnage de ce programme consiste à cibler des petites surfaces géographiques et à systématiser l'inventaire de la faune. La surface échantillonnée est équivalente en taille à celle qu'un navire de pêche commerciale aurait parcourue en à peine un mois. Comme on le verra au chapitre 2, environ 3628 espèces nouvelles ont été décrites à partir du matériel type<sup>1</sup> (holotype ou paratypes) récolté pendant les campagnes du programme.

## **IV – La place des fossiles vivants dans les connaissances naturalistes de la faune des profondeurs et la découverte de « nouveaux » taxons**

C'est dans un contexte d'exploration marqué par de nombreuses découvertes de taxons que les principaux chefs de mission du programme TDSB/MUSORSTOM ont mis en avant la recherche de « fossiles-vivants » dans les profondeurs. La recherche de « fossile-vivant » n'est pas spécifique aux taxonomistes de ce programme mais occupe une place particulière dans les connaissances naturalistes des fonds marins. Elle révèle quelles hypothèses sous-tendent les descriptions des fonds marins. Comme Gage et Tyler le soulignent dans leur

---

<sup>1</sup> Spécimens auxquels les spécialistes se réfèrent pour attribuer des noms aux hypothèses taxonomiques.

ouvrage de synthèse sur la biologie marine des profondeurs, certaines opinions scientifiques sur les fonds marins se sont maintenues plus longtemps qu'il n'était justifié en raison de la rareté des données : « In deep-sea biology, because data are sparse, opinions sometimes may be maintained and cherished longer than justified » (Gage et Tyler 1991, p12). On peut supposer que la place importante qu'occupe les fossiles vivants dans les connaissances naturalistes des fonds marins est liée au peu de connaissances dont on dispose à leur propos.

La thématique des fossiles-vivants est récurrente dans les études sur la faune des profondeurs (Menzie et Imbrie 1958). C'est d'ailleurs ce que souligne et met en avant Philippe Bouchet dans les années 1990, alors déjà participant actif du programme MUSORSTOM-TDSB, dans un article de *La Recherche* intitulé « Abysses, fossiles vivants et zoologistes: histoire d'un ménage à trois » en parlant des liens qui unissent la recherche océanographique dans les profondeurs des océans, les zoologistes et les fossiles vivants:

Pendant tout le XIXe siècle, domina l'idée d'une faune abyssale archaïque constituée de « fossiles vivants » rescapés des temps géologiques, tous plus bizarres et spectaculaires les uns que les autres. Même si des progrès spectaculaires réalisés dans le domaine de la technologie sous-marine nous permettent aujourd'hui d'observer directement les grands fonds, la découverte de fossiles vivants reste l'une des motivations profondes des océanographes. (Bouchet, 1993)

Effectivement, dès les balbutiements de l'exploration des grands fonds marins au XIX<sup>e</sup> siècle, les zoologistes font l'hypothèse selon laquelle des « fossiles-vivants » sont à découvrir dans les fonds marins. De nombreux naturalistes du XIX<sup>e</sup> siècle s'approprient ainsi une notion fraîchement développée par Charles Darwin pour fournir une explication, dans le cadre de la théorie de l'évolution qu'il propose, à des exemples d'organismes qui présentent, à l'instar des formes fossiles, une apparence intermédiaire située entre des organismes actuellement très éloignés.

We find some of the most anomalous forms now known in the world, as the *Ornithorhynchus* and *Lepidosiren*, which, like fossils, connect to a certain extent orders now widely separated in the natural scale. These anomalous forms may almost be called living fossils; they have endured to the present day, from having inhabited a confined area, and from having thus been exposed to less severe competition (Darwin 1859)

C'est le contraste entre les conditions de vie régnant en surface ou dans les petites profondeurs et celles des moyennes et grandes profondeurs qui amène les naturalistes à émettre l'hypothèse selon laquelle ces conditions sont peu propices à la diversification des



espèces. Ce sont les arguments que Moseley, naturaliste botanique du XIX<sup>e</sup> siècle, développe tout en se référant directement aux travaux de Charles Darwin lors de l'analyse des spécimens récoltés par le *Challenger* :

The excessively wide area of the floors of the oceans in the matter of production of species contrasts markedly with wide areas upon the land surface, which are, as has been shown by Mr Darwin, specially favorable to the development of variations and the production of new forms. (Moseley 1892)

Lors d'explorations menées par les naturalistes Georg O. Sars et son fils le long des côtes norvégiennes, une espèce de crinoïde pédonculé *Rhizocrinus lofotensis*, Sars 1868 est récoltée à 550 mètres en 1864. Cette description suscite beaucoup d'intérêt dans la communauté car l'espèce s'apparente à un fossile qu'on pensait éteint (Gage et Tyler 1991), ce qui conduit Sars à le considérer comme un « *fossile vivant* ».

I found to my great surprise at enormous depth – not, as might presumed according to Forbes' hypothesis – a poor and oppressed Fauna, but on the contrary a richly and varied animal life observed at the depths of 200-300 fathoms. (...) The number of new forms of animal life was therefore also very considerable ; and some of these were of peculiar interest, as more or less evidently carrying us back to former telluric periods, especially the Fauna of the Cretaceous period. (Sars et Sars 1872)

La recherche de « fossiles vivants » anime les naturalistes comme Wyville Thomson et Carpenter, à l'initiative des grandes expéditions de l'époque (dont l'expédition du *Challenger*), comme le souligne cet extrait écrit par deux naturalistes océanographes dont l'un, John Murray, a participé à l'expédition du *Challenger* :

Thus in 1868 Wyville Thomson and W.B. Carpenter carried out oceanographical work on board H.M.S. « Lightning » taking dredgings in depths down to 650 fathoms, and showing beyond question that animal life is there varied and abundant, represented by all the invertebrates groups, a large proportion of the species hitherto unknown, others being specially identical with tertiary fossils hitherto believed to be extinct, or illustrating extinct groups of the fauna of more remote periods. (Murray et Hjort 1912) p10

Même si de nombreuses nouvelles espèces ont été décrites d'après les spécimens récoltés pendant les expéditions du XIX<sup>e</sup> siècle, Charles Wyville Thomson constate qu'aucun plan d'organisation nouveau n'est découvert, ce qui conforte l'hypothèse selon laquelle le milieu des profondeurs est davantage un refuge pour les lignées anciennes qu'un centre de diversification des taxons.

It seems probable for several reasons, the most obvious of these being that no Classes nor Orders, but few Families and Genera, are met with in the abyssal regions which do not likewise occur in shallower water, that the original direction of the migration of marine animals is from the shore seawards. (Thomson 1880)

Thomson conclut que l'analyse de la faune des profondeurs offre l'opportunité de d'étudier une faune « d'une extrême antiquité », susceptible d'apporter des faits à la doctrine de l'évolution (Thomson 1880, p50).

Près de cent ans après, en 1991, dans un ouvrage de synthèse sur la biologie de la faune vivant dans les profondeurs, Gage et Tyler reviennent sur cette hypothèse qui lie les conditions de vie de la faune et le rôle de refuge pour des formes archaïques : « How do these forms of life survive in what seems to us perhaps the most hostile of environments ? What forms of life are they – is deep sea a refuge for archaic forms of life, long vanished elsewhere? » (Gage et Tyler 1991). Ce que suggèrent les zoologistes océanographes lorsqu'ils assignent des organismes à cette catégorie de fossile vivant, c'est que les profondeurs seraient un refuge dans lequel ces « rescapés des temps géologiques » auraient pu subsister sans évolution majeure. Sous cette hypothèse, les zoologistes font le pari que l'exploration des grands fonds permettra de découvrir des organismes de lignées qui auraient peu ou pas évolué depuis ces temps géologiques anciens. L'usage de l'expression « fossile vivant » illustre donc l'ancrage de l'exploration naturaliste dans le cadre théorique de la biologie du 19<sup>e</sup> siècle. L'utilisation de la notion de fossile vivant renvoie d'une part à la théorie de l'évolution, mais aussi à l'état d'avancement de l'exploration de la faune vivant dans les grands fonds marins. En effet, il s'agit d'une entreprise récente, comparée à celle du milieu terrestre, puisqu'elle commence qu'au début du 19<sup>e</sup> siècle. Une des principales raisons est que les profondeurs des océans sont difficilement accessibles à l'homme. Aujourd'hui encore, moins de 5% des fonds marins ont été explorés (NOAA, 2017). Ainsi, le registre fossile terrestre est mieux connu que la faune qui vit dans les profondeurs des océans. On peut donc se demander si le recours à la notion de fossile vivant n'est pas un effet du faible état d'avancement de l'exploration des profondeurs plutôt qu'une prise de parti en faveur d'une hypothèse évolutionniste audacieuse. En effet, si les zoologistes avaient trouvé les représentants d'une lignée d'organismes dans un milieu actuel avant ses représentants dans le registre fossile, ils n'utiliseraient probablement pas l'expression de « fossile vivant » pour les qualifier.

Par exemple, les pleurotomaires sont des mollusques gastéropodes bien connus dans le registre fossile où elles sont très diversifiées au jurassique et au crétacé et ne sont

actuellement représentées que par quelques dizaines d'espèces actuelles restreintes aux substrats durs de la zone bathyale entre 100 et 1000m (Lebrun et al. 2013). La première pleurotomaire actuelle récoltée est une coquille vide décrite sous le nom de *Perotrochus quoyanus* (FISCHER & BERNARDI 1856) remontée en 1855 d'un casier posé à 250 mètres de profondeur (Lebrun et al. 2013). Elle fait partie des premiers « fossiles vivants » récoltés dans les profondeurs. Dès la fin du 19<sup>e</sup> siècle, le conchyologiste Crosse souligne que les pleurotomaires n'étaient pas « aussi complètement en voie d'extinction que la rareté des spécimens connus dans les collections pourrait le faire supposer » et « qu'il reste encore à découvrir un certain nombre d'espèces nouvelles de Pleurotomaires appartenant à l'époque actuelle et que l'heure de l'extinction définitive du genre n'est pas encore près de sonner » (Crosse 1882)

Le plus faible échantillonnage de la faune des profondeurs des océans par rapport à celui de la faune terrestre est en partie une conséquence des moyens à mettre en place pour explorer. Contrairement à l'exploration naturaliste en milieu terrestre, qui peut être réalisée par des individus isolés et peu de moyens logistiques, l'exploration des profondeurs dépend d'un arsenal d'outils onéreux (navires de recherche) et d'une logistique importante (comme l'aide d'une équipe de marins à bord pour déployer les engins de pêches). Cela implique de ce fait qu'une expédition océanographique nécessite une équipe de scientifiques plutôt que des individus isolés. On rappelle souvent dans l'histoire de l'acquisition des connaissances sur les grands fonds marins le rôle qu'a joué la pose de câbles télégraphiques trans-océaniques à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (Maienschein 1988). Ces développements industriels reposaient sur une entreprise cartographique préalable, ce qui a justifié le déploiement de moyens à la mer (voir par exemple le livre de l'ingénieur Hédouin à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (Hédouin 1870)). Ainsi la dynamique des explorations des fonds marins est-elle influencée par celle du développement industriel. Au XX<sup>e</sup> siècle cette dépendance perdure en raison de la nécessité de découvrir de nouvelles ressources pour la pêche, face à la chute des stocks de poissons le long des côtes, dont le constat remonte aux années 1960 (voir par exemple (Grandperrin et Richer de Forges 1999) et (Cléach 2008)) ou encore avec la recherche de nouvelles ressources minérales, avec notamment la découverte de nodules riches en métaux (cuivre, fer, zinc, manganèse, cobalt) intéressants pour une exploitation économique (Mero 1962).

Pendant les années 1960, c'est cette conjonction d'intérêts sociétaux et industriels, combinés aux motivations scientifiques, qui favorisent la mise à disposition de moyens pour explorer les fonds marins. La motivation scientifique majeure des géologues pendant cette période est la

recherche de zones qui émettent des températures anormalement élevées sous l'eau. Selon l'hypothèse de la tectonique des plaques, la croûte océanique est produite dans ces zones ((Elder 1965); (Ballard 1977)). Elles contiennent en effet des sources hydrothermales, volcans sous-marins à partir desquels se constitue la croûte océanique. C'est d'ailleurs l'objectif du projet américano-français FAMOUS, qui a lieu entre 1973 et 1974, que d'explorer à l'aide de submersibles la dorsale médio-Atlantique au Sud-Ouest des Açores dans une zone d'accrétion où se forme la croûte, entre la plaque Afrique et la plaque Amérique, en vue de trouver les sources hydrothermales. Mais les premières sources hydrothermales trouvées, révélées grâce à la détection de températures très élevées sous l'eau, sont photographiées en 1976 sur le rift des Galapagos. Elles apportent une preuve indubitable au modèle de la tectonique des plaques, qui a été proposé dans les années 1960 (à partir des hypothèses de dérive des continents et d'expansion océanique d'abord avancées par Wegener). Ce modèle est identifié aujourd'hui comme l'hypothèse qui unifie les différentes disciplines des sciences de la Terre, en plus d'avoir provoqué l'abandon définitif, de la part de la communauté des géologues, des positions fixistes et l'adoption du concept de « mobilisme crustal » (Pomerol, Lagabrielle, et Renard 2000).

En plus de révéler le dynamisme tectonique, et de manière totalement inattendue pour les zoologistes, dans des conditions qui paraissent incompatibles avec la vie (très forte pression, température pouvant aller jusqu'à 350° C, atmosphère chargée en métaux lourds toxiques), une faune très abondante est découverte (Corliss et al. 1979). Effectivement, l'exploration à bord de l'*Alvin* d'une source hydrothermales sur le rift des Galapagos en 1977 révèle une faune tellement abondante que les sources hydrothermales sont qualifiées d'« oasis de vie », par contraste avec l'impression quasi-désertique que provoque la faune qui vit dans les fonds alentours, comme Gage et Tyler le soulignent dans la citation suivante :

The out-of-this-world appearance and rich concentration of biomass, reaching 8.5 kg weight m<sup>-2</sup> at lower temperature vents, but only averaging 2-4 kg wet weight m<sup>-2</sup> at the hottest vents (200-360 °C) on the East Pacific Rise (Fustec, Desbruyères, et Laubier 1988), at these « oases » of life provide submersible observers with a stark contrast with the relative barrenness of adjacent hard substrata in the deep ocean.(Gage et Tyler 1991)

Ces « oasis de vie » sont d'autant plus bouleversantes pour les scientifiques qu'elles remettent en cause radicalement le paradigme selon lequel une vie foisonnante ne peut se développer en l'absence de lumière (Laubier 1990; Laubier 1993). La curiosité scientifique que suscite cette faune aux adaptations atypiques est un moteur décisif pour le lancement d'explorations des

sources hydrothermales (Hammond, Embley, et Baker 2015). Certaines espèces ont des dimensions extravagantes, comme la moule *Bathymodiolus thermophilus* Kenk & B. R. Wilson 1985, qui peut atteindre 20 cm de long ; d'autres espèces présentent des adaptations atypiques comme l'emblématique ver géant (*Riftia pachyptila*, Jones 1981) qui grouille abondamment autour de ces sources, et qui a la particularité d'être sans appareil digestif (ni bouche, ni anus, ni intestin) et peut atteindre 1,5 mètre de long et 5 cm de diamètre. La mise au jour de cette faune spectaculaire a eu un impact très important sur la communauté scientifique, comme en témoigne la citation suivante :

It is surprising that, as far as we know, science fiction writers did not turn their attention to geochemically supported complex forms of life until such forms were actually discovered in the deep sea. (Jannasch et Mottl 1985)

Si ces motivations scientifiques occupent une place importante dans les objectifs généraux de l'exploration des sources hydrothermales, il ne faut pas négliger l'influence du potentiel minier des roches qu'elles contiennent (Ramirez-Llodra et al. 2010) pour en justifier l'intérêt (voir par exemple le « Rapport annuel du CNEXO » 1980). La richesse en métaux de base (cuivre, zinc, plomb), en métaux précieux (argent et or) mais également parfois en éléments rares (indium, sélénium, germanium...) place les sulfures hydrothermaux parmi les plus prometteurs du milieu marin pour l'exploitation minière. (Dyment et al. 2014) Ce potentiel minier a une incidence sur l'orientation des programmes de recherche car l'exploration de certains milieux (les plus prometteurs sur le plan de l'exploitation) est favorisée par rapport à d'autres (alors que leur intérêt scientifique est comparable). La conjonction des intérêts scientifiques et industriels pour l'étude des sources hydrothermales a eu pour conséquence la sur-représentation de ce milieu particulier dans le champ de la connaissance de la faune des fonds marins. Aujourd'hui encore, cette différence de traitement est encore sensible, avec environ 10 % des sources hydrothermales qui ont été échantillonnées alors que moins de 0,0001% des fonds marins ont été explorés (Ramirez-Llodra et al. 2010).

Parce que les zoologistes percevaient la faune des sources hydrothermales comme extrêmement originale, on a fait l'hypothèse selon laquelle elle est en partie constituée de taxons endémiques des sources hydrothermales - c'est-à-dire qu'on ne les trouverait pas dans d'autres milieux. L'article de Castelin et coauteurs de 2011 souligne la confusion qui existe dans la littérature scientifique dans l'utilisation du terme d'endémisme. Cette confusion consiste à mélanger le fait qu'un organisme soit spécialisé vis-à-vis d'un habitat particulier, pour lequel il faudrait parler de spécialisation écologique et non d'endémisme, avec le fait

qu'un organisme est restreint à une zone géographique et donc endémique. Cette confusion est particulièrement présente dans la littérature qui traite des sources hydrothermales, dans lesquelles les organismes présentent des adaptations très spécialisées :

For example, species specialized to hydrothermal vents or cold seeps are often regarded as endemic even if they have a large but fragmented range (e.g., Akiko et al. 2009 ; Won et al., 2003). In such cases, the term 'ecological specialization' may be more appropriate than 'endemism'. Thus, the different uses of the word 'endemism' are probably a source of confusion in the literature. (...) Distinguishing between geographic endemism and ecological specialization is impeded by the fact that only a tiny fraction of the deep ocean floor has ever been sampled (Castelin et al. 2011)

Etant donné le peu de connaissances sur les autres milieux, avec le recul du temps, les différences observées avec les autres environnements ne se sont pas révélées si déterminantes : de nombreux taxons ont été finalement trouvés dans d'autres milieux.

(...), we note the steady trend of decreasing degrees (percentage of species) and rank (taxonomic level) of vent endemism. It seems to be connected to the fact that hydrothermal vent areas are attracting the attention of scientists and are now better investigated than some background deep sea areas. (Galkin et Sagalevich 2017)

De manière plus audacieuse, les taxons nouveaux décrits ont souvent été attribués à des rangs taxonomiques élevés (familles ou ordres), comme le résume l'article de Samadi 2015. La classification dans des rangs élevés repose de manière implicite sur une hypothèse relative au scénario évolutif responsable de l'apparition de ces groupes, selon laquelle la faune associée aux sources hydrothermales s'est séparée il y a longtemps, à l'échelle phylogénétique, des taxons connus (Samadi 2015). Les approches phylogénétiques reposant sur un échantillonnage qui couvre différents habitats comme les bois coulés et les suintements froids (comme par exemple (Thubaut et al. 2013)) rejettent une telle hypothèse et concluent au contraire à des lignées qui se seraient séparées récemment.

Au même moment que Philippe Bouchet écrit l'article sur les « Abysses, Fossiles-vivants et Zoologistes : histoire d'un ménage à trois », au début des années 1990, Lucien Laubier, taxonomiste et spécialiste des sources hydrothermales, considère que de nombreux organismes de la faune des sources hydrothermales sont des reliques des temps passés. La citation suivante illustre à quel point l'originalité de la faune des sources hydrothermales a eu des répercussions sur sa caractérisation taxonomique et sur les hypothèses évolutives qu'elle servait à justifier:

En revanche, un grand nombre de formes hydrothermales appartiennent à des genres ou à des taxons de rang plus élevé (famille, superfamille, ordre) qui ne se rapprochent d'aucune forme connue dans la nature actuelle. Les critères biogéographiques et évolutifs (rang d'endémisme au-dessus du niveau de l'espèce, distribution actuelle, existence de fossiles) conduisent à considérer qu'il s'agit d'espèces relictées de l'âge paléozoïque et mésozoïque. L'hypothèse généralement admise est que les ancêtres de ces formes hydrothermales profondes actuelles vivaient dans des eaux littorales chaudes et ont trouvé refuge dans les milieux hydrothermaux (il en existe encore dans la nature actuelle) lorsque la pression de prédation et la compétition se sont brusquement accrues au cours du Mésozoïque, avec la diversification des faunes et l'apparition de nouvelles familles (Laubier, 1992).

On voit ici que les sources hydrothermales ont été considérées comme un refuge privilégié pour ces fossiles qu'on imagine rescapés des zones littorales. Cette hypothèse sous-jacente qui consiste à considérer les sources hydrothermales comme des refuges pour des lignées anciennes est très présente dans la littérature, avant même que Lucien Laubier en rende compte, comme en témoigne Newman qui, en 1985, parle de "fenêtre ouverte sur l'antiquité" pour caractériser la faune résidant dans les sources hydrothermales.

Given that several 'relic' species (living fossils) are found only at hydrothermal vents, it was suggested that these unusual communities provide us with a 'glimpse of antiquity'. (Newman 1985)

Le fait que la notion de « fossile vivant » soit aussi couramment employée par les zoologistes, aussi bien pour les sources hydrothermales que pour d'autres milieux dans les fonds marins, montre que la démarche naturaliste n'est pas uniquement descriptive et qu'elle est structurée par des hypothèses sous-jacentes. Ainsi les rangs taxonomiques sont le lieu d'expression d'hypothèses évolutives. D'autre part, les hypothèses d'endémisme et de rareté sont très influencées par l'échantillonnage dont on dispose qui reste très parcellaire encore aujourd'hui. La démarche naturaliste est largement pourvoyeuse de ces hypothèses d'endémisme et de rareté qui sont requises pour prendre des mesures de conservation. Or, les approches des taxonomistes fournissent des données plutôt qualitatives, alors les données quantitatives qui permettraient de tester ces hypothèses ne sont pas disponibles (Bouchet 2009). L'analyse du corpus de documents associées aux 83 campagnes du programme MUSORSTOM/ TDSB, en détaillant la manière dont se sont construites les connaissances naturalistes sur les fonds marins, permet de préciser ce qu'apportent les approches qualitatives.

# **Chapitre 1**

## **Le programme MUSORSTOM-TDSB : acteurs et contexte**

### **Introduction**

Le but de ce chapitre est de présenter le contexte scientifique et institutionnel du programme MUSORSTOM-TDSB à partir de trois types de sources : les rares ouvrages et articles qui en dressent des historiques partiels, la littérature grise accompagnant les campagnes (dossiers de demandes de campagne et rapports post-campagne), et des entretiens réalisés au cours de la thèse avec de nombreux acteurs du programme. Il s'agit, grâce à ces documents et entretiens, de clarifier les buts des acteurs afin de pouvoir évaluer par la suite si et comment ces buts ont été réalisés. Ainsi seront dégagées au cours de ce chapitre un certain nombre d'hypothèses concernant les potentialités scientifiques du programme ainsi que son évolution au cours du temps, que les données rassemblées et organisées de la façon présentée aux chapitres 2 et 3 permettront d'évaluer.

Dans ce chapitre, ce sont principalement les voix des acteurs du programme MUSORSTOM-TDSB que l'on entendra. Dans les chapitres suivants, ces voix seront confrontées aux analyses tirées des données collectées à partir des productions scientifiques que le programme a permis de réaliser. La prise en compte de la parole des acteurs a été le moyen le plus simple de construire une première version de cet objet historique complexe qu'est le programme MUSORSTOM-TDSB sur l'ensemble de sa durée, version qui a été progressivement affinée par la suite au fur et à mesure que les données collectées devenaient analysables. On verra dans ce chapitre comment les acteurs ont conçu leurs propres buts scientifiques, comment ils décrivent les évolutions techniques et les transformations scientifiques qui ont partiellement transformé le programme à leur tour, ainsi que les relations entre le programme et les conditions économiques, politiques et sociétales de la période qu'il traverse. C'est à partir de la prise en compte du discours des acteurs que peut être dégagé l'arrière-plan scientifique au sein duquel les corpus de données élaborés dans le cadre de la thèse peuvent prendre sens, et les tendances dégagées peuvent être interprétés. Il s'agit ni plus ni moins de constituer le domaine de l'enquête.



Un élément du contexte scientifique, technique et institutionnel du programme MUSORTOM-TDSB qui a été d'emblée identifié comme très important est, comme indiqué dans l'Introduction générale de ce travail, la découverte en 1977 des sources hydrothermales et de leur biodiversité surprenante. La comparaison implicite ou explicite entre ces deux grands programmes océanographiques, le programme MUSORTOM-TDSB et celui consacré aux sources hydrothermales, a profondément influencé le travail d'appropriation intellectuelle qui était nécessaire au début de la thèse ainsi que l'élaboration des hypothèses à confronter aux corpus de données constitués à partir des productions scientifiques issues du programme MUSORTOM-TDSB.

La première section sera consacrée à la présentation des acteurs interrogés et des thèmes abordés dans les entretiens. Ensuite sera proposé un exposé systématique du contexte scientifique, technique et institutionnel qui prévalait aux débuts du programme, tel qu'on peut le reconstituer à partir d'ouvrages et d'articles publiés par les scientifiques concernés, océanographes et biologistes. Il s'agit d'une part d'établir quelles hypothèses scientifiques prévalaient alors sur les fonds marins, quels moyens techniques étaient disponibles, de quelles institutions le programme dépendait, et quelles questions ses acteurs se posaient ; et d'autre part d'indiquer de quelle façon ces différents éléments se sont transformés au cours du temps. Pour finir, on présentera une analyse succincte de la littérature grise qui a été produite durant quarante ans à l'occasion du programme, afin de mettre au jour les évolutions des buts affichés par ses responsables.

## **I – Entretiens avec les acteurs de la recherche océanographique française**

Cette section est consacrée à la présentation des sources orales dont la collecte a constitué une partie importante du début du travail de thèse. Puisque ce travail consiste en partie en une histoire du temps présent, les immenses difficultés caractéristiques de cet exercice ont dû être surmontées très tôt : mettre en ordre les informations récoltées, évaluer leur importance relative, reconstituer la chronologie brouillée par le fait que les scientifiques interrogés n'ont pas participé aux mêmes moments du programme. C'est le but de cette section que d'exposer les lignes directrices de cet effort de reconstruction intellectuelle.

Seront tout d'abord présentées succinctement les personnes interrogées : contributeurs à la production scientifique issue du programme et contributeurs à l'élaboration exploration des

sources hydrothermales, en raison du caractère structurant de la comparaison entre ces deux programmes d'exploration océanographique pour l'ensemble de ce travail de thèse. Plus généralement, il s'agit d'acteurs institutionnels de la recherche océanographique française.

La présentation de leur propre discours sur le programme MUSORSTOM-TDSB permet de mettre au jour un certain nombre d'éléments préliminaires pour la caractérisation du contexte scientifique du programme, et en particulier d'identifier les principales questions auxquelles le programme cherche à répondre, du moins du point de vue de ses acteurs. Ces éléments seront présentés sous forme de tableau.

## **1- Portraits**

Cette section est consacrée à la présentation succincte du parcours des acteurs interrogés afin de mettre au jour leur profil scientifique. Sont présentés de façon systématique leur parcours universitaire et leur lien au programme. Le but ici n'est pas de reconstituer leurs carrières de manière exhaustive, mais plutôt de fournir des éléments qui permettent de comprendre quel regard ils portent sur le programme MUSORSTOM-TDSB. Tous sont impliqués dans la recherche sur les organismes vivant dans les profondeurs des océans, soit en tant que contributeur à la production scientifique, soit en tant qu'acteur institutionnel de la recherche océanographique française.

Trois catégories d'acteur ont été distinguées : participants actifs au programme MUSORSTOM-TDSB, participants secondaires, chercheurs n'ayant pas participé au programme mais ayant joué un rôle important dans la recherche océanographique française, en particulier dans l'exploration des sources hydrothermales.

### ***1.1 – Catégorie 1 – Participants actifs au programme TDSB.***

Pour chacune des personnes interrogées, le nombre de campagnes TDSB auxquelles elle a participé est donné. Ce décompte exclut les campagnes de 2017 et 2018. Les personnes sont listées par ordre alphabétique.

#### **Philippe Bouchet**

Philippe Bouchet est malacologiste.

Il passe une thèse en 1977 et un doctorat d'état en 1982 au MNHN sous la direction de Claude Lévi en écologie larvaire sur les protoconques de mollusques gastéropodes.

Pour son service militaire, il est nommé volontaire à l'aide technique (VAT) au centre ORSTOM Nouvelle-Calédonie en 1978-1979.

Professeur au MNHN de Paris, il est expatrié entre 1992 et 1994 au centre IRD (ex-ORSTOM) de Nouvelle-Calédonie.

Depuis 1990, il est membre de la commission internationale de nomenclature zoologique (ICZN).

Depuis 1995, il est directeur du Service des Publications Scientifiques du Muséum.

De 2002 à 2008, il est directeur de l'unité (UMS 2700) Taxonomie-Collections du Muséum.

A partir de 2005, il est chercheur associé au musée d'histoire naturelle de Washington (National Museum of Natural History, Smithsonian Institution).

Il est chargé de conservation des mollusques marins, terrestres et fluviatiles du MNHN.

Depuis 2015, il participe au comité de direction (CODIR) de l'unité mixte de service de la Flotte Océanographique Française.

- ***Expériences en campagnes océanographiques :***

Les premières campagnes auxquelles Philippe Bouchet participe sont la campagne Thalassa (1973) Biogas 6 (1974), et Benthedi (1977).

Il est chef de mission de la campagne BALGIM (1984) d'exploration de la faune profonde de part et d'autre du détroit de Gibraltar et des campagnes Seamount dans le bassin ibérique (1987 -1989-1991).

Il a mené de nombreuses explorations de la faune de mollusques marins dans différents pays européens.

Il a monté des ateliers d'exploration de la faune des milieux lagonaires et récifaux pendant Montrouzier en 1993 et Lifou 2000, de la faune marine littorale d'une île des Australes Rapa 2002 et de la faune littorale marine des Philippines Panglao 2004.

Il a participé à 34 campagnes du programme TDSB depuis 1982 est chef de mission de 12 campagnes (depuis la campagne Salomon 2 en 2004).

## **Laure Corbari**

Laure Corbari est spécialiste de biologie marine.

Elle obtient le titre de docteur en 2004 pour son travail de thèse en écophysiologie des ostracodes dans laquelle elle a étudié leur mécanisme de respiration. Ce travail est réalisé au sein l'université de Bordeaux et à la station marine d'Arcachon.

Elle réalise un contrat post-doctoral sur des crevettes du genre *Rimicaris* qui vivent le long des sources hydrothermales pour analyser la mise en place de la symbiose avec des bactéries chimiosynthétiques dans l'équipe de Morphologie Fonctionnelle et Evolutive de l'Université de Liège, entre 2005 et 2008.

A partir de 2009, elle obtient le titre de maître de Conférence au muséum d'Histoire naturelle de Paris avec une charge de collection des Crustacés, dans l'équipe 3E (Exploration, Espèce, Evolution) dirigée par Sarah Samadi.

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

La première campagne à laquelle Laure Corbari participe avait pour objectif d'analyser la communauté de Pécarides profonds et de faire un suivi temporel dans le canyon du Cap Breton du Golf de Gascogne.

Laure Corbari a participé à des campagnes d'exploration des sources hydrothermales (comme BICOSE), à des campagnes antarctiques et à des campagnes de prélèvement de la faune suprabenthique.

Elle a participé à 9 campagnes du programme TDSB depuis 2008 (campagne Lumiwan). Elle a été chef de mission de 5 campagnes TDSB.

### **Alain Crosnier**

Alain Crosnier est un biologiste spécialisé dans l'étude des Crustacés (surtout des crevettes).

Il est directeur du centre ORSTOM de Nosy-Bé (Madagascar) jusqu'en 1974.

A partir de 1981, il est chargé de recherche rattaché au MNHN de Paris dont il démissionnera en 2000. Au début, il est intégré au laboratoire des crustacés, alors sous la direction de Jacques Forest puis au laboratoire de biologie des invertébrés marin.

Il met en place et gère les éditions des Résultats des campagnes MUSORSTOM jusque 2000, dans les Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle.

Expérience en campagnes océanographiques

Pendant qu'Alain Crosnier était au centre ORSTOM de Madagascar, il a réalisé de nombreuses campagnes d'halieutique sur les crevettes.

Il participe à 10 campagnes entre 1976 (MUSORSTOM 1) et 1992 (MUSORSTOM 7) et aide à l'organisation des campagnes MUSORSTOM. Il a un rôle actif dans la valorisation des spécimens échantillonnés pendant ce programme.

### **Benoît Dayrat**

Benoît Dayrat est un malacologiste.

Il a écrit une thèse entre 1996 et 2000 au MNHN de Paris de phylogénie moléculaire sur des mollusques gastéropodes terrestres, sous la direction de Simon Tillier. Durant sa thèse, il était accueilli au laboratoire de biologie des Invertébrés Marins (BIM).

Il est ensuite professeur à l'Université de Californie puis en Pennsylvanie.

#### **• *Expérience en campagnes océanographiques***

Benoît Dayrat participe à 4 campagnes du programme TDSB entre 1997 et 2001 (Musorstom 9, Bordau 1 et 2, Salomon 1).

### **Cécile Debitus**

Cécile Debitus est une chimiste – biochimiste.

Elle obtient le titre de docteur en chimie en 1983 avec une thèse sur l'étude de la structure des protéines et leur réactivité par rapport à des substrats naturels.

Elle fait un contrat post-doctoral aux Etats-Unis sur la synthèse de molécules organiques à des fins médicamenteuses, caractérisées d'après des substances découvertes dans des fleurs de Guyane Française. En 1984, elle postule sur un poste de chimiste à l'Orstom en Nouvelle-Calédonie dont l'objectif est de caractériser les substances naturelles présentes dans les organismes marins et d'étudier leur propriété à des fins thérapeutiques. Par la suite, elle sera rattachée au centre IRD de Polynésie Française.

#### **• *Expérience en campagnes océanographiques***

Cécile Debitus participe à des campagnes du programme Lagon (exploration des lagons entre 1984 et 1993 en Nouvelle-Calédonie dont le chef de mission est Bertrand Richer de Forges). Elle est chef de mission des campagnes SMIB (1986-1995). Elle participe aussi à d'autres

campagnes TDSB non intégrées au programme SMIB (comme Terrasse en 2008 et Papua Niugini en 2012).

### **Pierre Lozouet**

Pierre Lozouet est un malacologiste.

Il a écrit une thèse sur la biodiversité des fossiles de gastéropodes du Cénozoïque au laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins du MNHN pour laquelle il a obtenu le titre de docteur en 1997. En 1998, il travaille au laboratoire de biologie des invertébrés marins. A partir de 2000, il est nommé à la direction des collections des Invertébrés Marins. Il est a construit et mis en place la base de données des collections des invertébrés marins INVMAR.

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

Il a participé à différentes campagnes (Antarctique, Thalassa, Lifou 2000, Panglao 2004) et 9 campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB (depuis 1987).

### **Ralph Mana**

Ralph Mana est un ichtyologiste, professeur associé à l'université de Papouasie-Nouvelle-Guinée (depuis 2005).

Il a écrit une thèse de zoophysologie sur le groupe des poissons à l'université de Kagoshima au Japon.

Il est impliqué dans l'enseignement et dans la sensibilisation du public aux problèmes de conservation de la biodiversité et gestion durable. Il alerte notamment la société de Papouasie Nouvelle-Guinée sur l'impact de l'exploitation minière dans les fonds marins.

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

Ralph Mana a participé à 3 campagnes du programme TDSB qui ont eu lieu autour de la Papouasie Nouvelle-Guinée depuis 2010 (Biopapua en 2010, Papua Niugini en 2012, Madeep en 2014).

### **Bertrand Richer de Forges**

Bertrand Richer de Forges est spécialiste des crustacés (notamment des crabes).

Dans les années 1970, il a débuté en travaillant en Polynésie Française pour le SMCB (Service Mixte de Contrôle Biologique) pour contrôler les taux radioactivité de la faune

marine. En parallèle, il effectuait des prélèvements avec un bateau du CNEXO. Ces missions marquent le début de l'apprentissage de l'échantillonnage à l'aide de la drague et d'autres engins, et de récolter des spécimens. Il a travaillé en tant que bénévole au laboratoire des Crustacés au MNHN, ce qui l'a amené à comparer des spécimens qu'il avait récoltés en Polynésie Française avec ceux récoltés pendant les premières MUSORSTOM en Philippines.

A partir de 1984, il est recruté au centre l'ORSTOM de Nouméa en Nouvelle-Calédonie.

En 1998, il obtient le titre de docteur avec une thèse sur la diversité du benthos marin de Nouvelle-Calédonie, en articulant son approche sur le passage de la notion d'espèce à la notion de patrimoine sous la direction de Philippe Bouchet (MNHN).

De 2002 à 2008, il devient directeur de recherche à l'IRD (ex-ORSTOM) en Systématique, Adaptation, Evolution (SAE), Diversité Tropicale en Nouvelle-Calédonie.

De 2012 à 2013, il est professeur associé à L'université de Singapour (Marine Tropical Science Institute).

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

La première campagne à laquelle Bertrand Richer de Forges a participé est une campagne au large des îles Kerguelen, dirigé par Alain Guille en 1973. Après quelques missions en Polynésie Française, il est le chef de mission des 14 campagnes du programme Lagon (1984-1993) de prospection des lagons de Nouvelle-Calédonie.

Il a participé à 49 campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB de 1984 et 2014 durant lesquelles il a été 29 fois chef de mission (principalement pour les campagnes en Nouvelle-Calédonie).

### **Anders Warèn**

Anders Warèn est un malacologiste.

Il a écrit une thèse entre 1969 et 1979 sur l'écologie des mollusques gastéropodes à l'université de Göteborg. Il est ensuite professeur et chargé de conservation des mollusques au muséum d'histoire naturelle de Suède.

Il rencontre Philippe Bouchet en 1974.

Il a construit le modèle de la drague Warèn utilisé pendant le programme MUSORSTOM-TDSB.

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

Il a participé à 15 campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB depuis 1993.

## ***1.2 – Catégorie 2 – Participants secondaires***

### **Françoise Gaill**

Françoise Gaill est biologiste, biochimiste et biophysicienne, et spécialisée dans l'étude des symbioses dans les environnements chimiosynthétiques.

Elle a écrit une thèse au MNHN de Paris sous la direction de Claude Lévi au laboratoire BIM sur la biologie et la taxonomie des tuniciers-ascidies entre 1975-1981.

Elle travaille ensuite au CNRS au centre de biologie cellulaire (Ivry-sur-seine) sur les cristaux liquides et les analogues biologiques de 1982 à 1992. Puis, elle travaille sur les biopolymères présents dans les organismes vivant dans les sources hydrothermales, à la station marine biologique de Roscoff de 1993 et 1998. Elle dirige l'équipe de recherche CNRS/Ifremer de biologie et d'écologie profonde de 1998 à 2001.

Elle monte et dirige le laboratoire AMEX de 1988 à 2008, « adaptations et évolution des environnements extrêmes ». Elle est titulaire de la chaire du groupe de recherche européen DIWOOD (2006-2009) d'étude des environnements chimiosynthétiques.

Elle devient directrice du CNRS-INEE de 2009 à 2013. Depuis 2013, elle est rattachée au laboratoire de BOREA (Biologie des organismes et des écosystèmes aquatiques).

Françoise Gaill a été impliquée dans la coordination de différents groupes de recherche à l'échelle internationale (InterRidge, Census of marine life...)

Elle devient présidente du Comité d'Orientation Stratégique et Scientifique (COSS) de la commission de la flotte océanographique française de 2011 à 2014.

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

Elle participe aux campagnes océanographiques du programme de Lucien Laubier BIOGAS et à des campagnes océanographiques d'exploration des sources hydrothermales (notamment la campagne américaine OASIS en 1982)

Elle a participé à la campagne BOA 0 (2004) du programme MUSORSTOM-TDSB.



C'est non seulement en raison de sa participation à cette campagne que Françoise Gaill a été interrogée assez tôt dans le travail de thèse, mais aussi parce que son activité illustre les liens entre le programme MUSORSTOM-TDSB et l'exploration des sources hydrothermales. En effet, ce sont dans ces dernières que les premiers écosystèmes marins basés sur des processus chimiosynthétiques sont découverts, comme on l'a vu dans l'Introduction générale. Ce processus permet aux organismes de disposer de molécules carbonées produites par énergie chimique et non lumineuse. D'autres organismes marins chimiosynthétiques avaient été récoltés dès la fin du 19<sup>e</sup> siècle (expédition du Challenger, à savoir ceux résidant sur des substrats organiques (bois coulés et carcasses de baleine), mais ils étaient restés de l'ordre de la curiosité taxonomique. A partir de 2004, le programme MUSORSTOM-TDSB lance la série de campagnes BOA pour étudier ces écosystèmes particuliers. Françoise Gaill embarque dans l'une de ces campagnes. Cette participation reflète les liens, dont on détaillera quelques étapes, entre l'étude des bois coulés et celle des sources hydrothermales et des suintements froids.

### **Michel Roux**

Michel Roux a une formation de géologue.

Il écrit une thèse d'état entre 1971 et 1978 intitulée « Ontogenèse et évolution des Crinoïdes pédonculés depuis le Trias. Implications océanographiques ».

Il est recruté par des biologistes au CNEXO au Centre Océanologique de Brest (COB) par Lucien Laubier au laboratoire d'écologie abyssale de 1979 à 1981. Il est professeur à l'université de Lyon I de 1981 à 1988 puis professeur à l'université de Reims de 1988 à 2005. Il dirige le laboratoire des Sciences de la Terre à l'université de Reims de 1989 à 2002. Depuis 2005, il est attaché honoraire au Muséum national d'Histoire naturelle.

#### **• *Expérience en campagnes océanographiques***

Il participe à des campagnes océanographiques d'exploration de l'environnement profond comme Biogas et des sources hydrothermales (OASIS en 1982 et BIOCYARISE en 1984).

Il participe à la campagne MUSORSTOM-TDSB CALSUB en 1989 en tant que chef de mission. Cette campagne fait partie aussi du programme ENVIMARGES qui englobe aussi les campagnes Biocal (1985) et Biogéocal (1987). Ce programme, soutenu par Total, de prospection des sédiments et de la faune des lagons de Nouvelle-Calédonie comprend un volet géologique dont un des objectifs est de caractériser des réservoirs à hydrocarbures.

### **1.3 - Catégorie 3 – Les personnes qui n’ont pas participé aux campagnes MUSORSTOM-TDSB.**

#### **Anne-Marie Alayse**

Biochimiste, océanographe qui a développé des outils scientifiques notamment pour le véhicule téléguidé (ROV : Remotely Operated Vehicule) Victor 6000.

Elle a fait une thèse en virologie et devient titulaire d’un doctorat en 1978.

Elle est chercheur au CNEXO puis à IFREMER dans l’équipe de **Biologie abyssale** jusqu’en 2015.

Depuis 2003, elle est secrétaire de la Commission nationale « Flotte et engins ».

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

Chef de mission de quatre campagnes océanographiques d’exploration des sources hydrothermales entre 1989 et 1998. Elle a réalisé beaucoup de plongées en submersible profond.

#### **Daniel Desbruyères**

Océanographe, taxonomiste spécialiste des annélides polychètes des sources hydrothermales.

Il est titulaire de deux DEA en zoologie et en océanographie.

Entre 1970 et 1975, il travaille avec Alain Guille à la station marine de Banyuls et étudie et explore la faune benthique, notamment des polychètes, du plateau des îles des Kerguelen.

Il rédige une thèse au MNHN sur l’écologie des polychètes pendant laquelle il collabore avec Lucien Laubier.

À partir de 1976, il intègre l’équipe de **biologie abyssale** du CNEXO de Brest, alors sous la direction de Lucien Laubier, spécialiste des annélides polychètes aussi.

Puis il sera rattaché au département des études des écosystèmes profonds d’IFREMER.

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

Entre 1977 et 1985, il a dirigé de nombreuses campagnes océanographiques dédiées à l’étude du bassin abyssal du golfe de Gascogne. Il a développé une méthode expérimentale permettant l’étude de l’impact des perturbations en grande profondeur.

Depuis 1982 (campagne BIOCYATHERM) il a participé et dirigé de nombreuses campagnes et plongées à bord des submersibles la *Cyana* et le *Nautile* d'exploration des sources hydrothermales profondes du Pacifique oriental et occidental et au niveau des Açores.

### **Nadine Le Bris**

Nadine Le Bris est océanographe écologue, spécialisée dans l'étude des environnements chimiosynthétiques (sources hydrothermales, suintements froids, bois coulés et carcasses de baleine).

Elle a rédigé une thèse en physico-chimie de l'atmosphère à Paris 7. Elle intègre Ifremer de 1999 à 2009, où elle travaille au développement de capteurs et d'analyseurs chimiques *in situ* au sein du laboratoire Instrumentation Océanographique, puis aux interactions entre organismes et environnement chimique en milieu extrême au sein du laboratoire Environnement Profond, en utilisant ces outils à partir de submersibles habités et inhabités. Elle obtient une habilitation à diriger des recherches en chimie marine et biogéochimie en 2005. Elle est professeur à l'université Paris 6 depuis 2009 et depuis 2010 elle est directrice du laboratoire d'Ecogéochimie des Environnements Benthiques (LECOB), rattaché à la station marine de Banyuls. Elle est titulaire de la Chaire Total « environnement marin extrême, biodiversité et changement global ».

Elle a coordonné en 2004 un groupe de recherche sur les interactions biogéochimiques aux sources hydrothermales pendant InterRidge.

Elle a aussi coordonné le groupe de recherche européen Diwood sur la faune associée aux bois coulés (2009-2012). À cette occasion, des collaborations de recherche avec l'équipe de Sarah Samadi (chef de mission de plusieurs campagnes MUSORSTOM-TDSB) sur la faune associée aux bois coulés.

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

Chef de mission de plusieurs campagnes d'exploration des sources hydrothermales et d'autres environnements chimiosynthétiques depuis les années 2000.

### **Jean-François Minster**

Il est polytechnicien et écrit une thèse en géophysique. Il est géochimiste et met au point des outils adaptés aux conditions de température et de pression pour les sources hydrothermales.

Il monte et dirige le laboratoire d'Océanographie et de Géophysique de Toulouse (Legos) entre 1985 et 1996.

Il dirige le département INSU du CNRS de 1996 à 2000.

Il est directeur IFREMER de 2000 à 2005.

Il est directeur scientifique Général du CNRS de 2005 à 2006.

Il est ensuite directeur scientifique à TOTAL de 2006 à 2016.

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

Il participe aux premières campagnes sur les sources hydrothermales.

### **Michel Ségonzac**

Michel Ségonzac est spécialiste des crevettes hydrothermales.

Il a une maîtrise en biologie végétale à Toulouse en 1968.

Pour son service militaire, il est volontaire d'aide technique (VAT) pour répertorier les oiseaux marins des îles Crozet. Il suit une courte formation au MNHN de Paris en ornithologie. Il devient ensuite contractuel au MNHN de Paris pour analyser selon une approche écologique les données d'observation sur les oiseaux marins issues de son service sur les îles Crozet. Par la suite, il devient assistant scientifique pour travailler dans un parc national au Sénégal.

De 1974 à 2014, Michel Ségonzac met en place et gère le centre national de tri d'océanographie biologique CENTOB, rattaché au CNEXO puis à IFREMER. Deux campagnes du programme TDSB - BIOGEOCAL (1987) et BIOCAL (1989) - vont passer par ce centre pour être trié, Claude Monniot (taxonomiste MNHN des ascides-tuniciers) à cette époque est à la direction scientifique du CENTOB.

- ***Expérience en campagnes océanographiques***

Michel Ségonzac participe à des campagnes françaises d'exploration des sources hydrothermales, dès 1984, et aux campagnes BIOGAS.

## **2 - Thèmes abordés lors des entretiens**

Cette section est consacrée à la présentation sous forme de tableau des thèmes qui font l'objet des entretiens. Le tableau ChapI-1 a pour but de faire ressortir ce que les acteurs du

programme MUSORSTOM-TDSB considèrent comme ses principaux enjeux et de mettre au jour leurs attentes et leurs analyses en première personne.

Les entretiens ont duré en moyenne entre 1h et 1h30. Hormis pour Anne-Marie Alayse dont l'échange s'est passé par téléphone et Ralph Mana, les entretiens ont tous été enregistrés. Certains échanges réguliers n'ont pas été intégrés formellement comme des entretiens et ne sont pas synthétisés dans cette section. C'est le cas des échanges avec Sarah Samadi ou Nicolas Puillandre, avec qui, bien que participants et chefs de mission de certaines campagnes TDSB, il n'y a pas eu d'entretien formel mais de très nombreuses discussions sur les campagnes au cours de la thèse. De plus, des échanges avec des taxonomistes amateurs de mollusques gastéropodes ont eu lieu à plusieurs reprises sans qu'ils soient formalisés sous forme d'entretien enregistré. Ces échanges ont permis de discuter de leur place dans le réseau de taxonomistes académiques d'un point de vue sociologique. Ainsi, nous avons discuté de la manière dont ils ont été sollicités, de leur catégorie socio-professionnelle, de leur formation à la taxonomie et de leur accès à la production scientifique. Si ces échanges n'ont pas été synthétisés dans cette section, ils ont toutefois été utilisés dans les analyses du réseau des auteurs qui contribuent aux articles sur les mollusques présentés au chapitre 3.

Le tableau ci-dessus présente les principaux éléments qui ont été abordés lors des entretiens. Il s'agit des développements techniques qui ont marqué leur pratique d'exploration, des hypothèses scientifiques, des pratiques de terrain ou bien encore l'organisation de la recherche au niveau institutionnel. Ils seront repris et documentés pour présenter de façon systématique le contexte technique, scientifique et institutionnel du programme Musorstom-TDSB dans la section 2 ci-dessous.

Personne Interrogée & date de l'entretien	Thèmes abordés
<b>Philippe Bouchet</b> Février 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expérience en Nouvelle-Calédonie</li> <li>• Rapport avec les recherches autour des sources hydrothermales</li> <li>• Les débuts dans les campagnes MUSORSTOM</li> <li>• Originalité du programme</li> <li>• Stratégie d'échantillonnage</li> <li>• Place de la macro-écologie dans les résultats des campagnes TDSB</li> <li>• Lien avec les ateliers côtiers.</li> </ul>
<b>Laure Corbari</b> Juillet 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pratique récente de terrain des sources hydrothermales versus programme TDSB</li> <li>• Composition disciplinaire des équipes des sources hydrothermales</li> <li>• Lien entre les thématiques de recherche bois coulés et sources hydrothermales</li> <li>• Impact des engins traînants</li> <li>• Place de l'image dans les explorations</li> </ul>
<b>Alain Crosnier</b> Sept. 2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place du programme et contexte de la recherche du « fossile-vivant » <i>Neoglyphea inopinata</i></li> <li>• Le centre ORSTOM de Madagascar pendant l'indépendance et le navire de recherche le <i>Vauban</i></li> <li>• Lien et contribution de l'ORSTOM /IRD avec le MNHN pour le programme MUSORSTOM-TDSB</li> <li>• Mise en place de la valorisation des campagnes : depuis la mise en place du réseau de taxonomistes jusqu'aux publications (mémoires du muséum).</li> <li>• Don de spécimens entre taxonomistes et enjeux pour conserver les holotypes au MNHN.</li> <li>• Sur la notion d'espèce</li> </ul>
<b>Benoît Dayrat</b> Mai 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La place de la phylogénie moléculaire à partir de 1996 au MNHN et incidence sur le terrain</li> <li>• Pratiques de terrain des campagnes entre 1997 et 2001</li> </ul>

<b>Personne Interrogée &amp; date de l'entretien</b>	<b>Thèmes abordés</b>
<b>Cécile Debitus</b> Janvier 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme SMIB</li> <li>• Pratique du terrain : stratégie d'échantillonnage des campagnes SMIB</li> <li>• L'accès au bateau pour les campagnes</li> <li>• Implication légale sur les récoltes de spécimens pour extraire des substances naturelles à des fins médicamenteuses</li> </ul>
<b>Pierre Lozouet</b> Octobre 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place des bases de données des collections des invertébrés marins (INVMAR) au MNHN de Paris</li> <li>• Evolution de la composition des équipes pour les campagnes</li> <li>• Comparaison des pratiques de terrain en fonction des différentes campagnes.</li> <li>• Impact de la structuration des collections du MNHN en 2000.</li> <li>• Importance de la recherche des Fossiles vivants en Nouvelle-Calédonie</li> <li>• Sur l'évolution de la place du programme MUSORSTOM – TDSB dans le temps dans les collections</li> </ul>
<b>Ralph Mana</b> Octobre 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression sur l'exploitation des fonds marins de Papouasie-Nouvelle Guinée</li> <li>• Contribution des campagnes TDSB pour alimenter le débat sur l'impact de pression anthropogénique sur le fond.</li> </ul>
<b>Bertrand Richer de Forges</b> Octobre 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La place de l'endémisme dans les axes de recherche de ce programme.</li> <li>• Structure ORSTOM-IRD de Nouvelle-Calédonie : équipe de recherche et accès au navire</li> <li>• Programme international Censeam</li> <li>• La notion de fossile-vivant</li> </ul>
<b>Anders Warèn</b> Février 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La notion de fossiles vivants et les raccourcis qu'elle entraîne</li> <li>• Construction de la drague warèn</li> <li>• Etats des lieux des liens sur le réseau des taxonomistes des sources hydrothermales et ceux en dehors des sources hydrothermales</li> <li>• L'importance de la contribution des amateurs au programme TDSB</li> </ul>

Personne Interrogée & date de l'entretien	Thèmes abordés
<b>Françoise Gaill</b> Septembre 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décalage technique de l'océanographie aux Etats-Unis par rapport à la France au début de l'exploration des sources hydrothermales</li> <li>• Structuration du CNRS et du MNHN entre 1980 et 2014</li> <li>• Incidence de la notion de biodiversité : évolution des approches disciplinaires et implication dans la programmation des axes de recherche</li> <li>• Lien entre la recherche autour des sources hydrothermales et la recherche sur les habitats autres (faune des bois coulés) liées aux campagnes TDSB</li> <li>• Mise en place de la commission Flotte (COSS)</li> <li>• La mise à disposition des moyens de recherche en mer et leur répartition entre les différents partenaires et en fonction des axes de recherche.</li> <li>• L'intérêt du navire de recherche <i>Alis</i>, utilisé pendant les campagnes TDSB par rapport aux autres navires.</li> </ul>
<b>Michel Roux</b> Janvier 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impact de la théorie de la tectonique des plaques en océanographie</li> <li>• Evolution des techniques bathymétriques (pinger – sondeur multifaisceaux)</li> <li>• Intérêt du choix de la Nouvelle-Calédonie pour réaliser Calsub</li> <li>• Découverte de <i>Gymnocrinus richeri</i> et la place des fossiles-vivants dans le discours scientifique</li> </ul>
<b>Anne-Marie Alayse*</b> Octobre 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisation de la commission flotte française hauturière</li> <li>• Mise en place de l'évaluation au sein de la commission flotte.</li> </ul>



Personne Interrogée & date de l'entretien	Thèmes abordés
<p><b>Daniel Desbruyères</b> Avril 2017</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'exploration des sources hydrothermales et les collaborations à l'échelle internationale</li> <li>• Causes et impacts du biais d'échantillonnage sur les sources hydrothermales.</li> <li>• Approche exploratrice des sources hydrothermales et la place de l'image.</li> <li>• Réseau des taxonomistes des sources hydrothermales et tri des spécimens : sur les enjeux de la description des spécimens</li> <li>• Récit du début de l'exploration des sources hydrothermales</li> <li>• Contexte de la description des « fameux » vers de Pompéi (<i>Alvinella pompejana</i>).</li> <li>• Perspectives appliquées des sources hydrothermales (biotechnologie).</li> <li>• Hypothèse des chimistes sur les origines de la vie et conséquences sur les scénarios évolutifs et sur les actes de nomenclature posés sur la faune des sources hydrothermales</li> </ul>
<p><b>Nadine Le Bris</b> Octobre 2014</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caractérisation de l'approche interdisciplinaire -géologie, physique et chimie avec la biologie -de la communauté des chercheurs autour des sources hydrothermales et des milieux chimiosynthétiques.</li> <li>• Implication des pratiques de terrain sur la perception de la biodiversité</li> <li>• Mise en place de l'écologie fonctionnelle et des outils pour explorer les environnements extrêmes.</li> <li>• Dynamique et choix des sites explorés pour les sources hydrothermales. Implication de la notion de <b>sites modèles</b> pour la recherche.</li> <li>• Place d'Ifremer dans l'exploration des sources hydrothermales</li> <li>• Démarche expérimentale de l'étude des adaptations aux environnements chimiosynthétiques et pratique du terrain TDSB des campagnes de la série BOA (et notamment de la pose des casiers)</li> </ul>

Personne Interrogée & date de l'entretien	Thèmes abordés
<b>Jean-Francois Minster</b> Août 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Structuration d'Ifremer entre 2000 et 2005</li> <li>• Dynamique des liens entre recherche et industriels en océanographie</li> <li>• Influence de la notion de biodiversité dans la structuration des programmes de recherche en océanographie</li> <li>• Les disciplines des équipes de recherche impliquées dans l'exploration des sources hydrothermales au début de leur découverte</li> <li>• La place du mécénat Total dans les programmes de recherche et dans les campagnes d'exploration océanographique</li> </ul>
<b>Michel Ségonzac</b> Novembre 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le début des campagnes sur les sources hydrothermales</li> <li>• La montée du centre de tri du CENTOB et les liens avec le muséum (y compris le programme TDSB)</li> <li>• Les campagnes BIOGAS.</li> </ul>

**Tableau ChapI-1.** Liste des personnes interrogées et thèmes abordés. Le code couleur correspond aux catégories présentées dans le texte. En jaune d'or les participants actifs ; en jaune, les participants secondaires ; en jaune clair, ceux qui n'ont pas participé aux campagnes MUSORSTOM-TDSB.

## II – Contexte scientifique, technique et institutionnel du programme MUSORSTOM-TDSB

Cette section a pour but de présenter les principaux éléments techniques, scientifiques et institutionnels qui prévalaient au début du programme MUSORSTOM-TDSB afin de mettre au jour les principales transformations de ces trois domaines qui l'ont affecté au cours des quarante dernières années.

### 1 - Voir les fonds : cartographie et observation

Lors de la première campagne MUSORSTOM en 1976, les récoltes se font quasi à l'aveugle. On ne dispose pas de carte bathymétrique précise des fonds, on connaît mal le relief. Une étape marquante des années 1980 est l'acquisition du sondeur multifaisceaux sur les navires

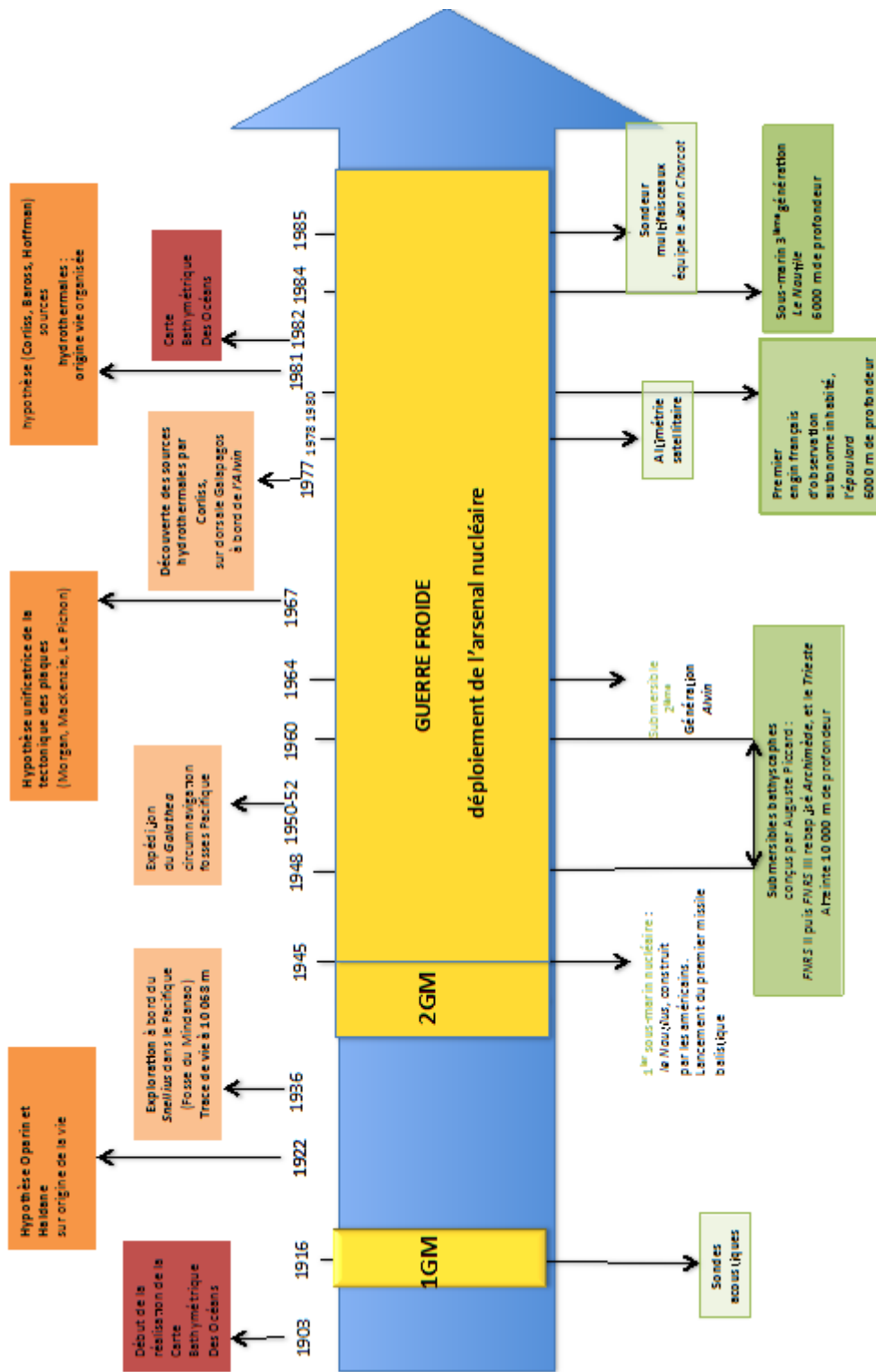
de recherche français et l'utilisation de l'altimétrie satellitaire qui améliorent considérablement la précision des données bathymétriques. Le sondeur multifaisceaux est un système sonar qui permet de cartographier les fonds marins avec une haute résolution et précision, sur une large bande de part et d'autre de la route du navire (fauchée d'environ 4 fois la hauteur d'eau) (LGO, s.d.). Le sondeur émet une onde acoustique qui se propage dans la colonne d'eau, se réfléchit sur le fond et retourne au sondeur. Les sondeurs multifaisceaux sont des sondeurs bathymétriques ayant en complément une fonction imagerie qui permet d'acquérir simultanément l'information sur la profondeur et la nature du fond (SHOM, s.d.). La démonstration de sa performance est mise en avant lors d'une expédition de 1971. Le CNEXO (voir ci-dessous) et la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ont en effet lancé un programme franco-américain FAMOUS (French American Under Sea Study) entre 1971 et 1974, qui a pour principal objectif d'identifier les phénomènes géologiques qui se produisent sur la marge d'une plaque en voie de formation, vers 3000 m de profondeur. Les submersibles utilisés sont l'Alvin du côté américain, la soucoupe Cyana et le bathscaphe l'Archimède du côté français. L'objectif est de cartographier une zone sur 100 km, moitié par les Américains, moitié par les Français. Ce travail fut réalisé en une journée par les Américains, équipés à bord d'un sondeur multifaisceaux, là où les Français mirent un mois. Non seulement les données de ce programme confirment la théorie de dérive des continents, mais en plus les performances du sondeur multifaisceaux furent sans appel (Laubier, 1992). Le *Jean Charcot* fut le premier navire de recherche français à être équipé du sondeur multifaisceaux à partir de 1985 (Figure ChapI-1) et la campagne BIOCAL du programme MUSORSTOM-TDSB qui se déroula la même année en a bénéficié. La maîtrise de cet outil implique aussi celle du logiciel de traitement des données associé (Doumenge, 1990). Si le *Jean Charcot* est équipé d'un sondeur multifaisceaux en 1985, ce n'est qu'en 2001 qu'il équipe le navire de recherche *Alis* fréquemment utilisé pendant le programme TDSB (DTSI, 2009). Avant, les marins de l'*Alis* se débrouillent avec les quelques données satellites et les cartes peu précises, on ne disposait alors pas d'information sur la nature du fond. Beaucoup de monts-sous-marins ont été découverts pendant les campagnes en Nouvelle-Calédonie (Bouchet, Héros, Lozouet, & Maestrati, 2008a). Comme le passage ci-dessous extrait de l'entretien avec Michel Roux en témoigne, c'est la combinaison des deux types de données - par le satellite et par le sondeur multifaisceaux - qui permet d'avoir des cartes bathymétriques précises. Il a fallu attendre les années 1990 pour que la couverture des satellites soit suffisante et assurer un repère fiable pour étalonner les cartes reconstruites à

partir des données du sondeur multifaisceaux Sea-Beam dont le Navire Jean-Charcot était équipé.

*« Les deux avancées marquantes au 20<sup>e</sup> siècle sont le sondeur multifaisceaux et les satellites. Mais avant que l'un comme l'autre soit assez précis, il a fallu attendre un peu. Effectivement, l'arrivée des satellites de communication se fait dans les années 70 mais avant qu'il y ait assez de satellites pour être efficace – surtout dans les zones pas peuplées, comme au milieu de la mer – il a fallu attendre. Pendant la campagne CALSUB en 1989, on disposait de cartes seabeam [faites au sondeur multifaisceaux] faites par le Jean Charcot mais pour descendre en soucoupe à un site particulier, ça restait pas évident. Pour être précis, on utilisait un pinger, bâton qui émet des ondes acoustiques et on peut retrouver le site grâce aux ondes. Ce procédé était très souvent utilisé pour retrouver les sites des sources hydrothermales. Le problème est que le pinger était très cher et que souvent on cherchait à les récupérer, ce qui pouvait être très long et gaspiller notre temps bateau. Les cartes seabeam utilisées pendant la campagne CALSUB se calaient d'après des cartes marines. Or, pendant cette campagne, on a vraiment eu la chance de pouvoir bénéficier d'un point impeccable donné par les satellites, un coup de bol ! Les cartes seabeam nous indiquait une information incohérente : au milieu de la mer, la carte nous positionnait sur la terre. On n'était pas très loin de la côte non plus, mais cela voulait dire que ces cartes étaient décalées, même si les mesures étaient finalement bonnes mais décalées. Pour utiliser le sondeur multifaisceaux bien, il faut bien le caler. Dans les années 90, la multiplication des satellites de communications a permis une progression importante. Plus besoin de pinger pour retrouver les sites. Il y a vraiment eu un bon en avant grâce aux satellites de télécommunications. » (Entretien Michel Roux)*

En plus d'outils qui permettent de faire des cartes bathymétriques précises, la possibilité d'observer la faune marine des profondeurs, comme au cours de la campagne CALSUB avec la soucoupe CYANA, modifie profondément le rapport à la faune y résidant. Effectivement, ces images vont permettre de donner des informations inaccessibles jusque là sur l'habitat et la manière dont la faune vit. Mais au-delà de l'intérêt scientifique, biologique et géologique que permettait une telle avancée technique, c'est aussi une course à la performance technique pour conquérir les profondeurs qui s'engage. Les bathyscaphes sont des submersibles conçus pour que des hommes puissent aller explorer au plus profond. Depuis le premier bathyscaphe – baptisé FNRS II - réalisé par Auguste Piccard en 1939, dont la première mise à l'eau en 1948 se fait avec Théodore Monod à bord et permettra d'atteindre 25 mètres de profondeur, on atteindra en 1960 les 10 916m de profondeur (Figure ChapI-1).

Suite à la première mise à l'eau du FNRS II, le commandant Jean-Yves Cousteau et Philippe Tailliez entreprirent d'améliorer la conception du bathyscaphe en construisant le FNRS III, avec le soutien du FNRS (Fond national de la recherche scientifique belge), de la Marine nationale Française et du CNRS.



FigureChapI-1 – Frise sur les techniques et grandes explorations et hypothèses scientifiques

De vives tensions entre Auguste Piccard et les institutions françaises apparurent rapidement après la signature de la convention franco-belge, si bien qu'Auguste Piccard confia aux chantiers navals de Trieste la construction du nouveau bathyscaphe, le Trieste. C'est finalement le FNRS III qui fut terminé en premier, en 1953, suivi du Trieste, quelques mois plus tard. La convention franco-belge stipulait que si l'engin dépassait les 2000 m de profondeur, il deviendrait propriété de la France. Ce fut une véritable compétition qui s'engagea entre les deux submersibles à celui qui irait le plus profond, assistée par les médias. Le FNRS III atteignit rapidement les 2100 m de profondeur, alors que le Trieste en était encore à 40 m de profondeur, bien que, très peu de temps après, ce dernier atteignit les 3150 m. Le FNRS III fut remis à la France, et en 1954, ce dernier atteint son record de 4 050m, qu'il ne dépassa jamais par la suite. Une nouvelle quête franco-américaine s'engagea par la suite : le projet B 11 000 fut concrétisé par une convention FNRS, CNRS, Marine nationale Française pour que le FNRS III rebaptisé l'Archimède atteigne les plus grandes profondeurs (au moins 10 000 m de profondeur) alors qu'Auguste Piccard, avec l'appui financier de la marine Américaine, continua à perfectionner le Trieste pour dépasser lui aussi les 10 000 m de profondeur. Dans nouvelle cette course à la profondeur, le Trieste se posa le 23 Janvier 1960 à 10 916 m, dans la fosse du Challenger (Figure ChapI-1).

A partir des années 1950, les observations *in situ* grâce aux submersibles modifient les représentations de la diversité marine. Ces observations mettent en évidence que la faune abyssale abrite des organismes communs. Cette idée est illustrée dans cet extrait de Jacques Piccard, écrit à la suite de sa plongée record à 10 910 mètres dans la fosse des Mariannes, le 23 janvier 1960 :

Au moment où nous arrivâmes sur le fond, après quatre heures et trente minutes, nous eûmes la chance immense de voir, juste au milieu du cercle de lumière apportée par un de nos projecteurs, un poisson. Ainsi donc, en une seconde, mais après des années de préparation, nous pouvions répondre à la question que des milliers d'océanographes s'étaient posée. La vie, sous forme supérieurement organisée, était donc possible quelle que soit la profondeur (IFREMER, s. d.)

Les plus grandes profondeurs s'offrent alors à l'œil des scientifiques, comme la fosse de Porto-Rico en 1964, qui descend jusqu'à 8 400m de profondeur, la fosse de Matapan (Grèce) en 1965, les fonds volcaniques au large de Madère (1966), les Fosses du Japon (1967) et la région orientale des Açores entre Sao Miguel et Santa Maria (1969).

Les submersibles sont équipés de moyens de prélèvements, comme l'*Archimède* qui possède une benne et un carottier, mais ils sont encore peu performants.

Ces bathyscaphes permirent d'observer notamment *la neige marine*, filaments divers en suspension dans l'eau, et d'appréhender aussi l'importance de ce flux organique vers les milieux profonds. Ils sont conçus pour atteindre de grandes profondeurs. Pour résister aux fortes pressions, ils sont fabriqués en acier, ce qui les rend très lourds, peu mobiles et difficilement embarquables.

Le premier submersible léger grande profondeur est l'*Alvin*, financé par la Marine américaine et mis à l'eau en 1964. Il atteint jusqu'à 4 500 mètres de profondeur et permet d'embarquer un pilote et deux scientifiques. En France, c'est en 1969 qu'est mis à l'eau le premier submersible léger, baptisé soucoupe *Cyana*, pouvant aller jusqu'à 3000 mètres de profondeur avec un pilote et un scientifique. Ces submersibles sont équipés de paniers de prélèvement et d'un bras télémanipulateur qui permet de saisir des objets et de manier des instruments. Cela permet de compléter les images prises à bord par les appareils photo avec quelques prélèvements.

Le *Nautile* est le submersible français de troisième génération, mis en service en 1984, qui permet d'aller jusqu'à 6000 mètres de profondeur (Figure ChapI-1). Ses moyens de prise de vue et de prélèvement sont perfectionnés par rapport à ses prédécesseurs. Il est aussi équipé de capteurs qui permettent d'obtenir des mesures chimiques variées (depuis la température jusqu'à la conductivité de l'eau de mer). De plus, le *Nautile* peut être relié par un câble à un robot (Remotely Operated Vehicle -ROV) qui permet d'aller dans des zones inaccessibles pour le *Nautile*.

L'*Epaulard* est le premier engin français d'observation autonome inhabité (Autonomous Underwater Vehicle - AUV) et peut atteindre jusqu'à 6000 mètres de profondeur. Le navire support lui transmet son trajet par voie acoustique. L'engin est équipé d'un appareil photo puis, à partir de 1983, il est doté d'un système de transmission d'image télévisuelle par voie acoustique.

Dans cette course internationale à la conquête des profondeurs, les moyens navals de la recherche française – surtout du CNEXO – comptent parmi les plus développés et les seuls en Europe.

Comme on le verra en détail dans la section suivante, les sources hydrothermales sont découvertes par les Américains en 1977 à 2 500 m de profondeur au niveau de la dorsale des Galapagos (Lonsdale, 1977; Corliss et al., 1979). Les campagnes françaises d'exploration des sources hydrothermales ont par la suite recours aux moyens navals de haute technologie,



submersibles et robots. L'exploration de ces sites requiert en effet de disposer de submersibles et d'adapter les outils de prélèvements à ces conditions physico-chimiques extrêmes. Tous les pays ne disposaient pas des moyens navals nécessaires à une telle exploration et la France était le seul pays européen à pouvoir le faire, fin des années 1970. *« Les pays qui ont développé des programmes d'exploration des sources hydrothermales sont ceux qui disposaient des moyens nécessaires, submersibles et navire de recherche. Les pays qui en disposaient sont les Américains, les Russes, les Canadiens et les Français. La France était le seul pays européen qui pouvait avoir les moyens d'une telle exploration. »* (Entretien Daniel Desbrières)

Les sections 2 et 3 cherchent à caractériser le contexte scientifique commun au programme d'exploration des sources hydrothermales et au programme MUSORSTOM-TDSB afin d'identifier leurs différences ainsi que l'impact du premier sur le second.

## **2 - La découverte des sources hydrothermales et la fin du paradigme "pas de lumière, pas de vie"**

Les sources hydrothermales sont situées à des profondeurs très variables, de la zone intertidale aux abysses (Tarasov, Gebruk, Mironov, & Moskalev, 2005) au niveau des dorsales, où on trouve des volcanisme-sous-marins (Jannasch & Mottl, 1985). Les émissions de fluides sur ces sites sont liées à l'activité volcanique. Les fluides résultent de la percolation de l'eau de mer dans la croûte océanique nouvellement formée et leur nature est déterminée par la composition des roches traversées. Les fluides remontant vers la surface de la croûte présentent, à leur sortie dans l'eau de mer, de faibles teneurs en oxygène, et des teneurs élevées en métaux lourds, en hydrogène sulfuré et parfois en méthane (Tunnicliffe, Juniper, & Sibuet, 2003). Les fluides formés en profondeur dans la croûte océanique ont des températures très élevées, pouvant atteindre 410 °C. Au contact de l'eau de mer froide, les métaux dissouts précipitent avec les sulfures et forment des structures minérales complexes appelées fumeurs noirs.

L'intérêt scientifique pour les sources hydrothermales est immédiat (Hammond, Embley, & Baker, 2015) tant du point de vue des géosciences que de celui de la biologie. L'approche exploratoire des sources hydrothermales est bien différente de l'exploration océanographique naturaliste classique, aussi bien par rapport aux outils développés – véritables défis de haute technologie comme on l'a vu - que par rapport aux disciplines scientifiques mobilisées pour son étude. Dans un article de synthèse sur les connaissances et les développements

technologiques engendrés par le programme de la NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) sur les sources hydrothermales de 1983 à 2013, les auteurs parlent l'émergence d'une nouvelle discipline en biologie marine avec l'exploration de ces sources « Marine biologist founded an entirely unanticipated discipline. » (Hammond et al., 2015)

Les photos prises à bord de l'Alvin lors de la découverte des sources hydrothermales en 1977 montrent une faune abondante vivant à 2500 mètres de profondeur. Elles sont présentées au premier symposium de *Deep-Sea Biology* en août 1977 quelques mois après leur découverte. « *Les biologistes présents au Colloque - y compris moi-même - ont eu du mal à croire que ces photos étaient vraies et pas truquées, tellement on avait une vision d'un milieu profond quasi désertique. On avait bien conscience pourtant avant qu'il existait des alternatives énergétiques on reléguait ça à quelques curiosités taxonomiques. Les chercheurs n'arrivaient pas à croire ce que les images renvoyaient, que la vie pouvait être aussi foisonnante dans les profondeurs et qu'elles n'étaient pas aussi homogènes que ce qu'on pensait* ». (Entretien Daniel Desbruyères)

Ce que révèle cette réaction, c'est que les biologistes s'affranchissaient difficilement, à l'époque, de l'idée selon laquelle les fonds marins ne sont pas uniformes en terme d'habitat et que la faune qui y réside n'est pas uniquement dépendante de ce qui tombe de la surface.

Cette représentation, dont on peut faire remonter les prémisses à la théorie azoïque développée par Edward Forbes (Forbes, 1844) au 19<sup>e</sup> siècle, se fonde sur le raisonnement selon lequel étant donné qu'il n'y a pas de lumière dans les profondeurs, la source principale de nourriture provient de la décomposition de la matière organique produite par photosynthèse en surface. Selon cette hypothèse, plus on descend, moins il y a de matière organique disponible et donc moins les organismes sont abondants. Cette hypothèse est développée par Moseley dès la fin 19<sup>e</sup> siècle qui suggère que c'est le manque de nourriture disponible qui limite l'abondance des animaux dans les grandes profondeurs (Samadi, 2015). Cette hypothèse semble encore persistante au 20<sup>e</sup> siècle.

Ceci est d'autant plus surprenant qu'avant même la découverte des sources hydrothermales marines, comme le souligne Daniel Desbruyères, on avait mis en évidence l'existence de processus chimiosynthétiques qui démontraient qu'une autre source d'énergie primaire que la lumière était possible et que des écosystèmes pouvaient proliférer. Comme développé dans l'article de Rowe et Staresinic en 1979, même si on ne savait pas encore estimer quelle était la

source primaire principale du carbone organique disponible dans les profondeurs, on connaissait déjà l'existence de différentes sources (bois coulés, carcasses de vertébrés) à partir desquelles on voyait proliférer une faune.

A recent expedition to the Galàpagos spreading center in the eastern tropical Pacific has discovered a rich deep-sea fauna associated with hydrothermal vents in the earth's crust. At present, biomass estimates are not available but it is quite clear from photographs that standing stocks of the community which clusters around these fissures are beyond all values which might have been predicted. It is tantalizing to suggest that the abnormally high levels of biomass which characterize these deep-sea « oases » are supported by the primary carbon production of chemoautotrophic sulphur bacteria growing on the H<sub>2</sub>S-enriched waters which emanate from the hot springs. (Rowe and Staresinic, 1979)

La découverte des sources hydrothermales met définitivement fin au paradigme « pas de vie sans lumière » (Ackert, 2007) et montre une fois pour toute qu'il pouvait y avoir une vie foisonnante sans lumière.

On aurait pu abandonner le paradigme « pas de vie sans lumière » bien avant la découverte des sources hydrothermales. En effet, le processus de chimiosynthèse a été mis au jour dès la fin du XIXe siècle. Le terme de « chimiosynthèse » englobe au sens large les processus qui permettent la synthèse de molécules carbonées à partir d'énergie chimique ; on l'associe à différents types de métabolismes en fonction de la nature organique ou minérale du carbone et du donneur d'électrons. Les organismes capables de chimiosynthèse sont des procaryotes, vivant sous forme libre ou symbiotique. Quand on parle de chimiosynthèse, on fait souvent référence aux métabolismes chimioautolithotrophes caractéristiques des organismes qui synthétisent des molécules à partir d'une source de carbone inorganique (autotrophie), en utilisant l'énergie obtenue à partir de réactions d'oxydation (chimiotrophie) de composés réduits de nature minérale (lithotrophie). La mise en évidence du processus de chimiosynthèse a été faite en 1887 par Winogradsky (Dworkin, 2012). Cette hypothèse est le résultat d'observations et d'expérimentations réalisées par lui-même sur des bactéries de sources chaudes terrestres riches en sulfate. Il a étudié la bactérie filamenteuse *Beggiatoa* chez laquelle la présence intracellulaire de granules de sulfure avait déjà été décrite. Le premier objectif de Winogradsky était de déterminer si le sulfure contenu dans ces granules résultait de la réduction du sulfate ou de l'oxydation du H<sub>2</sub>S. Une expérimentation simple lui a permis de montrer qu'en présence de sulfate, les bactéries finissent pas mourir alors qu'au bout de 24h en présence d'H<sub>2</sub>S, les bactéries sont pleines de granules de sulfates. Une fois mis en

évidence le processus d'oxydation du H<sub>2</sub>S, Winogradsky s'interroge sur la fonction des granules :

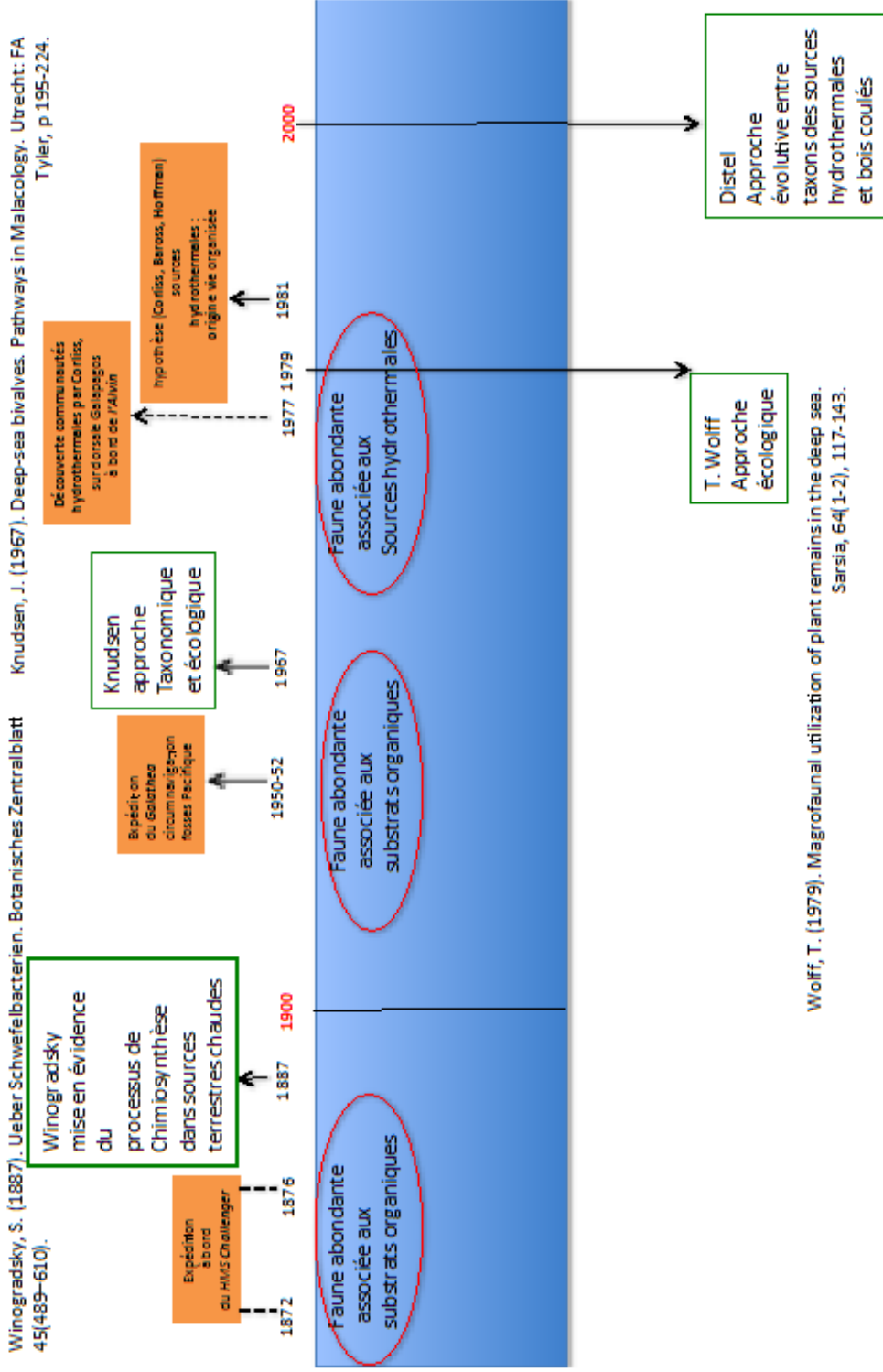
The core of this question was why does *Beggiatoa* need so much sulfur ; what meaning does it have for its life processes ? ... Is it assimilated or excreted ? (...) The sulfur in these organisms is the sole respiratory source, and in that sense plays the same role as that of carbohydrate in other organisms (Winogradsky, 1887)

Ces travaux, ainsi que ceux développés sur les bactéries nitrifiantes, le conduisent à proposer le processus de chimiosynthèse (Ackert, 2007). Ce processus est décrit par Winogradsky comme un processus alternatif à la production primaire de photosynthèse. Cependant, ce nouveau système de production primaire est décrit en relation à des organismes issus de milieux terrestres marginaux, les sources chaudes terrestres de sulfure. C'est parce qu'on l'a confiné à ces habitats marginaux que la prise en considération de ce processus, qui permettait pourtant de mettre fin au paradigme « *pas de vie sans lumière* » n'a pas eu cet effet.

La faune associée aux bois coulés, quant à elle, est décrite comme une curiosité taxinomique (Samadi et al., 2010). On en collecte des échantillons dès l'expédition du Challenger fin 19<sup>e</sup> siècle sans prendre leur habitat en considération (voir par exemple (Knudsen, 1961)). Ce n'est que beaucoup plus tard que l'on a pris conscience des spécificités de cet habitat et de leur importance pour la connaissance des fonds marins (Wolff, 1979). Les symbioses avec des bactéries chimiosynthétiques ne sont suspectées qu'à partir de 1995 (Leschine, 1995).

En 1984, soit sept ans après la découverte des sources hydrothermales, les premiers articles sont publiés pour rendre compte de l'importance du rôle des bactéries chimiosynthétiques dans cet écosystème (Jannasch and Craig, 1984). C'est chez l'annélide Siboglinidae *Riftia pachyptila* que sont mises en évidence des symbioses avec les bactéries chimiautotrophes sulfo-oxydantes au niveau du trophosome (C. Cavanaugh, Gardiner, Jones, Jannasch, & Waterbury, 1981). L'annélide alimente les bactéries en sulfure et en oxygène prélevés par son panache branchial. Les bactéries synthétisent des molécules carbonées à partir du carbone inorganique dissous dans le sang de l'annélide. Ces molécules sont récupérées par l'hôte pour son métabolisme propre, soit directement soit après digestion des bactéries symbiotiques (Bright, Keckeis, & Fisher, 2000).

Le lien entre les écosystèmes chimiosynthétiques des sources hydrothermales, les suintements froids et les bois coulés est tardif, comme la frise Figure ChapI-2 le résume.



**Figure ChapI-2.** Frise indiquant les premières récoltes de spécimens associés à des écosystèmes chimiosynthétiques et les articles clés rendant compte des étapes de leur interprétation.

C'est en 2000 que Distel et collaborateurs (Distel et al., 2000) vont s'appuyer mettre en évidence une proximité évolutive entre les moules géantes des sources hydrothermales et les très petites moules associés aux bois coulés et carcasses de baleine. Une avancée scientifique majeure de cet article est de montrer que ces organismes spécialisés des sources hydrothermales ont une origine beaucoup plus récente, que ce qu'on a pensé lors de leur découverte. En revanche, l'analyse se fonde sur un échantillonnage biaisé en faveur des moules géantes des sources hydrothermales et suintement froid par rapport aux très petites moules des bois coulés et carcasses de baleine. Ce biais correspond à l'échantillonnage dont on disposait en 2000. Le scénario évolutif proposé est assez simpliste et linéaire, affirmant que la colonisation de la faune des sources hydrothermales passe par une première étape de colonisation des substrats organiques (carcasse de baleine et bois coulés). Cette hypothèse est dite de « l'étape par le bois » ou « wooden step hypothesis ». Les lacunes de connaissances liées au manque d'échantillonnage de la faune marine des bois coulés et des carcasses de baleine sont les motivations scientifiques mises en avant pour la réalisation d'une série de campagnes menées à partir de 2004 dans la zone indo-ouest pacifique par le programme TDSB. Les campagnes de la série BOA (Biodiversité des Organismes Associés aux bois coulés) –Salomon 2 (2004), BOA 0 (2004), BOA 1 (2005), SantoBOA (2006) SalomonBoA 3 (2007) et BIOPAPUA (2010) - ont permis de collecter des spécimens associés aux bois coulés et d'étudier leur symbiose. Cette série est intégrée dans l'initiative européenne GRDE (Groupement De Recherche Européen) DiWood « Diversity, establishment and fonction of organims associated to marine wood falls ». Ce groupe de recherche est le reflet de l'intérêt de la communauté scientifique pour combler les lacunes sur les environnements des bois coulés – moins emblématiques que les sources hydrothermales - afin de caractériser les étapes du processus de colonisation des bois coulés en milieu profond et les modalités d'interactions des organismes avec le bois. Cet axe de recherche est porté par la communauté de chercheurs spécialistes des environnements chimiosynthétiques emblématiques (sources hydrothermales et suintements froids) et des naturalistes du programme TDSB (équipe de Sarah Samadi). Cette recherche autour des bois coulés doit permettre à terme de croiser les recherches sur les différents écosystèmes chimiosynthétiques. Des spécimens associés aux bois coulés récoltés pendant les campagnes BOA, ont été séquencés et ont fait l'objet d'analyse phylogénétique afin ré-équilibrer l'échantillonnage en fonction des différents habitats marqués par des symbioses chimiosynthétiques. Les scénarios évolutifs qui en résultent (comme Lorion, Duperron, Gros, Cruaud, & Samadi, 2009; ou encore comme Thubaut, Puillandre, Faure, Cruaud, & Samadi, 2013) sont plus complexes que ceux suggérés par Distel et al., 2000.

Aujourd'hui, grâce aux données rassemblées sur les autres écosystèmes des fonds marins, on se rend compte que la plupart des taxons ne sont pas endémiques (au sens écologique) des sources hydrothermales :

Even if almost 40 years after the discovery of the first hot vent on the Galapagos rift, many studies confirmed the evolutionary originality of most higher rank taxa identified by Newman as endemic to vents, most revealed that these taxa are not restricted to hot vent environments and they are much younger than first hypothesized. (Samadi, 2015)

Ce que révèle l'évolution des connaissances sur les environnements chimiosynthétiques, c'est l'existence d'un décalage en faveur de l'étude des environnements chimiosynthétiques des sources hydrothermales. Ce décalage était déjà exprimé près de 10 ans après la mise en évidence de symbiose chimiosynthétique chez des organismes présents dans les sources hydrothermales, dans un article qui traite de la diversité des symbioses chimiosynthétiques dans les habitats marins (suintements froids, sources hydrothermales, environnements réducteurs) (C. M. Cavanaugh, 1994).

Bien que l'analyse de la biodiversité dépende toujours des connaissances disponibles, ce décalage en faveur des sources hydrothermales est démesuré, comme Daniel Desbruyères le souligne pendant l'entretien : « *Il y a forcément un biais artefactuel à la biodiversité. Effectivement, il y a eu une concentration de l'effort sur les sources hydrothermales qui est énorme par rapport au reste, et très peu par rapport à ce qu'il faudrait faire.* »

La section suivante cherche à expliquer l'écart dans l'acquisition des connaissances océanographiques entre l'exploration des sources hydrothermales et le programme MUSORSTOM-TDSB.

### **3. Étude des sources hydrothermales et programme Musorstom-TDSB : Deux approches scientifiques différentes**

Cette section compare les approches mises en œuvre dans l'exploration des sources hydrothermales et du milieu abyssal (au-dessous de 4000 m de profondeur) et dans celle des fonds marins telle qu'elle est illustrée par le programme MUSORSTOM-TDSB.

Contrairement à l'approche exploratoire du programme TDSB-MUSORSTOM, qui porte autant sur les reliefs que sur la faune qui y réside (Bouchet et al., 2008a), l'approche exploratoire des sources hydrothermales est précise et chirurgicale. Les biologistes ne partent pas à la recherche de nouveaux sites hydrothermaux, ce sont les géologues qui le font. Ils

ciblent un site très précisément pour étudier comment la faune peut y résider. Comme Michel Ségonzac le souligne, « *un site d'exploration de sources hydrothermales est un laboratoire. Un site c'est une sorte de laboratoire, on met des engins de mesures et d'observations. On fait toujours deux ou trois plongées. On ne fait pas vraiment d'exploration, parce que c'est l'affaire des géologues de découvrir d'autres sites.* » (Entretien Michel Segonzac).

Ainsi, comme évoqué dans la section II-1, contrairement à la plupart des campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB, c'est en submersible que se pratique l'exploration des sources hydrothermales et l'image joue un rôle important tant dans l'approche scientifique de ce milieu que dans sa résonance dans la société. Dans ce passage, Baillard retrace les premières impressions et insiste sur la place de l'image dans l'exploration de ce nouvel écosystème :

The photograph taken just seconds before the temperature anomaly showed only barren, fresh-looking lava terrain. But for thirteen frames (the length of the anomaly) the lava flow was covered with hundreds of white clams and brown mussel shells. This dense accumulation, never seen before in the deep sea, quickly appeared through a cloud of misty blue water and then disappeared from view. For the remaining 1,500 pictures, the bottom was once again barren of life. (Ballard, 1977)

Comme le souligne Nadine Le Bris dans le passage ci-dessous, contrairement aux collectes massives du programme MUSORSTOM-TDSB récoltées avec les moyens « classiques » de chaluts ou de dragues, l'approche exploratoire des sources hydrothermales est davantage fondée sur l'observation que la collecte. « *La perception de la biodiversité lors de ces campagnes autour des sources hydrothermales avec l'utilisation des ROV et des submersibles est une vision très différente de la pratique du terrain des campagnes TDSB. On voit surtout le caractère dynamique, ce qui n'est pas observé dans la remontée de chalut. On voit comment les organismes vivent et interagissent. L'enjeu méthodologique est de convertir ces observations en une donnée qui va être statistiquement convaincante. On a donc accès au vivant. C'est une vision qui est très différente de la remontée de chalut.* » (Entretien Nadine Le Bris)

La faune est prélevée de façon chirurgicale à l'aide des bras articulés des robots. Collecter des spécimens n'est pas central ; il s'agit d'abord de les observer et d'en prélever quelques-uns pour les étudier selon une approche d'écologie (analyse des adaptations) plutôt que pour les décrire. C'est ce que souligne ce passage, tiré d'un ouvrage de synthèse sur les connaissances



taxonomiques sur la faune résidant au niveau des sources hydrothermales, édité par Desbruyères et Segonzac la première fois en 1997 :

The use of manned submersibles and ROVs allows us to describe new communities from direct observations on the bottom, from video-tapes or photographs ; but frequently scientists are faced with taxonomical uncertainties and suffer from a lack of information that make them unable to name organisms observed even at high level of classification. Moreover, non-biologists and pilots working at deep-sea vents are not told of the usefulness of collecting or observing precisely one or another organism. (Desbruyères and Segonzac, 1997)

Il y a moins d'une dizaine de mises à l'eau de submersibles, si bien que l'aire est explorée est de l'ordre du centimètre carré, le prélèvement est lui aussi ciblé. Comme le souligne Laure Corbari, « *Tout l'enjeu de ce type d'exploration s'articule autour du prélèvement. Chaque équipe est très spécialisée. Tout échantillon prélevé a une manipulation prévue derrière.* » (Entretien Laure Corbari)

Contrairement au programme TDSB-MUSORSTOM, ce sont surtout les interactions des organismes dans l'écosystème qui est au cœur de ces campagnes, plus que l'inventaire des différents taxons. D'ailleurs, comme le souligne Daniel Desbruyères, la diversité des sources hydrothermales est bien plus faible qu'ailleurs dans les profondeurs « *L'approche faunistique est moins importante car la biodiversité est beaucoup plus faible : 500 espèces pour le monde entier, ça représente la biodiversité de moins de 10 m<sup>2</sup> du fond de l'océan. Ce qui facilite l'approche en écologie* » (Entretien Daniel Desbruyères).

Les biologistes interrogés qui sont spécialistes de l'exploration et de l'étude des sources hydrothermales ont tous été rattachés à une station marine. Daniel Desbruyères indique, comme différences entre l'exploration des sources hydrothermales et le programme MUSORSTOM-TDSB en plus des moyens d'exploration, submersibles et outillage spécifique), l'approche expérimentale de l'analyse de la faune qui est proche de celle des stations marines, et les disciplines impliquées dans l'étude de ce milieu - notamment la microbiologie.

Effectivement, les taxonomistes ne sont pas majoritaires dans les équipes qui partent explorer les sources hydrothermales, contrairement aux équipes des campagnes naturalistes du programme MUSORSTOM-TDSB. Les équipes embarquées pour explorer les sources hydrothermales sont le plus souvent pluridisciplinaires, avec des spécialistes des géosciences et des biologistes. Parmi les biologistes, il y a majoritairement des physiologistes et des microbiologistes. Comme Daniel Desbruyères l'a souligné, beaucoup des taxonomistes qui

identifient les spécimens des sources hydrothermales deviennent rapidement des spécialistes d'un taxon dans à un habitat particulier : « *Il y a eu une spécialisation de taxonomistes par rapport aux habitats des sources hydrothermales et des suintements froids, liée à un endémisme écologique.* » (Entretien Daniel Desbruyères)

Comme on l'a dit, les organismes des sources hydrothermales sont d'emblée apparus comme des curiosités taxonomiques spectaculaires. Comme déjà évoqué dans l'Introduction générale, on y trouve des espèces aux dimensions extravagantes, comme la moule qui peut atteindre 20 cm de longueur *Bathymodiolus thermophilus* (Kenk & B. R. Wilson 1985), ou le ver géant qui peut mesurer jusqu'à 1,5 m de longueur *Riftia pachyptila* (Jones 1981) et qui n'a aucun appareil digestif (ni bouche, ni anus, ni intestin). En lien avec le peu de spécimens échantillonnés (par rapport à une remontée de drague ou de chalut) et aux bizarreries taxonomiques qu'elles représentent, Daniel Desbruyères souligne qu'il y avait un enjeu, au début de la découverte des sources hydrothermales, pour les taxonomistes de l'époque, à obtenir les spécimens pour décrire et nommer ces bizarreries. Le ver de Pompéi est décrit par Daniel Desbruyères et Lucien Laubier en 1980 (*Alvinella pompejana*) comme genre nouveau et espèce nouvelle, à partir de l'étude de 17 spécimens récoltés au niveau de la dorsale East-Pacific Rise pendant la campagne américaine Rise en 1979 (Desbruyères & Laubier, 1980). Dans l'extrait ci-dessous, Daniel Desbruyères insiste sur la tension engendrée par cette description au sein des équipes américaines qui ne se sont pas rendu compte qu'il s'agissait d'un genre nouveau et ont donné le spécimen à l'équipe française. « *Il y avait beaucoup d'enjeux pour décrire les spécimens. Par exemple, ça a généré beaucoup de tension la description Alvinella pompejana [(Desbruyères & Laubier, 1980)]. Quand les Américains se sont rendus compte qu'ils étaient passés à côté de ça, ils n'étaient pas très contents...* » (Entretien Daniel Desbruyères).

Lorsque le malacologiste Philippe Bouchet est interrogé sur la raison pour laquelle il n'a pas davantage décrit de spécimen des sources hydrothermales, il répond que son profil de taxonomiste n'était pas assez technique et que l'accès au terrain était trop compétitif. « *L'étude de l'hydrothermalisme a toujours eu un contenu compétitif qui ne m'a jamais plu. Je n'ai jamais cherché à me battre pour faire une plongée. On (le Centob) nous a donné beaucoup de spécimens à décrire. Je donnais aussi des spécimens à Anders [Warèn]. Je me suis peu intéressé aux faunes hydrothermales parce que je n'avais pas assez de technicité, je suis ni un anatomiste ni un moléculiste.* » (Entretien Philippe Bouchet)

Ainsi le rapport aux échantillons n'est pas le même dans l'exploration des sources hydrothermales que celui instauré par les récoltes massives d'une campagne MUSORSTOM-TDSB. Effectivement, étant donné la haute technicité et la précision requises pour prélever les échantillons ainsi que le nombre de spécimens récoltés par prélèvement. C'est de manière plus maîtrisée que les spécimens sont recherchés dans les sources hydrothermales. Comme le souligne Laure Corbari, une grande différence par rapport aux campagnes MUSORSTOM-TDSB se joue s'exprime à ce niveau-là. *Nous (avec le programme TDSB) on collecte, et on dispatche tous les échantillons dans le réseau de taxonomistes. Tandis que souvent quand ils prélèvent, les échantillons sont destinés à un chercheur pour être étudié. Chaque échantillon a une manipulation précise prévue derrière. C'est une grande différence.* (Entretien Laure Corbari)

En résumé, l'exploration des sources hydrothermales a rassemblé une communauté de chercheurs et des outils très spécialisés. Si l'exploration de la faune qui réside dans les profondeurs reste le point central qui relie l'approche exploratoire des sources hydrothermales et celle des milieux non extrêmes, les méthodes d'exploration et les axes de recherche ne sont pas les mêmes.

#### **4. Le lien entre exploration et exploitation et la structuration de la recherche océanographique**

Les institutions françaises (IFREMER, CNRS, MNHN, IRD) n'ont pas participé de la même manière à l'exploration des sources hydrothermales et à celle des petites profondeurs comme dans le programme MUSORSTOM -TDSB. Cette section présente l'évolution des institutions françaises de recherche océanographique depuis quarante ans et leurs effets sur les différentes thématiques de recherche. Il s'agit d'éclairer le décalage évoqué dans la section 2.2 entre les connaissances apportées par les deux types d'exploration océanographiques par l'étude de la structuration institutionnelle de la recherche océanographique en France. Nous explorerons l'hypothèse suivante : étant donné les moyens que suppose l'exploration des sources hydrothermales par rapport à l'exploration classique mise en œuvre dans le programme MUSORSTOM-TDSB, le poids qu'a pris l'exploration des sources hydrothermales dans la recherche océanographique française ne peut être expliqué par les seuls enjeux scientifiques mis en avant par les chercheurs ; on doit également faire appel à des enjeux sociétaux pour en rendre compte.

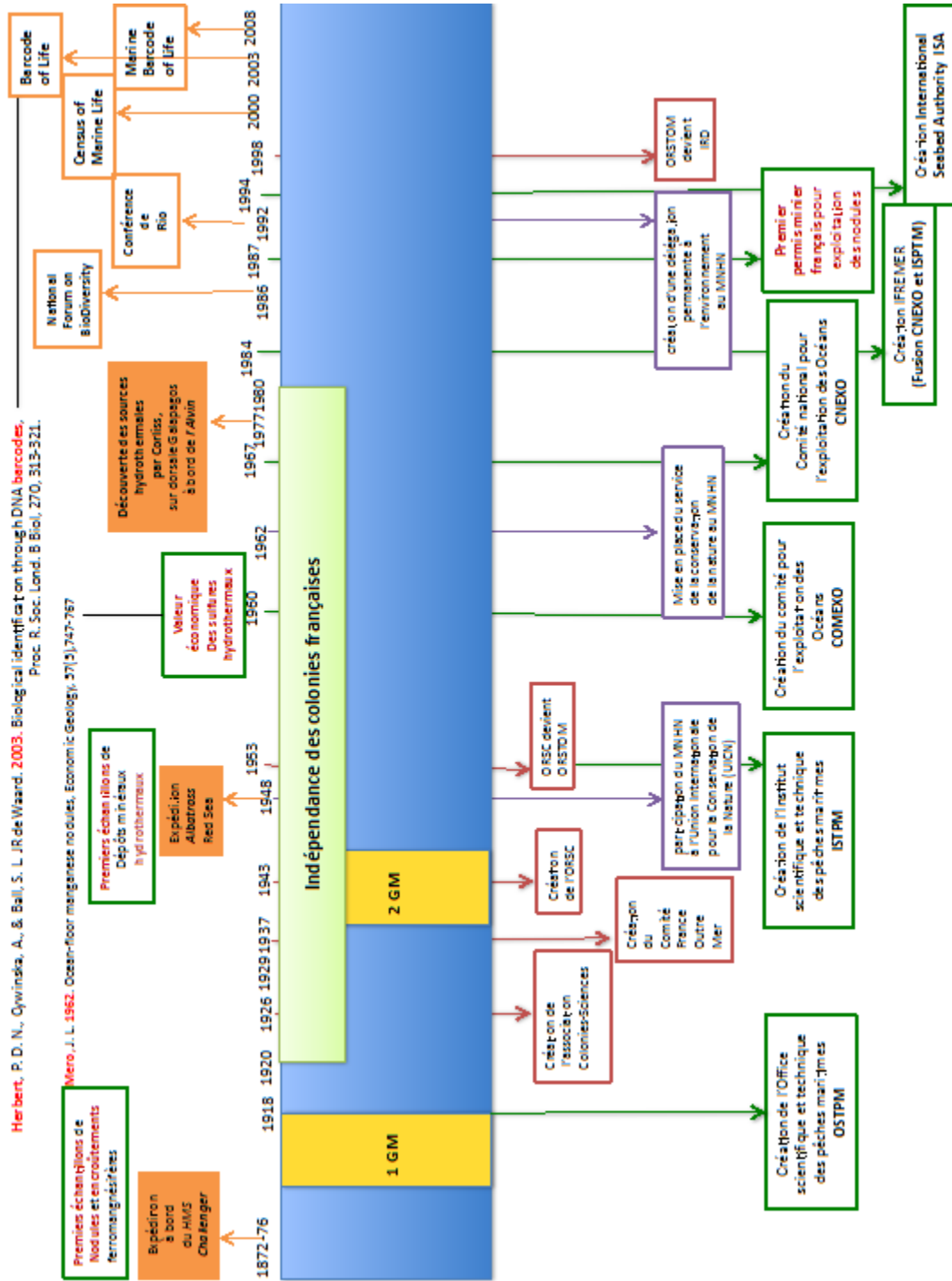
Si l'histoire de l'exploration des profondeurs est récente, c'est en partie à cause de facteurs économiques. En effet, l'exploration des profondeurs nécessite des moyens techniques et logistiques importants (navires, équipes de marins et de scientifiques), que le champ scientifique seul ne peut pas assumer. Or, ces moyens ne sont développés que lorsque d'autres logiques - industrielle et politique – sont venues s'ajouter à la logique scientifique.

On attribue ainsi l'essor de l'exploration des fonds marins au 19<sup>e</sup> siècle à la pose des câbles télégraphiques transocéaniques qui joue un rôle important dans le développement de la cartographie (et notamment la conception de sonde) (Maienschein, 1988). De même, la fabrication de submersibles, sous-marins et bathyscaphes, au début du 20<sup>e</sup> siècle, est accélérée par des enjeux militaires (Laubier, 1992).

A partir de la seconde moitié du 20<sup>e</sup> siècle, des enjeux économiques relatifs aux ressources vivantes et non vivantes des fonds émergent. Effectivement, l'appauvrissement des stocks de pêche le long des côtes a provoqué la recherche de ressources au large (Cléach, 2008). De plus, l'intérêt pour le pétrole et le gaz offshore après le premier choc pétrolier (Doumenge, 1990) et la mise en évidence de ressources minières dans les fonds marins (Mero, 1962) ont également eu un impact sur l'exploration des fonds marins.

La structuration et l'encadrement institutionnels de la recherche océanographique en France sont le reflet de ces enjeux économiques et sociétaux, comme le résume la Figure ChapI-3.

Le premier institut chargé de gérer les ressources liées à la mer est l'Office scientifique et technique des pêches maritimes (OSPTM), mis en place en 1918. Il est rebaptisé ISPTM (Institut Scientifique et Technique des pêches maritimes) en 1953, ses objectifs étant de coordonner la recherche océanographique et les besoins industriels de pêche. Les instituts scientifiques qui siègent à son conseil d'administration sont le CNRS, l'Institut Océanographique, le MNHN, l'ORSTOM, le Service Hydrographique de la Marine et le Centre National de Coordination des Etudes et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation (Chatry, 2016).



**Figure ChapI-3** – Frise sur la mise en place et évolution des institutions françaises qui ont des moyens navals hauturiers (bas de la frise) et découvertes scientifiques marquantes dans l'exploration au 20<sup>e</sup> et 21<sup>e</sup> siècle (en haut de la frise).

#### **4.1 – Importance de l'ORSTOM vis à vis des DOM-TOM**

L'ORSTOM est un institut qui joue un rôle important dans la gestion et l'exploitation des ressources des colonies puis, plus tard, des départements et territoires d'Outre-Mer. Anciennement baptisé Office de la Recherche Scientifique Coloniale (ORSC) et créé sous le régime de Vichy en 1943, l'ORSTOM est lié à l'histoire coloniale de la France. Cet institut est au départ orienté vers la gestion et l'exploitation des ressources agricoles des colonies. Comme l'article de Bonneuil & Petitjean rédigé en 1996 le souligne, on qualifie ces sciences de coloniales dans le sens où « ce sont les besoins de la métropole qui déterminent la mise en valeur des colonies » (Bonneuil & Petitjean, 1996). Entre 1945 et 1955, l'ORSC a créé 13 centres de recherche dans les colonies (Petitjean, 2006).

Entre les années 1960 et 1980, marquées par la décolonisation, la quasi-totalité des colonies des Caraïbes, de l'Océanie et de l'Océan Indien sont devenues territoires ou départements d'outre-mer. Les centres de recherche de l'ORSTOM dans ces anciennes colonies françaises représentent un intérêt politique stratégique pour maintenir la présence scientifique française dans l'exploitation des ressources (Bonneuil & Petitjean, 1996). A partir de 1976, une nouvelle politique est appliquée à l'Orstom, où « l'assistance » devient « coopération », suite aux changements suscités par les mouvements de libération dans les anciennes colonies.

Le début des campagnes MUSORSTOM est intimement lié aux conséquences de l'indépendance des colonies et à la manière dont les Français ont dû quitter les centres ORSTOM de certains pays. Ainsi, lors de l'indépendance de Madagascar, alors que les tensions sont vives envers la France, le navire *Vauban*, alors affecté au centre ORSTOM de Madagascar, est récupéré par la France sans que l'affaire ne soit discutée avec les autorités malgaches : *« On m'avait flanqué un poste de directeur de recherche du centre ORSTOM de Nosy be. Les derniers mois à Madagascar étaient difficiles, les malgaches voulaient tout récupérer, selon moi c'était « qu'importe le néant pourvu qu'il soit malgache ». La France n'a pas été à la hauteur, à mon avis, parce qu'au lieu de négocier avec les malgaches sur des bases correctes, on a pris une attitude hautaine, ce qui est stupide selon moi parce qu'on aurait pu obtenir des négociations raisonnables. Il y avait le Vauban, qui était en poste là-bas, bateau obtenu par la France comme dommage de guerre de la part des Allemands. C'était un Bateau de 25 m de long mais très marin, qui tenait bien la mer. Mais il n'était pas très confortable, les chercheurs étaient logés dans le nez du bateau. On avait monté une campagne qui consistait à faire une recherche thonière dans le Nord de Madagascar, un mois*

*avant les alizés. Projet : le bateau partait et simulait une panne qui l'obligeait à se réfugier à Djibouti pour le réparer et puis à Djibouti la réparation aurait été plus longue que ce qu'on pensait et quand il aurait été en état de repartir, les alizés auraient été trop importants, pas question de faire subir à ce petit bateau de telles conditions météorologiques pour repartir à Madagascar, c'était dangereux pour l'équipage. Et moi, toujours soucieux des marins malgaches, et bien, je prenais la décision de le faire stopper en France. C'était en 1973 ou 1974. Pour avoir un bateau, faut avoir de l'argent et tout le monde peut l'utiliser. Les malgaches n'ont pas été dupes de l'affaire mais ils en auraient rien fait, ils n'avaient pas d'argent. » (entretien Alain Crosnier).*

Comme on l'a vu dans l'Introduction générale, la première campagne océanographique du programme MUSORSTOM en 1976 est lancée pour aller explorer les fonds de la mer des Philippines à la recherche de la *Neoglyphea inopinata*. *« Seulement le problème, c'est que pour aller aux Philippines, il fallait un bateau. Or, ce n'était pas commode, surtout qu'ici [au MNHN] il n'y avait pas d'argent du tout. L'autre hypothèse était de louer un bateau dans les Philippines mais il fallait quand même qu'il soit bien équipé pour pouvoir chaluter dans les 300 mètres de profondeur, ce qui était impossible à trouver aux Philippines. »* (entretien Alain Crosnier) C'est le *Vauban* qui servira pour cette expédition. Puis il sera en stationné en Nouvelle-Calédonie et largement utilisé par la suite.

La convention des Nations Unies sur le droit de la mer est une étape importante pour comprendre le rôle de l'Orstom par rapport au territoire maritime français du Pacifique. Ce sont les intérêts maritimes de la France pour les DOM-TOM qui sont valorisés dans la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer du 10 décembre 1982 (Nations Unies, 1994). Cette convention entre en vigueur en 1994 après une soixantième ratification et n'est signée par la France qu'en 1996. Sa conséquence directe est l'intégration des ZEE des DOM TOM dans le territoire maritime français, qui augmente de 11 millions de Km<sup>2</sup> (Taglioni, 2007). Cela place la France en deuxième position pour la taille des ZEE (derrière les Etats-Unis). En signant cette convention, la France détient un droit d'exploitation des ressources de la mer et des fonds marins jusqu'à une distance de 200 milles marins du rivage (370 km) de ses DOM-TOM (Nations Unies, 1994).

C'est dans ce contexte que les campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB en Nouvelle-Calédonie ont lieu. A partir de 1984, trente-neuf campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB se sont déroulées en Nouvelle-Calédonie avec Bertrand Richer de Forges, chercheur au

centre ORSTOM de Nouméa (en Nouvelle-Calédonie), et chef de mission de trente-cinq de ces campagnes. Ces campagnes bénéficient des navires appartenant à l'ORSTOM et stationnés à Nouméa : le *Vauban* (vendu en 1987) puis l'*Alis* (utilisé dès la campagne VOLSMAR en 1989) et le *Coriolis* (Roederer & Bless Burcklé, 2005). La mise à disposition des navires pour les campagnes est discutée en interne, au centre ORSTOM de Nouméa : « *On avait notre propre bateau, le Vauban. On discutait entre nous de la répartition du temps bateau* » (Entretien de Bertrand Richer de Forges). Comme Bertrand Richer de Forges le souligne dans son entretien, l'orientation halieutique de certaines campagnes MUSORSTOM est largement incitée par la politique ORSTOM de l'époque et c'est aussi pour cette raison que plusieurs campagnes ont pour cible les monts-sous-marins de Nouvelle-Calédonie. « *A l'époque, il n'y avait pas beaucoup de données sur les monts-sous-marins. Les russes avaient des données mais ils ne les avaient pas publiés. A cette époque à l'ORSTOM, les biologistes marins devaient faire de l'halieutique, ce qui favorisait aussi la recherche autour des monts-sous-marins.* » (Entretien de Bertrand Richer de Forges).

Effectivement, dans les années 1960, face à l'appauvrissement des ressources côtières, la recherche de nouvelles ressources vivantes se déplace vers les profondeurs. A cette période, des campagnes halieutiques mettent en évidence que lorsque la partie sommitale des monts-sous-marins n'est pas très profonde, ils concentrent certaines espèces démersales d'intérêt commercial, et même des poissons pélagiques tels que les thons. Comme le passage ci-dessous le montre, l'exploitation des ressources halieutiques de ces monts-sous-marins entraîne une chute rapide de ces stocks. Aussi la gestion de ces ressources potentielles va devenir un enjeu scientifique important.

Dès 1967, un chalutier soviétique découvrait d'importantes concentrations de poissons profonds dans le Pacifique nord, sur les monts-sous-marins de la chaîne de l'Empereur. L'exploitation démarra en flèche, les captures atteignant 140 000 tonnes durant le premier semestre de 1970. On assista ensuite à un rapide effondrement des prises traduisant la fragilité des stocks, qui entraîna, en 1986, la mise en place d'un moratoire de douze ans. (Grandperrin, 1995)

Les campagnes Halical 1, Halipro 1 et 2, Beryx 2 et 11, Aztèque, Gémini, Chalcal 1 et 2 ont lieu entre 1984 et 1996 en Nouvelle-Calédonie. « *Le prétexte [de ces campagnes] était halieutique, mais mes motivations étaient zoologiques, on me rajoutait des halieutes. C'était la mode à l'époque.* » (Entretien de Bertrand Richer de Forges)

Reflétant cette proximité avec l'exploration des ressources maritimes de la Nouvelle-Calédonie, plusieurs programmes ont été élaborés à partir des années 1980 en Nouvelle-



Calédonie, auxquels des campagnes MUSORSTOM-TDSB ont contribué. C'est le cas du programme pluridisciplinaire ZoNéCO (Zone économique exclusive de Nouvelle Calédonie) mis en place à partir de 1991 afin d'accroître la « connaissance de la topographie des fonds marins de sa zone économique, et pour l'évaluation des ressources qu'elle recèle » (Grandperrin et al, 1997). La campagne CALSUB et la campagne HALICAL 1 ont alimenté ce programme.

La campagne CALSUB (réalisée en 1989) fait partie d'un trio de trois campagnes (avec Biocal en 1985 et Biogeogal en 1987) intégrées dans un autre programme appelé ENVIMARGE qui est soutenu par l'entreprise TOTAL (Lambert & Roux, 1991). Ce programme a un volet géologique dont le but est de prospector les réservoirs à hydrocarbures des pentes de Nouvelle-Calédonie, en plus d'un objectif faunistique. Les campagnes CALSUB et Biocal bénéficient de moyens navals peu habituels par rapport aux autres campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB. En effet, la campagne Calsub se déroule à bord du grand navire Ifremer le *Noroît* avec le submersible *Cyana*. La campagne Biocal, quant à elle, se déroule à bord du navire IFREMER *Jean Charcot* qui vient tout juste d'être équipé du sondeur multifaisceaux. Le soutien de l'entreprise TOTAL pour la cartographie et la prospection d'hydrocarbures a sans doute joué un rôle déterminant dans la mise à disposition de tel moyen d'exploration.

Le programme SMIB (Substances Marines d'Intérêt Biologique) est à l'origine de 9 campagnes qui ont lieu en Nouvelle-Calédonie entre 1986 et 1995 et qui sont rattachés aux campagnes MUSORSTOM-TDSB. Les campagnes du programme SMIB ont un double objectif d'exploration faunistique et de recherche des molécules présentant un intérêt pharmaceutique. C'est une chimiste du centre ORSTOM de Nouméa, Cécile Debitus, qui est la chef de mission de ces campagnes. Les organismes ciblés préférentiellement par ces campagnes sont les éponges parce qu'elles sont abondantes sur les fonds durs et riches en substances actives ((Debitus et al., 1985) ;(Laurent & Pietra, 2004)). Le programme SMIB est la suite du programme SNOM (Substances Naturelle d'Origine Marine) qui est distinct du programme MUSORSTOM-TDSB. C'est parce que Bertrand Richer de Forges est impliqué dans les campagnes SMIB et qu'il collecte les différents taxons dans une logique d'inventaire faunistique (Richer de Forges & Chevillon, 1996) - y compris ceux non ciblés pour des applications thérapeutiques - que ces campagnes ont intégré le programme MUSORSTOM-TDSB. L'extrait ci-après détaille les débuts de ce programme. « La recherche de substances naturelles marines en Nouvelle-Calédonie a débuté en 1977 au centre ORSTOM (aujourd'hui

IRD) par le programme SNOM (Substances Naturelles d'Origine Marine) à l'initiative de Pierre Potier. Ce programme tripartite qui réunissait Rhône Poulenc, le CNRS et l'ORSTOM a duré 5 ans. Il s'est poursuivi par le programme SMIB (Substances Marines d'Intérêt Biologique) qui est avant tout un programme pluridisciplinaire, regroupant industriels et chercheurs de la plupart des instituts de recherche nationaux (ORSTOM, CEA, CNRS, INSERM, MNHN), et universitaires français et étrangers. » (Laurent, 1999).

Les thématiques de ces programmes d'exploration en Nouvelle-Calédonie s'inscrivent dans la politique ORSTOM, qui est elle-même le reflet de l'orientation de la recherche française vers la gestion des ressources marines (vivantes et non vivantes) des DOM-TOM. Le programme MUSORSTOM-TDSB apparaît plus opportuniste que ne le sont les autres programmes comme SMIB ou Envimarges et dont l'implication dans l'exploitation des ressources est plus directe. Mais c'est dans ce contexte que des campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB se sont déroulées et ont été soutenues par les institutions.

#### ***4.2 – La mise en place du CNEXO (puis IFREMER) et les perspectives minières des fonds***

Parallèlement à l'évolution de l'ORSTOM, un organisme est mis en place à partir de 1960 pour marquer la volonté de centraliser et de coordonner les moyens navals. Il s'agit du COMEXO (COMité de l'action concertée « Exploitation des Océans »), remplacée par le CNEXO (Centre national pour l'exploitation des océans) en 1967.

Pendant cette période, les principaux instituts disposant de moyens de navigation sont le CNEXO, l'ISPTM, le CNRS et l'ORSTOM. Comme le souligne Jean-François Minster, le modèle du CNEXO s'appuie sur celui du CNES (Centre National d'Etudes Spatiales): *« A partir du moment où il a été décidé, à la fin des années 1960 avec le CNEXO, de mettre en place un organisme qui porte le développement des technologies en mer, le modèle est analogue à celui du CNES. Le modèle du CNES se caractérise par le fait que l'industrie spatiale, mis à part les télécoms, n'existe ou n'a émergé que parce qu'il y avait le CNES. Le CNES a développé les fusées et les satellites mais il a fallu une industrie derrière pour les construire. L'idée générale est de se dire qu'on peut créer à partir de développement technologique, l'activité économique du futur (Technoproof) »* (Jean-François Minster)

La mise en place du CNEXO est contemporaine de l'intérêt naissant pour les ressources non vivantes de la mer, c'est-à-dire le gaz et le pétrole offshore et les ressources minières comme les nodules polymétalliques et les amas sulfurés hydrothermaux (dont la composition en

minéraux d'intérêt est présentée dans la Figure ChapI-4. Le CNEXO (puis plus tard IFREMER) sont très impliqués dans les programmes d'exploration et d'exploitation de ressources minières.

Les paragraphes suivants présentent les principaux programmes mis en place en France. Ce sont tout d'abord les nodules polymétalliques puis les amas sulfurés hydrothermaux, et enfin les encroûtements cobaltifères que visent ces programmes.

L'intérêt économique des nodules polymétallique (riches en nickel, cuivre et cobalt) a très tôt débouché sur des programmes français visant à évaluer leur potentiel économique. De 1970 à 1988, l'association AFERNOD<sup>1</sup> (Association française pour l'exploration et la recherche des nodules) a été mise en place pour étudier les nodules polymétalliques en vue d'obtenir un titre minier pour l'exploration et l'exploitation. Plus de 40 campagnes de géosciences seront réalisées pour prospecter les nodules dans la zone Pacifique Sud, Clarion-Clipperton et Noria (Laubier, 1992). L'enjeu de ce programme consiste à découvrir les sites intéressants mais aussi à imaginer des solutions pour faciliter leur extraction (Laubier, 1992). Le premier titre minier français est délivré pour l'exploitation des nodules polymétalliques en 1987 par l'AIFM (Autorité International pour les fonds Marins, émanation de l'ONU, en anglais ISA International SeaBed Authority). La réglementation internationale sur la valorisation minière des grands fonds ne concernant que les nodules polymétalliques, l'AIFM a voté un texte relatif aux amas hydrothermaux et aux encroûtements cobaltifères (Bougault & Saget, 2011).

Dans la même période, le programme français NODCO est lancé en 1986 pour explorer les zones riches en encroûtements cobaltifères et en nodules polymétalliques durant le tour du monde du *Jean Charcot* (Bougault & Saget, 2011). A l'occasion du programme ZEPOLYFR (Zone Economique de Polynésie Française) en 1996, l'échantillonnage d'une zone riche en encroûtements cobaltifères en Polynésie française, déjà mise en évidence pendant le programme NODCO, a été complété.

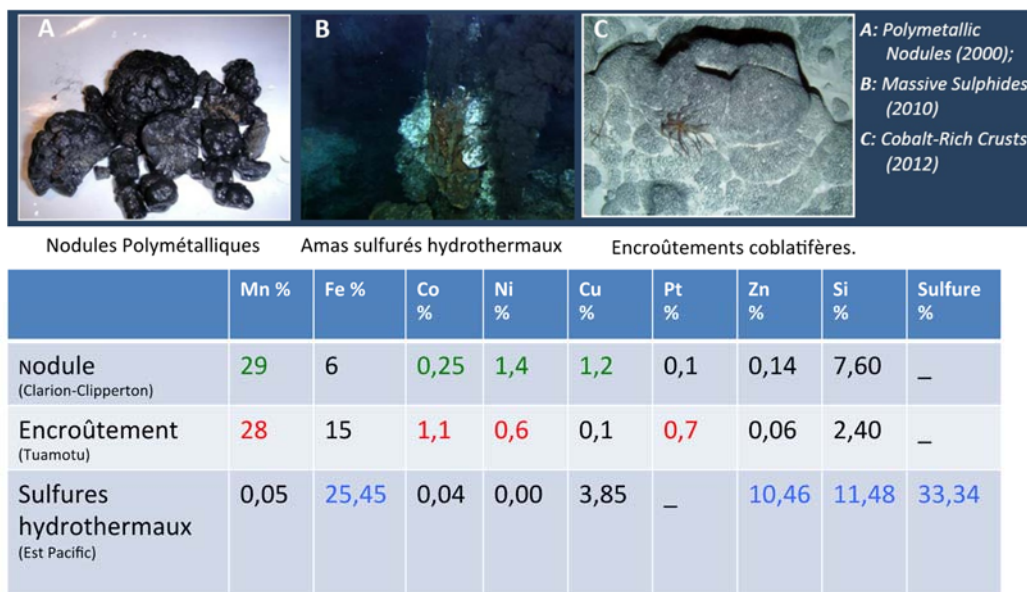
Les amas sulfurés hydrothermaux ont des concentrations élevées en sulfure, en fer, en zinc et en silice (et aussi en plomb, en or et en argent). Les premiers échantillons récoltés de ces amas sulfurés remontent à l'expédition du l'Albatross (Figure ChapI-). C'est bien plus tard

---

<sup>1</sup> L'AFERNOD réunit le CNEXO (puis IFREMER), le CEA, la société IMETAL, la société Chantiers Nord et de la Méditerranée (NORMED), le BRGM, MetalEurop SA, le Nickel SLN.

que cette ressource minière bénéficie d'une évaluation économique dans la publication de John Mero (Mero, 1962).

En plus de leur potentiel minier, le potentiel biotechnologique des bactéries des sources hydrothermales en fait des environnements aux perspectives particulièrement stimulantes économiquement (Ramirez-Llodra et al., 2011). De nombreuses campagnes de géosciences et de biologie ont été lancées depuis leur découverte. Aujourd'hui, 10% des sources hydrothermales ont été explorées alors que seulement 0,0001% des fonds marins l'ont été (Ramirez-Llodra et al., 2010). Deux compagnies industrielles, Nautilus Minerals Inc. and Neptune Minerals, ont menées des études d'exploration et des études d'impact sur des amas sulfurés. Nautilus Minerals Inc. a des licences en Papouasie Nouvelle-Guinée, Fidji, Tonga, îles Salomon, Nouvelle-Zélande. Neptune Minerals Inc. a des activités en Nouvelle-Zélande mais aussi en Papouasie Nouvelle-Guinée, au Vanuatu et en Micronésie (Ramirez-Llodra et al., 2011).



**Figure ChapI-4.** Composition en métaux d'intérêt des différentes ressources minérales des fonds marins : Nodules polymétalliques, amas sulfures hydrothermaux, encroûtements cobaltifères. Extrait de l'Expertise Collective sur les impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes (Dyment et al., 2014). Le code couleur pour chacun des types correspond à des moyennes évaluées par rapport à des zones particulières. En couleur, les minéraux d'intérêt pour chacune des ressources.

C'est le CNEXO qui coordonne les moyens navals de la flotte océanographique française pour harmoniser les programmes d'exploration et d'exploitation. La section suivante présente les étapes de l'organisation de la flotte et la place du CNEXO puis d'IFREMER dans cette dernière.

### **4.3 - Les étapes de la structuration de la flotte**

En 1984, l'ISPTM est fusionné avec le CNEXO pour former l'IFREMER car on estimait que l'ISPTM restait « cantonnée aux missions de contrôle des pêche et de conchyliculture, au détriment de ses activités de recherche » (IFREMER & ENA, 1988). De plus, le CNEXO était critiqué « du fait qu'il donnait la priorité à ses propres programmes en négligeant son rôle d'agence de moyens au service de la communauté scientifique » (p315, IFREMER & ENA, 1988). L'Ifremer est un EPIC (Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial) qui détient davantage de moyens en mer que les 3 autres opérateurs français (IRD, IPEV, CNRS-INSU).

À partir de 1985, la coordination des programmes scientifiques qui recourent aux moyens navals des quatre opérateurs français est assurée par l'Ifremer, en tant qu'agence de moyens « au service » de la communauté scientifique (IFREMER & ENA, 1988). Les navires hauturiers de l'ORSTOM – le *Vauban* puis l'*Alis* (Roederer & Bless Burclé, 2005), qui sont les principaux bateaux utilisés par le programme MUSORSTOM-TDSB – ne seront inclus dans cet ensemble que tardivement (après les années 2000).

Au sein de la flotte océanographique française, le CNEXO (puis IFREMER) a un double rôle en tant qu'opérateur et en tant que coordinateur de la programmation des campagnes. Les écarts de moyens et le poids des partenariats avec les industriels dans les campagnes d'Ifremer introduisent une différence importante par rapport aux autres opérateurs. Dans un ouvrage co-édité par l'IFREMER et l'ENA sur les enjeux et les richesses de la mer, la recherche océanographique est définie selon son rapport à la ressource. « Tout d'abord, le terme recherche en mer a un double sens : la recherche du produit (exploration pétrolière, pêche), la recherche pour améliorer l'accès au produit ou le rendement (aquaculture, technologie). Dans le premier cas, les contraintes de la recherche sont principalement techniques. La recherche en mer s'exerce en effet dans un milieu hostile qui rend les conditions d'exploitation particulièrement difficiles. Dans le second cas, les caractéristiques de la recherche en mer se rapprochent davantage de celles de la recherche en général. » (p298, IFREMER & ENA, 1988). Cette conception de la recherche est tournée vers les applications.

Le passage suivant, tiré d'un rapport ministériel sur la flotte océanographique française, insiste aussi sur l'implication d'IFREMER par rapport à la recherche appliquée par rapport aux autres opérateurs. « Le modèle d'IFREMER est très différent [des autres opérateurs] à plusieurs égards. Tout d'abord, son rôle d'opérateur de flotte (...). Deuxième différence importante, ses missions ne sont pas seulement de recherche, mais aussi d'expertise et de développement technologique, en sorte qu'une partie notable des activités qui mobilisent sa flotte, ne bénéficie pas à la seule sphère de la recherche publique. Enfin, il s'agit d'un EPIC : l'activité doit être, structurellement, financée par des ressources propres, qui viennent compléter sa subvention pour charges de service public, allouée par le ministère chargé de la recherche. » p36 (Bellec, Girardet-Maillard, Imbert, & Bonaccorsi, 2015)

Un des sujets de tension pour les usagers scientifiques de la flotte vient du déséquilibre de la mise à disposition des moyens navals d'IFREMER entre les industriels et les scientifiques. D'après Françoise Gaill, dans les années 1990, les chercheurs ne disposaient pas de beaucoup d'opportunités pour bénéficier des bateaux IFREMER (4 campagnes maximum par an) et étaient limités pour les zones à explorer. « *La compétition pour avoir accès aux navires d'IFREMER était rude. Dans les années 1990, il fallait attendre jusqu'à 5 ans pour pouvoir réaliser une campagne avec les moyens d'IFREMER.* » (entretien avec Françoise Gaill).

Marqué par les partenariats d'IFREMER, le choix et la cadence des sites des sources hydrothermales explorées sont orientés par les choix des industriels. Comme Nadine Le Bris le souligne dans son entretien, pendant les campagnes IFREMER des sources hydrothermales, « *Le choix des sites explorés n'était pas forcément en accord avec des stratégies de recherche en fondamentale mais liée aux besoins industriels.* »

Les justifications applicatives de l'exploration des sources hydrothermales sont très présentes lorsque les chercheurs d'IFREMER sont interrogés et dans les rapports annuels du CNEXO et d'IFREMER. Cet extrait issu de l'entretien avec Daniel Desbruyères souligne cette particularité : « *Le programme MUSORSTOM-TDSB est avant tout un programme faunistique, je trouve que c'est difficile à présenter, on arrive difficilement à passionner les gens avec un inventaire. Mais je pense que pour les gens qui travaillent là-dessus, c'est passionnant. Au CNEXO et IFREMER, il ne fallait jamais dire qu'on faisait des inventaires, même si on en faisait.* » Ainsi, il semble que malgré des pratiques communes, la différence s'exprime dans la manière de les justifier. Une campagne IFREMER ne semble pas pouvoir avoir uniquement des motivations fondamentales.

Lorsque Philippe Bouchet est interrogé sur les raisons de son implication dans le programme, il explique qu'il avait un intérêt scientifique pour aller explorer le domaine bathyal mais qui était décalé par rapport à ceux de son époque, tournés vers l'exploration de l'extrême - qu'il soit hydrothermale ou abyssale - et le déploiement technique des moyens navals « *Je me rappelle d'être conscient qu'à l'époque on cherchait toujours à aller au minimum à 3 000 ou 4 000 m de profondeur parce qu'on a des bateaux pour le faire, et on portait aucun intérêt à aller voir ce qui se passait pour les « petites profondeurs ». J'ai voulu influencer le CNEXO sur ces « petites profondeurs ». Mais il n'y avait rien à faire.* » (Entretien Philippe Bouchet)

Par la suite, des actions de structuration de la flotte océanographique française sont engagées afin de répartir au mieux les moyens de la flotte. A partir de 2008, une Très Grande Infrastructure de recherche (TGIR) de services « utilisées par différentes communautés scientifiques et technologiques, et éventuellement des industriels » est mise en place (Bellec et al., 2015). Elle est suivie en 2011 de la mise en place d'une Unité Mixte de Service (UMS) flotte par convention entre le CNRS-INSU, l'IFREMER, l'IPEV et l'IRD. Cette UMS est une unité de gestion de la flotte qui cherche aussi à préserver l'autonomie des opérateurs dans la gestion de ses navires. Le rôle principal de l'UMS est d'assurer la coordination des programmations des navires océanographiques effectuées par chacun des organismes. L'instance dirigeante (CODIR) de cette UMS est composée des quatre représentants des opérateurs et des représentants de la structure d'évaluation des campagnes scientifiques. L'objectif du CODIR est « d'assurer une gestion coordonnée de la TGIR FOF, prioritairement au service de la communauté scientifique » (Bellec et al., 2015). A partir de 2012, un conseil d'orientation stratégique et scientifique (COSS) de la flotte océanographique française est chargé de la coordination de la TGIR. Toutes ces réorganisations visent à harmoniser au mieux les programmes de recherche. Plusieurs types de demandes sont prises en compte par le TGIR FOF : les missions de service public, de partenariat avec d'autres organisations publiques (comme la Marine Nationale), les conventions de recherche – industrie, les projets de recherche et les activités de formation.

Une évolution marquante de l'organisation de la flotte océanographique française est la mise en place d'un système d'évaluation scientifique des campagnes qui ont recours à ces moyens. Si les moyens navals de l'IRD ont fini par intégrer la commission flotte, c'est aussi pour la reconnaissance apportée par le processus d'évaluation des campagnes. Cette évaluation s'est mise en place progressivement à partir des années 1990.

Elle s'appuie sur les résultats scientifiques obtenus plusieurs années après le retour de mission. L'indicateur d'évaluation est celui des publications scientifiques, ouvrages ou articles. « L'évaluation nationale des demandes de campagnes scientifiques sur le hauturier était réalisée, jusqu'en 2008, par trois commissions thématiques inter-organismes, initialement coordonnées par l'IFREMER. À la demande du ministère, elles fusionnent, à compter de 2009, en une seule commission « interdisciplinaire », la CNFE (commission nationale flotte et engins) » (Bellec et al., 2015). Anne-Marie Alayse détaille dans le passage ci-dessous le processus d'évaluation des campagnes à la mer : « *Pour accéder à ces équipements qui sont des équipements nationaux, les équipes scientifiques doivent préparer des dossiers de proposition de campagne à la mer qui sont évalués par des experts puis par des commissions. Pour la flotte hauturière et les deux navires de façade de l'IRD, les dossiers sont analysés dans la même commission. Chaque scientifique qui souhaite obtenir une campagne prépare un dossier qui sera examiné par trois experts (dont un si possible étranger) puis par une des commissions thématiques. À partir des évaluations et des classements effectués par ces commissions, des projets de calendriers sont élaborés par les gestionnaires des flottes Ifremer, IRD et IPEV, projets qui sont soumis à la Commission nationale « Flotte et Engins » pour validation.* »

Différents chercheurs du programme MUSORSTOM-TDSB sont sollicités par la commission flotte pour évaluer scientifiquement des campagnes. Depuis 2015, Philippe Bouchet a intégré le COSS. Ces évaluations s'appliquent uniquement aux campagnes de service public, ce qui soulève des tensions au sein de la commission flotte (Bellec et al., 2015). En effet, une grande partie des campagnes, notamment celles en partenariat avec les industriels, n'est pas soumise à l'évaluation.

#### **4.4 – La place de la taxonomie dans les approches exploratoires : notion de biodiversité et bases de données**

Dans les années 1970 en France, la taxonomie semble encore moins « à la mode » dans la recherche que maintenant, y compris dans son propre temple, le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Quand Philippe Bouchet me présente son sujet de thèse, il précise qu'il n'était pas question de faire de la taxonomie « *Claude Lévi était mon directeur de thèse. Il était directeur des sciences de la vie au CNRS et professeur au muséum. Pour ma thèse de doctorat, il ne voulait pas de thèse en systématique, ou étude de collection car c'était pas de*



*la recherche selon lui. La taxonomie, tu pouvais la faire comme un hobby mais ce n'était pas une science.* » (Entretien Philippe Bouchet).

Comme développé dans l'Introduction générale, les motivations scientifiques mises en avant pour les premières campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB sont avant tout la recherche d'un « fossile-vivant » plus que l'exploration de la faune et la découverte d'espèces. Les passages extraits du compte rendu de la première campagne publié par Jacques Forest et de la préface au premier volume sur les résultats de la campagne MUSORSTOM, et cités dans l'Introduction générale, illustrent bien le besoin d'insister auprès des acteurs de la politique de la recherche en océanographie sur le fait que tout reste à découvrir et que l'expédition du *Challenger* n'était que le début – et non la fin – de l'exploration des fonds marins.

Aujourd'hui, faire une campagne dont les objectifs consistent aussi à dresser un inventaire est recevable ; cette démarche est même rendue obligatoire pour évaluer l'impact d'exploitation d'une ressource sur l'environnement (étude d'impact). Cette évolution est sans doute l'effet de la sensibilisation sociétale véhiculée par la notion de biodiversité, qui apparaît lors du colloque intitulé « National Forum on BioDiversity » organisé par Edward Wilson à Washington en septembre 1986 (Wilson, 1988). Ce colloque symbolise l'appel de la communauté scientifique à la sensibilisation de la société à la problématique environnementale. Peu de temps après, le concept de développement durable est officialisé et la Convention sur la Diversité Biologique (CBD) est adoptée lors du sommet international de la Terre à Rio de Janeiro en 1992. A cette occasion, la biodiversité est reconnue comme « préoccupation commune à l'humanité ». Cette convention internationale a pour objectif « la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques » (Hermitte, 1992).

La protection de l'environnement représente un défi sociétal, scientifique et économique dont les institutions comme IFREMER se saisissent. On peut lire en 1988 dans un ouvrage co-édité par IFREMER sur les défis de la mer : « la préservation de l'environnement constitue le quatrième défi posé à la recherche en mer. L'environnement apparaît à la fois comme un domaine d'enjeux économiques importants et quantifiables, d'enjeux socio-culturels (demandes des élus et des associations), mais aussi d'enjeux technologiques (instrumentation développée pour la surveillance du milieu, le traitement des eaux, la valorisation des résidus, etc.). » (p303, IFREMER & ENA, 1988). IFREMER s'est investi dans la protection de

l'environnement notamment aux travers des études d'impact environnemental, qui sont des études rendues obligatoires en France depuis 2010 (Loi Grenelle 2) et qui doit accompagner toute type de projet.

Au sein du Muséum National d'Histoire Naturelle, depuis les années 1950, plusieurs événements indiquent l'implication de l'institution dans les thématiques de conservation. Ainsi, en 1948, le MNHN participe à l'Union International pour la Conservation de la Nature (UICN) ; en 1962, un service de conservation de la nature est créé ; et en 1994 une délégation permanente à l'environnement est mise en place (voir la frise Figure ChapI-3). Cette engagement envers les thématiques de conservation est attendu, étant donné l'importance de la composante naturaliste et des approches taxonomiques au MNHN, qui participent, en tant que composante essentielle, à l'établissement des connaissances sur la biodiversité. C'est particulier par la mise à disposition de bases de données que le MNHN contribue à l'élaboration collective des connaissances sur la biodiversité. Cette section est consacrée à ces bases de données.

Lors de l'entretien avec Pierre Lozouet, de la direction des Collections du muséum d'Histoire Naturelle de Paris, a été abordée en premier lieu la question de *l'informatisation* des données des collections des invertébrés marins du MNHN. La base de données INVMAR (**I**nvertébrés **M**arins) des spécimens de mollusques conservés dans les collections du Muséum a été mise en place en 2006. La base est construite de façon à attacher des données à des spécimens (ou lots de spécimens) conservés sur les étagères de la zoothèque. Dans cette base es spécimens ou les lots de spécimens sont associés à des numéros d'inventaire unique auquel sont liées des informations géographiques précises de leurs lieux de récolte et une identification taxonomique plus ou moins précise selon qu'un taxonomiste a pu on non l'examiner. Pierre Lozouet témoigne des changements dans la pratique de travail au sein des collections que l'informatisation des données a engendrés : « *Il a fallu changer les emplois du temps et les habitudes de travail de tout le monde autour des collections. L'informatisation des données est maintenant une évidence dans les priorités de travail mais ce n'était vraiment pas le cas avant. C'est récent de penser de cette manière-là.* » Il évoque aussi la restructuration du MNHN dans les années 2000, qui a engendré la séparation des directions des collections et de la recherche. Selon lui, cette séparation a contribué à l'effort d'informatisation, parce que le temps du personnel des collections pouvait entièrement y être consacré, sans être détourné par les besoins de recherche du moment. « *C'est peut-être en cela que la direction des collections c'est intéressant, c'est parce qu'il y a du personnel qui n'est pas lié directement à la*

*recherche. Et ça fait que leur temps est entièrement dédié à ça. Sinon, qu'est-ce qu'il se passe quand ils sont avec des chercheurs : ils travaillent pour eux directement et ... il n'y aurait pas eu tout ce travail pour remplir INVMAR. » (entretien Pierre Lozouet)*

Un autre exemple peut servir à illustrer la thèse selon laquelle l'accès aux données et la mise en place de base de données sont au cœur de la production des connaissances sur la biodiversité. Il s'agit du programme international « Census of Marine Life » (CoML), initiative scientifique qui s'étend sur dix ans et a réuni plus de 2 700 scientifiques de plus de 80 nations et les données de 540 expéditions. L'objectif global était de regrouper les données concernant les écosystèmes marins, de standardiser leurs contenus et de favoriser l'homogénéisation des protocoles d'échantillonnage. Ce projet a été appliqué à toutes les échelles du vivant de la vie marine, des bactéries aux baleines, de la surface aux profondeurs, d'un pôle à l'autre. Le programme Census of Marine Life a aidé à la mise en place de différentes bases de données comme OBIS (Ocean Biogeographic Information System) qui compile les données géoréférencées sur la vie marine et de MarBOL (Marine Barcode of Life) qui compile les séquences de Barcode aux taxons (voir ci-dessous). Il a contribué à alimenter en données Encyclopedia of Life, World Register of Marine Species, et le Catalogue of Life et à lier les bases de données entre elles, c'est-à-dire à les rendre interopérables.

Les résultats scientifiques d'une telle collaboration ont été rapportés le 4 Octobre 2010 à l'Institut Royal de Londres. Plus de 2 600 articles scientifiques ont alimenté ce projet. Un des aspects marquants de ce programme, d'après ceux qui y ont participé, est qu'il a contribué à mettre en lien les chercheurs et aussi à rendre accessible de nombreuses données. Comme Bertrand Richer de Forges l'indique pendant son entretien, « *Le financement du Census of Marine life a permis de faire venir des gens comme Tina Modostlova et ainsi on a pu avoir accès à des campagnes des russes dans le Pacifique et d'autres campagnes dont on n'avait jamais entendu parlé ni eu accès aux données.* » (entretien Bertrand Richer de Forges)

L'utilisation du barcode est largement valorisée par ce projet visant à réaliser un inventaire taxonomique marin. Le « barcoding » (P. D. Hebert, Cywinska, Ball, & deWaard, 2003) est une technique qui consiste à caractériser des espèces avec des séquences moléculaires, qui, combinées aux autres types de caractères (morphologiques, écologiques...) permettent d'identifier les espèces. Un des objectifs visés et valorisés par Hebert, le promoteur du projet de Barcoding of Life (P. D. N. Hebert & Gregory, 2005), est de permettre à un non-taxonomiste, grâce à ce code barre, d'identifier une espèce - si elle est déjà connue - ou de révéler sa nouveauté.

Le programme MUSORSTOM-TDSB a mis au point de manière systématique depuis 2004 des techniques de conservation qui sont adaptées à l'extraction de séquences moléculaires – ADN ou ARN – des spécimens. La transformation des techniques de conservation des spécimens était notamment nécessaire pour les mollusques, dont la conservation dans le formol affectait les séquences d'ADN ou d'ARN (voir ci-dessus). Comme Benoît Dayrat, malacologiste moléculiste, le mentionne, la mise au point de techniques de conservation des spécimens en vue d'une analyse moléculaire est antérieure à la pratique de la technique du « barcoding ». Elle remonte à l'importance grandissante de la phylogénie moléculaire. Au début, la prise en compte de techniques de conservation compatible avec des analyses ADN était très dépendante de la présence de certaines personnes à bord, comme Benoît Dayrat, alors étudiant en thèse et seul en charge de ce traitement des spécimens. « *La campagne aux Marquises Musorstom 9 en 1997 est l'une des premières campagnes où des échantillons sont mis de côté pour réaliser des analyses de moléculaire. Mon objectif était de trouver du matériel pour des études de systématique. Les gens commençaient à se rendre compte de l'impact du moléculaire. A cette époque, ça devenait incontournable. Lors de la campagne Salomon 2001, la conservation des spécimens dans l'alcool pour que les spécimens puissent être séquencés était déjà beaucoup plus répandue. Cette évolution est corrélée avec la pratique du moléculaire dans la systématique.* » (Entretien Benoît Dayrat) Le caractère *systématique* de la conservation des échantillons en vue de l'extraction des molécules ADN ou ARN est, en revanche, sûrement lié à la technique du barcoding.

Ce que l'initiative internationale CoML met en évidence, c'est qu'un programme comme celui de MUSORSTOM-TDSB apparaît dès lors comme une source importante de données pour développer l'étude de la biodiversité. Ceci tient au fait que la taxonomie, grâce au contexte sociétal de sensibilisation aux thématiques de conservation, a reconquis une place dans la recherche.

En résumé, dans un domaine où l'exploration requiert un déploiement technique et des moyens navals importants, la justification des recherches par l'exploitation et par des enjeux sociétaux est encore plus marquée que dans les autres champs de la recherche. L'intérêt pour l'exploration des ressources - vivantes ou non - dans les DOM-TOM a conjoncturellement favorisé les campagnes d'exploration naturaliste en Nouvelle-Calédonie. De plus, l'intérêt sociétal pour la biodiversité a favorisé aussi le développement de ces campagnes au sein desquelles la taxonomie occupe une place centrale.

L'analyse des comptes rendus et des demandes de campagne du programme MUSORSTOM-TDSB, dans la section ci-après, permet de dégager la manière dont les chefs de mission situent leur recherche par rapport à ces enjeux sociétaux et scientifiques.

### **III – Évolution des axes de recherche dans la littérature grise : documents de demandes de campagne et des comptes rendus**

Cette section a pour but d'analyser les motivations scientifiques mises en avant par les chefs de mission du programme MUSORSTOM-TDSB, ainsi que les liens affirmés avec le contexte économique et sociétal du moment, qui servent à justifier l'investissement nécessaire à la réalisation des campagnes océanographiques. Pour dégager ces motivations, deux types de documents sont analysés, les demandes de campagnes et les comptes rendus des campagnes, qui constituent la littérature grise accompagnant la production scientifique proprement dite du programme.

Les demandes de campagne sont des documents adressés à la commission flotte océanographique française pour solliciter un navire et des besoins en équipement (engins de pêche, sondeur multifaisceaux...). Les comptes rendus sont rédigés une fois la mission accomplie pour restituer le déroulement de la campagne et les résultats préliminaires. Les demandes de campagne détaillent les objectifs scientifiques de la mission, les participants, les besoins en équipement, la durée de la mission et le secteur géographique à échantillonner. Le chef de mission donne les arguments scientifiques et opérationnels qui justifient l'investissement que représente la programmation d'un navire océanographique. Dans les comptes rendus, en plus de ces informations, figurent les résultats préliminaires.

Afin de caractériser le discours scientifique valorisé par les chefs de mission, une analyse de la fréquence des mots utilisés dans les résumés des demandes de campagne et des comptes rendus est réalisée.

# 1. Matériel et Méthode

## *Matériel*

Dans le corpus de documents dont je dispose, les demandes de campagne soumises à la commission Flotte – pour celles qui sollicitent des moyens navals de la flotte océanographique française - remontent à 2001 (demande de campagne de Salomon 1). Avant cette date, les seuls documents disponibles qui traitent du déroulement des missions sont des comptes rendus publiés majoritairement dans les Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle ou dans les rapports scientifiques et techniques des éditions ORSTOM.

Si les deux types de documents ont en commun un discours qui décrit les grands axes de recherche de chaque campagne, il est cependant nécessaire de les distinguer. En effet, une demande de campagne présente les intentions des chefs de mission alors que le compte rendu appartient à un registre d'écriture plus pratique, mettant en avant les principaux résultats obtenus. Après 2001, les deux types de document étaient souvent rédigés. Mais, à partir des archives que j'ai réunies, les demandes de campagne de quasi toutes les campagnes sont disponibles alors que ce n'est pas le cas pour les comptes rendus. C'est la raison pour laquelle, après 2001, les demandes de campagne ont été choisies préférentiellement dans les analyses présentées ci-dessous. Ainsi, pour certaines campagnes, il n'y a que les résumés de comptes rendus qui sont disponibles, et pour d'autres, il y a que des demandes de campagne. Afin de prendre en compte la différence de nature de ces documents, ont été effectuées d'une part une analyse des comptes rendus et d'autre part une analyse des demandes de campagne.

Le tableau en annexe de ce chapitre (Annexe du Chapitre 1, Tableau 1) présente la liste des campagnes et la nature du document (compte rendu ou demande de campagne) pris en compte pour l'analyse faite à partir des mots utilisés dans les résumés qui est présentée ci-dessous. La dernière colonne indique la référence dont est tiré le résumé en anglais. Sur l'ensemble des 84 campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB s'étalant de 1976 à 2017, 62 campagnes ont au moins un des deux documents. Les trois premières campagnes MUSORSTOM (Musorstom 1-2-3) n'ont pas pu être prises en compte pour l'analyse car bien que les comptes rendus soient disponibles, ils ne contiennent pas de résumés.

Ainsi, pour cette analyse, les résumés en anglais de 59 campagnes ont été pris en compte. Sur les 28 rapports publiés après 2001, 20 sont des demandes de campagnes et pour 8 d'entre elles, ce sont des comptes rendus – il s'agit de la plupart des campagnes dont le navire océanographique n'appartient pas à la flotte française (TAIWAN 2000 et 2001, Lumiwan

2008, Miriky, Panglao 2005). Les rapports des 31 campagnes qui ont été édités avant 2001 sont tous des comptes rendus.

## **Méthode**

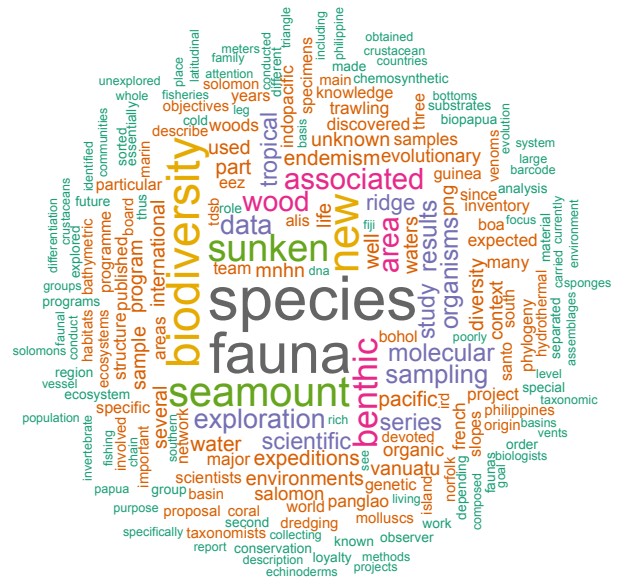
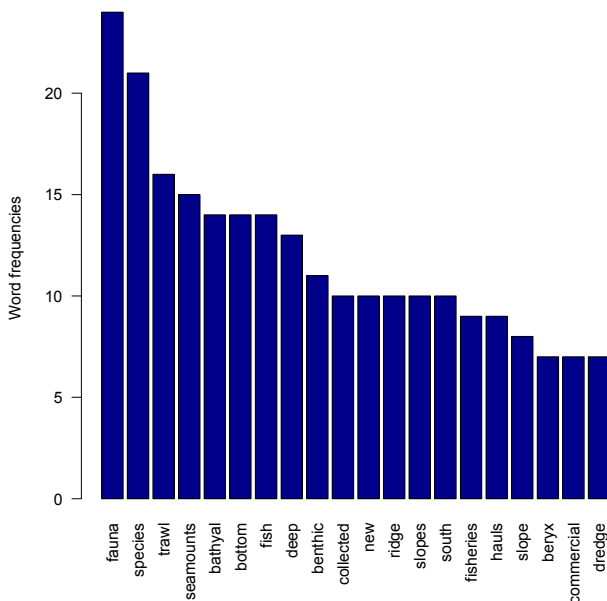
Les packages R wordcloud (Fellows, 2012) et text mining (Feinerer, Hornik, & Meyer, 2008), ont été utilisés pour visualiser la fréquence des mots sous forme de nuage de mots et d'histogramme. Ce traitement permet de nettoyer les résumés des caractères et des mots non pertinents (les nombres ou encore les termes comme « it », « the », etc...). Certains termes peuvent avoir été retirés de l'analyse de l'histogramme des termes les plus fréquents afin d'éviter des synonymies (comme par exemple, « bathyal », « benthic ») ou encore lorsqu'un même terme est décliné au pluriel ou au singulier (comme « seamount » et « seamounts »).

Les nuages de mots permettent de rendre compte des termes les plus fréquents en fonction de la taille de la police. Un code couleur permet de regrouper des termes dont la fréquence est proche.

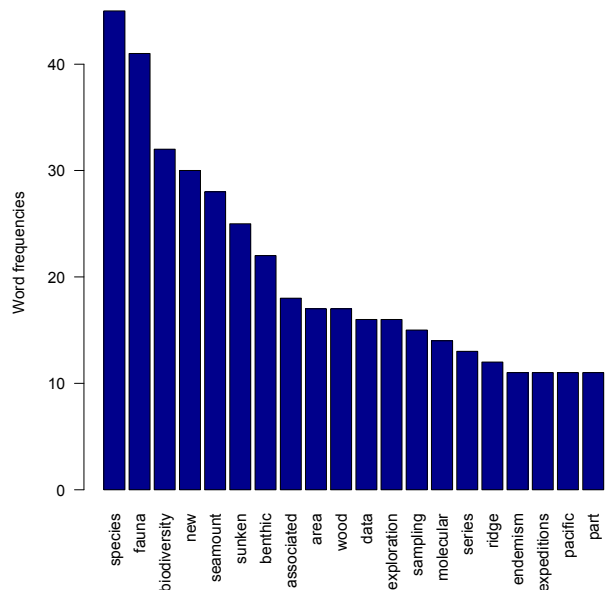
Les histogrammes visualisés ici indiquent les 20 termes les plus fréquents de chacun des deux corpus considérés (de comptes rendus et des demandes de campagne).



Most frequent words



Most frequent words



**Figure ChapI-5**– Nuages de mots (en haut) et histogrammes des 20 mots les plus fréquents (en bas) utilisés dans les résumés des comptes rendus et des demandes de campagne. A droite, nuage de mots et histogramme des mots issus des 39 comptes rendus de campagnes (dont 36 campagnes ont eu lieu avant ou pendant l’année 2001). A gauche, nuage de mots et histogramme de 20 demandes de campagne (dont les campagnes ont toutes été effectuées pendant ou après 2001).



## 2. Résultats

On constate que dans les deux nuages de mots et histogrammes (Figure ChapI-5), les termes les plus fréquemment utilisés sont « fauna », « species » et « new ». Cela illustre que, quelque soit la nature du document (compte rendu ou demande) et la période considérée, c'est l'approche faunistique et la découverte de taxons, notamment d'espèces, qui est centrale dans ces explorations et c'est de cette manière qu'elles sont valorisées et mises en avant.

L'analyse des mots de ces deux corpus permet de révéler aussi deux tendances différentes dans la manière de valoriser ces campagnes qui correspondent à deux périodes différentes (avant ou après 2001).

Les campagnes moins récentes (nuages de mots et histogramme de droite dans la Figure ChapI-5) sont davantage valorisées et discutées en relation aux activités de pêche. Effectivement, parmi les termes les plus fréquents figurés dans l'histogramme, on trouve un ensemble de mots qui renvoie au vocabulaire des ressources halieutiques comme la pêche (fisheries), le poisson (fish), au vocabulaire commercial (resource) et au potentiel des zones explorées (potential). Le terme de « Beryx » exprime la même tendance puisqu'il s'agit de l'espèce *Beryx splendens* qui est exploitée en halieutique. Toute cette terminologie disparaît du second corpus. On remarquera que le terme de monts-sous-marins (« seamount ») est fréquent dans les deux corpus et qu'il est associé aux ressources halieutiques dans le premier corpus mais non dans le second.

Dans le second corpus de campagnes plus récentes (depuis 2001), apparaissent parmi les mots les plus fréquemment utilisés de l'histogramme deux de biodiversité (biodiversity) et de moléculaire (molecular). Ces deux termes illustrent les deux étapes importantes de l'approche faunistique présentées ci-dessus, liées d'une part l'intérêt sociétal pour la conservation de la diversité biologique et d'autre part à la place du moléculaire dans les techniques d'identification - avec l'essor du barcoding - et dans la phylogénie. Cette tendance est aussi illustrée dans le nuage de mots (à gauche dans la Figure ChapI-5) par l'emploi de mots moins fréquents de génétique (genetic) et de barcode ainsi que de conservation. De plus, on voit émerger des termes qui valorisent les approches faunistiques par rapport à ce qu'elles apportent à la connaissance la structure de la biodiversité : endémisme (endemism) et monts-sous-marins (seamount) et par rapport à ce qu'elles permettent de dire sur les mécanismes évolutifs avec les termes de phylogénie (phyogeny) et évolutif (evolutionary).

Les termes de bois coulés (« sunken wood »), hydrothermal et chimiosynthétiques (chimiosynthetic) renvoient aux thématiques des campagnes de la série BOA, qui sont valorisées par rapport à ce qu'elles apportent, d'un point de vue phylogénétique, sur l'histoire des organismes associés aux environnements chimiosynthétiques. L'enjeu scientifique valorisé dans ces campagnes consiste à combler le biais d'échantillonnage des spécimens et des connaissances en défaveur des bois coulés par rapport aux sources hydrothermales, comme cela a été détaillé dans la section précédente (II-3).

Enfin, les termes comme taxonomiste (taxonomist), inventaire (inventory), expédition, (expedition), sont plus fréquents dans le corpus des campagnes récentes que dans celui des campagnes antérieures à 2001. On peut y voir, comme suggéré ci-dessus, le reflet de la revalorisation de la taxonomie dans la recherche, en réponse aux thématiques de conservation.

En résumé, comme l'ont souligné Alain Crosnier et Philippe Bouchet et comme confirmé par l'analyse présentée ci-dessous, le point de départ des campagnes MUSORSTOM-TDSB est de décrire les taxons récoltés : « *Faire le tri de tout, récolter tout, ça c'est « dans l'ADN » des campagnes océanographiques. Tu as un bateau qui coûte cher, un réseau de gens qui s'impliquent, c'est général à toutes les campagnes océanographiques. On (le programme MUSORSTOM-TDSB) l'a amélioré, poussé à son extrémité mais on n'a rien inventé.* » (Philippe Bouchet). Cependant, l'exploration n'est pas valorisée de la même manière en fonction des périodes considérées, témoignant des enjeux sociétaux à l'ordre du jour.

Les campagnes antérieures à 2001 sont davantage valorisées en liaison avec les ressources qu'elles permettent de mettre en avant. Effectivement, c'est à cette période qu'une série de campagnes est lancée pour rechercher des molécules d'intérêt biologique (campagne SMIB) ainsi que des campagnes halieutiques et des campagnes avec un volet géologique d'exploration des ressources non vivantes (campagnes du programme ENVIMARGES). Les campagnes de cette période se sont déroulées majoritairement dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie et leur valorisation reflète la ligne politique de l'ORSTOM détaillée dans la section précédente.

Les campagnes postérieures à 2001 sont valorisées davantage en liaison avec ce que la taxonomie et les inventaires peuvent apporter du point de vue de la conservation de la biodiversité, ce qui est mis en évidence par la place de la notion d'endémisme dans les demandes de campagne. Philippe Bouchet, dans cet extrait d'entretien, témoigne de cette tendance : « *Ma curiosité première c'est l'exploration et l'échantillonnage, et ma façon de le*

*vendre c'est la macro-écologie. L'idée générale c'est de dire qu'un systématique revient du terrain avec des spécimens mais pas des données tandis qu'un écologiste revient avec des données mais pas de spécimens. Ce qu'on a voulu faire, avec les ateliers côtiers et le profond, c'est de faire les deux. Quand on est passé aux campagnes de deuxième génération, on a cherché à vendre autre chose avec l'exploration des monts-sous-marins, les bois coulés, etc... Et puis on a élargi les zones explorées et ça nous a permis de confirmer l'endémisme observé en Nouvelle-Calédonie. »*

Dans la même logique, l'exploration des monts-sous-marins s'inscrivait aussi dans une démarche de conservation, comme Benoît Dayrat le souligne : « *L'hypothèse d'endémisme posée par Bertrand Richer de Forges porte sur la particularité de la faune de ces monts-sous-marins. Cette démarche s'inscrivait dans une logique de motiver la protection des monts-sous-marins de Nouvelle-Calédonie, il y avait un lien évident avec la conservation* ». Par ailleurs, l'importance des bois coulés dans ces campagnes dites de « deuxième génération » (Bouchet et al., 2008a) reflète le tempo des connaissances de la recherche en océanographie et la nécessité de situer les organismes des sources hydrothermales par rapport aux autres organismes, tant du point de vue de l'effort d'échantillonnage que de celui des interprétations évolutives qu'on peut tirer de leur analyse.

On remarquera l'absence totale du terme de fossile vivant (living fossil) ou du terme d'espèce relique (relict species) dans les résumés. Cependant, il n'est pas absent du reste du document comme le Tableau 1 de l'annexe du Chapitre 1 en rend compte. Effectivement, dans les rapports de 20 campagnes qui se sont déroulées majoritairement avant 2000, sur les 62 campagnes considérées, le terme de fossile vivant est présent. Cela révèle que cette notion n'est pas valorisée comme un aspect central des campagnes au point d'être notifié dans le résumé, mais il est tout de même en bruit de fond de près d'un tiers des documents de campagnes considéré. Comme Michel Roux le précise pendant son entretien, il s'agit d'un argument de vente qui permettait d'accrocher mieux que la simple idée de l'inventaire « *L'argument de dire qu'il y avait beaucoup des campagnes qui avaient ramené des fossiles vivants pesait dans la balance. C'est vendeur comme idée* ». Mais il soulève aussi les a priori scientifiques que comprend ce terme et qui ont marqué le programme : « *Mais il y a quand même des héritiers de la faune théthysienne en Nouvelle-Calédonie, une faune archaïque. Le côté fossile-vivant, c'est vrai que c'est avant tout des bêtes qu'on connaissait dans le fossile et dont on s'est rendu compte qu'ils vivaient dans l'actuel. Et les fonds durs sont moins connus encore que les fonds sédimentaires. Mais on ne peut pas passer son temps à faire de*

*l'inventaire.* » . L'ambiguïté de ce terme de fossile vivant, comme indiqué dans l'introduction, est finalement le marqueur d'un *a priori* scientifique évolutif lourd par rapport aux profondeurs des océans.

## **IV – Conclusion**

Ce chapitre a présenté une histoire succincte de l'océanographie française et des enjeux de la recherche sur la période pendant laquelle le programme MUSORSTOM-TDSB a lieu, telle que perçue par des scientifiques eux-mêmes. Il ressort des entretiens avec les scientifiques que l'évolution des moyens techniques d'exploration les profondeurs (sondeurs multifaisceaux, submersibles, robots ...) et celle des conditions d'accès aux moyens navals pour la communauté scientifique ont un impact déterminant dans l'orientation des programmes de recherche et des approches d'exploration. Ces évolutions sont elles-mêmes marquées par l'intérêt économique porté aux ressources vivantes et non vivantes des fonds marins et par l'intérêt sociétal vis à vis de sa conservation.

Le développement de la connaissance des profondeurs pendant cette période est caractérisé par une hypothèse influente : celle selon laquelle les fonds marins sont assez homogènes et désertiques, voire des zones de refuge de l'évolution. L'appréhension de la structure de la biodiversité (endémisme, rareté) pour balayer son hétérogénéité ainsi que la place des environnements chimiosynthétiques dans les profondeurs fait partie des axes de recherche qui ont marqué cette période et qui sont le produit de la conjonction de toutes ces évolutions – technique, institutionnelle, sociétale et économique – vis-à-vis des fonds marins.

L'analyse des comptes rendus et des demandes de campagne d'un programme naturaliste comme MUSORSTOM-TDSB reflète en partie ces évolutions du regard sociétal et économique sur les profondeurs.

L'enjeu des chapitres suivants est de préciser si cette évolution dans la manière de valoriser les campagnes se reflète aussi dans les équipes qui participent aux campagnes (chapitre 2) et dans les thématiques abordées dans les articles scientifiques (chapitre 3).



# **CHAPITRE 2**

## **CONSTITUTION DES CORPUS DE DONNÉES ISSUS DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB**

### **Introduction**

Le fil directeur de ce chapitre procède d'une situation déjà bien décrite par les taxonomistes, celle du « handicap taxonomique ». Il s'agit d'une caractéristique importante de la manière dont se construisent les connaissances naturalistes et la représentation scientifique de la diversité du vivant. L'expression de « handicap taxonomique » a été utilisée pour la première fois dans les années 1990 (Rodman et Cody 2003) et désigne le contraste entre les espèces restant à décrire et le nombre des taxonomistes en mesure d'étudier et d'identifier les spécimens récoltés. Une conséquence possible du handicap taxonomique dans les campagnes MUSORSTOM/TDSB est que l'absence ou la faible proportion de publications associées à certains groupes zoologiques ne serait que le reflet de l'absence de spécialistes disponibles pour étudier les spécimens récoltés et non de leur réelle absence dans le milieu échantillonné. Dans cette perspective, l'objet de ce chapitre est de constituer les corpus de données associées aux campagnes MUSORSTOM-TDSB afin d'identifier les facteurs qui pourraient influencer qualitativement ou quantitativement la dynamique de production de connaissances découlant des travaux réalisés en mer.

La première section présente de façon systématique les sources des données analysées dans le chapitre et décrit leur intégration, sous forme de bases de données, au Système d'Information du MNHN. Une fois les données ainsi constituées, il faut les assembler en corpus propres à des analyses qualitatives et quantitatives, et procéder ensuite à ces analyses. C'est ce qui est présenté dans la section II, qui aboutit à un premier ensemble de résultats permettant de décrire avec précision l'évolution des publications scientifiques associées au programme MUSORSTOM-TDSB. La section III approfondit ces résultats en étudiant les relations entre production scientifique et caractéristiques des chercheurs sur le terrain ou participant à la valorisation des campagnes.

# **I – Sources des données et intégration au Système d’Information du MNHN**

Dans cette section, on commencera par décrire succinctement en quoi consiste une campagne du programme MUSORSTOM-TDSB, en présentant la succession des opérations qui lui sont associées, depuis la préparation du projet, en passant par l’ensemble des travaux effectués en mer, jusqu’à l’identification des spécimens par les spécialistes. Cette description a été élaborée à partir des entretiens avec les chercheurs actuellement actifs dans le programme, entretiens qui ont été présentés dans la première partie ; elle a pour but de mettre au jour les principaux éléments qui ont guidé la constitution et la structuration des corpus de données élaborés au cours de ce travail. Dans un deuxième temps, on présentera les caractéristiques des publications issues des campagnes qui ont été retenues pour en étudier quantitativement l’évolution temporelle. Enfin, on exposera la structure du Système d’Information qui connecte les différentes bases de données utilisées dans ce travail. C’est à partir de cette structure que pourront être révélés les facteurs qui influent sur la constitution des connaissances naturalistes produites par le programme.

## **1 - Les grandes étapes de la réalisation et de la valorisation scientifique d’une campagne TDSB**

En amont de la réalisation d’une campagne, une phase préparatoire est nécessaire au(x) chef(s) de mission durant laquelle ils choisissent une zone géographique, définissent des objectifs scientifiques, déterminent l’équipe embarquée et recherchent les moyens nécessaires (un bateau, les moyens qui seront consacrés à la logistique humaine et matérielle, etc...). Au cours des quarante années du programme, cette phase préparatoire a pris une place de plus en plus importante, principalement parce que l’accès aux moyens navigants et logistiques s’est transformé : ont été progressivement exigés davantage de documents justifiant par avance les frais occasionnés. Cette transformation a pour effet la production d’une importante littérature grise (dossiers de demande de campagne, rapports de campagne, fiches de valorisation cinq ans après la campagne, etc ...). Elle constitue une documentation précieuse pour caractériser l’évolution du programme, et est systématiquement exploitée dans l’ensemble ce travail.

Une fois les moyens réunis et la campagne programmée, le déroulé est le plus souvent le même. Le plan d’échantillonnage commun aux campagnes du programme vise à maximiser le nombre d’espèces identifiées afin de faire l’inventaire le plus complet pour une zone

géographique donnée. Le chef de mission, pour choisir les positions auxquelles sont déployés les engins de pêche, examine les éléments disponibles lui permettant d'évaluer la topographie et la nature des fonds. Comme les zones ciblées sont généralement méconnues, les cartes bathymétriques sont le plus souvent incomplètes. Au cours des campagnes, un temps de travail est donc dédié à des opérations de sondage, dont la nature a changé avec l'évolution de l'équipement des navires océanographiques, comme on l'a vu dans la première partie. On peut notamment rappeler l'acquisition d'un sondeur multifaisceaux sur le navire le plus utilisé par le programme au début des années 2000. Les outils d'échantillonnage de l'ensemble des campagnes sont, comme on l'a vu, des dragues et des chaluts, ce qui, à l'heure des engins sous-marins robotisés et des caméras sous-marines, peut sembler rudimentaire.

Le choix des zones à explorer et des engins à déployer est proposé par le chef de mission en accord avec le commandant du bateau, qui donne les instructions à l'équipage pour déployer les engins. Ce choix dépend de l'évaluation de la topographie et de la nature des fonds qui a été faite au préalable. La drague est réputée pour son efficacité sur les fonds durs (ou rocheux) et escarpés, alors que le chalut est utilisé sur les fonds meubles et non accidentés (mais éventuellement pentus). Sans information sur la nature des fonds, la drague est déployée avant d'envisager l'usage d'un chalut. Au retour de l'engin sur le pont du navire, le contenu est déversé dans de grandes bassines (bailles), puis tamisé par l'équipe scientifique dans de l'eau de mer au travers de maille de tailles décroissantes allant jusqu'à 3 mm (Figure ChapII-1). C'est à bord que l'équipe scientifique trie les refus des différentes tailles de tamis. Le refus de tamis de la plus petite maille (3 mm) est éventuellement conservé pour un tri ultérieur en laboratoire à l'aide de loupes binoculaires. Sur le navire, les opérations de pêches s'enchaînent pour valoriser au maximum le temps de campagne qui a été obtenu lors de la phrase préparatoire. Le temps dédié au tri et au conditionnement dépend de la profondeur des fonds explorés. Au cours du tri, l'équipe scientifique doit extraire les organismes et les fixer pour un examen ultérieur par les spécialistes. Comme l'objectif est de collecter le plus de diversité possible durant la campagne, l'équipe scientifique ne se consacre pas à l'identification fine des organismes récoltés ; celle-ci sera réalisée après la campagne. A bord, les regroupements des spécimens sont faits selon une logique qui vise à faciliter le travail au retour, au sein des collections du MNHN. En effet, les collectes ont pour vocation à être versées aux collections nationales du MNHN. Le tri est donc effectué en suivant les secteurs définis dans le cadre de la gestion des collections du MNHN, selon une logique zoologique (c'est-à-dire selon une division en Mollusques, Crustacés, Cnidaires, Eponges,



Poissons, Tuniciers-Ascidies, etc...). Si cette logique générale est restée la même au cours du temps, les modalités et les outils de gestion des collections se sont transformées avec les restructurations internes du MNHN et l'évolution des moyens techniques (mise en place de la Direction des Collections, utilisation de bases de données informatisées, etc...).

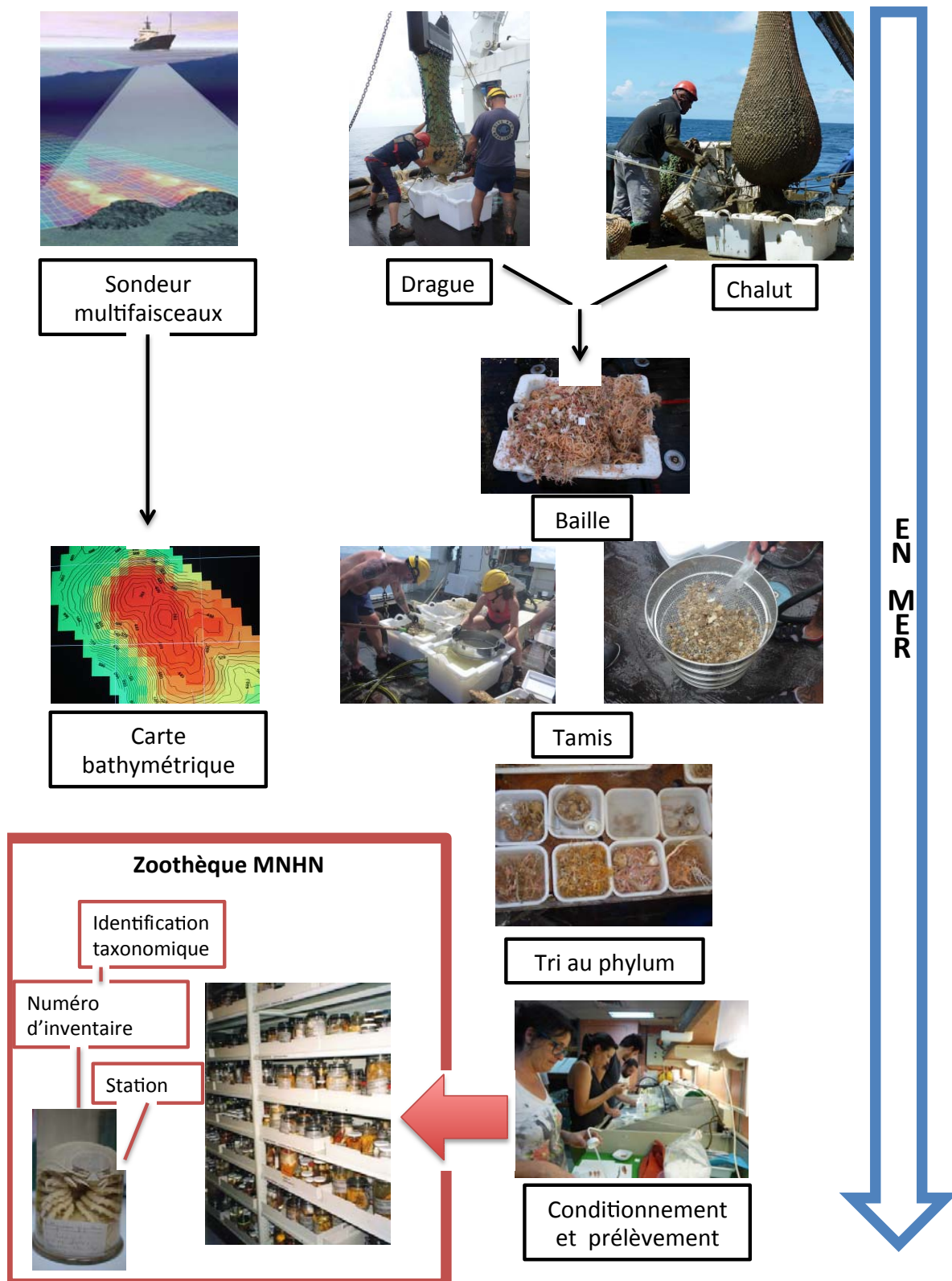
A bord, les méthodes de fixation choisies dépendent des attentes des spécialistes qui examineront les spécimens. Ces méthodes ont changé au cours du temps. En particulier, au cours de la seconde moitié du programme, l'usage des outils de la biologie moléculaire s'est généralisé dans les études de systématique et de taxonomie, notamment en liaison avec le développement du programme Barcode of Life : il a fallu répondre au besoin d'analyses moléculaires. Par exemple, la fixation des poissons en vue de leur étude anatomique se fait au formol, mais cette méthode est incompatible avec l'étude de l'ADN. Par conséquent, depuis une quinzaine d'années, avant de fixer les poissons au formol, des prélèvements de tissus sont réalisés et fixés à l'éthanol en vue des analyses moléculaires.

Un élément essentiel du travail réalisé à bord par les scientifiques est d'assurer la traçabilité des données de collecte : lieu et profondeur auxquels le spécimen a été récolté. Pour cela, chaque lot de spécimens est identifié par une étiquette imputrescible indiquant le nom de la campagne, la date et le numéro de l'opération de pêche (appelée « station ». Au cours de la campagne, l'équipage qui manœuvre les engins renseigne, pour chaque numéro de station, les coordonnées géographiques (actuellement obtenues par GPS) et de profondeur de l'opération de pêche correspondante. De nombreuses photographies des spécimens sont prises à bord. Une partie des photographies documentent le contenu des récoltes mais ne sont pas soumises à la contrainte de maintenir un lien sûr avec les spécimens conservés. Dans les quinze dernières années, avec l'usage des appareils numériques, les prises de vue sont devenues systématiques et visent à partager les impressions de terrain avec les chercheurs qui étudieront le matériel après la campagne. Ces images contiennent des informations que les taxonomistes qui examinent le matériel fixé apprécient car elles donnent une idée du type d'environnement dans lequel le spécimen a été récolté, de l'abondance de la récolte mais aussi de ce qui n'a pas été conservé, toutes informations qui sont difficilement communicables autrement. Des photographies dont le lien avec les spécimens fixés est assuré sont également réalisées, notamment pour les crustacés décapodes et les poissons, dont les couleurs se perdent dans les fixateurs, alors qu'elles sont des caractères pertinents pour leur identification. Cette pratique s'est également développée dans les années récentes dans le cadre du projet Barcode of Life.

Un autre point important à souligner pour la suite de ce chapitre est que les bateaux de l'Orstom (puis de l'IRD), à bord desquels la plupart des campagnes ont eu lieu, n'accueillent que des équipes scientifiques extrêmement réduites. En effet, l'*Alis*, navire de l'IRD actuellement utilisé pour la plupart des campagnes, n'accueille que six scientifiques. De ce fait, l'expertise des spécialistes à bord ne peut couvrir l'ensemble des taxons ce qui a pour conséquence que le handicap taxonomique peut se faire sentir dès les premières étapes de la récolte des spécimens. Ce biais lié à l'équipe embarquée ne peut être que partiellement corrigé par le traitement des spécimens au retour de la campagne. En effet, sachant qu'au cours d'une campagne, plus d'une centaine d'opérations sont généralement réalisées, tous les organismes présents dans un chalut ou une drague ne peuvent être conservés en vue d'un traitement ultérieur pour des raisons logistiques. Le choix des organismes à conserver repose donc sur les orientations données par le chef de mission ainsi que sur l'expertise de l'équipe embarquée.

Actuellement, quand le matériel est de retour au MNHN, l'équipe technique des collections et les chargés de conservation attribuent des numéros d'inventaire aux spécimens ainsi qu'une identification taxonomique et l'enregistre dans la base de données dédiée aux invertébrés marins (INVMAR). La précision de l'identification lors de cette étape peut varier depuis l'identification grossière réalisée sur le terrain à l'identification de l'espèce, selon les compétences présentes au MNHN lors de ce premier traitement du matériel. Cette méthode est conçue pour autoriser le suivi de l'état d'avancement des identifications taxonomiques au retour des campagnes. Cependant, comme illustré par la Figure ChapII-2, qui est une capture d'écran du site web donnant accès à la collection de mollusques, l'effort d'informatisation mentionné dans la Figure ChapII-2 est loin de couvrir la totalité des spécimens hébergés au muséum. La mise en place de la base de données dédiée aux invertébrés marins ne date en effet que de 2006, soit trente ans après le début du programme. De plus, les efforts d'informatisation varient selon les secteurs de collections, notamment en fonction de l'existence au MNHN d'un chargé de collections impliqué dans le programme.

Plus le tri à bord ou au retour au MNHN est précis, plus il est facile de distribuer le matériel aux taxonomistes susceptibles de préciser l'identification primaire. Dès le début du programme, ses animateurs ont développé une stratégie de répartition des spécimens parmi un réseau international d'experts. Ainsi, en 1998, Enrique Macpherson, dans un article traitant du matériel récolté lors des campagnes, explique le rôle central d'Alain Crosnier – un des premiers animateurs de ce programme – dans cette dynamique :



**Figure ChapII-1** – De la récolte des spécimens à bord jusqu'à la zoothèque du MNHN. Présentation des opérations de sondage et de pêche réalisées à bord pendant une campagne océanographique.

Avec beaucoup de ténacité, il [Alain Crosnier] a su trouver des fonds pour les quatre étapes indispensables : (1) la récolte ; (2) le tri et la répartition des échantillons auprès d'un réseau mondial de spécialistes ; (3) la possibilité de séjours rémunérés pour les chercheurs ; (4) la publication des résultats (Macpherson et al. 1998)

Cette citation souligne qu'il y a vingt ans, le processus qui va de l'organisation des récoltes à la valorisation scientifique des échantillons avait été clairement mis au jour et revendiqué comme important et légitime par les animateurs du programme. Pour parler de ce processus, les acteurs emploient d'ailleurs souvent le terme de « tapis roulant MUSORTOM ».



**Figure ChapII-2** – Nombre de lots informatisés dans la base de données collection des mollusques du Muséum National d'histoire naturelle par rapport au nombre total estimé de lots de spécimens conservés sur les étagères de la zoothèque du MNHN. Figure issue du site de science (<https://science.mnhn.fr>) consulté en juin 2018.

Au sein de l'ensemble des campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB, les campagnes BIOCAL (1989) et BIOGEOCAL (1987) se distinguent par leur tri post-campagne. En effet, contrairement aux autres campagnes, un tri post-campagne de l'ensemble du matériel récolté a été réalisé pour celles-ci au Centre National de Tri d'Océanographie Biologique de Brest (CENTOB). Le CENTOB a été créé en partenariat entre le MNHN et le CNEXO en 1974 afin de trier le matériel du programme Biogas dédié à l'étude des communautés animales profondes du Golfe de Gascogne. Un tri systématique des refus de tamis a ainsi été réalisé sous stéréomicroscope. Pour l'ensemble des autres campagnes, le tri des refus de tamis fixé à l'alcool est généralement réalisé après séchage par l'équipe de malacologistes du MNHN. Ainsi, pour la plupart des campagnes, seuls les mollusques de petites tailles (< 3 mm) sont étudiés. Monniot et Monniot (1991), spécialistes d'ascidies, soulignent que le tri par le CENTOB a eu une incidence sur la taille de la faune étudiée comparativement aux campagnes MUSORSTOM 4 et 5 réalisées dans le même secteur de la ZEE de Nouvelle Calédonie que les campagnes BIOCAL et Biogeocal. On voit donc que le traitement des échantillons au retour du terrain semble avoir des conséquences sur la diversité biologique mise en évidence

par le programme MUSORSTOM/ TDSB. Actuellement, une stratégie d'ateliers de tri au retour du terrain a été systématisée pour les mollusques et les décapodes et commence à se développer pour d'autres taxons. Au cours de ces ateliers, des spécialistes impliqués dans la valorisation scientifique de ces collections sont invités afin d' affiner les identifications faites à bord et distribuer le plus rapidement possible le matériel aux spécialistes.

Le tri à bord, puis le tri réalisé immédiatement après la campagne, sont donc des étapes cruciales dans le processus de valorisation scientifique des récoltes. A bord, ce qui est conservé est le résultat d'un compromis entre la place disponible à bord et l'expertise des scientifiques présents à même de déterminer ce qu'il est utile de conserver. On peut supposer que l'œil du spécialiste est plus fin sur cette première étape de tri. La diversité conservée après le tri à bord dépend donc probablement des spécialistes embarqués. En appui à cette hypothèse, on peut citer Philippe Bouchet, qui parlant du travail du spécialiste sur le terrain, décrit ainsi le rapport entre le taxonomiste et son groupe d'étude ainsi que l' influence qu' il exerce sur ce qui est récolté :

They « return » home with specimens of taxa that have attracted their attention for a reason or another (suspected new species, rare or seldom seen species, population with unusual variation, etc) (Bouchet 2009)

On peut donc faire l' hypothèse que la diversité constatée après examen des récoltes par des spécialistes est influencée par les récolteurs à bord et reflète au moins en partie la diversité les spécialités taxonomiques représentée dans l'équipe scientifique à bord.

## **2 – Définition du corpus des publications associées au programme MUSORSTOM-TDSB**

Une fois décrites les opérations de collecte des spécimens dans les campagnes TDSB, ainsi que les contraintes qui pèsent sur leur conservation, et la mise à disposition des taxonomistes, il convient de présenter les corpus qui ont été constitués afin d' évaluer la productivité scientifique du programme, c' est-à-dire la valorisation scientifique du matériel récolté.

C' est en rassemblant les articles produits à partir du matériel récolté qu' ont pu être déterminées des catégories autorisant une évaluation quantitative, comme la détermination du nombre d' articles associé à une campagne ou le nombre d' articles par taxon. Une autre métrique pour évaluer la productivité scientifique d'un programme d'exploration naturaliste est le nombre d'espèces nouvelles qui sont décrites par campagne. En effet certains articles ne

décrivent qu'une seule, espèce alors que d'autres (et en particulier les monographies) peuvent en décrire quelques dizaines.

Afin de mettre en œuvre ces différentes métriques, il a tout d'abord été nécessaire d'associer systématiquement chaque espèce nouvellement décrite à une campagne. Pour ce faire, on a pris comme référence l'origine du matériel utilisé dans la description, suivant en cela une démarche classique en systématique. En effet, dans la méthodologie de la systématique, les descriptions des taxons, quels que soient leur rang dans la classification, se fondent sur les spécimens déposés dans les collections. Parmi ces spécimens, l'un est désigné comme le porte-nom (holotype). Ce spécimen porte-nom permet d'assurer la traçabilité des hypothèses au cours des révisions taxonomiques ultérieures lorsque de nouvelles méthodes deviennent disponibles et/ou que de nouveaux spécimens sont examinés. Au côté de l'holotype, d'autres spécimens bénéficient par ailleurs d'un statut spécifique vis-à-vis de la nomenclature biologique. Dans le cas des descriptions de nouvelles espèces, les paratypes sont ainsi d'autres spécimens qui ont été examinés et qui auraient pu être sélectionnés à la place de l'holotype comme porte-nom. Cette brève présentation de la démarche taxonomique permet de comprendre pourquoi les nouvelles espèces décrites peuvent être considérées comme participant à la valorisation scientifique des campagnes au cours desquelles les spécimens types (holotype et/ou paratype(s)) ont été récoltés. C'est cette approche métrique, à la fois bibliométrique et taxonomique, de la production scientifique issue du programme MUSORSTOM-TDSB qui est utilisée dans ce qui suit pour décrire comment le matériel biologique récolté au cours des campagnes du programme est valorisé scientifiquement.

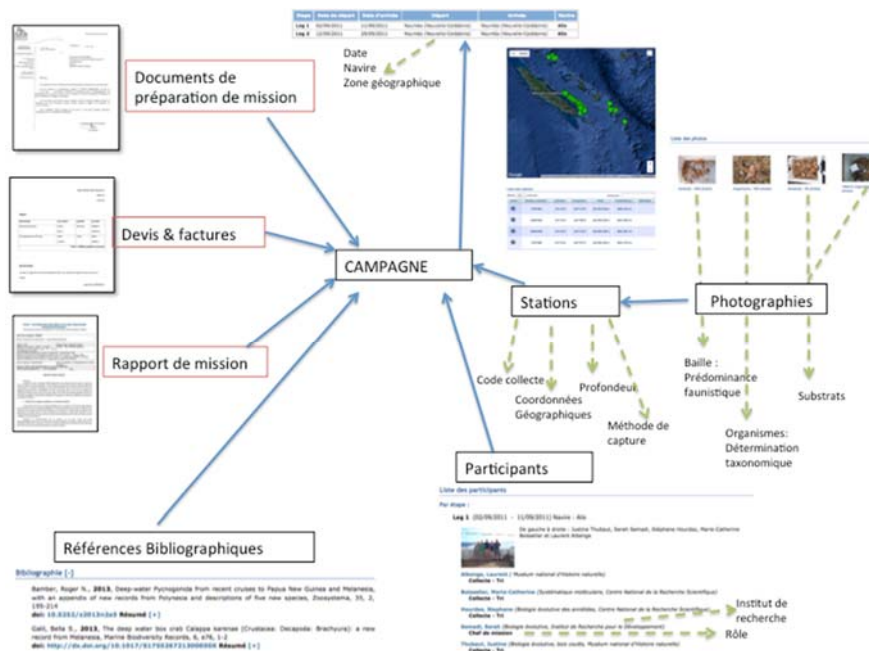
La première étape de la constitution du corpus des publications associées au programme a consisté à rassembler l'ensemble des articles scientifiques qui utilisent du matériel biologique ou des données recueillies à bord comme des données bathymétriques acquises par les sondeurs ou de mesures températures. Un article a été considéré comme étant rattaché au programme MUSORSTOM-TDSB lorsqu'une partie au moins du matériel d'étude provenait d'une des campagnes du programme. Pour ce qui concerne la métrique du nombre d'article par taxon, un constat préliminaire s'est vite imposé : la connaissance des différents groupes de taxons ou des quantités récoltées pendant les campagnes n'est pas une « donnée » que l'on peut obtenir de façon simple. En effet, cette connaissance dépend du travail d'identification des spécimens qui ne peut être réalisé que par des experts. Afin de mettre en œuvre cette

métrique, des connaissances plus fines sur le fonctionnement des campagnes et sur le devenir des spécimens après retour à terre ont dues être mobilisées.

### 3 – Intégration des données dans le Système d’Information du MNHN

Une fois définis les critères permettant de déterminer quels articles font partie de l’ ensemble permettant d’ évaluer la productivité scientifique du programme MUSORSTOM-TDSB, il s’ est agi de constituer les bases de données correspondantes et de les relier entre elles au sein du Système d’ Information du MNHN. Cette entreprise a été conçue à la fois pour répondre aux besoins de cette thèse et pour rendre possibles d’ autres usages des données ainsi rassemblées. La Figure ChapII-4 schématise la structure du Système d’Information du MNHN et fait figurer le traitement du matériel biologique et des autres données issues des expéditions ainsi que certains liens avec les bases de données externes.

La base de données BasExp a été conçue de sorte à fournir un référentiel géographique commun pour les expéditions dans lesquelles le MNHN est impliqué. La base est construite à partir de la liste des coordonnées géographiques des événements de collecte associés à une campagne (terrestre, fluviale ou marine) (Figure ChapII-3).



**Figure ChapII-3** – Les données liées aux campagnes océanographiques qui intégrées à différentes bases de données du Muséum: BasExp pour les données de contexte des collectes et les bases de données des collections pour les données taxonomiques.

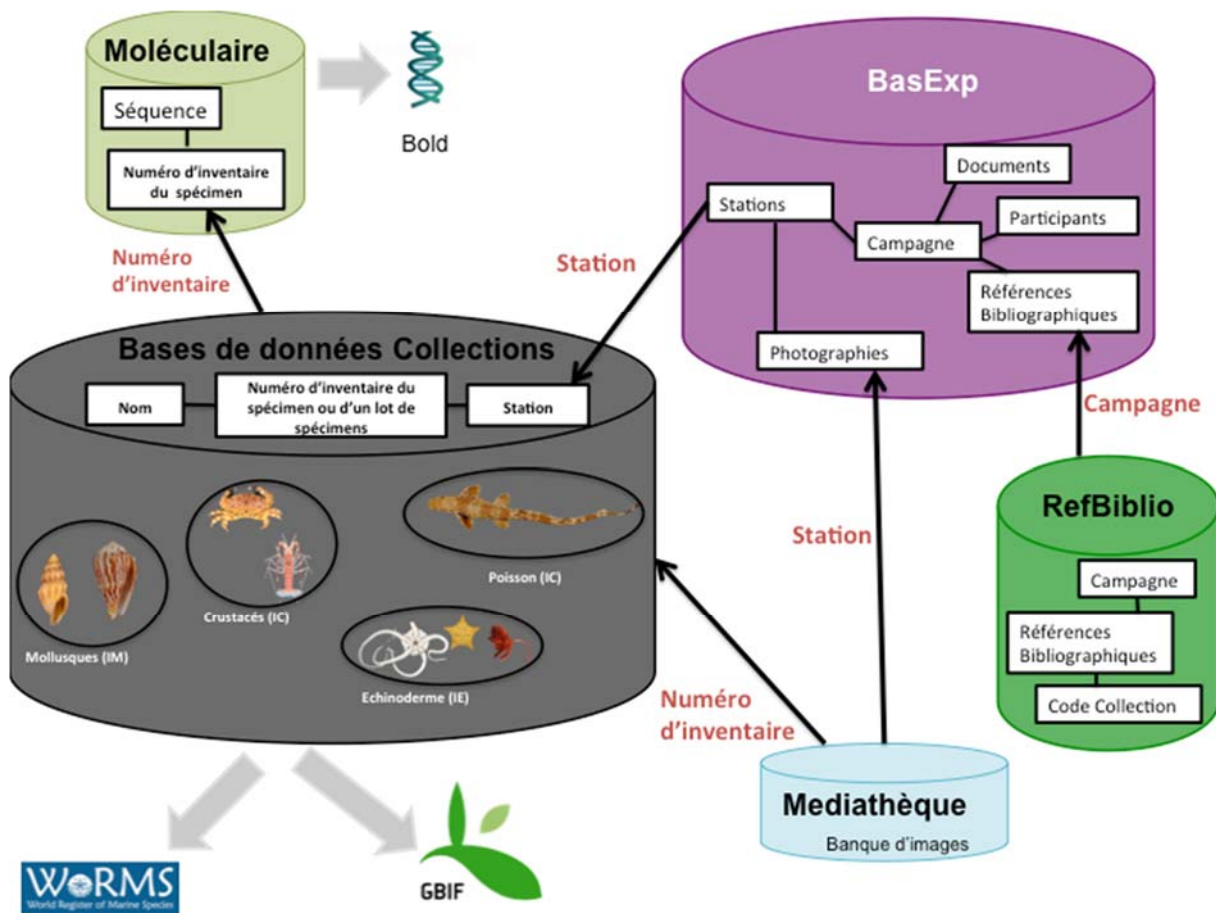
Ces références géographiques alimentent ensuite les bases de données de collections dans lesquels les spécimens récoltés lors de ces campagnes sont inventoriés (Figure ChapII-3). La création de BasExp est le moyen de rassembler et de partager des informations fiables sur la provenance précise des spécimens déposés au MNHN à l'issue d'une campagne. Elle permet de fournir des informations standardisées à tous les secteurs de collections, et ce quelque soit le délai de traitement des spécimens après la campagne.

La base de données Basexp permet également de réunir tous les documents associés à une campagne : carnets de bord, demandes de campagne, comptes rendus de mission, fiches de valorisation, devis, photographies, etc.... Ces documents permettent de produire des ensembles d'informations jusqu' alors difficiles à rassembler sur le contexte des collectes, comme la liste des participants à la campagne et leur institution de rattachement, leur rôle à bord (chef de mission, collecteurs ou observateurs), les engins de pêche utilisés, ou encore des informations sur l'environnement, tirées par exemple des photographies des collectes réalisées sur le terrain.

Les bases de données de collections sont associées à des unités de gestion des collections organisées par taxon. Au MNHN, les animaux sont répartis en 25 groupes différents associés chacun à un code de collection spécifique. Parmi les ensembles qui accueillent le matériel des campagnes TDSB, on citera par exemple les Crustacés (IU), les échinodermes (IE), les Mollusques (IM), les cnidaires (IK), etc. Ces groupes taxonomiques correspondent grossièrement à de grands embranchements ou phylums. C'est ce code de collection qui est utilisé pour attribuer des spécialités taxonomiques aux participants et des taxons aux publications.

La base de données Refbiblio permet, en plus de gérer les éléments classiques d'une base de données bibliographiques (auteurs, titre, année, revue, résumé etc...), de caractériser les articles par les campagnes dont est issu le matériel étudié ainsi que par le secteur de collections dans lesquels les spécimens étudiés sont déposés (Figure ChapII-4). Cette base permet par exemple de mesurer la valorisation scientifique d'une campagne par le nombre d'articles produits ou encore de compter le nombre d'articles pour chaque auteur en fonction des campagnes dont provient le matériel étudié et du ou des groupe(s) taxonomique(s) qui lui sont associés.





**Figure ChapII-4** – BasExp dans le Système d’information des bases de données du Muséum. Les flèches grises indiquent une partie des liens avec des bases extérieures au muséum (base de données taxonomiques Worms : World Register of Marine Species, base d’inventaire de la biodiversité GBIF : Global Biodiversity Information Facility). Sur les flèches qui relient les bases sont indiqués en rouge l’information qui structure le flux d’information: ainsi, le lien entre BasExp et les bases de données collection sont les stations (qui code l’engin, la date, le lieu et la profondeur de la récolte). Le lien entre BasExp et RefBiblio est la campagne : c’est ce point d’ancrage qui permet d’obtenir la liste des références bibliographiques par code collection dans BasExp. La Médiathèque est la banque d’images du muséum. Si les images sont des photographies de spécimens qui ont un numéro d’inventaire car stockés dans la zoothèque du Muséum alors chaque image est liée à un numéro d’inventaire ce qui permet de la rattacher à la base de données collection. Si les images sont des photographies prises à bord de spécimens dont le numéro d’inventaire n’est pas encore attribué, ou qui illustrent le travail ou l’équipe à bord, alors un numéro de station (événement de collecte) et/ou le nom de la campagne sont associés à l’image, permettant ainsi d’être reliés à BasExp. Un autre lien est représenté sur cette figure, celui entre les bases de données de collections et la base moléculaire du Muséum, qui permet d’associer un numéro d’inventaire à des séquences d’ADN. Ces séquences, le numéro d’inventaire et l’identification taxonomique associés peuvent notamment alimenter la base de données BOLD (Barcode of Life Data system), externe au Muséum.

Les liens entre les bases de données dans le Système d'Information présenté en figure ChapII-4 permettent de croiser les données pour répondre aux questions traitées dans la suite de ce chapitre. Par exemple, les participants aux campagnes, documentés dans Basexp, peuvent être caractérisés par leur profil d'auteur défini au sein de Refbiblio, ce qui permet par exemple d'évaluer l'importance de la présence d'un spécialiste sur le terrain dans la valorisation ultérieure du matériel.

Les données réunies et présentées dans ce chapitre représentent un jeu de données de très grande taille : 83 campagnes et plus de 7200 stations, 267 participants et 1143 auteurs de 1579 publications, 3628 espèces nouvelles<sup>1</sup>, le tout sur une période de quarante ans. La représentation des données, leur constitution en plusieurs corpus, et leur analyse n'ont donc rien de trivial.

Dans un premier temps, c' est une approche métrique de la valorisation scientifique des campagnes au cours du temps a été menée. Cette approche permet de comparer la production scientifique des différentes campagnes, selon la date mais aussi la zone géographique, ainsi que la production scientifique associée aux différents secteurs de collections concernés par les récoltes.

Dans un deuxième temps, une méthode permettant de caractériser les communautés scientifiques impliquées dans la réalisation et la valorisation des campagnes a été déterminée. La taille et la complexité du jeu de données ne permettent pas d'en obtenir une représentation lisible à partir des approches multivariées classiques. La méthode d' analyse retenue consiste à représenter les données sous forme de réseaux et d'utiliser un algorithme d'exploration de la structure de ce réseau. L'objectif est ici d'identifier la structure des communautés (de participants ou d'auteurs) en fonction des campagnes. C' est une représentation en réseau bipartite qui a été privilégiée. Les deux ensembles qui sont mis en relation dans ce réseau bipartite sont les personnes et les campagnes. Le réseau est orienté des participants vers les campagnes. Une méthode exploratoire permettant d'identifier des communautés a été développée en collaboration avec Henry Soldano<sup>2</sup>. La structure du réseau ainsi mise en évidence peut ensuite être interprétée en utilisant des attributs caractérisant les éléments de chacun des deux ensembles. Par exemple, les campagnes peuvent être caractérisées par leur zone géographique ; les participants ou les auteurs peuvent être caractérisés par leur domaine

---

<sup>1</sup> Dont le matériel type (holotype et/ou paratype(s)) est récolté pendant les campagnes TDSB

<sup>2</sup> Dans le cadre des activités de l'Atelier de Bioinformatique, <http://www.wabi.snv.jussieu.fr/>

de spécialité taxonomique ou par le pays de leur institut de rattachement. Le choix des attributs permet d'évaluer la pertinence des hypothèses envisagées au chapitre 1 sur les facteurs qui conditionnent la représentation de la biodiversité issue de ces explorations naturalistes.

## **II - Evolution de la valorisation scientifique des campagnes MUSORSTOM-TDSB**

### **1 - Source des documents utilisés pour caractériser les campagnes et les participants**

L'organisation et la réalisation d'une campagne océanographique produit des documents relatifs aux démarches préalables et postérieures à la campagne. Depuis les débuts du programme 1976, les démarches administratives à accomplir se sont globalement alourdies, comme on l'a vu au chapitre 1. Le volume de documents qui leur sont associés a donc augmenté. Cette évolution est liée à celle de l'organisation, au niveau national, des moyens navals dédiés à la recherche.

Ainsi, l'accès aux navires de l'ORSTOM ne passait pas par une demande écrite, les accords se faisant en interne. Le seul document généralement disponible pour les campagnes d'avant 2000 est un compte rendu qui contient toutes les informations sur le déroulement de la campagne, comme la liste des stations et des participants, le cadre scientifique dans lequel s'insèrent les enjeux de l'exploration et des résultats préliminaires. Ces comptes rendus ont généralement été publiés sous forme d'articles scientifiques souvent comme introduction aux volumes dédiés à la valorisation de ces campagnes publiés dans les éditions scientifiques du Muséum National d'histoire naturelle (Mémoires du Muséum National d'histoire naturelle) ou dans les éditions de l'ORSTOM (voir chapitre 1).

Ce n'est qu'à partir des années 2000 que les demandes d'accès et l'évaluation de la valorisation des moyens navals de l'ORSTOM qui devient IRD en 1998, sont évaluées par les commissions d'évaluation nationale de la flotte française<sup>3</sup> (voir chapitre 1). Ainsi, à partir de

---

<sup>3</sup> La « Flotte Océanographique Française (FOF) est une très Grande Infrastructure de Recherche (TGIR) qui réunit depuis 2011 les moyens navals appartenant à quatre organismes de recherche : le CNRS, l'IFREMER, l'IPEV (Institut Polaire Français Emile-Victor) et l'IRD. La FOF a été inscrite dans la feuille de route des TGIR

2000, pour chaque campagne réalisée sur un bateau de la flotte océanographique française, on peut retrouver un dossier de demande de campagne. Dans ce document, le chef de mission donne les arguments scientifiques et opérationnels qui justifient l'investissement que représente la programmation d'un navire océanographique. De même, à partir des années 2000, à l'issue de la campagne, un compte rendu est rédigé par le chef de mission et transmis à la commission. Ce compte-rendu dresse le bilan des opérations menées lors de la campagne, et fournit des résultats préliminaires. Ce compte-rendu est ensuite complété par le suivi de la valorisation scientifique des campagnes avec une fiche de valorisation. Ce document vise à justifier l'utilisation des moyens mis à disposition. Dans ce document, le chef de mission explique comment les objectifs annoncés de la campagne ont pu être atteints, les éventuelles réorientations ou difficultés rencontrées, et fournit l'état de la valorisation scientifique des travaux réalisés en mer à travers une liste détaillée des références bibliographiques. Cette fiche de valorisation est évaluée par la même commission que celle qui valide les demandes, quatre ans après la réalisation de la campagne.

Au début des années 2000, Bertrand Richer de Forges et Philippe Bouchet, alors les principaux acteurs des campagnes TDSB, doivent s'adapter à ce nouveau cadre. Ils commencent notamment à élaborer des listes des chercheurs impliqués dans la valorisation du matériel récolté et à documenter une liste bibliographique associée aux campagnes du programme qu'ils utilisent respectivement dans les dossiers de demandes de campagnes pour justifier des collaborations liées à la campagne et dans les dossiers de valorisation. Plutôt que de lister les articles campagnes par campagnes, ils établissent une liste « MUSORTSOM-TDSB » qui ne répond pas strictement aux attentes de la fiche de valorisation<sup>4</sup>.

Une campagne génère d'autres types de documents, moins standardisés que ces documents liés au fonctionnement de la FOF. On citera notamment les documents liés aux autorisations de récoltes et/ou de recherche, des documents liées à la logistique de la campagne. L'ensemble des documents disponibles peut être intégré dans la base de données BasExp. Ils contribuent à enrichir les données associées aux campagnes. Ces documents apportent d'autres éléments de contextualisation importants pour décrire l'évolution de l'organisation

---

dès 2008. Depuis 2013 une Unité Mixte de Services gèrent l'ensemble du processus d'évaluation, programmation et suivi de la valorisation des campagnes océanographiques.

<sup>4</sup> Le sujet de cette thèse a en partie émergé du besoin de rendre des comptes plus précis campagne par campagne de cette valorisation.

des campagnes et des communautés impliquées, notamment en lien avec la Convention sur la Diversité Biologique et l'évolution des réglementations sur l'accès à la biodiversité.

Comme mentionné ci-dessus, ce travail a tout d'abord permis de fixer une liste de 83 campagnes associées aux campagnes TDSB, présentée en annexe du chapitre 1. Cette liste a été dressée en partant des listes citées dans les articles de Bouchet et al 2008a, et Richer de Forges et al, 2013. Les campagnes menées depuis 2013 ont été ajoutées en suivant les indications des chefs de mission de cette période. Toutes ces campagnes ont été créées dans BasExp, principalement par Gilberto Marani, qui a pour charge de vérifier l'ensemble des données de collectes de sorte qu'elles puissent alimenter les bases de données de collections. Cette liste permet également de caractériser les campagnes par le nombre d'opérations et le type d'engins qui ont été déployés sur le terrain.

Par la suite, les documents réunis, complétés par des échanges avec les chefs de missions, ont permis d'établir la liste des participants pour 74 campagnes sur les 83 au total. Ces données ont été mises à jour dans Basexp avec l'aide de Julien Brisset et des chefs de mission. Pour quelques campagnes anciennes (Vauban 1978-1979 ; Lagon ; SMIB 9, SMCB), les listes de participants n'ont pu être établies de façon satisfaisante et ne sont donc pas incluses dans les analyses qui suivent. De même, Karubenthos 2015 et les campagnes de l'année 2017 (Biomaglo, Kanadeep, Walters Shoal/MD208) ont été mises à jour tardivement dans Basexp et n'ont pu être prises en compte dans l'analyse. Au total, de 1976 à 2016, 267 personnes ont participé à ces 74 campagnes (Annexe 2- Chapitre 2, le tableau 1 de la liste des campagnes).

## **2 - Constitution du corpus bibliographique du programme MUSORSTOM-TDSB**

Comme indiqué ci-dessus, le critère retenu pour inclure un article dans le corpus bibliographique du programme TDSB est qu'au moins une partie des spécimens étudiés (ou des données analysées) soient issus des travaux réalisés lors d'une des campagnes de la liste. Pour constituer ce corpus bibliographique entre 1979 et 2016, et les intégrer dans la base de données RefBiblio, plusieurs stratégies ont été mises en œuvre.

Pour réunir l'ensemble des articles associés au programme, le point de départ a été les listes constituées par les chefs de mission. Une première source a été le travail de veille bibliographique réalisée, jusqu'en 2008, par Bertrand Richer de Forges, avec l'aide de Christian Hoffshir, (ingénieur à l'IRD), qui ont alimenté une base de données (OCEANE)

dont l'objet était de documenter les données d'occurrence d'espèces aux stations échantillonnées par le programme TDSB et de les lier aux articles publiés dans des revues scientifiques. Une seconde source est fournie par les fiches de valorisation remplies depuis une quinzaine d'année par les chefs de missions. Enfin, dans les dossiers de demande de campagne, les listes de chercheurs fournies dans la section dédiée aux collaborations suscitées par la campagne indiquent les chercheurs auxquels du matériel issu des campagnes a été confié. En examinant la production des chercheurs ainsi listés, des références omises dans les fiches de valorisation ont pu être retrouvées.

La liste a ensuite été complétée par l'examen du contenu des bases de données de collections. En effet, pour les descriptions de nouvelles espèces, ces bases de données fournissent pour chaque nouveau taxon la référence bibliographique associée. En listant les nouvelles espèces associées aux stations des campagnes du programme, on obtient une liste d'articles associés à chacune des campagnes du programme. Ce travail sur les bases de données des collections a été réalisé avec l'aide de Julien Brisset. Il a permis d'intégrer des références absentes dans les listes figurant dans les fiches de valorisation.

Ce fastidieux travail de recherche des articles a également bénéficié de plusieurs projets en cours au Muséum. Notamment, pour les Mollusques un travail de veille bibliographique est réalisée par Virginie Héros. Cette veille vise à constituer une liste de tous les articles traitant des descriptions d'espèces de Mollusques, qu'ils soient marins, fluviatiles ou terrestres, et récoltés dans le monde entier. Cette liste est consignée dans une base de données dédiée (Zoological Record, ZR). Cette base permet notamment d'associer aux articles le nom des espèces décrites et la provenance (avec le nom de la campagne concernée). Cette base sert de référence pour documenter, dans la base de données collections du MNHN des Invertébrés Marins (INVMAR), les noms et les références des nouvelles espèces dont les types sont déposés au Muséum. Cette base est aussi utilisée par les chefs de mission pour constituer les listes incluses dans les fiches de valorisation.

Une convention entre l'Agence des Aires Marines Protégées de Nouvelle-Calédonie et le MNHN (2015-2016) a également contribué, via notamment le travail de Julien Brisset et de Gilberto Marani, à documenter dans BasExp les campagnes réalisées en Nouvelle-Calédonie et à compléter les données bibliographiques dans RefBiblio. Enfin une convention (2016-2017), avec les Terres Australes et Antarctiques Française, en lien avec la campagne BIOMAGLO réalisée en 2017 dans le Nord du Canal du Mozambique, a permis de consolider les références associées à l'ensemble des campagnes réalisées dans l'océan Indien. Enfin, une

analyse de macro-écologie réalisée dans le cadre d'un stage de Master 2 réalisé par Louise Keszler (encadré par Sarah Samadi et Juliette Delavenne) a contribué à compléter les références concernant les campagnes réalisées en Polynésie-Française.

La veille bibliographique réalisée par les chefs de mission en vue de remplir les fiches de valorisation ou par les chargés de collections en vue de faire des bilans de la valorisation des collections déposée au MNHN est particulièrement difficile car la façon dont est cité le matériel d'origine est très peu standardisée. L'utilisation des noms des campagnes dans les moteurs de recherche bibliographique ne permet en effet pas de retrouver toutes les références pertinentes. Ainsi, pour compléter ces recherches, les noms des chercheurs à qui du matériel a été confié, ou encore le nom des chefs de missions et/ou chargés de conservation, souvent mentionnés dans les remerciements, ont été utilisés.

L'étape suivante consiste à vérifier quelles sont les campagnes qui ont fourni le matériel examiné dans chaque article. Pour l'ensemble des articles réunis grâce à ces différentes sources, un important travail de croisement des données et un examen du texte de chaque référence a dû être réalisé pour confirmer le rattachement au programme et préciser la liste des campagnes concernées, et ce pour chacun article. Cette étape peut être compliquée à franchir. En effet, il n'est pas rare que le nom de la campagne n'apparaisse pas dans la publication, qui ne fournit que des numéros d'inventaire, dont il faut donc vérifier le rattachement aux campagnes via les bases de données. Parfois encore, la publication contient des numéros d'inventaire qui ne sont plus actuels, comme par exemple dans l'article de Yang et al. 2012. En effet, la forme des numéros d'inventaire utilisés par le MNHN a changé au cours des années 2000, si bien que pour les articles utilisant les anciens numéros d'inventaire, il a fallu établir la correspondance avec les nouveaux numéros. D'autres articles ne contiennent pas d'information permettant de confirmer que le matériel analysé dans l'article provient bien des campagnes TDSB. C'est par exemple le cas de l'article de Cohen, Kaulfuss, et Lüter 2014. Dans ce cas, l'auteur principal a participé à une campagne au cours de laquelle le chef de mission lui a confié du matériel qu'il a valorisé des années après sans s'inquiéter de la façon dont il devait référencer ce matériel. Cet article a été retrouvé parce que le chef de mission était cité, que les milieux et organismes concernés ainsi que la zone géographique correspondait bien aux campagnes du programme. De tels cas ont dû être vérifiés en interrogeant les chefs de missions. De même, de nombreuses études réunissent du matériel d'un grand nombre de campagnes, et même si les positionnements géographiques sont bien

documentés dans les articles, les campagnes ne sont pas toujours renseignées par leur nom de façon accessible aux moteurs de recherche (cf. par exemple Krug et al. 2013).

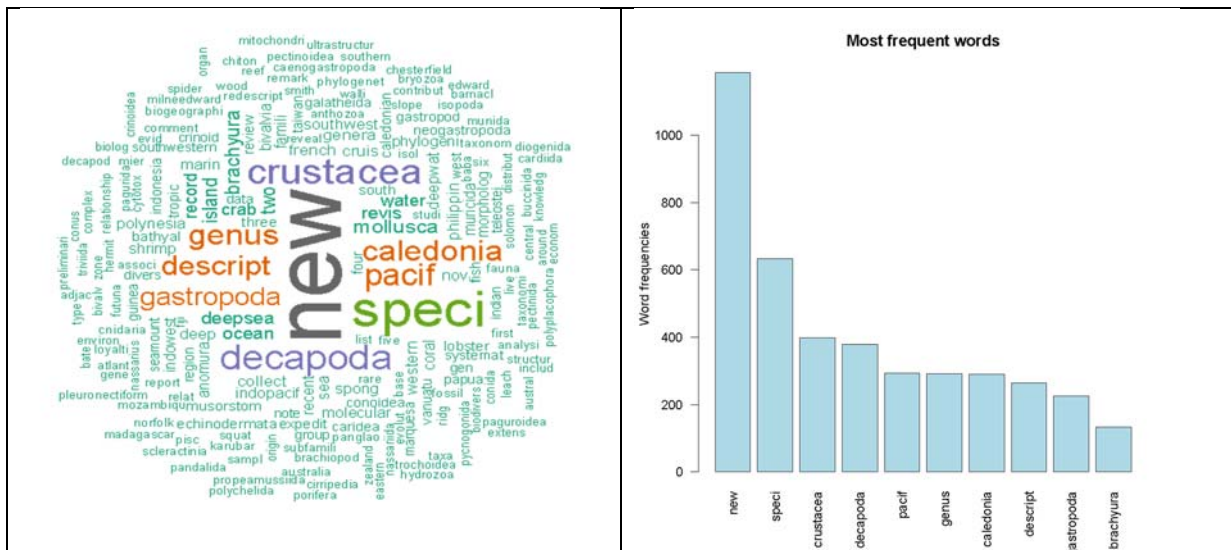
L'ensemble de ce travail de compilation a demandé d'examiner de façon précise le contenu de chaque articles (à partir de sa version numérique). Pour les articles récents, associés à des revues éditées par des éditeurs scientifiques, des versions électroniques sont disponibles (accessibles notamment via les abonnements institutionnels du CNRS et du MNHN). Les bases documentaires de l'IRD (base Horizon) ou encore celle d'Ifremer (ARCHIMER) ou du site documentaire du MNHN (notamment ASFA) sont une autre source. Pour des articles plus anciens, les projets internationaux tels que Biodiversity Heritage Library (BHL), ou Assembling the tree of life (ATOL) ont également été utilisés. Enfin, les articles non disponibles par ces sources ont été soit scannés à partir des copies disponibles dans les bibliothèques du MNHN, soit demandés aux auteurs (directement ou via des réseaux sociaux tels que Researchgate). L'ensemble des références réunies et les versions numériques sous format pdf ont été référencées dans le logiciel ZOTERO.

Le traitement des références bibliographiques a consisté à extraire les données bibliographiques standards des articles et à les lier au fichier PDF en utilisant le logiciel ZOTERO. Il s'agit lors de cette étape de récupérer le titre du document, le type de document (article de revue, rapport, article de colloque), le nom de la revue et son indexation (tomaison, volumes, pages), la date de publication, les noms et prénoms des auteurs, les noms des éditeurs, le résumé, la langue, etc... Ces données peuvent être disponibles dans les métadonnées des fichiers pdf, mais ce n'est pas le cas pour les documents qui ont été scannés. Dans tous les cas, les données ont été vérifiées, et donc consolidées dans Zotero. Ensuite, chaque article à été systématiquement associé aux campagnes dont provient le matériel étudié. Cette donnée est intégrée dans la base RefBiblio, qui en retour alimente BasExp.

Au total, 1579 articles ont été réunis pour une période allant de 1979 à 2016. Ces articles ont été enregistrés dans Refbiblio et liés à chacune des campagnes concernées pour un affichage dans Basexp. La liste de publications rassemblées consiste en des articles de revue, de la littérature grise (comptes rendus de campagne, rapports), des articles de colloque et des livres. Les travaux universitaires (mémoires et thèses) n'ont cependant pas été pris en compte.



### 3 – Construction des métadonnées bibliographiques



**Figure ChapII-5** – Fréquence des mots utilisés dans les 1579 titres associés au Programme MUSORSTOM-TDSB, en utilisant les packages R text mining (tm) et wordcloud (Fellows 2012)

Comme l'illustre la construction des nuages de mots établis à partir des titres de tous les articles, on constate que les mots les plus fréquents sont « new », « species », c'est à dire nouveau et espèce. Ces articles traitent majoritairement de nouveauté taxonomique, essentiellement au niveau de l'espèce. Ce sont donc principalement des articles de taxonomie ou de systématique. Par conséquent, le premier élément utilisé pour structurer le jeu de données bibliographique a été de relier les différents articles aux différents secteurs de collections. Cette information a été introduite dans RefBiblio en attribuant à chaque article les initiales du secteur de collections concerné<sup>5</sup>. Une base de données dédiée aux travaux de cette thèse a également été élaborée sous Access avec l'aide de Gilberto Marani. Cette base vise à documenter pour chaque article les données liées à la caractérisation des communautés d'auteurs et de la nature des travaux scientifiques. L'objectif du travail était de pouvoir décrire l' évolution, sur quarante ans, des communautés scientifiques et des thématiques de recherche impliquées dans le programme. Les catégories mobilisées dans cette base de données ont été affinées au cours de la thèse à la fois en lien avec le contenu effectif des

<sup>5</sup> Ce choix permet d'afficher dans Basexp la liste bibliographique par secteur de collections, ce qui répond aux attentes de la communauté des taxonomistes, chacun s'intéressant majoritairement aux articles du taxon dont il est spécialiste

articles et selon les contraintes de faisabilité de ce travail dans le temps d'une thèse. Les données finalement réunies sont les suivantes :

#### **Métadonnées sur les auteurs :**

L'ordre de l'auteur dans l'article a été pris en compte (premier auteur, dernier auteur, auteur intermédiaire).

L'adresse professionnelle ou personnelle fournie par l'auteur lors de la publication de l'article et le pays associé à cette adresse.

Le statut professionnel ou amateur de l'auteur(e)<sup>6</sup>

#### **Métadonnées sur l'article :**

Les campagnes d'où provient le matériel étudié dans l'article

Les taxons concernés, par le biais des secteurs de collections. Une catégorie « autres groupes taxonomiques » est utilisée pour les taxons marginaux dans le corpus<sup>7</sup>. Les articles de synthèses sur le programme, de géologie ou encore de sciences humaines ont été classés dans une catégorie « hors groupe taxonomique »

les champs disciplinaires, selon les catégories suivantes : (1) Taxonomie avec acte de nomenclature, (2) Taxonomie sans acte de nomenclature, (3) Articles traitant des organismes mais pas à des fins de taxonomie (chimie, macro-écologie, génétique des populations), (4) autres champs disciplinaires (correspondant aux articles hors groupe taxonomique).

Pour les articles traitant de descriptions de nouveaux taxons (catégorie 1 ci-dessus), les campagnes d'où provient le matériel examiné pour les décrire, en distinguant les différents statuts du matériel utilisé pour la description (holotype, paratype(s), non-type).

Pour les articles des catégories 1 à 3, la nature des caractères analysés est prise en compte selon trois modalités : (1) morpho-anatomique, (2) moléculaire (ADN, ARN, enzymes etc...), (3) une combinaison des deux types de caractères

---

<sup>6</sup> Cette distinction n'a pu être réalisée que pour les auteur(e)s impliqué(e)s dans la production d'articles sur des mollusques. La désignation du statut de l'auteur(e) a pu être déterminée grâce au travail de l'équipe de malacologie qui connaît les auteur(e)s car il n'est pas possible de déduire de façon simple ce statut à partir de la distinction entre une adresse professionnelle ou personnelle de la signature de l'auteur(e). Effectivement, il arrive souvent que l'amateur signe en tant que « chercheur associé » d'un Muséum, voire directement comme membre du Muséum.

<sup>7</sup> Cette catégorie regroupe quelques articles sur les champignons, les ptérobanches, les foraminifères, des ossements de baleine ou des bois récupérés dans les opérations de pêche.

Pour les articles des catégories 1 à 3, la méthode d'analyse a distingué selon deux modalités : (1) Verbale : argumentation écrite de la méthode d'analyse sans aucune autre forme de formalisation, (2) Analytique : formalisation des données ou des analyses dans des figures et des tableaux tels que des arbres phylogénétiques, des tableaux ou de représentation graphiques de statistiques ou des cartes.

Le nombre de spécimens utilisés dans la description de chaque espèce<sup>8</sup>.

Au total, 1526 des 1579 articles ont été examinés. Parmi eux, 240 sont des articles de biologie ou de chimie qui ne traitent pas de taxonomie et 100 concernent d'autres champs disciplinaires. La répartition des articles de taxonomie est résumée dans le tableau suivant ChapII-1.

Catégorie disciplinaire	Taxonomie avec Acte		Taxonomie Sans Acte	
	<b>1091</b>		<b>95</b>	
Caractères				
Morphologique et Moléculaire	Méthodologie Analytique <b>65</b>	Méthodologie Verbale <b>43</b>	Méthodologie Analytique <b>59</b>	Méthodologie Verbale <b>0</b>
Moléculaire	Méthodologie Analytique <b>0</b>	Méthodologie Verbale <b>0</b>	Méthodologie Analytique <b>16</b>	Méthodologie Verbale <b>0</b>
Non moléculaire	Méthodologie Analytique <b>127</b>	Méthodologie Verbale <b>855</b>	Méthodologie Analytique <b>9</b>	Méthodologie Verbale <b>11</b>

**Tableau ChapII-1** - Répartition des articles de taxonomie en fonction de la méthodologie et des caractères utilisés.

## 4 - Evolution des publications et des descriptions d'espèces

L'analyse quantitative des données de publications permet de dégager des tendances dans l'évolution des descriptions des espèces, considérées à la fois par groupes taxonomiques et en fonction des zones géographiques explorées par les campagnes. Un des objectifs de cette analyse est de prendre en compte l'effet de la durée dans le processus de description scientifique des espèces, depuis la récolte des spécimens jusqu'à la publication des descriptions. Cette durée a été qualifiée par Fontaine et al 2012 de "shelf life", qui correspond au temps de latence entre la récolte et la description.

<sup>8</sup> Information renseignée uniquement pour une sous-partie du corpus.

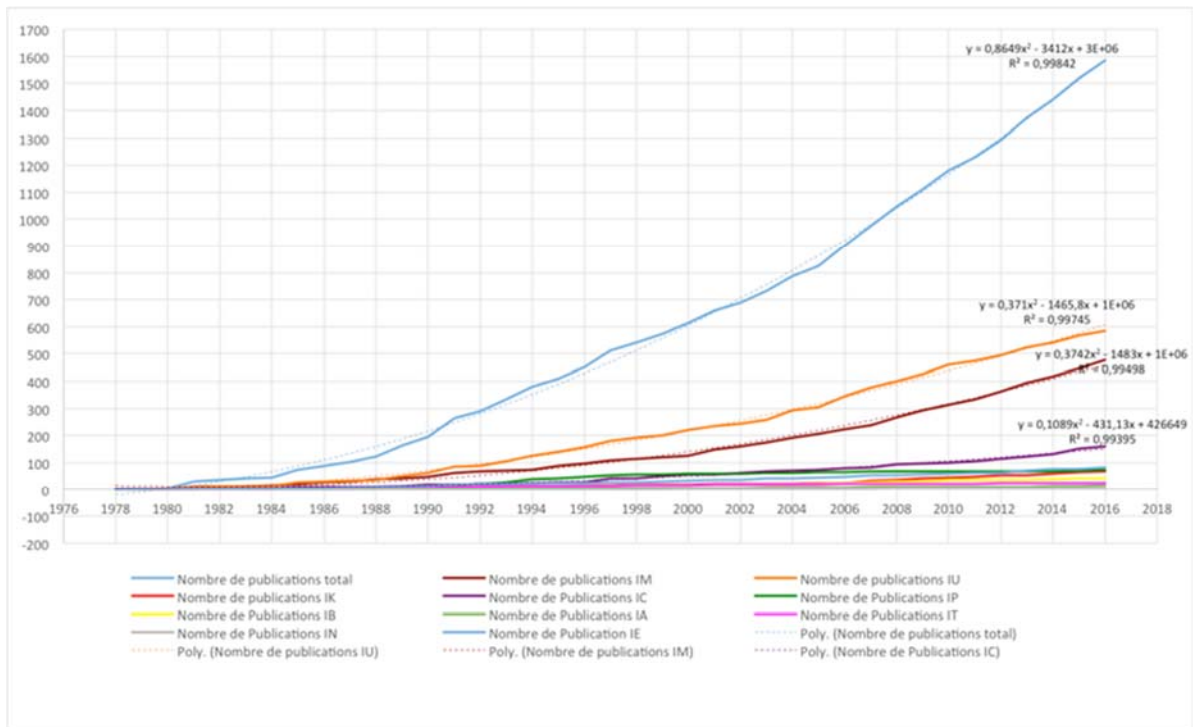
## 4.1 - Evolution générale

On constate tout d'abord que les évolutions des descriptions d'espèces et des publications sont très hétérogènes selon les groupes taxonomiques considérés (Figure ChapII-6, Figure ChapII-7 et Figure ChapII-8). La production scientifique des groupes des Crustacés, des Mollusques et des Poissons, évaluée à partir du nombre d'articles, a une dynamique croissante qui suit une courbe de régression multiple d'ordre 2 (Figure ChapII-6). Pour ces trois groupes, le total des publications sur la période atteint respectivement 479 pour les mollusques, 584 pour les crustacés et 162 pour les poissons. Les autres groupes se distinguent de ces trois derniers car ils ont des évolutions beaucoup plus irrégulières et sont associés à un nombre total de publications relativement faible sur la période, c'est-à-dire inférieur à 100 (Figure ChapII-7). Par ordre croissant en fonction du nombre d'articles cumulés en 2016, on observe les groupes des échinodermes, des éponges, des cnidaires, des Brachiopodes-Bryozoaires, des Tuniciers-Ascidies, des « autres » (comprenant les baleines, foraminifères, ptérobranches, bois et champignons), des annélides-polychètes puis des nématodes.

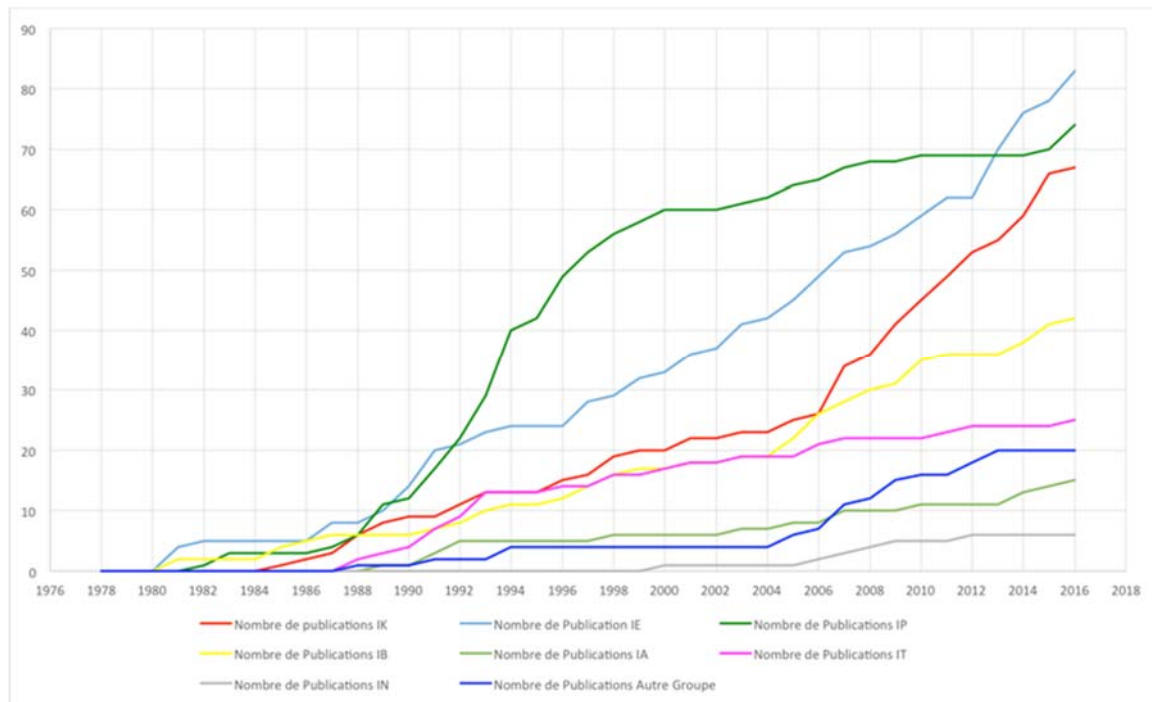
Parmi ces groupes, on distingue ceux qui ont peu augmenté depuis le début du programme et qui stagnent depuis au moins 10 ans : les groupes des Annélides-Polychètes, des Tuniciers-Ascidies, des Eponges et des Nématodes. La production scientifique associée à ces groupes est actuellement peu active, et, à part pour le groupe des Eponges, n'a jamais été très active.

Contrastant avec ces groupes, on distingue ceux relativement auxquels la production d'articles augmente régulièrement depuis le début des campagnes. Il s'agit des Brachiopodes-Bryozoaires, des Cnidaires et des Echinodermes, pour lesquels la production scientifique a toujours été active. La courbe des Brachiopodes-bryozoaires commence dès 1980 et augmente doucement puis plus rapidement depuis 2005. On en dénombre 42 en 2016. La courbe des publications pour le groupe des Cnidaires émerge à partir de 1988 et augmente progressivement puis davantage après 2005 pour atteindre 68 articles en 2016. La courbe pour le groupe des Echinodermes augmente régulièrement et rapidement depuis 1980 et atteint 83 articles en 2016. La courbe des publications des groupes « autres » a une dynamique très sporadique avec un accroissement qui s'accélère après les années 2000.

A l'instar de l'évolution des publications pour chaque groupe taxonomique, on constate une forte hétérogénéité de l'évolution des nombres de nouvelles espèces pour les différents groupes taxonomiques.



**Figure ChapII-6** – Courbes cumulatives du nombre de publications par année en fonction des codes collection. IA : groupe des annélides-polychètes, IB : groupe des Brachiopodes-Bryozoaires, IC : groupe des Poissons ; IE : groupe des Echinodermes ; IK : groupe des Cnidaires ; IM : groupe des Mollusques ; IN : groupe des nématodes ; IP : groupe des Eponges ; IT : groupe Tunicier-Ascidie.



**Figure ChapII-7** – Courbes cumulatives du nombre de publications par année en fonction des codes collections, pour les groupes taxonomiques dont le nombre de publications est inférieur à 100 en 2016.

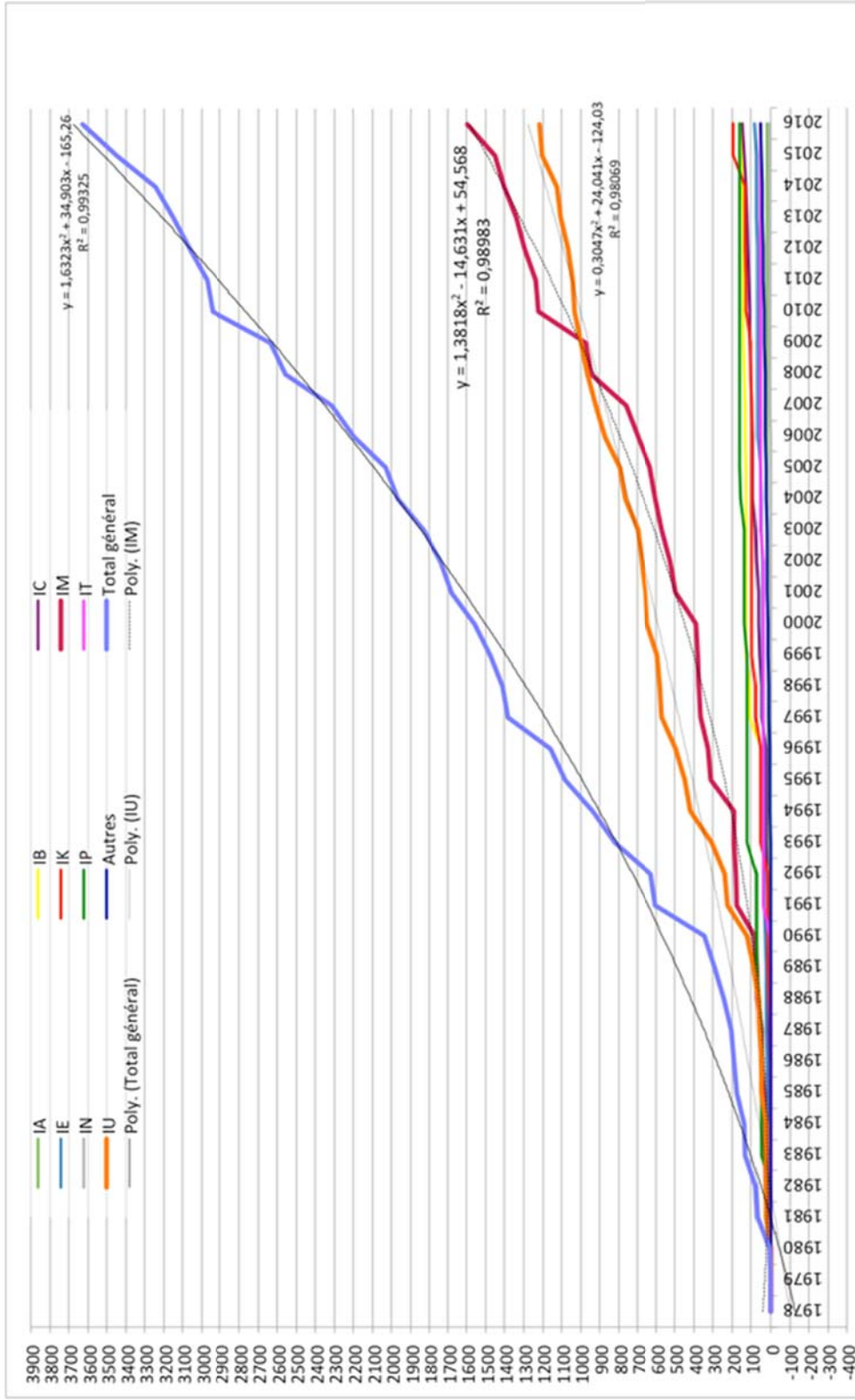
De manière globale, on constate tout d'abord que les découvertes de nouvelles espèces ne décélèrent pas. Ce résultat montre qu'en dépit de la multiplication des campagnes et des zones explorées, l'exploration est loin d'être achevée.

Les groupes des Mollusques et des Crustacés sont les deux groupes qui contribuent le plus fortement à l'augmentation globale des descriptions de nouvelles espèces. Le groupe des Mollusques est associé à un nombre cumulé de 1596 espèces décrites en 2016 et le groupe des Crustacés à 1217 espèces nouvelles. La courbe du nombre d'espèces nouvelles décrites pour le groupe des poissons (Figure ChapII-8) ne suit pas la celle observée pour les publications de ce groupe. La proportion d'articles produits par rapport au nombre d'espèces décrites est bien plus faible pour ce groupe. L'évolution des descriptions pour les autres taxons voir pour le détail annexe 5- chapitre 2 la figure 2) est plus irrégulière et en escalier et est comparable à celle observée pour les nombres de publications.

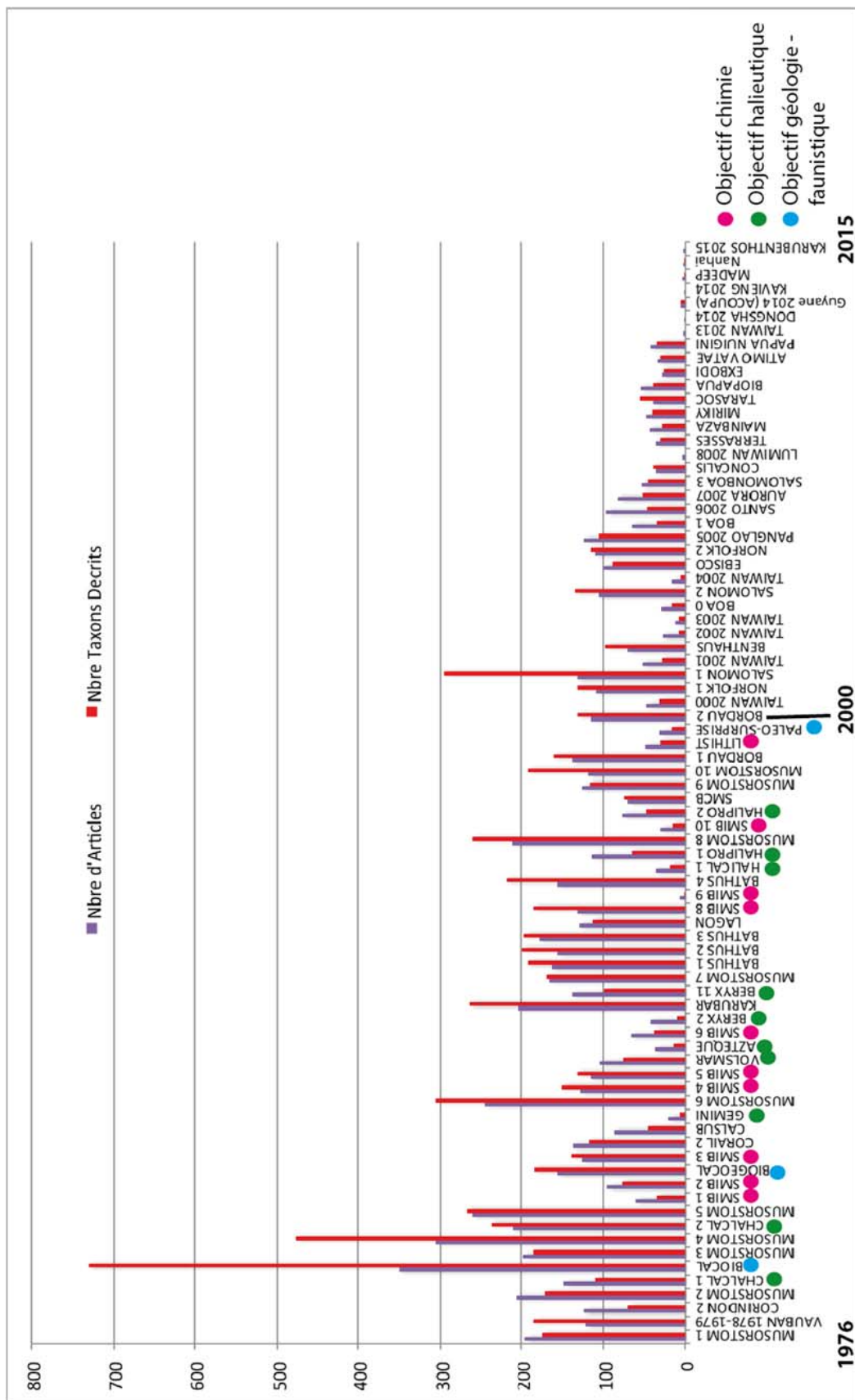
Cette représentation quantitative des données met en évidence des évolutions différentes selon les taxons, que ce soit en termes de production d'articles ou de description de nouvelles espèces. Les changements de pentes observés pour les groupes autres que les Mollusques et les Crustacés suggèrent que ces évolutions ne dépendent pas que de la diversité de ces taxons dans les milieux explorés. L'hypothèse explorée dans la section suivante est que cette dynamique reflète également celle des communautés de chercheurs impliquées dans le programme.

Le graphique des nombres des descriptions d'espèces et des articles en fonction des campagnes (Figure ChapII-9) permet de représenter la durée de description (à partir de la date de récolte des spécimens).

De manière générale, on constate que plus une campagne est récente, moins il y a d'articles et de taxons décrits d'après le matériel récolté. Cependant, on observe une certaine hétérogénéité dans les nombres des nouvelles espèces et des articles en fonction des campagnes. On constate également que contrairement aux campagnes antérieures aux années 2000, les objectifs des campagnes d'après 2000 sont tous strictement faunistiques. Les campagnes qui datent d'avant les années 2000 et qui ont moins de 50 articles et/ou de nouvelles espèces ont toutes des objectifs autres que l'exploration naturaliste (à part pour la campagne Paléo-Surprise).



**Figure ChapII-8** – Courbes cumulatives du nombre de taxons décrits dont le matériel type (holotype et/ou paratype (s)) provient des campagnes MUSORSTOM/TDSB en fonction de l'année de la description et par groupe taxonomique.

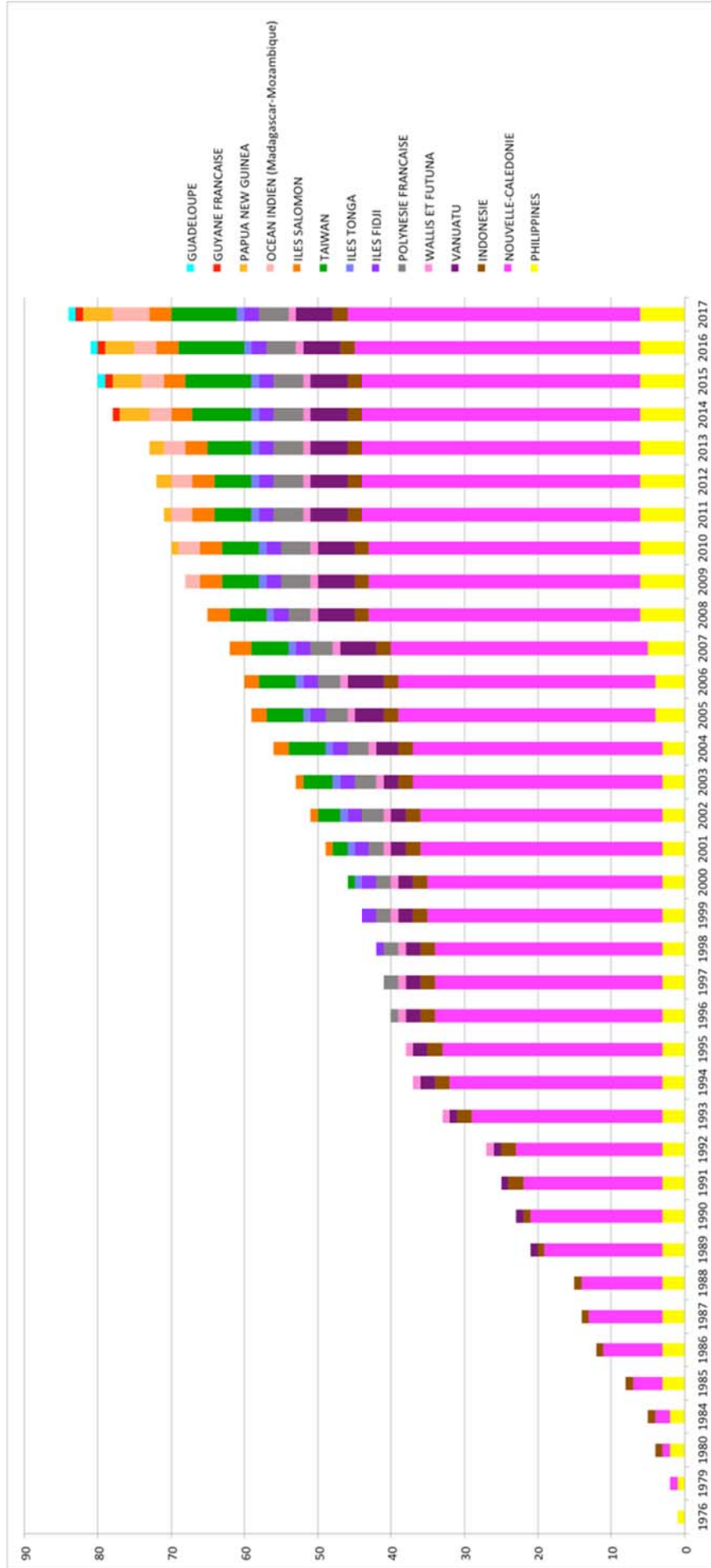


**Figure ChapII-9** – Nombre d'articles produits et de taxons décrits par campagne. Les campagnes sont classées par ordre chronologique de 1976 jusqu'à 2015. Les campagnes qui ont des objectifs en chimie sont indiquées avec une pastille de couleur rose, en géologie et en faunistique par une pastille bleue et en halieutique une pastille verte. Les autres campagnes, sans pastille de couleur, ont des objectifs strictement faunistiques.



Les campagnes GEMINI, AZTEQUE, LITHIST, HALICAL 1, HALIPRO 2 ont ainsi un objectif halieutique alors que les campagnes de la série SMIB (notamment SMIB 1, 6, 9 et 10) affichent un objectif de chimie et ciblent la recherche de substances d'intérêt pharmaceutique. Cependant, il faut souligner que certaines des campagnes SMIB (SMIB 2, 3, 4, 5, 8) et d'autres campagnes à objectif halieutique (comme VOLSMAR, CHALCAL 1 & 2, HALIPRO 2, CORAIL 2...) ont une production similaire aux campagnes d'exploration réalisées à la même période. On peut se demander si la différence de production scientifique entre ces campagnes est influencée par les spécialités disciplinaires des participants à ces différentes campagnes. On peut en effet émettre l'hypothèse selon laquelle la différence résulte de la présence de taxonomistes à bord. Cette hypothèse est explorée dans la section suivante par l'analyse des communautés de chercheurs impliqués dans les campagnes.

La Figure ChapII-10 présente l'évolution géographique des zones prospectées par les campagnes au cours du temps. La première campagne a lieu aux Philippines et est immédiatement suivie par un grand nombre de campagnes en Nouvelle-Calédonie jusqu'au milieu des années 1990. Cette figure montre qu'une grande partie du matériel récolté provient de cette zone. En effet, le nombre d'espèces décrites dont le matériel type provient des campagnes de Nouvelle-Calédonie s'élève à 2 277 espèces, soit 63% du nombre total d'espèces décrites pendant ce programme. L'évolution des descriptions d'espèces de cette zone est donc traitée à part, puisqu'aucune zone n'est comparable à cet effort d'échantillonnage.



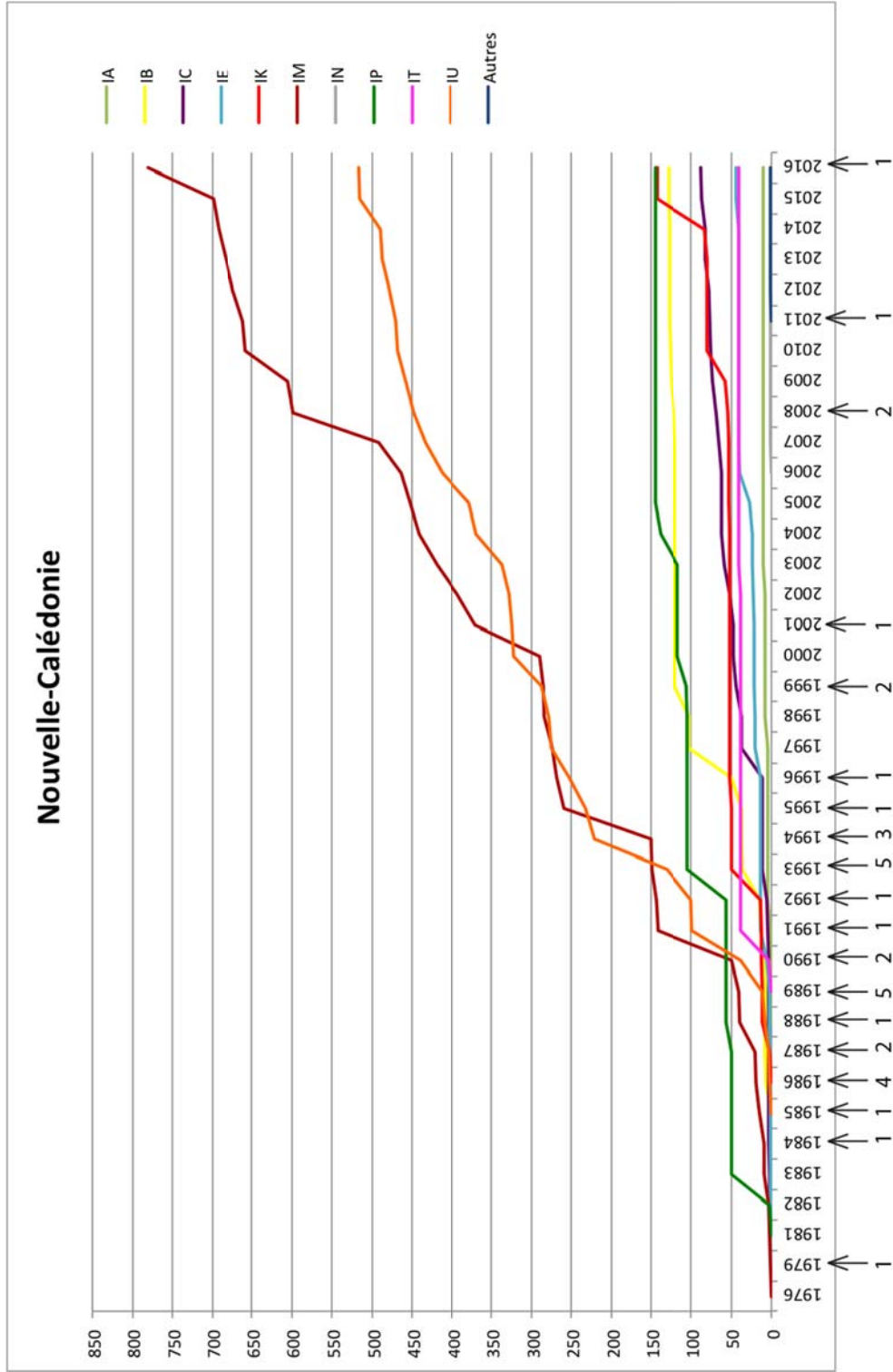
**Figure ChapII-10** . Répartition des 83 campagnes Tropical Deep-Sea Benthos dans le temps et en fonction des zones géographiques explorées.

## **4.2 - Evolution en fonction des zones géographiques explorées**

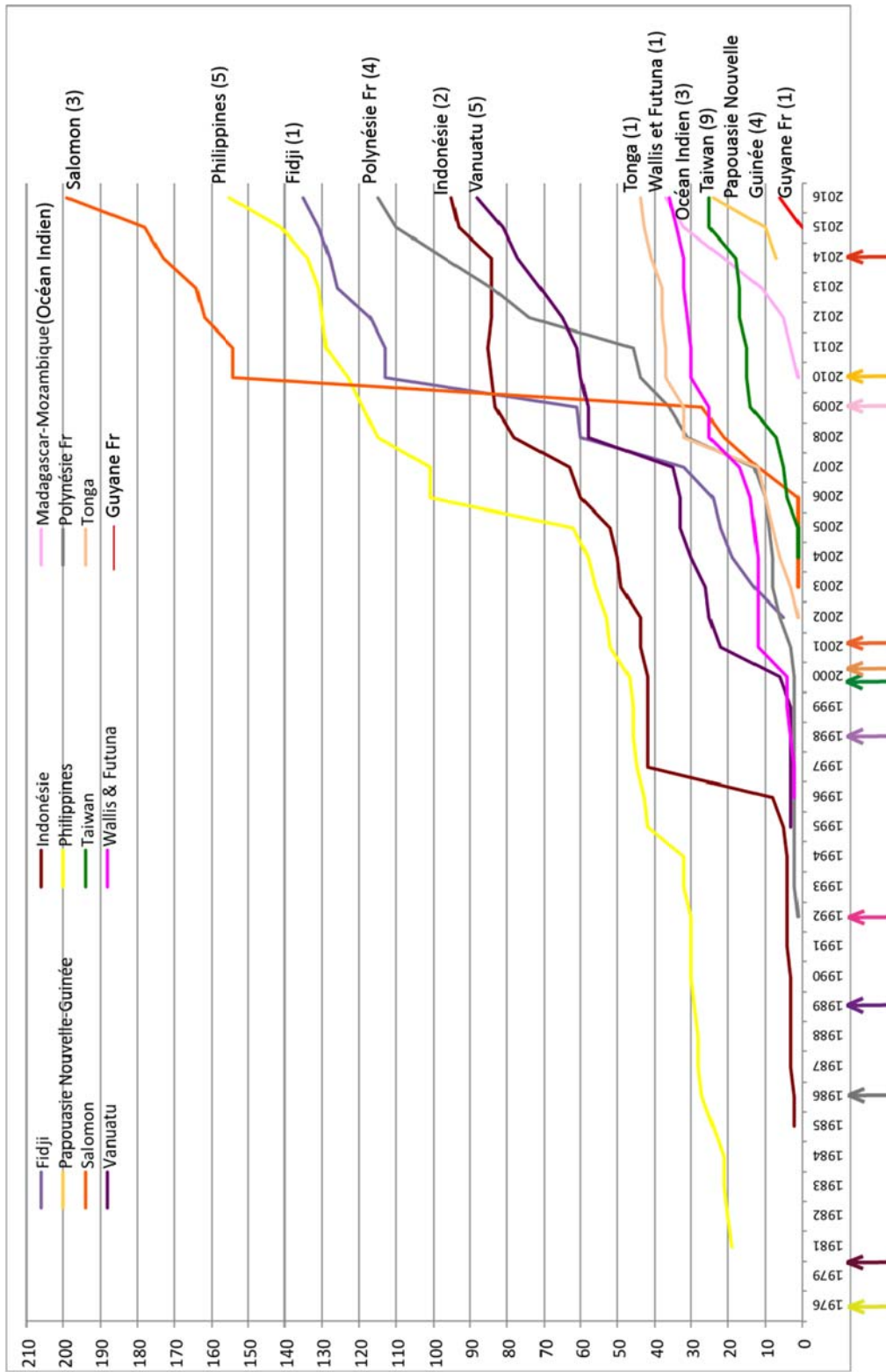
De la même manière que pour le programme dans son ensemble, la description des espèces de Nouvelle-Calédonie (Figure ChapII-11) est hétérogène relativement aux groupes taxonomiques considérés. On constate que pour les taxons les plus étudiés, les Mollusques et les Crustacés, les courbes ne présentent pas de saturation. Même si cette zone a été explorée à de nombreuses reprises, de nouvelles espèces continuent à y être découvertes. Les descriptions d'espèces du groupe des Crustacés progressent moins rapidement à partir des années 2000. En revanche, en ce qui concerne les espèces nouvelles de Mollusques, la courbe suit celle des crustacés jusqu'en 1999 et connaît une croissance plus importante ensuite. Les autres groupes de la Figure ChapII-11, dont le nombre de taxons décrits cumulés est inférieur à 150 en 2016, présentent des courbes en escalier et donc une évolution irrégulière. On peut souligner que pour beaucoup de ces taxons, le nombre total d'espèces décrites de Nouvelle-Calédonie représente la quasi-totalité des espèces décrites. .

Pour les autres zones explorées, l'évolution des descriptions pour les Mollusques (Figure ChapII-12) et les Crustacés (Figure ChapII-13) suit des tendances similaires à celles observées pour la Nouvelle-Calédonie. Ainsi, l'accroissement pour les Crustacés suit une pente régulière sur l'ensemble de la période alors que pour les Mollusques, une accélération est observée à partir des années 2005 et cela quel que soient les zones considérées.

Pour le groupe des Mollusques, la Figure Chap II-12 met en évidence le décalage entre la première campagne réalisée dans une zone et les premières descriptions d'espèces. L'ordre de grandeur de l'intervalle de temps entre la première exploration d'une zone et la première description d'une espèce de Mollusque pour cette zone est proche de cinq ans. On constate également que dans bien des cas, quelques espèces sont d'abord décrites, suivies quelques années plus tard par une accélération forte du nombre d'espèces décrites. Ce décalage tend cependant à diminuer après les années 2000. On notera que la durée de ce décalage est extrêmement variable d'une zone à l'autre. Par exemple la première campagne en Indonésie en 1980 ne s'accélère qu'à partir de 1996, soit 5 ans après la réalisation d'une seconde campagne dans cette zone.



**Figure ChapII-11** – Graphique du nombre cumulé de taxons décrits pour lesquels l'holotype et/ou le(s) paratype(s) ont été récoltés par des campagnes TDSB dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie. Les courbes sont données par groupe taxonomique, l'année prise en compte est celle de la publication correspondante. Les flèches indiquent les années pour lesquelles des campagnes ont été réalisées en Nouvelle-Calédonie, le nombre sous la flèche indique le nombre de campagnes pour l'année correspondante.



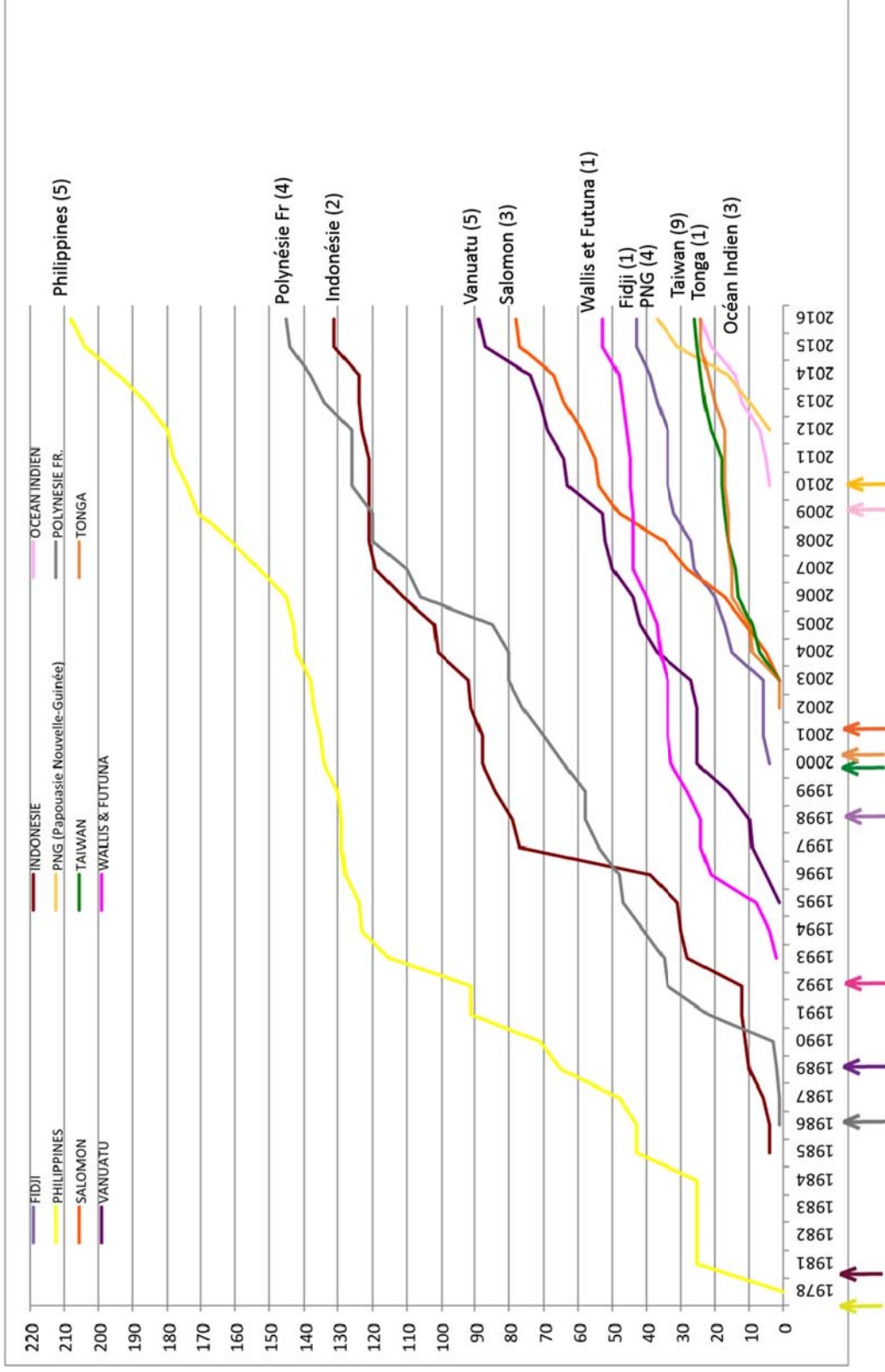
**Figure ChapII-12** – Répartition du nombre cumulé de taxons décrits de mollusques en fonction de la date de description et en fonction de la provenance géographique des types TDSB. Sur ce graphique ne figurent pas ceux de la Nouvelle-Calédonie. Les flèches - dont la couleur correspond à la légende des provenances géographiques - sont indiquées à la date de la première campagne dans la zone considérée. A droite des courbes est inscrite la zone géographique explorée et le nombre de campagnes qui ont été réalisées pendant le programme Figure.

La tendance la plus marquée dans l'évolution des descriptions d'espèces de Mollusques est une accélération à partir de l'année 2000, comme pour ce qui est observé sur le cas de la Nouvelle-Calédonie. Cette accélération pourrait être liée à l'extension du réseau de malacologistes impliqués pour étudier le matériel récolté lors de ce programme. Le chapitre 3 permettra d'évaluer cette hypothèse en étudiant les communautés d'auteurs impliqués dans la valorisation scientifique du programme.

De plus, le nombre de taxons décrits pour chaque zone reflète la chronologie des campagnes : plus la prospection d'une zone a commencé il y a longtemps, plus le nombre de taxons décrits pour cette zone est grand. Cette tendance est vraie sauf pour les campagnes des îles Salomon, qui est la première zone dont l'exploration a commencé seulement après l'année 2000 et dont le nombre de nouvelles espèces de Mollusques dépassent celui atteint pour toutes les zones autres que la Nouvelle-Calédonie. La première campagne réalisée dans les îles Fidji (MUSORSTOM 10) en 1998 témoigne elle aussi d'une progression importante et rapide des descriptions d'espèces de Mollusques. Ces évolutions particulières sont peut-être liées à la singularité biologique de la zone explorée et/ou à l'étude d'un habitat particulier comme les bois coulés, ou à la participation sur le terrain ou dans l'étude du matériel d'une même équipe de spécialistes.

L' évolution des descriptions taxonomiques des Crustacés en fonction des zones explorées (Figure ChapII-13) est caractérisée par des tendances différentes de celles concernant les Mollusques. Effectivement, les débuts d'exploration pour chacune des zones sont marqués par une croissance rapide qui, pour la majorité des localités explorées, devient plus douce avec le temps. L'ordre de grandeur de l' intervalle de temps entre la première campagne ayant lieu dans une zone et la première description d'espèce de Crustacés de cette zone, est contrairement au cas des Mollusques, inférieur à 5 ans.

Comme pour les campagnes de Nouvelle-Calédonie, des descriptions d'espèces pour la plupart des groupes taxonomiques ont été publiées pour la zone des Philippines (sauf pour le groupe « autres », les nématodes et les annélides-polychètes). Pour les autres zones, on dénombre des descriptions plus ponctuelles qu'en Nouvelle-Calédonie pour les échinodermes, les poissons, les éponges, les brachiopodes et les cnidaires. Pour les Poissons (Annexe 5- Chapitre 2, figure 1) et les Cnidaires (Figure ChapII-14), l'activité est plus régulière sur l'ensemble du programme et concerne dix et huit des zones géographiques explorées sur les treize zones définies.



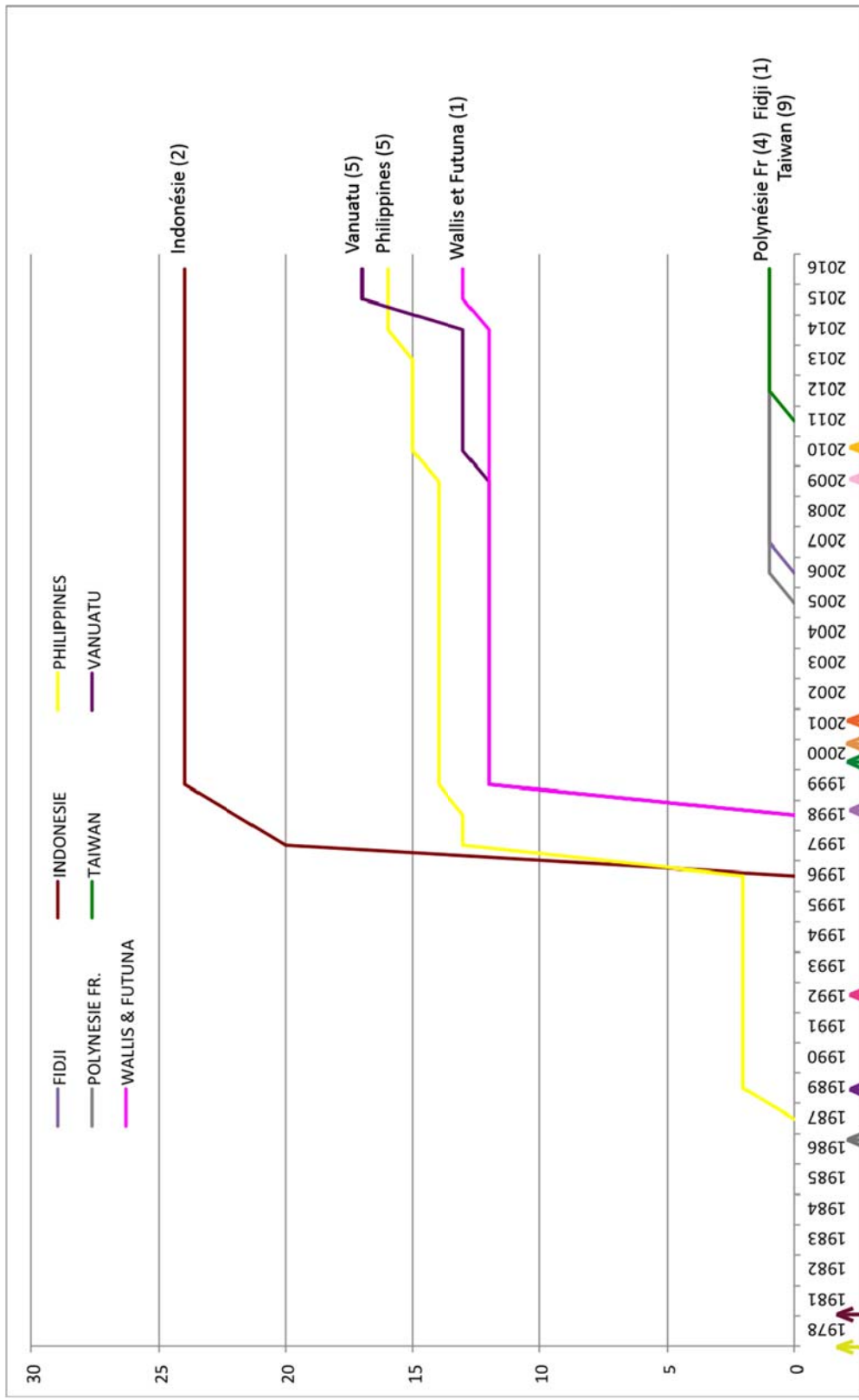
**Figure ChapII-13** – Répartition du nombre cumulé de taxons décrits des Crustacés par groupe et par zone géographique entre 1978 et 2016 (autre que la zone de Nouvelle-Calédonie). Les flèches indiquent la date de première campagne pour chaque zone, à laquelle un code couleur est attribué.

Pour ces deux groupes, le nombre de taxons décrits reste modeste mais régulier, ce qui suggère une implication régulière des spécialistes sur l'ensemble de la période. De même l'évolution des descriptions d'espèces du groupe des échinodermes (Annexe 5-Chapitre 2 figure 1) couvre de manière saccadée toute la durée du programme mais ont en revanche une grande couverture géographique avec dix des treize zones explorées. Le groupe des Brachiopodes (Annexe 5-Chapitre 2 figure 1) présente lui aussi une évolution de descriptions d'espèces saccadée sur toute la période du programme. En revanche, les descriptions des espèces ne concernent que cinq des zones géographiques explorées. Enfin, en dehors de la Nouvelle-Calédonie on trouve des descriptions d'espèces d'éponges (Annexe 5-Chapitre 2 figure 1 & 2) seulement entre 1986 et 2004 et ces descriptions ne concernent que quatre des treize zones explorées.

L'implication dans les descriptions d'espèces de taxonomistes spécialistes de groupes différents peut expliquer l'hétérogénéité des évolutions des descriptions d'espèces pour les différents groupes taxonomiques. Cette hypothèse sera discutée dans le chapitre 3.

Les sections suivantes cherchent à caractériser l'évolution du programme relativement à la communauté des chercheurs qui y participent et à la production scientifique qui en découle.





**Figure ChapII-14** – Répartition du nombre cumulé de taxons décrits pour le groupe des Cnidaires (IK) dont les types proviennent de campagnes TDSB pour les autres zones que la Nouvelle-Calédonie.

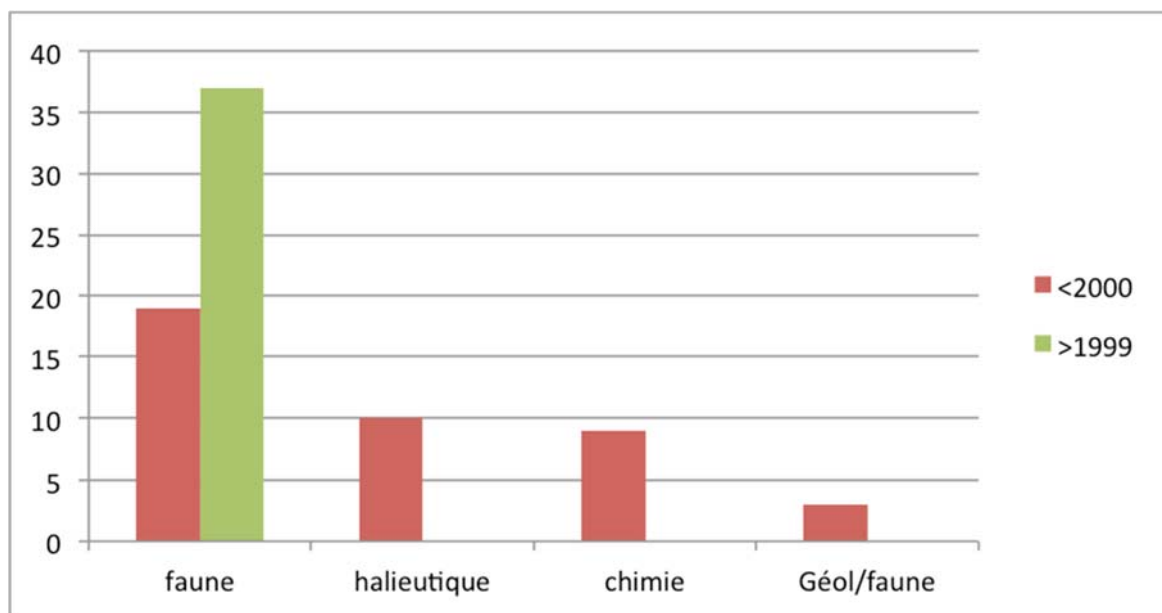
## **5 - Relations entre thématiques scientifiques, engins de récoltes et valorisation des campagnes**

Du point de vue des thématiques des campagnes, l'histogramme suivant (Figure ChapII-15) montre la répartition des campagnes selon quatre catégories de thématiques principales pour deux périodes (avant et après 2000) : les campagnes d'exploration zoologique, les campagnes halieutiques, les campagnes de chimie des substances naturelles, les campagnes pluridisciplinaires ou géologiques. Cet histogramme montre que 100% des campagnes de la seconde période sont dédiées à l'exploration zoologique contre seulement 50% pour la première période.

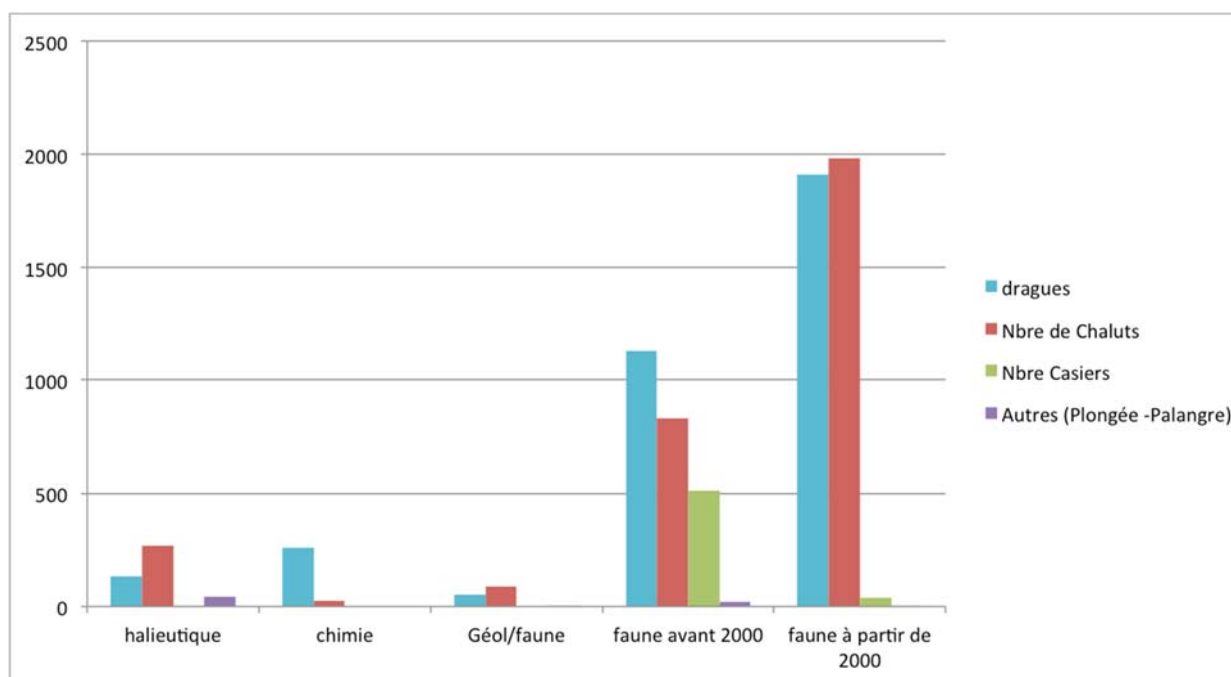
La figure suivante (Figure ChapII-16) met en évidence l'influence des objectifs de campagne sur les méthodes d'échantillonnages de la faune. On constate que les campagnes halieutiques, parce qu'elles ciblent les poissons, effectuent davantage d'opérations au chalut. Inversement, les campagnes de chimie effectuent plus de dragages que de chalut.

De plus, on constate un saut dans le nombre des opérations après 2000. En effet, alors que 45 campagnes sont réalisées avant les années 2000 contre 37 après, le nombre des opérations de dragage et de chalutage a quasiment doublé.

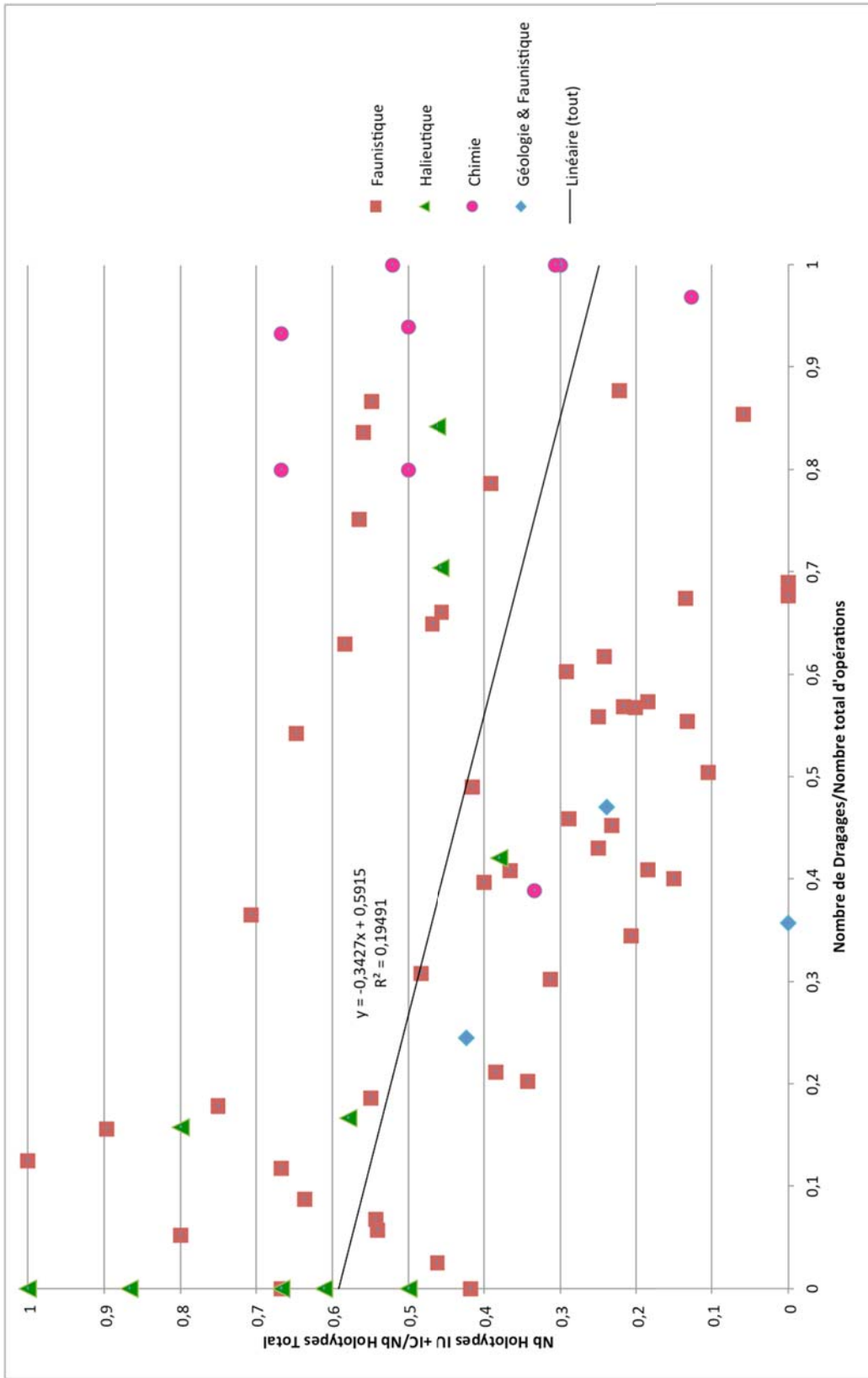
L'équipement utilisé joue également un rôle important pour expliquer certaines évolutions, comme on va le voir ci-dessous. Comparativement au chalut, la drague récolte moins bien les organismes bathy-pélagique comme les poissons et les crustacés. La drague est cependant plus robuste et donc déployée préférentiellement quand le substrat est dur ou la topographie accidentée. On peut donc s'attendre à ce que le type d'engin préférentiellement utilisé lors des campagnes influe sur les descriptions taxonomiques faites à l'issue des campagnes. Pour visualiser l'influence du type d'engins sur la faune récoltée on a donc mis en relation pour chaque campagne, la proportion des opérations réalisées à la drague avec la proportion des espèces de poissons et de crustacés décrites pour cette campagne.



**Figure ChapII-15** – Répartition du nombre des campagnes en fonction des objectifs (exploration de la faune, halieutique, chimique, géologie et exploration de la faune) avant et après les années 2000.



**Figure ChapII-16** – Répartition du nombre d’opérations en fonction de l’objectif général de la campagne et de période durant laquelle la campagne est réalisée (avant ou après 2000). Les objectifs généraux des campagnes sont faunistiques (Faune) ou halieutique, ou orienté vers la chimie ou encore pluridisciplinaire avec un volet géologique en plus de faunistique.



**Figure ChapII-17** – Relation entre la proportion d’holotypes de Crustacés (IU) et de Poissons (IC) par rapport au nombre d’holotypes total associé à chaque campagne et la proportion de dragages par rapport au nombre total d’opérations effectuées pendant cette même campagne.

La relation est visualisée sur la Figure ChapII-17 On constate qu'elle est négative. Les campagnes ayant une proportion de dragages plus faible ont proportionnellement produit plus de descriptions de poissons et de crustacés. Sur la figure, les thématiques des campagnes ont été projetés. On constate que les campagnes ayant des objectifs halieutiques sont caractérisées par le fait que plus de 50% des holotypes décrits sont des poissons et des crustacés, avec des proportions de dragages nulles ou inférieures à 20%. Les campagnes de chimie, qui ciblent préférentiellement les éponges ou les échinodermes, faune fixée, font parties des campagnes qui effectuent le plus de dragages (pour au moins 80% de leurs opérations). On peut noter que pour ces campagnes, qui ont lieux entre 1986 et 1995, les taux de poissons et de crustacés décrits sont au-dessus de la courbe de tendance et pour certaines, équivalentes aux descriptions de certaines campagne halieutiques. On peut supposer que ce décalage reflète au moins en partie le fait que pour les campagnes plus récentes le matériel « poissons » n'a pas encore été pleinement valorisé.

De plus, le nombre d'opérations avec le chalut est proportionnellement plus important, par rapport à la drague, après les années 2000. Cette différence peut être expliquée par l'équipement du sondeur multifaisceaux, qui permet d'appréhender plus précisément les zones à échantillonner. Comme le chalut est un engin plus fragile que la drague, si on ne dispose pas de sondeur multifaisceaux ou de carte bathymétrique précise, il est compliqué d'utiliser le chalut sans risquer de le casser. Le navire *Alis* en sera équipé à partir de 2001 La proportion plus importante de chalut dans les opérations 2000 peut donc être expliquée par les améliorations cartographiques qu'apporte le sondeur multifaisceaux.

### **III - Analyse exploratoire de la production scientifique et des communautés de chercheurs**

Le but de cette section est d'enrichir la description des campagnes MUSORSTOM-TDSB par l'analyse croisée de la production scientifique associée et des communautés de chercheurs qui participent sur le terrain à leur réalisation. Pour ce faire, une méthode d'exploration des liens entre articles et campagnes d'une part, et participants et campagnes de l'autre, a été mise en œuvre. La production scientifique associées aux campagnes a été analysée à l'aide d'une représentation sous forme de réseau bipartite et orienté des articles vers les campagnes. Ce réseau a fait l'objet d'une approche exploratoire qui n'a pas encore abouti à des résultats

satisfaisants et qui est pour cette raison présentée en annexe de la thèse. Les communautés de chercheurs participant aux campagnes et valorisant le matériel récolté ont été analysées à l'aide d'un réseau bipartite de même type, mais orienté des participants vers les campagnes. Cette méthode d'analyse permet de visualiser les liens entre articles et campagnes d'une part, et participants et campagnes d'autre part, et de faire apparaître des tendances permettant une caractérisation approfondie du programme MUSORSTOM-TDSB.

Le nombre des liens entre articles et campagnes est tel qu'une méthode exploratoire a dû être mise en œuvre afin de découvrir des motifs. On a ensuite cherché à caractériser les motifs mis au jour dans les deux réseaux par des attributs afin d'en dégager le sens pour la description des campagnes. Ces analyses exploratoires ont été complétées par des représentations univariées des données visant d'une part à mettre en évidence les effets générationnels au sein des communautés de participants et d'auteurs et d'autre part à étudier le rôle des engins utilisés dans les caractéristiques d'ensemble des campagnes.

On commencera par présenter les méthodes utilisées dans cette section : la « generalized cores two-mode networks method » d'une part, et l'assignation d'attributs aux nœuds des réseaux bipartites de l'autre, afin de faire apparaître quels éléments sont déterminants pour expliquer la distribution des productions scientifiques du programme MUSORSTOM-TDSB et son évolution au cours du temps. Seront ensuite présentés les résultats de l'application de ces méthodes à l'analyse des communautés de chercheurs qui ont participé aux campagnes ou ont exploité le matériel biologique qui en est issu. Deux questions seront posées : celle de savoir dans quelle mesure les spécialités des participants à une campagne influencent la production scientifique qui en résulte sera posée, et celle de l'effet de la provenance des chercheurs, relativement à la zone échantillonnée.

## **1. Méthodes**

### **1.1 - Principe de la « generalized cores two-mode networks method »**

La méthode choisie pour l'analyse globale du jeu de données est une analyse du réseau bimodal des liens entre campagnes et participants. Les analyses de réseau (network analysis) sont des approches permettant d'étudier les interactions entre les données dans un système complexe en utilisant les résultats de la théorie des graphes. Un réseau est un graphe généralement non orienté, constitué d'un ensemble de sommets et d'arêtes liant deux sommets entre eux. L'objectif de l'analyse est de mettre en évidence la structure de ces

données complexes. Il s'agit par exemple de mettre en évidence des ensembles de sommets très liés entre eux (« cœurs ») entourés d'une « périphérie » constituée de sommets liés chacun à même à un cœur mais sans liens entre eux (Borgatti and Everett 2000).

La notion de *cœur* a été formalisée par Seidman (1983), qui définit le *k-core* comme le plus grand sous-graphe dans lequel tous les sommets ont un degré supérieur ou égal à *k*. La mise en évidence de tels « cœurs » dans les données permet d'identifier des « communautés » et d'analyser ensuite leurs déterminants en visualisant par exemple sur les graphes les attributs des sommets (c'est-à-dire des caractéristiques des sommets non utilisées pour les lier entre eux). Les réseaux bimodaux sont quant à eux définis à partir d'un ensemble de liens *E* entre deux ensembles de nœuds (*V1*, *V2*). Un lien relie toujours un nœud de *V1* à un nœud de *V2*. Il n'y a en revanche aucun lien direct entre les nœuds de *V1* ou entre les nœuds de *V2*.

A two-mode network is a network in which the set of nodes consists of two disjoint subsets *V1*, *V2* and its links *E* are linking these two subsets (Cerinsek and Batagelj 2015).

Un réseau bimodal est donc un graphe bipartite, c'est-à-dire une représentation des relations entre deux ensembles d'objets, ici les participants et les campagnes. L'analyse d'un réseau bimodal a pour but la mise au jour de correspondances facilement visualisables entre ces deux types d'objets.

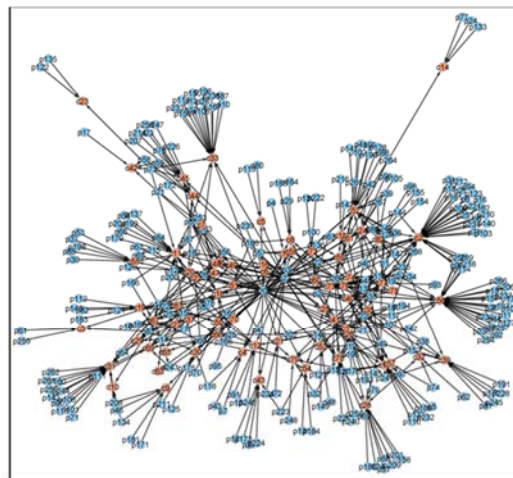
Les méthodes classiques d'analyse de réseaux ne sont pas directement applicables au cas bimodal. Un réseau bimodal peut être représenté sous la forme d'un graphe orienté dont les arcs vont de *V1* vers *V2* ; on parlera alors de degré sortant (*x*) pour les sommets de *V1* et de degré entrant (*y*) pour les sommets de *V2*. Nous utiliserons des représentations graphiques qui font apparaître ces liens orientés (arcs) entre les deux ensembles distincts de sommets (ensemble des participants et ensemble des campagnes).

Les travaux récents de Cerinsek et Batagelj ont étendu la notion de cœur aux réseaux bimodaux (Cerinsek et Batagelj 2015). Le (*x*, *y*)-core est le plus grand sous-graphe dans lequel tous les sommets de *V1* ont un degré au moins *x* et tous les sommets de *V2* ont un degré au moins *y* (Cerinsek and Batagelj 2015). Si  $x > x'$  et  $y > y'$  alors le (*x*, *y*)-core est inclus dans le (*x'*, *y'*)-core : le (*x*, *y*)-core est donc plus contraint que le (*x'*, *y'*)-core. De ces travaux est issue une méthode d'analyse des cœurs des réseaux bimodaux (*generalized cores two-mode networks method*), implémentée pour des graphes orientés par (Soldano et al. 2017).

## 1.2 - Application de la méthode à l'analyse des participants et des campagnes

La méthode décrite ci-dessus est appliquée à notre jeu de données « participant-campagne », ce qui permet d'explorer différents cœurs ou sous-graphes bimodaux du réseau. On commence par produire un graphe orienté des participants vers les campagnes. Les degrés *sortant* d'un participant sont les campagnes auxquelles il a participé et les degrés *entrant* d'une campagne correspondent à ses participants. Le premier graphe construit est le sous-graphe 1-1 (chaque participant a participé au moins à une campagne et chaque campagne a au moins un participant) qui correspond à la totalité du jeu de données. L'exploration des données se poursuit en augmentant les valeurs des degrés  $x$  et  $y$ . En augmentant la valeur de  $x$  on élimine les participants occasionnels alors qu'en augmentant la valeur de  $y$  on élimine les campagnes avec peu de participants. Il s'agit donc d'explorer le jeu de données en faisant varier les valeurs du couple  $x$ - $y$  et ainsi de visualiser les sous-graphes  $x$ - $y$ , c'est-à-dire pour chaque couple  $(x, y)$ , le plus grand sous-graphe du graphe participant-campagne tel que :

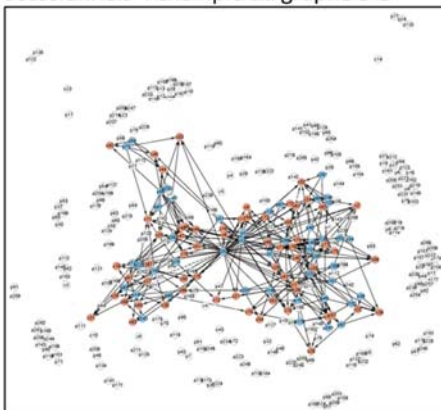
- tous les participants participent à au moins  $x$  campagnes du sous-graphe et
- toutes les campagnes ont au moins  $y$  participants dans le sous-graphe.



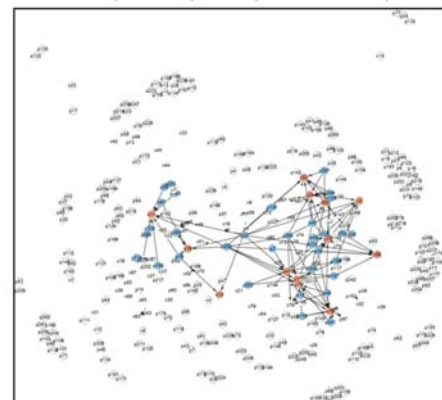
**Le graphe 1-1**  
jeu de données complet

Variation des contraintes  
 $x$  (nombre de campagnes) –  
 $y$  (nombre de participants)

En augmentant la valeur de  $x$  on élimine les participants occasionnels : exemple du graphe 3-3



En augmentant la valeur de  $y$  on élimine les campagnes avec peu de participants : exemple 2-7





Pour tout couple tel que  $x > 1$  et/ou  $y > 1$ , le sous-graphe  $(x, y)$  est une représentation réduite des données initiales et peut donc être considéré comme le résultat de l'application d'une contrainte. L'application des contraintes pour différentes valeurs du couple  $(x, y)$  sur le jeu de données est illustrée dans le schéma ci-dessus. Dans cet exemple, les contraintes pour  $x=2$  et  $y=2$  ont été appliquées sur un ensemble fictif de données participant-campagne. Ce schéma illustre comment l'application des contraintes  $x-y$  sur le jeu de données élimine « en chaîne » des liens entre les deux ensembles d'objets. D'après la configuration présentée dans ce schéma, tous les participants ont été dans deux campagnes mais les campagnes n'ont pas toutes deux participants. La campagne 3 n'a qu'un seul participant, le participant 3. La campagne 3 doit donc être retirée car elle ne remplit pas la condition requise ; son lien avec le participant 3 est donc également retiré du graphe. Le participant 3 n'a ainsi plus qu'un seul lien avec une campagne du jeu de données restant et ne vérifie donc plus la contrainte de « participation à au moins deux campagnes du sous-graphe ». Par ricochet, le participant 3 doit aussi être retiré du graphe. La campagne 3 et le participant 3, et les liens qu'ils ont avec le reste des données, sont donc supprimés pour que la contrainte 2-2 soit vérifiée pour les données représentées dans le sous-graphe 2-2. Cet exemple permet d'illustrer comment l'application des contraintes conduit à des effets en cascades sur les sommets d'un réseau bimodal.

### **1.3 - Assignation d'attributs aux campagnes, aux participants, aux auteurs et aux articles**

L'architecture mise en évidence par l'application des contraintes est interprétée en faisant apparaître les attributs des participants et/ou des campagnes sur les sous-graphes. Ainsi, sur les sommets « campagnes » sont projetées des attributs comme l'année de la campagne ou la zone géographique prospectée tandis que sur les sommets « participants » sont projetés la spécialité disciplinaire ou le nombre d'articles, comme précisé ci-dessous. Les attributs utilisés pour caractériser les campagnes sont l'année, le pays au large duquel la campagne est réalisée, les objectifs généraux de la campagne et le type d'engin de pêche utilisés. Les objectifs généraux dans lesquels les campagnes s'inscrivent ont été caractérisés à partir des documents associés aux campagnes. L'examen des documents de campagnes met en évidence que si la plupart des campagnes incluses dans le programme affichent bien comme orientation principale de recherche l'exploration faunistique, d'autres affichent en premier lieu l'exploration halieutique ou bien la recherche de molécules chimiques d'intérêt

pharmaceutique (programme SMIB notamment) ; enfin, une dernière catégorie est celle de la justification principalement géologique (géomorphologie, sédimentologie, paléo-environnement). Ces quatre catégories ont été utilisées comme attributs des campagnes.

Les participants et les auteurs ont été caractérisés par un pays et par le nombre et la nature de leur contribution à la production scientifique associée au programme. Le pays est celui de l'institution de rattachement tel que renseigné dans les demandes de campagnes et/ou dans la signature des articles. Le pays auquel est rattaché l'institut dont dépend l'auteur peut évoluer dans le temps. Pour ces cas, qui sont très marginaux dans le jeu de données, le pays a été caractérisé en fonction de l'année de la campagne ou des campagnes considérée(s).

L'entreprise de caractérisation d'un participant à partir des données concernant sa contribution scientifique doit d'abord surmonter l'obstacle de la spécialité taxonomique. Il n'est en effet pas facile de définir, de manière non ambiguë, la spécialité taxonomique des membres de l'équipe scientifique d'une campagne d'après les informations issues des comptes rendus. Effectivement, si la spécialité taxonomique est parfois précisée dans ces comptes rendus, l'information le plus souvent disponible correspond aux groupes taxonomiques que les chercheurs ont triés à bord, ce qui ne préjuge pas que le chercheur visé soit spécialiste du groupe. De plus, les étudiants sont fréquemment présents dans les équipes, et même s'ils étudient un groupe taxonomique particulier, leur expérience est souvent trop courte pour les considérer comme spécialistes de ce taxon. Afin de déterminer de façon plus objective le groupe taxonomique dont le participant visé est spécialiste, on a utilisé ses articles. On définit donc un participant comme un spécialiste d'un groupe taxonomique s'il a publié des articles scientifiques sur ce groupe. Pour chaque participant, on a considéré qu'il fallait qu'au moins 75% de ses articles, associés aux campagnes TDSB, concernent un même groupe taxonomique pour le définir comme spécialiste de ce groupe. Si aucun groupe taxonomique n'atteint 75% de la production, aucune spécialité ne lui est attribuée. Cette détermination n'a été faite que pour les participants ayant publié au moins trois articles. Si le nombre d'articles pour un auteur est inférieur à ce seuil, alors aucune spécialité taxonomique n'est attribuée à l'auteur. En revanche pour les participants ayant moins de trois articles mais ayant participé à plus de trois campagnes, une spécialité a pu être attribuée dans le cas où les documents de campagne indiquaient une spécialité cohérente d'une campagne à l'autre. Cet attribut a été caractérisé pour les 268 participants. Parmi eux, 92 n'ont pas de spécialité taxonomique déterminée, dont 87 ont moins de trois articles. Cinq auteurs sont donc des publiants actifs qui n'ont pas de spécialité taxonomique. Ces chercheurs sont spécialistes

de méthodes plutôt que de taxons. C'est par exemple le cas de Sarah Samadi et de Marie-Catherine Boisselier, dont les articles portent sur des méthodes liées à la systématique moléculaire, l'écologie ou l'évolution plutôt que des taxons particuliers.

Par la suite, la contribution scientifique des participants a permis de caractériser leur rôle dans le réseau des auteurs. Chaque participant est caractérisé par le nombre total d'articles qu'il a produits. Cet attribut permet de mettre en regard la participation d'un chercheur à la récolte des spécimens et sa contribution à la valorisation scientifique des récoltes. La production scientifique de chaque auteur a été caractérisée en fonction de la place de l'auteur en tant que premier ou dernier auteur. Cet attribut permet d'éclairer le rôle du participant dans le réseau des chercheurs. Un autre attribut pris en compte est le rôle de chef de mission. Cet attribut a été déterminé à partir des demandes et comptes rendus de campagne.

Le programme s'étalant sur quarante années, l'utilisation de ces attributs pour comparer les places respectives des chercheurs doit prendre en compte le fait qu'ils n'appartiennent pas tous à la même génération. Pour chaque participant, la gamme de dates de participation aux campagnes a été évaluée. Cette information permet d'ajuster la comparaison de la production scientifique entre les participants. Il s'agit notamment de repérer, parmi ceux qui ont moins d'articles, ceux dont l'implication dans le programme est récente et dont le rôle est émergent.

## **2 - Résultats**

### **2.1 – Analyse des communautés de chercheurs**

La méthode de visualisation des réseaux utilisée dans cette section permet de caractériser la communauté de chercheurs en fonction de leur implication sur le terrain. Une première analyse consiste à caractériser la communauté de participants qui est impliquée de manière récurrente sur le terrain en fonction de la date des campagnes et ainsi de rendre compte de son évolution dans le temps. L'analyse des articles produits par ces participants permet ensuite de caractériser les profils taxonomiques des spécialistes à bord. L'hypothèse que l'on cherche à explorer est celle de l'influence de la spécialité des récolteurs sur la diversité récoltée puis étudiée.

Le lien entre le positionnement géographique des campagnes et le pays des instituts de recherche auxquels sont rattachés les participants. Le programme MUSORSTOM a été initié par une collaboration entre deux instituts français avec des moyens navigant français. L'objectif est donc de voir comment la communauté autour des campagnes a évolué et

d'identifier des liens éventuels entre cette évolution et les zones explorées. Dans cette analyse, la métrique de la contribution scientifique est utilisée pour caractériser l'implication des participants. Pour cela, une étude des différents rôles à bord (récolteur ou chef de mission) en fonction de la place dans l'ordre des auteurs dans les articles auxquels les participants ont contribué est utilisée.

### ***Structure temporelle de la communauté des participants récurrents***

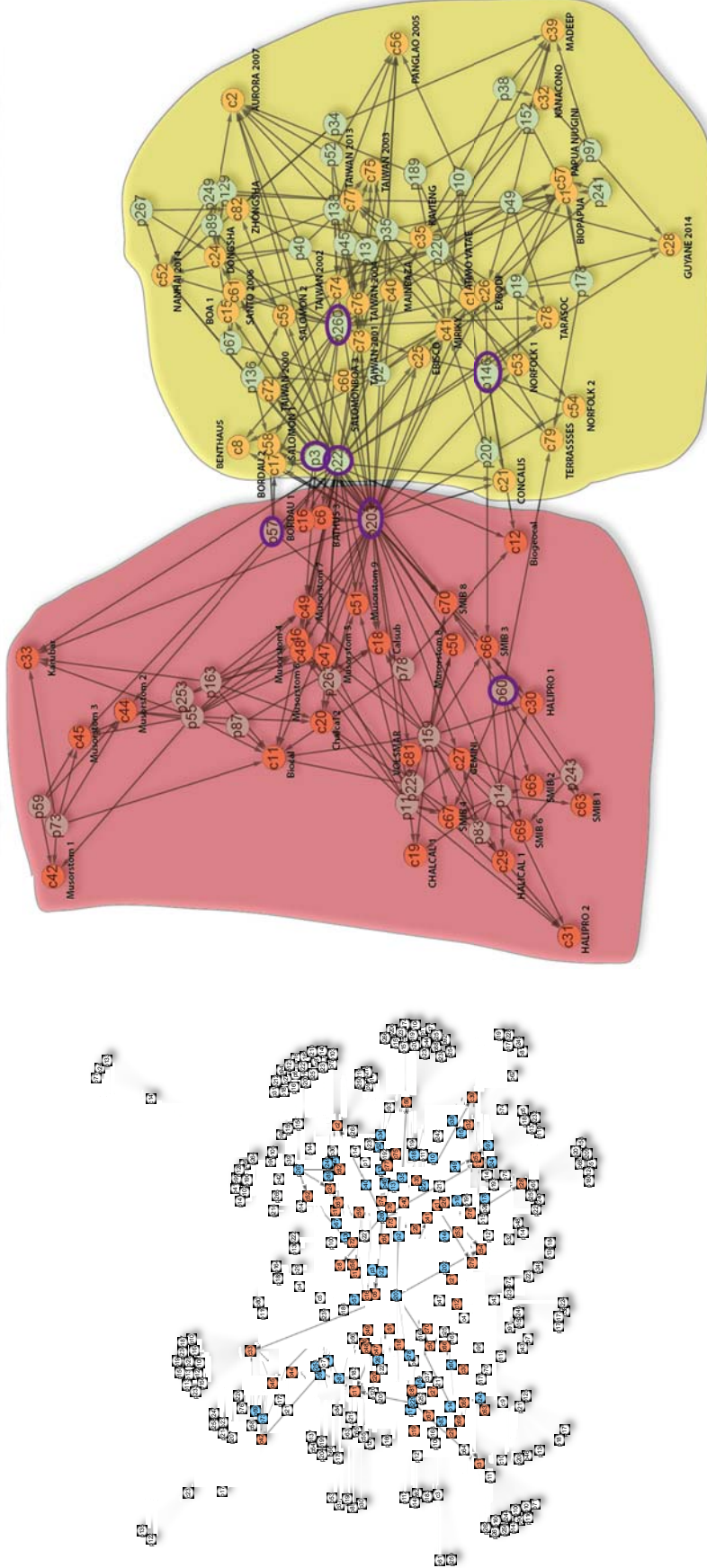
Le sous graphe 3-3 (Figure ChapII-18) caractérise les relations entre les participants de l'équipe scientifique qui ont embarqué sur au moins trois campagnes et les campagnes dont au moins trois personnes ont participé à plus de trois campagnes chacune. Sachant que plus des deux tiers des campagnes sont réalisées à bord du navire de recherche *Alis*, qui n'accueille au maximum que six scientifiques, la contrainte choisie permet de cibler parmi ces campagnes « *Alis* », celles dont au moins la moitié de l'équipe scientifique a participé à au moins trois campagnes. Cette contrainte permet également de prendre en compte les campagnes sur des navires accueillant plus de participants comme *Atimo Vatae* (9 participants) ; *Panglao 2005* (31 participants) ; *Aurora 2007* (35 participants), *DongSha* (14 participants); *Taiwan 2013* (11 participants) et celles réalisées en plusieurs étapes (ou legs) avec différentes équipes pour chaque étape comme la campagne *Biocal* (32 participants en deux leg).

Ainsi, pour les campagnes du sous-graphe 3-3, les participants occasionnels ne sont pas représentés. Ce sous-graphe contient 62 des 74 campagnes mais seulement 46 des 268 participants (Figure ChapII-18). Ce sous-graphe permet donc de visualiser et de caractériser la communauté de chercheurs qui participe à la structure du programme puisqu'il réunit les participants récurrents en gardant l'essentiel des campagnes attachées au programme.

Ces 62 chercheurs, impliqués régulièrement dans les campagnes du programme, ont pu avoir une influence sur le déroulement de ces explorations et sur l'orientation scientifique de leur valorisation. Deux groupes distincts chronologiquement apparaissent clairement dans ce sous-graphe. L'année 2000 est utilisée comme seuil pour diviser les campagnes à la fois en en deux groupes de taille à peu près équivalente en nombre de campagnes et en deux groupes qui partagent peu de participants. D'autre part un changement dans la dynamique de description des espèces de mollusques a été identifié à cette charnière dans la partie précédente. Ces deux groupes sont visualisés sur la figure ChapII-18 : celles réalisées avant l'année 2000 sont entourées en rouge et celles réalisées à partir de l'année 2000 sont entourées en jaune.

Campagnes dont l'année est > ou égale 2000

Campagnes dont l'année est < 2000



**Figure ChapII-18** – Caractérisation de la communauté de participants qui ont participé à au moins à trois campagnes incluant chacune au moins trois participants associés à trois campagnes (sous-graphe 3-3). La figure du haut correspond aux campagnes et aux participants du sous-graphe 3-3 (62 campagnes et 46 participants) sont représentés sur le graphe complet (74 campagnes et 268 participants): les campagnes concernées sont en rouge et les participants concernés sont en bleu. Sur la figure du bas, seuls les campagnes et les participants du sous graphe 3-3 sont représentés. Dans cette figure, les noms des campagnes sont indiqués sur la figure. Les participants sont représentés par un code (voir le Tableau 1 pour avoir les noms associés aux codes). Le groupe cercle de rouge correspond à 28 campagnes antérieures aux années 2000 alors que le groupe en jaune correspond à 34 campagnes après 2000. Dans le groupe rouge, on retrouve 19 participants alors que dans le groupe jaune on en dénombre 27 sachant que 8 participants sont reliés à des campagnes des deux périodes. Les participants cerclés en violet correspondent à ceux qui ont participé à des campagnes de ces deux périodes. Le participant P202 est un artefact car correspond en fait à deux personnes portant le même patronyme. Cet artefact ne modifie cependant pas le reste du graphe car plus de trois autres participants associés aux trois campagnes correspondantes sont également associées à d'autres campagnes du sous-graphe.

En choisissant cette date, les deux groupes de campagnes ne partagent que sept participants<sup>9</sup> : Nadia Améziane, Cécile Debitus, Philippe Bouchet, Benoît Dayrat, Pierre Lozouet, Bertrand Richer de Forges et Anders Warren. La première période d'une durée de 24 ans, regroupe 28 campagnes alors que la seconde d'une durée de 17 ans en regroupe 34. Le rythme des campagnes est donc passé d'une moyenne de moins d'une campagne par an, à une moyenne de deux campagnes par an. Ces deux périodes diffèrent également par la taille de la communauté identifiée par la contrainte 3-3, qui est respectivement de 19 chercheurs pour la première période et de 27 pour la seconde période. Le tableau permet de détailler le rôle à bord des chercheurs de ce sous-graphe. Sur la période avant 2000, quatre participants ont été chefs de mission (Jacques Forest : 3, René Grand Perrin : 5, Cécile Debitus : 6 et Bertrand Richer de Forges : XX sur les 29 au total), alors que sur la période postérieure à 2000 on dénombre six chefs de missions (Nicolas Puillandre : 1 ; Wei-Jen Chen : 3 ; Laure Corbari : 5 ; Tin-Yam Chan : 6 ; Sarah Samadi : 8 : Phillippe Bouchet : 12 et Bertrand Richer de Forges : YY parmi les 29 au total). Bertrand Richer de Forges est le seul de ces chercheurs qui a été chef de mission sur les deux périodes définies par l'année 2000 (voir le Tableau ChapII-2).

Code	Prénom Nom	Nombre de campagnes	Nombre d'articles	Spécialité Taxon	Spécialité disciplinaire	Dates 1ère camp-dernière camp	Nombre de fois chef de mission
P136	Jon Leqata	3	0	IC	BIOLOGISTE	2001-2007	0
P34	Cyril Chambard	3	0	IM	BIOLOGISTE	2014-2015	0
P38	Janet Chen	3	0	IC	BIOLOGISTE	2014-2016	0
P67	Joëlle Dupont	3	2	PC	BIOLOGISTE	2005-2007	0
P249	Tzu-Hsuan Tu	3	2	IK	BIOLOGISTE	2013-2014	0
P87	Alain Guille	3	3	IE	BIOLOGISTE	1980-1989	0
P253	Catherine Vadon	3	3	IE	BIOLOGISTE	1985-1989	0
P241	Justine Thubaut	3	4	IM	BIOLOGISTE	2010-2012	0
P152	Ralph Mana	3	4	IC	BIOLOGISTE	2010-2014	0
P267	Chien-Hui Yang	3	6	IU	BIOLOGISTE	2014-2015	0
P263	Helmut Zibrowius	3	9	IK	BIOLOGISTE	1989-1997	0
P78	Christian Gaillard	3	10	-	<b>GEOLOGUE</b>	1985-1989	0

<sup>9</sup> Benoît Dayrat, qui soutient sa thèse au MNHN l'année 2000 a participé à des campagnes dans le cadre de sa thèse. Bertrand Richer de Forges est chercheur à l'IRD et a pris sa retraite fin 2008, il a encore aujourd'hui un statut d'attaché du MNHN, Anders Warren est un chercheur actuellement retraité et auparavant en poste au muséum de Stockholm. Les autres participants de ce groupe sont des personnels MNHN ou IRD en activité au cours des deux périodes.

P59	Michèle de Saint Laurent	3	11	IU	BIOLOGISTE	1976-1985	0
Code	Prénom Nom	Nombre de campagnes	Nombre d'articles	Spécialité Taxon	Spécialité disciplinaire	Dates 1ère camp-dernière camp	Nombre de fois chef de mission
P107	Yuri Kantor	3	24	IM	BIOLOGISTE	2005-2010	0
P243	Tirard Philippe	4	0	-	CHIMISTE	1986-1990	0
P129	Hsin Lee	4	0	IM	BIOLOGISTE	2013-2015	0
P131	Kwen-Shen Lee	4	1	IE	BIOLOGISTE	2001-2004	0
P2	Laurent Albenga	4	1	IU	BIOLOGISTE	2002-2011	0
P89	Takuma Haga	4	4	IM	BIOLOGISTE	2004-2007	0
P57	Benoît Dayrat	4	5	IM	BIOLOGISTE	1997-2001	0
P52	Rudo Von Cosel	4	6	IM	BIOLOGISTE	2002-2007	0
P178	Eric Pante	4	10	IK	BIOLOGISTE	2008-2012*	0
P3	Nadia Améziane	4	17	IE	BIOLOGISTE	1987-2014*	0
P229	Bernard Séret	4	29	IC	BIOLOGISTE	1985-1996	0
P189	Nicolas Puillandre	4	34	IM	BIOLOGISTE	2007-2016	1
P45	Shiz-Chang Chuang	5	1	IU	BIOLOGISTE	2001-2013	0
P97	Stéphane Hourdez	5	2	IA	BIOLOGISTE	2011-2016*	0
P40	Wei-Jen Chen	5	3	IC	BIOLOGISTE	2011-2015	3
P163	Bernard Métivier	6	3	IM	BIOLOGISTE	1985-1994	0
P73	Jacques Forest	6	17	IU	BIOLOGISTE	1976-1991	3
P60	Cécile Debitus	7	57	-	CHIMISTE	1986-2008*	6
P19	Marie-Catherine Boisselier	8	17	na	BIOLOGISTE	2001-2014	0
P83	René Grandperrin	8	27	IC	BIOLOGISTE	1986-1996	5
P14	Georges Bargibant	9	4	IK	BIOLOGISTE	1984-1999	0
P138	Chia-Wei Lin	9	6	IU	BIOLOGISTE	2001-2014	0
P146	Pierre Lozouet	9	11	IM	BIOLOGISTE	1987-2013	0
P49	Laure Corbari	9	13	IU	BIOLOGISTE	2009-2014*	5
P55	Alain Crosnier	10	34	IU	BIOLOGISTE	1976-1992	0
P115	Pierre Laboute	11	12	na	BIOLOGISTE	1986-1999	0
P35	Tin-Yam Chan	11	62	IU	BIOLOGISTE	2000-2013	6
P159	Jean-Louis Menou	13	6	na	BIOLOGISTE	1984-1994	0
P220	Sarah Samadi	13	34	na	BIOLOGISTE	2003-2016*	8
P260	Anders Warén	15	10	IM	BIOLOGISTE	1993-2014	0
P22	Philippe Bouchet	34	77	IM	BIOLOGISTE	1978-2015*	12
P203	Bertand Richer de Forges	49	109	IU	BIOLOGISTE	1984-2014	29

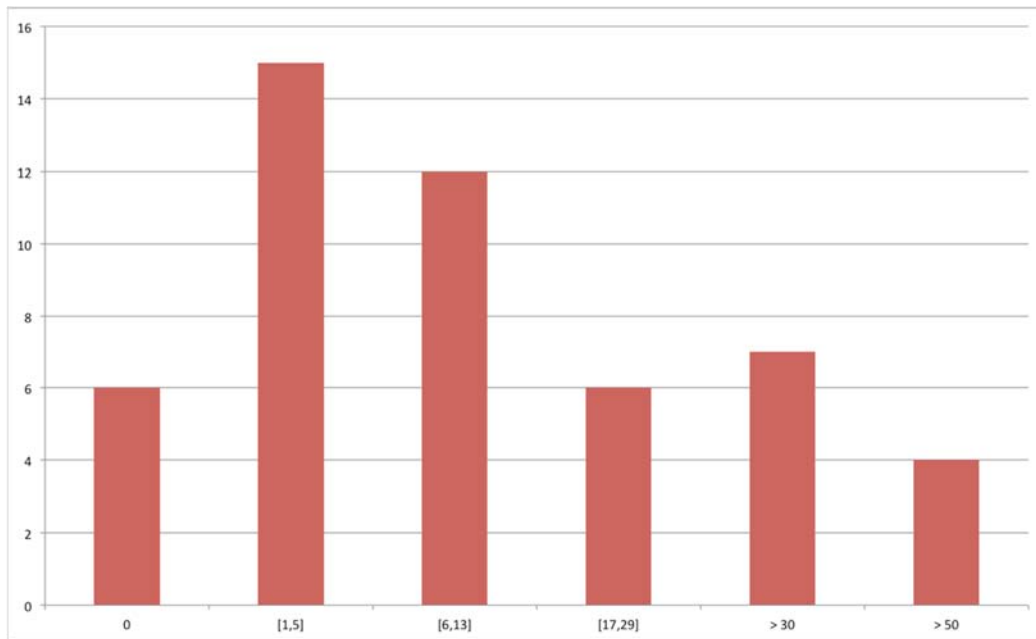
**Tableau ChapII-2** – Correspondance des codes participants du sous-graphe 3-3, classés par ordre croissant du nombre de campagnes faisant partie du sous-graphe 3-3 réalisées par le participant. Pour chaque code de participant est fourni les prénom et nom, le nombre de campagnes du sous-graphe 3-3 auxquelles il a participé, le nombre total d'articles publiés en lien avec du matériel récolté pendant les campagnes TDSB, la spécialité taxonomique telle que définie à partir des publications et la catégorie de la discipline du participant (Biologiste ; chimiste ou géologue), l'année de la première et de la dernière participation à une campagne du sous-graphe 3-3, et le nombre de fois où le participant a été chef de mission sur les campagnes du sous-graphe 3-3. L'astérisque associée aux périodes de participation aux campagnes indique une participation à des campagnes en 2017. La spécialité taxonomique pour les biologistes est notée selon le code collection. Pour les chercheurs dont la production scientifique ne permet pas de dégager un taxon, la spécialité est notée *na* (non attribuable). Pour les participants qui n'ont pas d'articles dans le corpus la spécialité éventuellement indiquée dans les rapports de mission ou directement par les chefs de mission a été utilisées. Acronymes des groupes taxonomiques : IA : Annélides Polychètes, IC : Ichtyologie ; IE : Echinoderme, IK : Cnidaire ; IM : Mollusques ; IP : Porifères ; IU : Crustacés ; PC : Champignons. Pour les campagnes anciennes, il n'a pas toujours été possible de réunir toutes les informations sur les participants et le rôle à bord. Les chiffres fournis doivent donc être considérées comme des estimations basses.

La contribution scientifique de ces 73 participants est assez hétérogène (Tableau ChapII-2). L'histogramme suivant (Figure ChapII-19) illustre la distribution des participants selon leur nombre de publications.

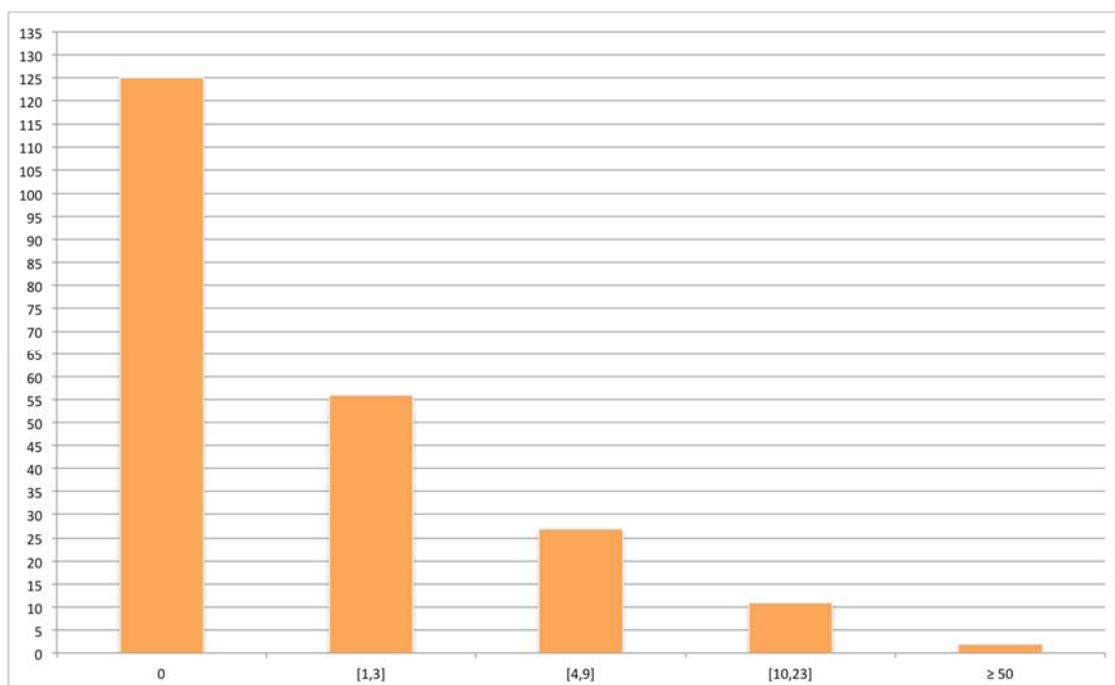
Dans cette communauté, 6 participants n'ont été auteur d'aucun article et 15 sont auteurs de moins de 5 articles. Sept participants sont des auteurs de plus de trente publications. Parmi ces sept participants, le seul qui n'a jamais été chef de mission est Alain Crosnier dont le rôle dans le programme a déjà été exposé dans l'introduction de cette thèse. Bertrand Richer de Forges, chef de mission du plus grand nombre de campagnes (29) a le nombre le plus élevé d'articles (109).

Concernant les participants occasionnels (listés dans le tableau 2, Annexe 3 – Chapitre 2), qui sont les participants exclus du graphe 3-3, le nombre total d'articles produits par ces 221 participants occasionnels s'élève à 513. L'histogramme suivant (Figure ChapII-20) montre que 125 de ces participants occasionnels n'ont contribué à aucun article du corpus TDSB et que seulement 55 en a produit au moins trois. Le participant occasionnel avec le plus grand nombre de publication est le carcinologue Peter K.L. Ng qui totalise 55 articles. On peut également citer le cas d'Enrique Macpherson, spécialiste des galathées, qui n'a participé qu'à une seule campagne en 2001 (NORFOLK1) mais totalise 50 publications





**Figure ChapII-19** – Distribution des participants du graphe 3-3 en fonction du nombre d'articles qu'ils ont produits.

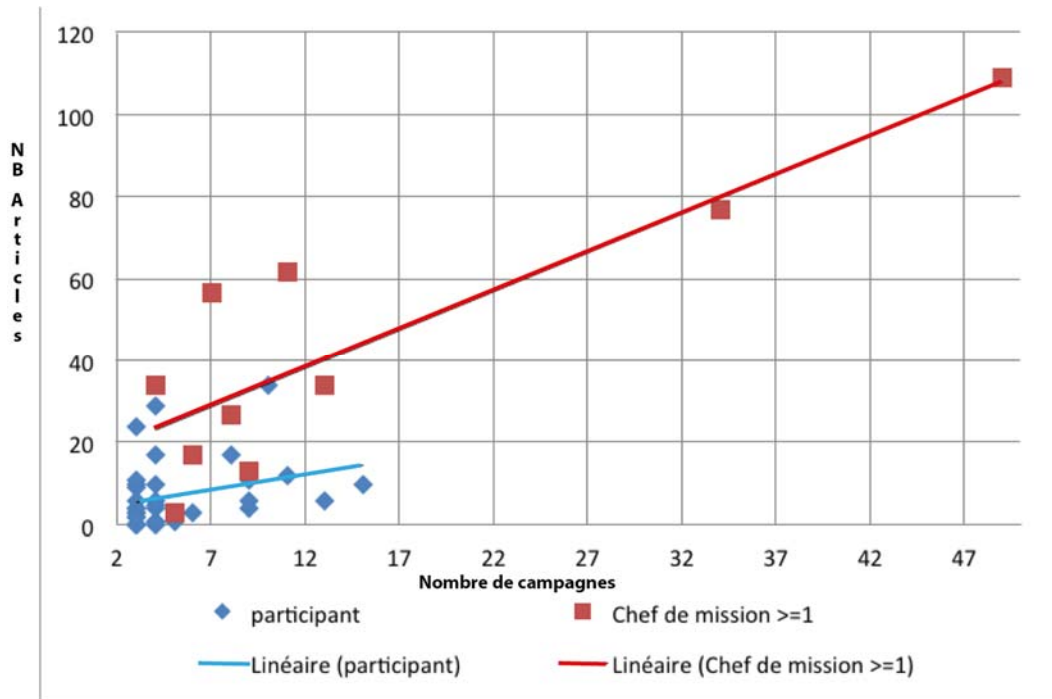


**Figure ChapII-20** – Répartition de l'effectif des participants occasionnels en fonction du nombre d'articles produits.

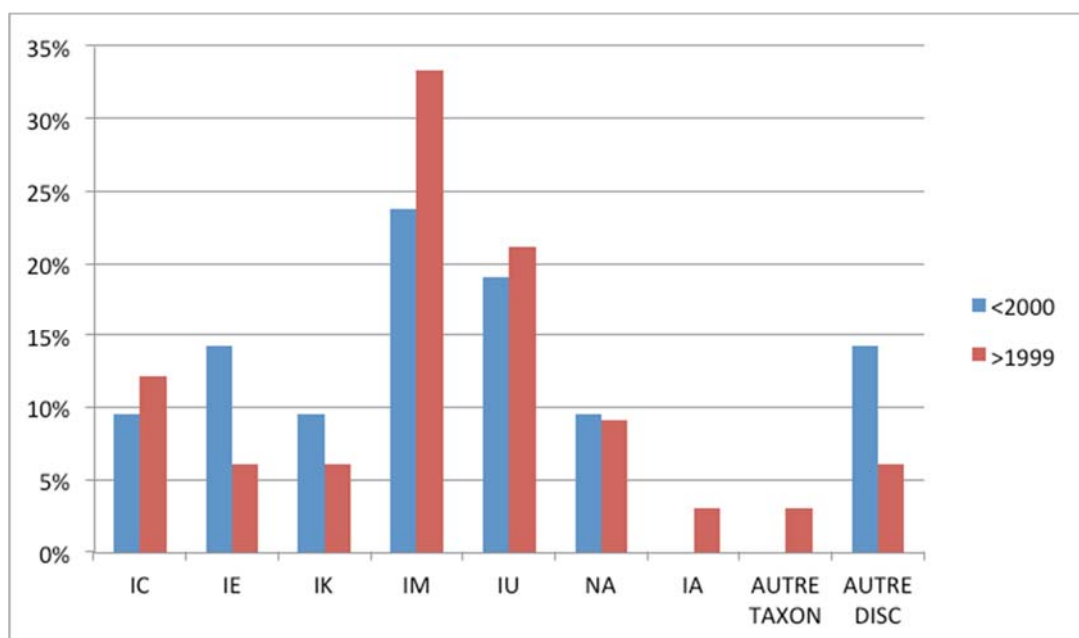
On peut constater dans le graphe suivant que si pour les chefs de mission récurrents une relation positive apparaît entre le nombre de campagnes et le nombre d'articles, la relation est beaucoup moins marquée pour les autres participants récurrents. (Figure ChapII-21)

La communauté de participants révélée par la contrainte 3-3 est constituée principalement de biologistes, dont majoritairement des spécialistes des Mollusques (douze participants) et des Crustacés (dix participants). Parmi ces participants figurent aussi des spécialistes de poissons (six participants), d'échinodermes (quatre participants) et de cnidaires (quatre participants). Seul un taxonomiste d'annélides-polychètes (Stéphane Hourdez) participe de manière récurrente aux campagnes mais seulement depuis 2011. Aucun taxonomiste des groupes des éponges, des tuniciers-ascidies, ou des brachiopodes-bryozoaires ne fait partie de la communauté mise en évidence par la contrainte 3-3.

La Figure ChapII-22 représente la répartition des spécialités taxonomiques des participants du graphe 3-3 pour les deux périodes définies. La première période totalise 21 personnes alors que la seconde en totalise 33. Les sept participants se partageant sur les deux périodes ont été décomptés pour les deux périodes. Le nombre de participants augmente entre les deux périodes pour les Mollusques, les Crustacés et les poissons mais il augmente proportionnellement davantage pour les Mollusques, dont les spécialistes passent de moins d'un quart des participants à plus du tiers.



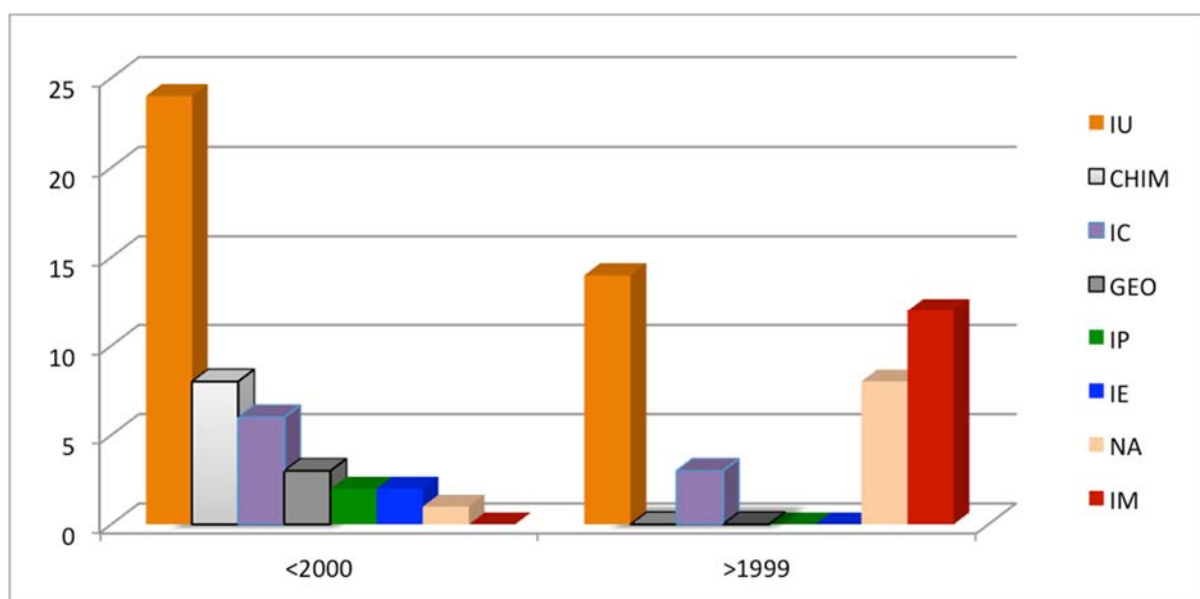
**Figure ChapII-21** – Relation entre le nombre de campagnes réalisées et le nombre de publication pour les participants du graphe 3-3.



**Figure ChapII-22** – Répartition de la proportion des spécialités taxonomiques des participants du graphe 3-3 pour les périodes antérieure à 1999 et à partir de 2000. IC : Ichtyologie, IE : Echinoderme, IK : Cnidaire, IM : Mollusques, IU :

Crustacés, NA : Pas de spécialité taxonomique, IA : Annélide-Polychète, Autre Taxon : Champignon ; Autre Discipline : Géologie ou Chimie.

Les chefs de mission de la première période sont des carcinologues ou des chercheurs impliqués dans des programmes parallèles au programme MUSORSTOM (halieutique, chimie des substances naturelles et de géologie), alors que ceux de la seconde période sont tous impliqués dans l'exploration de la faune benthique, mais avec une forte dominante pour les mollusques et les crustacés, et dans une moindre mesure les poissons, ou sont spécialisés dans les méthodes de la systématique moléculaire<sup>10</sup> (voir la Figure ChapII-23).



**Figure Chap II-23** – Répartition des spécialités des chefs de mission pour les campagnes avant et après les années 2000. IU : Crustacé, Chim : Chimiste ; IC : Ichtyologue, GEO : Géologue, IP : Eponge, IE : Echinoderme, NA : Sans groupe taxonomique; IM : Mollusques.

### ***Comparaison entre participation aux campagnes et la valorisation scientifique.***

L'objectif de cette section est d'explorer plus en détails le rôle de la communauté de chercheurs définie par le graphe 3-3 dans l'évolution de la valorisation scientifique du matériel. Cette section porte donc sur l'analyse des articles produits par les participants en fonction de leur rôle sur le terrain.

<sup>10</sup> Parmi les chefs de mission de la période à partir de 2000, Sarah Samadi n'est pas centrée sur un taxon et Wei-Jen Chen et Nicolas Puillandre sont spécialistes respectivement de systématique moléculaire des poissons et de systématique moléculaire des mollusques.

Le graphe 3-3 (Figure ChapII-18) met en évidence l'existence de deux périodes distinctes avant et après 2000, que l'on peut associer à la succession des les générations des chercheurs impliqués, ainsi qu'au départ en retraite d'Alain Crosnier et à l'implication plus forte de la communauté travaillant sur les mollusques. Par conséquent, l'analyse de la production scientifique des chercheurs doit tenir compte de ce contexte temporel segmenté. En effet, quand on considère la production scientifique des chercheurs qui participent aux campagnes de la première période, on prend en compte des carrières complètes, alors que la carrière de ceux qui ne commencent à participer aux campagnes qu'à partir de 2000 est encore en cours. Le Tableau ChapII-2 permet de montrer que les participants du graphe 3-3 qui ont contribué de manière importante à la valorisation scientifique des campagnes ont été impliqués dans le programme dès ses débuts : Alain Crosnier (34 articles), Philippe Bouchet (77 articles), Bertrand Richer de Forges (109 articles), Bernard Séret (29 articles) Cécile Debitus (57 articles) et René Grandperrin (27 articles). Les trois seuls participants qui ont un nombre d'articles au moins aussi importants que ce groupe de chercheurs, mais qui ont été impliqués uniquement à partir des années 2000 sont Tin-Yam Chan (62 articles), Sarah Samadi (34 articles) et Nicolas Puillandre (34 articles). Ces trois chercheurs ont été au moins une fois chef de mission durant la seconde période. Parmi ces chercheurs, seulement deux sont spécialistes de mollusques. On constate ainsi que parmi les participants récurrents de ce programme, les chercheurs ayant le plus contribué à la valorisation scientifique des campagne ont été à deux exeptions près au moins une fois chef de mission. Les deux seules exeptions sont Bernard Séret et Alain Crosnier.

Pour analyser l'implication des participants aux campagnes en ce qui concerne la valorisation scientifique du matériel récolté, le nombre d'articles par auteur a été calculé en fonction de sa place dans la signature des articles (premier ou dernier auteur). L'ordre dans lequel sont mentionnés les auteurs est une convention qui varie d'une discipline à l'autre. L'International Committee of Publication Ethics (COPE) a formulé des recommandations générales pour la signature des articles scientifiques. Elles ont été reprises par l'Alliance Nationale pour les Sciences de la Vie et de la Santé (AVIESAN). En biologie, la place du dernier auteur est généralement celle de la personne qui a guidé ou supervisé le projet de l'équipe d'auteurs signataire de la publication (COMETS - Comité d'éthique du CNRS, 2017) alors que la première place traduit une implication plus ciblée sur la production et l'analyse des données. Les articles de taxonomie sont souvent associés à un petit nombre d'auteurs. Cette situation résulte du fait que le nom d'un nouveau taxon est associé aux noms des auteurs de la

publication et à la date de publication. Par exemple *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 correspond au nom scientifique de la moule commune qui a été décrite pour la première fois par Linné en 1758. De nombreuses descriptions d'espèces sont ainsi publiées par un auteur seul ou éventuellement deux ou trois. Les articles écrits par un auteur seul ont été pris en compte comme articles en dernier auteur. Ce nombre a été évalué pour les 267 participants des campagnes (totalité du sous-graphe 1-1). Un découpage en 8 classes d'effectifs équivalents a ensuite été réalisé en appliquant la méthode de discrétisation en quantiles. Dans le dernier quantile défini par cette méthode, on trouve quatre participants ayant plus de 30 articles en dernier auteur : Alain Crosnier, Philippe Bouchet, Tin-Yam Chan et Bertrand Richer de Forges. On constate que ces auteurs font tous partis de la communauté des participants récurrents. On peut souligner qu'ils sont tous spécialistes de mollusques ou de crustacés. Tous ces participants, à part Alain Crosnier, ont été chefs de mission pour de nombreuses campagnes (voir Tableau ChapII-2). Tin-Yam Chan est rattaché à un institut de recherche taiwanais. Il est impliqué en tant que chef de mission dans six campagnes taiwanaises ayant lieu entre 2000 et 2013 ; il participe en tant que récolteur dans des campagnes en Nouvelle-Calédonie (Norfolk 1), en Papouasie Nouvelle-Guinée (Biopapua), aux Philippines (Panglao 2005, Aurora 2007) et dans l'Océan Indien (Mainbaza).

Le nombre d'articles que chaque auteur a signé en premier auteur a également été évalué. Dans ce décompte les articles signés en auteur seul ont également été pris en compte. Les articles avec un seul auteur ont également été décomptés dans cette catégorie. La classe correspondant au plus grand nombre d'articles en premier auteur est également celle des auteurs ayant publié au moins 30 articles en premier auteur. Cette classe regroupe quatre participants dont trois (Philippe Bouchet, Alain Crosnier et Bertrand Richer de Forges) figurent également parmi ceux ayant plus de 30 articles en dernier auteur. Pour les articles en premier auteur, le seul participant occasionnel qui a plus de 30 articles est Enrique Macpherson, spécialiste des crustacés, qui a participé à une seule campagne (NORFOLK 1) et qui a produit 34 articles en premier auteur.

Deux chercheurs IRD, actifs principalement dans la première période, n'apparaissent pas dans la liste de ceux qui produisent beaucoup d'articles en premier auteur, malgré un nombre d'articles en dernier auteur important. Il s'agit de Cécile Debitus, qui signe en dernier auteur 25 des 57 articles auxquels elle a contribué. Cette chercheuse en chimie a été chef de mission de six campagnes SMIB dont la thématique est périphérique par rapport au programme TDSB. De même, Bernard Séret signe en dernier auteur 18 des 29 articles auquel il a

contribué bien qu'il n'ait jamais été chef de mission. Ce chercheur est plus impliqué dans les programmes halieutiques que dans l'exploration de la faune benthique. Il a eu, comme Alain Crosnier pour les crustacés, un rôle important au sein de la communauté des ichtyologues. L'analyse de la production scientifique associée au programme MUSORSTOM-TDSB dans le chapitre 3 permettra de rendre compte de sa position dans les réseaux d'auteurs.

Tin Yam Chan est le seul des participants du graphe 3-3 qui arrive dans le programme à partir de l'année 2000 et qui apparaît avec la méthode utilisée pour définir les derniers auteurs les plus productifs. Son nombre d'articles en dernier auteur et son rôle de chef de mission pour six campagnes suggère que Tin-Yam Chan est à l'origine d'une nouvelle dynamique scientifique.

Parmi les chefs de missions et participants de la seconde période, on distingue d'autres chefs de mission comme Sarah Samadi, pour qui on peut comptabiliser 14 articles en dernier auteur et 5 articles en premier auteur. Le décalage en faveur du nombre d'articles en dernier auteur peut être interprété comme le reflet de son rôle en tant que chef de mission sur le terrain pour huit campagnes du graphe 3-3.

Cette étude met donc en évidence le lien entre le rôle de chef de mission sur le terrain et le nombre d'articles produits en dernier auteur, mais souligne également le rôle de chercheurs moins présents sur le terrain mais actifs dans les réseaux qui valorisent les récoltes. Une analyse détaillée de la communauté des auteurs permettra de préciser les résultats de cette analyse et de préciser les liens entre les auteurs.

## **2.2 - Influence de la spécialité des participants sur les récoltes**

On a pu voir dans les sections précédentes que les participants inclus dans le graphe 3-3 sont majoritairement spécialistes de mollusques et de crustacés, ce qui reflète la production scientifique associée à ces deux groupes, présentées dans la section « Evolution des publications et des descriptions d'espèces », partie II-4. Concernant les mollusques, on constate que le changement dans le rythme des descriptions d'espèces observées dans l'approche métrique de la partie II.4 est concomitante avec une participation accrue de participants impliqués dans la collecte des mollusques sur la seconde période. Est-ce que cet effet peut être détecté pour les groupes taxonomiques représenté de façon plus ponctuelle sur le terrain ? Parmi les groupes taxonomiques à la fois minoritaires dans la production scientifique et moins représentés dans les spécialités des participants aux campagnes, nous

avons choisi d'analyser plus en détail le cas des Cnidaires. En effet, l'implication des spécialistes des Cnidaires dans les campagnes est sporadique mais suffisamment récurrente et distribuée sur les deux périodes (Tableau ChapII-3) pour tenter d'évaluer l'incidence de la présence de spécialistes à bord sur la valorisation des récoltes en s'appuyant sur l'hypothèse selon laquelle leur présence à bord a un effet sur les récoltes elles-mêmes.

Code	Nom, Prénom	Nbre de campagnes réalisées	Nbre articles total	Période d'activité campagne	Noms première Campagne – Dernière Campagne	Participation récurrente
P14	Bargibant, Georges	9	4	1984 – 1999	Chalcal 1- Lithist	<b>oui</b>
P66	Doumenc, Dominique	1	1	1985	Biocal	non
P263	Zibrowius, Helmut	3	9	1989 -1997	Calsub - Musorstom 9	<b>oui</b>
P164	Molodtsova, Tina	1	5	2002	Benthaus	non
P178	Pante, Eric	4	10	2008 - 2012*	Terrasses – Papua Nuigini	<b>oui</b>
P192	Ramil, Fran	1	2	2009	Mainbaza	non
P249	Tu, Tzu-Hsuan	3	2	2013 - 2014	Taiwan 2013 - NanHai 2014	<b>oui</b>

**Tableau ChapII-3** – Liste des participants récurrents et occasionnels qui sont spécialistes des Cnidaires classé par ordre croissant en fonction de la date de la première campagne à laquelle le participant a contribué.

La Figure ChapII-24 présente les campagnes pour lesquelles du matériel de Cnidaire a été valorisé dans des articles scientifiques et celles qui avaient à bord au moins un participant spécialiste de Cnidaires parmi ceux listés dans le Tableau ChapII-3. On constate que le matériel des campagnes avant les années 2000 a davantage été valorisé que celui des campagnes plus récentes. De plus, pour au moins 36 campagnes sans spécialiste de Cnidaires à bord, du matériel de Cnidaires a été valorisé. Des articles valorisant des récoltes de Cnidaires sont associés à 18 campagnes où un spécialiste de Cnidaire était à bord. A l'inverse, aucun article sur les cnidaires n'est associé à quatre campagnes (Dongsha 2014, Nanhai 2014, Mainbaza 2009 et Halical 1 1994) pour lesquelles un spécialiste de Cnidaire était également à bord. Pour ces quatre campagnes, deux sont très récentes (2014) et la valorisation est probablement en cours. La campagne Mainbaza a quant à elle été réalisée sur le bateau espagnol, le Visconde de Eza, et un accord avec les équipes espagnoles font que les récoltes



de cnidaires de cette campagne n'ont pas été déposées au MNHN à Paris mais à Vigo en Espagne. Enfin, l'objectif principal de la campagne Halical 1 était halieutique. Le compte rendu de campagne indique qu'en dehors des chalutages à visée halieutique, les dragages réalisés visaient à collecter des dents fossiles du requin géant disparu, *Procarcharodon megalodon*, dans le but d'en reconstituer une mâchoire en grandeur nature pour exposition dans le hall de l'ORSTOM à Nouméa. L'objectif de récolte de la faune benthique était donc très marginal.

Pour mettre en évidence les campagnes les plus productives en nombre d'espèces de cnidaires décrites, la méthode des quantiles avec un découpage en cinq classes est utilisée. Avec ce découpage, les campagnes les plus riches en nouvelles espèces de cnidaires sont celles qui ont fourni des descriptions pour plus de 30 espèces. La Figure ChapII-25 positionne ces campagnes dans le réseau global par la couleur orange. Parmi ces campagnes, les triangles rouges indiquent celles pour lesquelles au moins un participant spécialiste de cnidaires était à bord.

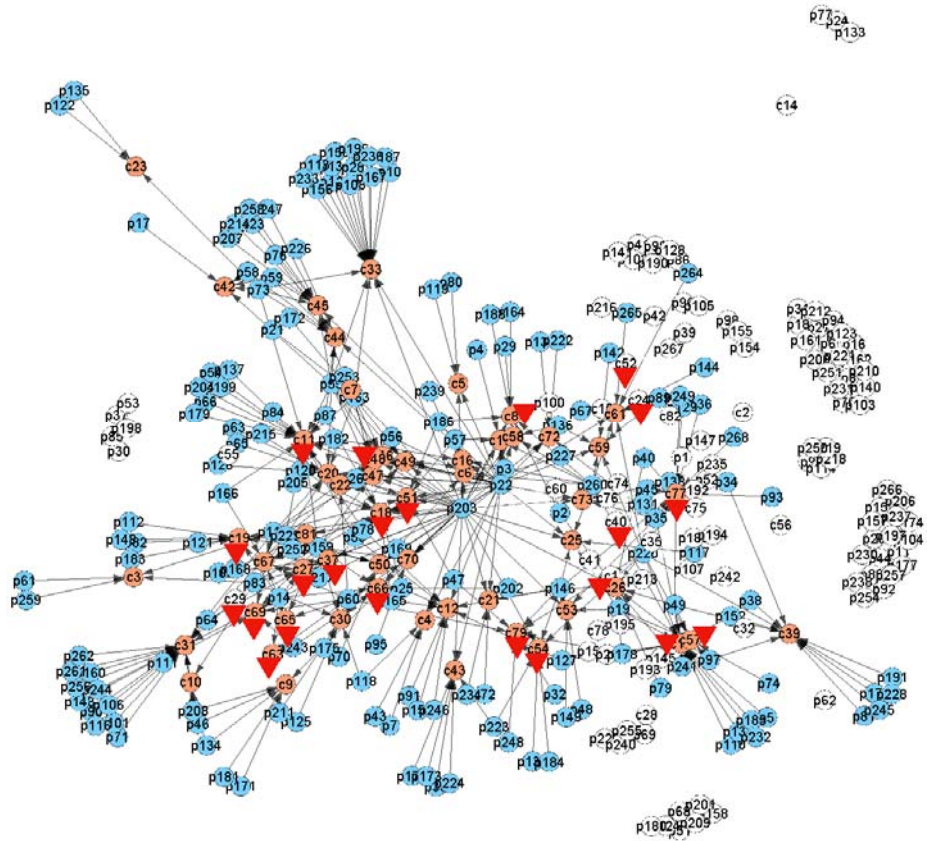
Les campagnes qui, tous taxons confondus, ont fourni le plus de nouveaux taxons sont les campagnes BIOCAL, Musorstom4 Musortom5 CHACAL2, Musorstom6, KARUBAR, Musorstom8, Musortom10 et SALOMON 1 avec chacune plus de 200 taxons décrits (Figure ChapII-9 dans la section II-4 de ce chapitre). Parmi ces campagnes, BIOCAL se démarque en raison d'un nombre de taxons décrits maximal pour tous les groupes taxonomiques, à part pour les poissons, et de la présence à bord de spécialistes de chacun des groupes taxonomiques.

On peut noter que toutes les campagnes pour lesquelles un grand nombre de cnidaires ont été décrits sont, à l'exception de la campagne Karubar, réalisées dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie pendant la première période du programme, ou au tout début de la suivante (Norfolk 1 réalisée en 2001 et Norfolk 2 réalisée en 2003). Ces campagnes explorent principalement les rides de monts sous-marins de la Nouvelle-Calédonie, principalement la ride de Norfolk, sur lesquelles une faune dominée en biomasse par des coraux et des éponges a été mise en évidence (Richer de Forges et al 2000, Samadi et al. 2007).

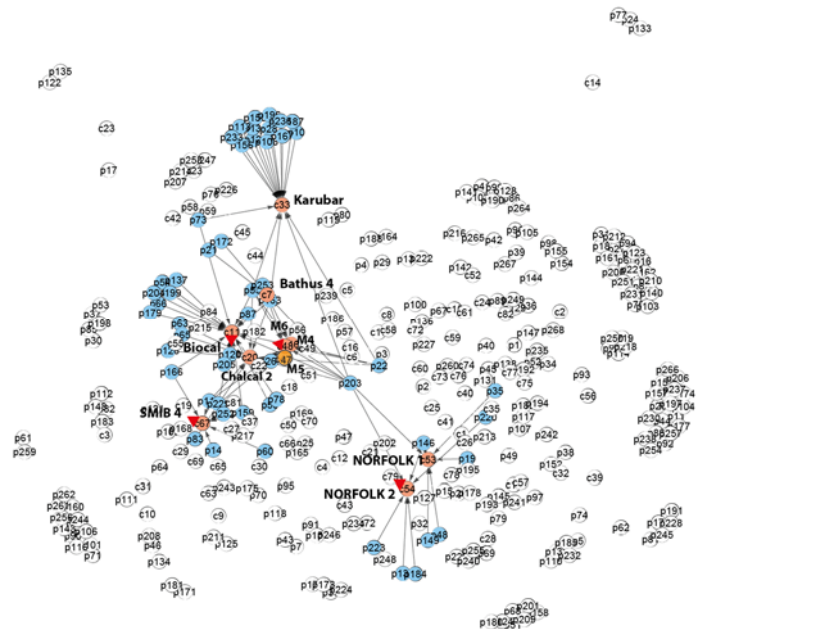
Pour conclure, contrairement à l'effet constaté pour les mollusques, l'influence de la présence de spécialiste de cnidaires sur le terrain n'est pas mise en évidence dans la valorisation scientifique des campagnes correspondantes. L'analyse semble plutôt mettre en évidence que

les efforts des taxonomistes sont centrés sur la Nouvelle-Calédonie, qui est une zone caractérisée par des milieux où les cnidaires sont particulièrement abondants et diversifiés.

La richesse en description d'espèces pour la campagne Karubar fait contraste au sein de cet ensemble. On peut néanmoins noter que cette campagne est réalisée en 1991, au milieu de la période où les campagnes TDSB sont principalement consacrées à l'exploration de la Nouvelle-Calédonie. Ainsi peut-on émettre l'hypothèse selon laquelle les échantillons analysés pour cette campagne ont été pris en compte de façon conjoncturelle par les chercheurs actifs durant cette période sur les échantillons de Nouvelle-Calédonie. En appui à cette hypothèse, on peut mentionner le fait que les articles traitant de cnidaires et issus de la campagne Karubar ont tous Stephen Cairns comme co-auteur et que tous ces articles sauf un ont été publiés avant 2000. L'unique article publié en 2010 est issu du travail d'un étudiant en thèse de cet auteur (Marcello Kitahara), dont le travail a concerné les récoltes en Nouvelle-Calédonie.



**Figure Chap II-24** – Lien entre le nombre d’articles sur les cnidaires par campagne et la présence de spécialiste de Cnidaire à bord. Les Campagnes dont du matériel de Cnidaire a été utilisé et valorisé dans des articles sont indiqués avec un cercle orange. Les triangles rouges indiquent les campagnes où des participants spécialistes des cnidaires sont présents à bord.



**Figure Chap II-25** – Lien entre les descriptions d’espèces de cnidaire par campagne et la présence de spécialiste de Cnidaire à bord. Les campagnes pour lesquelles au moins 30 espèces nouvelles de Cnidaires ont été décrites apparaissent en orange. Parmi ces campagnes, celles avec un triangle rouge ont un participant spécialiste des cnidaires à bord. Les campagnes MUSORTOM4-5-6 sont indiquées par l’abréviation, M4, M5, et M6.

## **3 -Les liens entre campagnes et participants selon la géographie**

### **3.1 - L'attribut géographique dans le graphe 3-3**

L'emplacement géographique des zones explorées par les campagnes et celui des institutions auxquels les chercheurs appartiennent permettent également de tirer des informations utiles du graphe 3-3. La Figure ChapII-26 illustre la répartition de cet attribut géographique sur le graphe 3-3. Cette projection montre que les campagnes antérieures à 2000 se déroulent majoritairement dans la zone économique exclusive (ZEE) de la Nouvelle-Calédonie, avec quelques campagnes en dehors de cette zone (Fidji, Indonésie, Philippines, Polynésie Française, Vanuatu). La communauté des participants récurrents des campagnes avant les années 2000 travaillent sans exception soit en Nouvelle-Calédonie, soit en France Métropolitaine. Dans ce groupe, à part pour les campagnes de Nouvelle-Calédonie, aucune des cinq autres destinations de campagne, y compris pour la zone des Philippines visitée trois fois durant cette période, n'a impliqué de participants locaux non occasionnels.

Les campagnes réalisées à partir de l'année 2000 sont plus diversifiées géographiquement, que ce soit du point de vue de l'origine des participants ou des zones explorées par les campagnes. Dans ce groupe apparaissent de nouvelles zones géographiques explorées, avec notamment Taiwan, la Papouasie Nouvelle Guinée et les îles Salomon, ainsi que des campagnes en Atlantique. Du côté des participants, apparaît également une diversification. A côté des participants rattachés à des instituts de France métropolitaine apparaît un groupe important de participants taiwanais. Les chercheurs rattachés aux instituts taiwanais participent majoritairement, mais pas uniquement, à des campagnes taiwanaises. Parmi les 31 chercheurs Taiwanais, 8 participent également à des campagnes aux Philippines, en Papouasie Nouvelle Guinée, en Nouvelle-Calédonie ou dans l'Océan Indien. Autre élément notable, deux participants, l'un rattaché à un institut de la zone de Papouasie Nouvelle-Guinée (p152, Ralph Mana) et l'autre aux Iles Salomon (p 136, Jon Leqata) apparaissent en lien avec les respectivement quatre et trois campagnes réalisées dans ces deux zones. En dehors des chercheurs français et taiwanais, un chercheur suédois (Anders Warren) et un chercheur russe (Yuri Kantor) font partie du cœur des participants des campagnes à partir des années 2000.

En résumé, la projection de l'attribut géographique sur le sous-graphe 3-3 met en évidence que la coupure de l'année 2000 est accompagnée (i) d'un changement dans le spectre géographique exploré par le programme, avec une extension vers le Pacifique nord, l'océan

Indien et l'océan Atlantique ainsi que (ii) de l'émergence d'un petit groupe de chercheurs étrangers, notamment taiwanais, fortement impliqués aux côtés de l'équipe française sur le terrain.

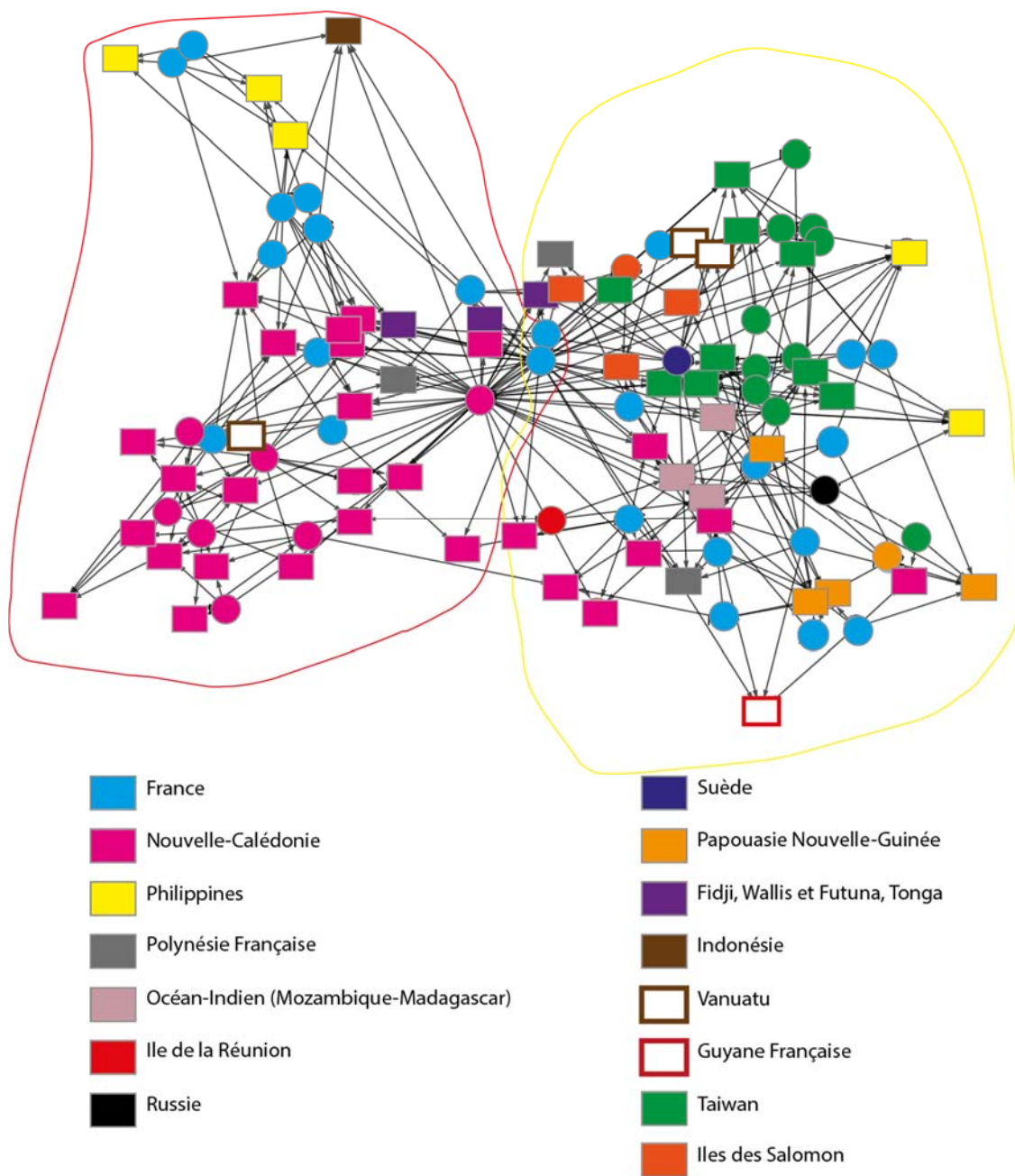
### **3.2 - L'attribut géographique pour les participants occasionnels**

Les participants occasionnels se placent en périphérie du graphe complet 1-1. La Figure Chap II-27 illustre la répartition de l'attribut géographique des instituts auxquels les participants sont rattachés et des zones explorées pendant les campagnes. Le nombre de participants occasionnels impliqués dans les campagnes est équivalent entre les campagnes antérieures et les campagnes postérieures à l'année 2000 en accord avec un nombre de campagnes similaires entre ces deux périodes.

De même que ce que l'on observe pour les participants du graphe 3-3, les participants occasionnels des campagnes antérieures aux années 2000 sont rattachés à des instituts majoritairement français basés en Nouvelle-Calédonie (Figure Chap II-28). On remarque aussi pour cette période la participation occasionnelle de chercheurs locaux pour les campagnes ayant eu lieu en Indonésie (Corindon 2, Karubar), en Philippines (Musorstom 1, 2, 3) ainsi qu'aux Fidji et au Vanuatu. Comme déjà observé à partir du graphe 3-3, alors que trois campagnes consécutives ont eu lieu aux Philippines, aucun des quelques participants philippins de cette période ne fait partie du graphe 3-3. Ce résultat suggère que les participants locaux de cette période sont plutôt des observateurs que des partenaires scientifiques du programme.

Que ce soit pour les campagnes avant ou après 2000, on constate que l'implication d'une équipe locale formée par plusieurs participants n'est observée que sur des grands navires ou lorsque les expéditions se déroulent en plusieurs étapes. Logiquement, plus il y a de place, plus il est possible d'agrandir le cercle des participants « habituels » à d'autres participants occasionnels.

Avant les années 2000, rares sont les campagnes qui utilisent des navires - français ou étrangers - plus grand que l'*Alis*. De même, durant cette période, les campagnes se font généralement en une seule étape sur un petit navire comme l'*Alis* ou le *Vauban*, comme par exemple les campagnes Aztèque ou Musorstom 1. En appui à l'interprétation mentionnée ci-dessus, on constate que la composition des équipes scientifiques des campagnes réalisées en



**Figure Chap II-26** – Zone géographique des campagnes et origine géographique des participants du graphe 3-3. Les cercles représentent les participants et les rectangles les campagnes. Le groupe des campagnes avant l’année 2000 est entouré en rouge alors que le groupe des campagnes à partir de l’année 2000 est entourée en jaune.

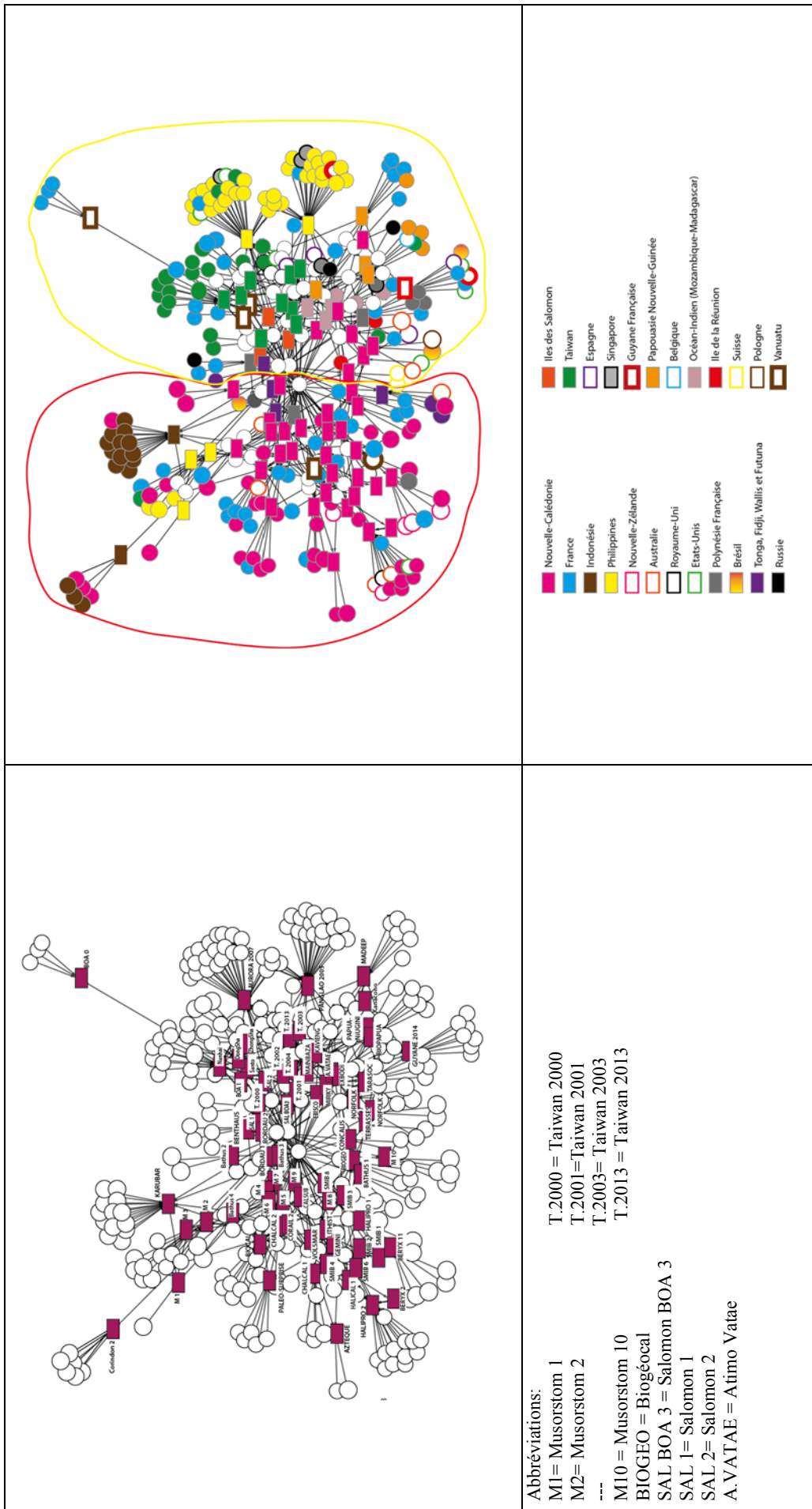
dehors de la zone néo-calédonienne sur le navire français *Coriolis* - dont la capacité d'accueil peut aller jusqu'à 10 participants - inclut des chercheurs locaux (indonésiens pour la campagne Corindon 2 et philippins pour la campagne Musorstom 3). L'implication de chercheurs locaux n'est cependant pas systématiquement associée à l'usage d'un grand navire, notamment quand il est français. Ainsi, par exemple, la campagne Biocal, réalisée à bord du *Jean Charcot* en deux étapes de 14 participants chacune, n'implique que 3 chercheurs néo-calédoniens. En revanche, lorsqu'un grand navire local est utilisé, c'est toute une équipe de chercheurs locaux qui est impliquée, comme par exemple pour la campagne d'exploration Karubar en Indonésie, durant laquelle 12 chercheurs rattachés aux instituts philippins et 6 aux instituts français ont embarqué à bord du navire indonésien *Baruna Jaya 1*.

De même, pendant la campagne Halipro 2, plusieurs participants de provenances différentes (néo-zélandais, australiens, américain, anglais), en plus d'une équipe néo-calédonienne, ont été impliqués pour explorer les potentialités halieutiques de la Nouvelle-Calédonie à bord du navire néo-zélandais *Tangaroa*, qui a permis d'embarquer 17 participants. On constate donc que l'implication massive d'une équipe de chercheurs locaux et de participants de provenances diverses est liée à la capacité d'accueil des navires mais aussi au pavillon du navire.

Pour les campagnes qui se déroulent à partir des années 2000, de la même manière que sur le graphe 3-3, on constate que l'extension géographique de la zone explorée par les campagnes va de pair avec une diversification des participants occasionnels, avec un poids important des participants venant d'Asie du Sud-Est (Taiwan, Singapour, Philippines). Cette plus grande diversité dans l'origine des participants peut être mise en relation avec l'utilisation durant cette seconde période des grands navires taiwanais (*Ocean Researcher* 1, 3 et 5) et philippin (*DA-BFAR*) pour explorer respectivement la zone de Taiwan (campagnes Taiwan 2013, Nanhai, DongSha, ZhongSha) et la zone des Philippines (campagnes Panglao 2005 et Aurora 2007 et Lumiwan 2008<sup>11</sup>). Les navires taiwanais permettent d'embarquer entre 15 et 20 participants et le navire philippin près de 30 personnes. Pour ces campagnes, les équipes locales impliquées sont majoritaires et la mission est souvent codirigée par des chercheurs français et d'Asie du Sud-Est. Les campagnes à Taiwan sont en revanche menées uniquement par des chefs de mission taiwanais.

---

<sup>11</sup> La campagne Lumiwan n'a pas été valorisée scientifiquement. En effet suite à un contentieux sur les permis, les collections n'ont toujours pas été importées au MNHN



**Figure ChapII-27** – A droite : Représentation du sous-graphe 1-1 incluant toutes les campagnes TDSB (74) et tous les participants (268). Sur cette représentation le nom des campagnes est précisé. A gauche : Projection sur le sous-graphe 1-1 de l'attribut géographique pour les participants occasionnels (c'est-à-dire ceux qui ne sont pas présents dans le sous-graphe 3-3). Les participants inclus dans le sous-graphe 3-3 sont représentés par un cercle vide bordé de noir. Pour les autres participants l'origine géographique est représentée selon le code de la légende



Le nombre de chercheurs locaux impliqués dans une campagne n'est pas seulement lié à la taille du navire. En effet, les campagnes Atimo Vatae ou Miriky se font à bord du navire malgache *Nosy Be 11* avec une équipe scientifique de 10 personnes. Pour ces deux campagnes le nombre de participants malgaches n'est que d'un ou deux par étape. Dans ce cas, le faible nombre de participants malgaches s'explique à la fois par la petite taille du navire mais aussi par le fait que l'équipe française a affrété un chalutier commercial pour les besoins de la mission. En effet, aucun petit navire français, adapté aux besoins de ces missions, n'est mobilisable à cette période dans cette zone géographique et Madagascar n'a pas de bateau océanographique comme Taiwan ou les Philippines.

Parmi les participants non rattachés à des institutions françaises, on constate une place singulière des équipes taiwanaises. Tout d'abord, les campagnes dans les eaux taiwanaises sont conduites de façon autonome : le chef de mission est taiwanais (Tim-Yan Chan ou Wei-Jen Chen) et les équipes scientifiques embarquées sont majoritairement constitués de chercheurs locaux. Réciproquement, plusieurs participants rattachés à des instituts taiwanais sont impliqués de manière récurrente dans des campagnes qui se déroulent en dehors des eaux taiwanaises<sup>12</sup>.

En résumé, l'extension géographique des campagnes en Asie du sud-est, dans l'océan Indien et en Atlantique à partir des années 2000 se traduit par une extension géographique de l'origine des chercheurs locaux impliqués dans ce programme de manière occasionnelle mais aussi de manière plus régulière. Cette rupture temporelle s'accompagne d'un changement dans la manière dont les chercheurs locaux sont impliqués. Cette implication, ponctuelle pour les campagnes avant les années 2000, se transforme en collaboration plus durable après les années 2000. Pendant cette dernière période, plusieurs campagnes sont réalisées avec une forte implication d'équipes locales embarquant à bord de grands navires locaux. Le poids des chercheurs locaux dans ces équipes est renforcé par leur implication dans la co-direction des campagnes.

En conclusion, on observe que la manière d'interagir avec les équipes locales est donc observable s'est considérablement transformée en quarante ans. Cette évolution est contemporaine des changements dans les pratiques de l'étude de la biodiversité introduits suite à la Convention de la diversité Biologique de 1992. Cette convention promeut la

---

<sup>12</sup> Ce lien avec les équipes taiwanaises a été formalisé durant la période 2013-2016 par un projet bilatéral franco-taiwanais soutenue par l'Agence National de la Recherche côté français et par le National Ministry of Science and Technology côté Taiwanais.

collaboration et l'échange des savoirs et marque la volonté de rompre avec des attitudes d'exploration héritées d'un passé colonial, qui consistent à garder le savoir- et les ressources génétiques potentielles - issu des zones explorées dans les pays qui ont les moyens de les explorer (Cropper 1993). De la même manière, le changement de nom de l'ORSTOM en IRD à la fin des années 1990 et l'intégration de ses navires dans la flotte française sont des effets de ce changement d'orientations des politiques scientifiques

## **IV Conclusion**

Les analyses présentées dans ce chapitre permettent d'établir plusieurs caractéristiques notables du programme MUSORSTOM-TDSB. Premièrement, il a traversé deux périodes bien différenciées : une première période durant laquelle il interagit avec d'autres programmes d'explorations halieutiques et de recherche de substances naturelles et une seconde, après 2000, plus intense et plus spécifique. Deuxièmement, les spécialités des chercheurs à bord ont indéniablement un effet important sur la production scientifique associée, en particulier sur les descriptions d'espèces. Cet effet est particulièrement marqué en ce qui concerne les spécialistes des mollusques, puisque le renforcement des participants spécialisés dans la récolte des mollusques s'accompagne d'une accélération de l'activité de description. En revanche, on n'a pas trouvé d'effet semblable pour ce qui concerne les spécialistes des cnidaires. Troisièmement, l'extension géographique du programme au-delà de la Nouvelle-Calédonie s'est accompagnée d'un renforcement des collaborations avec les partenaires régionaux qui reflètent les changements des politiques internationales sur la biodiversité, en phase avec les changements récents des politiques internationales sur la biodiversité. Enfin, il est apparu qu'une poignée d'acteurs ont un effet déterminant sur les réalisations du programme, et vraisemblablement sur les publications associées.

C'est sur le lien entre acteurs et publications valorisant le matériel récolté qu'est consacré le chapitre suivant, qui prolonge les analyses déjà exposées en décrivant les communautés de chercheurs impliquées de façon plus fine.



# **Chapitre 3 : La production scientifique du programme MUSORSTOM-TDSB et ses auteurs**

## **Introduction générale**

Le chapitre 2 a permis de caractériser les liens entre les acteurs intervenant dans la réalisation des campagnes et la production scientifique associée au programme MUSORSTOM-TDSB. Il a notamment permis de montrer que l'importance de la valorisation des récoltes pour les différents taxons récoltés dépend en grande partie de l'importance des communautés de chercheurs mobilisés sur le terrain. Cette analyse a également permis de mettre en évidence le rôle structurant de quelques acteurs principaux. La période d'intervention de ces différents acteurs au cours du programme est apparue comme un facteur structurant dans la dynamique globale de la production scientifique du programme. Le présent chapitre vise à décrire en détail les communautés d'auteurs qui valorisent les récoltes. L'objectif est de comprendre de façon fine comment les connaissances naturalistes se construisent, à partir de l'exemple du programme MUSORSTOM-TDSB. On se demandera si les axes de recherche mis en avant dans les demandes et comptes rendus de campagnes ont des effets sur la production scientifique. Pour appréhender l'évolution de la production scientifique, on s'intéressera dans un premier temps à l'évolution de la communauté des auteurs qui l'ont produite. Les changements au sein de la communauté des auteurs seront analysés en fonction des articles qu'ils produisent et des groupes taxonomiques qu'ils étudient. Cette communauté d'auteurs sera aussi décrite en fonction de leur implication et de leur rôle pendant les campagnes. Ainsi, on dressera un portrait dynamique du réseau des auteurs liés aux campagnes. Dans un deuxième temps, c'est le cas particulier des auteurs qui publient sur les mollusques qui sera étudié. Cette communauté a été choisie d'une part parce que les articles publiés représentent près d'un tiers de la production du programme, mais aussi parce qu'elle englobe des auteurs qui ne sont pas des chercheurs professionnels (Bouchet et al. 2016). En effet, autour de l'équipe de malacologie de Paris gravite une communauté d'auteurs qui pratiquent la

malacologie en dehors de leur cadre professionnel. Cet exemple permet de mettre en évidence une forme de science participative méconnue autour d'un programme de récoltes qui requiert des moyens à la mer qui ne peuvent être mobilisés que par des acteurs professionnels.

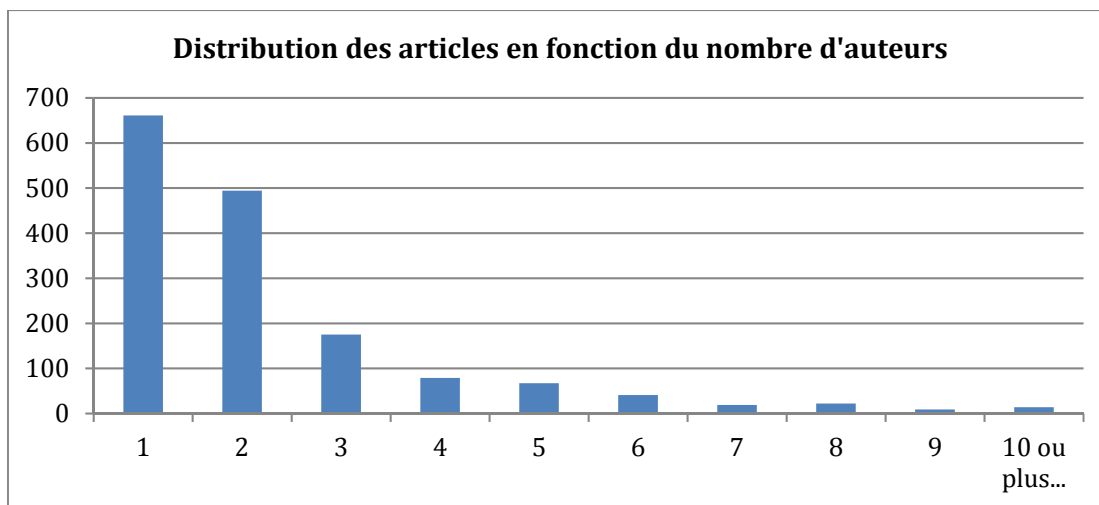
# **I - Partie 1 : Caractérisation de la communauté des auteurs qui valorisent les récoltes des campagnes TDSB**

## **Introduction**

Dans la continuité des analyses présentées au chapitre 2, cette section a pour but l'approfondissement des résultats déjà obtenus grâce à la méthode des réseaux bipartites. Il s'agit de découvrir qui sont les auteurs des publications associées au programme MUSORSTOM-TDSB, leur origine géographique, leurs liens avec les participants aux campagnes, leurs pratiques collectives les groupes taxonomiques privilégiés. On tentera également d'approfondir la description du rôle des chefs de mission à l'étape des publications. Enfin sera abordé le thème de l'apparition des données moléculaires dans la valorisation des campagnes et son lien avec les initiatives internationales récentes.

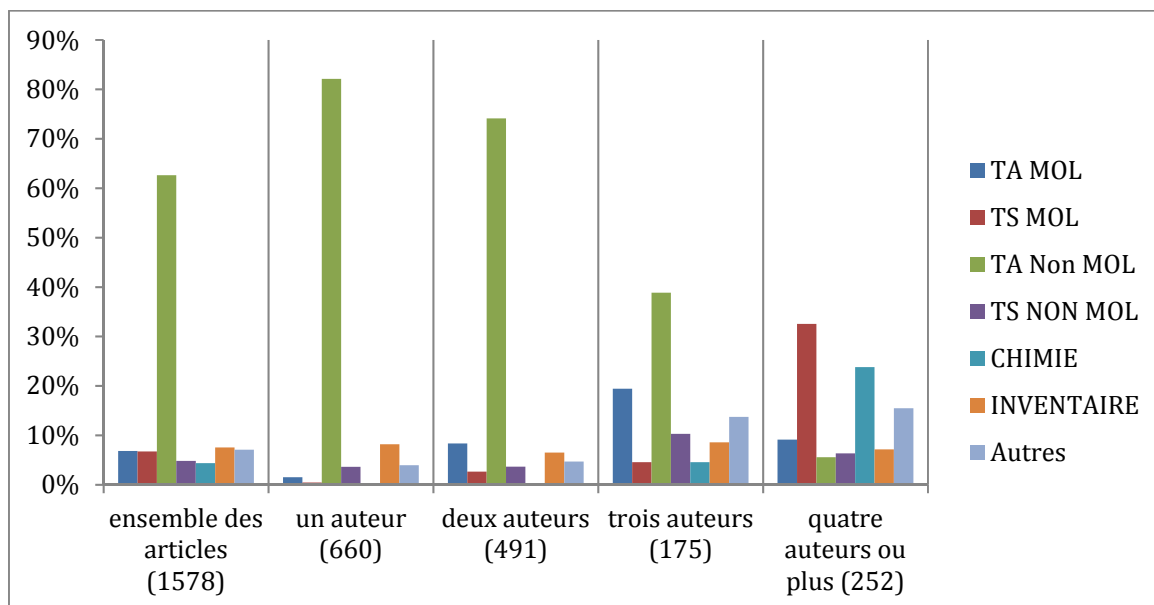
## **1 – Définition de la contrainte appliquée sur le jeu de données articles-auteurs pour l'analyse de la communauté des auteurs**

Le corpus de la littérature scientifique complet comporte 1579 articles et 1144 auteurs. La liste des références bibliographiques analysées dans ce chapitre et les catégories bibliométriques qui leurs sont associées est donnée dans l'annexe 1 du chapitre 3. La distribution du nombre d'auteurs par articles montre que 660 articles ont été écrits par un seul auteur (Figure ChapIII-1). Parmi les articles restant, la moitié sont signés par seulement deux auteurs.



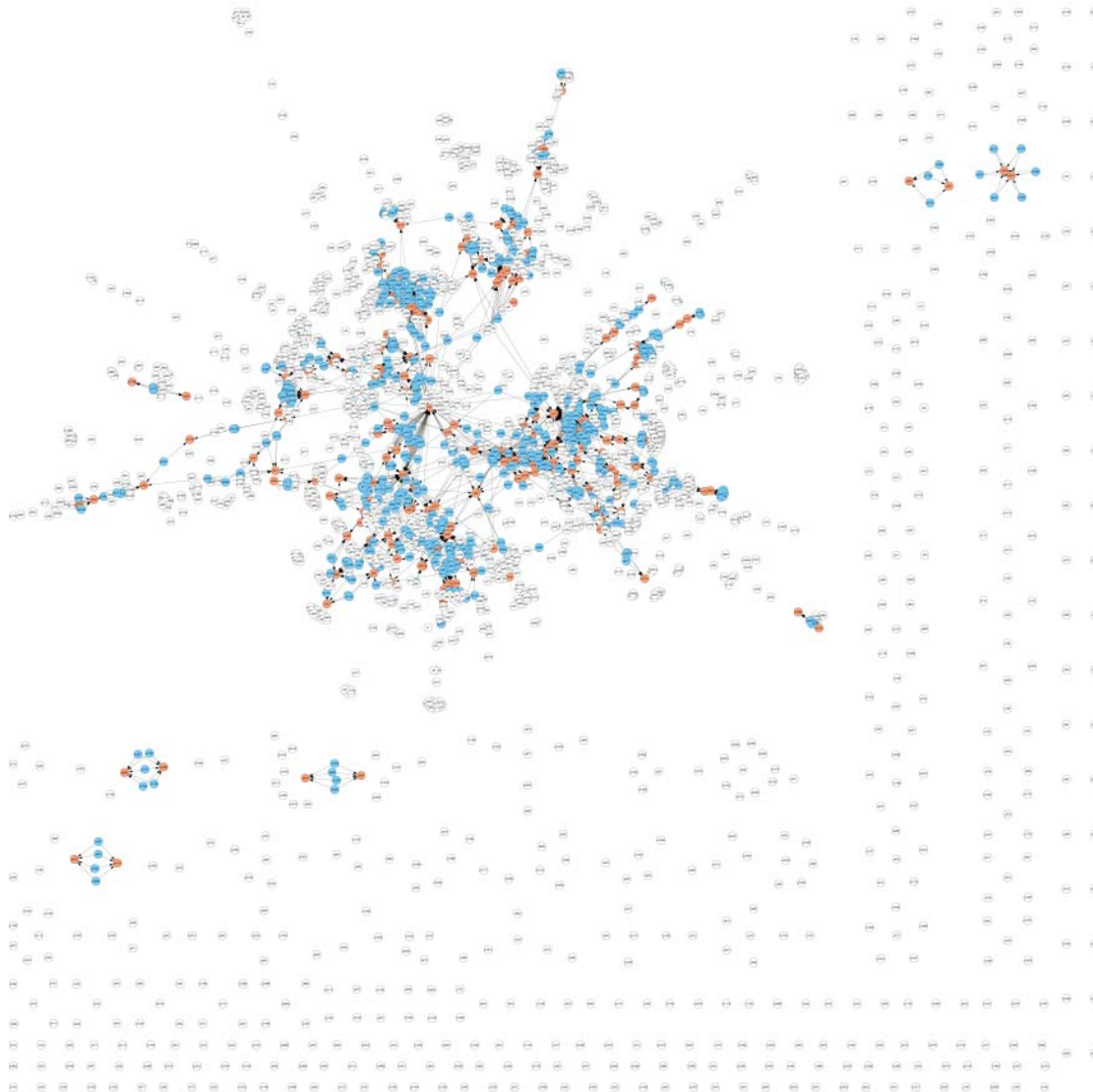
**Figure ChapIII-1** - Distribution du nombre d'articles en fonction du nombre des auteurs.

Ces articles à un seul auteur sont pour la plupart des articles de description d'espèces ou de révision taxonomique. Ils constituent une grande partie du jeu de données mais ne permettent pas de mettre en évidence les relations entre les chercheurs qui forment la communauté qui valorise les campagnes. La figure ChapIII-2 montre que la proportion des différentes catégories d'articles publiés par deux auteurs est relativement proche de celles des auteurs seuls. A l'inverse, les articles traitant de chimie ou utilisant des caractères moléculaires sont principalement publiés par quatre auteurs ou plus. Par conséquent, afin de couvrir au mieux toutes les catégories d'articles, la contrainte choisie sur le nombre d'auteurs par article pour étudier la structure de la communauté des auteurs est fixée à au moins deux auteurs. La contrainte sur le nombre d'articles par auteur a été fixée à trois articles afin d'éliminer les auteurs qui ne sont intervenus que marginalement dans la valorisation scientifique du programme.



**Figure ChapIII-2** - Distribution des articles selon les catégories définies dans le chapitre 2 pour la totalité des 1579 articles, puis en fonction du nombre d'auteurs.

La structure du graphe bipartite complet met en évidence une série d'auteurs et d'articles isolés en périphérie du graphe et un cœur plus dense. La figure ChapIII-3 présente l'ensemble des articles et des auteurs. Les satellites observés en périphérie du cœur dense correspondent à des auteurs qui publient essentiellement comme seul auteur. Cette activité correspond à l'activité de description taxonomique au cœur du programme et qui a déjà été analysée dans le chapitre 2. Les articles et les auteurs retenus dans le sous-graphe 2-3 sont indiqués sur la figure ChapIII-3 par des cercles de couleur (respectivement bleu et rouge) alors que les auteurs et articles exclus sont indiqués en blanc. Sur cette figure ne sont montrés que les liens retenus dans le sous-graphe 2-3



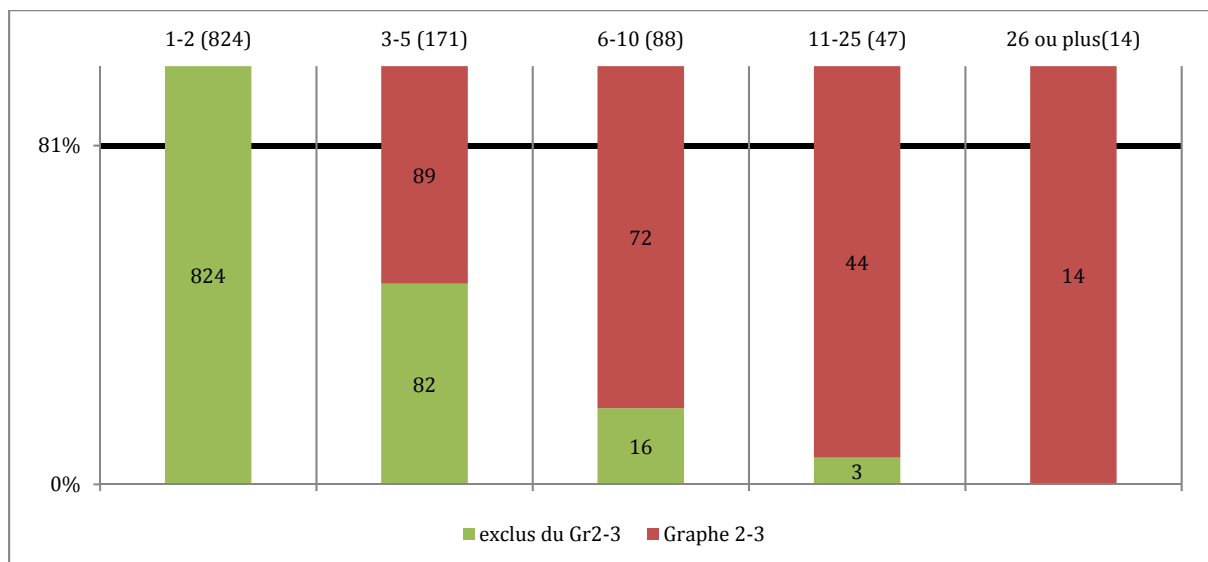
**Figure ChapIII-3** - Sous-graphe 2-3 dans l'ensemble des auteurs et des articles associés au programme TDSB. Les ronds colorés et les liens qui unissent les ronds entre eux désignent les articles signés par au moins 2 auteurs et dont les auteurs ont produit au moins trois articles. Les ronds blancs sont le reste des auteurs et des articles non inclus dans le sous-graphe 2-3.

Les articles exclus du graphe 2-3 sont les 660 articles à un seul auteur ainsi que 315 articles à plusieurs auteurs. Ces 315 articles correspondent soit à des articles d'auteurs qui publient beaucoup mais principalement seuls ou avec des co-auteurs qui ont peu participé à ce corpus bibliographique. Par exemple, Roger Bamber, spécialiste de Pycnogonides, est exclu du sous-graphe 2-3 alors qu'il a publié dix articles dont un seul avec Geoffrey Boxshall. Geoffrey Boxshall est un spécialiste des parasites des crustacés qui a participé à trois articles du corpus dont un comme auteur seul. Il est donc également exclu du sous-graphe 2-3. L'article qu'ils co-publient concerne un crustacé pércaride (ce qui n'est pas le domaine de spécialité de



Roger Bamber) et son parasite dont Geoffrey Boxshall est spécialiste. La réunion de ces deux auteurs est donc très contingente et s'explique probablement par la découverte fortuite d'une association remarquable dans les lots de pycnogonides que Roger Bamber a examinés. Ces auteurs, qui travaillent principalement de façon isolée, n'ont donc pas de rôle structurant sur la communauté des chercheurs. Un autre exemple d'auteur exclu du graphe 2-3 malgré une participation active à la valorisation des campagnes est le cas de Maria-Alexandra Bitner. En effet, cette spécialiste des brachiopodes est exclue du sous-graphe 2-3 alors qu'elle a publié 12 articles dont 3 avec plusieurs co-auteurs. Son exclusion du graphe 2-3 s'explique par le fait qu'elle n'a pas de co-auteur qui partage avec elle ces trois mêmes articles. Cette contrainte a donc tendance à exclure les taxonomistes spécialisés sur des groupes très particuliers (comme les pycnogonides ou les brachiopodes) et les articles qui partagent des co-auteurs qui ne publient pas régulièrement ensemble.

L'application de la contrainte 2-3 sur le graphe auteurs-articles conduit à réduire le jeu de données initial à 219 auteurs. L'histogramme de la figure 4 présente en vert la distribution du nombre d'articles par auteur. On constate que 72% des auteurs sont signataires d'un maximum de deux articles. Les 925 auteurs exclus de ce graphe sont des auteurs qui ont peu publié (824) ou qui ont uniquement (71) ou principalement (30) publié seul. Ces auteurs n'ont donc pas de rôle structurant dans la communauté des chercheurs impliqués dans les campagnes.

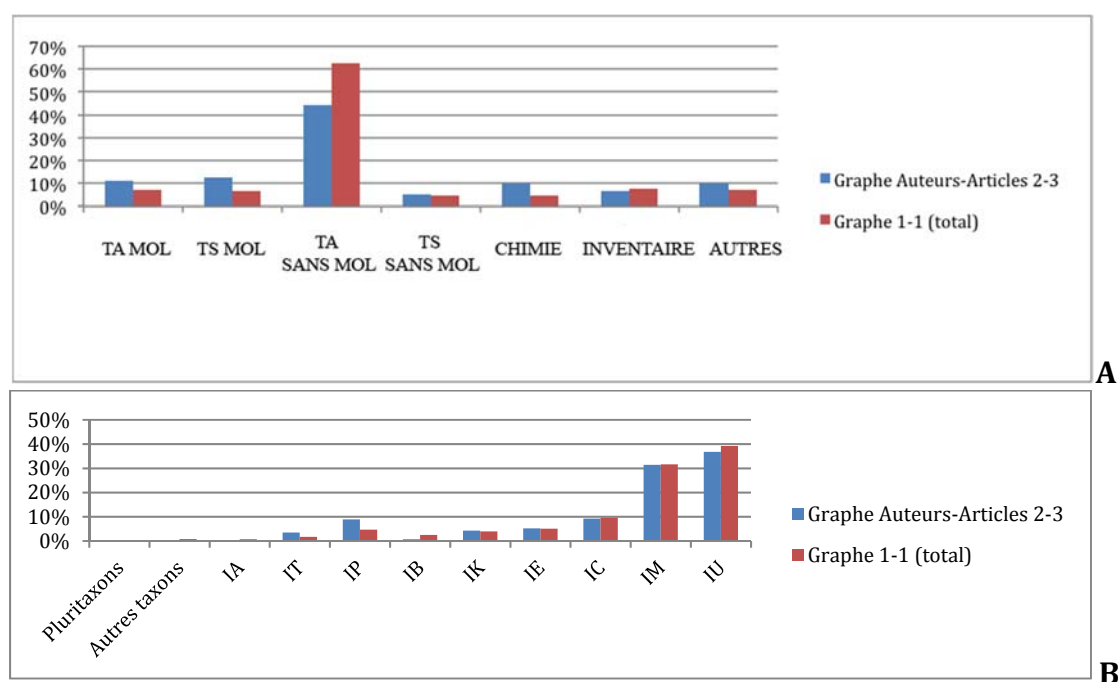


**Figure ChapIII-4** – Distribution des auteurs en fonction de leur nombre d'articles. Chaque barre du graphique correspond au nombre d'auteurs ayant respectivement 1 à 2, 3 à 5, 6 à 10, 11 à 25, 26 articles ou plus. Le nombre total d'auteurs pour chacune de ces classes est indiquées entre parenthèse dans la légende de l'axe horizontal. Le seuil de 81% correspond à la proportion des auteurs exclus du graphe 2-3.

## 2 - Analyse de la structure du sous-graphe 2-3

### 2.1 - De quoi traitent les articles du sous-graphe 2-3 ?

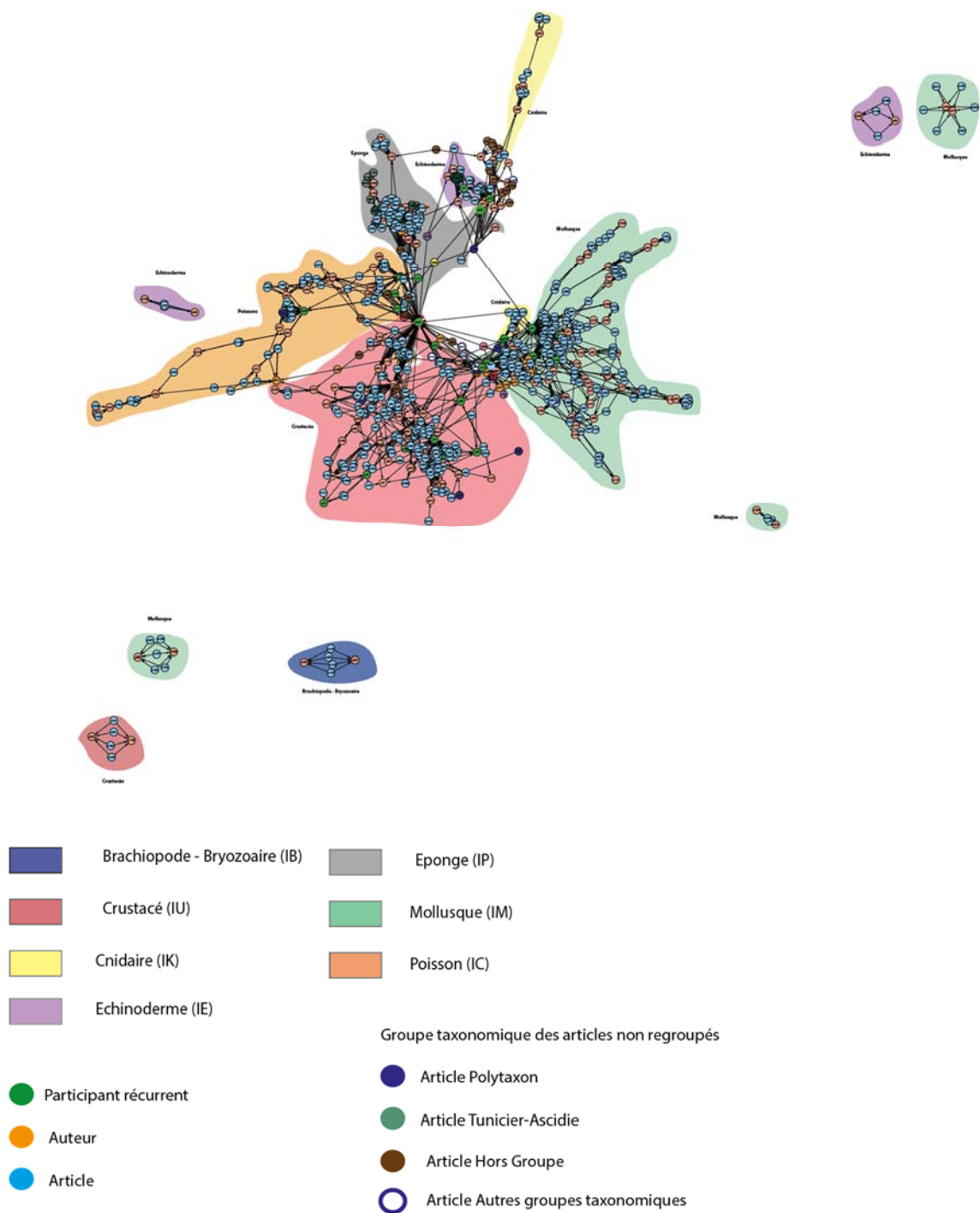
Le sous-graphe 2-3 permet de réduire le jeu de données à la production scientifique issue d'un travail entre des communautés de coauteurs puisqu'il exclut les articles écrits par un auteur seul. La distribution des thématiques des articles confirme que cette contrainte exclut une partie importante des articles de taxonomie incluant des descriptions ou des révisions de taxons (Figure ChapIII-5A). Les articles incluant des données moléculaires mais aussi les articles de chimie sont en revanche plus représentés que dans le jeu de données complet. Du point de vue taxonomique, la représentation plus élevée des articles concernant les éponges et les tuniciers s'explique par le lien déjà mis en évidence dans le chapitre 2 entre ces taxons et les articles traitant de la chimie (Figure ChapIII-5B).



**Figure ChapIII-5 – (A)** Distribution de la proportion d'articles des différentes catégories d'articles du graphe 2-3 relativement à celle du graphe 1-1. TA MOL : articles de taxonomie avec acte de nomenclature qui utilise des caractères moléculaires, TS MOL : articles de taxonomie sans acte de nomenclature qui utilisent des caractères moléculaires, TA SANS MOL : Articles de taxonomie avec acte de nomenclature qui n'utilisent pas de caractères moléculaires, TS SANS MOL : articles de taxonomie sans acte de nomenclature qui n'utilisent pas de caractères moléculaires. **(B)** Distribution de la proportion d'articles pour les différents groupes taxonomiques pour les articles du graphe 2-3 relativement à celle du graphe 1-1.

La projection de l'attribut taxonomique sur les articles du sous-graphe 2-3 met en évidence que le groupe taxonomique traité par les articles est un élément important de la structuration du sous-graphe. Des ensembles d'articles sont ainsi bien regroupés et structurés par rapport à un groupe taxonomique. Les articles qui traitent respectivement de Mollusques et de Crustacés, constituent chacun un unique grand ensemble auquel on peut associer un groupe bien identifiés d'auteurs (Figure ChapIII-6).

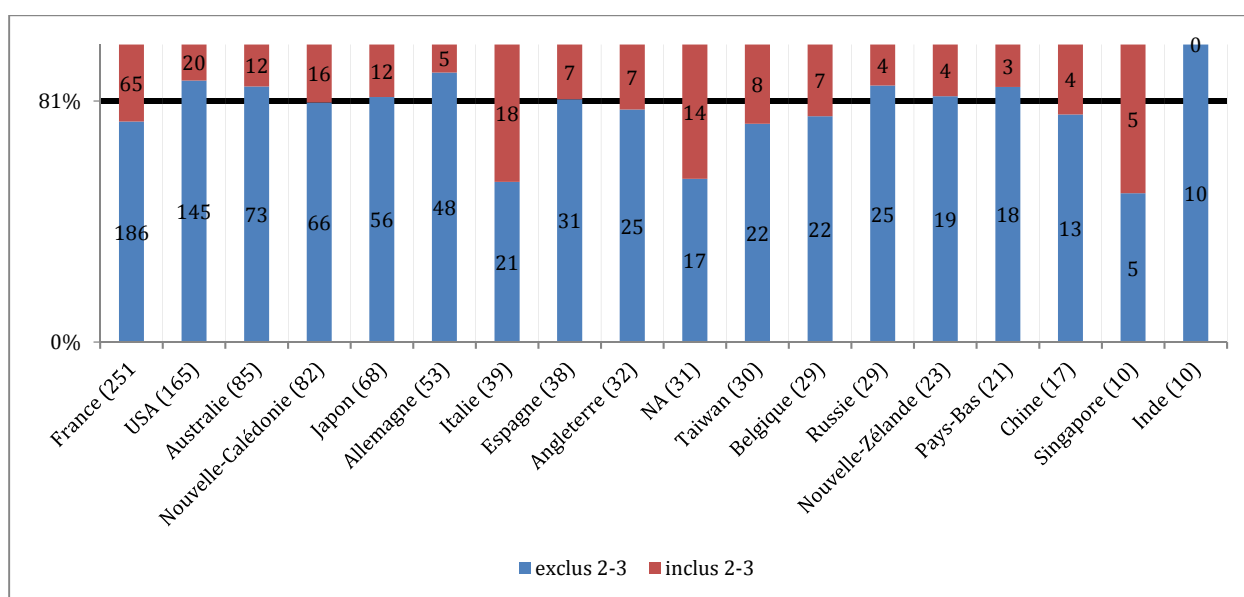
Les articles traitant de poissons et de cnidaires sont également bien structurés. Pour ces deux taxons, les articles et les auteurs se découpent en deux groupes. Les articles sur les échinodermes sont aussi bien délimités et structurés autour de quelques auteurs. On distingue ainsi trois petits groupes d'articles et d'auteurs traitant des échinodermes. Les articles qui portent sur les éponges sont structurés autour d'auteurs comme Cécile Debitus (P60) et correspondent principalement à des articles de chimie. Dans ce regroupement, on retrouve quelques articles sur d'autres taxons, ou traitant de plusieurs taxons qui sont également des articles de chimie. Les Tuniciers-Ascidies ont deux foyers plus ou moins denses : un plutôt lié à une des articles taxonomiques écrits par Claude et Françoise Monniot d'une part et un autre davantage lié aux articles de chimie et qui apparaissent mélangés avec les éponges (Figure ChapIII-6). Parmi les articles qui ne traitent pas des organismes on peut distinguer les articles de géologie regroupés autour Pierre Cotillon (P50), géologue rattaché au centre ORSTOM de Nouméa en Nouvelle-Calédonie.



**Figure ChapIII-6** - Caractérisation taxonomique de la production scientifique du graphe 2-3. Sur ce graphique, les participants récurrents des campagnes (mis en évidence par le graphique participant-campagne 3-3, chapitre 2, figure ChapII-18) sont colorés en verts. Les légendes des ronds figurent le rôle des auteurs qui ont participé de manière récurrente et des autres auteurs et des articles. Les articles non regroupés en fonction de leur groupe taxonomique sont indiqués par un rond coloré en fonction du groupe étudié. Une coloration globale taxonomique a été attribuée lorsque des groupes d'articles et d'auteurs en fonction des groupes taxonomiques.

## 2.2 - Qui sont les auteurs du graphe 2-3 ?

L'adresse associée à chaque nom d'auteurs a permis de leur attribuer un pays. Parmi les 1144 auteurs, 31 n'ont pas été rattachés à un pays et les autres sont associés à 59 pays différents. La communauté qui écrit les articles est donc très cosmopolite. Parmi les auteurs du graphe 2-3, on décompte 27 pays alors que pour les auteurs exclus par la contrainte 2-3, on en dénombre 58. Les pays pour lesquels plus de dix auteurs sont dénombrés sont à une exception près – l'Inde – représentés dans le sous-graphe 2-3. Le seul pays présent dans le graphe 2-3 mais absent dans les auteurs exclus par cette contrainte est la Papouasie-Nouvelle Guinée. La figure ChapIII-7 montre la distribution des auteurs attachés aux différents pays dans le graphe 2-3. Les auteurs exclus du graphe 2-3 représentent 81% des auteurs. On constate que certains pays comme la France, l'Italie ou Singapour sont mieux représentés dans le graphe 2-3 que parmi les auteurs qui n'y sont pas. Inversement des pays comme l'Australie ou les USA sont moins représentés dans le graphe 2-3.

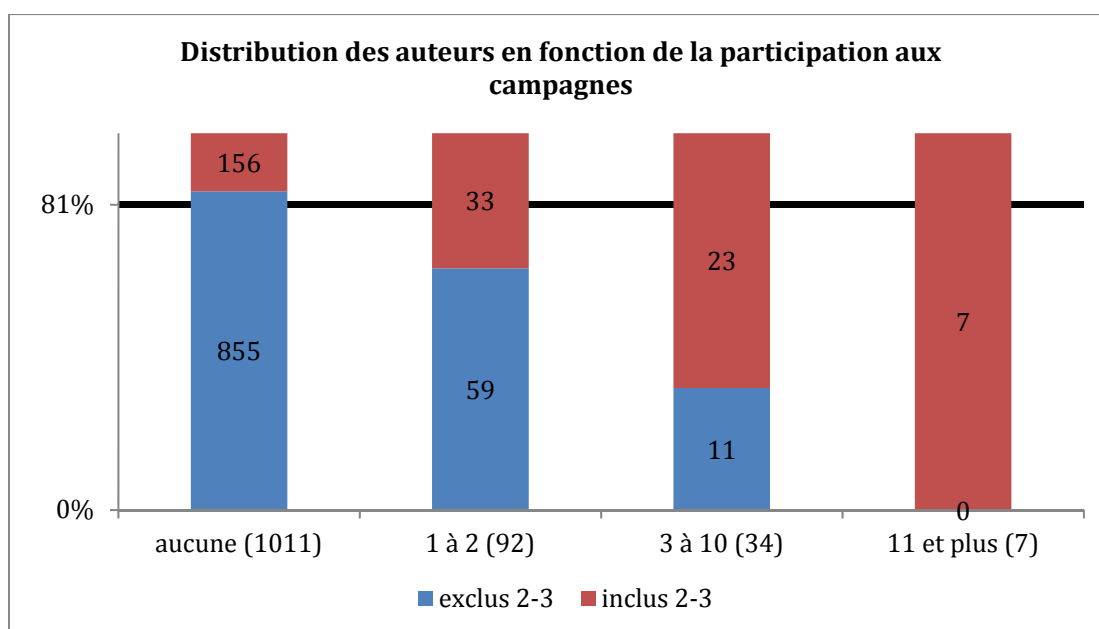


**La figure ChapIII-7** - Répartition du nombre d'auteurs par pays. Les pays sont classés sur l'axe horizontal en fonction du nombre d'auteurs (donné entre parenthèse). Pour chaque pays, la barre illustre la proportion des auteurs inclus (en rouge) ou exclus (en bleu) du graphe 2-3. Le seuil de 81% correspond à la proportion des auteurs exclus du graphe 2-3.

Comme cela a été le cas au chapitre 2, on peut évaluer la productivité des auteurs par le nombre d'articles qu'ils ont signé, ou bien par le nombre d'espèces qu'ils ont décrites. Les 219 auteurs du graphe 2-3 ont participé chacun en moyenne à plus de 10 articles alors que ceux qui en ont été exclus n'en ont produit en moyenne que 1,5. De même, le nombre moyen

d'espèces décrites par auteur du graphe 2-3 est de 2,5 contre 1,5 pour ceux qui en sont exclus. La proportion du nombre d'espèces décrites par article produit est de 0,25 pour les auteurs du graphe 2-3 alors qu'elle est proche de 1 pour les auteurs exclus du graphe 2-3.

La figure ChapIII-8 montre que les auteurs qui participent aux campagnes sont surreprésentés dans le graphe 2-3 par rapport au graphe complet. En effet, le graphe 2-3, qui correspond à 19% du nombre total d'auteurs, n'inclut que 15% des auteurs n'ayant participé à aucune campagne, 36% des auteurs ayant participé à 1 ou 2 campagnes, 68% des auteurs ayant participé de 3 à 10 campagnes et 100% des auteurs qui ont participé à au moins 11 campagnes.



**Figure ChapIII-8** - Répartition du nombre d'auteurs (donné entre parenthèses) en fonction du nombre de campagnes auxquels ils ont participé. Pour chaque classe, la barre illustre la proportion des auteurs inclus (en rouge) ou exclus (en bleu) du graphe 2-3. Le seuil de 81% correspond à la proportion des auteurs exclus du graphe 2-3.

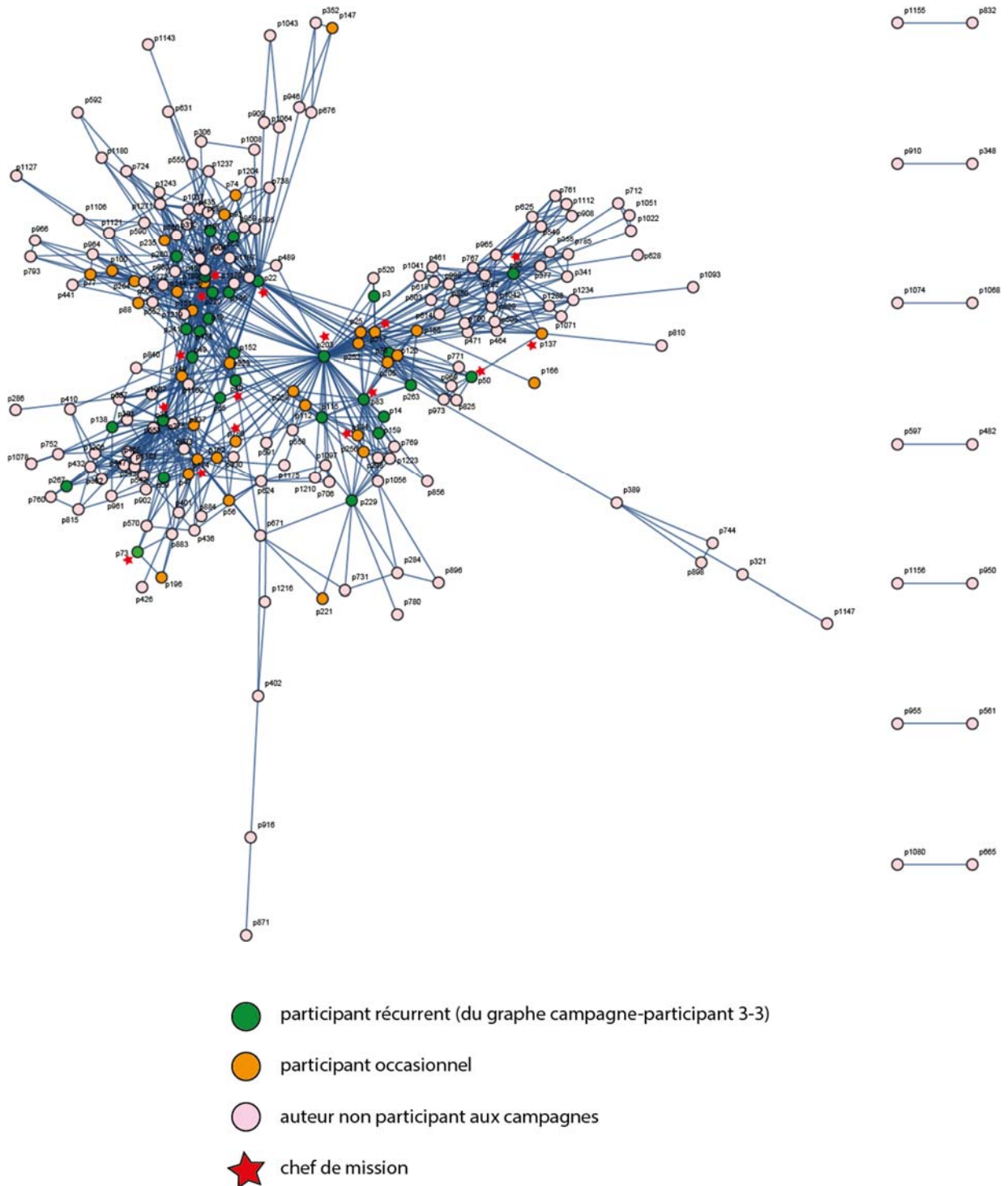
Parmi les 63 auteurs qui ont également participé aux campagnes, 29 font partie des 46 participants récurrents tels que définis dans le chapitre 3 (voir le graphe des participants aux campagnes réduit à la contrainte 3-3, Figure ChapII-18). Parmi les 23 chefs de missions de la période 1976-2016, 16 font partie du sous graphe 2-3 (dont les 10 retrouvés parmi les participants récurrents).

Le chapitre 2 a permis de mettre en évidence une relation positive, pour les chefs de mission récurrents, entre le nombre de campagnes et le nombre d'articles qu'ils produisent. Pour les autres participants récurrents, le lien entre le nombre de campagne et le nombre d'articles est

positif mais moins fort que pour les chefs de missions. De même, l'hypothèse selon laquelle les chefs de mission jouent un rôle important dans la diffusion et la valorisation du matériel récolté a été corroborée par le nombre d'articles qu'ils cosignent en dernière position.

Les analyses ci-dessous ont pour but de visualiser la position des participants récurrents et occasionnels aux campagnes ainsi que le rôle des chefs de mission au sein des auteurs du sous-graphe 2-3. Le graphe projeté auteur-auteur du sous-graphe 2-3 (Figure ChapIII-9) permet de visualiser les liens entre auteurs. Les auteurs qui partagent des articles sont, dans ce graphe projeté, reliés par un lien simple quel que soit le nombre d'articles qu'ils partagent. En revanche, la longueur des liens est inversement reliée au nombre d'articles partagés. Dans cette représentation, les auteurs qui se trouvent au centre d'une zone dense ont publié des articles avec une même communauté de co-auteurs. La liste des auteurs du sous-graphe 2-3, leur implication aux campagnes (nombre de campagnes et nombre de fois où la personne a été chef de mission) et le nombre d'articles produits est fournie dans l'annexe 2 du Chapitre 3.

Sur le graphe projeté des auteurs du graphe 2-3 (Figure ChapIII-9), on constate que les zones denses de ce réseau d'auteurs concentrent de nombreux participants aux campagnes, qu'ils soient récurrents ou occasionnels. Les chefs de missions sont pour la plupart au centre des zones denses. La périphérie du graphe comporte des auteurs qui n'ont jamais participé aux campagnes et quelques participants occasionnels. Au centre de ce réseau, apparaît Bertrand Richer de Forges qui totalise à la fois le plus grand nombre d'articles (110), le plus grand nombre de campagnes comme participant (49) et comme chef de mission (29). Sa position est rayonnante, il relie les trois zones denses du sous-graphe projeté. Parmi les articles que de Bertrand Richer de Forges, 44 font part de la catégorie « autres », qui regroupent notamment des articles de synthèse autour d'une ou plusieurs campagnes ou sur des données du programme. Parmi les 63 articles traitant d'organismes, 50 concernent les crustacés, les 13 restants se partagent à raison de 1 à 3 articles dans 6 autres groupes taxonomiques. Philippe Bouchet qui arrive en deuxième position sur le nombre de campagnes comme participant et comme chef de mission mais aussi en nombre d'articles. Il a une position différente de celle de Bertrand Richer de Forges. Il se situe dans une zone dense du graphe. Contrairement à Bertrand Richer de Forges, on ne comptabilise que 12 articles dans la catégorie « autres » et parmi les articles traitant des organismes, tous sauf deux traitent de mollusques.



**Figure ChapIII-9** - Graphe projeté des auteurs du sous-graphe 2-3. Les auteurs ont un lien entre eux si ils ont écrit au moins un article ensemble.

Comme Philippe Bouchet, Tin-Yam Chan, participant récurrent (11 campagnes) et chef de mission de 6 campagnes dans les eaux taiwanaises, apparait dans une zone dense du graphe qui correspond à des auteurs publiant principalement (voire uniquement) sur les



crustacés. Parmi ses 64 articles, 61 traitent de crustacés et 3 sont dans la catégorie « autres » et correspondent à des articles de synthèse sur des missions particulières (Biopapua, Panglao 2005) ou sur les données du programme TDSB sur les crustacés. Dans cette même zone, on distingue Peter K.L. Ng qui, bien que n'ayant participé à une seule campagne dont il a été chef de mission, a co-écrit 57 articles qui traitent tous (sauf un) de Crustacés. Contrairement à d'autres taxonomiste, cet auteur n'a quasiment aucune publication en auteur seul. Cet auteur a donc un rôle structurant parmi les taxonomistes des crustacés bien qu'il n'ait pas un rôle important dans l'organisation des campagnes ou dans la récolte au cours des campagnes.

Un autre noyau dense est visible autour de Cécile Debitus, chef de mission de six campagnes aux objectifs de chimie (campagnes SMIB). Elle collabore avec des auteurs qui produisent des articles en chimie majoritairement sur les éponges et les tuniciers-ascidies. La spécificité de ce réseau d'auteurs par rapport aux autres noyaux visibles sur ce graphe est qu'il ne concentre aucun autre participant aux campagnes.

Parmi les auteurs qui n'ont pas été chef de mission mais qui apparaissent en position centrale dans un réseau d'auteurs, on peut citer le cas de Bernard Séret. Ce spécialiste des requins, qui contribue à 30 articles du corpus TDSB, a participé à 4 campagnes mais n'a jamais été chef de mission. Tous les articles qu'il cosigne ont été classés dans le groupe taxonomique « poisson » et les 2/3 traitent de raies ou de requins. Cet auteur apparaît donc comme un taxonomiste qui, indépendamment de son implication sur le terrain, a un rôle structurant au sein d'une communauté d'auteurs travaillant sur un même taxon.

Parmi les chefs de mission et participants aux campagnes des débuts du programme, on peut comparer les positions de Jacques Forest et d'Alain Crosnier. Le premier, qui a participé à six campagnes dont trois en tant que chef de mission, est en périphérie du réseau 2-3. Parmi ses 17 articles, 9 traitent de crustacés et 4 font partie de la catégorie « autres » et correspondent à des comptes rendus de campagnes. Sa position en périphérie s'explique par le fait qu'il a signé comme auteur seul 12 de ses 17 articles. Alain Crosnier, participant de 10 campagnes mais jamais comme chef de mission, a une position plus centrale. Parmi ses 34 articles, un seul ne traite pas de crustacés et correspond au compte-rendu de la campagne KARUBAR. Il est le seul auteur de 22 de ses 34 articles.

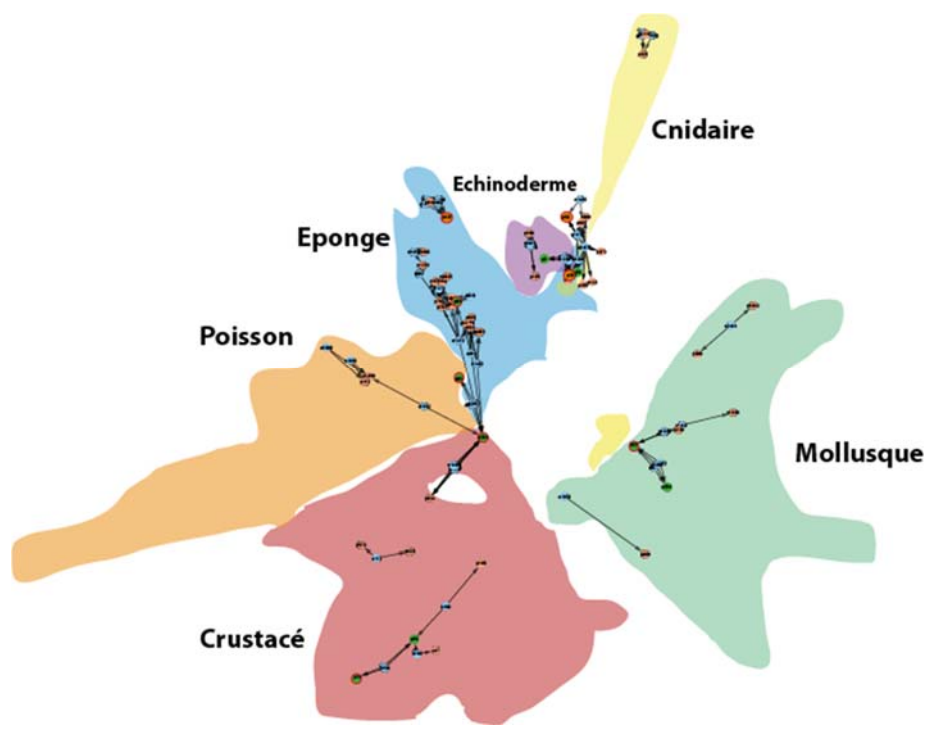
Parmi les participants et les chefs de mission de la seconde période, on peut comparer les cas de Sarah Samadi et Nicolas Puillandre, qui se placent dans la même zone dense, proche de Philippe Bouchet. On distingue un réseau dense autour de Sarah Samadi, chef de mission de

huit campagnes. Plus de la moitié des articles de Sarah Samadi inclus dans ce corpus traitent de mollusques, un quart des crustacés ; le quart restant se partage en quatre autres groupes taxonomiques ou dans la catégorie « autres ». Parmi les 34 articles de cet auteur, seulement 5, dont 3 dans la catégorie « autres », n'utilisent pas des caractères moléculaires. Proche de cet auteur, on distingue Nicolas Puillandre, chef de mission d'une seule campagne et participant à quatre campagnes. Parmi les 32 articles de Nicolas Puillandre, tous sauf 3 traitent de mollusques et tous sauf 1 utilise des caractères moléculaires. Ces deux auteurs n'ont aucune publication en auteur seul dans ce corpus. Le rôle structurant de Sarah Samadi dans le sous-réseau 2-3 s'explique par son rôle dans l'organisation des campagnes et dans son expertise sur l'analyse des données moléculaires. Le rôle de Nicolas Puillandre s'explique davantage par une double expertise taxonomique et dans l'analyse des données moléculaires que dans un rôle sur le terrain. Cette tendance pourrait changer avec le déroulé de sa carrière qui n'est encore que dans sa première phase. Nicolas Puillandre a en effet été chef de mission pour la première fois en 2016.

L'analyse de la production des auteurs du réseau 2-3 met en évidence différents portraits d'auteurs structurant. De façon cohérente, on trouve des auteurs qui sont des chefs de missions récurrents mais aussi des experts taxonomiques, parfois peu actifs sur le terrain, et pour la période récente, des experts de l'analyse des données moléculaires pas toujours fortement impliqués sur le terrain. Pour affiner l'évolution temporelle de ces auteurs et des thématiques des articles, la chronologie de l'apparition des différents auteurs dans ces réseaux permet de décortiquer la construction des liens entre les auteurs.

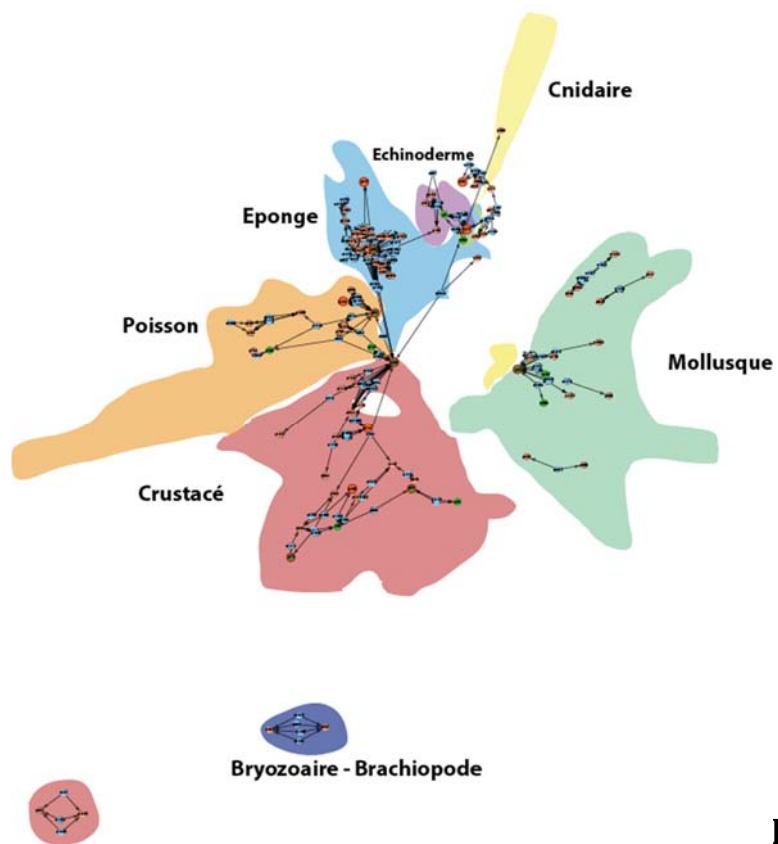
### **Structure temporelle du réseau 2-3**

Le réseau est représenté sur quatre tranches temporelles : (1) jusqu'en 1990, (2) entre 1991 et 2000, (3) entre 2001 et 2010 et (4) à partir de 2011. Pour chacune de ces tranches, les articles et les auteurs correspondants sont projetés sur la cartographie des taxons traités dans l'ensemble des articles du réseau 2-3 (figures ChapIII-10A, ChapIII-10B, ChapIII-10C et ChapIII-10D).



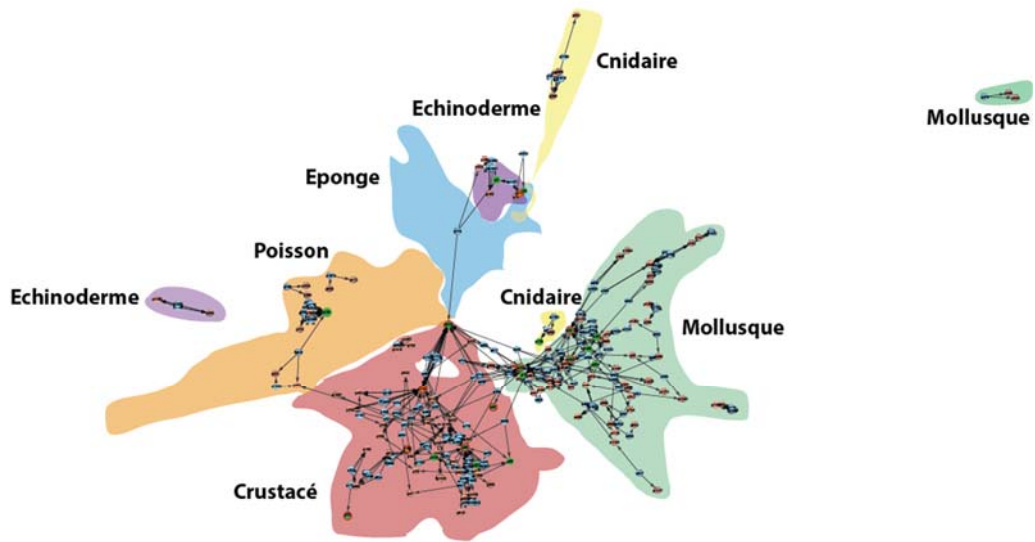
**A**

**Figure ChapIII-10A**



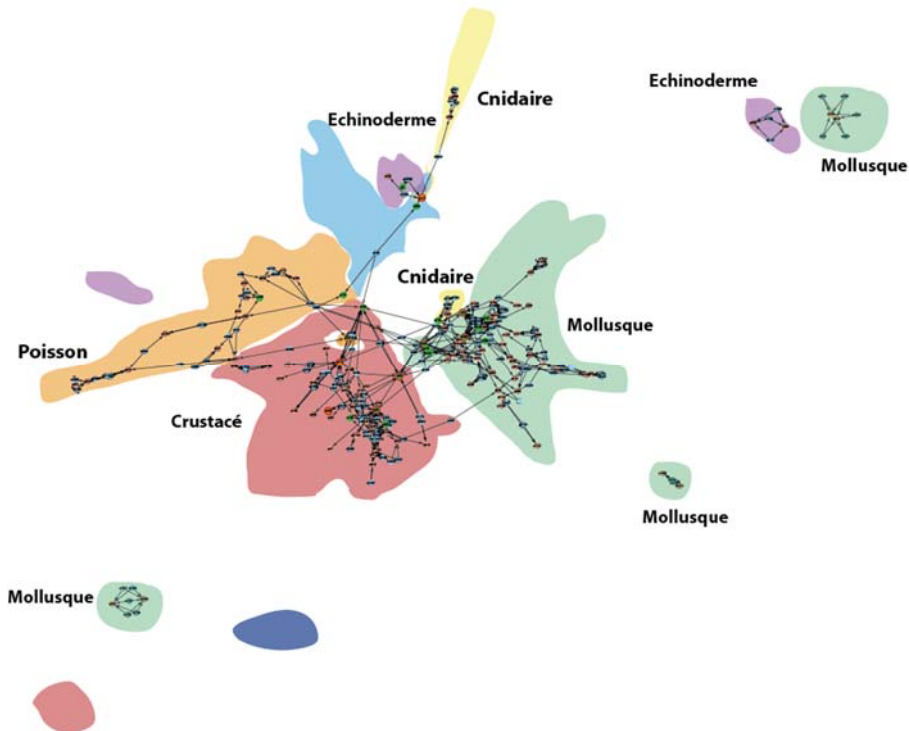
**B**

**Figure ChapIII-10B**



Crustacé

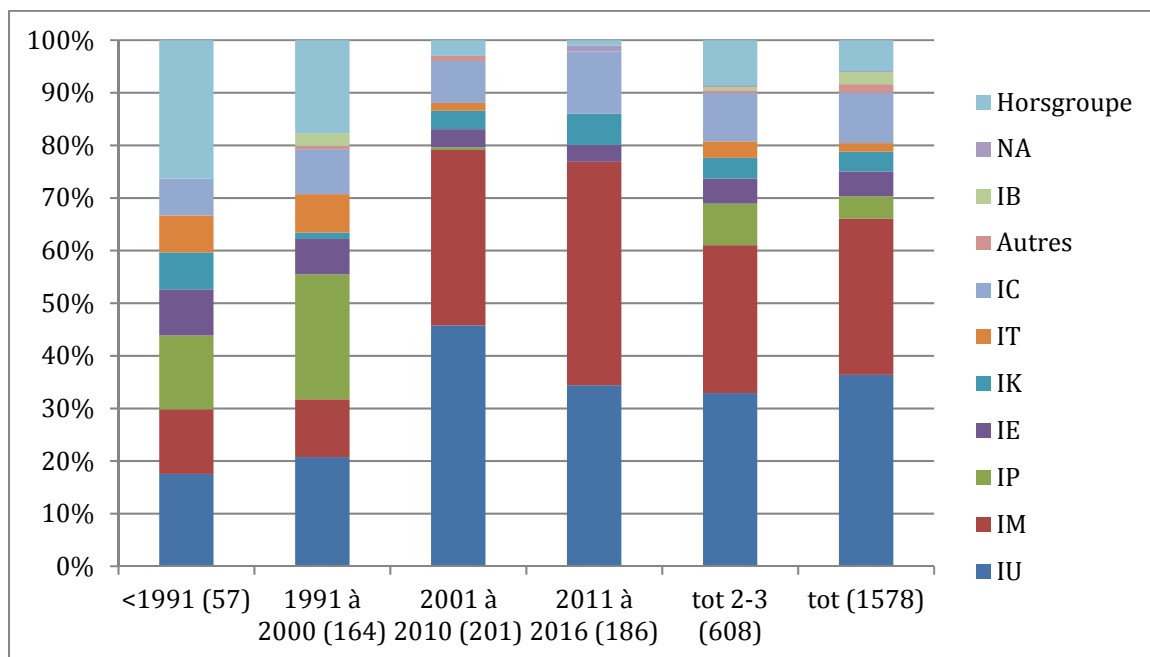
**Figure ChapIII-10C**



**Figure ChapIII-10D**

**Figure ChapIII-10** – Structuration des réseaux du sous-graphe 2-3 tous les 10 ans, depuis 1980, en fonction des groupes taxonomiques étudiés dans les articles produits et de la date de publication des articles. A : de 1980 à 1990, B : de 1991 à 2000, C : de 2001 à 2010, D : de 2011 à 2016. Le code couleur des groupes taxonomiques est le même que celui de la Figure ChapIII-6.

La figure ChapIII-11 illustre la distribution des articles de ces quatre périodes entre les différents groupes taxonomiques pour le graphe 2-3. Pour permettre de comparer ces distributions, il est figuré la distribution des articles de la totalité du sous-graphe 2-3 –toutes périodes confondues – et la distribution des articles sur la totalité du corpus bibliographique – notamment avec les auteurs seuls.



**Figure ChapIII-11** – Proportion des articles du sous-graphe 2-3 attribués aux différents groupes taxonomiques pour les quatre périodes, le sous graphe 2-3 sur la période complète et sur le jeu de données total. Le nombre d’article de chaque jeu de données est indiqué entre parenthèse sur la légende de l’axe horizontal.

Sur la première décennie (jusqu’en 1990), les auteurs publient 193 articles dont 57 sont inclus dans le graphe 2-3 (Figure ChapIII-10A). Parmi ces 57 articles, 10 sont dans la catégorie « hors groupe taxonomique » et correspondent principalement à des comptes rendus de campagne et des articles de synthèses sur différents compartiments de la faune de Nouvelle-Calédonie. Les 47 autres concernent 7 groupes taxonomiques (Figure ChapIII-11). Parmi ces articles, 7 concernent des articles sur les substances naturelles des éponges, des tuniciers et des échinodermes dont seulement deux ont Cécile Debitus comme co-auteur. Bertrand Richer de Forges publie sur cette période 24 articles dont 19 font partie du graphe 2-3. Parmi ces 19 articles, 14 peuvent être associés à son rôle de chef de mission (articles de chimie, comptes

rendus de campagnes, synthèses sur des compartiments de la faune de Nouvelle-Calédonie autres que les crustacés décapodes). Parmi les 60 articles traitant de crustacés pour cette période, seulement 10 font partie du graphe 2-3. Parmi ces 60 articles, 45 sont en effet signés par un auteur seul, ce qui ne permet pas de mettre en évidence de structuration de cette communauté d'auteurs. On peut noter que parmi les 10 retenus pour les crustacés dans le graphe 2-3 pour cette première période, 7 sont cosignés par deux chefs de missions (Bertrand Richer de Forges et Jacques Forest).

Pendant cette même période, 48 articles sont publiés sur les mollusques, dont 7 sont retenus dans le sous-graphe 2-3. Philippe Bouchet, qui n'a pas encore été chef de mission à cette période, cosigne 5 de ces 7 articles, les 5 autres articles qu'il signe pendant cette même période concernent exclusivement les mollusques. De même que pour les crustacés, la grande majorité des articles sur les mollusques de cette période ne sont signés que par un seul auteur (34/48), ce qui ne permet pas de visualiser la structuration de la communauté des auteurs.

Entre 1991 et 2000, 134 des 420 articles de la période sont retenus dans le graphe 2-3 (Figure ChapIII-10B). La distribution des articles par groupe taxonomique est proche de celle de la période précédente. On notera néanmoins une proportion importante d'articles qui concernent les éponges et l'apparition du groupe Brachiopodes-Bryozoaires correspondant à deux d'auteurs (Jean-Lou D'Hont et Denis Gordon) qui publient ensemble une série de quatre articles sur les Bryozoaires. Pour cette période, 55 des 59 articles traitant de chimie sont retenus dans le graphe 2-3 dont 38 concernent les éponges. Cécile Debitus est co-auteur de 48 de ces 55 articles, ce qui correspond à la dynamique des campagnes SMIB dont elle a été le principal chef de mission pendant cette même période. Les participants récurrents des campagnes sont principalement des auteurs qui publient sur les poissons et les crustacés. Les publications de Bertrand Richer de Forges retenues dans le sous-graphe 2-3 pour cette période se divisent en 17 publications « hors groupes », 12 publications sur les crustacés et 3 articles sur d'autres taxons (dont deux sur la chimie des substances naturelles). Philippe Bouchet comptabilise dans ce sous-graphe 2-3 pour la période 1991-2000, 16 articles dont 5 « hors groupes » et 11 sur les mollusques. Ces cinq publications hors groupes correspondent à des comptes rendus de campagne et annoncent le rôle de chef de mission de Philippe Bouchet à partir des années 2000. Au cours de cette période, la communauté d'auteurs qui co-publient sur les crustacés s'étend plus que celle autour des mollusques, avec notamment l'apparition d'auteurs comme Peter Ng, Tin-Yam Chan ou Enrique Macpherson.

Entre 2001 et 2010, sur les 562 articles publiés, 201 sont retenus dans le graphe 2-3 (Figure ChapIII-10C). La distribution des articles dans les groupes taxonomiques change, avec une absence notable d'articles traitant d'éponges mais aussi de chimie. Dans le graphe 2-3, les articles qui concernent les crustacés dominent le corpus et se structurent autour de quelques auteurs très productifs (Peter Ng, Tin-Yam Chan, Enrique Macpherson, Bertrand Richer de Forges...). Pendant cette période, la communauté qui co-publie autour des mollusques s'étend autour de Philippe Bouchet mais aussi autour de Sarah Samadi et Nicolas Puillandre, avec les articles utilisant les caractères moléculaires. Un nouveau groupe d'auteurs qui co-publient sur les cnidaires apparaît à proximité du groupe publiant sur les mollusques. La proximité entre les mollusques et les cnidaires sur le graphe s'explique par des articles co-signés par Eric Pante et Sarah Samadi. Pour cette période, le graphe 2-3 inclut un plus grand nombre d'auteurs d'articles sur les mollusques, qui sont également des participants récurrents aux campagnes. Au cours de cette période, apparaissent de façon massive (49) des articles traitant de caractères moléculaires, qui étaient totalement absent du graphe 2-3 pour les périodes antérieures.

Sur les 402 articles du corpus publiés à partir de 2011, 186 font partie du graphe 2-3 (Figure ChapIII-10D). L'importance des mollusques se confirme, de même que la proportion d'articles sur les cnidaires continue de s'accroître. Les publications sur les poissons augmentent en nombre avec une plus grande importance des auteurs taiwanais. Plus aucun article de chimie n'est publié. Sur le terrain, les co-auteurs d'articles sur les mollusques sont très présents alors que la participation des co-auteurs d'articles sur les crustacés décroît. Deux co-auteurs sur les cnidaires figurent parmi les participants récurrents aux campagnes. L'importance de l'utilisation des caractères moléculaires se confirme avec près de la moitié (94) des articles du graphe 2-3 pour cette période.

La structure temporelle du graphe 2-3 reflète l'évolution des campagnes décrites dans le chapitre 2. La première période (avant 2000) comporte des campagnes d'exploration faunistique mais aussi des campagnes d'exploration de chimie des substances naturelles et d'halieutique alors que la seconde période se concentre sur l'exploration faunistique, principalement sur les mollusques et les crustacés. Le graphe 2-3 met également en évidence l'organisation de la communauté des chercheurs autour des chefs de missions et de quelques animateurs, ainsi qu'autour de l'utilisation des caractères moléculaires.

## **Conclusion de la Partie 1 – Place des données moléculaires dans la valorisation des récoltes des campagnes TDSB**

L'analyse du cœur dense du réseau bipartite auteurs-articles a mis en évidence le rôle structurant des chefs de mission, mais aussi celui d'experts de taxons particuliers, ainsi que d'experts de l'analyse des caractères moléculaires. Les données moléculaires ont pris de l'importance dans le corpus TDSB à partir des années 2000. L'usage des caractères moléculaires est l'effet de la dynamique insufflée au niveau international par le projet Barcode of Life lancé par Paul Hebert et ses collaborateurs en 2003 (Hebert et al. 2003). L'objectif initial de ce programme était d'accélérer l'identification taxonomique en construisant une base de données de référence pour un même marqueur génétique pour toutes les espèces. Cet outil visait à fournir un outil de diagnostic rapide permettant d'attribuer facilement des spécimens mais aussi des fragments (tissus, sang, plumes, etc...) ou des restes (fèces, contenus stomachaux, etc ...) à des espèces connues. Un des objectifs visés par ce projet est de permettre à un non-taxonomiste, grâce à ce code barre moléculaire, d'identifier une espèce si elle est déjà connue, mais aussi, éventuellement, de révéler des espèces jusqu'alors inconnues (Hebert et Gregory 2005). Au vu de la faible proportion des espèces connues par rapport à celles restant à découvrir, l'usage de cet outil dans la délimitation et la description des espèces a fait l'objet d'intenses discussions puisqu'il apparaît comme une arme pour diminuer le temps de description des espèces dans le contexte de la crise de la biodiversité. Comme l'écologue Robert May l'indique en 2004, les séquences ADN permettent de déterminer si une espèce est nouvelle ou non, et *a minima* de la situer dans un arbre phylogénétique.

Over the next decade or so advances in molecular biology accompanied by appropriate technologies will, I believe, provide us with widgets such that we can put a piece of a newly collected specimen into them, have appropriate bits of DNA sequenced, and then have the machine give us information about whether this species is indeed new to us (and, if so, where it belongs at least on a molecular phylogeny). (May 2004)

L'ouverture du programme Barcode of Life vers les problématiques de la taxonomie est discutée dans un article publié par Hebert et Gregory en 2005 dans les termes suivants :

There is an important distinction between “describing” and “delimiting” species, but a conflation of the two has created uneasiness about the use of DNA barcodes as the foundation of future taxonomic descriptions. We emphasize that DNA barcoding seeks merely to aid in



*delimiting* species—to highlight genetically distinct groups exhibiting levels of sequence divergence suggestive of species status. By contrast, DNA barcodes—by themselves—are never sufficient to *describe* new species. (Hebert et Gregory 2005)

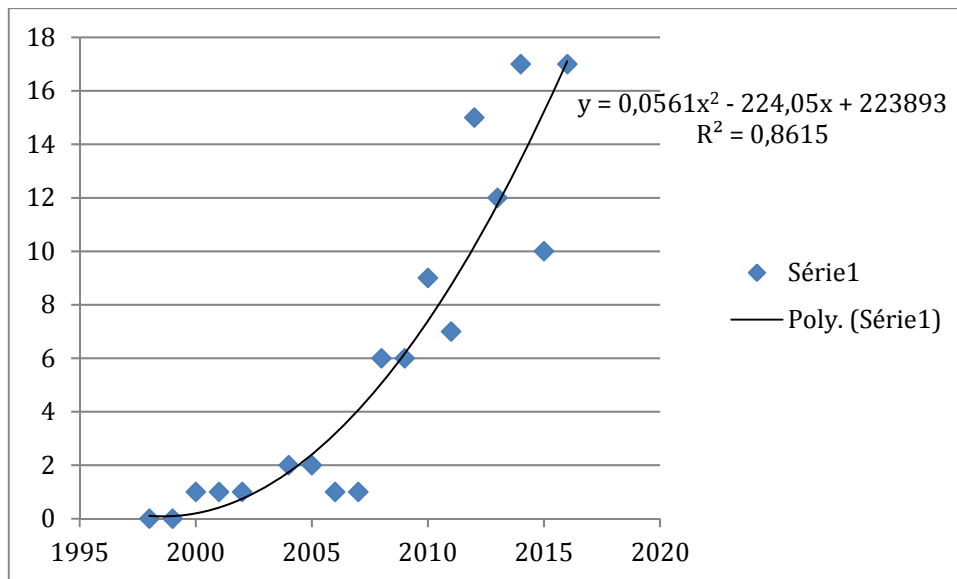
Cette citation rappelle que la taxonomie comporte deux phases distinctes : celle de la délimitation des taxons et celle de leur description sous un nom selon les règles de la nomenclature biologique. Ces deux phases sont imbriquées, ce qui est source de difficultés, comme souligné par exemple dans l'article de (Dayrat et Gosliner 2005). Dans cet article, les auteurs illustrent cette imbrication avec l'exemple de la famille des Discodorididae dont le manque de résolution phylogénétique rend difficile l'application des règles de nomenclature. Les caractères moléculaires permettent ainsi de révéler des espèces qui n'avaient pu être mises en évidence avec des caractères anatomo-morphologiques ou, *a contrario*, d'invalider des hypothèses d'espèces. C'est le cas, par exemple, pour les espèces cryptiques non distinguables grâce aux caractères classiquement utilisées, ou les espèces dont le dimorphisme sexuel amènerait à considérer plusieurs espèces au lieu d'une seule, ou encore les espèces difficilement caractérisables sur la base de caractères anatomo-morphologique (Janzen et al. 2005). Certains auteurs ont estimé que la généralisation de l'usage des approches moléculaires permettrait d'augmenter le nombre d'espèces connues de plusieurs ordres de magnitude (Sogin et al. 2006; Rusch et al. 2007).

Pour réaliser l'objectif du projet de Barcoding of Life, les barcodes ADN et les taxons qu'ils caractérisent doivent être intégrés dans des bases de données accessibles. A partir des années 2000, différentes bases de données ont été mises en place pour collecter et organiser les données sur la biodiversité et les rendre accessibles. En ce qui concerne le milieu marin, le projet Census of Marine Life (CoML), initiative internationale lancée entre 2000 et 2010, a eu pour objectif de compiler la liste des noms d'espèces marines connues - et leur distribution géographique – et de développer les outils bioinformatiques nécessaires pour rendre accessibles ces données dans les différentes bases de données. C'est dans ce contexte global de mise en commun des données sur la biodiversité que s'inscrit le projet de Barcoding of Life. La compilation et la mise en commun des connaissances taxonomiques (depuis les noms d'espèces connues jusqu'à leurs occurrences et leurs barcodes) nécessite la mise en place de chaîne de production des données – et donc la définition d'informations standardisées et de protocoles communs - pour intégrer ces données dans ces différentes bases de données et les rendre accessibles.

Marine Barcode of Life (MarBol) est une initiative lancée entre 2008 et 2010 pour accompagner la chaîne de production des barcodes ADN des espèces marines connues depuis l'extraction d'ADN jusqu'à l'intégration des barcodes ADN dans la base de données BOLD (Barcode of Life Datasystems). MarBol est une initiative qui, dans le cadre d'un soutien financier de la Fondation Sloan, a impliqué des équipes de recherche de trois muséums d'histoire naturelle (Paris, Brisbane en Australie et Floride aux Etats-Unis) et de deux universités (au Canada et aux Etats-Unis). Philippe Bouchet et Sarah Samadi ont été les porteurs de projet du MNHN de Paris de l'initiative MarBol. Les collections des Crustacés et des Mollusques marins du MNHN de Paris ont ainsi fait partie des collections « pilotes » à partir desquelles des protocoles ont été mis en place pour valider des pratiques de terrain (depuis la conservation du spécimen et l'extraction des tissus) et le processus d'intégration des informations sur les spécimens et des barcodes ADN dans la base de données BOLD. L'essentiel des collections concernées dans ce projet provenait des campagnes du programme TDSB. Les articles de taxonomie réunis dans le cadre de cette thèse permettent donc de percevoir l'influence de mouvement international comme le projet Marine Barcode of life et d'évaluer son incidence dans les pratiques de la taxonomie, depuis le terrain jusqu'à la production des connaissances. L'analyse des articles de descriptions d'espèces du programme TDSB permet notamment de préciser l'évolution de la place des séquences ADN dans les descriptions d'espèce et ainsi d'appréhender concrètement les changements qu'implique cette nouvelle technique dans la pratique naturaliste.

C'est la raison pour laquelle nous nous tournons à présent vers la proportion, dans notre corpus, des descriptions qui utilisent des séquences moléculaires en plus de caractères classiques pour décrire une espèce afin de mieux connaître son évolution en fonction des différents groupes taxonomiques.

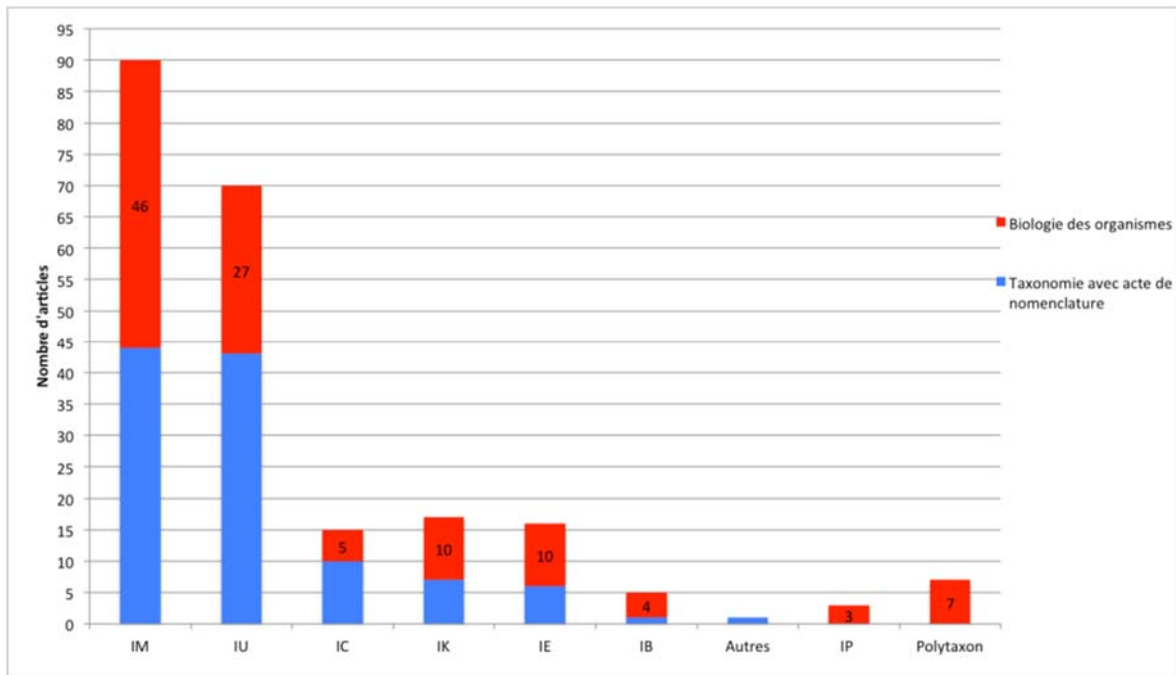
Les articles utilisant des données moléculaires apparaissent dans le corpus MUSORSTOM-TDSB dès la fin des années 1990. La croissance du nombre d'articles utilisant des marqueurs moléculaires publiés chaque année connaît à partir de cette période une croissance polynomiale d'ordre 2 (Figure ChapIII-12).



**Figure ChapIII-12** – Croissance du nombre d’articles de taxonomie ou d’inventaire qui utilisent des caractères moléculaires.

Ce n’est cependant qu’à partir de 2001 que l’on voit apparaître, dans les taxons décrits à partir de matériel issu des campagnes TDSB, l’utilisation de caractères moléculaires. Cette transformation a donc lieu avant le démarrage du consortium international « Barcode of Life » en 2004 et avant l’investissement de Philippe Bouchet et Sarah Samadi en 2008 dans le projet MARBOL.

La distribution des articles utilisant des caractères moléculaires par taxon, en distinguant le nombre d’articles incluant la description de nouveaux taxons des autres, montre que pour tous les taxons sauf les mollusques, crustacés et poissons, les articles utilisant des caractères moléculaires sont moins souvent associés à des descriptions de nouveaux taxons (Figure ChapIII-13).

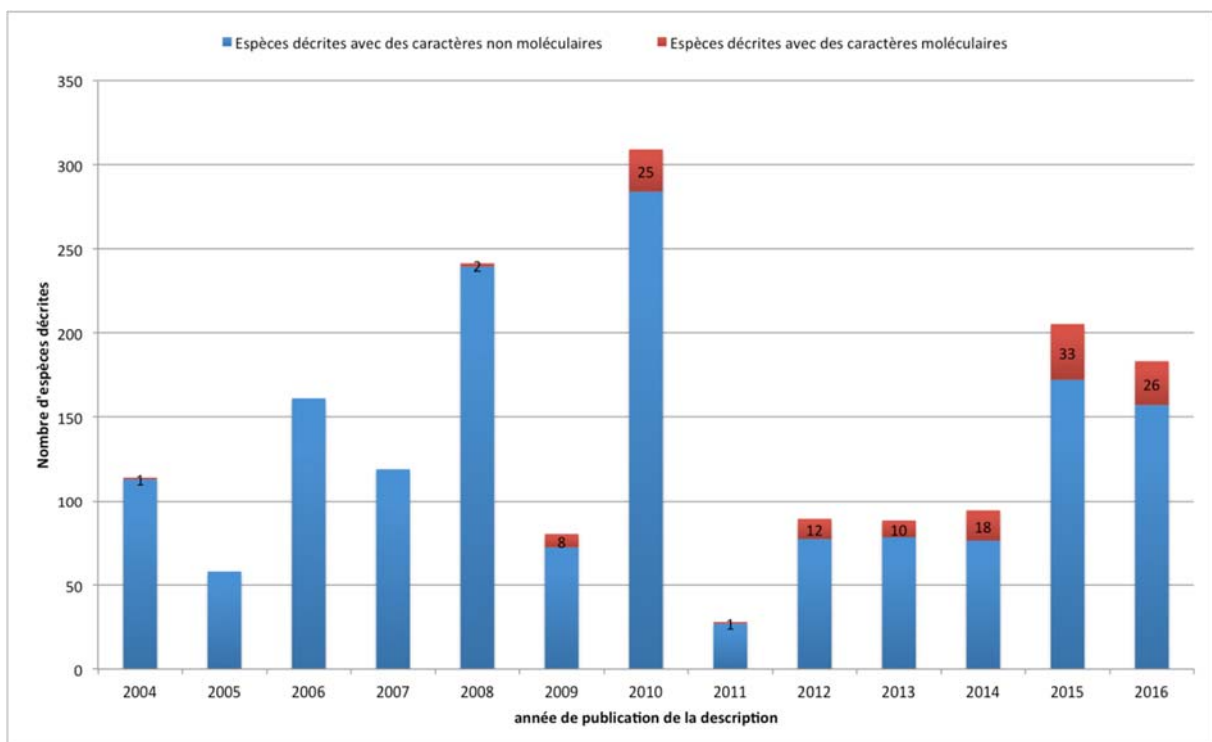


**Figure ChapIII-13** – Nombre d’articles qui utilisent des caractères moléculaires en fonction du groupe taxonomique et de l’approche des articles. En bleu est figuré le nombre d’articles de taxonomie avec acte de nomenclature (révision taxonomique – synonymie, description de taxons (espèce ou autres)), en rouge le nombre d’articles qui traitent de biologie des organismes comme les articles de classification phylogénétique ou les inventaires. A part pour 2 articles de brachiopodes-bryozoaires (IB), tous ces articles ont été publiés à partir de l’année 2000.

Le fait qu’une partie importante des articles qui utilisent des caractères moléculaires n’incluent pas de description de nouveaux taxons suggère que les auteurs des descriptions ne sont pas le plus souvent des experts des caractères moléculaires. En appui à cette hypothèse, l’examen des articles décrivant des espèces en se fondant sur des caractères moléculaires montre que dans bien des cas, les séquences ADN n’ont pas été produites par les auteurs des descriptions mais sont interprétées par référence à des analyse antérieures (disponibles dans des articles ou des thèses) qui ont permis de mettre en évidence les taxons à nommer. On peut par exemple citer l’article de Suzanne Williams et collaborateurs en 2013 sur les Solariellidae, dans lequel un grand nombre de spécimens issus des campagnes TDSB sont examinés avec des marqueurs moléculaires. Dans cet article les auteurs, mettent en évidence la présence de nouvelles espèces dont les descriptions sont publiées ultérieurement dans deux articles (Vilvens et al 2014 et Vilvens & Williams 2016).

Le graphe suivant présente l’évolution de l’utilisation des caractères moléculaires dans les descriptions d’espèces à partir de 2004. La proportion de ces descriptions à cette date est

encore très marginale et, contrairement au nombre d'articles utilisant des caractères moléculaires, le nombre d'espèces décrites avec des caractères moléculaires augmente après cette date de façon saccadée et pas aussi rapidement que le nombre de descriptions d'espèces d'après des caractères non moléculaires (Figure ChapIII-14). C'est à partir de 2010 que le nombre des descriptions d'espèce qui utilisent des séquences moléculaires augmente plus rapidement. Sur la période comprise entre 2004 et 2016, moins de 10% des descriptions d'espèces incluent des séquences d'ADN dans les caractères sur lesquelles elles s'appuient.



**Figure ChapIII-14** – Histogramme du nombre d'espèces décrites – tout groupe taxonomique confondu – en fonction de l'année de publication de la description de l'espèce. Les espèces sont réparties entre celles qui sont décrites d'après des caractères non moléculaire (en bleu) et celles qui sont décrites aussi avec des caractères moléculaires (en rouge).

L'histogramme suivant (Figure ChapIII-15) montre que les descriptions d'espèces qui s'appuient sur des caractères moléculaires évoluent différemment selon les groupes taxonomiques. L'augmentation que l'on constate à partir de 2010 correspond principalement à des descriptions d'espèces dans les groupes des mollusques et des crustacés. Les descriptions d'espèces de poissons qui utilisent des séquences moléculaires apparaissent dès 2008 mais stagnent jusqu'à 2016. Depuis 2014, on observe cependant des descriptions pour une plus grande variété de groupes taxonomiques même si elles restent encore très marginales.

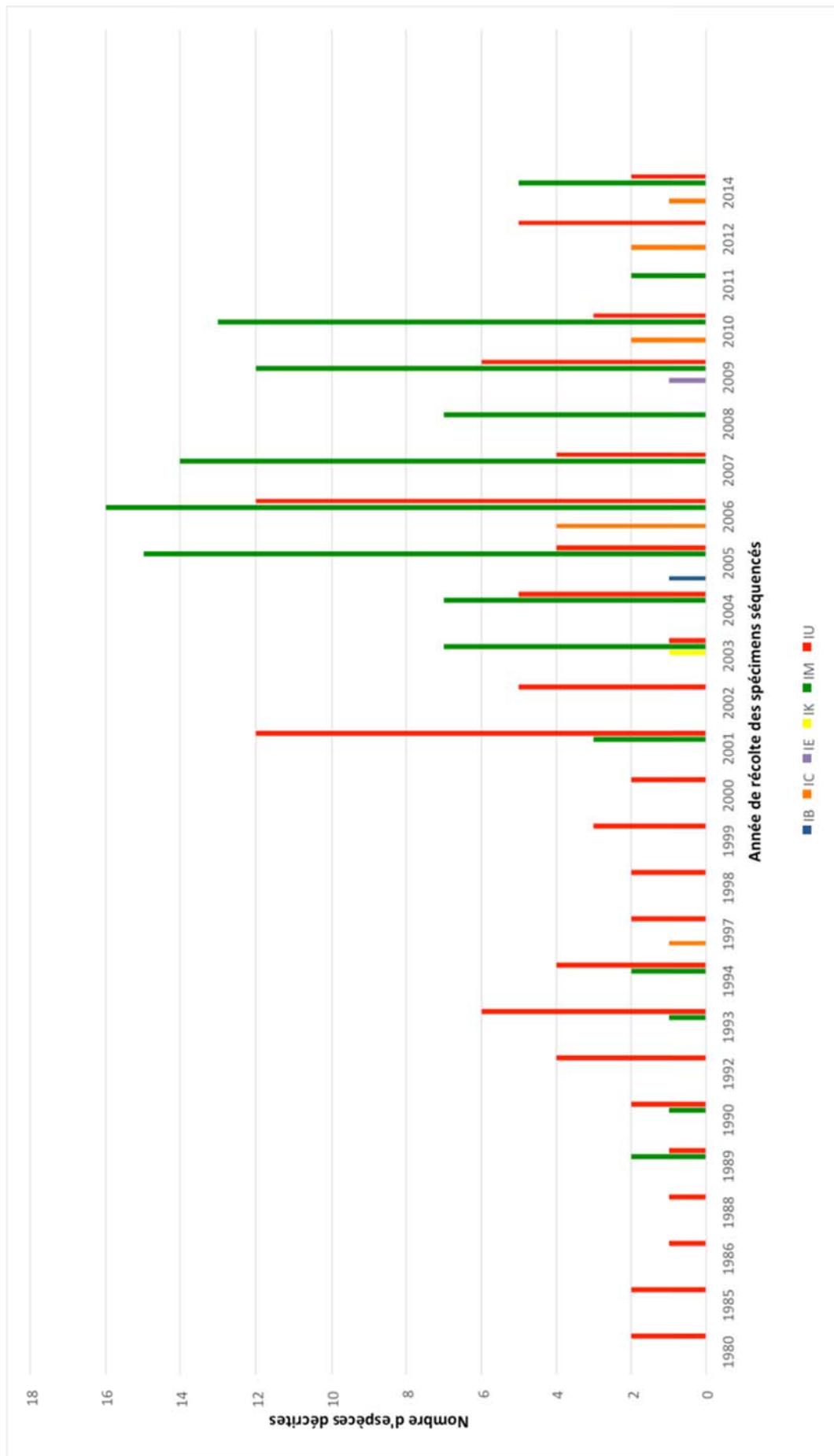


**Figure ChapIII-15** – Histogramme du nombre d’espèces nouvelles dont la description inclus, en plus des caractères non moléculaires, des séquences moléculaires et répartis en fonction des groupes taxonomiques et par année de publication.

L’histogramme suivant (Figure ChapIII-16) exhibe les dates auxquelles les spécimens, séquencés et utilisés pour la description ont été récoltés. Les spécimens de crustacés dont des séquences ADN ont été extraites couvrent l’ensemble de la période, contrairement aux autres groupes, notamment les Mollusques, pour lesquels les spécimens ont été très majoritairement récoltés après les années 2000. En effet, une grande partie des collections de Mollusques récoltés avant les années 2000 correspond à du matériel fixé dans le formol ou l’alcool puis séché (Herbin 2013). Ces modes de fixation et de conservation ne permettent pas une bonne conservation de l’ADN. En revanche, les crustacés et autres spécimens sont conservés dans l’éthanol et sont donc utilisables pour des analyses d’ADN.

Comme on l’a vu, la généralisation de l’usage des marqueurs moléculaires, en lien notamment avec le projet Barcode of life, impose que les échantillons soient conservés selon des protocoles permettant les analyses moléculaires. Des protocoles ont ainsi été recherchés pour les spécimens de mollusques à coquilles (gastéropodes). En effet, les mollusques à coquille – majoritaires dans les collections de mollusques – nécessitent une étape supplémentaire par

rapport aux autres taxons car la rétractation du spécimen dans sa coquille ne permet pas une bonne pénétration de l'alcool dans les tissus et donc les molécules ADN ou ARN ne sont pas bien conservées. Pour pallier à ce problème, différentes méthodes ont été expérimentées. Anesthésier le spécimen, le faire bouillir ou lui percer la coquille permet d'extraire un morceau de tissu qui pourra ainsi être plongé dans l'éthanol. Ces techniques présentent l'inconvénient d'être chronophages, et celle qui perce la coquille pour faciliter la fixation du corps de l'animal affecte l'intégrité de la coquille, dont les caractères morphologiques sont utiles à l'identification de l'espèce. Une technique consiste à placer le spécimen vivant dans un micro-onde, ce qui permet de détacher le muscle qui rattache le spécimen à la coquille et de conserver dans l'éthanol le corps mou ainsi extrait de sa coquille (Galindo et al. 2014). La mise au point d'une pratique de terrain ajustée à la conservation des Mollusques pour permettre le séquençage est récente, ce qui explique – en partie – que les premières descriptions qui utilisent des séquences moléculaires pour les mollusques apparaissent après celles des crustacés ou des poissons pour lesquelles le matériel était directement séquençable.



**Figure ChapIII-16** – Histogramme du nombre d'espèces décrites en fonction l'année à laquelle les spécimens séquencés ont été récoltés et le groupe taxonomique. Pour cet histogramme, une même espèce peut avoir plusieurs spécimens séquencés qui peuvent provenir de campagnes ayant eu lieu à des années différentes.



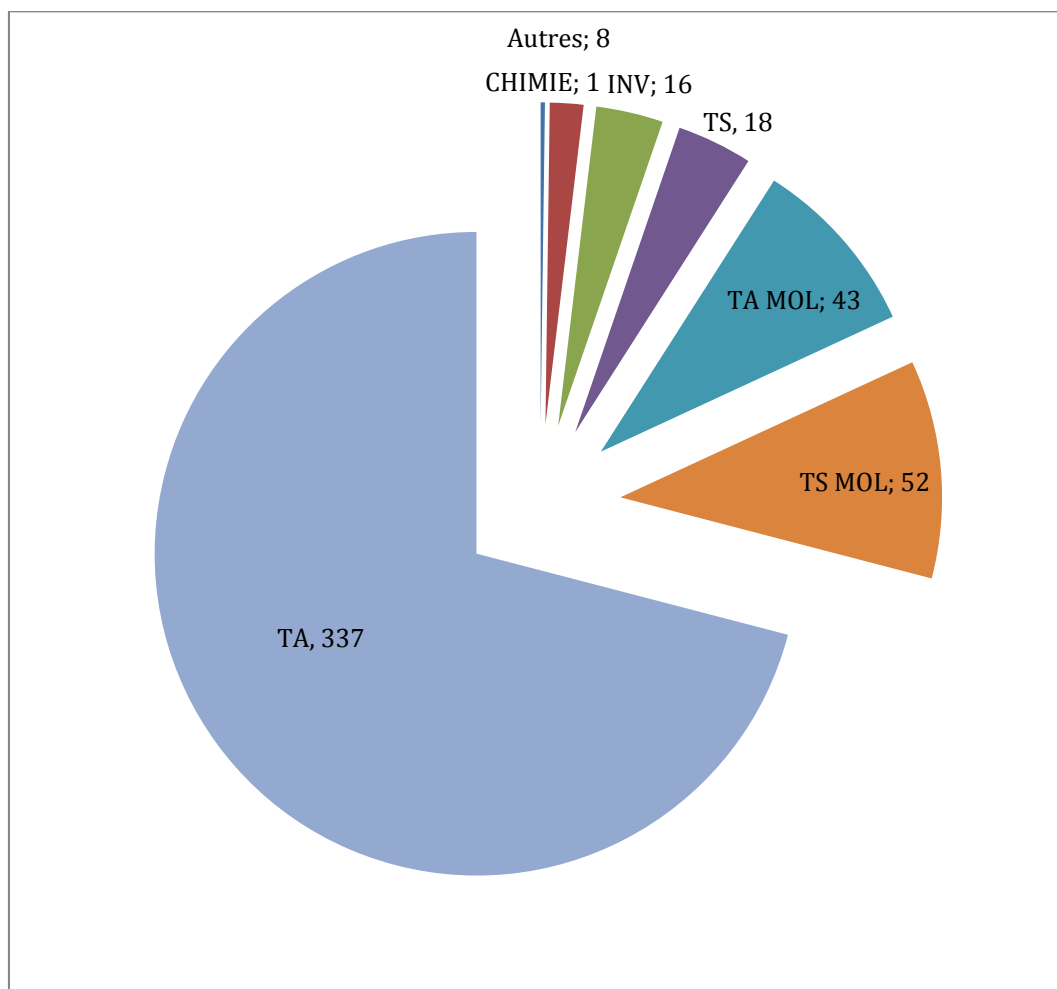
## **II - Partie 2 : Analyse de la communauté des auteurs qui valorisent les récoltes de mollusques des campagnes TDSB**

### **Introduction**

Cette partie porte sur l'évolution de la communauté des auteurs qui décrivent des espèces de mollusque à partir de spécimens récoltés pendant les campagnes du programme TDSB. Une analyse récente réalisée avec l'équipe de malacologie du MNHN nous a permis de distinguer, parmi les auteurs qui contribuent aux descriptions d'espèces de mollusques, des auteurs académiques, c'est-à-dire publiant des articles dans un cadre professionnel, et des auteurs amateurs, qui effectuent ces travaux en dehors de leur cadre professionnel. Contrairement aux spécimens de mollusques qui vivent sur l'estran ou à des faibles profondeurs, et dont la collecte peut être réalisée par les amateurs eux-mêmes, les spécimens récoltés pendant les campagnes TDSB ne sont accessibles qu'avec des moyens lourds décrits aux chapitres 1 et 2. Si les auteurs amateurs produisent des descriptions de spécimens du milieu profond c'est parce que les chargés de collection les sollicitent et leur donnent accès aux spécimens. Cette section a donc pour but de décrire comment se sont construits les liens entre ces deux communautés de taxonomistes. L'utilisation des caractères moléculaires implique la mise en œuvre de moyens techniques et d'analyse qui ne sont pas directement accessibles dans un cadre non professionnel. Pour produire des séquences d'ADN, il faut en effet pouvoir accéder à des plateaux techniques publics ou bien recourir à des prestations de services coûteuses de sociétés privées (comme Eurofins, Genoscreen, etc...). Il faut ensuite maîtriser les outils d'analyses qui permettent d'interpréter les séquences obtenues en les comparant, par exemple avec des méthodes phylogénétiques, aux données disponibles dans les bases de données publiques. Cette section vise donc à évaluer comment, dans ce contexte, s'articulent la communauté des professionnels et des amateurs.

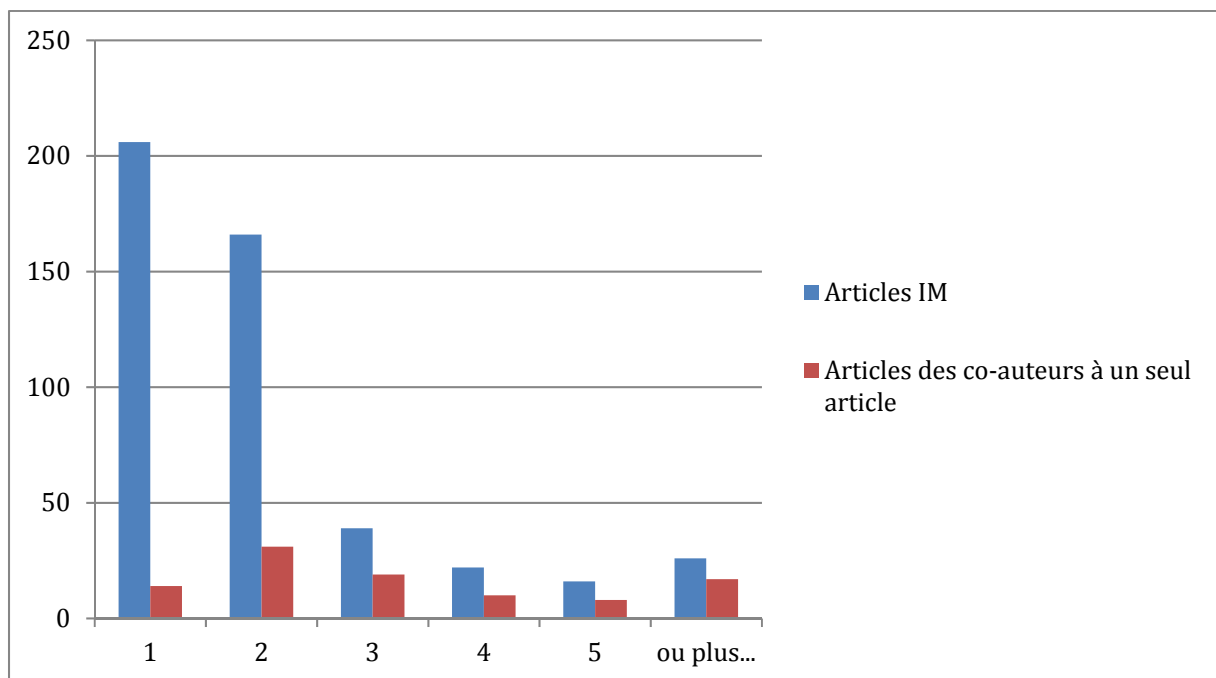
## 1 – Le jeu de données auteurs-articles sur les mollusques

Au total, 475 articles du corpus complet traitent principalement ou marginalement de mollusques. Les co-auteurs sont au nombre de 309, dont 74 amateurs et 235 académiques. La plus grande partie de ces articles traitent de taxonomie et incluent des actes de nomenclatures (Figure ChapIII-17). Les articles de taxonomie incluant des données moléculaires correspondent à 20% du corpus, dont un peu moins de la moitié (45%) comportent également des actes de nomenclature. Parmi ces 475 articles, 12 traitent de plusieurs taxons (associations biologiques, faunistiques, etc...) ou sont des articles de synthèse autour des campagnes (catégorie « autres »). Les articles ont principalement été publiés à partir de l'année 2000 (75%).



**Figure ChapIII-17** – Répartition des articles de mollusques du corpus d'articles scientifiques MUSORSTOM-TDSB en fonction de leur catégorie disciplinaire. TA : Taxonomie avec acte de nomenclature sans caractère moléculaire ; TA MOL : Taxonomie avec acte de nomenclature avec caractère moléculaire ; TS : Taxonomie sans acte de nomenclature sans caractère moléculaire ; TS MOL : Taxonomie sans acte de nomenclature avec caractère moléculaire.

Si on considère l'ensemble de ce corpus, on constate que 99 coauteurs n'ont contribué qu'à un seul article. Plus de la moitié (55%) de ces 99 co-auteurs cosignent leur seul article avec au moins deux autres auteurs. Cette proportion contraste avec le fait que les articles signés par trois auteurs ou plus ne représentent que 22% des articles du corpus d'articles sur les mollusques (Figure ChapIII-18).



**Figure ChapIII-18** – Répartition du nombre d'articles produits sur le groupe des mollusques en fonction du nombre d'auteurs (en bleu), et répartition des articles des coauteurs qui n'en ont écrit qu'un seul en fonction du nombre d'auteurs (en rouge).

Parmi ces articles avec trois co-auteurs ou plus, on trouve notamment des articles liés à l'usage de techniques spécifiques, comme par exemple l'étude des symbiotes bactériens de mollusques dans l'article de Zbinden et al 2010 (10 co-auteurs dont 2 ne contribuent à aucun autre article de ce corpus) ou bien des articles compilant des ensembles de données plus large que le seul programme TDSB, comme par exemple l'article de Bieler et al 2014 qui compile les données moléculaires pour reconstruire l'arbre phylogénétique des bivalves (18 co-auteurs dont 11 qui ne contribuent à aucun autre article de ce corpus).

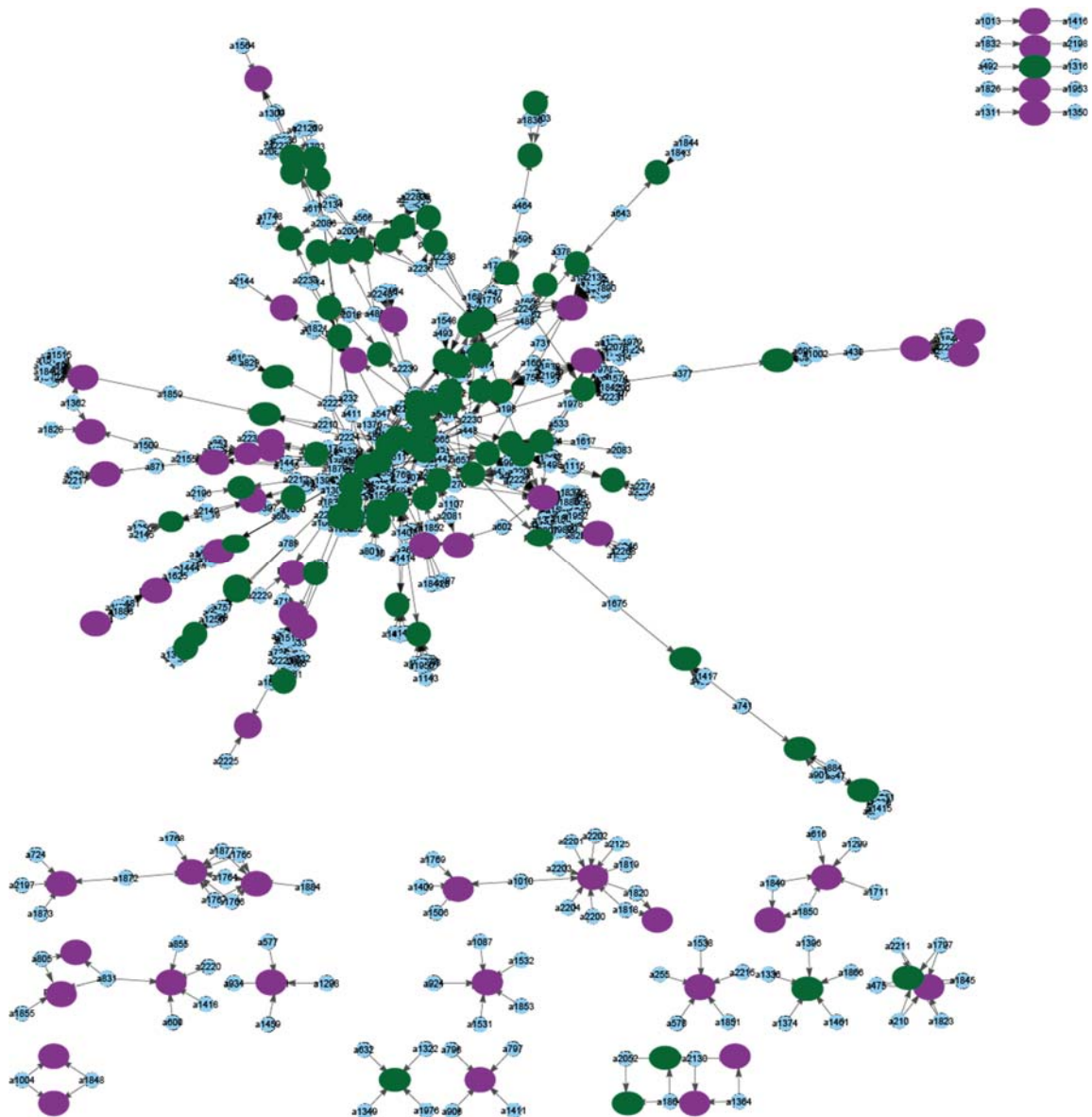
En réduisant le jeu de données aux auteurs qui ont publiés au moins deux articles sur les mollusques, on élimine ces auteurs qui interviennent en marge du programme. Cette réduction permet de centrer l'analyse sur le cœur de l'activité du programme, c'est-à-dire la taxonomie avec acte de nomenclature. En effet, les auteurs ainsi éliminés sont très majoritairement des

professionnels dont l'expertise ne porte pas spécifiquement sur les mollusques récoltés par les campagnes TDSB. On retient ainsi la plupart des articles (440 articles) mais seulement 136 auteurs dont 52 amateurs et 84 académiques.

## **2 – Analyse du réseau bipartite auteurs-articles sur les mollusques**

Le réseau est obtenu avec la méthode décrite dans le chapitre 2. On applique la contrainte 1-2, c'est-à-dire que l'on intègre les articles qui ont un auteur ou plus seulement ceux qui ont participé à au moins deux articles. Ce sous-graphe 1-2 se décompose en un cœur dense avec des satellites déconnectés (Figure ChapIII-19). Les auteurs des satellites sont des auteurs qui publient principalement seuls ou avec un ou deux co-auteurs réguliers. Ces satellites sont principalement constitués d'auteurs amateurs. Les cinq exceptions sont : un couple de deux auteurs académiques, un couple composé d'un auteur académique et d'un auteur amateur, trois auteurs académiques qui publient chacun uniquement seul.

Dans le cœur dense, les auteurs académiques sont plutôt positionnés au centre alors que les auteurs amateurs sont plutôt en périphérie. On peut noter que les auteurs-amateurs en périphérie du cœur dense ne sont généralement connectés chacun que par un article partagé avec un seul auteur académique. On peut citer l'exemple d'Hugo Kool, auteur amateur qui publie 12 articles qui portent tous sur un même genre de gastéropode (le genre *Nassarius*). Tous les articles de cet auteur sont des articles de description d'espèces. Il signe 10 d'entre eux comme seul auteur. Il partage un seul de ses articles (Kool & Galindo, 2014) avec un autre auteur du réseau 1-2. Cet article est partagé avec Lee-Ann Galindo qui a réalisé une thèse de systématique moléculaire des Nassaridae au MNHN de Paris. Cet article est le seul des 12 articles de cet auteur qui inclut des données moléculaires.



**Figure ChapIII-19** – Réseau des articles sur le groupe des mollusques et des auteurs 1-2. Les ronds bleus sont des articles, les ronds violets sont les auteurs au statut amateurs et les ronds verts sont les auteurs au statut académiques. En Violet, les auteurs au statut d’amateur sont figurés ainsi que les articles (en bleu).

Si considère la production scientifique totale sur les mollusques, le nombre d’espèces décrites par auteur varie de 0 à 238. Parmi tous les auteurs, 9 ont contribué à la description de plus de 100 espèces de mollusque (voir la liste des auteurs dans le Tableau ChapIII-1). Six de ces auteurs sont des amateurs, dont Emilio Rolàn qui totalise le plus grand nombre d’espèces décrites (238). Tous ces auteurs font partis du réseau 1-2.

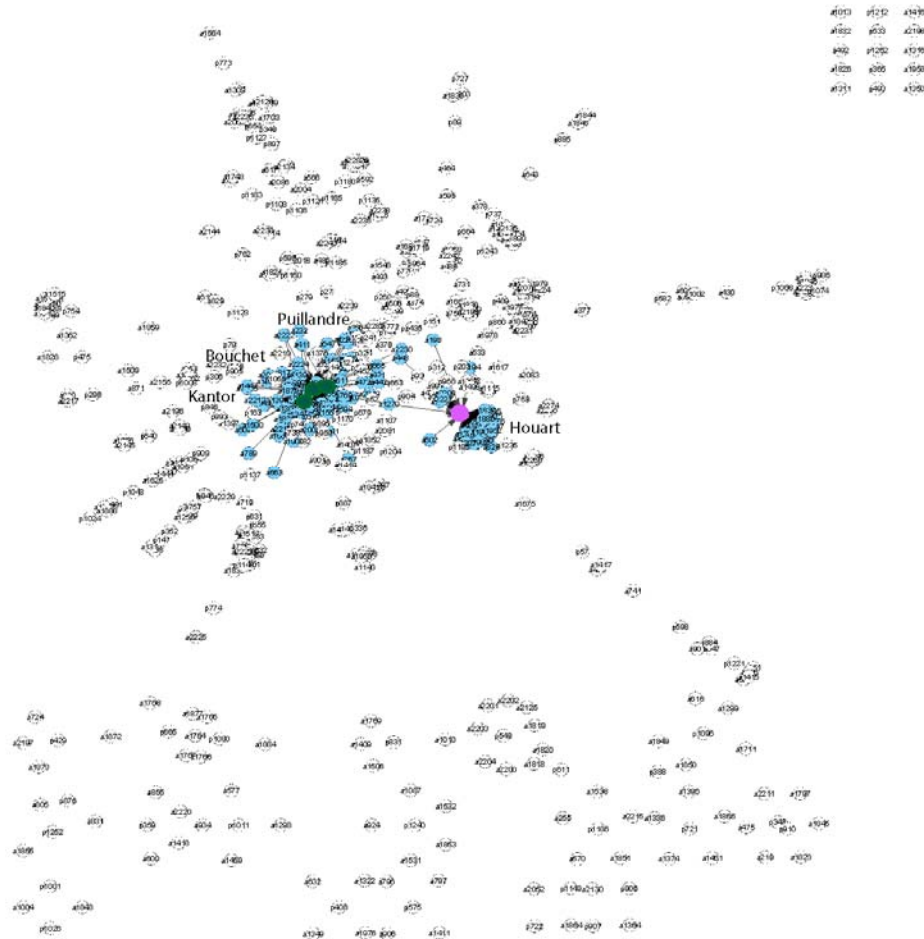
Prénom - Nom	Statut	Nombre d'espèces décrites	Intervalle des dates des articles de descriptions	Nombre d'articles avec descriptions d'espèce	Nombre d'articles total
Emilio Rolàn	Amateur	238	2010 - 2014	4	4
Philippe Bouchet	Académique	236	1979 – 2016	44	66
Anselmo Penas	Amateur	217	2010-2013	2	2
Roland Houart	Amateur	150	1983 - 2016	31	40
Ángel Valdès	Académique	127	2001 – 2008	6	6
Claude Vilvens	Amateur	116	2000 – 2016	15	17
Bruce Anders Marshall	Académique	115	1988 - 2016	10	17
Monsecour David	Amateur	104	2006 - 2016	2	2
Monsecour Kevin	Amateur	104	2006 - 2016	2	2

**Tableau ChapIII-1** – Liste des auteurs qui ont contribué à la description de plus de 100 espèces dont le matériel type est récolté pendant le programme TDSB. Le statut, les dates du premier et du dernier article de description d'espèce, le nombre d'articles de description d'espèces (et non de taxon de rang supérieur comme le genre ou la famille) de l'auteur ainsi que le nombre total d'articles produits par l'auteur sur le groupe des Mollusques sont indiqués.

Parmi ces 7 auteurs-amateurs, 4 ont décrits plus de 100 espèces en moins de 4 articles. A l'exception de Roland Houart, la contribution de ces auteurs est quasiment exclusivement constituée d'articles de descriptions d'espèces. En plus des articles de description d'espèces, Roland Houart a contribué à plusieurs articles de phylogénie moléculaire en collaboration avec des auteurs académiques (Barco et al. 2010; Claremont et al. 2013; Barco et al. 2015), à des articles de révision taxonomique (Houart 1994, 2013) ou encore à un article en paléontologie avec un auteur académique (Merle et Houart 2003). Si, parmi les auteurs qui décrivent le plus d'espèces, la majorité sont des amateurs, en revanche ceux qui totalisent le plus grand nombre d'articles sont très majoritairement académiques.

Lorsqu'on applique la méthode de catégorisation en quatre quantiles pour diviser en classes les auteurs selon le nombre d'articles par auteur la catégorie, on retient la tranche de 20 à 80 articles pour définir le quart des auteurs les plus publiant. Dans cette classe, on trouve trois d'auteurs académiques (Philippe Bouchet, Yuri Kantor et Nicolas Puillandre) auxquels s'ajoute Roland Houart. Comme la Figure ChapIII-20 le montre, ces trois auteurs

académiques sont très liés entre eux alors que Roland Houart ne partage qu'une publication avec Philippe Bouchet et aucune avec Nicolas Puillandre et Yuri Kantor.



**Figure ChapIII-20** – Réseau illustrant les liens entre les auteurs qui ont publié plus de 20 articles. Le statut des auteurs amateur est figuré en violet, celui des académiques en vert foncé.

### 3 – Comparaison de la production scientifique des auteurs amateurs et professionnels

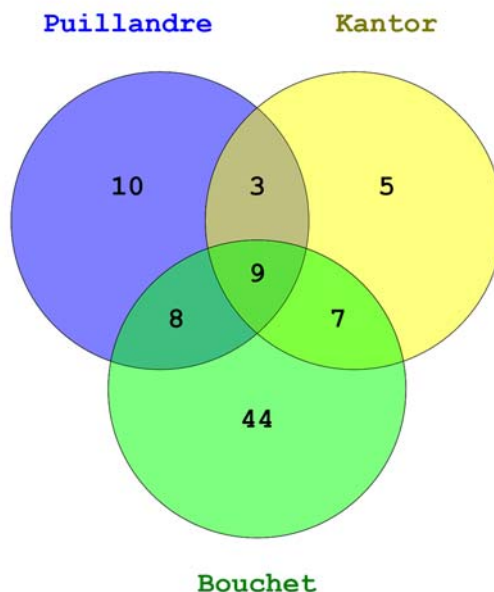
Pour comparer la production scientifique des deux communautés, nous avons choisi de comparer pour chacune de ces deux communautés la production des trois auteurs qui ont publié le plus d'articles dans notre corpus. Le tableau ChapIII-2 indique pour ces six auteurs la distribution des articles selon les catégories définies au chapitre 2.

Prénom Nom	Statut	Nombre d'articles totaux	TA total - TA avec des caractères moléculaires	TS Total - TS avec des caractères moléculaires	Inventaire/autres
Philippe Bouchet	Académique	67	47 -12	11 - 11	7/2
Nicolas Puillandre	Académique	3	14 – 14	16 - 15	0
Yuri Kantor	Académique	24	17 – 9	6 - 5	1
Vilvens, Claude	Amateur	17	16-3	1-0	0
Roland Houart	Amateur	40	35 – 4	5 - 3	0
Dijkstra, Henk H.	Amateur	17	16-0	0-0	1

**Tableau ChapIII-2** – Liste des trois auteurs académiques et des trois auteurs amateurs qui ont produit le plus d'articles sur le groupe des Mollusques dans le corpus TDSB. Pour chaque auteur, sont indiqués le statut de l'auteur, le nombre d'articles total, et leur répartition entre les différentes catégories : TA pour taxonomie avec acte de nomenclature (révision et/ou description d'espèce(s)), TS pour taxonomie sans acte de nomenclature (délimitation d'espèces sans description, phylogénie sans révision, biologie des populations, biologie des organismes etc...), les articles d'inventaires et les articles de synthèses classés dans la catégorie « autres » ont été décomptés ensemble dans la dernière colonne. Pour les articles des catégories TA et TS, les nombres d'articles qui utilisent les caractères moléculaires est précisé en vert.

Parmi les trois auteurs académiques, Philippe Bouchet participe très majoritairement à des articles de taxonomie avec acte de nomenclature dont 25% utilisant des caractères moléculaires. Par comparaison, la totalité des articles de de taxonomie avec acte de nomenclature cosignés par Nicolas Puillandre utilisent des caractères moléculaires, et 52% de ceux de Yuri Kantor. Pour ces trois auteurs, la quasi-totalité des articles de taxonomie sans acte de nomenclature utilisent des caractères moléculaires. Dans le réseau, ces trois auteurs sont très proches. Le diagramme de Venn de la figure ChapIII-21 montre compte du nombre d'articles que ces auteurs partagent. Les neuf articles en commun à ces trois auteurs sont tous des articles de taxonomie moléculaire dont sept incluent des descriptions de nouveaux taxons.





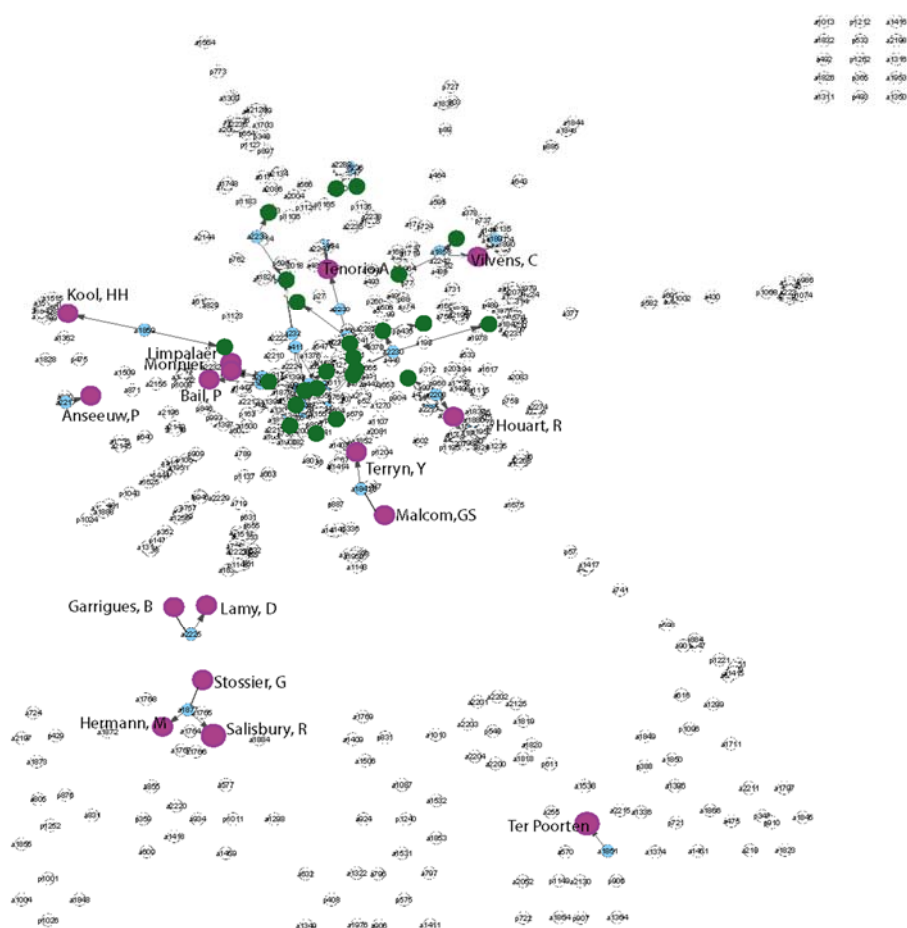
**Figure ChapIII-21** – Diagramme de Venn illustrant le partage d’articles entre les trois auteurs académiques qui ont écrit le plus d’article : Philippe Bouchet, Nicolas Puillandre et Yuri Kantor.

Parmi les trois auteurs-amateurs les plus publiant, Roland Houart et Claude Vilvens ont participé à des publications avec des caractères moléculaires dans les mêmes proportions (17% de leur nombre total d’articles) alors qu’Henk Dijkstra n’a participé à aucun article avec des données moléculaires. Pour ces trois auteurs, les articles sont essentiellement dédiés à la description d’espèces nouvelles. Ces trois auteurs amateurs les plus publiant ne partagent entre eux aucune publication. Les quatre articles de descriptions incluant des données moléculaires signés par Roland Houart sont cosignés avec Virginie Héros (ingénieure dans l’équipe de malacologie au MNHN) et les trois articles de taxonomie sans description d’espèces qu’il cosigne correspondent à des valorisations de travaux réalisés dans le cadre de thèses de doctorat (Andrea Barco et Martine Claremont). Les articles de Claude Vilvens incluant des données moléculaires sont principalement partagés avec Suzanne Williams (auteure académique du Museum de Londres).

Cette comparaison montre donc que les auteurs amateurs participent principalement à la description de nouvelles espèces alors que les professionnels ont une production scientifique plus diversifiée, incluant notamment les techniques moléculaires. L’exemple de Rolland Houart, qui est l’auteur amateur le plus publiant, met en évidence que les données moléculaires créent des liens entre les amateurs et les professionnels.

## 4 – Liens entre les deux communautés d'auteurs autour des articles utilisant des caractères moléculaires

Cette section examine plus en détails la façon dont les auteurs amateurs interviennent dans les articles qui s'appuient sur des caractères moléculaires. La figure ChapIII-22 positionne les auteurs des articles du réseau 1-2 qui utilisent ces caractères. On constate sur ce graphe une participation importante des auteurs académiques dans le cœur dense du graphe. On constate également que des auteurs amateurs se positionnent à la fois en périphérie du cœur dense mais aussi dans les satellites.



**Figure ChapIII-22** – Lien entre les auteurs en fonction de leur statut amateur ou professionnel pour les articles qui ont produits des descriptions d'après des caractères moléculaires et dont le matériel a été récolté pendant les campagnes TDSB. En violet, les auteurs dont le statut est amateur (leur nom est figuré). En Vert, les auteurs au statut professionnels qui ont contribué à des descriptions avec des caractères moléculaires.

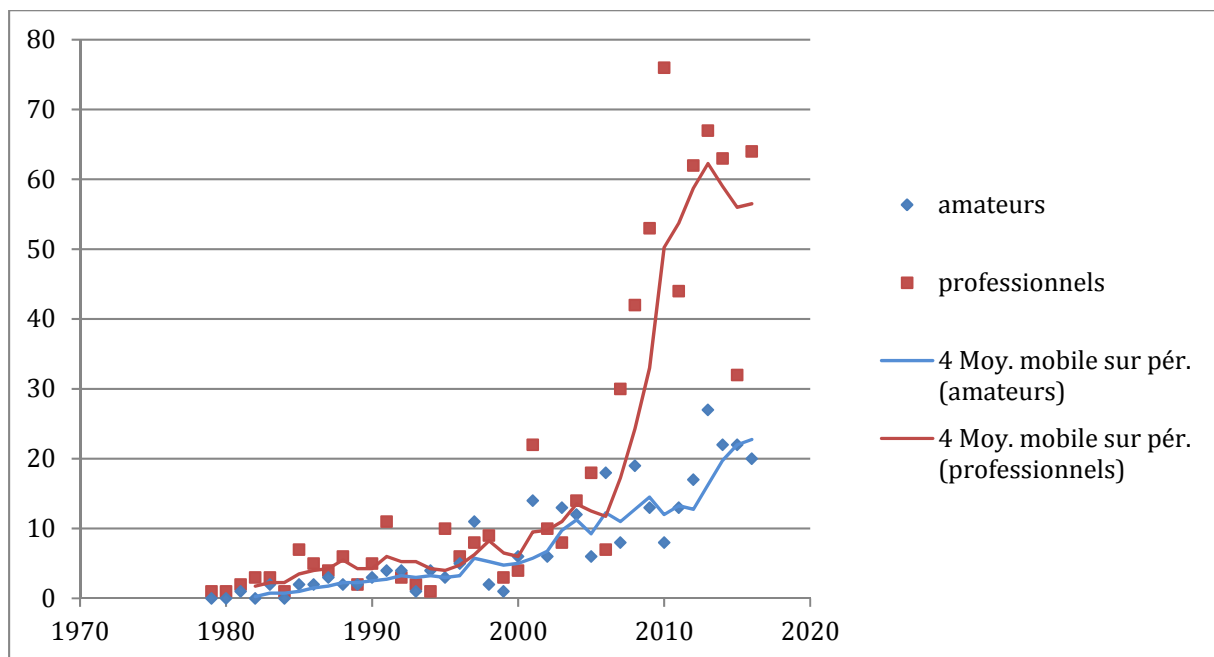
En effet, parmi les articles de descriptions d'espèces incluant des données moléculaires, on trouve des auteurs qui n'ont aucun lien avec le cœur dense des professionnels. Par exemple, Ter Porten publie seul un article de description d'une nouvelle espèce de Cardiidae en 2012 en utilisant des arguments moléculaires pour justifier cette délimitation. Dans les remerciements de cet article, l'auteur indique "*Molecular data were presented by Nathanael Herrera and Scott Steppan (Department of Biological Science, Florida State University, U.S .A.) as part of the 'Bivalves in Time and Space' (BiTS) project.*" Dans cet article de Ter Poorten décrit la nouvelle espèce *Fulvia (Fulvia) nienkeae* en s'appuyant sur des caractères moléculaires qui sont issus d'une analyse moléculaire produite par les deux académiques cités dans les remerciements ; il renvoie dans le texte de l'article aux séquences qui seront publiées plus tard dans GenBank par ces deux académiques.

L'examen du contenu de l'ensemble des articles de description d'espèces se fondant sur des données moléculaires montre que l'analyse qui permet de justifier la nécessité de décrire une nouvelle espèce et l'exercice de la description d'espèce sont déconnectées. Par exemple l'article de description de nouvelles espèces du genre *Bolma* par (Alf, Maestrati, et Bouchet 2010), s'appuie sur des séquences issues du travail de thèse de Magalie Castelin. Le premier auteur de cet article est un amateur et les deux auteurs professionnels ne sont pas impliqués directement dans la production de l'analyse des données moléculaires. De même dans l'article co-écrit par Claude Vilvens, amateur, et par deux autres académiques, (Vilvens, Williams, et Herbert 2014), la description d'*Arxellia boucheti* s'appuie sur le séquençage de spécimens issus d'une analyse moléculaire publiée antérieurement (Williams et al. 2013). Dans l'article produit par deux amateurs (Malcolm et Terryn 2012), les séquences moléculaires sur lesquelles l'article s'appuie sont produites dans une publication antérieure et sur celles transmises par une académique (Magalie Castelin).

Ces exemples suggèrent que la production et l'interprétation des données moléculaires est réalisée par les professionnels alors que les amateurs interviennent plutôt dans la description. Ils mettent en évidence un partage des savoirs faire entre amateurs et professionnels qui débouche sur une co-production des savoirs.

## 5 – Evolution des communautés d’auteurs qui valorisent les mollusques récoltés par les campagnes TDSB

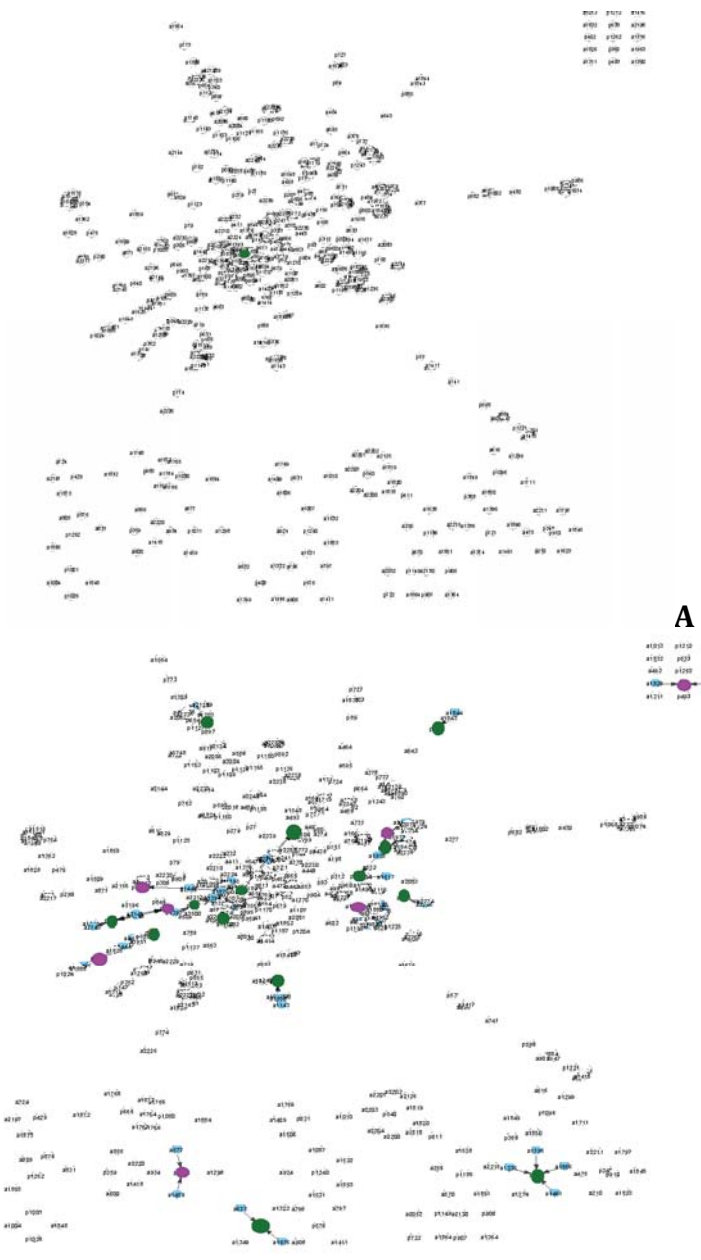
La figure ChapIII-23 montre l'évolution au cours du temps du nombre d'auteurs amateurs et professionnels qui participent chaque année à des publications du corpus sur les mollusques. On constate qu'à partir des années 2000 le nombre d'auteurs augmente dans les deux catégories. Pour les auteurs professionnels on constate une très forte augmentation à partir de l'année 2005. Cette augmentation est largement liée d'une part aux articles utilisant les données moléculaires et d'autre part aux articles sur les associations bactériennes. En effet, pour ces deux types d'articles, le nombre d'auteurs est grand avec de nombreux auteurs qui interviennent sur des aspects techniques et qui n'apparaissent pas de façon récurrente dans les articles du corpus. Une partie de ces auteurs ne sont d'ailleurs pas retenus dans le graphe 1-2.



**Figure ChapIII-23** – Distribution du nombre d’auteurs publiant chaque année sur les mollusques. Le nombre d’auteurs professionnel par année est indiqué par un carré rouge alors que le nombre d’auteurs amateur par année est indiqué par un losange bleu. Les courbes de tendance sont obtenues pour chaque catégorie avec la méthode des moyennes mobiles calculées sur une période de quatre ans.

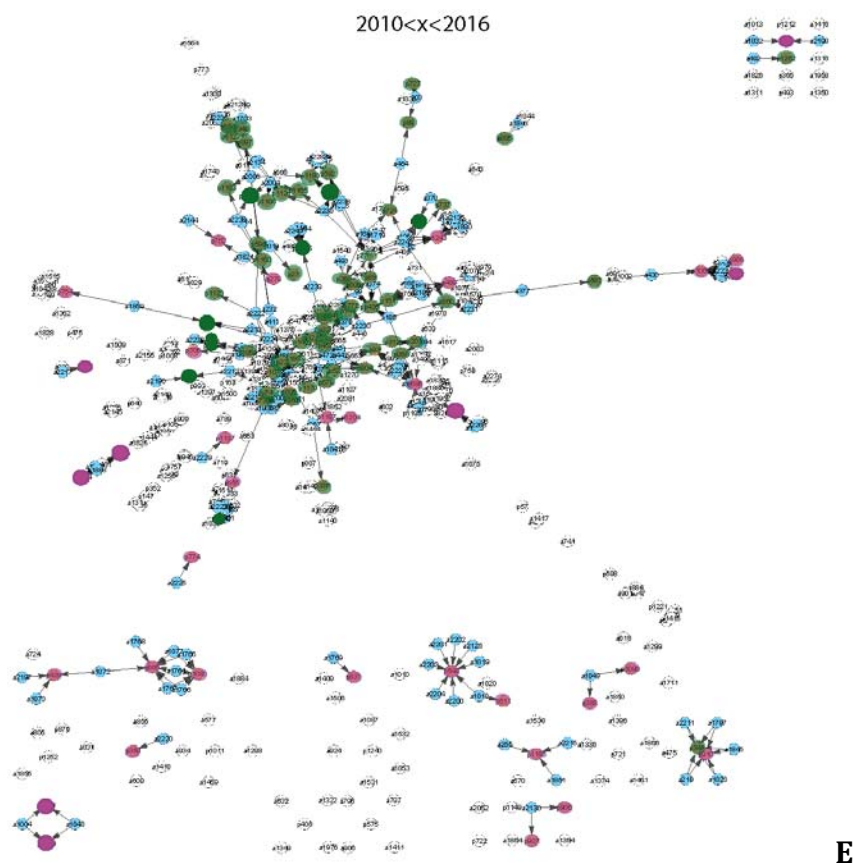
Le sous-graphe 1-2 met en évidence la façon dont l'utilisation des caractères moléculaires est intervenue dans la construction des collaborations entre les auteurs amateurs et les auteurs académiques. Jusqu'en 2000 (Figure ChapIII-24 A et B), les auteurs, académiques et

amateurs, sont peu nombreux et peu structurés. Les amateurs qui apparaissent dans cette première tranche de temps sont peu nombreux mais proches du cœur dense du graphe 1-2. Cette position montre que les quelques auteurs amateurs de cette première période (comme Roland Houart) ont poursuivi lors de la seconde période leurs activités sur le matériel TDSB et ont renforcé leur lien avec le cœur des académiques. A partir de l'année 2000, le nombre d'auteurs augmente fortement. De nouveaux auteurs amateurs apparaissent en périphérie du cœur dense formé par les académiques (Figure ChapIII-24 C). Les deux communautés sont plus imbriquées à partir des années 2000 (Figure ChapIII-24 D et E).



**B**





**Figure ChapIII-24** – Réseau des auteurs qui publient des articles sur les mollusques en fonction du statut des auteurs (Amateur en violet – Professionnel en vert) tous les 10 ans depuis 1980. A : réseau des auteurs qui ont publié des articles antérieur à 1980 ; B : réseau des auteurs qui ont publié des articles entre 1981 et 1990 ; C : réseau d’auteurs qui ont publié des articles entre 1991 et 2000 ; D : réseau d’auteurs qui ont publié des articles entre 2001 et 2010 ; E : réseau d’auteurs qui ont publié des articles entre 2011 et 2016.

En résumé, la contribution des auteurs amateurs à la valorisation du matériel TDSB augmente progressivement, avec une accélération à partir des années 2000. Au cours du temps, on observe des liens qui se créent entre les auteurs amateurs et les auteurs académiques. Ces liens reflètent une co-production du savoir taxonomique qui s’exprime particulièrement autour des articles qui utilisent des caractères moléculaires.

### ***Discussion : deux communautés d’auteurs et deux stratégies de publications différentes***

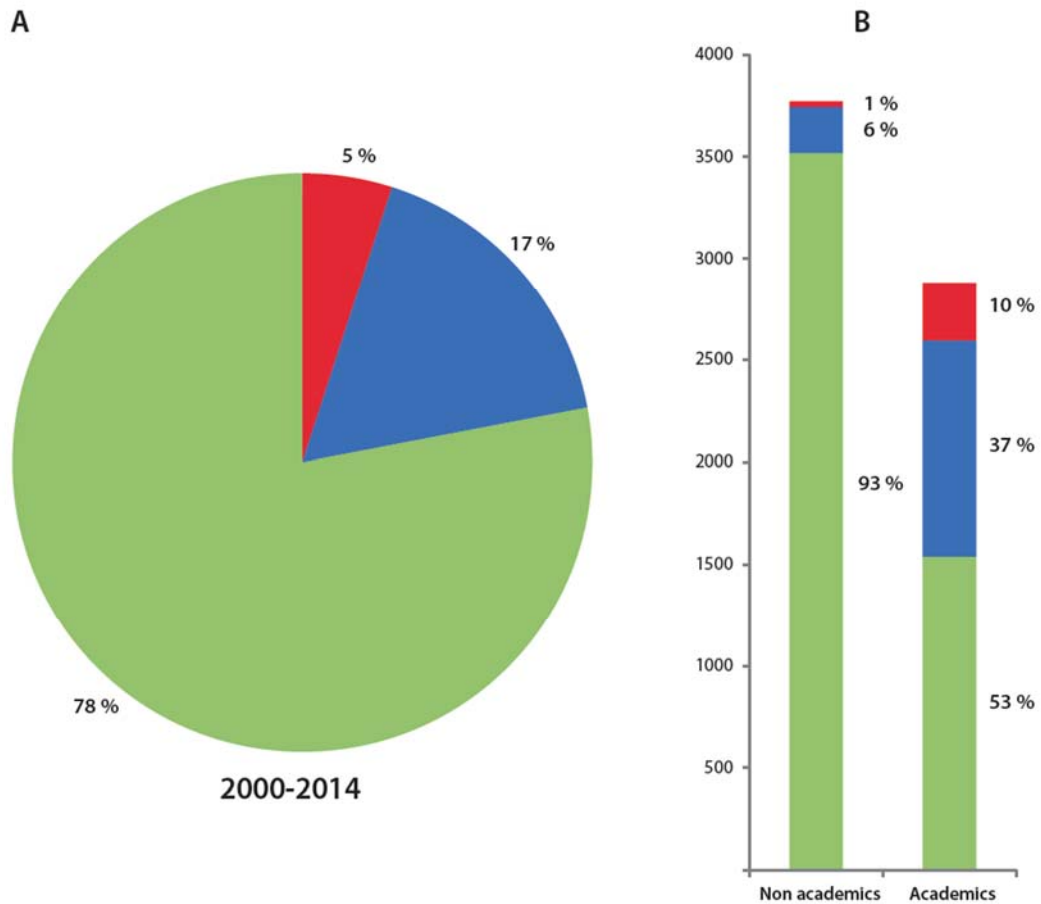
Cette section vise à situer l’activité de description des espèces de mollusques associée aux campagnes TDSB dans l’évolution générale des relations entre académiques et amateurs à l’échelle internationale. Dans l’article réalisé avec l’équipe de malacologie du MNHN (Bouchet et al. 2016), nous avons dénombré l’ensemble des espèces de mollusques qui ont été

décrites entre 2000 et 2014. Nous avons ainsi dénombré 6656 espèces décrites durant cette période, durant laquelle les récoltes des campagnes TDSB ont permis de décrire 959 espèces de mollusques, ce qui représente 14,4% de l'effort total de description d'espèces de mollusques sur cette période.

Les descriptions de l'ensemble des 6656 espèces ont été publiées dans 193 revues différentes. On constate que plus de  $\frac{3}{4}$  des articles de description d'espèce sont publiés dans des revues sans facteur d'impact (Figure ChapIII-25 A). Seulement 5% des articles sont publiés dans des revues avec un facteur d'impact à peine supérieur à 1. Les cinq revues dans lesquelles il y a le plus d'espèces décrites sur la période entre 2000 et 2014 sont des revues sans facteur d'impact avec *Novapex* (577 espèces décrites), *Tropical Deep-Sea Benthos* (445 espèces décrites), *Malacologia Mostra Mondiale* (409 espèces décrites), *Iberus* (375 espèces décrites), *Visaya* (373 espèces décrites), à part la revue *Zootaxa* (354 espèces décrites) qui a sur cette période un facteur d'impact en moyenne très inférieur à 1. On constate que 40% de ces articles sont signés par un premier auteur qui a un statut d'amateur. Ces 40% correspondent à 57% des espèces décrites pendant cette même période (Figure ChapIII-25 B). Ces auteurs amateurs publient leurs descriptions d'espèces dans des revues majoritairement (93%) sans facteur d'impact (comme *Novapex* ou *Visaya*) alors que 47% des descriptions d'espèces avec un auteur professionnel en premier auteur sont publiées dans des revues avec facteur d'impact.

Ces résultats soulignent d'une part que les académiques sont moins actifs pour décrire les espèces que les amateurs et d'autre part, qu'ils n'ont pas les mêmes stratégies de publication.





**Figure ChapIII-25** – (A) Répartition des articles de description de nouvelles espèces de mollusques marins mondiaux - qui s'appuient sur du matériel Tropical Deep-Sea Benthos et non, profond et non – publiés entre 2000 et 2014 en fonction du facteur d'impact de la revue. (B) Nombre total d'espèces décrites en fonction du statut du premier auteur et répartition des articles de description d'espèce (en pourcentage) en fonction du facteur d'impact des revues dans lesquelles ils sont publiés et en fonction du statut amateur (« non-academics ») ou académiques (« academics ») du premier auteur. En vert, les articles publiés dans des revues sans facteur d'impact (sans IF), en bleu avec un facteur d'impact inférieur à 1 (IF < 1), en rouge avec un facteur d'impact supérieur à 1 (avec IF > 1). Les figures sont tirées de (Bouchet et al. 2016).

Dans cet article, nous avons également évalué le nombre des descriptions qui ont utilisé des caractères moléculaires. Pour le jeu de données complet, une sélection au hasard de 200 espèces a permis d'évaluer cette proportion à 9%. Pour les campagnes TDSB, cette proportion évaluée sur la totalité des espèces décrites avec des données moléculaires (jusqu'en 2016) est proche de 10%. La part des amateurs dans ces descriptions a été estimée à 2%.

To test the impact of molecular data on molluscan alpha-taxonomy articles, we screened two sets of 200 randomly selected new species descriptions, one set of descriptions published in 2005-2009 and the second published in 2010-2014, and we checked in the original article whether the descriptions refer to molecular sequences. The resulting figures - 1.5 % and 9 % of the descriptions including molecular data, respectively - suggest that the impact of molecular data on alpha-taxonomy is definitely rising, but is still very modest. (Bouchet et al. 2016, p21)

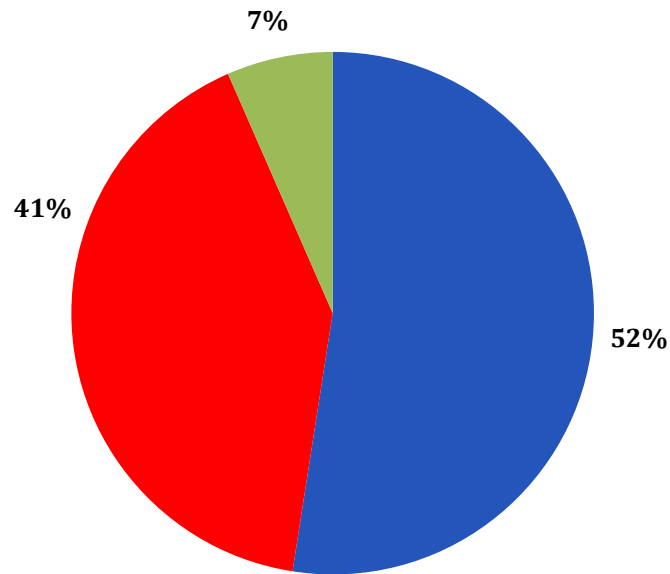
Si l'on considère l'ensemble des descriptions d'espèce de mollusques marins publiées entre 2000 et 2014 pour lesquels le spécimen type a été déposé au MNHN de Paris, on dénombre 61 espèces décrites en utilisant des séquences moléculaires pour caractériser l'espèce (voir la liste des articles dans le Tableau ChapIII-3 ci-dessous et la liste des espèces décrites en Annexe 3 du chapitre 3). Cette liste reflète l'activité des expéditions du MNHN en termes de description d'espèces utilisant des caractères moléculaires. On constate ici que la part de l'activité issue des campagnes TDSB relativement aux expéditions littorale est de 65%.

Références : Année. Auteurs. Titre. Publication. Pages (classées par date et ordre alphabétique)	Nombre d'espèces décrites dont un type est séquéncé et déposé au MNHN	Nb esp profondes liées à TDSB
(1) 2008 Kantor, Y., Puillandre, N., Olivera, B. & Bouchet, P., 2008 Morphological proxies for taxonomic decision in turrids (Mollusca, Neogastropoda): a test of the value of shelland radula characters using molecular data. <i>Zoological Science</i> 25 : 1156-1170	2	0
(2) 2010 Aif, A., Maestrati, P. & Bouchet, P., 2010 New species of Bolma (Gastropoda: Vetigastropoda: Turbinidae) from the tropical deep sea. <i>The Nautilus</i> 124(2) 93-99	3	3
(3)2010 Puillandre, N., Cruaud, C. & Kantor, Y., 2010 Cryptic species in Gemmuloborsonia (Gastropoda: Conoidea) <i>Journal of Molluscan Studies</i> 76(1) 11-23	1	1
(4)2010 Puillandre, N., Sysoev, A., Olivera, B., Couloux, A., Bouchet, P., 2010 Loss of planktotrophy and speciation: geographical fragmentation in the deep-water gastropod genus Bathytoma (Gastropoda, Conoidea) in the western Pacific. <i>Systematics and Biodiversity</i> 8(3) 371-394	11	11
(5) 2012 Bail, P. & Puillandre, N., 2012 A new species of Fusivoluta Martens, 1902 (Gastropoda:Volutidae) from Mozambique <i>The Nautilus</i> 126 127-135	1	1
(6) 2012. Fedosov, AE; Puillandre, N. Phylogeny and taxonomy of the Kermia-Pseudodaphnella (Mollusca: Gastropoda: Raphitomidae) genus complex: a remarkable radiation via diversification of larval development. <i>SYSTEMATICS AND BIODIVERSITY</i> . 10(4):447-477	12	3
(7) 2012 Kantor, Y., Puillandre, N., Rivassseau, A. & Bouchet, P., 2012 Neither a buccinid nor a turrid: A new family of deep-sea snails for Belomitra P. Fischer, 1883 (Mollusca, Neogastropoda), with a review of Recent Indo-Pacific species <i>Zootaxa</i> 3496 23377	6	6
(8) 2012 Kantor, Y., Strong, E. & Puillandre, N., 2012 A new lineage of Conoidea (Gastropoda: Neogastropoda) revealed by morphological and molecular data. <i>Journal of Molluscan Studies</i> 78 246-255	1	1
(9) 2012. Malcom, G C S, Terryn, Y. Two new species of Terebridae widespread in the Indo-Pacific. <i>Gloria Maris</i> 51(1-2):1-15.	1	0

Références : Année. Auteurs. Titre. Publication. Pages (classées par date et ordre alphabétique)	Nombre d'espèces décrites dont un type est séquencé et déposé au MNHN	Nb esp profondes liées à TDSB
(10) <b>2012 Ter Poorten, J.</b> , 2012 Fulvia (Fulvia) nienkeae spec. nov., a new Fulvia from the Central Indo-West Pacific (Bivalvia, Cardiidae) <b>Basteria</b> 76(4-6) 117-125	1	1
(11) <b>2013 Houart, R.</b> & Héros, V., 2013 Description of new Muricidae (Mollusca: Gastropoda) collected during the Atimo Vatae expedition to Madagascar "Deep South". <b>Zoosystema</b> 35(4) 503-523	3	0
(12) <b>2014</b> . Fedosov, A; Olivera, B M; Watkins, M. A new species of Casmaria H. Adams & A. Adams, 1853 (Gastropoda, Cassidae) from the Philippines identified by molecular data, <b>European Journal of Taxonomy</b> , 78:1-13	1	0
(13) <b>2014 Garrigues B.</b> & Merle D. 2014 Nine new species of Muricidae Rafinesque, 1815 (Mollusca, Gastropoda) from the French Antilles <b>Zoosystema</b> 36(4) 841-864	5	0
(14) <b>2014 Kantor Y.</b> , Lozouet P., Puillandre N. & Bouchet P. 2014 Lost and found: The Eocene family Pyramimitridae (Neogastropoda) discovered in the Recent fauna of the Indo-Pacific. <b>Zootaxa</b> 3754(3) 239-276	1	1
(15) <b>2014 Kool H.</b> & Galindo L.A. 2014 Description and Molecular Characterization of Six New Species of Nassarius (Gastropoda, Nassariidae) from the Western Pacific Ocean. <b>American Malacological Bulletin</b> 32(2) 147-164	6	6
(16) <b>2014 Vilvens, C.</b> New species and new records of Calliostomatidae (Gastropoda: Trochoidea) from Madagascar, <b>Novapex</b> 15 HS 9 : 1-29	2	2
(17) <b>2014 Vilvens C.</b> , Williams S.T. & Herbert D.G. 2014 New genus Arxellia with new species of Solariellidae (Gastropoda: Trochoidea) from New Caledonia, Papua New Guinea, Philippines, Western Australia, Vanuatu and Tonga <b>Zootaxa</b> 3826 255-281	4	4
<b>TOTAL : 17 références</b>	<b>61</b>	<b>40</b>

**Tableau ChapIII-3** – Liste des articles de descriptions d'espèces de mollusques marins dont au moins un type (holotype ou paratype) est conservé au MNHN et qui utilisent des caractères moléculaires, publiés entre 2000 et 2014. Les noms d'auteurs en gras et en vert sont les auteurs au statut des amateurs.

Une différence significative de ces descriptions d'espèces par rapport aux descriptions d'espèces globales est qu'elles sont publiées dans des revues avec des facteurs d'impact. Effectivement, 93% de ces articles qui décrivent des espèces caractérisées avec des séquences moléculaires sont publiés dans des revues avec facteur d'impact (Figure ChapIII-26). De plus, pour ces 61 publications, on dénombre 20 auteurs dont seulement 7 sont des amateurs. On constate donc que la stratégie de publication déjà observée pour les académiques quand on considère l'ensemble des descriptions s'exprime encore plus fortement pour les descriptions avec des caractères moléculaires.



**Figure ChapIII-26** – Répartition des articles de descriptions de nouvelles espèces de mollusques marins dont le matériel type est déposé au MNHN, et qui s’appuient sur des séquences moléculaires sur la période entre 2000 et 2014. En vert, le pourcentage d’articles publiés dans des revues sans facteur d’impact, en rouge, le pourcentage d’articles dans des revues avec un facteur d’impact supérieur à 1 et en bleu, le pourcentage d’articles dans des revues avec un facteur d’impact inférieur à 1.

## Conclusion de la partie 2

Cette section a permis de décrire de façon précise la structure et l’évolution de la communauté impliquée dans la valorisation des récoltes de mollusques des campagnes TDSB. Cette analyse met en évidence que la forte valorisation des récoltes de mollusques à partir des années 2000 reflète l’implication de deux communautés d’auteurs – les professionnels et les amateurs – qui ont un rôle et des stratégies de publications distinctes. Cette analyse reflète comment des techniques de pointe peu accessibles en dehors du cadre professionnel sont néanmoins mobilisées par les amateurs. Cette mobilisation implique une interaction directe mise en évidence par des co-signatures d’articles, ou indirecte par l’examen du contenu des articles qui renvoient dans les remerciements ou dans les citations d’articles aux travaux réalisés par la communauté des professionnels.

## **Conclusion générale du chapitre 3**

Les analyses présentées dans ce chapitre donnent une image fine des auteurs des publications associées au programme MUSORSTOM-TDSB. Elles mettent en évidence le rôle structurant et actif dans la communauté d'auteurs, rôle souvent en lien avec l'implication de ces personnes dans les campagnes océanographiques. Elles font aussi apparaître la place des auteurs amateurs et leurs liens avec les professionnels, dans le contexte d'un recours croissant aux techniques moléculaires. Le choix de l'exemple des publications portant sur les mollusques permet d'affiner le grain de la description jusqu'aux auteurs individuels et à leurs différentes stratégies de publication.

# Chapitre 4 – Conclusion et Perspectives

## I - La place des fossiles vivants dans la production scientifique du programme MUSORSTOM-TDSB

La recherche de fossiles vivants était une motivation affichée des débuts du programme Musortom-TDSB. Comme on l'a vu, la notion de fossile vivant renvoie à une hypothèse scientifique du XIX<sup>e</sup> siècle selon laquelle la stabilité des profondeurs est un refuge aux turbulences de la surface (Menzie & Imbrie, 1958). Qu'en est-il quarante ans après ? Fait-on encore référence aux fossiles vivants dans les documents de demandes de campagnes ? Quelle est leur place dans les articles scientifiques ?

Il est apparu de plus en plus clairement que l'utilisation de la notion de fossile vivant dépend de la connaissance que l'on a du milieu visé, ou plus exactement de l'ignorance dans laquelle on se trouve vis-à-vis de ce milieu. Comme le registre fossile terrestre est mieux connu que la faune des profondeurs, il n'est pas surprenant qu'on constate parfois qu'un taxon qu'on pensait éteint vit en fait dans une zone encore peu explorée aujourd'hui : les profondeurs. De plus, comme la citation suivante le suggère, définir une limite temporelle au-delà de laquelle on peut affirmer d'un taxon qu'il est un fossile vivant est arbitraire :

Mais toutes les autres espèces méritent le qualificatif de « fossiles vivants » car elles représentent une survivance des radiations antérieures à la crise médio-crétacée qui a affecté les crinoïdes (Roux, 1979, 1980, 1987), Guillecrinus se rattachant même aux radiations adaptatives paléozoïques. (Bourseau, Ameziane-Cominardi, Avocat, & Roux, 1991)

En ce qui concerne les sources hydrothermales, dont la faune aux adaptations spectaculaires et les conditions physico-chimiques extrême ont conduit à considérer que cet environnement était exceptionnel, les scientifiques sont allés encore plus loin en élargissant le concept de fossile vivant à celui de communauté de fossile vivant (Tunnicliffe, 1991), renvoyant ainsi à l'idée selon laquelle observer la faune associée à ces sources permettait d'ouvrir une fenêtre sur l'antiquité (« Glimpse of antiquity ») (Newman, 1985). Comme on l'a vu, le modèle des

profondeurs comme refuge pour une faune ancienne est remis en cause depuis que l'on s'est rendu compte qu'il n'est pas exempt de perturbations à grandes échelles, ni de compétition :

The search for living fossils has given rise to some of the most famous explorations for deep-sea fauna, but finally provided only a few examples to support Sars's paradigm. Advances in paleoceanography, paleobiology and phylogeography showed that the benthic deep-sea fauna suffered catastrophic events, massive extinctions as well as radiations, although it is still unclear whether these events were global or had disjunct distributions. Deep-sea and shallow water entic faunas clearly differ in their taxonomic composition and functioning, but this probably merely reflects adaptations to deep-sea life rather than the preservation of an antique and uncompetitive fauna. (Ramirez-Llodra et al., 2010)

De plus, testées phylogénétiquement, ces hypothèses sont peu confirmées. L'exemple le plus marquant est celui de la première analyse phylogénétique sur la communauté de fossiles vivants des sources hydrothermales dont les résultats montrent que ce sont des lignées récentes (Distel et al., 2000). Un autre exemple est l'analyse phylogénétique sur des crustacés décapodes de Bracken-Grissom et coauteurs en 2014 qui a montré que des lignées auraient divergé de tranches bathymétriques profondes puis migré vers la surface.

They include familiar forms such as the spiny, slipper, clawed lobsters and crayfish and unfamiliar forms such as the deep-sea and « living fossil » species. (...) Results from the two approaches were largely congruent across deep to shallow taxonomic divergences across major lineages. (Bracken-Grissom et al., 2014)

Bien que mise en avant dans près d'un tiers des comptes rendus et demandes de campagne qui ont été analysés dans cette thèse, la notion de fossile vivant n'apparaît que dans 41 articles scientifiques sur près de 1541, soit à peine 2%. Ce contraste suggère (i) que la notion de fossile vivant est plus attractive que l'entreprise de réaliser des inventaires faunistiques, ce qui explique la place qu'elle occupe dans les comptes rendus et demandes de campagne et (ii) qu'il s'agit davantage d'une intuition scientifique que d'une hypothèse soutenue par des données. Les 41 articles qui utilisent le terme de fossile vivant (living fossil) ou d'espèce relique (relict species) dans le corps de l'article, le résumé ou dans son titre, sont listés dans le tableau 1 mis en annexe du Chapitre 4 – Conclusion & Perspectives.

Ainsi la notion de fossile vivant est-elle utilisée dans la littérature scientifique de manière plus marginale que dans les comptes rendus et demandes de campagne. Après les années 2000, cette notion est associée exclusivement à quelques articles de taxonomie (avec ou sans acte de nomenclature). On voit donc que le questionnement sur les fossiles vivants a traversé les décennies, mais il est appréhendé aujourd'hui par des analyses de phylogénie moléculaire. Si une évolution est perceptible dans la manière d'appréhender ce questionnement, c'est surtout dans les caractères utilisés. Finalement, le ménage à trois entre les zoologistes, l'exploration

des profondeurs et les fossiles vivants (Bouchet, 1993) n'est pas encore rompu aujourd'hui, même si son expression est certainement plus marginale qu'au XIX<sup>e</sup> siècle.

## **II - Evolution des connaissances taxonomiques au travers du corpus : mêmes hypothèses, autres méthodes et autres caractères**

La taxonomie est au cœur des connaissances produites par le programme MUSORSTOM-TDSB depuis 1976 jusqu'à aujourd'hui. On est toujours dans une dynamique de constitution de connaissances qui passe par la description d'espèces, les révisions taxonomiques, les inventaires et les phylogénies. Finalement, les questions s'articulent toujours autour des origines des lignées évolutives, de la rareté et de l'endémisme. Comme Benoît Dayrat l'a précisé dans son entretien, « *A bord, Bertrand discutait sur les hypothèses d'endémisme, mais à cette époque il n'y avait pas les données, c'était de l'ordre de l'intuition scientifique. Il voulait démontrer l'importance et la particularité de cette faune et motiver ainsi leur protection en Nouvelle-Calédonie. Les données moléculaires pour traiter ces hypothèses d'endémisme sont venues après.* ». Ce que souligne ce passage, c'est que les évolutions se trouvent avant tout dans les caractères et les méthodes utilisées plutôt que dans les questions elles-mêmes. Effectivement, une des différences entre l'hypothèse d'endémisme mise en avant dans l'article de Bertrand Richer de Forges et collaborateurs en 2000 (Richer de Forges et al., 2000) et l'article de Tim O'Hara sur l'hypothèse d'endémisme des monts-sous-marins par rapport au taxon particulier des ophiures (O'Hara, 2007) ou encore celui de Sarah Samadi et collaborateurs (Samadi, Botton, Macpherson, Richer de Forges, & Boisselier, 2006) réside surtout dans les caractères utilisés. Dans l'article de (Richer de Forges et al., 2000), l'analyse consiste à évaluer un indice de similarité de la composition faunistique entre sites 2 à 2 (sites des monts sous marins et sites des pentes de talus) à partir d'une faune identifiée d'après des caractères non moléculaires. L'article de Tim O'Hara consiste de son côté en une analyse multivariée visant à comparer l'habitat des monts-sous-marins avec des talus continentaux et s'appuie sur une faune en partie décrite avec des caractères moléculaires. Cette analyse n'établit pas, pour les ophiures, de taux d'endémisme particulièrement élevés pour les monts sous marins par rapport aux pentes des talus. Dans l'article de Sarah Samadi et collaborateurs, les caractères moléculaires sont utilisés pour analyser la structure génétique de différentes populations de taxon entre monts-sous-marins et pentes continentales. Cette analyse montre



que la structuration génétique des populations de taxons ne révèle pas tant une limitation dans le flux de gène entre les monts-sous-marins mais davantage une limitation liée aux capacités de dispersion des larves des organismes considérés. Ces articles – parmi d’autres articles traitant d’hypothèse d’endémisme – illustrent le fait que les changements dans la production scientifique ne concernent pas la nature des hypothèses mais davantage les caractères et les méthodes utilisés.

### **III - Conservation de la biodiversité et incidence sur le programme naturaliste MUSORSTOM-TDSB**

C’est dans un contexte de recherche où la taxonomie est peu valorisée par rapport aux approches expérimentales que débutent les campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB (voir la préface de Jean Dorst, alors président du MNHN de Paris, du premier volume des résultats des campagnes MUSORSTOM, (Dorst, 1981)). Comme nous l’avons montré, le cœur de la production scientifique associée à ce programme, depuis 1976 jusqu’à aujourd’hui, est la taxonomie. A leurs débuts, le manque apparent d’intérêt sociétal pour la taxonomie rend peu attractives ces campagnes d’exploration des « petites » profondeurs.

L’exploration des profondeurs est particulière parce qu’elle implique *a minima* un navire de recherche, une équipe de marins et des engins pour sonder les fonds et récolter la faune. Ces conditions d’exploration requièrent la convergence des intérêts scientifiques avec ceux de la société pour justifier un tel déploiement technique et logistique. Ces circonstances font que les enjeux sociétaux et économiques influencent particulièrement les possibilités d’exploration de ce milieu. Aux débuts du programme MUSORSTOM-TDSB, la zone explorée était majoritairement concentrée sur la ZEE de Nouvelle-Calédonie et les résumés des comptes rendus mettaient fréquemment en avant la recherche de ressources, qu’elles soient halieutiques ou consistant en des molécules d’intérêt pharmaceutique. Ce type de valorisation n’est pas présent dans les comptes rendus plus récents – à partir des années 2000 – qui laissent davantage place aux termes de « taxonomie », de « conservation » et de « biodiversité ». Le nombre de nouvelles espèces découvertes est de plus en plus souvent mis en avant dans les comptes rendus et demandes de campagne, cette métrique s’inscrivant au cœur des problématiques de conservation pour évaluer la magnitude de la biodiversité : combien reste-t-il d’espèces à inventorier, que reste-t-il à découvrir ? (Bouchet, 2006). Ce

changement notable dans la manière dont les chefs de mission présentent l'intérêt de ces explorations est certainement une conséquence de la sensibilisation de la société à la biodiversité et à la nécessité de sa conservation. Par cette prise de conscience, la taxonomie retrouve une légitimité dans le champ de la connaissance scientifique et auprès de la société. Découvrir de nouvelles espèces et en dresser l'inventaire avant qu'elles ne disparaissent constituent les étapes qui s'imposent dorénavant des comme préalables indispensables à toute démarche de conservation. De manière inextricable, une telle préoccupation pose la question des moyens pour y parvenir, humains et techniques. Cette question est sensible pour l'exploration du milieu marin profond, qui fait l'objet de connaissances éparses et lacunaires. Effectivement, non seulement l'exploration du milieu marin profond est quasiment à ces débuts par rapport à l'exploration du milieu, mais encore la surface à échantillonner est énorme, les océans représentant environ 71% de la surface de la Terre. Ainsi, si 443 nouvelles espèces de mollusques marins sont décrites par an (Bouchet, Bary, Héros, & Marani, 2016), on compte actuellement moins de 10 espèces nouvelles d'oiseaux décrites par an. Cet écart montre qu'on connaît bien moins la faune de mollusques marins que celle des oiseaux. En outre, le temps qu'il faudrait pour décrire et inventorier le vivant, comme l'extrait datée de 2008 ci-dessous l'indique, est en décalage avec les attentes sociétales : « Le paradoxe est que, malgré l'ampleur des enjeux, le rythme d'exploration et de description de la biodiversité est dérisoire. Au rythme actuel de la progression des connaissances, il faudrait 250 à 1000 ans pour aboutir à l'inventaire de la biodiversité réclamé par les décideurs, les scientifiques et les gestionnaires. »(Bouchet, Le Guyader, & Pascal, 2008b). La particularité de la démarche du programme MUSORSTOM-TDSB réside dans la mise en place de moyens humains et techniques visant à diminuer le temps de description des espèces et accélérer le « tapis roulant » de la taxonomie. Comme Philippe Bouchet l'a affirmé lors de son entretien, « récolter tout, trier tout, c'est « l'ADN » de toute campagne océanographique, nous, on l'a juste poussé à son extrême ». Cela s'est traduit par la mise en place d'un réseau de taxonomistes internationaux, amateurs et professionnels, pour étudier les spécimens, et aussi par la structuration et la mise à disposition des informations de collectes et des informations taxonomiques dans des bases de données. Valorisée par les scientifiques comme une technique qui vise aussi à accélérer l'inventaire la faune (Rusch et al., 2007; Sogin et al., 2006), la technique du *barcoding* est utilisée dans ce programme dès 2004 et constitue une évolution marquante dans la taxonomie. En revanche, la description d'espèces avec des caractères moléculaires reste encore marginale, si bien que les barcodes dont on dispose actuellement ne permettent pas encore de savoir si une espèce marine est nouvelle ou non,

étant donné que très peu d'espèces ont une ou plusieurs séquences barcodes associées. Comme discuté dans le chapitre 3, si on est encore loin de l'efficacité attendue pour inventorier les espèces marines, c'est aussi parce que les chercheurs qui analysent les séquences ADN pour délimiter les espèces ne sont souvent pas les mêmes que ceux qui produisent des descriptions d'après des caractères non moléculaires. De plus, les descriptions d'espèces avec des caractères moléculaires ne sont pas publiées dans les mêmes types de revues, ce qui a une incidence sur le temps de description (Bouchet et al., 2016).

Une autre évolution marquante que cette thèse met en évidence, et qui est liée à la prise de conscience par la société de l'importance de la conservation de la biodiversité, est la manière dont sont impliqués les chercheurs des pays explorés. Inégalité mise en avant dans la convention sur la diversité biologique (CBD), les pays qui sont pourvoyeurs de chercheurs, de moyens de recherche et de Muséums pour conserver les spécimens ne sont pas les mêmes que les pays dont la diversité est explorée. L'analyse de la communauté de chercheurs impliqués dans les campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB a permis de montrer qu'à partir des années 2000, davantage de chercheurs rattachés aux instituts des pays explorés participent aux campagnes.

Un autre effet qu'on peut attribuer à la prise de conscience de l'importance de la conservation est la place que les connaissances scientifiques prennent dans le programme au détriment des perspectives d'exploitation des fonds marins. La prise en compte de l'environnement est dorénavant nécessaire à toute démarche d'exploitation. Certaines ressources minières terrestres arrivent presque à leur épuisement face à l'accroissement en besoins comme le cobalt – qui est notamment utilisé pour les batteries de téléphones et d'ordinateurs portables – si bien que les perspectives minières des profondeurs se situent à des échéances à plus ou moins moyen terme. Les données taxonomiques accumulées par le programme Musorstom-TDSB occupent une place stratégique par rapport à ces problématiques d'exploitation. Ainsi, la production scientifique associée aux campagnes réalisées en Polynésie française a servi de stock de connaissances sur la faune des profondeurs dans le cadre d'une expertise collégiale pluridisciplinaire – réunissant juristes, géologues, biologistes, économistes et anthropologue – afin de d'appréhender les enjeux miniers sous-marins, de proposer un état des lieux des connaissances et de formuler des recommandations. La ZEE de la Polynésie française représente la moitié du territoire maritime français et l'analyse minéralogique de ses encroûtements cobaltifères a mis en évidence des concentrations fortes en cobalt (Bougault et al., 2002) – jusqu'à 10 fois plus que les encroûtements du Pacifique nord-équatorial. Le

gouvernement polynésien a commandé à l'IRD cette expertise, dont la synthèse cherche à évaluer le potentiel d'exploitation des ressources minérales profondes et les mesures en terme de conservation de la faune que cela impliquerait (Le Meur, Cochonat, David, Geronimi, & Samadi, 2016). Une analyse s'appuyant des données de collectes et des données taxonomiques issues des campagnes du programme en Polynésie française a permis de rendre compte de différences dans la composition faunistique en fonction de la présence d'encroûtements cobaltifères (Delavenne et al., in press). Les résultats de cette analyse ont des implications en matière de conservation pour tout projet minier sur les encroûtements cobaltifères de Polynésie française.

Les liens entre les connaissances taxonomiques issues du programme MUSORSTOM-TDSB et l'effort de conservation parcourent ce programme depuis ces débuts. Ainsi, les connaissances accumulées lors de l'exploration de la faune des monts-sous-marins de Nouvelle-Calédonie ont largement contribué au projet international CenSeam (Census of Seamount) d'inventaire de la diversité des monts-sous-marins (Stocks, Clark, Rowden, Consalvey, & Schlacher, 2012). Le jeu de données issues des campagnes de Nouvelle-Calédonie a contribué de façon majeure à la formulation d'hypothèses d'endémisme (Richer de Forges, Koslow, & Poore, 2000) dont l'incidence en matière de conservation a été aussi valorisée (Pitcher, 2007). Quelques années plus tard, des analyses de la structure des communautés profondes de Nouvelle-Calédonie ont été produites à partir de ce jeu de données dans le contexte de la création en avril 2014 du parc marin de la mer de Corail (de 1,3 millions de Km<sup>2</sup>) (Delavenne & Samadi, 2016). C'est à l'occasion de la mise en place par l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP) d'une analyse stratégique régionale, en appliquant les critères EBSA (Ecologically and Biologically Significant Marine Area = zone marine d'importance écologique et biologique, (CBD, 2008), que les chercheurs de ce programme ont été sollicités pour synthétiser les données taxonomiques, bibliographiques et de collecte ainsi que de produire cette analyse. Ces quelques exemples montrent que les connaissances naturalistes issues du programme répondent aussi à des intérêts sociétaux qui s'articulent autour de la conservation de la biodiversité. Ces applications produites à partir des connaissances accumulées par le programme pour établir des recommandations sur l'exploitation minière potentielle de Polynésie française, sur l'analyse des communautés du benthos profond de Nouvelle-Calédonie en vue de définition d'une aire marine protégée, ou sur les monts-sous-marins, montrent que les connaissances issues de ce programme servent à expliquer l'origine et la structure de la diversité du benthos profond. Si elles n'autorisent pas

des approches quantitatives, l'échantillonnage mis en œuvre est suffisant pour permettre de produire des analyses sur la structure de la biodiversité.

Le corpus de la production scientifique structuré par le travail de cette thèse permet d'apporter des éléments de réponse sur les questionnements qui ont marqué l'exploration de la faune résidant dans les profondeurs comme par exemple la rareté de la faune. Ainsi, la prise en compte du nombre de spécimens à partir de laquelle se font les descriptions d'espèce fournirait un proxy intéressant pour discuter de cette notion pour tous les groupes taxonomiques en fonction des zones explorées et des auteurs qui produisent les descriptions.

# **Annexe Chapitre 1**

**Tableau 1** -Tableau Récapitulatif des références des comptes rendus et des demandes de campagne par campagne.

Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
MUSORSTOM 1 1976	X		X	*Forest, J. (1981). Compte rendu et remarques générales. In Résultats des campagnes MUSORSTOM I. Philippines (18-28 mars 1976) (Vol. 1, p. 9-50). Paris: ORSTOM.	1981
CHALCAL 1 1984	X			Richer de Forges, B., & Pianet, R. (1984). Résultats préliminaires de la campagne CHALCAL à bord du N. O. Coriolis (12-31 juillet 1984) (Rapport de missions No. 32) (p. 35). Nouméa: ORSTOM.	1984
Corindon 2 1980	X			Moosa, M. K. (1985). Report on the Corindon cruises. Marine Research in Indonesia, 24, 1-6.	1985
MUSORSTOM 2 1980	X		X	*Forest, J. (1985). La campagne MUSORSTOM II (1980). Compte rendu et liste des stations. In Résultats des campagnes MUSORSTOM I et II. Philippines (1976,1980) (Vol. 2, p. 7-30). Paris: Editions du Muséum national d'Histoire naturelle.	1985
BIOCAL 1985	X		X	Lévi, C. (1986). BIOCAL : Compte rendu de la campagne effectuée à bord du N/O « Jean charcot » du 9 Août au 10 Septembre 1985 (Rapport de mission) (p. 41). IFREMER.	1986
MUSORSTOM 4 1985	X			Richer de Forges, B. (1986). La campagne MUSORSTOM IV en Nouvelle-Calédonie - mission du N/O « Vauban » septembre-octobre 1985 (Rapports scientifiques et techniques No. 38) (p. 36). Nouméa: ORSTOM.	1986

Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
MUSORSTOM 5 1986	X		X	Richer de Forges, B., Laboute, P., & Menou, J.-L. (1986). La campagne MUSORSTOM V aux Îles Chesterfield - N.O. « Coriolis » (5-24 octobre 1986) (Rapports scientifiques et techniques No. 41) (p. 33). Nouméa: ORSTOM.	1986
BIOGEOCAL 1987	X			Cotillon, P., & Monniot C. (1987). BIOGEOCAL - Compte-rendu de la campagne effectuée à bord du N/O CORIOLIS du 7 avril au 7 mai 1987 (Compte-Rendu) (p. 20). IFREMER, CNRS, INSU, PIROCEAN.	1987
CHALCAL 2 1986	X		X	Richer de Forges, B., Grandperrin, R., & Laboute, P. (1987). La campagne CHALCAL II sur les guyots de la ride de Norfolk (N.O. « Coriolis » 26 octobre - 7er novembre 1986) (Rapports de missions Sciences de la Mer Biologie marine No. 42) (p. 46). Nouméa: ORSTOM.	1987
Corail 2 1988	X			Richer de Forges, B., Chevillon, C., Laboute P., Bargibant, G., Menou, J.-L., & Tirard, P. (1988). La campagne CORAIL 2 sur le plateau des Îles Chesterfield (N.O. « CORIOLIS » et N.O. « ALIS », 18 juillet - 6 août 1988) (Rapports de missions Sciences de la Mer Biologie marine No. 50) (p. 77). Nouméa: ORSTOM.	1988



Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
Gemini 1989	X			Bargibant, G., Grandperrin, R., Laboute, P., Monzier, M., & Richer de Forges, B. (1989). La campagne "GEMINI" sur les volcans sous-marins de Vanuatu N.O. Alis (ORSTOM) du 3 au 7 juillet 1989 (Rapports de missions Sciences de la terre Geologie-Géophysique No. 12) (p. 14). ORSTOM.	1989
MUSORSTOM 3 1985	X		X	*Forest, J. (1989). Compte rendu de la campagne MUSORSTOM 3 aux Philippines (31 mai-7 juin 1985). In Résultats des campagnes MUSORSTOM (Muséum national d'Histoire naturelle, Vol. 4, p. 9-23). Paris: Muséum national d'Histoire naturelle.	1989
MUSORSTOM 6 1989	X		X	Richer de Forges, B., & Laboute, P. (1989). La campagne MUSORSTOM VI sur la ride des Îles Loyauté (N.O. « Alis » du 12 au 26 février 1989) (Rapports de missions Sciences de la Mer Biologie marine No. 51) (p. 43). Nouméa: ORSTOM.	1989
Volsma 1989	X			Laboute, P., Lardy, M., Menou, J.-L., Monzier, M., & Richer de Forges, B. (1989). La campagne « VOLSMAR » sur les volcans sous-marins du sud de l'arc des Nouvelles Hébrides (N.O. Alis, 29 mai au 9 juin 1989) (Rapports de missions Sciences de la terre Geologie-Géophysique No. 11) (p. 26). Nouméa: ORSTOM.	1989

Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
AZTEQUE 1990	X			Grandperrin, R., Laboute P., Pianet, R., & Wantiez, L. (1990). Campagne « AZTEQUE » de chalutage de fond, au sud-est de la Nouvelle Calédonie (NO « ALIS », du 12 au 16 février 1990) (Rapports de missions Sciences de la Mer Biologie marine No. 7) (p. 23). Nouméa: ORSTOM.	1990
SMCB 1986-1996	X			Poupin, J. (1991). Campagnes de dragages en Polynésie Française - Bâtiment de contrôle biologique Marara 1990/1991 (Rapport Scientifique et Technique). SMCB.	1991
BERYX 2 1991	X			Grandperrin, R., & Lehodey, P. (1992). Campagne BERYX 2 de pêche au chalut de fond sur trois monts sous-marins du Sud-Est de la Zone Economique de Nouvelle Calédonie (N.O. « Alis », 22 - 31 octobre 1991) (Rapport de missions No. 11) (p. 43). Nouméa: ORSTOM.	1992
BERYX 11 1992	X			Lehodey, P., Richer de Forges, B., Nauges, C., Grandperrin, R., & Rivaton, J. (1992). Campagne BERYX 11 de pêche au chalut sur six monts sous-marins du Sud-Est de la Zone Economique de Nouvelle-Calédonie (N.O. « Alis », 13 au 23 octobre 1992) (Rapport de missions No. 22) (p. 96). Nouméa: ORSTOM.	1992

Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
MUSORSTOM 7 1992	X		X	Richer de Forges, B., & Menou, J.-L. (1993). La campagne MUSORSTOM 7 dans la zone économique des îles Wallis et Futuna. Compte rendu et liste des stations. In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 10, p. 9-25). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	1993
CALSUB 1989	X		X	Roux, M. (1994). The CALSUB cruise on the bathyal slopes off New Caledonia. In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 12, p. 9-47). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	1994
Halical 1 1994	X		X	Grandperrin, R., Bargibant, G., & Menou, J.-L. (1995). Campagne HALICAL 1 de pêche à la palangre de fond dans le Nord et sur la ride des Loyauté, en Nouvelle-Calédonie N.O. Alis, 21 novembre - 1er décembre et 12-23 décembre 1994 (Rapport final No. 12) (p. 67). Nouméa: ORSTOM.	1995
Halipro 1 1994	X			Grandperrin, R., Bujan, S., Menou, J.-L., Richer de Forges, B., & Rivaton, J. (1995). Campagne HALIPRO 1 de chalutages exploratoires dans l'Est et dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie (N.O. ALIS, 18-25 mars et 29 mars, 1er avril 1994) (Conventions Sciences de la Mer, Biologie marine No. 14) (p. 1-61). Nouméa: ORSTOM.	1995

Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
Bathus 1 1993	X			Richer de Forges, B., & Chevillon, C. (1996). Les campagnes d'échantillonnage du benthos bathyal en Nouvelle-Calédonie, en 1993 et 1994 (Bathus 1 à 4, SMIB 8 et HALIPRO 1). In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 15, p. 33-53). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	1996
Bathus 2 1993	X			Richer de Forges, B., & Chevillon, C. (1996). Les campagnes d'échantillonnage du benthos bathyal en Nouvelle-Calédonie, en 1993 et 1994 (Bathus 1 à 4, SMIB 8 et HALIPRO 1). In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 15, p. 33-53). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	1996
Bathus 3 1993	X			Richer de Forges, B., & Chevillon, C. (1996). Les campagnes d'échantillonnage du benthos bathyal en Nouvelle-Calédonie, en 1993 et 1994 (Bathus 1 à 4, SMIB 8 et HALIPRO 1). In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 15, p. 33-53). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	1996
Bathus 4 1994	X			Richer de Forges, B., & Chevillon, C. (1996). Les campagnes d'échantillonnage du benthos bathyal en Nouvelle-Calédonie, en 1993 et 1994 (Bathus 1 à 4, SMIB 8 et HALIPRO 1). In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 15, p. 33-53). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	1996

Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
Smib 8 1993	X			Richer de Forges, B., & Chevillon, C. (1996). Les campagnes d'échantillonnage du benthos bathyal en Nouvelle-Calédonie, en 1993 et 1994 (Bathus 1 à 4, SMIB 8 et HALIPRO 1). In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 15, p. 33-53). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	1996
MUSORSTOM 8 1994	X			Richer de Forges, B., Faliex, E., & Menou, J.-L. (1996). La campagne MUSORSTOM 8 dans l'archipel de Vanuatu. Compte rendu et liste des stations. In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 15, p. 9-32). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	1996
Halipro 2 1996	X		X	Grandperrin, R., Farman, R., Lorance, P., Jomessy, T., Hamel, P., Laboute, P., Labrosse, P., Richer de Forges, B., Séret, B., Virly, S. (1997). Campagne HALIPRO 2 de chalutage exploratoire profonds dans le sud de la zone économique de Nouvelle-Calédonie (R.V. Tangaroa 4-28 novembre 1996) (p. 151). ZoNéCo.	1997
KARUBAR 1991	X			Crosnier, A., Richer de Forges, B., & Bouchet, P. (1997). La campagne KARUBAR en Indonésie au large des îles Kai et Tanimbar. In A. Crosnier & P. Bouchet (Éd.), Campagne Franco-Indonésienne KARUBAR - Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 16, p. 9-26). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	1997

Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
Lithist 1999	X			Grandperrin, R., & Richer de Forges, B. (1999). Programme Monts-Sous-Marins (1990-2000): bilan final (p. 48). Nouméa: IRD.	1999
MUSORSTOM 9 1997	X			Richer de Forges, B., Poupin, J., & Laboute, P. (1999). La campagne MUSORSTOM 9 dans l'archipel des îles Marquises (Polynésie française). Compte rendu et liste des stations. In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 20, p. 9-29). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	1999
BORDAU 1 1999	X		X	Richer de Forges, B., Bouchet, P., Dayrat, B., Warén, A., & Philippe, J.-S. (2000). La campagne BORDAU 1 sur la ride de Lau (Îles Fidji). Compte rendu et liste des stations. In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 21, p. 25-38). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	2000
MUSORSTOM 10 1998	X			Richer de Forges, B., Newell, P., Schlacher-Hoenlinger, M., Schlacher, T., Nating, D., Césa, F., & Bouchet, P. (2000). La campagne MUSORSTOM 10 dans l'archipel des îles Fidji. Compte rendu et liste des stations. In A. Crosnier (Éd.), Résultats des campagnes MUSORSTOM (Vol. 21, p. 9-23). Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.	2000

Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
NORFOLK 1 2001	X		X	Richer de Forges, B., Boisselier, MC., Cohen, B., Macpherson, E., Chan, TY, Lozouet, P. La champagne Norfolk 1 sur les monts sous matins du sud de la Nouvelle-Calédonie.	2001
Salomon 1 2001		X	X	Demande de campagne à la commission flotte rédigée par Bertrand Richer de Forges en 2001	2001
BENTHAUS 2002	X			Richer de Forges, B., Warén, A., Molodtsova, T., Poupin, J., Pruvost, P., Albenga, L., & Barazer, J.-F. (s. d.). La campagne BENTHAUS dans l'archipel des îles Australes (Polynésie françaises), 29 octobre-28 novembre 2002.	2002
NORFOLK 2 2003		X	X	Demande de Campagne à la commission Flotte rédigée par Betrand Richer de Forges en 2002	2002
Taiwan 2000 2000	X			Richer de Forges, B., Bouchet, P., Barazer, J.F., Chan, T.Y. & Lee, D.A. Les campagnes TAIWAN 2000 et 2001 sur les pentes de l'île de Taiwan. Compte-rendu et liste des stations. Non publié	2002
Taiwan 2001 2001	X			Richer de Forges, B., Bouchet, P., Barazer, J.F., Chan, T.Y. & Lee, D.A. Les campagnes TAIWAN 2000 et 2001 sur les pentes de l'île de Taiwan. Compte-rendu et liste des stations. Non publié	2002
BOA 0 2004		X		Demande rédigée par Bertrand Richer de Forges et Françoise Gaill en 2003 à la commission Flotte	2003
Salomon 2 2004	X	X	X	Demande de campagne commission Flotte rédigée par Bertrand Richer de Forges en 2003	2003

Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
BOA 1 2005		X		Demande rédigée en 2004 par Sarah Samadi et Bertrand Richer de Forges à la commission Flotte	2004
BORDAU 2 2000	X			Richer de Forges, B., Bouchet, P., Dayrat, B., Warén, A., Ameziane, N., & Antimoni, W. P. (2004). La campagne BORDAU 2 sur la ride des Tonga (Royaume de Tonga). Compte rendu et liste des stations.	2004
Ebisco 2005	X	X	X	Demande rédigée par Philippe Bouchet et Bertrand Richer de Forges en 2004 à la commission Flotte	2004
SantoBoa 2006		X		Demande de campagne commission Flotte rédigée par Sarah Samadi et Bertrand Richer de Forges	2005
SalomonBoa 3 2007		X	X	Demande de campagne commission Flotte rédigée par Sarah Samadi et Bertrand Richer de Forges - 2006	2006
Terrasses 2008		X		Demande de campagne rédigée en 2006 par Sarah Samadi et Bertrand Richer de Forges	2006
AURORA 2007 2007	X		X	Bouchet, P., & Santos, M. M. (2008). AURORA 2007 Cruise report (p. 88).	2008
CONCALIS 2008		X		Demande rédigée en 2008 par Philippe Bouchet à la commission Flotte	2008
LUMIWAN 2008 2008	X		X	Cairns, S., Bouchet, P., Tan, S.H., Bagarinao, T., Richer de Forges, B., Collins, A., Mendoza, JC. & other. Lumiwan 2008, survey of the deep-sea benthic fauna of the south china sea (Marisla grant 3-06-128)	2008
MIRIKY 2009		X		Discovering new species of marine fauna and flora in Mozambique and Madagascar.	2008



Nom Campagne Année	Compte Rendu	Demande de Campagne	Occurrence Fossile Vivant	Référence du document pris en compte	Année du rapport
Tarasoc 2009		X		Demande rédigée par Philippe Bouchet en 2008 à la commission Flotte	2008
Atimo VATAE 2010		X		Demande rédigée par Philippe Bouchet en 2009 à la commission Flotte	2009
BIOPAPUA 2010	X	X		Demande rédigée par Sarah Samadi en 2009 à la commission Flotte	2009
MAINBAZA 2009		X		Demande rédigée en Espagnol, Bouchet, P., Ramos, A. « Plan de la campana MAINBAZA : Estudio de la biodiversidad del bentos profundo en el Canal de Mozambique »	2009
Panglao 2005 2005	X			Richer de Forges, B., Tan, S.-H., Bouchet, P., Ng, P. K. L., Chan, T., & Saguil, N. (2009). PANGLAO 2005 – Survey of the deep-water benthic fauna of the Bohol Sea and adjacent waters. The Raffles Bulletin of Zoology, suppl. 20, 21-38.	2009
EXBODI 2011		X		Demande rédigée par Sarah Samadi en 2011 pour la commission Flotte	2011
Papua Niugini 2012		X		Demande rédigée par Philippe Bouchet en 2011	2011
MADEEP 2014		X		Demande rédigée à la commission flotte par Laure Corbari et Karine Olu en 2012	2012
Kanacono 2016		X		Demande rédigée à la commission flotte par Sarah Samadi et Nicolas Puilladre en 2015	2015
Kanadeep 2017		X		Demande de campagne rédigée par Sarah Samadi à la commission Flotte en 2015	2015

Tableau 1. Tableau récapitulatif des campagnes dont un compte rendu et/ou une demande de campagne est disponible. Ces campagnes sont classées dans l'ordre croissant de l'année d'édition du rapport. Les trois références précédées d'une astérisque (pour les campagnes MUSORSTOM 1-2-3) ne sont pas prises en compte dans l'analyse du nuage de mots car elles ne contenaient pas de résumés. La quatrième colonne indique si dans les documents les termes de

« fossiles vivant » ou « espèces reliques » (en anglais « Living fossil » et « relict species ») sont présents quelque part dans le texte (dans le résumé ou ailleurs).



## **Annexes Chapitre 2**



# **Annexe 1- Chapitre 2 -Tutoriel BASEXP**

Réalisé par Julien Brisset et publié dans le rapport<sup>1</sup> d'avancement de la convention entre l'Agence des Aires Marines Protégées et le Muséum National d'Histoire Naturelle

<sup>1</sup>Delavenne, J., & Samadi, S. (2016). *Caractérisation des écosystèmes profonds de la mer de Corail en Nouvelle-Calédonie* (p. 50). AAMP - MNHN.

# Page d'accueil du référentiel campagnes du MNHN <http://expeditions.mnhn.fr/>

The screenshot shows a web browser window with the URL [expeditions.mnhn.fr](http://expeditions.mnhn.fr/). The page header features the MNHN logo and the title 'Référentiel BasExp' with images of a primate, a butterfly, and a fossil. A navigation bar includes 'Accueil' and 'Rechercher'. The main content area is titled 'Bienvenue sur le site du Référentiel des campagnes' and contains the following text:

Ce référentiel va progressivement regrouper les informations concernant les expéditions du Muséum national d'Histoire Naturelle. Il offre un point d'entrée unique pour l'ensemble des campagnes passées.

Exemple : [Campagne SalomonBOA 3](#)

Mais Il permet aussi d'entrer les informations de collecte dans une base de données institutionnelle au plus près du terrain, facilitant l'entrée des spécimens en collection, et améliorant ainsi le suivi et la traçabilité.

Exemples : [Campagne Poker2](#) , [CeaMarc 2008 Aurora Australis](#)

Vous pouvez consulter aussi la [liste des campagnes](#) ou utiliser les fonctions de recherche du menu en haut de cette page.

At the bottom, there is a citation: 'Citation : Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2003-2010. *Référentiel des Campagnes*, site Web : <http://expeditions.mnhn.fr>. Document téléchargé le 21 novembre 2016 - V 2.9.1' and logos for IRD and the French Republic.

## Accès à la liste des campagnes référencées

This close-up shows the 'Rechercher' menu in the navigation bar. A red arrow points from the text above to the menu. The menu is open, showing three options: 'Sélectionner dans la liste' (highlighted with a red box), 'Recherche multicitères', and 'Recherche cartographique'. The background shows the same website header as the previous image.

Ce référentiel va progressivement regrouper les informations concernant les expéditions du Muséum national d'Histoire Naturelle. Il offre un point d'entrée unique pour l'ensemble des campagnes passées.



## Liste des campagnes

### ATIMO VATAE

#### Programmes

##### Tropical Deep-Sea Benthos (ex MUSORSTOM)

##### Tropical Shallow Benthos

(27/04/2010 - 18/06/2010)

[Lire la suite](#)

### AURORA 2007

#### Programme

##### Tropical Deep-Sea Benthos (ex MUSORSTOM)

(18/05/2007 - 05/06/2007)

[Lire la suite](#)

### AZTEQUE

#### Programme

##### Tropical Deep-Sea Benthos (ex MUSORSTOM)

(12/02/1990 - 16/02/1990)

Les objectifs de la campagne AZTEQUE étaient de contribuer à la connaissance d'une faune ichthyologique démersale peu connue dans cette région du monde et de tester les capacités de chalutage du N.O. Alis (équipage et matériel). [Lire la suite](#)

### BATHUS 1

#### Programme

##### Tropical Deep-Sea Benthos (ex MUSORSTOM)

(09/03/1993 - 20/03/1993)

[Lire la suite](#)

### BATHUS 2

#### Programme

##### Tropical Deep-Sea Benthos (ex MUSORSTOM)

(10/05/1993 - 18/05/1993)

[Lire la suite](#)

Accès à la campagne  
EXBODI

EXBODI



#### Programme

##### Tropical Deep-Sea Benthos (ex MUSORSTOM)

(02/09/2011 - 28/09/2011)

La campagne EXBODI, initialement prévue au Vanuatu, s'est finalement déroulée en Nouvelle-Calédonie. Les objectifs étaient de compléter les échantillonnages dans les eaux néo-calédoniennes ainsi que d'étudier la biologie et la diversité des organismes associés aux bois coulés. [Lire la suite](#)



# Page d'accueil de la campagne EXBODI

MUSÉUM  
NATIONAL  
D'HISTOIRE  
NATURELLE

Login MNHN

Référentiel BasExp



Accueil

Rechercher



Campagne EXBODI



français



english

- ▶ 161 stations/collectes  
[Export des données de collectes\(CSV\)](#)  
[Export données de lots\(CSV\)](#)
- ▶ Autres sources de données du MNHN  
[EXBODI dans les collections informatisées](#)

## Informations générales

[Chefs de mission](#)

[Objectifs](#)

[Travaux effectués](#)

[Remerciements](#)

## Bibliographie

[Liste des documents](#)

[Liste des photos](#)

[Liste des participants](#)

[Cartographie des stations de collectes](#)

[Liste des stations](#)

[Taxons par accès](#)

[Localisation](#)

[géographique](#)

## EXBODI

### Une campagne organisée par :

MNHN - Muséum national d'Histoire naturelle  
IRD - Institut de Recherche pour le Développement

### Référence siser

<http://dx.doi.org/11100080>

### Programme

Tropical Deep-Sea Benthos (ex MUSORSTOM)

### En savoir plus ...

**Autre site : Journal de bord de la mission**

## Informations générales

### Chefs de mission

Samadi Sarah (Etape : Leg 1).  
Corbari Laure (Etape : Leg 2).

### Date et lieu de départ

02/09/2011 Port-Vila (Vanuatu)

### Date et lieu d'arrivée

28/09/2011 Nouméa (Nouvelle-Calédonie)

Etape	Date de départ	Date d'arrivée	Départ	Arrivée	Navire
Leg 1	02/09/2011	11/09/2011	Nouméa (Nouvelle-Calédonie)	Nouméa (Nouvelle-Calédonie)	Alis
Leg 2	12/09/2011	29/09/2011	Nouméa (Nouvelle-Calédonie)	Nouméa (Nouvelle-Calédonie)	Alis

### Objectifs :

La campagne EXBODI, initialement prévue au Vanuatu, s'est finalement déroulée en Nouvelle-Calédonie. Les objectifs étaient de compléter les échantillonnages dans les eaux néo-calédoniennes ainsi que d'étudier la biologie et la diversité des organismes associés aux bois coulés. [Lire la suite](#)

### Travaux effectués :

161 opérations ont été réalisées dont 71 traits de chalut à perche et 90 dragages à la drague Warèn.

### Remerciements :

## Bibliographie [+]

### Liste des documents

#### Devis et factures

[Accès restreint \(3\)](#)

#### Documents administratifs et financiers

[Accès restreint \(1\)](#)

#### Documents logistiques

[Accès restreint \(3\)](#)

#### Dossier de préparation de mission

[Accès restreint \(15\)](#)

#### Google Earth

[Stations EXBODI, Google Earth](#)

#### Rapport de mission

[Fiche de valorisation de la campagne EXBODI soumise à la commission FLOTTE en 2015](#)

[Fiche ROSCOP](#)

[Accès restreint \(3\)](#)

## Liste des photos

---



Collecte : 599 photos



Organisme : 595 photos



Substrat : 36 photos



Débris organiques : 141 photos



## Liste des participants

---



De gauche à droite : Justine Thubaut, Sarah Samadi, Stéphane Hourdez, Marie-Catherine Boisselier et Laurent Albenga

### Par étape :

#### Leg 1 (02/09/2011 - 11/09/2011) Navire : Alis



De gauche à droite : Justine Thubaut, Sarah Samadi, Stéphane Hourdez, Marie-Catherine Boisselier et Laurent Albenga

**Albenga, Laurent** (*Muséum national d'Histoire naturelle*)

**Collecte - Tri**

**Boisselier, Marie-Catherine** (*Systématique moléculaire, Centre National de la Recherche Scientifique*)

**Collecte - Tri**

**Hourdez, Stéphane** (*Biologie évolutive des annélides, Centre National de la Recherche Scientifique*)

**Collecte - Tri**

**Samadi, Sarah** (*Systématique moléculaire, Institut de Recherche pour le Développement*)

**Chef de mission**

**Thubaut, Justine** (*Biologie évolutive, bois coulés, Muséum national d'Histoire naturelle*)

**Collecte - Tri**

#### Leg 2 (12/09/2011 - 29/09/2011) Navire : Alis



De gauche à droite : Wei-Jen Chen, Eric Pante, Bertrand Richer De Forges, Pierre Lozouet, Laure Corbari et Lee-Ann Galindo

**Chen, Wei-jen** (*Ichtyologie, National Taiwan Ocean University*)

**Collecte - Tri**

**Corbari, Laure** (*Carcinologie, bois coulés, Muséum national d'Histoire naturelle*)

**Chef de mission**

**Galindo, Lee Ann** (*Systématique moléculaire, Muséum national d'Histoire naturelle*)

**Collecte - Tri**

**Lozouet, Pierre** (*Malacologie, Muséum national d'Histoire naturelle*)

**Collecte - Tri**

**Pante, Eric** (*Systématique des Cnidaires, Université de la Rochelle*)

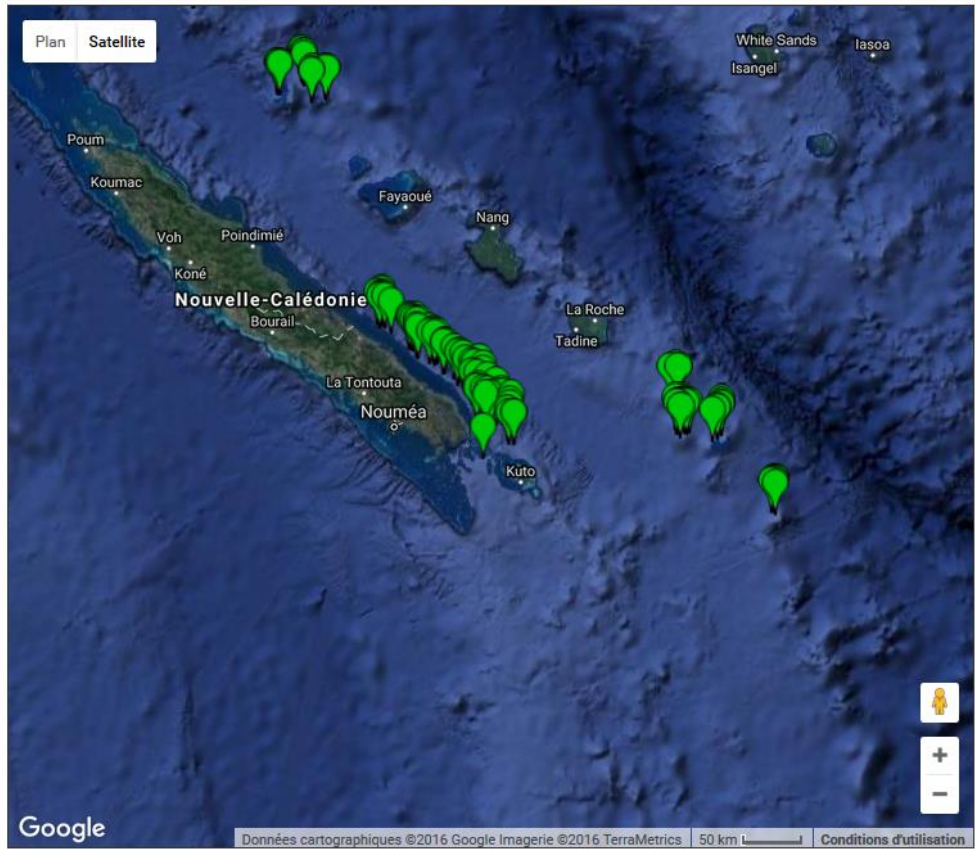
**Collecte - Tri**

**Richer de Forges, Bertrand** (*Carcinologie - Benthologie, Muséum national d'Histoire naturelle*)

**Collecte - Tri**

## Cartographie des stations de collectes

Fichier GoogleEarth (.kml) des points de collectes



### Liste des stations

Afficher 10 éléments

Rechercher :

Carte	Station/collecte	Latitude	Longitude	Date	Profondeurs	Altitudes
	CP3786	22°15'S	167°13'E	02/09/2011	406-442 m	
	DW3784	22°13'S	167°09'E	02/09/2011	353-365 m	
	DW3785	22°15'S	167°10'E	02/09/2011	386-387 m	
	CP3788	22°13'S	167°07'E	03/09/2011	264-273 m	
	CP3789	22°11'S	167°07'E	03/09/2011	335-350 m	
	CP3790	22°14'S	167°11'E	03/09/2011	378-414 m	
	CP3791	22°15'S	167°19'E	03/09/2011	750-863 m	
	CP3792	22°18'S	167°22'E	03/09/2011	850-876 m	
	CP3793	22°16'S	167°23'E	03/09/2011	951-1180 m	
	DW3787	22°13'S	167°06'E	03/09/2011	223-249 m	

Affichage de l'élément 1 à 10 sur 161 éléments

◀ Précédent Suivant ▶



**Export des données de collectes de la campagne**

- ▶ 161 stations/collectes
- ▶ [Export des données de collectes\(CSV\)](#)
- ▶ [Export des données de lots\(CSV\)](#)
- ▶ Autres sources de données du MNHN EXBODI dans les collections informatisées

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Campagne	Station	Collecte	Date fin	Date texte	Lat texte	Long texte	Lat début	Lat fin	Long début	Long fin
2	EXBODI		CP3786	02/09/2011	02-sept-11	22°15'S	167°13'E		-22.256667		167.213333
3	EXBODI		DW3784	02/09/2011	02-sept-11	22°13'S	167°09'E		-22.22		167.155
4	EXBODI		DW3785	02/09/2011	02-sept-11	22°15'S	167°10'E		-22.256667		167.173333
5	EXBODI		CP3788	03/09/2011	03-sept-11	22°13'S	167°07'E		-22.215		167.108333
6	EXBODI		CP3789	03/09/2011	03-sept-11	22°11'S	167°07'E		-22.19		167.111667
7	EXBODI		CP3790	03/09/2011	03-sept-11	22°14'S	167°11'E		-22.23		167.185
8	EXBODI		CP3791	03/09/2011	03-sept-11	22°15'S	167°19'E		-22.251667		167.31
9	EXBODI		CP3792	03/09/2011	03-sept-11	22°18'S	167°22'E		-22.3		167.368333
10	EXBODI		CP3793	03/09/2011	03-sept-11	22°16'S	167°23'E		-22.26		167.38
11	EXBODI		DW3787	03/09/2011	03-sept-11	22°13'S	167°06'E		-22.213333		167.098333
12	EXBODI		CP3795	04/09/2011	04-sept-11	21°32'S	166°21'E		-21.528333		166.346667
13	EXBODI		CP3796	04/09/2011	04-sept-11	21°32'S	166°21'E		-21.538333		166.346667
14	EXBODI		CP3799	04/09/2011	04-sept-11	21°33'S	166°20'E		-21.548333		166.335
15	EXBODI		CP3800	04/09/2011	04-sept-11	21°32'S	166°22'E		-21.531667		166.365
16	EXBODI		DW3794	04/09/2011	04-sept-11	21°33'S	166°22'E		-21.551667		166.375
17	EXBODI		DW3797	04/09/2011	04-sept-11	21°31'S	166°19'E		-21.525		166.315
18	EXBODI		DW3798	04/09/2011	04-sept-11	21°32'S	166°21'E		-21.535		166.351667
19	EXBODI		DW3801	04/09/2011	04-sept-11	21°30'S	166°21'E		-21.503333		166.346667
20	EXBODI		DW3802	04/09/2011	04-sept-11	21°29'S	166°21'E		-21.488333		166.355
21	EXBODI		DW3803	04/09/2011	04-sept-11	21°35'S	166°26'E		-21.581667		166.428333
22	EXBODI		CP3805	05/09/2011	05-sept-11	21°42'S	166°34'E		-21.7		166.573333
23	EXBODI		CP3806	05/09/2011	05-sept-11	21°42'S	166°34'E		-21.691667		166.568333
24	EXBODI		CP3807	05/09/2011	05-sept-11	21°43'S	166°36'E		-21.713333		166.603333
25	EXBODI		CP3808	05/09/2011	05-sept-11	21°43'S	166°39'E		-21.716667		166.653333
26	EXBODI		CP3809	05/09/2011	05-sept-11	21°41'S	166°37'E		-21.688333		166.62
27	EXBODI		CP3810	05/09/2011	05-sept-11	21°44'S	166°38'E		-21.725		166.626667
28	EXBODI		CP3811	05/09/2011	05-sept-11	21°44'S	166°38'E		-21.726667		166.633333
29	EXBODI		DW3804	05/09/2011	05-sept-11	21°43'S	166°35'E		-21.71		166.58
30	EXBODI		CP3813	06/09/2011	06-sept-11	21°46'S	166°38'E		-21.763333		166.628333
31	EXBODI		CP3814	06/09/2011	06-sept-11	21°49'S	166°44'E		-21.81		166.735
32	EXBODI		CP3815	06/09/2011	06-sept-11	21°49'S	166°47'E		-21.818333		166.776667
33	EXBODI		CP3816	06/09/2011	06-sept-11	21°48'S	166°46'E		-21.8		166.761667
34	EXBODI		CP3817	06/09/2011	06-sept-11	21°46'S	166°44'E		-21.771667		166.731667
35	EXBODI		DW3812	06/09/2011	06-sept-11	21°46'S	166°39'E		-21.775		166.643333
36	EXBODI		DW3818	06/09/2011	06-sept-11	21°48'S	166°46'E		-21.795		166.766667
37	EXBODI		DW3819	06/09/2011	06-sept-11	21°49'S	166°48'E		-21.81		166.793333
38	EXBODI		CP3821	07/09/2011	07-sept-11	21°53'S	166°50'E		-21.888333		166.838333
39	EXBODI		CP3822	07/09/2011	07-sept-11	21°52'S	166°51'E		-21.873333		166.85
40	EXBODI		CP3823	07/09/2011	07-sept-11	21°55'S	166°55'E		-21.923333		166.923333
41	EXBODI		CP3824	07/09/2011	07-sept-11	21°57'S	166°58'E		-21.948333		166.96
42	EXBODI		CP3825	07/09/2011	07-sept-11	21°58'S	166°59'E		-21.968333		166.99
43	EXBODI		CP3826	07/09/2011	07-sept-11	21°52'S	166°51'E		-21.871667		166.85



Accès aux données  
spécimens dans les  
collections informatisées

- ▶ 161 stations/collectes
- ▶ [Export des données de collectes\(CSV\)](#)
- ▶ [Export des données de lots\(CSV\)](#)
- ▶ [Autres sources de données du MNHN](#)
- ▶ [EXBODI dans les collections informatisées](#)

Bascule vers le portail des collections  
du MNHN (<https://science.mnhn.fr>)



MUSÉUM  
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

8692 lots issus de la campagne informatisés  
dans la bases de données collections du MNHN

🏠 / MNHN

[0-500]/8692 documents

(seuls figurent les spécimens informatisés et non l'intégralité des collections)

Exporter la page

[1]	<b>HOLOTYPE</b> <i>Axellia trochos</i> Vilvens, Williams & Herbert, 2014	MNHN-IM-2009-23092	ALCOOL95	NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Banc de L'Orme/Walpole	EXBODIDW3862
[2]	<b>HOLOTYPE</b> <i>Timbellus corbariae</i> Houart, 2015	MNHN-IM-2000-30342	dry	NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Banc Sud Durand	EXBODIDW3857
[3]	<b>PARATYPE(S)</b> <i>Axellia trochos</i> Vilvens, Williams & Herbert, 2014	MNHN-IM-2009-23089		NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Banc de L'Orme/Walpole	EXBODIDW3862
[4]	<b>PARATYPE(S)</b> <i>Axellia trochos</i> Vilvens, Williams & Herbert, 2014	MNHN-IM-2009-23094	ALCOOL95	NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Banc de L'Orme/Walpole	EXBODIDW3861
[5]	<b>PARATYPE(S)</b> <i>Axellia trochos</i> Vilvens, Williams & Herbert, 2014	MNHN-IM-2009-23109	ALCOOL95	NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Banc Sud Durand	EXBODICP3851
[6]	<b>PARATYPE(S)</b> <i>Profundiconus puillandrei</i> Tenorio & Castelin, 2016	MNHN-IM-2009-31320	ALCOOL95	NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Récifs de l'Astrolabe- Nord Ouest	EXBODIDW3907
[7]	<b>PARATYPE(S)</b> <i>Profundiconus neocaledonicus</i> Tenorio & Castelin, 2016	MNHN-IM-2009-31323	ALCOOL95	NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Mont Vauban Partie Sud-Est	EXBODIDW3889
[8]	<b>TYPE(S)</b> <i>Fungiacyathus (Fungiacyathus) pusillus pacificus</i> Cairns, 1995	MNHN-IK-2012-2512	SEC	NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Banc de L'Orme/Walpole	EXBODIDW3861
[9]	<b>PARATYPE(S)</b> <i>Puerulus quadridentis</i> Chan, Ma & Chu, 2013	MNHN-IU-2011-6438	ALCOOL	NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Banc Sud Durand	EXBODICP3851
[10]	<b>CITÉS(S)</b> <i>Hassarius martinezi</i> Kool & Galindo, 2014	MNHN-IM-2009-20612	ALCOOL95	NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Banc Durand	EXBODICP3849
[11]	<b>CITÉS(S)</b> <i>Hassarius velvetosus</i> Kool & Galindo, 2014	MNHN-IM-2009-20616	ALCOOL95	NOUVELLE-CALÉDONIE ▶ Au large de Toupeï	EXBODICP3805

[0-500]/8692 documents

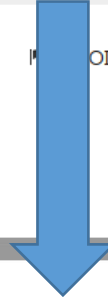
(seuls figurent les spécimens informatisés et non l'intégralité des collections)



Exporter la page

- [1] **HOLOTYPE** *Axellia trochos* Vilvens, Williams & Herbert, 2014  
 MNHN-IM-2009-23092 ALCOOL95 NOUVELLE-CALEDONIE  
 > Banc de L'Orme/Walpole
- [2] **HOLOTYPE** *Timbellus corbariae* Houart, 2015  
 MNHN-IM-2000-30342 dry NOUVELLE-CALEDONIE > Banc Sud Durand ODIDW3857

Accès à la page d'un spécimen



MUSÉUM  
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

↑ / MNHN / Mollusques (IM) / 2009-23092

*Axellia trochos* Vilvens, Williams & Herbert, 2014 **HOLOTYPE**



SPÉCIMEN

ALCOOL95 MIIHII-IM-2009-23092

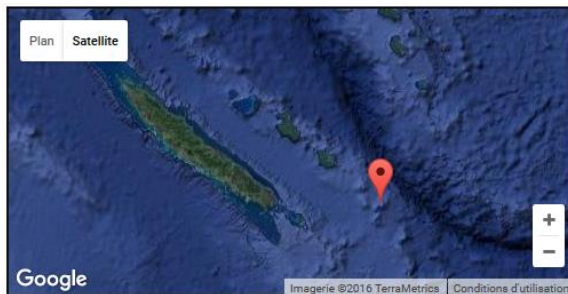
Dimensions 5.9

TAXONOMIE

Embranchement Mollusca  
 Classe Gastropoda  
 Famille Solariellidae  
 Genre *Axellia*  
 Espèce *Axellia trochos*  
 Nom *Axellia trochos* Vilvens, Williams & Herbert, 2014

ORIGINE

Libellé du pays NOUVELLE-CALEDONIE  
 Localité/Lieu-dit Banc de L'Orme/Walpole  
 Océan Pacifique sud  
 Expédition **EXBODI**  
 Navire Alis  
 Type Navire océanographique  
 Numéro de station DW3862  
 Date de récolte 2011-09-15  
 Profondeur (mètres) 400 -520  
 Coordonnées géographiques 22° 19' 41.9988" S ; 169° 1' 5.9988" E  
 Localité type New Caledonia, Banc de l'Orme/Walpole, EXBODI, stn DW3862, 22°20'S, 169°01'E, 400-520 m.



DÉTERMINATION

Vilvens, Williams & Herbert

**HOLOTYPE**

*Axellia trochos* Vilvens, Williams & Herbert, 2014 229



[0-500]/8692 documents

(seuls figurent les spécimens informatisés et non l'intégralité des collections)



Exporter la page

[1] HOLOTYPE *Axellia trochos* Vilvens, Williams & Herbert, 2014  
MNHN-IM-2009-23092 ALCOOL95 NOUVELLE-CALÉDONIE  
Banc de L'Orme/Walpole

[2] HOLOTYPE *Timbellus corbariae* Houart, 2015  
MNHN-IM-2000-30342 dry NOUVELLE-CALÉDONIE

[3] PARATYPE(S) *Axellia trochos* Vilvens, Williams & Herbert, 2014  
MNHN-IM-2009-23089 NOUVELLE-CALEDONIE EXBODIDW3862  
Banc de L'Orme/Walpole

[4] PARATYPE(S) *Axellia trochos* Vilvens, Williams & Herbert, 2014  
MNHN-IM-2009-23094 ALCOOL95 NOUVELLE-CALEDONIE EXBODIDW3861  
Banc de L'Orme/Walpole

Export des données spécimens dans les collections informatisées



	A	B	C	F	G	H	I	J	K	L	M								
	URI	action	catalognumber	lumber	type	Status	previous	identifications	family	genus	specific	Epithet	infraspecific	Epithet	scientific	name	Authorship	scientific	name
2	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2009-23092	IM	2009-23092			Holotype			Solariellidae	Axellia	trochos				Vilvens, Williams & Herbert, 2014			Axellia trochos	Vilvens, Williams & Herbert, 2014
3	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2000-30342	IM	2000-30342			Holotype			Muricidae	Timbellus	corbariae				Houart, 2015			Timbellus corbariae	Houart, 2015
4	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2009-23089	IM	2009-23089			Paratype(s)			Solariellidae	Axellia	trochos				Vilvens, Williams & Herbert, 2014			Axellia trochos	Vilvens, Williams & Herbert, 2014
5	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2009-23094	IM	2009-23094			Paratype(s)			Solariellidae	Axellia	trochos				Vilvens, Williams & Herbert, 2014			Axellia trochos	Vilvens, Williams & Herbert, 2014
6	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2009-23109	IM	2009-23109			Paratype(s)			Solariellidae	Axellia	trochos				Vilvens, Williams & Herbert, 2014			Axellia trochos	Vilvens, Williams & Herbert, 2014
7	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2009-31320	IM	2009-31320			Paratype(s)			Conidae	Profundiconus		pullandrei			Tenorio & Casteln, 2016			Profundiconus pullandrei	Tenorio & Casteln, 2016
8	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2009-31323	IM	2009-31323			Paratype(s)			Conidae	Profundiconus	neocaledonicus				Tenorio & Casteln, 2016			Profundiconus neocaledonicus	Tenorio & Casteln, 2016
9	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2012-2512	IK	2012-2512			Type(s)			Fungiacyathidae	Fungiacyathus	pusillus	pacificus			Cairns, 1995			Fungiacyathus (Fungiacyathus) pusillus pacificus	Cairns, 1995
10	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/au/2011-6438	IU	2011-6438			Paratype(s)			Palinuridae	Puerulus	quadridentis				Chan, Ma & Chu, 2013			Puerulus quadridentis	Chan, Ma & Chu, 2013
11	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2009-20612	IM	2009-20612			Cité(s)	Nassarius sp.		Nassaridae	Nassarius	martinezi				Kool & Galindo, 2014			Nassarius martinezi	Kool & Galindo, 2014
12	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2009-20616	IM	2009-20616			Cité(s)	Nassarius sp.		Nassaridae	Nassarius	velvetosus				Kool & Galindo, 2014			Nassarius velvetosus	Kool & Galindo, 2014
13	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2012-9562	IK	2012-9562			Cité(s)	Gen. sp.		Stylasteridae	Stylaster	sinuosus				(Cairns, 1991)			Stylaster sinuosus	(Cairns, 1991)
14	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/au/2013-1678	IU	2013-1678			Figuré(s) + Cité(s)			Epiplatidae	Samadina	longispina				Ng & Richer de Forges, 2013			Samadina longispina	Ng & Richer de Forges, 2013
15	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2012-29629	IM	2012-29629			Cité(s)			Pyramitridae	Hortia	pseudotarani				Kantor, Lozouet, Pullandre & Bouchet, 2014			Hortia pseudotarani	Kantor, Lozouet, Pullandre & Bouchet, 2014
16	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2012-29630	IM	2012-29630			Cité(s)			Pyramitridae	Hortia	pseudotarani				Kantor, Lozouet, Pullandre & Bouchet, 2014			Hortia pseudotarani	Kantor, Lozouet, Pullandre & Bouchet, 2014
17	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2012-29633	IM	2012-29633			Cité(s)			Pyramitridae	Hortia	macrocephala				Kantor, Lozouet, Pullandre & Bouchet, 2014			Hortia macrocephala	Kantor, Lozouet, Pullandre & Bouchet, 2014
18	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2012-29634	IM	2012-29634			Cité(s)			Pyramitridae	Hortia	macrocephala				Kantor, Lozouet, Pullandre & Bouchet, 2014			Hortia macrocephala	Kantor, Lozouet, Pullandre & Bouchet, 2014
19	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/im/2012-29635	IM	2012-29635			Cité(s)			Pyramitridae	Hortia	macrocephala				Kantor, Lozouet, Pullandre & Bouchet, 2014			Hortia macrocephala	Kantor, Lozouet, Pullandre & Bouchet, 2014
20	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-658	IK	2009-658						Gen.		sp.							Gen. sp.	
21	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-659	IK	2009-659						Gen.		sp.							Gen. sp.	
22	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-660	IK	2009-660						Gen.		sp.							Gen. sp.	
23	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-661	IK	2009-661						Gen.		sp.							Gen. sp.	
24	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-662	IK	2009-662						Gen.		sp.							Gen. sp.	
25	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-663	IK	2009-663						Gen.		sp.							Gen. sp.	
26	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-664	IK	2009-664						Gen.		sp.							Gen. sp.	
27	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-665	IK	2009-665						Gen.		sp.							Gen. sp.	
28	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-666	IK	2009-666						Gen.		sp.							Gen. sp.	
29	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-667	IK	2009-667						Gen.		sp.							Gen. sp.	
30	http://coldb.mnhn.fr/catalognumber/mnhn/k/2009-668	IK	2009-668						Gen.		sp.							Gen. sp.	



- ▶ 161 stations/collectes  
[Export des données de collectes\(CSV\)](#)  
[Export des données de lots\(CSV\)](#)
- ▶ Autres sources de données du MNHN  
[EXBODI dans les collections informatisées](#)

## EXBODI

### Objectifs :

La campagne EXBODI, initialement prévue au Vanuatu, s'est finalement déroulée en Nouvelle-Calédonie. Les objectifs étaient de compléter les échantillonnages dans les eaux néo-calédoniennes ainsi que d'étudier la biologie et la diversité des organismes associés aux bois coulés. [Lire la suite](#)

### Travaux effectués :

161 opérations ont été réalisées dont 71 traits de chalut à perche et 90 dragages à la drague Warèn.

### Remerciements :

### Bibliographie [+]

Accès aux références bibliographiques  
référencées en lien avec la campagne



### Bibliographie [-]

Bamber, Roger N., **2013**, Deep-water Pycnogonida from recent cruises to Papua New Guinea and Melanesia, with an appendix of new records from Polynesia and descriptions of five new species, *Zoosystema*, 35, 2, 195-214

**doi:** [10.5252/z2013n2a5](#)

Chan Tin-Yam, Ma Ka Yan, Chu Ka Hou, **2013**, The deep-sea spiny lobster genus *Puerulus* Ortmann, 1897 (Crustacea, Decapoda, Palinuridae), with descriptions of five new species, *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle-Résultats des campagnes MUSORSTOM*, 27, 204, 191-230

**Résumé** [\[+\]](#)

Fedosov, Alexander, Puillandre, Nicolas, Kantor, Yuri, Bouchet, Philippe, **10/2015**, Phylogeny and systematics of mitriform gastropods (Mollusca: Gastropoda: Neogastropoda): Phylogeny of Mitriform Gastropods, *Zoological Journal of the Linnean Society*, 175, 2, 336-359

**doi:** [10.1111/zoj.12278](#)

Galindo, Lee Ann, Puillandre, Nicolas, Utge, José, Lozouet, Pierre, Bouchet, Philippe, **2016**, The phylogeny and systematics of the Nassariidae revisited (Gastropoda, Buccinoidea), *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 99, 337-353

**doi:** [10.1016/j.ympev.2016.03.019](#)

Houart, Roland, **2015**, Four new species of Muricidae (Gastropoda) from New Caledonia, Papua New Guinea, and Indonesia, *The Nautilus*, 129, 4, 143-155

Kantor Y., Lozouet P., Puillandre N., Bouchet P., **2014**, Lost and found: The Eocene family Pyramimitridae (Neogastropoda) discovered in the Recent fauna of the Indo-Pacific, *Zootaxa*, 3754, 3, 239-276

**doi:** [10.11646/zootaxa.3754.3.2](#)

Lozouet, Pierre, Galindo, Lee Ann, **2015**, Resolution of the confused classification of some Miocene Nassariidae, and reappraisal of their paleobiodiversity on the French Atlantic seaboard, *Archiv für Molluskenkunde*, 144, 1, 31-50

Tenorio, Manuel J., Castelin, Magalie, **2016-01-29**, Genus *Profundiconus* Kuroda, 1956 (Gastropoda, Conoidea): Morphological and molecular studies, with the description of five new species from the Solomon Islands and New Caledonia, *European Journal of Taxonomy*, 0, 173, 1-4

**doi:** [10.5852/ejt.2016.173](#)

Vilvens C., Williams S., Herbert D., **2014**, New genus *Arxellia* with new species of Solariellidae (Gastropoda: Trochoidea) from New Caledonia, Papua New Guinea, Philippines, Western Australia, Vanuatu and Tonga, *Zootaxa*, 3826, 255-281





- ▶ 161 stations/collectes  
[Export des données de collectes\(CSV\)](#)  
[Export des données de lots\(CSV\)](#)
- ▶ Autres sources de données du MNHN  
[EXBODI dans les collections informatisées](#)

## EXBODI

### Liste des documents

- Devis et factures**  
Accès restreint (3)
- Documents administratifs et financiers**  
Accès restreint (1)
- Documents logistiques**  
Accès restreint (3)
- Dossier de préparation de mission**  
Accès restreint (15)
- Google Earth**  
Stations EXBODI, Google Earth
- Rapport de mission**  
**Fiche de valorisation de la campagne EXBODI soumise à la commission FLOTTE en 2015**  
Fiche ROSCOP  
Accès restreint (3)

Accès aux documents en  
accès libre



### FICHE " VALORISATION DES RESULTATS DES CAMPAGNES OCEANOGRAPHIQUES "

(à envoyer par courriel au secrétariat de la Commission Flotte hauturière ou côtière)

<b>Nom de la campagne : EXBODI</b>	
Projet / Programme de rattachement : Tropical Deep Sea Benthos	
Navire : ALIS	Engins lourds : dragues & chaluts
Dates de la campagne : 22/08/11 au 29/09/11 Nombre de jours sur zone/en transit : 26 / 11(dont 7 en stand-by à Port Villa)	Zone(s) : ZEE Nouvelle-Calédonie
Chef de mission principal (Nom, prénom et organisme) : Samadi Sarah, IRD Nombre de chercheurs et d'enseignants-chercheurs (en mer / à terre) : 7 / Réseau TDSB Nombre d'ingénieurs et de techniciens (en mer / à terre) : 2 / services des collections du MNHN Nombre d'étudiants (en mer / à terre) : 1/7 (décompte uniquement des thèses)	
Fiche remplie par : Sarah Samadi	Date de rédaction ou d'actualisation de la fiche : avril 2015
Adresse : MNHN, CP26 UMR7205 DES, 57 rue Cuvier 75005 Paris	
Email : sarah.samadi@mnhn.fr	Tel : 0140793759
Fax :	

### Résultats majeurs obtenus

#### Préambule

Le projet initial de la campagne EXBODI (Exploration de la biodiversité, Bois coulés et Dispersion) était de travailler sur l'ALIS au Vanuatu. Les autorisations de travaux dans la ZEE du Vanuatu avaient été obtenues selon les procédures habituelles. Une note verbale datant du 9 juin 2011 avait été transmise par le gouvernement du Vanuatu à l'ambassade de France à Port Villa. Hélas, en lien avec une conjoncture politique inattendue, lors de notre arrivée à Port Villa, les autorités sont revenues sur cette décision. Ne voyant pas la situation avancer avec les autorités locales et au vue du coût de l'immobilisation du navire et de l'équipe scientifique, il a été décidé de redéployer la campagne sur la Nouvelle-Calédonie en sollicitant les autorisations nécessaires.

## Accès aux documents en accès restreint

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Accueil Rechercher

français english

» Campagne EXBODI

161 stations/collectes  
[Export des données de collectes\(CSV\)](#)  
[Export des données de lots\(CSV\)](#)  
Autres sources de données du MNHN  
[EXBODI dans les collections informatisées](#)

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Identifiant :  \*

Mot de passe :  \*

Entrer Effacer

\* Champs obligatoires

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Référentiel BasExp

Authentification acceptée

Continuer

# Accès aux documents en accès restreint



## EXBODI

### Liste des documents

#### Devis et factures

Accès restreint (3)

#### Documents administratifs et financiers

Accès restreint (1)

#### Documents logistiques

Accès restreint (3)

#### Dossier de préparation de mission

Accès restreint (15)

#### Google Earth

Stations EXBODI, Google Earth

#### Rapport de mission

Fiche de valorisation de la campagne EXBODI soumise à la commission FLOTTE en 2015

Fiche ROSCOP

Accès restreint (3)



### Liste des documents

#### Devis et factures

Détail des frais de billets d'avion pour le Leg2

Détail des frais régie de Sarah Samadi

Facture Ethanol, NSA Programme

#### Documents administratifs et financiers

Décision de subvention pour les frais de matériel, de mission et de recherche sur le terrain - CNRS

#### Documents logistiques

Autorisations douanières

Customs - Request of Duty exemption for ethanol

Descriptif des envois du matériel collecté

#### Dossier de préparation de mission

Autorisation de campagne pour le Vanuatu

Autorisation de récolte et de recherche de la Province Sud de Nouvelle Calédonie

Autorisation de récolte et recherche dans la Zone Economique Exclusive de Nouvelle Calédonie

Compte rendu de réunion de préparation de mission - Genavir - Vanuatu

Demande de Campagne - Vanuatu

Demande de travail dans les eaux de la Nouvelle Calédonie

Demande de travail dans les eaux de la Nouvelle Calédonie - Annexes

Dossier de préparation de campagne

Informations médicales pour le Vanuatu

Province Nord - Demande d'autorisation de travaux de recherche

Province Nord - Informations à fournir pour la délivrance du permis de collecte

Province Nord - Informations fournies pour la délivrance du permis de collecte

Province Nord - Réponses de M. Cornuet

Standard Form A, Solomon Islands - Application for consent to conduct marine scientific research

Standard Form A, Vanuatu - Application for consent to conduct marine scientific research

#### Google Earth

Stations EXBODI, Google Earth

#### Rapport de mission

Fiche de valorisation de la campagne EXBODI soumise à la commission FLOTTE en 2015

Fiche de valorisation de la campagne EXBODI soumise à la commission FLOTTE en 2015 (fichier Word)

Fiche d'évaluation de fin de campagne

Fiche ROSCOP

Note relatant les difficultés rencontrées par le NO Alis au Vanuatu pour la mission EXBODI

# Accès aux documents en accès restreint



## EXBODI

- [Export des données de lots\(CSV\)](#)
- ▶ [Autres sources de données du MNHN EXBODI dans les collections informatisées](#)

### Liste des documents

#### Dossier de préparation de mission

- Autorisation de campagne pour le Vanuatu
- Autorisation de récolte et de recherche de la Province Sud de Nouvelle Calédonie
- Autorisation de récolte et recherche dans la Zone Economique Exclusive de Nouvelle Calédonie
- Compte rendu de réunion de préparation de mission - Genavir - Vanuatu
- Demande de Campagne - Vanuatu
- Demande de travail dans les eaux de la Nouvelle Calédonie**
- Demande de travail dans les eaux de la Nouvelle Calédonie - Annexes
- Dossier de préparation de campagne
- Informations médicales pour Vanuatu
- Province Nord - Demande d'autorisation de travaux de recherche
- Province Nord - Informations à fournir pour la délivrance du permis de collecte
- Province Nord - Informations à fournir pour la délivrance du permis de collecte
- Province Nord - Réponses à Cornuet
- Standard Form A, Solomon Islands - Application for consent to conduct marine scientific research
- Standard Form A, Vanuatu - Application for consent to conduct marine scientific research

*Campagne EXBODI, sur le navire océanographique ALIS (IRD), programmée du 20/08 au 30/09/2011.*

Demande de travail dans les eaux de Nouvelle Calédonie.

*Date de rédaction : 30/08/2011*

Responsable scientifique du projet :

*Sarah SAMADI, chargée de recherche à l'IRD (UMR7138).*

#### **Contexte de la demande.**

La présente demande d'autorisation de travail dans les eaux de Nouvelle Calédonie se place dans un contexte particulier. Notre équipe devait travailler sur l'ALIS du 20/08/2011 au 30/09/2011 pour une campagne du nom d'EXBODI (Exploration de la biodiversité, Bois coulés et Dispersion) devant se dérouler dans les eaux profondes du Vanuatu. Les autorisations de travaux dans la ZEE du Vanuatu avaient été obtenues selon les procédures habituelles. Une note verbale datant du 9 juin 2011 avait été transmise par le gouvernement du Vanuatu à l'ambassade de France à Port Villa. Hélas, en lien avec une conjoncture politique inattendue, lors de notre arrivée à Port Villa, les autorités sont revenues sur cette décision et après 8 jours d'attente à Port Villa nous avons décidé, en raison du coût de l'immobilisation du navire et de l'équipe scientifique, de ne pas poursuivre notre projet initial et de proposer un nouveau projet. **Le présent projet, propose donc de travailler sur la pente externe de la côte Est de la Nouvelle Calédonie, ce qui permettrait de sauver les objectifs scientifiques principaux de la campagne EXBODI.**

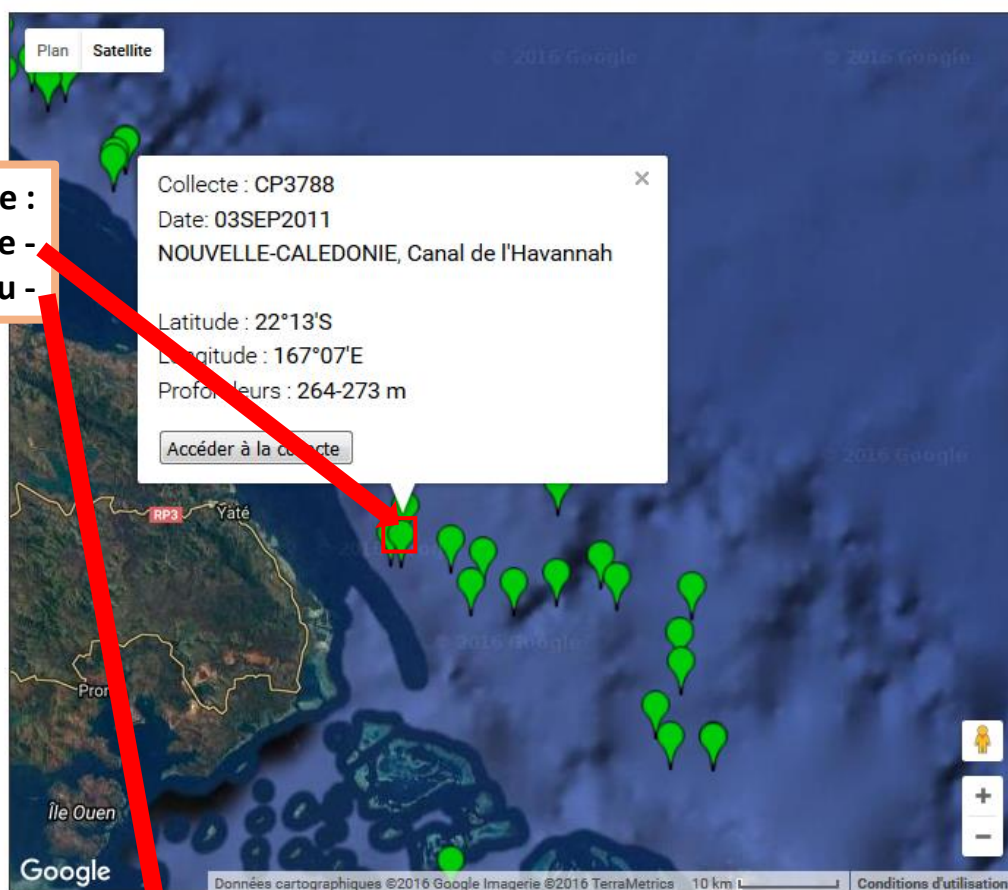
#### **Objectifs scientifiques de la demande.**

Un des objectifs centraux de la campagne EXBODI est de compléter les échantillonnages effectués par nos équipes autour de la Nouvelle Calédonie<sup>1</sup> afin notamment de documenter l'extension effective de la distribution des organismes de Nouvelle Calédonie et de comprendre les mécanismes de dispersion des organismes. **Ces travaux visent à mieux comprendre les processus à l'origine de la diversité et de la richesse de la faune des monts sous-marins qui sont des cibles potentielles pour la définition d'aires marines protégées en Nouvelle Calédonie.**

## EXBODI

### Cartographie des stations de collectes

Fichier GoogleEarth (.kml) des points de collectes



Accès à une collecte :  
depuis la carte -  
depuis le tableau -

### Liste des stations

Afficher 10 éléments

Rechercher :

Carte	Station/collecte	Latitude	Longitude	Date	Profondeurs	Altitudes
	CP3786	22°15'S	167°13'E	02/09/2011	406-442 m	
	DW3784	22°13'S	167°09'E	02/09/2011	353-365 m	
	DW3785	22°15'S	167°10'E	02/09/2011	386-387 m	
	<b>CP3788</b>	22°13'S	167°07'E	03/09/2011	264-273 m	
	CP3789	22°11'S	167°07'E	03/09/2011	335-350 m	

# Page d'accueil de la collecte CP3788



- Collecte
- Détail de capture
- Liste des photos
- Lots et observations
- Liste des participants

## Campagne EXBODI - Etape : Leg 1

### Station / Collecte : CP3788

#### Position

Coordonnées début :	Coordonnées fin :	22° 13' S, 167° 6' E
Sonde début :	Sonde fin :	
Altitude début :	Altitude fin :	
Habitat :		

#### Détail de capture

Méthode de capture :	Chalut à perche	Descriptif :	
Date début :		Date fin :	03/09/11
Profondeur début :	264 m	Profondeur fin :	273 m

#### Liste des photos associées à la collecte

Accès aux photos par catégorie



#### Lots et observations

Embranchement	Classe	Numéro lot	Numéro Observation	Accès	Nombre de spécimens	
					Observés	Restants

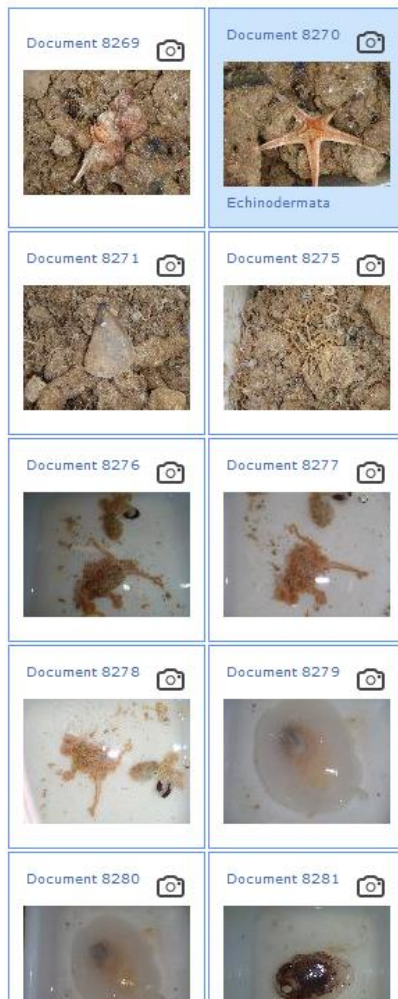
#### Liste des participants à la récolte :

Récolteur		Organisation
Prénom	Nom	
Albenga	Laurent	Muséum national d'Histoire naturelle
Boisselier	Marie-Catherine	Centre National de la Recherche Scientifique
Hourdez	Stephane	Centre National de la Recherche Scientifique
Samadi	Sarah	Institut de Recherche pour le Développement
Thubaut	Justine	Muséum national d'Histoire naturelle

# Page de consultation des photos d'organismes de la collecte CP3788



## Liste des photos pour le tag : (12) Organisme



**Document 8270**  
**Campagne: EXBODI / Station - Collecte: CP3788 / Observation: CP3788\_1**

Type identification : Photo      Date identification : 21/11/2016

Déterminateur : Julien Brisset

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce
Echinodermata	Asteroidea				

Nom de la photo :

Auteur :

**Annexe 2- Chapitre 2 – Liste des  
campagnes du Programme  
MUSORSTOM -TDSB**



An	Acronyme	Zone	Objectif	Nb op.	Nb Dr	Incl.	Nb jrs	Navire	Chef de projet (ou mission)	autres chefs de mission	commentaires
2017	Walter Shoal MD208	Indien Sud	Faune	44	24	NON	15	Marion Dusfresne	Bouchet, Philippe		Campagne non disponible dans Basexp au moment du traitement des données
2017	KANADEEP	NOUVELLE-CALÉDONIE	Faune	139	90	NON	21	ALIS	Samadi, Sarah	Stéphane Hourdez	Campagne non disponible dans Basexp au moment du traitement des données
2017	BIOMAGLO	OCEAN INDIEN	Faune	89	21	NON	17	ANTEA	Samadi, Sarah	Corbari, Laure	Campagne non disponible dans Basexp au moment du traitement des données
2016	Kanacono	NOUVELLE-CALÉDONIE	Faune	138	102	OUI	20	ALIS	Samadi, Sarah	Puillandre, Nicolas	4 Dragues à Roches sans récolte de faune
2015	ZhongSha_2015	TAIWAN	Faune	143	112	NON	11	Ocean Researcher 1	Chen, Wei-Jen		Collection de poissons NTU, Collection de Crustacés NTU
2015	KARUBENTHOS_2015	GUADELOUPE	Faune	36	10	OUI	22	ANTEA	Bouchet, Philippe	Corbari, Laure	Liste de participants non mise à jour par les chefs de missions au moment du traitement des données
2014	DONGSHA_2014	TAIWAN	Faune	12	2	OUI	4	Ocean Researcher 1	Chen, Wei-Jen		Collections de poissons NTU, Crustacés NTU
2014	GUYANE_2014	GUYANE FFRANCAISE	Faune	68	3	OUI	15	Hermano Gines	Bouchet, Philippe	Corbari, Laure	uniquement partie profonde de cette expédition prise en compte
2014	KAVIENG_2014	PAPOUASIE NOUVELLE GUINÉE	Faune	95	49	OUI	12	ALIS	Bouchet, Philippe		Collections de poissons NTU, uniquement partie profonde de cette expédition prise en compte
2014	MADEEP	PAPOUASIE NOUVELLE GUINÉE	Faune	105	65	OUI	17	ALIS	Samadi, Sarah	Corbari, Laure	Collections de poissons NTU
2014	NanHai_2014	TAIWAN	Faune	21	10	OUI	9	Ocean Researcher 5	Chen, Wei-Jen		Collections de poissons NTU, Crustacés NTU
2013	TAIWAN_2013	TAIWAN	Faune	16	3	OUI	6	Ocean Researcher 1 / Ocean Researcher 3	Chan, Tim-Yan	Chen, Wei-Jen	Collections de poissons NTU, Crustacés NTU
2012	PAPUA_NIUGINI	PAPOUASIE NOUVELLE GUINÉE	Faune	137	43	OUI	29	ALIS	Samadi, Sarah		Campagnes dans le cadre d'une expédition de La Planète Revisitée. Les Leg 3, 4 et 5 sont pris en compte ainsi que les 23 opérations du leg 3 numérotés selon la série TDSB. Collections de poissons NTU
2011	EXBODI	NOUVELLE-CALÉDONIE	Faune	161	90	OUI	24	ALIS	Samadi, Sarah	Corbari, Laure	Collection de poissons NTU (National Taiwan University)
2010	ATIMO_VATAE	OCEAN INDIEN	Faune	121	61	OUI	16	Nosy Be I1	Bouchet, Philippe		Uniquement partie profonde de cette expédition prise en compte

<b>2010</b>	BIOPAPUA	PAPOUASIE NOUVELLE GUINÉE	Faune	156	57	OUI	44	ALIS	Samadi, Sarah	Corbari, Laure	Collection de poissons Academia Sinica (Taiwan)
<b>2009</b>	MAINBAZA	OcéAN INDIEN	Faune	46	4	OUI	9	Vizeconde de Eza	Bouchet, Philippe	Ramos, Ana	Collections de Crustacés et de Mollusques au MNHN, le reste à Vigo
<b>2009</b>	MIRIKY	OcéAN INDIEN	Faune	119	41	OUI	18	Miriky	Bouchet, Philippe		
<b>2009</b>	TARASOC	POLYNESIE	Faune	213	186	OUI	30	ALIS	Bouchet, Philippe		Second leg réalisé en lien avec le programme MOOREABIOCODE, une partie des collections est déposée au Florida Museum of Natural History. <a href="https://mooreabiocode.org/teams/marine-invertebrates">https://mooreabiocode.org/teams/marine-invertebrates</a>
<b>2008</b>	CONCALIS	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	103	71	OUI	14	Alis	Bouchet, Philippe		
<b>2008</b>	LUMIWAN_2008	PHILIPPINES	Faune	68	5	NON	10	DA-BFAR	Bouchet, Philippe		Matériel perdu – Pas de publications – Pas de liste de participants disponible
<b>2008</b>	TERRASSES	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	99	67	OUI	16	ALIS	Samadi, Sarah		
<b>2007</b>	AURORA_2007	PHILIPPINES	Faune	112	20	OUI	15	DA-BFAR	Bouchet, Philippe	Manuel Santos, Marivene	Collections de crustacés NTOU ou NUS
<b>2007</b>	SALOMONBOA_3	ILES SALOMON	Faune	96	29	OUI	23	ALIS	Richer de Forges, Bertrand		
<b>2006</b>	SANTO_2006	VANUATU	Faune	136	?	OUI	30	ALIS	Samadi, Sarah	Richer de Forges, Bertrand	Collections de crustacés en partie NUS, uniquement partie de l'expédition réalisée sur l'Alis est prise en compte, toutes les stations notées AT on ne sait pas combien de CP/DW. 15 casiers non pris en compte (posés lors de BOA1 récupéré un an après)
<b>2005</b>	BOA1	VANUATU	Faune	71	15	OUI	12	ALIS	Samadi, Sarah	Richer de Forges, Bertrand	
<b>2005</b>	EBISCO	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	172	74	OUI	18	ALIS	Richer de Forges, Bertrand		
<b>2005</b>	PANGLAO_2005	PHILIPPINES	Faune	79	16	OUI	11	DA-BFAR	Bouchet, Philippe	Labe, Ludivina Ng, Peter K.L.	Collections de crustacés NTOU (National Taiwan Ocean University) ou NUS (National University of Singapore)
<b>2004</b>	BOA0	VANUATU	Faune	27	0	OUI	5	ALIS	Richer de Forges, Bertrand		
<b>2004</b>	SALOMON_2	ILES SALOMON	Faune	141	56	OUI	19	ALIS	Bouchet, Philippe		
<b>2004</b>	TAIWAN_2004	TAIWAN	Faune	33	4	OUI	8	Fishery Research 2	Chan, Tim- Yan		4 opérations avec un engin non identifié ne sont pas prises en compte, collections crustacés NTOU

<b>2003</b>	NORFOLK_2	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	141	95	OUI	18	ALIS	Richer de Forges, Bertrand	
<b>2003</b>	TAIWAN_2003	TAIWAN	Faune	24	3	OUI	9	??	Chan, Tim- Yan	10 opérations avec un engin non identifié ne sont pas prises en compte, collections crustacés NTOU
<b>2002</b>	BENTHAUS	POLYNESIE	Faune	161	133	OUI	22	ALIS	Richer de Forges, Bertrand	
<b>2002</b>	TAIWAN_2002	TAIWAN	Faune	45	8	OUI	16	Ocean Researcher 1 / Chenging Fa	Chan, Tim- Yan	8 opérations avec un engin non identifié ne sont pas prises en compte, collections crustacés NTOU
<b>2001</b>	NORFOLK_1	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	89	55	OUI	10	ALIS	Richer de Forges, Bertrand	
<b>2001</b>	SALOMON_1	ILES SALOMON	Faune	118	67	OUI	14	ALIS	Richer de Forges, Bertrand	3 stations de filet à plancton non prises en compte
<b>2001</b>	TAIWAN_2001	TAIWAN	Faune	80	2	OUI	19	Chung Tung Long No.26	Chan, Tim- Yan	Collection de crustacés NTOU
<b>2000</b>	BORDAU_2	TONGA	Faune	138	78	OUI	22	ALIS	Richer de Forges, Bertrand	
<b>2000</b>	TAIWAN_2000	TAIWAN	Faune	55	22	OUI	9	Ocean Researcher 1	Chan, Tim- Yan	7 opérations au filet à plancton non prises en compte
<b>1999</b>	BORDAU_1	FIDJI	Faune	117	53	OUI	19	ALIS	Richer de Forges, Bertrand	
<b>1999</b>	LITHIST	NOUVELLE- CALÉDONIE	Chimie	18	7	OUI	3	ALIS	Richer de Forges, Bertrand	
<b>1999</b>	PALEO-SURPRISE	NOUVELLE- CALÉDONIE	Géologie/Faune	28	10	OUI	6	ALIS	Richer de Forges, Bertrand	
<b>1998</b>	MUSORSTOM_10	FIDJI	Faune	83	34	OUI	15	ALIS	Richer de Forges, Bertrand	
<b>1997</b>	MUSORSTOM_9	POLYNESIE	Faune	165	109	OUI	20	ALIS	Richer de Forges, Bertrand	
<b>1996</b>	HALIPRO_2	NOUVELLE- CALÉDONIE	Halieutique	106	0	OUI	23	ALIS	Grandperrin, René	
<b>1996</b>	SMCB	POLYNESIE	Faune	590	92	OUI	280	ALIS/MARARA/autre	Poupin, Jacques	Le contrôle radiobiologique du milieu marin polynésien effectué par le SMCB a réalisé avec des techniques de pêche variées, le suivi des organismes marins. Les stations concernant le benthos profonds ont été réunies artificiellement comme une campagne TDSB.

1995	SMIB_10	NOUVELLE- CALÉDONIE	Chimie	15	15	NON	3	Alis	NA	Pas de liste de participants disponible, 2 plongées non prises en compte
1994	BATHUS_4	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	74	41	OUI	12	Alis	Richer de Forges, Bertrand	
1994	HALICAL_1	NOUVELLE- CALÉDONIE	Halieutique	42	4	OUI	19	Alis	Grandperrin, René	
1994	HALIPRO_1	NOUVELLE- CALÉDONIE	Halieutique	32	0	OUI	7	Alis	Grandperrin, René	
1994	MUSORSTOM_8	FIDJI	Faune	186	76	OUI	20	Alis	Richer de Forges, Bertrand	
1993	BATHUS_1	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	75	43	OUI	10	Alis	Richer de Forges, Bertrand	
1993	BATHUS_2	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	58	33	OUI	9	Alis	Richer de Forges, Bertrand	
1993	BATHUS_3	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	78	47	OUI	9	Alis	Richer de Forges, Bertrand	
1993	LAGON	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	NA	NA	NON	NA	NA	Richer de Forges, Bertrand	Cas particulier
1993	SMIB_8	NOUVELLE- CALÉDONIE	Chimie	57	55	OUI	7	Alis	Debitus, Cécile	
1993	SMIB_9	NOUVELLE- CALÉDONIE	Chimie	NA	NA	NON	NA	Alis	NA	Pas de liste de participant disponible – Pas de liste de stations
1992	BERYX_11	NOUVELLE- CALÉDONIE	Halieutique	60	10	OUI	10	Alis	Lehodey, Patrick	
1992	MUSORSTOM_7	WALLIS & FUTUNA	Faune	145	109	OUI	20	Alis	Richer de Forges, Bertrand	
1991	BERYX_2	NOUVELLE- CALÉDONIE	Halieutique	19	0	OUI	8	Alis	Grandperrin, René	
1991	KARUBAR	INDONESIE	Faune	91	28	OUI	15	Baruna Jaya I	Moosa, Mohammad Kasim	
1990	AZTEQUE	NOUVELLE- CALÉDONIE	Halieutique	11	0	OUI	4	ALIS	Grandperrin, René	

<b>1990</b>	SMIB_6	NOUVELLE- CALÉDONIE	Chimie	40	32	OUI	4	Alis	Debitus, Cécile
<b>1989</b>	CALSUB	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	22	0	OUI	19	Le Suroît	Roux, Michel
<b>1989</b>	GEMINI	VANUATU	Halieutique	13	0	OUI	3	Alis	Monzier, Michel
<b>1989</b>	MUSORSTOM_6	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	103	81	OUI	12	Alis	Richer de Forges, Bertrand
<b>1989</b>	SMIB_4	NOUVELLE- CALÉDONIE	Chimie	36	36	OUI	4	Alis	Debitus, Cécile
<b>1989</b>	SMIB_5	NOUVELLE- CALÉDONIE	Chimie	36	36	NON	5	Alis	Debitus, Cécile
<b>1989</b>	VOLSMAR	NOUVELLE- CALÉDONIE	Halieutique	38	32	OUI	9	Alis / Jacques Cartier	Monzier, Michel
<b>1988</b>	CORAIL_2	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	173	150	OUI	14	Coriolis	Richer de Forges, Bertrand
<b>1987</b>	BIOGEOCAL	NOUVELLE- CALÉDONIE	Géologie/Faune	49	12	OUI	23	Coriolis	Cotillon, Pierre
<b>1987</b>	SMIB_3	NOUVELLE- CALÉDONIE	Chimie	33	31	OUI	6	Vauban	Richer de Forges, Bertrand
<b>1986</b>	CHALCAL_2	NOUVELLE- CALÉDONIE	Halieutique	38	16	OUI	5	Coriolis	Richer de Forges, Bertrand
<b>1986</b>	MUSORSTOM_5	NOUVELLE- CALÉDONIE	Faune	137	89	OUI	16	Vauban	Richer de Forges, Bertrand
<b>1986</b>	SMIB_1	NOUVELLE- CALÉDONIE	Chimie	15	14	OUI	3	Vauban	Debitus, Cécile
<b>1986</b>	SMIB_2	NOUVELLE- CALÉDONIE	Chimie	31	31	OUI	6	Vauban	Debitus, Cécile
<b>1985</b>	BIOCAL	NOUVELLE- CALÉDONIE	Géologie/Faune	68	32	OUI	17	Jean Charcot	Lévi, Claude
<b>1985</b>	MUSORSTOM_3	PHILIPPINES	Faune	59	11	OUI	8	Coriolis	Forest, Jacques

2 plongées en scaphandre autonome non prises en compte

Pas de liste de participants disponible

6 plongées en scaphandre autonome non prises en compte

103 carottages sans récolte de faune non pris en compte

38 carottages sans récoltes de faune non pris en compte

une station hydrologie non prise en compte

<b>1985</b>	MUSORSTOM_4	NOUVELLE-CALÉDONIE	Faune	104	51	OUI	16	Vauban	Richer de Forges, Bertrand	
<b>1984</b>	CHALCAL_1	NOUVELLE-CALÉDONIE	Halieutique	98	69	OUI	15	Cortiols	Richer de Forges, Bertrand	1.5 plongées en scaphandre autonome non prises en compte
<b>1980</b>	CORINDON_2	INDONESIE	Faune	59	32	OUI	13	Cortiols	Launay, Jean	11 opérations peu profondes bennes ou dragages non prises en compte
<b>1980</b>	MUSORSTOM_2	PHILIPPINES	Faune	69	3	OUI	13	Cortiols	Forest, Jacques	1.5 opérations peu profondes bennes ou dragages non prises en comptes
<b>1979</b>	VAUBAN_1978-1979	NOUVELLE-CALÉDONIE	Faune	48	41	NON	11	Vauban	Lévi, Claude	Pas de liste de participants disponible
<b>1976</b>	MUSORSTOM_1	PHILIPPINES	Faune	61	4	OUI	11	Vauban	Forest, Jacques	12 filets à plancton non pris en compte et une drague géologique non prises en compte

Tableau 1. Liste des campagnes du programme MUSORSTOM-TDSB. Pour chaque campagne, a date de réalisation de la campagne – n'est mentionné que la date de fin pour les campagnes réalisées sur au moins un an (VAUBAN 1978-1979, Lagon, SMCB) – la zone explorée, l'objectif général de la campagne, le nombre total d'opérations (dragages, chalutages, casiers, plongées, palangres...), le nombre de dragages, si la campagne est incluse dans le jeu de données, le nombre de jours de la campagne, le nom du navire utilisé, le nom du ou des chefs de mission et un champ remarque. Abréviations : NTU : National Taiwan University – NTOU : National Taiwan Ocean University, NUS : National University of Singapore.

Le programme Lagon est un regroupement de 13 campagnes d'exploration des lagon de Nouvelle-Calédonie entre 1984 et 1989 avec Bertrand Richer de Forges pour chef de mission. La majorité des campagnes Lagon a échantillonné la faune de zones peu profondes (au dessus de 150 mètres). Une partie très marginale des opérations de ce programme a été associé au programme MUSORSTOM / TDSB dont les stations étaient plus profondes (au delà de 100 mètres de profondeur). Sur les 1237 stations, seules 50 correspondent à ces critères. Cette correspondance est artificielle et ne correspond pas à une campagne réelle mais à des bouts de ces campagnes, il n'est donc pas possible de dresser une liste de participants.

La campagne Vauban 1978-1979 correspond à une succession de très « courtes » campagnes en Nouvelle-Calédonie, étalées sur l'année 1978-1979 à bord du navire le Vauban alors basé à Nouméa et dont on ne dispose d'aucun document à part la liste des stations (ni liste de participant, ni compte rendu). La campagne SMCB correspond à un ensemble d'opérations de dragages entre 1990 et 1991 et à de poses de casiers entre 1986 et 1996 réalisées à bord du MARARA dont l'objectif premier est de surveiller le taux de radioactivité de la faune marine de Polynésie française (Poupin, 1991), et dont les spécimens récoltés ont été envoyés au MNHN de Paris pour identification. Le contrôle radiobiologique du milieu marin polynésien est à cette époque effectué par le Service Mixte de Contrôle Biologique (SMCB) dont le taxonomiste Joseph Poupin fait parti. Il n'y a pas de liste de participants scientifiques associés à ces campagnes.



## **Annexe 3 – Chapitre 2 – Liste des participants occasionnels**



Code	Nom, Prénom	Publiant	Nbre de campagnes	Nbre articles total	Spécialité groupe taxonomique	Spécialité disciplinaire	Chef de mission
P1	Abdelkrim, Jawad	1	2	1	NA	BIOLOGISTE	0
P4	Antimoni, William Petelo	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P5	Apone, Jesse	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P6	Andalis, Andres	0	1	0	NA	NA	0
P7	Auchère, Sandrine	0	1	0	IM	BIOLOGISTE	0
P8	Angara, Eusebio	0	1	0	NA	NA	0
P9	Arbasto, Jo	0	2	0	IC	BIOLOGISTE	0
P11	Arizabal, Ariel	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P24	Bonnivard, Eric	1	1	1	IU	BIOLOGISTE	0
P21	Borsa, Philippe	1	1	5	IC	BIOLOGISTE	0
P15	Barrère, Alain	0	1	0	NA	NA	0
P16	Bautista, William	0	1	0	NA	NA	0
P17	Blache, Jacques	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P18	Bentlage, Bastian	0	1	0	NA	NA	0
P20	Borja, Valeriano	0	1	0	NA	NA	0
P23	Bourret, Philippe	1	1	2	IC	BIOLOGISTE	0
P25	Bourseau, Jean-Paul	1	2	10	IE	BIOLOGISTE	0
P26	Brisset, Julien	1	1	2	NA	BIOLOGISTE	0
P27	Buge, Barbara	1	1	2	IM	BIOLOGISTE	0
P30	Cabioch, Guy	1	1	1	-	GEOLOGUE	0
P32	Castelin, Magalie	1	2	5	IM	BIOLOGISTE	0
P187	Potier, Michel	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P29	Brosseau, Olivier	0	1	0	IE	BIOLOGISTE	0
P36	Chang, Su-Ching	1	2	2	IU	BIOLOGISTE	0
P31	Calugtong, Marlon	0	1	0	NA	NA	0
P33	Césa, Frédéric	0	1	0	NA	NA	0
P46	Clark, Malcolm R.	1	2	2	IC	BIOLOGISTE	0
P37	Chazottes, Véronique	0	1	0	-	GEOLOGUE	0
P39	Chen, Jhen-Nien	0	2	0	NA	NA	0
P47	Cleva, Régis	1	2	15	IU	BIOLOGISTE	0
P41	Chen, Chien-Hsun	0	1	0	IK	BIOLOGISTE	0
P42	Cheng, Yu-Rong	0	2	0	IU	BIOLOGISTE	0
P43	Chevillon, Christophe	0	1	0	-	GEOLOGUE	0
P44	Chiuco, Marites	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P48	Cohen, Bernard L.	1	1	6	IB	BIOLOGISTE	0
P50	Cotillon, Pierre	1	2	9	-	GEOLOGUE	1
P54	Coustillas, François	1	1	2	-	GEOLOGUE	0
P56	Davie, Peter J.F.	1	2	7	IU	BIOLOGISTE	0
P51	Couchy, Frédéric	0	1	0	NA	NA	0
P53	Correge, Thierry	0	1	0	NA	NA	0

Code	Nom, Prénom	Publiant	Nbre de campagnes	Nbre articles total	Spécialité groupe taxonomique	Spécialité disciplinaire	Chef de mission
P61	Delauneux, Jean-Marc	1	1	1	-	CHIMISTE	0
P66	Doumenc, Dominique	1	1	1	IK	BIOLOGISTE	0
P58	de la Paz, René	0	2	0	IC	BIOLOGISTE	0
P70	Faliex, Elisabeth	1	1	4	IN	BIOLOGISTE	0
P71	Farman, Richard	1	1	2	IC	BIOLOGISTE	0
P62	Delavenne, Juliette	0	1	0	NA	NA	0
P63	Della Patrona, L	0	1	0	NA	NA	0
P64	Denis, O	0	1	0	NA	NA	0
P65	Desurmont, A	0	1	0	NA	NA	0
P72	Favreau, Philippe	1	1	1	IM	BIOLOGISTE	0
P74	Fedosov, Alexander E.	1	2	9	IM	BIOLOGISTE	0
P68	Dupoux, Cyndie	0	1	0	NA	NA	0
P69	Espiau, Benoît	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P76	Fourmanoir, Pierre	1	1	7	IC	BIOLOGISTE	0
P77	Gaill, Françoise	1	1	9	BACTERIE	BIOLOGISTE	0
P10	Arifin, Zaenal	0	1	0	NA	NA	0
P75	Flores, Daniel	0	1	0	NA	NA	0
P79	Galindo, Lee Ann	1	2	3	IM	BIOLOGISTE	0
P84	Goiran, Claire	1	1	1	IM	BIOLOGISTE	0
P88	Gros, Olivier	1	2	6	NA	BIOLOGISTE	0
P80	Gallois, Francis	0	1	0	NA	NA	0
P81	Ganzik, Ken	0	1	0	NA	NA	0
P82	Gerbault, Alain	0	1	0	NA	NA	0
P85	Guarrigue, Claire	0	1	0	Baleine	BIOLOGISTE	0
P86	Guo, Dao-ren	0	1	0	NA	NA	0
P90	Hamel, Pascal	1	1	1	NA	BIOLOGISTE	0
P93	Héros, Virginie	1	1	10	IM	BIOLOGISTE	0
P91	Helleouet, Marie-Noëlle	0	1	0	NA	NA	0
P92	Heralde, Frank	0	1	0	IM	BIOLOGISTE	0
P100	Hoyoux, Caroline	1	1	4	NA	BIOLOGISTE	0
P94	Hilario, Efren	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P95	Holué, Antoine	0	1	0	-	CHIMISTE	0
P96	Hong, Kuo-Wei	0	1	0	NA	NA	0
P101	Iwamoto, Tomio	1	1	5	IC	BIOLOGISTE	0
P98	Hsu, Ling-Lan	0	1	0	NA	NA	0
P99	Huang, Chung-Sheng	0	1	0	NA	NA	0
P106	Jomessy, Ty	1	1	2	NA	BIOLOGISTE	0
P102	Jaing, Bing-Rong	0	1	0	NA	NA	0
P103	Javier Jr, Jose	0	1	0	NA	NA	0
P104	Javier, Jun	0	1	0	NA	NA	0
P105	Jiang, Guo-Chen	0	1	0	NA	NA	0

Code	Nom, Prénom	Publiant	Nbre de campagnes	Nbre articles total	Spécialité groupe taxonomique	Spécialité disciplinaire	Chef de mission
P108	Kastoro, Woro W.	1	1	1	IM	BIOLOGISTE	0
P109	Kelly-Borges, Michelle	1	1	3	IP	BIOLOGISTE	0
P12	Azis, Aznam	0	1	0	NA	NA	0
P112	Kulbicki, Michel	1	1	6	IC	BIOLOGISTE	0
P110	Ko"Ou, Alfred	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P111	Kornprobst, Jean-Michel	0	1	0	-	CHIMISTE	0
P13	Azmi	0	1	0	NA	NA	0
P114	Labe, Ludivina	0	2	0	NA	NA	1
P116	Labrosse, Pierre	1	1	1	IC	BIOLOGISTE	0
P117	Lai, Joelle C.Y.	1	2	2	IU	BIOLOGISTE	0
P121	Lardy, Michel	1	1	1	-	GEOLOGUE	0
P118	Lapetite, Alain	0	2	0	NA	NA	0
P119	Laurent, Jean-Louis	0	1	0	-	GEOLOGUE	0
P120	Laurin, Bernard	1	2	9	IB	BIOLOGISTE	0
P133	Le Guyader, Hervé	1	1	2	NA	BIOLOGISTE	0
P122	Launay, Jacques	0	1	0	NA	NA	1
P123	Leander, Nico Jose	0	1	0	NA	NA	0
P124	Leblond, Alice	0	1	0	NA	NA	0
P125	Le Borgne, Robert	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P126	Lecornet, D	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P127	Lee, Mao-Ying	0	2	0	IC	BIOLOGISTE	0
P128	Lee, Ruei-Yi	0	1	0	NA	NA	0
P130	Lee, Ding-An	1	1	1	IU	BIOLOGISTE	0
P132	Lee, Rueil-Ly	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P134	Lehodey, Patrick	1	2	10	IC	BIOLOGISTE	1
P137	Lévi, Claude	1	1	16	IP	BIOLOGISTE	1
P135	Le loeuff, Pierre	0	1	0	NA	NA	0
P143	Lorance, Pascal	1	1	1	IC	BIOLOGISTE	0
P139	Linder, Alberto	0	1	0	IK	BIOLOGISTE	0
P140	Liao, Yunn-Chih	0	1	0	IU	BIOLOGISTE	0
P141	Lo, Pei-Chun	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P142	Lopez, Philippe	0	1	0	NA	NA	0
P144	Lorion, Julien	1	2	9	IM	BIOLOGISTE	0
P145	Low, Martyn E.Y.	1	1	1	IU	BIOLOGISTE	0
P147	Lu, Chung-Cheng	1	1	3	IM	BIOLOGISTE	0
P149	Macpherson, Enrique	1	1	50	IU	BIOLOGISTE	0
P148	Luro, Catherine	0	1	0	NA	NA	0
P151	Maestrati, Philippe		1	14	IM	BIOLOGISTE	0
P28	Burhanudin	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P218	Manuel Santos, Marivene	1	2	2	IU	BIOLOGISTE	1

Code	Nom, Prénom	Publiant	Nbre de campagnes	Nbre articles total	Spécialité groupe taxonomique	Spécialité disciplinaire	Chef de mission
P153	Marchand, Didier	0	1	0	NA	NA	0
P154	Martin-Lefèvre, Paula	0	1	0	IU	BIOLOGISTE	0
P155	Mandon, Perrine	0	1	0	NA	NA	0
P162	Mendoza, Jose-Christopher	1	1	5	IU	BIOLOGISTE	0
P157	Manlulu, Val	0	1	0	IP	BIOLOGISTE	0
P158	Menegola, Carla	0	1	0	IP	BIOLOGISTE	0
P160	Merret, Nigel	1	1	2	IC	BIOLOGISTE	0
P161	Mendoza, Evelyn	0	1	0	NA	NA	0
P113	Kusnin, Ali	0	1	0	NA	NA	0
P164	Molodtsova, Tina	1	1	5	IK	BIOLOGISTE	0
P165	Monniot, Claude	1	2	12	IT	BIOLOGISTE	0
P166	Monniot, Françoise	1	2	12	IT	BIOLOGISTE	0
P150	Madjid, Nasir	0	1	0	NA	NA	0
P168	Monzier, Michel	1	2	2	-	GEOLOGUE	2
P167	Moosa, Mohammad Kasim	1	1	6	IU	BIOLOGISTE	1
P169	Mou-Tham, Gérard	1	2	1	IC	BIOLOGISTE	0
P170	Nating, Dako	1	1	1	NA	BIOLOGISTE	0
P172	Neveu, Cédric	0	1	0	IN	BIOLOGISTE	0
P171	Nauges, Carole	1	1	1	NA	BIOLOGISTE	0
P173	Newell, Peter	1	1	1	NA	BIOLOGISTE	0
P174	Ng, Peter Kee Lin	1	1	55	IU	BIOLOGISTE	1
P175	N'Guyen, Félix	0	1	0	NA	BIOLOGISTE	0
P176	Olu-Le Roy, Karine	0	1	0	NA	BIOLOGISTE	1
P177	Osorio, Euriphedes	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P179	Pascal, Alain	0	1	0	-	GEOLOGUE	0
P180	Paulay, Gustav	1	1	3	IE	BIOLOGISTE	0
P181	Paulin, Chris	1	1	2	IC	BIOLOGISTE	0
P182	Philippe, Jean-Sébastien	1	2	1	NA	GEOLOGUE	0
P183	Pianet, Renaud	1	2	2	IC	BIOLOGISTE	0
P185	Ponsard, Julie	0	1	0	IU	BIOLOGISTE	0
P184	Pisera, Andrzej	1	1	1	IP	BIOLOGISTE	0
P156	Mahiswara	0	1	0	NA	NA	0
P186	Poupin, Joseph	1	2	13	IU	BIOLOGISTE	0
P188	Pruvost, Patrice	1	1	2	IC	BIOLOGISTE	0
P190	Qin , Qixiang	0	1	0	NA	NA	0
P191	Quinquis, Renaud	0	1	0	NA	NA	0
P193	Rafamatanantsoa , Sylvestre	0	1	0	NA	NA	0
P194	Ramos, Ana	0	1	0	NA	NA	1
P195	Ranaivoson, Eugène	0	2	0	NA	BIOLOGISTE	0
P196	Rahayu, Dwi Listyo	1	1	8	IU	BIOLOGISTE	0

Code	Nom, Prénom	Publiant	Nbre de campagnes	Nbre articles total	Spécialité groupe taxonomique	Spécialité disciplinaire	Chef de mission
P197	Rayos, Joseph	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P198	Récy, Jacques	0	1	0	-	GEOLOGUE	0
P199	Retière, Christian	0	1	0	IA	BIOLOGISTE	0
P200	Reyes, Rodolfo	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P201	Reverter, Oscar	0	1	0	IB	BIOLOGISTE	0
P192	Ramil, Fran	1	1	2	IK	BIOLOGISTE	0
P204	Rigolot, Patrick	1	1	2	-	GEOLOGUE	0
P206	Riomalos, Homerto A.	0	1	0	NA	NA	0
P207	Rivera, R	0	1	0	NA	NA	0
P205	Rio, Michel	1	2	8	-	GEOLOGUE	0
P209	Robertson, Ross	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P210	Rodriguez, Estefania	0	1	0	X	NA	0
P208	Roberts, Clive	1	3	6	IC	BIOLOGISTE	0
P212	Romantico, Pedro	0	1	0	X	NA	0
P211	Rodier, Martine	1	1	1	-	GEOLOGUE	0
P213	Rosado, José	1	2	1	IM	BIOLOGISTE	0
P214	Rosell, Neon C.	1	1	3	IU	BIOLOGISTE	0
P216	Rousseau, Florence	1	1	1	Algue	BIOLOGISTE	0
P217	Roux, Michel	1	1	23	IE	BIOLOGISTE	1
P215	Russell-Hanley, John	1	1	1	IA	BIOLOGISTE	0
P219	Saguil, Noel	1	2	1	NA	BIOLOGISTE	0
P223	Schlacher, Thomas	1	2	3	IU	BIOLOGISTE	0
P222	Shih, C.T.	0	1	0	IU	BIOLOGISTE	0
P224	Schlacher-Hoenlinger, Monika	1	1	2	IP	BIOLOGISTE	0
P227	Ségonzac, Michel	1	2	2	IU	BIOLOGISTE	0
P225	Schoelinck, Charlotte	0	1	0	IN	BIOLOGISTE	0
P226	Secretan, Sylvie	0	1	0	IU	BIOLOGISTE	0
P228	Sen, Arunima	0	1	0	NA	NA	0
P221	Shao, Kwang-Tsao	1	1	5	IC	BIOLOGISTE	0
P230	Servidad, Rhoda	0	1	0	NA	NA	0
P231	Sindac, Rommel	0	1	0	NA	NA	0
P232	Sohun, Edwin	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P233	Soselisa, Yunus	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P234	Stocklin, Reto	0	1	0	-	CHIMISTE	0
P235	Strong, Ellen	1	2	6	IM	BIOLOGISTE	0
P236	Sumiono, Bambang	0	1	0	NA	NA	0
P237	Tan, Swee Hee	1	1	6	IU	BIOLOGISTE	0
P238	Tanay, Denis	0	1	0	NA	NA	0
P239	Tavares, Marcos	1	1	8	IU	BIOLOGISTE	0
P240	Tayale, Alexandre	0	1	0	NA	NA	0
P242	Tillier, Simon	1	2	1	NA	BIOLOGISTE	0

Code	Nom, Prénom	Publiant	Nbre de campagnes	Nbre articles total	Spécialité groupe taxonomique	Spécialité disciplinaire	Chef de mission
P244	Tracey, Diane	0	1	0	IC	BIOLOGISTE	0
P245	Tranvouez, Simon	0	1	0	NA	NA	0
P246	Tribovillard, Nicolas	0	1	0	-	GEOLOGUE	0
P247	Triclot, M. P.	0	1	0	NA	NA	0
P248	Tshudy, Dale	1	1	2	IU	BIOLOGISTE	0
P250	Valles, Dave	0	2	0	NA	NA	0
P251	Valenzuela, Mark Jhay	0	1	0	NA	NA	0
P252	Vacelet, Jean	1	2	4	IP	BIOLOGISTE	0
P254	Velasco, Pierre	0	1	0	NA	NA	0
P255	Viallon, Jérôme	0	1	0	NA	NA	0
P256	Virly, Sabrina	1	1	3	IC	BIOLOGISTE	0
P257	Viron, Jennifer	0	1	0	NA	NA	0
P258	Wang, YL	1	1	1	IU	BIOLOGISTE	0
P268	Wang , Teng-Wei	1	2	1	IU	BIOLOGISTE	0
P261	Webber, Rick	0	1	0	IU	BIOLOGISTE	0
P262	Wood, Brent	0	1	0	NA	NA	0
P259	Wantiez, Laurent	1	1	5	IC	BIOLOGISTE	0
P266	Yleana, Joeren	0	1	0	NA	NA	0
P264	Zbinden, Magalie	1	3	10	NA	BIOLOGISTE	0

Tableau 2. Liste des participants occasionnels des campagnes TDSB sur la période 1976 – 2016, classés par ordre alphabétique des noms des participants. La colonne intitulée « publiant » indique si le participant a publié des articles qui utilisent du matériel récolté pendant les campagnes TDSB (1) ou non (0). La dernière colonne indique le nombre de fois où le participant a été chef de mission.



## **Annexe 4 – Chapitre 2. Annexe méthodologique**



# ANNEXE METHODOLOGIQUE

Dans cette annexe est présentée une tentative d'analyse des liens entre campagnes et articles qui a été entreprise au cours de la thèse, à l'aide de la méthode exposée au chapitre 2, section III. . La complexité du réseau a conduit à mettre au point une méthode spécifique pour détailler la structure de ce réseau qui contient environ 7000 liens. Les résultats ont été considérés comme difficilement exploitables dans le temps imparti. Cette tentative partiellement infructueuse est cependant exposée dans cette annexe en raison de son intérêt méthodologique et des résultats auxquelles elle pourra conduire dans le futur, au prix d'un travail plus poussé.

## Application de la méthode à l'analyse des liens entre les campagnes et les articles

Pour analyser les liens entre les articles et les campagnes, ce qui représente environ 7000 liens, une méthode spécifique a été mise au point. Pour cette analyse, en plus de la recherche des sous-graphes maximaux associés au couple de contraintes  $x$ - $y$ , il a été mis au point une méthode exploratoire des données par Henry Soldano (méthode non publiée encore). Cette méthode consiste dans un premier temps, comme pour l'analyse des réseaux bimodaux développé dans la section précédente, à extraire les sous-graphes pour des couples de contraintes  $x$ - $y$ . Après interprétation du sous-graphe, il s'agit de soustraire les liens (les arcs) de ce sous-graphe au graphe initial. On obtient ainsi un graphe dé-densifié, et on continue l'opération de recherche de sous-graphe en faisant varier les contraintes pour extraire à nouveau un sous-graphe. Il s'agit donc de faire varier le couple de contraintes à partir du graphe éclairci ou dé-densifié qui reste. Ce graphe est dit dé-densifié car les liens entre les campagnes et les articles du sous-graphe précédent ont été supprimés, sans enlever les campagnes et les articles correspondants. Si cette méthode est dite exploratoire c'est parce qu'il s'agit de suivre un chemin pour analyser le jeu de données qui permet de débroussailler le jeu de données initial au fur et à mesure de la progression dans ce chemin (Figure Annexe Chapitre 3-1). Le choix du couple de contraintes est sélectionné de manière à être le plus proche possible du rapport maximal entre  $x$  et  $y$  quand on considère la totalité du jeu de données. La recherche du plus grand sous-graphe possible est le résultat de la combinaison de

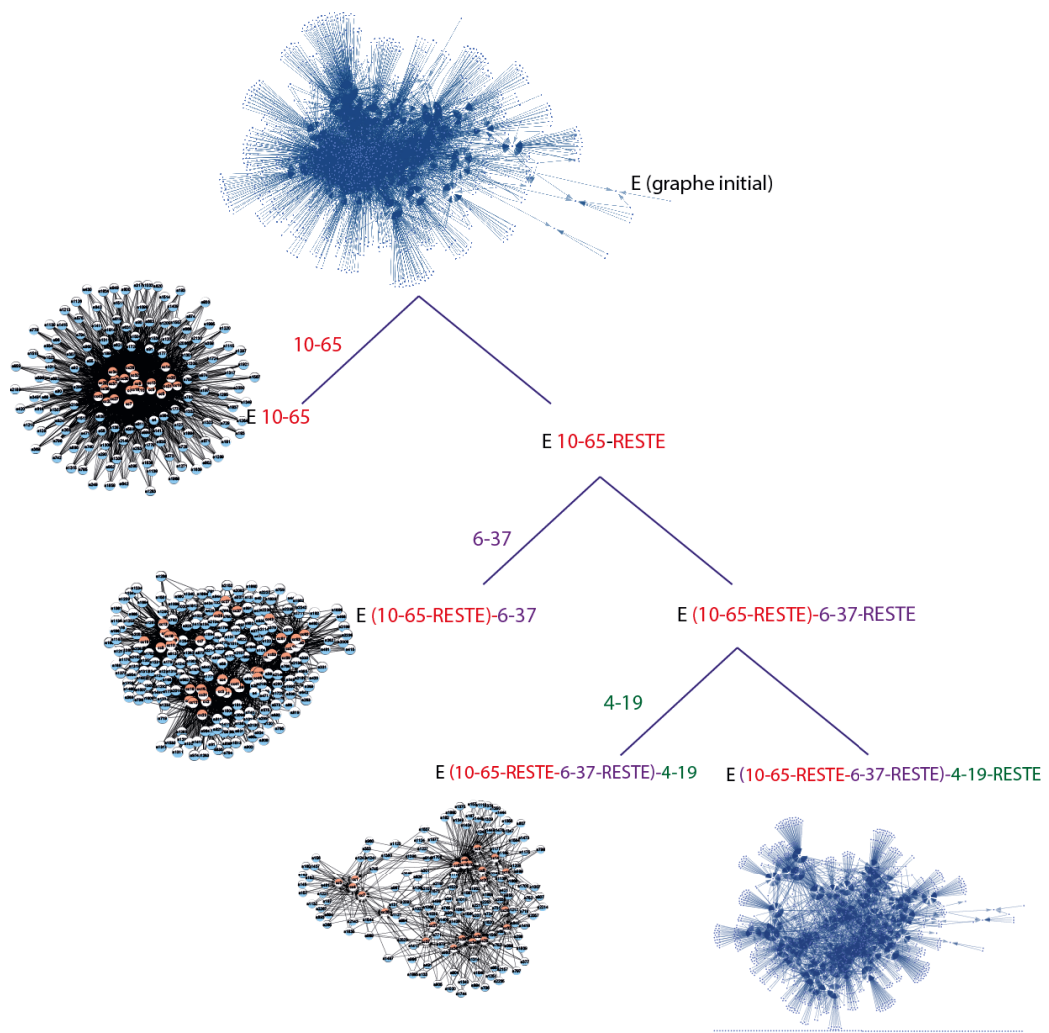
la recherche du couple de contraintes dont le rapport est proche du rapport  $x_{max}/y_{max}$  et de la maximisation du nombre de liens par rapport au jeu de données initial. Ainsi, après les trois premières étapes, cette méthode a permis de retirer la moitié des liens. De 6797 liens entre les 80 campagnes et les 1480 articles du graphe initial (Figure Annexe Chapitre 3-1), on est passé à 3133 liens entre 80 campagnes et 1370 articles. Après ces trois étapes, 110 articles se retrouvent isolés (ligne du bas) du dernier graphe restant (E(10-65-RESTE-6-37-RESTE)-4-19-RESTE), c'est-à-dire que les contraintes appliquées au fur et à mesure ont exclu les liens entre ces articles et les campagnes. En débroussaillant le graphe initial via l'application de contraintes, on révèle des structures invisibles jusque-là.

## **Analyse des liens entre les campagnes et les articles**

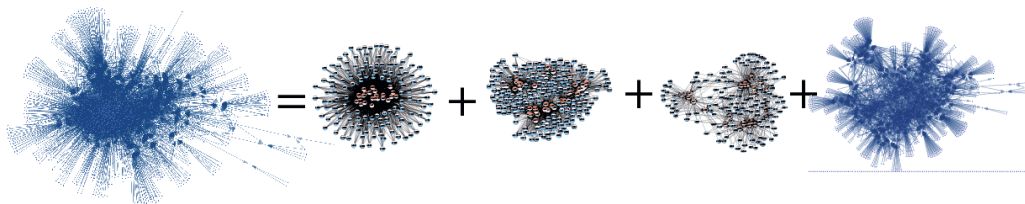
Cette section vise à déterminer de quelle façon la production scientifique dépend du matériel qu'elle utilise, c'est-à-dire des campagnes dont le matériel est issu. La question directrice est celle de savoir s'il existe des groupes d'articles dont la cohérence s'explique par les campagnes qui ont fourni le matériel utilisé.

Comme indiqué dans l'introduction de la section III du chapitre 2, la quantité de matériel récolté lors d'une campagne est estimée à partir de ce qui a été valorisé dans les articles scientifiques, ce qui ne reflète que très partiellement le matériel effectivement récolté. La caractérisation des campagnes dont provient le matériel étudié dans l'article permet d'établir le nombre d'articles par campagne. Le nombre d'espèces décrites par article et la caractérisation de la ou des campagnes dont le matériel type provient permettent de déterminer le nombre de taxons décrits par campagne. Chaque espèce décrite et chaque article sont associés au(x) groupe(s) taxonomique(s) correspondant(s). Ainsi, les caractéristiques établies à partir de la littérature scientifique permettent d'analyser les liens avec les campagnes et de mettre au jour l'évolution de la production scientifique des campagnes.

Le cœur dense extrait du graphe initial (Annexe Chapitre 3-2) est le sous-graphe 10-65 qui a une forme de bateau de pirates (Annexe Chapitre 3-3) – forme qu'il a lorsqu'il est extrait avec les coordonnées du graphe initial (sinon il est sous forme de boule) – représente les articles qui citent beaucoup de campagnes (au moins 10) et des campagnes qui sont beaucoup cités par les articles (au moins 65 articles les citent). Le sous-graphe 10-65 contient 136 articles et 23 campagnes. La projection du réseau des campagnes de ce sous-graphe permet visualiser les liens entre les



$$E = E_{X-Y} + E_{(X-Y-RESTE)-X_2-Y_2} + E_{(X-Y-RESTE-X_2-Y_2-RESTE)-X_3-Y_3} + \dots + E_{(X-Y-RESTE-\dots-X_n-Y_n-RESTE)-X_k-Y_k-RESTE}$$



Annexe Chapitre 3-1 Méthode exploratoire du réseau bimodal campagnes-articles mise au point par Henry Soldano (chercheur MNHN). Le chemin illustré ici s'interrompt après trois étapes mais il peut aller aussi loin que possible. Comme illustré sur cette figure, des structures non visibles dans le graphe initial dense sont révélées en sélectionnant des liens entre campagnes et articles qui vérifient des contraintes : ici le premier couple de contraintes 10-65 sélectionne les sommets du graphe initial pour lesquels toutes les campagnes partageant au moins 65 articles et tous les articles citent au moins 10 campagnes. On obtient ainsi le sous graphe 10-65. En éliminant les liens entre les sommets de ce sous-graphe dans le graphe initial, on obtient un graphe 10-65-RESTE *éclairci* ou rendu moins dense. Puis, d'autres contraintes (forcément moins fortes), sont posées sur les liens articles-campagnes qui restent dans le graphe simplifié (graphe 10-65-RESTE). Ceci révèle à nouveau d'autres structures. Jusqu'à dérouler la pelote de laine initiale...

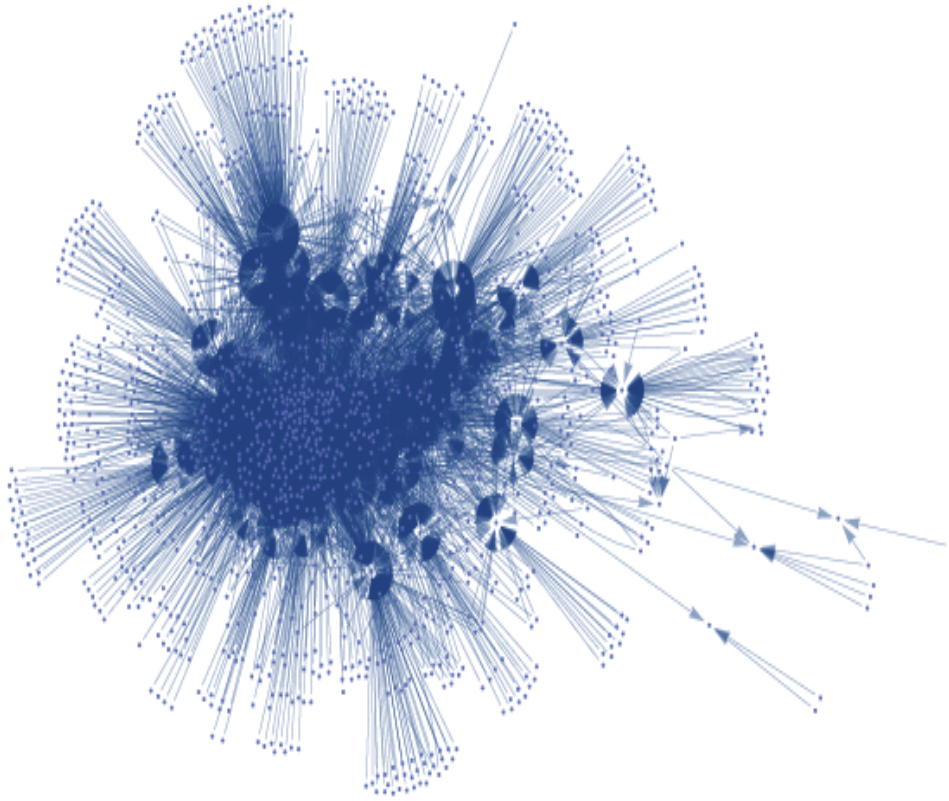
campagnes en fonction des articles qu'elles ont en commun (Figure Annexe Chapitre 3-4). Il y a un lien entre deux campagnes si elles ont au moins en commun un article. Ce groupe dense d'articles est lié à des campagnes qui sont toutes antérieures à 2000 (Figure Annexe Chapitre 3-4) et qui ont majoritairement eu lieu en Nouvelle-Calédonie. Quelques articles comparent au moins deux zones, celle de Vanuatu-Fidji et la zone économique exclusive de Nouvelle-Calédonie. Peu de liens apparaissent entre les campagnes de la zone de Nouvelle-Calédonie et des Philippines, tandis que davantage de liens apparaissent entre l'Indonésie et la Nouvelle-Calédonie. Le groupe d'articles associés à ce sous-graphe est majoritairement constitué d'articles récents (105, entre 2000 et 2016 ; 31 entre 1991-1999) bien qu'ils citent des campagnes qui ne le sont pas. La grande majorité des articles (116 sur les 136) traitent de description d'espèces. Une grande partie de ces descriptions est associée à des révisions taxonomiques (72 des 79 révisions taxonomiques au total). Il y a 9 articles de classification phylogénétique, 17 articles de macro-écologie et 4 inventaires faunistique. Ces articles récents utilisent des caractères morphologiques sauf 13 articles qui utilisent aussi des caractères moléculaires. Ces 10 articles sont des articles de classification phylogénétique et trois d'entre elles sont aussi des articles de description d'espèces.

On peut donc déduire de l'interprétation des liens de ce « bateau de pirates » qu'ils correspondent à des articles récents de synthèse qui s'appuient sur du matériel de plusieurs campagnes de Nouvelle-Calédonie. Ces travaux sont des synthèses taxonomiques (révision et classification), des inventaires régionaux avec ou sans analyses macroécologiques.

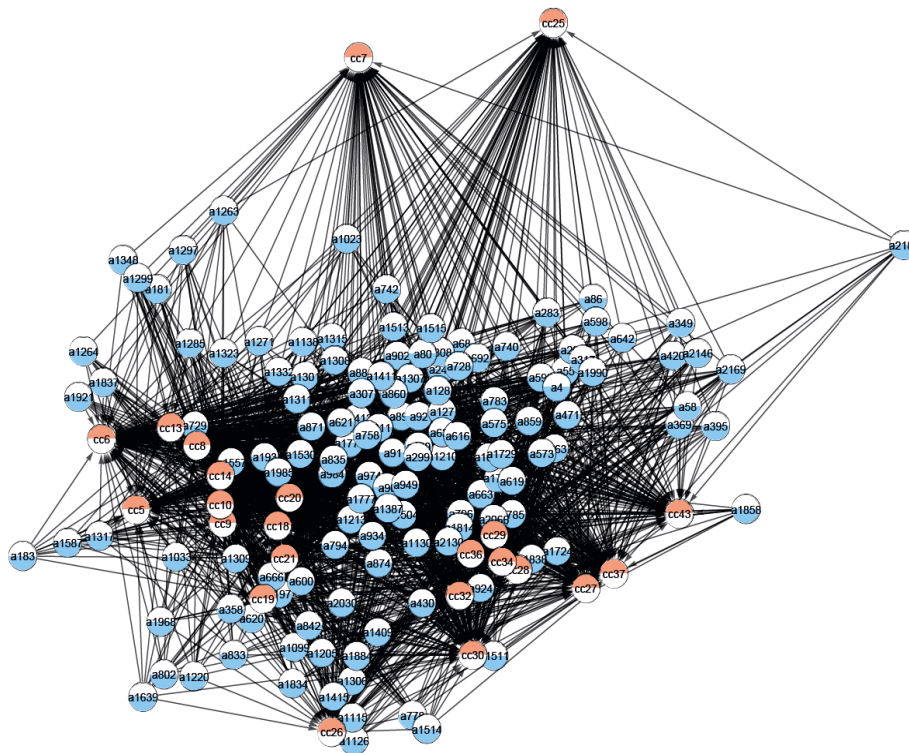
Dans ce réseau de campagnes, la campagne Biocal occupe une place centrale. Les groupes taxonomiques étudiés dans ces articles sont majoritairement des Mollusques et des Crustacés (qui contribuent, à part égal, aux 115 articles sur les 136).

Tout en progressant dans le réseau de cette boule, une fois extraits les liens entre ces campagnes et ces articles, on peut caractériser un réseau dont les articles citent au moins 6 campagnes et les campagnes sont cités par au moins 37 articles. Moins d'un tiers des articles est commun avec le sous-graphe 10-65. Le graphe projeté des campagnes de ce sous-graphe est très structuré (Figure Annexe Chapitre 3-5).

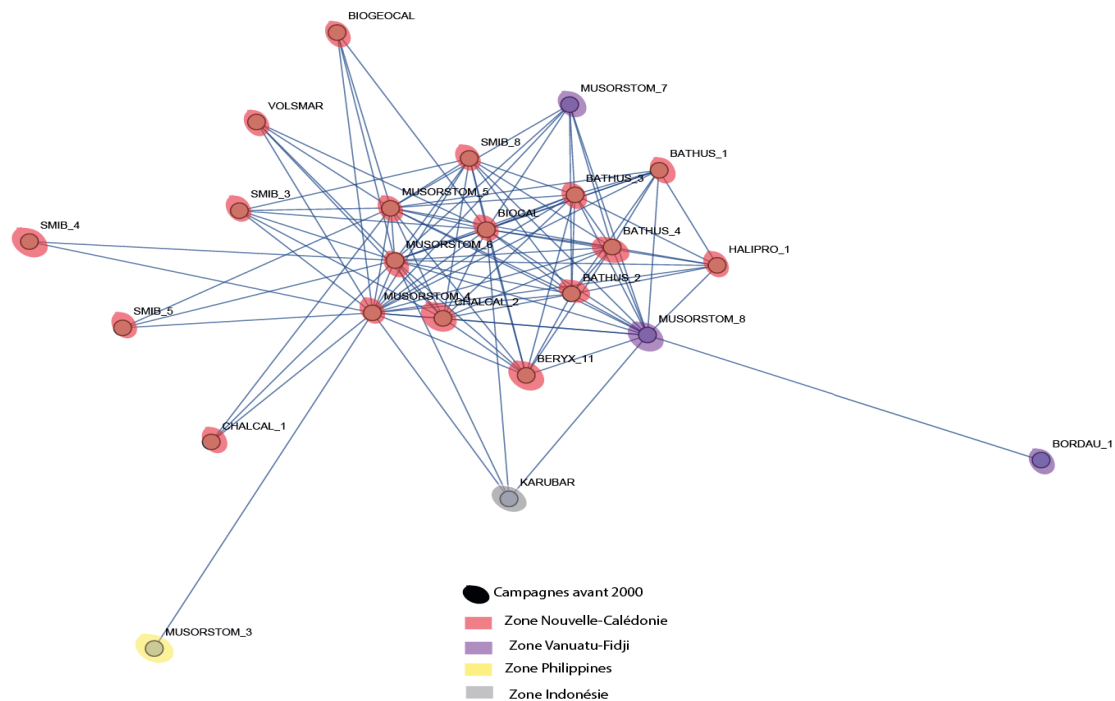
On peut clairement délimiter une partie des liens entre campagnes quasi toutes exclusivement récentes et un groupe de campagnes moins récentes.



Annexe Chapitre 3-2 . *La boule hirsute*. Graphe initial des liens entre les articles et les campagnes.



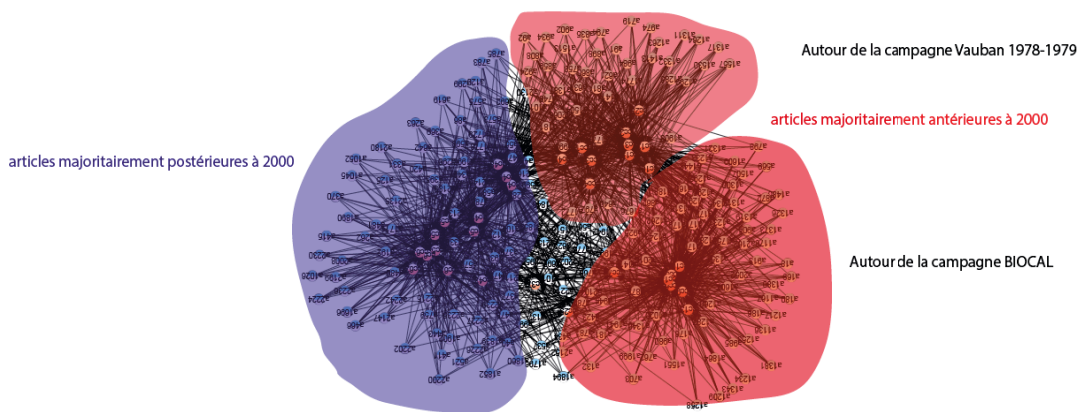
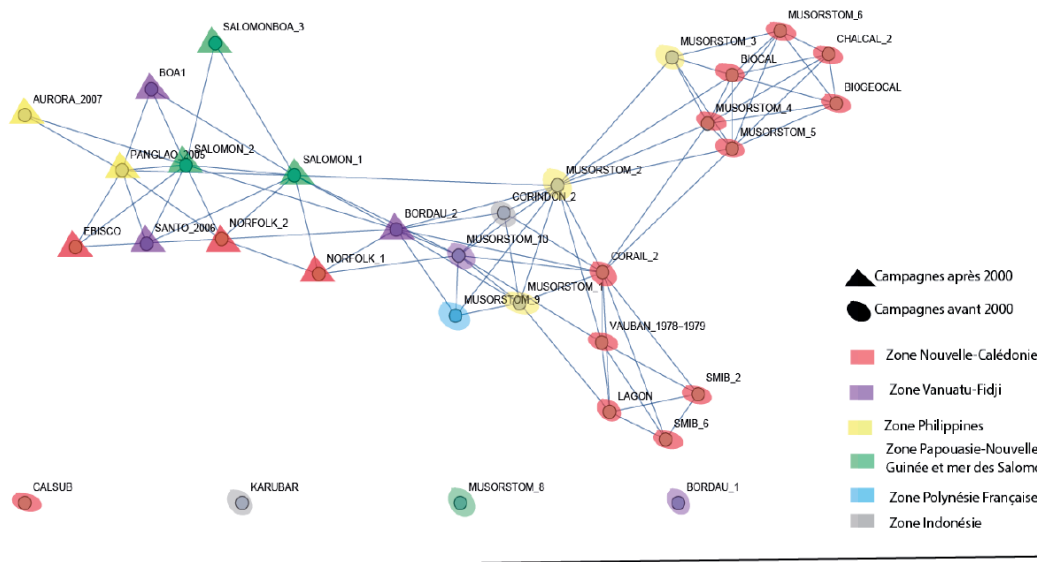
Annexe Chapitre 3-3 . *Le bateau de pirate*. Le plus grand sous-graphe possible (coeur le plus dense) du graphique initial. Sous-graphe 10-65 : Toutes les campagnes de ce sous-graphe ont au moins 65 articles en commun et tous les articles co-citent au moins 10 campagnes de ce sous-graphe. Ce sous-graphe contient 136 articles et 23 campagnes.



Annexe Chapitre 3-4 *Cerf volant*. Graphe projeté des campagnes du sous-graphe 10-65 (coeur le plus dense du graphe initial) : Il s'agit du groupe de campagnes pour lesquelles au chaque campagne est citée par au moins 65 articles qui eux-mêmes citent au moins 10 des campagnes.

A part avec trois des campagnes de période récentes (BORDAU 2, NORFOK 2, SALOMON 1), les regroupements observés sont clairement liés à la date des campagnes. Les campagnes non récentes de Nouvelle-Calédonie semblent davantage se regrouper entre elles.

Les campagnes récentes semblent davantage mélanger les provenances que les articles des campagnes moins récentes. Au total, ce sous-graphe représente les liens entre 224 articles et 32 campagnes. Presque la moitié de cette production scientifique correspond à des révisions taxonomiques (dont 82 sont aussi des descriptions d'espèces), une vingtaine à des articles de classification, 24 sont des articles de macro-écologie, 10 sont des inventaires taxonomiques. Parmi ces articles, 81 sont des articles de descriptions d'espèces. La majorité des articles portent sur le groupe des Mollusques ou des Crustacés (186 articles sur les 224 répartis à part égale entre les deux groupes). Ce sous-graphe, très structuré par le temps et qui contient un plus grand nombre d'articles et de campagnes que le graphe précédent est probablement plus représentatif de la production scientifique du programme.



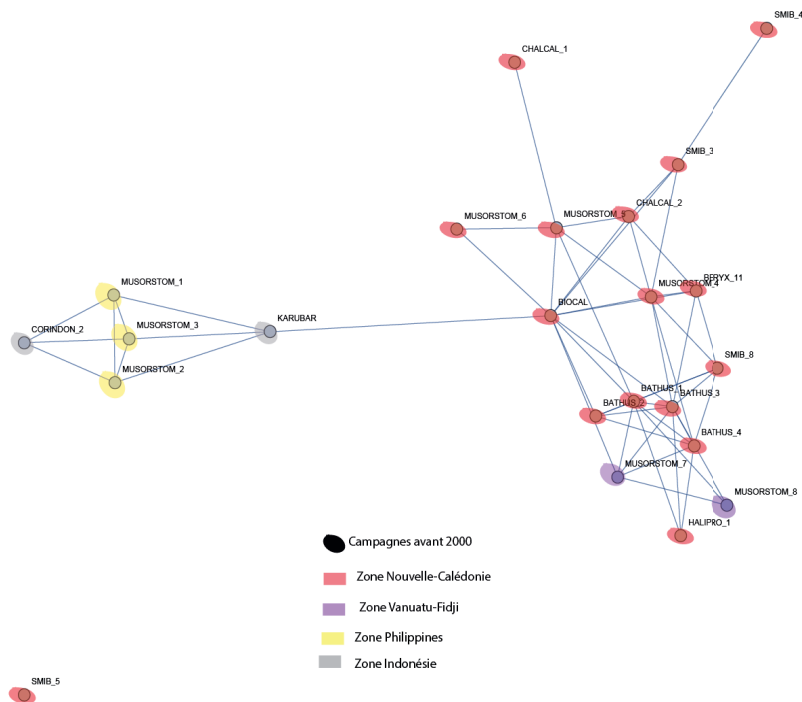
Annexe Chapitre 3-5 *En haut*, Graphe projeté des campagnes du sous graphe 6-37. Sous-graphe obtenu une fois à partir du sous-graphe dont les liens du noyau dense 10-65 sont retirés du graphe initial et auquel on a sélectionné les liens qui vérifiaient les contraintes 6-37. Dans ce sous-graphe au moins toutes les campagnes sont citées par au moins 37 articles, et tous les articles citent au moins 6 campagnes du sous-graphe. En bas, sous-graphe 6-37 articles-campagnes qui contient 224 articles et 32 campagnes. Une structure en 3 groupes apparaît, les grandes tendances sont attribuées selon un code couleur qui renvoie à la date de publication des articles (bleu pour les articles majoritairement postérieure à 2000, rouge pour les articles antérieurs à 2000). L'axe noir rend explicite la symétrie d'axe entre les deux graphes.

Les articles associés à ce graphe et qui citent au moins les campagnes qui sont mentionnées dans ce graphe sont structurés eux aussi chronologiquement. Effectivement, la majorité des articles antérieurs à 2000 sont associées aux deux groupes des campagnes qui sont antérieures elles aussi à 2000, et majoritairement associées à la Nouvelle-Calédonie (Figure Annexe Chapitre 3-5). Ces articles sont presque tous des descriptions taxonomiques et/ou des révisions taxonomiques.

Les articles récents associés aux campagnes récentes couvrent des zones géographiques plus diversifiées. Les articles plus récents concentrent les 21 articles de classification

phylogénétique (la grande majorité d'entre eux utilisent des caractères moléculaires), les 24 articles de macro-écologie et une grande partie des articles de révisions taxonomiques de ce sous-graphe. Entre les masses d'articles post- et ante- 2000, des articles de classification phylogénétique et de révision dont les zones étudiées comprennent d'autres zones que la Nouvelle-Calédonie.

Ce sous-graphe, qui correspond à un ensemble qui partage encore beaucoup d'articles et de campagnes, est structuré chronologiquement et géographiquement. Toujours marqué par l'activité de description d'espèces à partir du matériel d'anciennes comme de récentes campagnes, ce sous-graphe témoigne de l'émergence d'approches qui permettent d'appréhender les mécanismes qui structurent la biodiversité, comme les approches de macro-écologie ou de phylogénie.

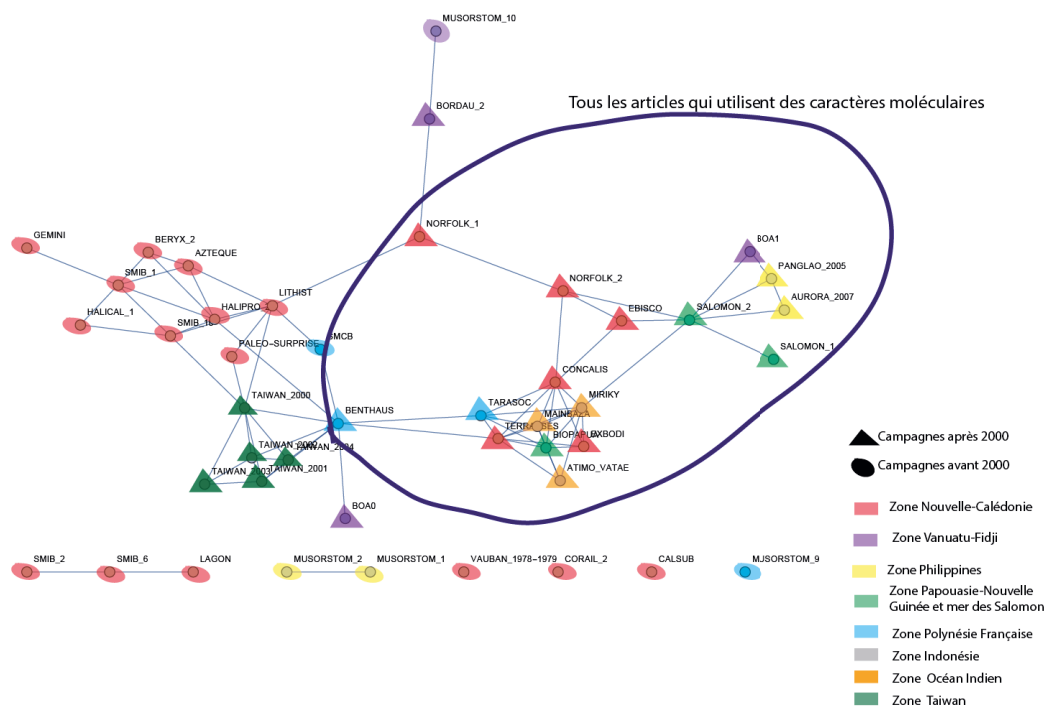


Annexe Chapitre 3-6 La fusée de Tintin à l'envers : Graphe projeté des Campagnes du sous-graphe 4-19, contraintes 4-19 (Les articles citent au moins 4 campagnes et les Campagnes sont au moins citées par 19 campagnes) appliquées au graphe une fois que les liens entre articles-campagnes du cœur dense (10-65) et du cœur 6-37 sont retirés. Ce sous-graphe contient 142 articles et 23 campagnes.

La représentation figurée ci-dessus (figure Annexe Chapitre 3-6) est le graphe projeté des campagnes obtenu à partir du sous-graphe 4-19, c'est-à-dire du graphe éclairci des liens des précédents sous-graphes et dont les articles partagent entre eux au moins 4 des campagnes et les campagnes partagent au moins 19 articles. Ce réseau contient 142 articles et 23 campagnes, il n'a aucun article commun avec le premier sous-graphe 10-65 et moins d'une



dizaine d'articles commun avec le sous-graphe 4-19. Ce réseau projeté des campagnes concerne uniquement des campagnes entre 1976 (MUSORSTOM 1) et 1994 (MUSORSTOM 8, BATHUS 4). Cet ensemble de campagnes bien structuré géographiquement, avec une majorité de campagnes de Nouvelle-Calédonie d'une part et d'autres dans les zones de Philippines et d'Indonésie sont associées à des articles autant postérieurs qu'antérieurs aux années 2000. Les articles intermédiaires entre ces deux groupes de campagnes sont des articles de révision taxonomique et de descriptions de taxons récents. La majorité des articles sont des articles de révisions taxonomiques. Ce sous-graphe illustre encore combien les récoltes de campagnes anciennes est encore en cours d'analyse, et que cette acquisition est encore actuelle y compris par rapport aux premières campagnes du programme. La majorité des articles portent sur les groupes des Mollusques et des Crustacés (112 articles répartis de manière équivalente entre les deux groupes).



Annexe Chapitre 3-7 . *La soucoupe volante*. Graphe projeté des Campagnes du sous graphe 4-10, une fois les liens campagnes-articles du cœur dense (10-65), du cœur intermédiaire (6-37), du cœur intermédiaire petit (4-19). Toutes les campagnes sont cités au moins par 10 articles du sous-graphe, tous les articles citent au moins 4 campagnes du sous-graphe. Ce sous-graphe contient 146 articles et 44 campagnes.

Si on va plus loin dans l'exploration des données, après avoir retiré les liens du précédent sous-graphe et cherché le plus grand sous-graphe, on visualise les motifs structurés du sous-graphe 4-10 (Figure Annexe Chapitre 3-7) représentant le réseau des liens restant entre 146

articles et 44 campagnes, pour lesquelles les 146 articles citent au moins 4 campagnes et les campagnes ont au moins 44 articles de ce sous-graphe qui les citent. Le corpus des articles de ce sous-graphe 4-10 est majoritairement récent, 132 articles étant publiés après les années 2000. Le graphe projeté des campagnes fait apparaître un groupe de campagnes récentes, de localités géographiques variées (de Nouvelle-Calédonie, Océan Indien, Polynésie Française, Philippines, de la mer des Salomons), qui ont la particularité d'être associées à tous les articles qui utilisent des caractères moléculaires de ce sous-jeu de données (Annexe Chapitre 3-7). Il s'agit d'articles de classification phylogénétiques (27 articles), des articles de macro-écologie (4) et de descriptions qui utilisent aussi des caractères moléculaires (23 articles). Ces articles récents concernent les groupes des Mollusques, des Crustacés et des Cnidaires. Tous les autres articles de révision et/ou de description d'espèce sont associés aux autres groupes de campagnes. On observe un groupe de campagnes, concentrées sur la zone de Taiwan auquel sont associés des articles de description d'espèces de Crustacés. Les articles associés au groupe de campagnes moins récentes de Nouvelle-Calédonie sont des révisions et des descriptions d'espèces. On constate que ces regroupements d'articles sont très structurés géographiquement.

Ce sous-graphe illustre la tendance selon laquelle les articles qui utilisent des caractères moléculaires privilégient le matériel récolté lors des campagnes récentes. De plus, ces articles caractérisent des thématiques ayant des approches géographiques étendues comme des articles de révision taxonomique, de classification phylogénétiques et de macro-écologie.

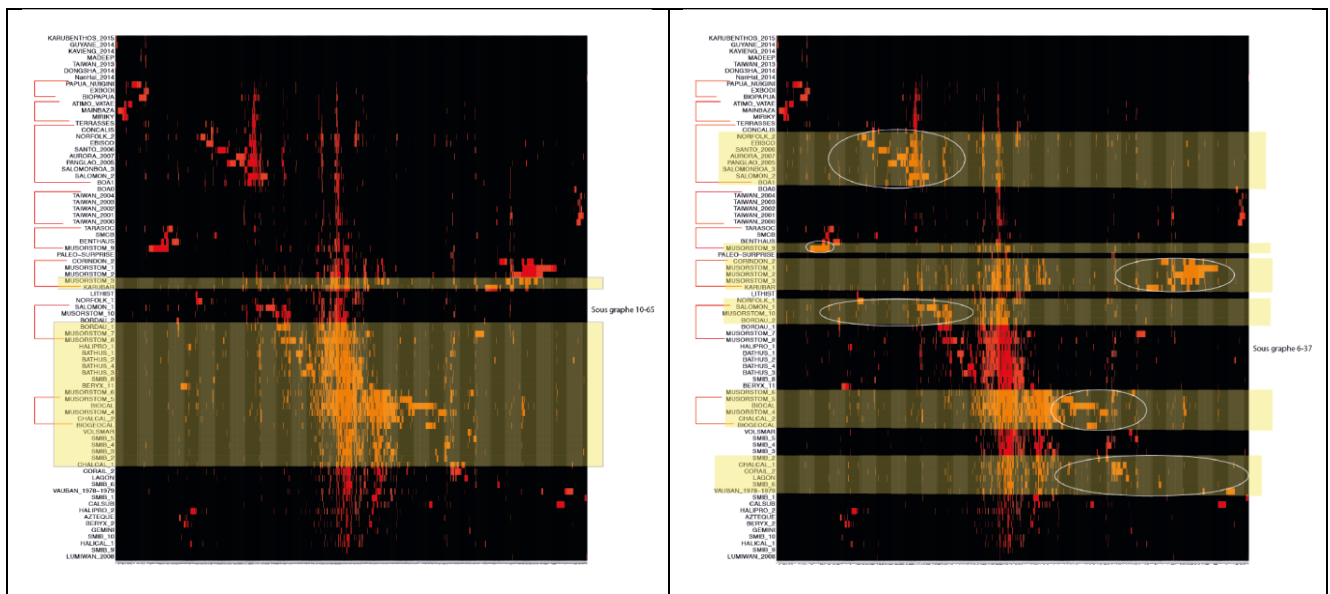
Pour comprendre dans quelle mesure les sous-graphes interprétés ci-avant rendent compte de structures qui caractérisent toutes celles qu'on pourrait observer sur l'ensemble du jeu de données et pour s'assurer ainsi que l'exploration du jeu de données n'est pas partielle, la méthode suivante a été mise en place.

Pour visualiser les zones explorées par les quatre sous-graphes par rapport à l'ensemble du jeu de données, un double regroupement hiérarchique de la matrice de distance entre les campagnes (colonnes de la matrice) et les articles (lignes de la matrice) a été réalisé. La distance entre les articles et les campagnes a été établie en identifiant les campagnes d'où provient le matériel utilisé dans l'article. Les distances utilisées sont calculées selon l'indice de Jaccard, ce qui permet de comparer les articles entre eux par rapport à la présence de campagnes dont le matériel est utilisé dans l'article. La matrice de distance a été faite en utilisant la méthode UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean)(Sokal

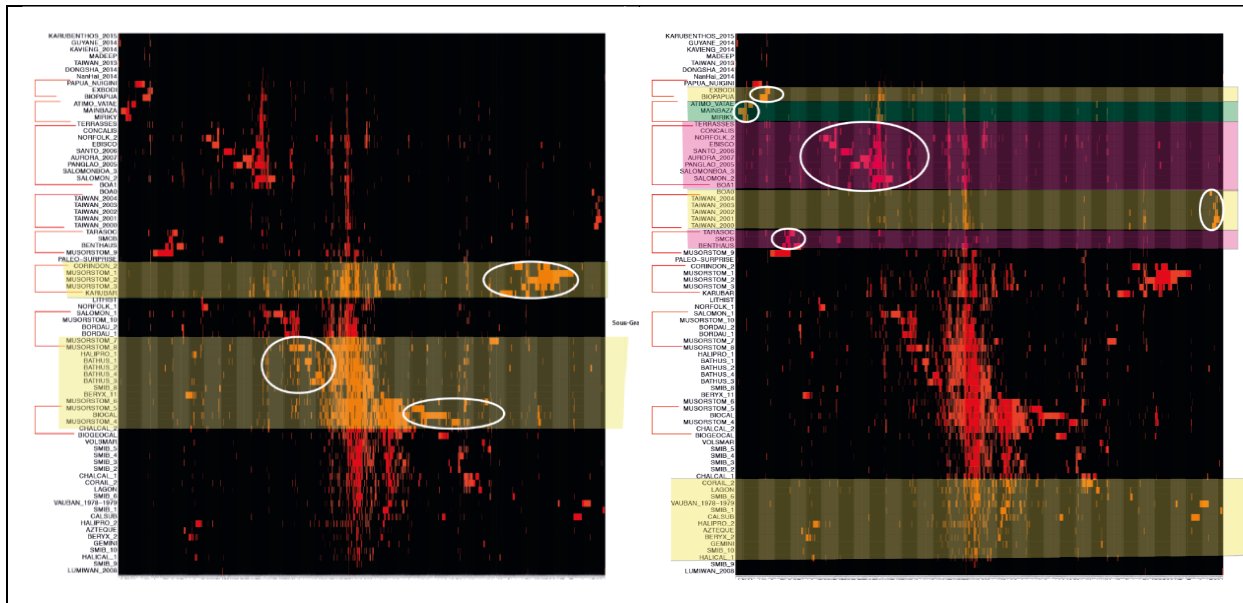
et Michener 1958). Cette méthode permet de regrouper les profils les plus similaires entre eux.

Pour chacun des sous-graphes qui ont été interprétés ci-dessus, les groupes d'articles, identifiés sur les biclusters par les profils de campagnes sur lesquelles ils s'appuient, ont été mis en surbrillance par rapport à l'ensemble du jeu de données (Figure Annexe Chapitre 3-9).

On voit bien que le sous-graphe 6-37 a caractérisé des groupes d'articles non visualisable sur le sous-graphe 10-65 (Figure Annexe Chapitre 3-8).



Annexe Chapitre 3-8 Représentation en carte de chaleur (Heatmap) du double regroupement hiérarchique des citations de campagne par article. Le noir caractérise l'absence, le rouge la présence. Le premier bicluster (double regroupement hiérarchique) représente les zones explorées par le sous-graphe 10-65. Le deuxième caractérise les motifs visualisés dans le sous graphe 6-37 par rapport à l'ensemble du jeu de données.



Annexe Chapitre 3-9 Représentation en carte de chaleur (Heatmap) du double regroupement hiérarchique des citations de campagne par article. Le noir caractérise l'absence, le rouge la présence. Le premier *bicluster* (double regroupement hiérarchique) représente les zones explorées par le sous-graphe 6-37. Le deuxième caractérise les groupes d'articles du sous graphe 4-10.

Les 4 sous-graphes interprétés rendent compte de tous les motifs denses du jeu de données. Le sous-graphe 10-65 correspond à la zone assez étendue du double regroupement hiérarchique. Le sous-graphe 6-37 caractérise les petits sous-ensembles d'articles très denses (voir les cercles blancs sur la Figure Annexe Chapitre 3-9) du jeu de données. Le sous-graphe 4-19 se focalisent sur les zones les plus liées de la grande zone dense explorée par le sous-graphe 10-65. Enfin, le dernier sous-graphe révèle la structure de tous les plus petits sous-ensembles du bicluster. Une fois encore, tous ces sous-ensembles très denses correspondent à des sous-ensembles très structurés géographiquement. Finalement, l'ensemble de ces sous-graphes caractérise bien l'ensemble du jeu de données entre les articles et les campagnes.

En conclusion, les liens entre les articles ne semblent pas être structurés fortement par les campagnes dont provient le matériel étudié. En revanche, une structuration davantage géographique et temporelle semble influencer ces articles. La place des groupes de Mollusques et de Crustacés est prépondérante dans cette littérature scientifique, il est donc nécessaire de caractériser la dynamique de la production scientifique en fonction des différents groupes taxonomiques pour les différencier.



## Annexe 5 – Chapitre 2.

**Figure 1** - Nombre de taxons décrits en fonction de la zone géographique pour les Poissons (IC), éponges (IP), échinoderme (IE), Brachiopodes-Bryozoaires (IB) en fonction de la zone explorée.

**Figure 2** – Nombre cumulé de taxons décrits dont le matériel type a été récolté pendant une campagne MUSORSTOM-TDSB, en fonction du groupe taxonomique pour IE (Echinodermes), IA (Annélides- Polychètes), IT (Tuniciers- Ascidies), IK (Cnidaire), IB (Brachiopodes-Bryzoaire), IC (Ichtyologie), IP (Eponges), IN (Nématodes)

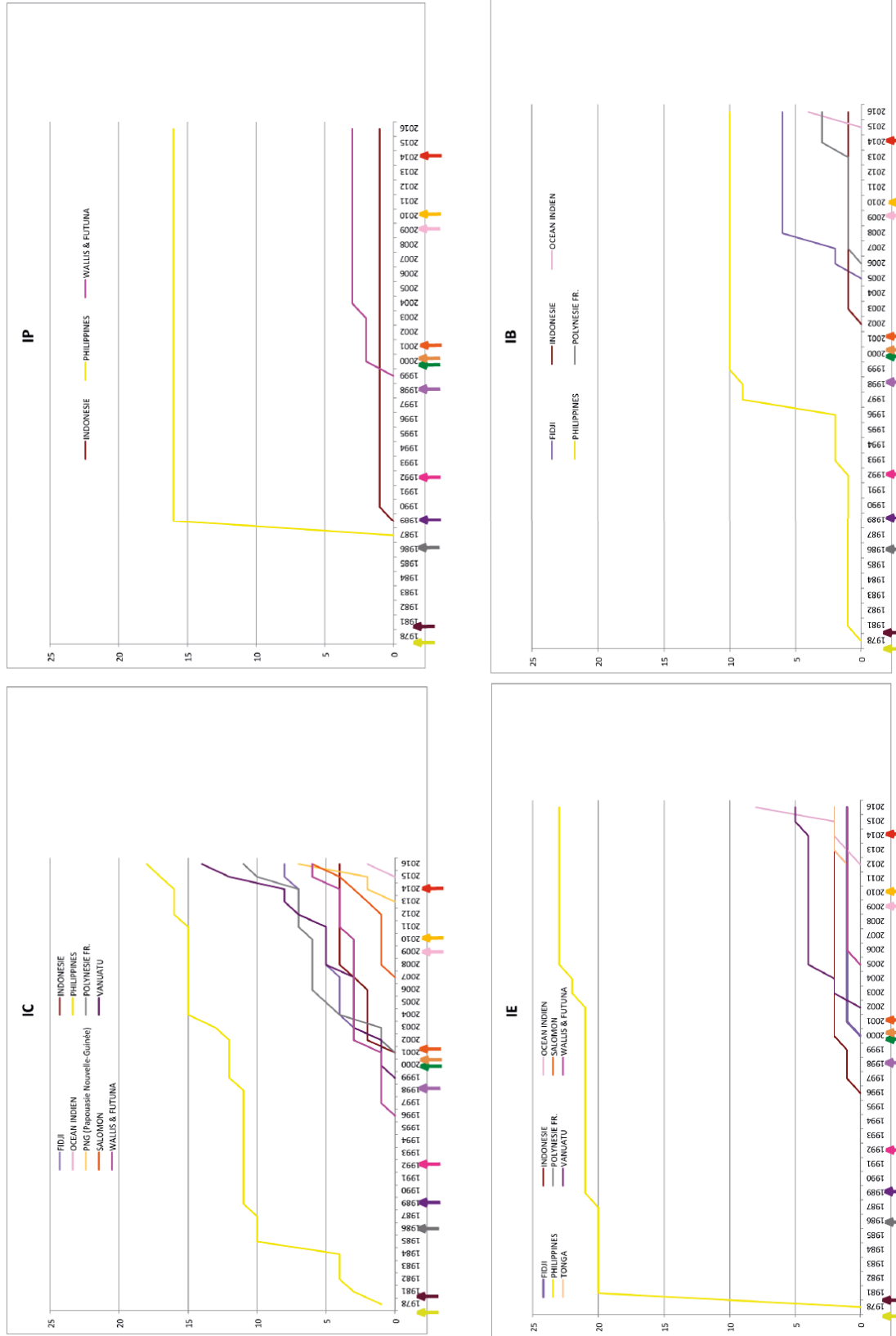


Figure 1. Graphiques du nombre de taxons décrits cumulés en fonction de la zone géographique dont provient le matériel type (holotype ou paratype(s)) pour les groupes taxonomiques IC (Poissons), IP (éponges), IB (Echinoderme), IB (Brachiopodes-Bryozoaires). Les flèches indiquent la date de la première campagne dans la zone explorée



Figure 2. Nombre cumulé de taxons décrits dont le matériel type (holotype et/ou paratype(s)) provient des campagnes TDSB en fonction de la date de description du taxon et du groupe taxonomique (code collection). IE : Echinodermes, IA : Annélides-Polychètes ; IT : Tuniciers-Ascidies ; IK : Cnidaire, IB : Brachiopodes-Bryozoaires ; IC : Ichtyologie ; IP : Porifères, IN : Nématode.





# **Annexe 1 – Chapitre 3 – Tableau récapitulatif de l'implication aux campagnes des auteurs du graphe auteurs articles 2-3**

**Tableau 1** – Tableau récapitulatif de l'implication des auteurs du graphe auteurs-articles 2-3. Leur implication aux campagnes, le nombre d'articles produits et leur rôle en tant que chef de mission est indiqué.

Code Auteur	Nom, Prénom	Participant	Participant récurrent	Nbre Campagnes	Nbre Articles	chef de mission	Nbre de fois chef de mission
P203	Richer de Forges, Bertrand	Oui	Oui	49	110	Oui	29
P22	Bouchet, Philippe	Oui	Oui	34	80	Oui	12
P220	Samadi, Sarah	Oui	Oui	13	34	Oui	8
P35	Chan, Tin-Yam	Oui	Oui	11	64	Oui	6
P60	Debitus, Cécile	Oui	Oui	7	57	Oui	6
P49	Corbari, Laure	Oui	Oui	9	14	Oui	5
P83	Grandperrin, René	Oui	Oui	8	27	Oui	5
P40	Chen, Wei-Jen	Oui	Oui	5	3	Oui	3
P73	Forest, Jacques	Oui	Oui	6	17	Oui	3
P189	Puillandre, Nicolas	Oui	Oui	4	34	Oui	1
P107	Kantor, Yuri I.	Oui	Oui	3	24	Non	0
P115	Laboute, Pierre	Oui	Oui	11	12	Non	0
P138	Lin, Chia-Wei	Oui	Oui	9	6	Non	0
P14	Bargibant, Georges	Oui	Oui	9	4	Non	0
P146	Lozouet, Pierre	Oui	Oui	9	11	Non	0
P152	Mana, Ralph	Oui	Oui	3	4	Non	0
P159	Menou, Jean-Louis	Oui	Oui	13	6	Non	0
P178	Pante, Eric	Oui	Oui	4	10	Non	0
P19	Boisselier, Marie-Catherine	Oui	Oui	8	17	Non	0
P229	Séret, Bernard	Oui	Oui	4	30	Non	0
P241	Thubaut, Justine	Oui	Oui	3	4	Non	0
P260	Warén, Anders	Oui	Oui	15	11	Non	0
P263	Zibrowius, Helmut	Oui	Oui	3	9	Non	0
P267	Yang, Chien-Hui	Oui	Oui	3	6	Non	0
P3	Améziane, Nadia	Oui	Oui	4	17	Non	0
P52	Von Cosel, Rudo	Oui	Oui	4	7	Non	0
P55	Crosnier, Alain	Oui	Oui	10	34	Non	0
P59	De Saint Laurent, Michèle	Oui	Oui	3	11	Non	0
P78	Gaillard, Christian	Oui	Oui	3	10	Non	0
P137	Lévi, Claude	Oui	NON	1	16	Oui	2
P134	Lehodey, Patrick	Oui	NON	2	10	Oui	1
P174	Ng, Peter KL	Oui	NON	1	57	Oui	1
P186	Poupin, Joseph	Oui	NON	2	14	Oui	1
P217	Roux, Michel	Oui	NON	1	23	Oui	1

Code Auteur	Nom, Prénom	Participant	Participant récurrent	Nbre Campagnes	Nbre Articles	chef de mission	Nbre de fois chef de mission
P50	Cotillon, Pierre	Oui	NON	2	9	Oui	1
P100	Hoyoux, Caroline	Oui	NON	1	4	Non	0
P112	Kulbicki, Michel	Oui	NON	1	6	Non	0
P120	Laurin, Bernard	Oui	NON	2	9	Non	0
P144	Lorion, Julien	Oui	NON	2	9	Non	0
P147	Lu, Chung-Cheng	Oui	NON	1	3	Non	0
P149	Macpherson, Enrique	Oui	NON	1	50	Non	0
P151	Maestrati, Philippe	Oui	NON	1	14	Non	0
P162	Mendoza, Jose-Christophe	Oui	NON	1	5	Non	0
P165	Monniot, Claude	Oui	NON	2	12	Non	0
P166	Monniot, Françoise	Oui	NON	2	12	Non	0
P196	Rahayu, Dwi Listyo	Oui	NON	1	8	Non	0
P205	Rio, Michel	Oui	NON	2	8	Non	0
P221	Shao, Kwang-Tsao	Oui	NON	1	5	Non	0
P223	Schlacher, Thomas	Oui	NON	2	3	Non	0
P235	Strong, Ellen E.	Oui	NON	2	6	Non	0
P237	Tan, Swee-Hee	Oui	NON	1	6	Non	0
P25	Bourseau, Jean-Paul	Oui	NON	2	10	Non	0
P252	Vacelet, Jean	Oui	NON	2	4	Non	0
P256	Virly, Sabrina	Oui	NON	1	3	Non	0
P259	Wantiez, Laurent	Oui	NON	1	5	Non	0
P264	Zbinden, Magali	Oui	NON	3	10	Non	0
P32	Castelin, Magalie	Oui	NON	2	5	Non	0
P47	Cleva, Régis	Oui	NON	2	15	Non	0
P56	Davie, Peter J.F.	Oui	NON	2	7	Non	0
P74	Fedosov, Alexander E.	Oui	NON	2	9	Non	0
P77	Gaill, Françoise	Oui	NON	1	9	Non	0
P88	Gros, Olivier	Oui	NON	1	6	Non	0
P93	Héros, Virginie	Oui	NON	1	10	Non	0
P1007	Poore, Gary C.B.	Non	NON	0	13	Non	0
P1008	Poppe, Guido T.	Non	NON	0	7	Non	0
P1022	Quinoa, Emilio	Non	NON	0	3	Non	0
P1037	Reid, David G.	Non	NON	0	4	Non	0
P1041	Ribes, Olivier	Non	NON	0	4	Non	0

<b>Code Auteur</b>	<b>Nom, Prénom</b>	<b>Participant</b>	<b>Participant récurrent</b>	<b>Nbre Campagnes</b>	<b>Nbre Articles</b>	<b>chef de mission</b>	<b>Nbre de fois chef de mission</b>
P1042	Riccio, Raffaele	Non	NON	0	15	Non	0
P1043	Richard, Georges	Non	NON	0	6	Non	0
P1051	Riguera, Ricardo	Non	NON	0	5	Non	0
P1056	Rivaton, Jacques	Non	NON	0	12	Non	0
P1064	Röckel, Dieter	Non	NON	0	5	Non	0
P1068	Rolan, Emilio	Non	NON	0	6	Non	0
P1071	Roussakis, Christos	Non	NON	0	7	Non	0
P1074	Rubio, Federico	Non	NON	0	3	Non	0
P1078	Saito, Tomomi	Non	NON	0	4	Non	0
P1080	Salisbury, Richard A.	Non	NON	0	6	Non	0
P1093	Sauviat, Marie-Pierre	Non	NON	0	3	Non	0
P1097	Scheltinga, David M.	Non	NON	0	3	Non	0
P1100	Schnabel, Kareen E.	Non	NON	0	5	Non	0
P1106	Schwabe, Enrico	Non	NON	0	3	Non	0
P1108	Schweitzer, Carrie E.	Non	NON	0	3	Non	0
P1112	Sévenet, Thierry	Non	NON	0	4	Non	0
P1121	Sigwart, Julia D.	Non	NON	0	7	Non	0
P1127	Sirenko, Boris I.	Non	NON	0	8	Non	0
P1143	Stahlschmidt, Peter	Non	NON	0	5	Non	0
P1147	Stefani, Jeffrey	Non	NON	0	3	Non	0
P1155	Stoddart, Helen E.	Non	NON	0	5	Non	0
P1156	Stöhr, Sabine	Non	NON	0	5	Non	0
P1170	Sysoev, Alexander	Non	NON	0	14	Non	0
P1175	Tan, Cheryl G.S.	Non	NON	0	3	Non	0
P1180	Taylor, John D.	Non	NON	0	9	Non	0
P1187	Terryn, Yves	Non	NON	0	6	Non	0
P1204	Tröndlé, Jean	Non	NON	0	3	Non	0
P1206	Tsang, Ling-Ming	Non	NON	0	4	Non	0
P1210	Tudge, Christopher C.	Non	NON	0	4	Non	0
P1216	Uiblein, Franz	Non	NON	0	5	Non	0
P1219	Utge, Jose	Non	NON	0	4	Non	0
P1223	Van De Beuque, Sabrina	Non	NON	0	3	Non	0

<b>Code Auteur</b>	<b>Nom, Prénom</b>	<b>Participant</b>	<b>Participant récurrent</b>	<b>Nbre Campagnes</b>	<b>Nbre Articles</b>	<b>chef de mission</b>	<b>Nbre de fois chef de mission</b>
P1234	Verbist, Jean-François	Non	NON	0	8	Non	0
P1237	Vermeij, Geerat J.	Non	NON	0	3	Non	0
P1243	Vilvens, Claude	Non	NON	0	17	Non	0
P1271	Williams, Suzanne T.	Non	NON	0	12	Non	0
P1288	Zampella, Angela	Non	NON	0	10	Non	0
P275	Ahyong, Shane T.	Non	NON	0	26	Non	0
P284	Amaoka, Kunio	Non	NON	0	10	Non	0
P286	Andreakis, Nikos	Non	NON	0	4	Non	0
P298	Auzende, Jean-Marie	Non	NON	0	3	Non	0
P301	Baba, Keiji	Non	NON	0	13	Non	0
P306	Bail, Patrice	Non	NON	0	4	Non	0
P312	Barco, Andrea	Non	NON	0	3	Non	0
P321	Bayer, Frederick M.	Non	NON	0	6	Non	0
P341	Bifulco, Giuseppe	Non	NON	0	3	Non	0
P348	Bonfitto, Antonio	Non	NON	0	6	Non	0
P352	Boucher-Rodoni, Renata	Non	NON	0	5	Non	0
P355	Bourdy, Geneviève	Non	NON	0	4	Non	0
P362	Bracken-Grissom, Heather D.	Non	NON	0	3	Non	0
P377	Bruno, Ines	Non	NON	0	4	Non	0
P387	Cabezas, Patricia	Non	NON	0	8	Non	0
P389	Cairns, Stephen D.	Non	NON	0	20	Non	0
P401	Castro, Peter	Non	NON	0	20	Non	0
P402	Causse, Romain	Non	NON	0	10	Non	0
P410	Chan, Benny Kwok Kan	Non	NON	0	7	Non	0
P426	Chia, Diana G.B.	Non	NON	0	3	Non	0
P432	Chu, Ka-Hou	Non	NON	0	13	Non	0
P435	Claremont, Martine	Non	NON	0	6	Non	0
P436	Clark, Paul F.	Non	NON	0	4	Non	0
P441	Compere, Philippe	Non	NON	0	3	Non	0
P445	Couloux, Arnaud	Non	NON	0	12	Non	0
P447	Crandall, Keith A.	Non	NON	0	4	Non	0

<b>Code Auteur</b>	<b>Nom, Prénom</b>	<b>Participant</b>	<b>Participant récurrent</b>	<b>Nbre Campagnes</b>	<b>Nbre Articles</b>	<b>chef de mission</b>	<b>Nbre de fois chef de mission</b>
P452	Cruaud, Corinne	Non	NON	0	20	Non	0
P461	D'Ambrosio, Michele	Non	NON	0	8	Non	0
P464	D'Auria, Maria Valeria	Non	NON	0	13	Non	0
P468	De Grave, Sammy	Non	NON	0	5	Non	0
P471	De Riccardis, Francesco	Non	NON	0	8	Non	0
P482	D'Hondt, Jean-Loup	Non	NON	0	11	Non	0
P489	Dijkstra, Henk H.	Non	NON	0	17	Non	0
P503	Duhet, Daniel	Non	NON	0	5	Non	0
P506	Duperron, Sébastien	Non	NON	0	6	Non	0
P520	Eléaume, Marc	Non	NON	0	7	Non	0
P542	Felder, Darryl L.	Non	NON	0	4	Non	0
P543	Feldmann, Rodney M.	Non	NON	0	3	Non	0
P549	Fontaine, Catherine	Non	NON	0	3	Non	0
P552	France, Scott C.	Non	NON	0	8	Non	0
P553	Fransen, Charles H.J.M.	Non	NON	0	8	Non	0
P555	Fraussen, Koen	Non	NON	0	16	Non	0
P558	Fricke, Ronald	Non	NON	0	10	Non	0
P561	Fujita, Toshihiko	Non	NON	0	3	Non	0
P570	Galil, Bella S.	Non	NON	0	23	Non	0
P590	Giribet, Gonzalo	Non	NON	0	4	Non	0
P591	Gledhill, Daniel C.	Non	NON	0	3	Non	0
P592	Glover, Emily A.	Non	NON	0	8	Non	0
P595	Gomez-Paloma, Luigi	Non	NON	0	12	Non	0
P597	Gordon, Dennis P.	Non	NON	0	8	Non	0
P614	Guella, Graziano	Non	NON	0	3	Non	0
P618	Guerriero, Antonio	Non	NON	0	9	Non	0
P624	Guinot, Danièle	Non	NON	0	29	Non	0
P625	Guittet, Eric	Non	NON	0	3	Non	0
P628	Guyot, Michèle	Non	NON	0	3	Non	0
P631	Hadorn, Roland	Non	NON	0	7	Non	0
P665	Herrmann, Manfred	Non	NON	0	7	Non	0
P671	Ho, Hsuan-Ching	Non	NON	0	13	Non	0

<b>Code Auteur</b>	<b>Nom, Prénom</b>	<b>Participant</b>	<b>Participant récurrent</b>	<b>Nbre Campagnes</b>	<b>Nbre Articles</b>	<b>chef de mission</b>	<b>Nbre de fois chef de mission</b>
P676	Hochberg, F.G.	Non	NON	0	6	Non	0
P679	Holford, Mandë	Non	NON	0	5	Non	0
P686	Houart, Roland	Non	NON	0	40	Non	0
P700	Iorizzi, Maria	Non	NON	0	8	Non	0
P706	Jamieson, Barrie G.M.	Non	NON	0	11	Non	0
P712	Jimenez, Carlos	Non	NON	0	3	Non	0
P724	Kano, Yasunori	Non	NON	0	6	Non	0
P731	Kawai, Toshio	Non	NON	0	5	Non	0
P738	Kilburn, Richard N.	Non	NON	0	4	Non	0
P744	Kitahara, Marcelo Visenti	Non	NON	0	7	Non	0
P752	Komai, Tomoyuki	Non	NON	0	25	Non	0
P760	Kou, Qi	Non	NON	0	4	Non	0
P761	Kourany-Lefoll, Elly	Non	NON	0	3	Non	0
P767	La Barre, Stéphane	Non	NON	0	3	Non	0
P769	Lafoy, Yves	Non	NON	0	3	Non	0
P771	Lambert, Bernard	Non	NON	0	4	Non	0
P772	Lambourdière, Josie	Non	NON	0	4	Non	0
P780	Last, Peter R.	Non	NON	0	10	Non	0
P782	Laurent, Dominique	Non	NON	0	7	Non	0
P785	Lavayre, Jacques	Non	NON	0	3	Non	0
P793	Lebaron, Philippe	Non	NON	0	3	Non	0
P803	Lemaitre, Rafael	Non	NON	0	23	Non	0
P810	Lévi, Pierrette	Non	NON	0	4	Non	0
P815	Li, Xinzheng	Non	NON	0	8	Non	0
P825	Liu, Jia Duo	Non	NON	0	5	Non	0
P832	Lowry, James K.	Non	NON	0	6	Non	0
P840	Machordom, Annie	Non	NON	0	10	Non	0
P850	Mancini, Ines	Non	NON	0	3	Non	0
P856	Marchal, Paul	Non	NON	0	3	Non	0
P860	Marshall, Bruce Anders	Non	NON	0	17	Non	0
P871	Matsunuma, Mizuki	Non	NON	0	3	Non	0
P883	McLaughlin, Patsy A.	Non	NON	0	20	Non	0
P884	McLay, Colin L.	Non	NON	0	10	Non	0



Code Auteur	Nom, Prénom	Participant	Participant récurrent	Nbre Campagnes	Nbre Articles	chef de mission	Nbre de fois chef de mission
P895	Meyer, Christopher P.	Non	NON	0	3	Non	0
P896	Mihara, Eiji	Non	NON	0	4	Non	0
P898	Miller, David John	Non	NON	0	4	Non	0
P899	Minale, Luigi	Non	NON	0	24	Non	0
P902	Mitsuhashi, Masako	Non	NON	0	4	Non	0
P904	Modica, Maria Vittoria	Non	NON	0	7	Non	0
P908	Montagnac, Alain	Non	NON	0	5	Non	0
P909	Moolenbeek, Robert G.	Non	NON	0	7	Non	0
P910	Morassi, Mauro	Non	NON	0	6	Non	0
P916	Motomura, Hiroyuki	Non	NON	0	10	Non	0
P930	Naruse, Tohru	Non	NON	0	7	Non	0
P946	Norman, Mark D.	Non	NON	0	6	Non	0
P950	O'Hara, Timothy D.	Non	NON	0	9	Non	0
P955	Okanishi, Masanori	Non	NON	0	4	Non	0
P959	Olivera, Baldomero M.	Non	NON	0	7	Non	0
P960	Oliverio, Marco	Non	NON	0	14	Non	0
P961	Osawa, Masayuki	Non	NON	0	3	Non	0
P964	Paillet, Marie	Non	NON	0	6	Non	0
P965	Pais, Mary	Non	NON	0	11	Non	0
P966	Palacios, Carmen	Non	NON	0	3	Non	0
P969	Pannetier, William	Non	NON	0	5	Non	0
P973	Pascal, André	Non	NON	0	4	Non	0
P998	Pietra, Francesco	Non	NON	0	14	Non	0

**Tableau 1** – Tableau récapitulatif des auteurs du graphe auteurs-articles 2-3. Leur implication aux campagnes, le nombre d'articles produits et leur rôle en tant que chef de mission est indiqué.

**Annexe 2 – Chapitre 3 – Liste des espèces décrites (jusqu'à 2014) de mollusque marin d'après des caractères moléculaires et dont un type est conservé au MNHN de Paris.**

**Liste des espèces décrites d'après des caractères moléculaires dont au moins un type est conservé au MNHN de Paris (indication de la campagne dont provient le type séquencé)**

**(1) 2008** Kantor, Y., Puillandre, N., Olivera, B. & Bouchet, P., 2008 Morphological proxies for taxonomic decision in turrids (Mollusca, Neogastropoda): a test of the value of shell and radula characters using molecular data, *Zoological Science* 25 : 1156-1170

*Iotyrris musivum* (Santo 2006, < 100 m)

*Iotyrris devoizei* (Santo 2006, < 100 m)

**(2) 2010** Alf, A., Maestrati, P. & Bouchet, P., 2010 New species of *Bolma* (Gastropoda: Vetigastropoda: Turbinidae) from the tropical deep sea, *The Nautilus* 124(2) 93-99

*Bolma pseudabathymphis* (Norfolk 2 >100m)

*Bolma castelinae* (Ebisco > 100 m)

*Bolma tantalea* (Tarasoc, > 100m)

**(3) 2010** Puillandre, N., Sysoev, A., Olivera, B., Couloux, A., Bouchet, P., 2010 Loss of planktotrophy and speciation: geographical fragmentation in the deep-water gastropod genus *Bathytoma* (Gastropoda, Conoidea) in the western Pacific, *Systematics and Biodiversity* 8(3) 371-394

*Bathytoma badifasciata* (> 100 m, Salomon Boa 3)

*Bathytoma carnicolor* (> 100m, Salomon 2)

*Bathytoma consors* (> 100m, Salomon Boa 3)

*Bathytoma cranaos* (Salomon Boa 3, > 100 m)

*Bathytoma episoma* (Aurora 2007, > 100m)

*Bathytoma neocaledonica* (Ebisco, > 100 m)

*Bathytoma netrion* (Aurora 2007, > 100 m)

*Bathytoma paratractoides* (Salomon 2, > 100m)

*Bathytoma punicea* (salomonboa 3, > 100 m)

*Bathytoma solomonensis* (Salomon 2, > 100 m)

**(4) 2010** Puillandre, N., Cruaud, C. & Kantor, Y., 2010 Cryptic species in *Gemmuloborsonia* (Gastropoda: Conoidea), *Journal of Molluscan Studies* 76(1) 11-23

*Gemmuloborsonia clandestina* (Aurora 2007, > 100m)

(5) 2012 Bail, P. & Puillandre, N., 2012 A new species of *Fusivoluta* Martens, 1902 (Gastropoda:Volutidae) from Mozambique, *The Nautilus* 126 127-135

*Fusivoluta profundorum* (Mainbaza, > 100 m)

(6) 2012. Fedosov, AE; Puillandre, N. Phylogeny and taxonomy of the *Kermia-Pseudodaphnella* (Mollusca: Gastropoda: Raphitomidae) genus complex: a remarkable radiation via diversification of larval development, *Systematics and Biodiversity*. 10(4):447-477

*Thetidus tridentata* (Panglao 2004, > 100m)

*Exomilus compressa* (Santo 2006, < 100m)

*Pseudodaphnella santoa* (Santo 2006, < 100 m)

*Pseudodaphnella nympa* (Atimo Vatae, < 100 m)

*Pseudodaphnella fallax* (Panglao 2004, <100m)

*Pseudodaphnella variegata* (Panglao 2004, <100m)

*Pseudodaphnella crypta* (Santo 2006, < 100m)

*Pseudodaphnella sudafricana* (Atimo vatae, < 100m)

*Pseudodaphnella kilburni* (Panglao 2004, > 100m)

*Pseudodaphnella lineata* (Panglao 2004, < 100m)

*Pseudodaphnella boholensis* (Panglao 2004, <100m)

*Pseudodaphnella phaeogranulata* (Santo 2006, > 100 m)

(7) 2012 Kantor, Y., Puillandre, N., Rivasseau, A. & Bouchet, P., 2012 Neither a buccinid nor a turrid: A new family of deep-sea snails for *Belomitra* P. Fischer, 1883 (Mollusca, Neogastropoda), with a review of Recent Indo-Pacific species, *Zootaxa* 3496 23377

*Belomitra gymnobela* (Tarasoc, >100 m)

*Belomitra minutula* (Ebisco, DW2546 > 100 m)

*Belomitra nesiotica* (TARASOC > 100 m)

*Belomitra subula* (salomon 2, > 100 m)

*Belomitra bouteti* (Tarasoc, 3436 > 100 m)

*Belomitra caudata* (Panglao 2005, > 100 m)

**(8) 2012** Kantor, Y., Strong, E. & Puillandre, N., 2012 A new lineage of Conoidea (Gastropoda: Neogastropoda) revealed by morphological and molecular data. *Journal of Molluscan Studies* 78 246-255

*Bouchetispira vitrea* (Norfolk 2, > 100 m)

**(9) 2012.** Malcom, G C S, Terryn, Y. Two new species of Terebridae widespread in the Indo-Pacific, *Gloria Maris* 51(1-2):1-15

*Clathroterebra brunneobandata* (Panglao 2004, < 100m)

**(10) 2012** Ter Poorten, J., *Fulvia (Fulvia) nienkeae* spec. nov., a new *Fulvia* from the Central Indo-West Pacific (Bivalvia, Cardiidae), *Basteria* 76(4-6) 117-125

*Fulvia (Fulvia) nienkeae* (Concalis, < 100 m)

**(11) 2013** Houart, R. & Héros, V., 2013 Description of new Muricidae (Mollusca: Gastropoda) collected during the Atimo Vatae expedition to Madagascar "Deep South", *Zoosystema* 35(4) 503-523

*Naquetia manwaii* (Atimo Vatae , < 100 m)

*Semiricinula bozzettii* (Atimo Vatae, < 100 m)

*Favartia (Favartia) tantelyi* (Atimo Vatae, < 100m)

**(12) 2014.** Fedosov, A; Olivera, B M; Watkins, M. A new species of *Casmaria* H. Adams & A. Adams, 1853 (Gastropoda, Cassidae) from the Philippines identified by molecular data, *European Journal of Taxonomy*,78:1-13

*Casmaria boblehmani* (Panglao 2004, < 100m)

**(13) 2014** Garrigues B. & Merle D. 2014 Nine new species of Muricidae Rafinesque, 1815 (Mollusca, Gastropoda) from the French Antilles, *Zoosystema* 36(4) 841-864

*Typhinellus lamyi* (Karubenthos 2012, < 100m)

*Dermomurex (Trialatella) pruvosti* (Karubenthos 2012, < 100m)

*Dermomurex (Trialatella) boucheti*(Karubenthos 2012, < 100m)

*Dermomurex (Trialatella) fajouensis*(Karubenthos 2012, < 100m)

*Pygmaepterys pointieri* (Karubenthos 2012, < 100m)

(14) 2014 Kantor Y., Lozouet P., Puillandre N. & Bouchet P. 2014 Lost and found: The Eocene family Pyramimitridae (Neogastropoda) discovered in the Recent fauna of the Indo-Pacific, *Zootaxa* 3754(3) 239-276

*Vaughanites? Superstes* (Panglao 2005, > 100 m)

(15) 2014 Kool H. & Galindo L.A. 2014 Description and Molecular Characterization of Six New Species of *Nassarius* (Gastropoda, Nassariidae) from the Western Pacific Ocean, *American Malacological Bulletin* 32(2) 147-164

*Nassarius houbricki* (Salomon BOA 3, > 100 m)

*Nassarius radians* (Santo 2006, < 100m)

*Nassarius vanuatuensis* (Santo 2006, < 100 m)

*Nassarius velvetosus* (Santo 2006, > 100 m)

*Nassarius martinezi* (Norfolk 2, > 100m)

*Nassarius ocellatus* (MNHN Philippines, > 100 m)

(16) 2014 Vilvens, C: New species and new records of Calliostomatidae (Gastropoda: Trochoidea) from Madagascar, *Novapex* 15 HS 9 : 1-29

*Calliostoma subalboroseum* (Atimo Vatae, > 100m)

*Carinastele wareni* (Atimo Vatae, > 100m)

(17) 2014 Vilvens C., Williams S.T. & Herbert D.G. 2014 New genus *Arxellia* with new species of Solariellidae (Gastropoda: Trochoidea) from New Caledonia, Papua New Guinea, Philippines, Western Australia, Vanuatu and Tonga, *Zootaxa* 3826 255-281

*Arxellia boucheti* (Norfolk 2, > 100m)

*Arxellia helicoides* (Biopapua, > 100 m)

*Arxellia herosae* (Norfolk 1, > 100 m)

*Arxellia tracheia* (Biopapua, > 100 m)



# **Annexe 3 – Chapitre 3 – Tableau des références bibliographiques du corpus et leur catégorie disciplinaire**

**Tableau 2** – Liste des 1579 références bibliographiques compilées qui utilisent du matériel récolté pendant les campagnes du Programme MUSORSTOM – Tropical Deep-Sea-Benthos et les catégories bibliométriques associées entre 1979 et 2016.



Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
4	2013	Lemaitre, R. 2013. The genus <i>Paragiopagurus</i> Lemaitre, 1996 (Crustacea, Decapoda, Anomura, Paguroidea, Parapaguridae): A worldwide review and summary, with descriptions of five new species. In: Ahyong S. T., Chan T.-Y., Corbari L. & Ng P. K. L. (eds), Tropical Deep-Sea Bent. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 204: 311 - 421	IU	0	0	1	0	0	0	0
8	2013	Anker, A. 2013. Notes on two rare and little-known Indo-Pacific snapping shrimps, <i>Alpheus percyi</i> Coutiere, 1908 and <i>A. pseudopugnax</i> (Banner, 1953) (Decapoda, Alpheidae). <i>Zootaxa</i> , 3722(2): 267 - 282	IU	0	0	1	0	0	0	0
10	2013	Burukovsky, RN. 2013. Shrimps of the family Nematocarcinidae Smith, 1884 (Crustacea, Decapoda, Caridea) from Taiwan and Philippines collected by the TAIWAN, PANGLAO 2005 and AURORA expeditions in the western Pacific. In: Ahyong S. T., Chan T.-Y., Corbari L. & Ng P. K. L. (eds). Mémoires du Muséum national d'histoire Naturelle, 204: 155 - 189	IU	0	0	0	0	0	1	0
12	1981	Forest, J. de Saint Laurent, M. 1981. La morphologie externe de <i>Neoglyphea inopinata</i> , espèce actuelle de Crustacé Décapode Glyphéide In: Résultats des campagnes MUSORSTOM I: Philippines (18-28 mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 51 - 84	IU	0	0	1	0	0	0	0
18	1991	Moosa, MK. 1991. The Stomatopoda of New Caledonia and Chesterfield islands. In: Richer de Forges Bertrand (coord.). Le benthos des fonds meubles des lagons de Nouvelle-Calédonie. Etudes et thèses, Volume 1. ORSTOM, 1: 149 - 219	IU	0	0	1	0	0	0	0
24	2002	Ahyong, ST. 2002. Stomatopoda (Crustacea) from the Marquesas Islands: results of MUSORSTOM 9. <i>Zoosystema</i> , 24(2): 347 - 372	IU	0	0	1	0	0	0	0
28	2004	Ahyong, ST; Chan, TY. 2004. Polychelid lobsters of Taiwan (Decapoda: Polychelidae). <i>Raffles Bulletin of Zoology</i> , (1): 171 - 182	IU	0	0	1	0	0	0	0
32	1991	Bruce, AJ. 1991. Shallow-water Palaemonoid shrimps from New Caledonia (Crustacea : Decapoda). In : Richer de Forges Bertrand, Le benthos des fonds meubles des lagons de Nouvelle-Calédonie, Etudes et Thèses , Volume 1. ORSTOM, 1: 221 - 280	IU	0	0	1	0	0	0	0
34	1994	Richer de Forges, B. 1994. A new genus of deep-sea majid crab: <i>Griffinia</i> gen. nov. (Crustacea, Decapoda, Brachyura). <i>The Beagle</i> , 11: 65 - 72	IU	0	0	1	0	0	0	0
40	2013	Osawa, M; Lin, CW; Chan, TY. 2013. Munidopsidae Ortmann, 1898 (Crustacea, Decapoda, Anomura) collected by the PANGLAO 2005 and AURORA expeditions to the Philippines, with descriptions of four new species from the Philippines and one new species from Taiwan. In: Ahyong S. T., Chan T.-Y., Co. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 204: 231 - 286	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
44	2005	Baba, K. 2005. Deep-sea chirostyliid and galatheid crustaceans (Decapoda: Anomura) from the Indo-Pacific, with a list of species. Galathea Report, 20: 1 - 317	IU	0	0	1	0	0	0	0
54	2012	Castro, P. 2012. Goneplacid crabs (Decapoda, Brachyura, Goneplacidae) of the Mainbaza and Miriki expeditions to the Mozambique channel, with the description of a new species of Pycnoplax Castro, 2007. Crustaceana Monographs, 17: 91 - 104	IU	0	0	1	0	0	0	0
56	2009	Castro, P. 2009. Two new species of Carcinoplax H. Milne Edwards, 1852, and Pycnoplax Castro, 2007, from the western Pacific, and a description of the female of Thyraplax truncata Castro, 2007 (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Goneplacidae). Zoosystema, 31(4): 949 - 957	IU	0	0	1	0	0	0	0
58	2013	Chan, TY; Ma, KY; Chu, KH. 2013. The deep-sea spiny lobster genus Puerulus Ortmann, 1897 (Crustacea, Decapoda, Palinuridae), with descriptions of five new species. In: Ahyong S. T., Chan T.-Y., Corbari L. & Ng P. K. L. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos 27. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 204: 191 - 230	IU	1	0	0	0	0	0	0
64	1986	Crosnier, A. 1986. Crevettes de la famille des Pandalidae récoltées durant ces dernières années en Polynésie française : description de Plesionika chacei et P. carsini spp. nov.. Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 8(2): 361 - 377	IU	0	0	1	0	0	0	0
68	2003	Galil, BS. 2003. Four new genera of leucosiid crabs (Crustacea: Brachyura: Leucosiidae) for three new species and nine species previously in the genus Randallia Stimpson, 1857, with a redescription of the type species, R. ornata (Randall, 1939). Proceedings of the Biological Society of Washington, 116(2): 395 - 422	IU	0	0	1	0	0	0	0
71	2009	Galil, BS; Ng, PKL. 2009. Calappoidea and Leucosioidea (Crustacea: Decapoda: Brachyura) from Luzon, Philippines, with descriptions of two new species of Mursia. Zootaxa, 2085: 45 - 60	IU	0	0	1	0	0	0	0
74	2001	Galil, BS. 2001. A new genus and species of leucosiid crab (Crustacea, Decapoda Brachyura) from the Indo-Pacific Ocean. Zoosystema, 23(1): 65 - 75	IU	0	0	1	0	0	0	0
79	2013	Komai, T; Chan, TY. 2013. New records of Glyphocrangon A. Milne-Edwards, 1881 (Crustacea, Decapoda, Caridea, Glyphocrangonidae) from recent French expeditions off the Mozambique Channel and Papua New Guinea, with description of one new species. In: Ahyong S. T., Chan T.-Y., Corbari. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 204: 107 - 128	IU	1	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
81	2012	Komai, T. 2012. A review of the western Pacific species of the crangonid genus <i>Metacrangon</i> Zarenkov, 1965 (Decapoda: Caridea), with descriptions of seven new species. <i>Zootaxa</i> , 3468: 1 - 77	IU	0	0	1	0	0	0	0
86	2008	Komai, T. 2008. A world-wide review of species of the deep-water crangonid genus <i>Parapontophilus</i> Christoffersen, 1988 (Crustacea, Decapoda, Caridea), with descriptions of ten new species. <i>Zoosystema</i> , 30(2): 261 - 332	IU	0	0	1	0	0	0	0
90	2004	Lemaitre, R. 2004. A worldwide review of hermit crab species of the genus <i>Sympagurus</i> Smith 1883 (Crustacea: Decapoda: Paraguridae). In: MARSHALL B. & RICHER DE FORGES B. (eds), <i>Tropical Deep-Sea Benthos</i> , volume 23. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 191: 85 - 149	IU	0	0	1	0	0	0	0
92	2004	Macpherson, E. 2004. Species of the genus <i>Munida</i> Leach, 1820 and related genera from Fiji and Tonga (Crustacea: Decapoda: Galatheididae) In: MARSHALL B. & RICHER DE FORGES B. (eds), <i>Tropical Deep-Sea Benthos</i> , volume 23. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 191: 231 - 292	IU	0	0	1	0	0	0	0
99	2011	Mendoza, JCE; Ng, PKL. 2011. The Polydectinae Dana, 1851, of the Philippines, with description of a new genus for <i>Lybia hatagumoana</i> Sakai, 1961 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Xanthidae). <i>Zootaxa</i> , 3052: 51 - 61	IU	0	0	1	0	0	0	0
104	2010	Castro, P; Ng, PKL. 2010. Revision of the family Euryplacidae Stimpson, 1871 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Goneplacoidea). <i>Zootaxa</i> , 2375: 1 - 130	IU	0	0	1	0	0	0	0
110	2010	Poore, GCB; Collins, AG. 2010. Parascytoleptus and Spongiarius redefined with two new species from the southwestern Pacific (Decapoda, Axiidea, Axiidae). In: Fransen et al. (eds.). <i>Studies on Malacostraca</i> Ljpkje Bijdeley Holthuis Memorial Volume Crustaceana Monographs, 14: 611 - 625	IU	0	0	1	0	0	0	0
118	2013	Richer de Forges, B; Ng, PKL. 2013. On a collection of spider crabs of the genera <i>Rochinia</i> A. Milne-Edwards, 1875 and <i>Naxioides</i> A. Milne-Edwards, 1865 (Crustacea, Brachyura, Majoidea, Epialtidae) from Mozambique Channel, Solomon, Vanuatu and Philippines Islands, with description of a new sp. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 204: 467 - 483	IU	0	0	1	0	0	0	0
121	2010	Tan, SH. 2010. A new species of <i>Pseudolambrus</i> (Brachyura, Parthenopidae) from New Caledonia In: Castro et al. (eds.). <i>Studies on Brachyura A Homage to Daniele Guinot Crustaceana Monographs</i> , 11: 329 - 333	IU	0	0	1	0	0	0	0
125	2010	Yang, CH; Chan, TY; Chu, KH. 2010. Two new species of the "Heterocarpus gibbosus Bate, 1888" species group (Crustacea: Decapoda: Pandalidae) from the western Pacific and north-western Australia. <i>Zootaxa</i> , 2372: 206 - 220	IU	1	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
128	2004	Hayashi, KI. 2004. Revision of the Pasiphaea cristata Bate, 1888 species group of Pasiphaea Savigny, 1816, with descriptions of four new species, and referral of P. australis Hanamura, 1989 to Alainopasiphaea Hayashi, 1999 (Crustacea: Decapoda: Pasiphaeidae). In: MARSHALL B. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 191: 319 - 374	IU	0	0	1	0	0	0	0
130	2006	Lowry, JK; Dempsey, K. 2006. The giant deep-sea scavenger genus Bathynomus (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae). In: RICHER DE FORGES B. & JUSTINE J.-L. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, volume 24. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 193: 163 - 192	IU	0	0	1	0	0	0	0
132	2006	Komai, T. 2006. Revision of the Glyphocrangon caeca species group (Crustacea, Decapoda, Glyphocrangonidae). In: RICHER DE FORGES B. & JUSTINE J.-L. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, volume 24. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 193: 243 - 264	IU	0	0	1	0	0	0	0
134	2006	Macpherson, E. 2006. Galatheiidae (Crustacea, Decapoda) from the Austral Islands, Central Pacific In: RICHER DE FORGES B. & JUSTINE J.-L. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, volume 24. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 193: 285 - 333	IU	0	0	1	0	0	0	0
136	2006	Rahayu, DL. 2006. The genus Paguristes (Crustacea, Decapoda, Diogenidae) from Indonesia. In: RICHER DE FORGES B. & JUSTINE J.-L. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, volume 24. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 193: 349 - 374	IU	0	0	1	0	0	0	0
138	2006	Davie, PJF; Crosnier, A. 2006. Echinolatus n. gen. (Crustacea, Decapoda, Portunidae) with description of two new species from the South-West Pacific. In RICHER DE FORGES B. & JUSTINE J.-L. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, volume 24. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 193: 393 - 410	IU	0	0	1	0	0	0	0
140	1981	de Saint Laurent, M; Cleva, R. 1981. Crustacés Décapodes : Stenopodidea. In Résultats des campagnes Musorstom 1 : Philippines (18-28 mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 151 - 188	IU	0	0	0	0	0	1	0
142	1981	Banner, AH; Banner, DM. 1981. Decapod Crustacea: Alpheidae. In: Résultats des campagnes MUSORSTOM I: Philippines (18-28 mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 217 - 235	IU	0	0	1	0	0	0	0
144	1981	Bacescu, M. 1981. Crustacés: Mysidacea. In: Résultats des campagnes MUSORSTOM I: Philippines (18-28 mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 261 - 276	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
146	1985	Guinot, D; Richer de Forges, B. 1985. Crustacés Décapodes : Majidae (genres Platymaia, Cyrtomaia, Pleistacantha, Sphenocarcinus et Naxioïdes) In: Résultats des campagnes MUSORSTOM I & II. Philippines, Tome 2. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 133: 83 - 178	IU	0	0	1	0	0	0	0
148	1985	Goeken, GD. 1985. Decapod Crustacea: Raninidae. In: Résultats des campagnes MUSORSTOM. I & II. Philippines, Tome 2. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 133: 205 - 228	IU	0	0	1	0	0	0	0
150	1985	Noël, P. 1985. Crustacés Décapodes: Processidae de l'Indo-Ouest-Pacifique, In Résultats des Campagnes MUSORSTOM I & II. Philippines, Tome 2. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 133: 261 - 302	IU	0	0	1	0	0	0	0
152	1985	Bacescu, M. 1985. Crustacés Mysidacés (Museum II). In: Résultats des campagnes MUSORSTOM I & II. Philippines, Tome 2. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 133: 355 - 366	IU	0	0	1	0	0	0	0
154	1985	Grygier, MJ. 1985. Crustacea Ascothoracida In: Résultats des Campagnes MUSORSTOM. I & II. Philippines, Tome 2. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 133: 417 - 426	IU	0	0	1	0	0	0	0
157	1989	Cleva, R. 1989. Oplophoridae (Crustacea Caridea) des campagnes MUSORSTOM 1, 2, 3 et CORINDON 2. In: J. FOREST (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 5. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 144: 69 - 73	IU	0	0	0	0	0	1	0
159	1989	Haig, J. 1989. Porcellanidae (Decapoda, Anomura) collected during Musorstom 1 and 2. In : J. FOREST (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 5. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 144: 93 - 101	IU	0	0	0	0	0	1	0
161	1989	Chen, H. 1989. Leucosiidae (Crustacea, Brachyura). In : J. FOREST (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 5. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 144: 181 - 263	IU	0	0	1	0	0	0	0
163	1989	Guinot, D. 1989. Les genres Trachycarcinus Faxon et Trichopeltarion A. Mines Edwards (Crustacea, Brachyura : Atelecyliidae). In : J. FOREST (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 5. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 144: 347 - 385	IU	0	0	1	0	0	0	0
165	1990	Cleva, R. 1990. Crustacea Decapoda : les genres et les espèces indo-ouest pacifiques de Stylocylyidae. In : A. CROSNIER (ed.) Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 6. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 145: 71 - 136	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
167	1990	Bruce, AJ. 1990. Crustacea Decapoda: Deep-sea Palaemonoid shrimps from new Caledonia. In: A. Crosnier (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 6. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 145: 149 - 215	IU	0	0	1	0	0	0	0
169	1990	de Saint Laurent, M; Macpherson, E. 1990. Crustacea Decapoda: le genre Eumunida, Smith 1883 (Chirostryliidae) dans les eaux néo-calédoniennes. In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 6. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 145: 227 - 288	IU	0	0	1	0	0	0	0
171	1990	Guinot, D. 1990. Crustacea Decapoda : Le genre Psopheticus Wood-Mason, 1892 (Gonoplacidae). In: A. Crosnier (Ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 6. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 145: 331 - 367	IU	0	0	1	0	0	0	0
173	1991	Rosell, NC. 1991. Cirripedia Thoracica: MUSORSTOM 3 Philippines collection, In : A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 9. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 152: 9 - 61	IU	0	0	1	0	0	0	0
175	1991	Bacescu, M. 1991. Crustacea Mysidacea : Récoltes faites au cours des campagnes MUSORSTOM 3 et CORINDON 2 aux Philippines et en Indonésie. In: A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 9. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 152: 79 - 100	IU	0	0	1	0	0	0	0
177	1991	Zeidler, W. 1991. Crustacea Amphipoda: Hyperiidea from MUSORSTOM cruises, In: A. CROSNIER (ed.), Résultats des campagnes MUSORSTOM, Volume 9. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 152: 125 - 137	IU	0	0	0	0	0	1	0
179	1991	Crosnier, A. 1991. Crustacea Decapoda : Les Metapenaeopsis indo-ouest-pacifiques sans appareil stridulant (Penaeidae). Deuxième partie, In: A. Crosnier (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 9. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 152: 155 - 297	IU	0	0	1	0	0	0	0
181	1991	Chan, TY; Crosnier, A. 1991. Crustacea Decapoda: Studies of the Plesionika narval (Fabricius, 1787) group (Pandalidae) with descriptions of six new species. In : A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 9. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 152: 413 - 461	IU	0	0	1	0	0	0	0
183	1991	Baba, K. 1991. Crustacea Decapoda: Alaimius gen. nov., Leiogalthea Baba, 1969, and Phylladorhynchus Baba, 1969 (Galatheidae) from New Caledonia. In : A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 9. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 152: 479 - 491	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
185	1991	Manning, RB. 1991. Crustacea Decapoda: Cécidocarcinus zibrowii, a new deep-water gall crab (Cryptochiridae) from New Caledonia. In: A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 9. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 152: 515 - 520	IU	0	0	1	0	0	0	0
187	1993	Lowry, JK; Stoddart, HE. 1993. Crustacea Amphipoda: Lysianassoïds from Philippine and Indonesian waters. In: A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 10.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 156: 55 - 109	IU	0	0	1	0	0	0	0
189	2010	Macpherson, E; Baba, K. 2010. Revision of the Genus Sadayoshia (Anomura, Galatheidae), with description of four new species In: Fransen et al (eds.). Studies on Malacostraca Lipke Bijdeley Holthuis Memorial Volume Crustaceana Monographs, 14: 415 - 452	IU	0	0	1	0	0	0	0
191	2013	Chan, BKK; Chen, HN; Yu, JHY. 2013. New species of barnacles associated with antipatharian corals og the genus Oxynaspis Darwin, 1852 (Crustacea, Cirripedia, Lepadiformes) from Philippines and Taiwan. In: Ahyong S. T., Chan T.-Y., Corbari L. & Ng P. K. L. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos 27. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 204: 67 - 84	IU	0	0	0	0	0	0	0
193	1997	Castro, P. 1997. Trapeziid crabs (Brachyura: Xanthoidea: Trapeziidae) of New Caledonia, eastern Australia and the Coral Sea. In: RICHER DE FORGE, B. (ed.), Les fonds meuble des lagons de Nouvelle-Calédonie (Sédimentologie, Benthos). Études & Thèses, volume 3. ORSTOM, 3: 59 - 107	IU	0	0	1	0	0	0	0
196	2006	Hayashi, KI. 2006. A new species of the Pasiphaea sivado species group from Taiwan (decapoda: Caridea: Pasiphaeidae). Zoosystema, 28(2): 341 - 346	IU	0	0	1	0	0	0	0
198	2013	Claremont, M; Houart, R; Williams, ST; Reid, DG. 2013. A molecular phylogenetic framework for the Ergalataxinae (Neogastropoda: Muricidae). Journal of Molluscan Studies, 79: 19 - 29	IM	1	0	0	0	0	0	0
200	2013	Dijkstra, HH; Maestrati, P. 2013. Pectinoidea (Bivalvia: Propeamussiidae, Entolidae and Pectinidae) from the Tarava Seamounts, Society Islands and the Tuamotu Archipelago (French Polynesia). Zoosystema, 35(3): 361 - 375	IM	0	0	1	0	0	0	0
202	2013	Faugère, E; Mauz, I. 2013. Une introduction au nouveau de la taxonomie. Revue d'Anthropologie des connaissances, 7(2): 349 - 364	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
204	2013	Ho, HC; Roberts, CD; Shao, KT. 2013. Revision of batfishes (Lophiiformes: Ogcocephalidae) of New Zealand and adjacent waters, with description of two new species of the genus Malthopsis. Zootaxa, 3626(1): 188 - 200	IC	1	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
207	2013	Houart, R. 2013. Description of two new species of Trophoninae s.l. and Typhinae (Gastropoda: Muricidae) from New Caledonia and comments on Litozamia Iredale, 1929 and Siphonochelus Jousseaume, 1880. Venus, 71: 1 - 11	IM	0	1	1	0	0	0	0
210	2013	Morassi, M; Bonifitto, A. 2013. Three new bathyal raphitomine gastropods (Mollusca: Conoidea) from the Indo-Pacific region. Zootaxa, 3620(4): 579 - 588	IM	0	1	1	0	0	0	0
212	2013	Puckridge, M; Andreakis, N; Appleyard, SA; Ward, RD. 2013. Cryptic diversity in flathead fishes (Scorpaeniformes: Platycephalidae) across the Indo-West Pacific uncovered by DNA barcoding. Molecular Ecology Resources, 13(1): 32 - 42	IC	0	0	0	0	0	0	0
215	2014	Lai, JCY; Thoma, B. P., Clark P. F.; Felder, D. L.; Ng, P.K.L. 2014. Phylogeny of eriphoiid crabs (Brachyura, Eriphioidea) inferred from molecular and morphological studies. Zoologica Scripta, 43: 52 - 64	IU	0	0	0	0	0	0	0
224	2013	Ng, PKL; Richer de Forges, B. 2013. Samadina longispina, a new genus and species of deep-sea spider crab from the western Pacific, and a new species of Rochinia A. Milne-Edwards, 1875, from Papua New Guinea (Crustacea: Brachyura: Majoidea: Epiplatidae). Zootaxa, 3718(4): 357 - 366	IU	1	0	1	0	0	0	0
231	2013	Richer de Forges, B; Ng, PKL; Ah Yong, ST. 2013. Parapleisticantha Yokoya, 1933, a valid genus of deep-sea inachid spider crab from Japan and the Philippines (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Majoidea), with the description of a new species. Zootaxa, 3635(1): 15 - 26	IU	1	0	1	0	0	0	0
248	2008	Li, XZ; Mitsuhashi, M; Chan, TY. 2008. Deep-sea Pontoniines (Decapoda : Palaemonidae) from the philippine "PANGLAO 2005" expedition, with descriptions of four new species. Journal of Crustacean Biology, 28(2): 385 - 411	IU	0	0	1	0	0	0	0
250	2012	Komai, T; Lin, CW; Chan, TY. 2012. Bathypelagic shrimp of the genus Pasiphaea (Decapoda: Caridea: Pasiphaeidae) from waters around Taiwan, with descriptions of four new species. Journal of Crustacean Biology, 32(2): 295 - 325	IU	0	1	1	0	0	0	0
258	2012	Chan, TY. 2012. A new genus of deep-sea Solenocerid shrimp (Decapoda: Penaeoidea) from Papua New Guinea. Journal of Crustacean Biology, 32(3): 489 - 495	IU	1	0	0	0	0	0	0
263	2006	Li, X; Bruce, AJ. 2006. Further Indo-West Pacific palaemonoid shrimps (Crustacea : Decapoda : Palaemonoidea), principally from the New Caledonian region. Journal of Natural History, 40(11): 611 - 738	IU	0	0	1	0	0	0	0



Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
276	2007	Richer de Forges, B; Ng, PKL. 2007. Notes on deep-sea spider crabs of the genus <i>Cyrtomaia</i> Miers, 1886, from the Philippines (Crustacea : Decapoda : Brachyura : Majidae), with description of a new species. <i>Raffles Bulletin of Zoology</i> , (Suppl16): 55 - 65	IU	0	0	1	0	0	0	0
285	2007	Richer de Forges, B; Ng, PKL. 2007. New records and new species of Homolidae De Haan, 1839, from the Philippines and French Polynesia (Crustacea : Decapoda : Brachyura). <i>Raffles Bulletin of Zoology</i> , (Suppl16): 29 - 45	IU	1	0	1	0	0	0	0
291	2007	Osawa, M; Lin, CW; Chan, TY. 2007. A new deep-sea squat lobster of the genus <i>Munidopsis</i> Whiteaves, 1874 (Crustacea : Decapoda : Anomura : Galatheidae) collected by the PANGLAO 2005 expedition to the Philippines. <i>Raffles Bulletin of Zoology</i> , (Suppl16): 15 - 20	IU	1	0	1	0	0	0	0
293	2009	Cabezas, P; Macpherson, E; Machordom, A. 2009. Morphological and molecular description of new species of squat lobster (Crustacea: Decapoda: Galatheidae) from the Solomon and Fiji Islands (South-West Pacific). <i>Zoological Journal of the Linnean Society</i> , 156(3): 465 - 493	IU	1	0	0	0	0	0	0
295	2011	Ahyong, ST; Ng, PKL. 2011. Cyclodoripoid crabs from the Philippines collected by the PANGLAO 2004-2005 and AURORA 2007 expeditions. <i>ZOOLOGISCHER ANZEIGER</i> , 250(4): 479 - 487	IU	1	0	1	0	0	0	0
297	2010	Komai, T; Chan, TY. 2010. Two new pandalid shrimps and the discovery of the second specimen of the rare hippolytid shrimp <i>Leontocaris bulga</i> Taylor & Poore, 1998 (Crustacea, Decapoda) from the Mozambique MAINBAZA cruise. <i>Zoosystema</i> , 32(4): 625 - 641	IU	0	0	1	0	0	0	0
299	2008	Saito, T; Komai, T. 2008. A review of species of the genera <i>Spongicola</i> de Haan, 1844 and <i>Paraspongicola</i> de Saint Laurent & Cleve, 1981 (Crustacea, Decapoda, Stenopodidea, Spongicolidae). <i>Zoosystema</i> , 30(1): 87 - 147	IU	0	0	1	0	0	0	0
302	2007	McLaughlin, PA. 2007. A new species of <i>Pteropagurus</i> McLaughlin & Rahayu, 2006 and a new genus and species of scaphopod dweller (Crustacea, Decapoda, Anomura, Paguroidea, Paguridae). <i>Zoosystema</i> , 29(3): 503 - 513	IU	0	0	1	0	0	0	0
305	2010	Castro, P. 2010. A new species and new records of palicooid crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Palicoidea, Palicidae, Crosso-tonotidae) from the Indo-West Pacific region. <i>Zoosystema</i> , 32(1): 73 - 86	IU	0	1	1	0	0	0	0
310	2013	Windsor, AM; Ahyong, ST. 2013. <i>Hyastenus</i> baru, a new species of spider crab from Indonesia (Brachyura, Majoidea, Epialtidae) with a key to the species of <i>Hyastenus</i> . <i>Crustaceana</i> , 86(6): 718 - 727	IU	0	1	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
317	2012	Macpherson, E. 2012. New deep-sea squat lobsters of the genus Galathea Fabricius, 1793 (Decapoda, Galatheididae) from Vanuatu and New Caledonia. Zoosystema, 34(2): 409 - 427	IU	0	0	1	0	0	0	0
324	2012	Poupin, J; Corbari, L; Perez, T; Chevaldonne, P. 2012. Deep-water decapod crustaceans studied with a remotely operated vehicle (ROV) in the Marquesas Islands, French Polynesia (Crustacea: Decapoda). Zootaxa, (3550): 43 - 60	IU	0	0	0	0	0	1	0
329	2012	Richer de Forges, B; Corbari, L. 2012. A new species of Oxypleurodon Miers, 1886 (Crustacea, Brachyura, Majoidea) from the Bismarck Sea, Papua New Guinea. Zootaxa, (3320): 56 - 60	IU	1	0	1	0	0	0	0
331	2008	Richer de Forges, B; Ng, PKL. 2008. New records of deep-sea spider crabs of the genus Cyrtomaia Miers, 1886, from the Pacific Ocean, with description of a new species (Crustacea : Decapoda : Brachyura : Majidae). Zootaxa, (1861): 17 - 28	IU	0	0	1	0	0	0	0
333	2006	Nguyen, N-H. 2006. Three species of Acanthaxius Sakai & de Saint Laurent, 1989, including two new to science, from the Solomon Islands and New Caledonia (Crustacea, Thalassinidea, Axiiidae). Zootaxa, (1240): 57 - 68	IU	0	0	1	0	0	0	0
337	2007	Richer de Forges, B; Ng, PKL. 2007. On a new genus and new species of deep-water spider crab from the Philippines (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Majidae). Zootaxa, (1644): 59 - 68	IU	0	0	1	0	0	0	0
341	2004	Mclay, CL; Ng, PKL. 2004. A taxonomic revision of the genus Paradynomenone Sakai, 1963 (Crustacea : Decapoda : Brachyura : Dynomenidae). Zootaxa, (657): 1 - 24	IU	0	0	1	0	0	0	0
349	2010	Cabezas, P; Macpherson, E; Machordom, A. 2010. Taxonomic revision of the genus Paramunida Baba, 1988 (Crustacea: Decapoda: Galatheididae) : a morphological and molecular approach. Zootaxa, (2712): 1 - 60	IU	0	0	0	0	0	0	0
352	2007	Ng, PKL; Richer De Forges, B. 2007. A new genus and new species of leucosiid crab from New Caledonia, with a note on the validity of Tanaoa serenei (Richer de Forges, 1983) (Crustacea : Decapoda : Brachyura). Zootaxa, (1662): 15 - 24	IU	1	0	1	0	0	0	0
354	1993	Tan, CGS; Richer de Forges, B. 1993. On the systematics and ecology of two species of mimetic crabs belonging to the family Leucosidae (Crustacea: Decapoda: Brachyura). Raffles Bulletin of Zoology, 41(1): 119 - 132	IU	0	0	1	0	0	0	0
356	1996	Richer de Forges, B; Faliex, E; Menou, J.L.. 1996. La campagne MUSORSTOM 8 dans l'archipel de Vanuatu. Compte rendu et liste de stations in A. Crosnier (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 15.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 168: 9 - 32	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
362	1997	Crosnier, A; Richer de Forges, B; Bouchet, P. 1997. La campagne KARUBAR en Indonésie, au large des îles Kai et Tanimbar. In : A. CROSNIER & P. BOUCHET (eds), Résultats des campagnes MUSORSTOM, Volume 16. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 172: 9 - 26	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
367	2012	Beu, AG; Bouchet, P; Trondle, J. 2012. Tonnoidean gastropods of French Polynesia. Molluscan Research, 32(2): 61 - 120	IM	0	0	1	0	0	0	0
369	2012	Cabezas, P; Sanmartin, I; Paulay, G; Macpherson, E; Machordom, A. 2012. Deep under the sea: unraveling the evolutionary history of the deep-sea squat lobster Paramunida (Decapoda, Munididae). EVOLUTION, 66(6): 1878 - 1896	IU	0	0	0	0	0	0	0
374	2012	Claremont, M; Reid, DG; Williams, ST. 2012. Speciation and dietary specialization in <i>Drupa</i> , a genus of predatory marine snails (Gastropoda: Muricidae). Zoologica Scripta, 41(2): 137 - 149	IM	0	0	0	0	0	0	0
378	2012	Herbert, DG. 2012. A revision of the Chilodontidae (Gastropoda: Vetigastropoda: Seguenzioidea) of southern Africa and the south-western Indian Ocean. AFRICAN INVERTEBRATES, 53(2): 381 - 502	IM	1	0	1	0	0	0	0
380	2012	Hoyoux, C; Zbinden, M; Samadi, S; Gaill, F; Compere, P. 2012. Diet and gut microorganisms of Munidopsis squat lobsters associated with natural woods and mesh-enclosed substrates in the deep South Pacific. Marine Biology Research, 8(1): 28 - 47	IU	1	0	0	1	0	0	0
386	2012	Pante, E; Corbari, L; Thubaut, J; Chan, TY; Mana, R; Boisselier, MC; Bouchet, P; Samadi, S. 2012. Exploration of the Deep-Sea Fauna of Papua New Guinea. OCEANOGRAPHY, 25(3): 214 - 225	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
394	2012	Tsang, LM; Achituv, Y; Chu, KH; Chan, BKK. 2012. Zoogeography of Intertidal Communities in the West Indian Ocean as Determined by Ocean Circulation Systems: Patterns from the Tetracrita Barnacles. Plos One, 7(9): -	IU	0	0	0	0	0	0	0
396	2013	Thubaut, J; Corbari, L; Gros, O; Duperron, S; Couloux, A; Samadi, S. 2013. Integrative Biology of <i>Idas iwaotakii</i> (Habe, 1958), a 'Model Species' Associated with Sunken Organic Substrates. Plos One, 8(7): -	IM	0	1	0	0	0	0	0
407	2012	Castelin, M; Puillandre, N; Kantor, YI; Modica, MV; Terryn, Y; Cruaud, C; Bouchet, P; Holford, M. 2012. Macroevolution of venom apparatus innovations in auger snails (Gastropoda; Conoidea; Terebridae). Molecular Phylogenetics and Evolution, 64(1): 21 - 44	IM	0	0	0	0	0	0	0
411	2012	Kantor, YI; Strong, EE; Puillandre, N. 2012. A new lineage of Conoidea (Gastropoda: Neogastropoda) revealed by morphological and molecular data. Journal of Molluscan Studies, 78: 246 - 255	IM	0	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Bibliographie	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
414	2012	Pante, E; France, SC; Couloux, A; Cruaud, C; McFadden, CS; Samadi, S; Watling, L. 2012. Deep-Sea Origin and In-Situ Diversification of Chrysogorgiid Octocorals. <i>Plos One</i> , 7(6): -	IK	0	0	0	0	0	0	0
416	2013	Thubaut, J; Puillandre, N; Faure, B; Cruaud, C; Samadi, S. 2013. The contrasted evolutionary fates of deep-sea chemosynthetic mussels (Bivalvia, Bathymodiolineae). <i>Ecology and Evolution</i> , 3(14): 4748 - 4766	IM	0	0	0	0	0	0	0
420	2011	Bouchet, P; Kantor, YI; Sysoev, A; Puillandre, N. 2011. A new operational classification of the Conoidea (Gastropoda). <i>Journal of Molluscan Studies</i> , 77: 273 - 308	IM	0	1	0	0	0	0	0
423	2011	Ho, HC; Seret, B; Shao, KT. 2011. Records of anglerfishes (Lophiiformes: Lophiidae) from the western South Pacific Ocean, with descriptions of two new species. <i>JOURNAL OF FISH BIOLOGY</i> , 79(7): 1722 - 1745	IC	0	1	1	0	0	0	0
425	1981	Jangoux, M. 1981. Echinodermes: Astéroïdes, In: Résultats des campagnes MUSORSTOM I: Philippines (18-28 mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 457 - 476	IE	0	1	1	0	0	0	0
434	2011	Puillandre, N; Macpherson, E; Lambourdiere, J; Cruaud, C; Boisselier-Dubayle, MC; Samadi, S. 2011. Barcoding type specimens helps to identify synonyms and an unnamed new species in Eumunida Smith, 1883 (Decapoda: Eumunidiidae). <i>Invertebrate Systematics</i> , 25(4): 322 - 333	IU	0	1	0	0	0	0	0
439	2011	Schnabel, KE; Ah Yong, ST; Maas, EW. 2011. Galatheoidea are not monophyletic - Molecular and morphological phylogeny of the squat lobsters (Decapoda: Anomura) with recognition of a new superfamily. <i>Molecular Phylogenetics and Evolution</i> , 58(2): 157 - 168	IU	0	1	0	0	0	0	0
441	2011	Lai, JCY; Mendoza, JCE; Guinot, D; Clark, PF; Ng, PKL. 2011. Xanthidae MacLeay, 1838 (Decapoda: Brachyura: Xanthoidea) systematics: A multi-gene approach with support from adult and zoeal morphology. <i>ZOOLOGISCHER ANZEIGER</i> , 250(4): 407 - 448	IU	0	0	0	0	0	0	0
443	2011	Puillandre, N; Kantor, YI; Sysoev, A; Couloux, A; Meyer, C; Rawlings, T; Todd, JA; Bouchet, P. 2011. THE DRAGON TAMED? A MOLECULAR PHYLOGENY OF THE CONOIDEA (GASTROPODA). <i>Journal of Molluscan Studies</i> , 77: 259 - 272	IM	0	0	0	0	0	0	0
448	2010	Barco, A; Clarendon, M; Reid, DG; Houart, R; Bouchet, P; Williams, ST; Cruaud, C; Couloux, A; Oliverio, M. 2010. A molecular phylogenetic framework for the Muricidae, a diverse family of carnivorous gastropods. <i>Molecular Phylogenetics and Evolution</i> , 56(3): 1025 - 1039	IM	0	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
451	2010	Castelin, M; Lambourdiere, J; Boisselier, MC; Lozouet, P; Coulloux, A; Cruaud, C; Samadi, S. 2010. Hidden diversity and endemism on seamounts: focus on poorly dispersive neogastropods. BIOLOGICAL JOURNAL OF THE LINNEAN SOCIETY, 100(2): 420 - 438	IM	0	0	0	0	0	0	0
455	2010	Dijkstra, HH; Maestrati, P. 2010. Pectinoidea (Mollusca, Bivalvia, Propeamussiidae, Entoliidae and Pectinidae) from the Austral Islands (French Polynesia). Zoosystema, 32(2): 333 - 358	IM	0	0	1	0	0	0	0
458	2010	Mendoza, JCE; Naruse, T; Tan, SH; Chan, TY; Richer de Forges, B; Ng, PKL. 2010. Case studies on decapod crustaceans from the Philippines reveal deep, steep underwater slopes as prime habitats for 'rare' species. Biodiversity and Conservation, 19: 575 - 586	IU	0	0	0	1	0	0	0
462	2010	Hall, S; Thatje, S. 2010. King crabs up-close: ontogenetic changes in ornamentation in the family Lithodidae (Crustacea, Decapoda, Anomura), with a focus on the genus Paralomis. Zoosystema, 32(3): 495 - 524	IU	1	0	1	0	0	0	0
466	2010	Lorion, J; Buge, B; Cruaud, C; Samadi, S. 2010. New insights into diversity and evolution of deep-sea Mytilidae (Mollusca: Bivalvia). Molecular Phylogenetics and Evolution, 57(1): 71 - 83	IM	0	0	0	0	0	0	0
469	2011	Chan, TY; Mitsuhashi, M; Fransen, CHJM; Cleva, R; Tan, SH; Mendoza, JC; Santos, MM; Ng, PKL. 2011. Focus on a selected biota : unusual and specular crustaceans in Bouchet, P; Le Guyader, H & Gros P. The natural History of Santo. Patrimoines naturels, 70: 410 - 420	IU	0	1	0	0	0	1	0
472	2011	Bouchet, P; Héros, V; Lozouet, P; Maestrati, P; Von Cosel, R. 2011. The marine molluscs of Santo In Bouchet, P; Le Guyader, H & Gros P. (eds) The natural History of Santo. Patrimoines naturels, 70: 421 - 431	IM	0	1	0	0	0	1	0
476	2010	Oliverio, M; Modica, MV. 2010. Relationships of the haematophagous marine snail Colubraria (Rachiglossa: Colubrariidae), within the neogastropod phylogenetic framework. Zoological Journal of the Linnean Society, 158(4): 779 - 800	IM	0	0	0	0	0	0	0
479	2010	Puillandre, N; Sysoev, AV; Olivera, BM; Coulloux, A; Bouchet, P. 2010. Loss of planktotrophy and speciation: geographical fragmentation in the deep-water gastropod genus Bathytoma (Gastropoda, Conoidea) in the western Pacific. Systematics and Biodiversity, 8(3): 371 - 394	IM	0	0	0	0	0	0	0
481	2010	Samadi, S; Corbari, L; Lorion, J; Hourdez, S; Haga, T; Dupont, J; Boisselier, MC; De Forges, BR. 2010. Biodiversity of deep-sea organisms associated with sunken-wood or other organic remains sampled in the tropical Indo-Pacific. CAHIERS DE BIOLOGIE MARINE, 51(4): 459 - 466	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
486	2010	Sigwart, JD; Schwabe, E; Saito, H; Samadi, S; Giribet, G. 2010. Evolution in the deep sea: a combined analysis of the earliest diverging living chitons (Mollusca: Polyplacophora: Lepidopleurida). Invertebrate Systematics, 24(6): 560 - 572	IM	0	0	0	0	0	0	0
490	2010	Zbinden, M; Pailletet, M; Ravaux, J; Gaudron, SM; Hoyoux, C; Lambourdiere, J; Waren, A; Lorion, J; Halary, S; Duperron, S. 2010. Bacterial communities associated with the wood-feeding gastropod Pectinodonta sp (Patellogastropoda, Mollusca). FEMS MICROBIOLOGY ECOLOGY, 74(2): 450 - 463	IM	0	0	0	0	0	0	0
492	2011	Wells, FE. 2011. A rapid assessment of the marine molluscs of southeastern Santo in Bouchet P., Le Guyader H., Gros P. (eds), The Natural History of Santo. Patrimoines naturels, 70: 431 - 437	IM	0	0	0	0	0	1	0
494	2011	Schiaparelli S, Fransen C, Oliviero M. 2011. Marine partnerships in Santo's reef environments: parasites, commensals and other organisms that live in close association in Bouchet P., Le Guyader H., Gros P. (eds), The Natural History of Santo. Patrimoines naturels, 70: 449 - 457	NA	0	0	0	0	0	1	0
497	2010	Davie, PIF; Naruse, T. 2010. A NEW SPECIES OF ILYOPLAX (DECAPODA, BRACHYURA, DOTILLIDAE) FROM PANGLAO, THE PHILIPPINES. In: Castro et al. (eds.). Studies on Brachyura A Homage to Daniele Guinot Crustaceana Monographs, 11: 75 - 82	IU	0	0	1	0	0	0	0
502	2010	Mendoza, JCE; Ng, PKL. 2010. MEDAEUS DANIELITA, A NEW SPECIES OF XANTHID CRAB (DECAPODA, BRACHYURA, XANTHIDAE) FROM THE BOHOL SEA, CENTRAL PHILIPPINES. In: Castro et al. (eds.), BRACHYURA: A HOMAGE TO DANIELE GUINOT, Koninklijke Brill NV, Leiden. Studies on Brachyura A Homage to Daniele Guinot Crustaceana Monographs, 11: 203 - 213	IU	1	0	1	0	0	0	0
504	2010	Richer de Forges, B. 2010. MAJOID CRABS FROM THE MOZAMBIQUE CHANNEL WITH THE DESCRIPTION OF A NEW SPECIES OF OXYPLEURODON MIERS, 1886 (DECAPODA, BRACHYURA). In: Fransen et al. (eds.). Studies on Malacostraca Lipke Bijdeley Holthuis Memorial Volume Crustaceana Monographs, 14: 645 - 653	IU	0	0	1	0	0	0	0
509	2009	Bitner, MA. 2009. Recent Brachiopoda from the Norfolk Ridge, New Caledonia, with description of four new species. Zootaxa, (2235): 1 - 39	IB	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
512	2009	Castro, P. 2009. SHALLOW-WATER TRAPEZIIDAE AND TETRALIIDAE (CRUSTACEA: BRACHYURA) OF THE PHILIPPINES (PANGLAO 2004 EXPEDITION), NEW GUINEA, AND VANUATU (SANTO 2006 EXPEDITION). Raffles Bulletin of Zoology. : 271 - 281	IU	0	0	0	0	0	1	0
519	2009	Ho, HC; Seret, B; Shao, KT. 2009. Redescription of Lophiodes infrabrunneus Smith and Radcliffe, 1912, a senior synonym of L-abdituspinus Ni, Wu and Li, 1990 (Lophiiformes: Lophiidae). Zootaxa, (2326): 62 - 68	IC	0	0	1	0	0	0	0
522	2009	Kano, Y; Chikyu, E; Waren, A. 2009. MORPHOLOGICAL, ECOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF THE ENIGMATIC PLANISPIRAL SNAIL GENUS ADEUOMPHALUS (VETIGASTROPODA: SEGUENZIOIDEA). Journal of Molluscan Studies, 75: 397 - 418	IM	0	0	0	0	0	0	0
524	2009	Lemaitre, R; McLaughlin, PA; Sorhannus, U. 2009. Phylogenetic relationships within the Pylochelidae (Decapoda: Anomura: Paguroidea): A cladistic analysis based on morphological characters. Zootaxa, (2022): 1 - 14	IU	0	0	0	1	0	0	0
526	2009	Lozouet, P. 2009. A new Neritopsidae (Mollusca, Gastropoda, Neritopsina) from French Polynesia. Zoosystema, 31(1): 189 - 198	IM	0	1	1	0	0	0	0
530	2009	Macpherson, E. 2009. New species of squat lobsters of the genera Munida and Raymunida (Crustacea, Decapoda, Galatheidae) from Vanuatu and New Caledonia. Zoosystema, 31(3): 431 - 451	IU	0	1	1	0	0	0	0
533	2009	Marshall, BA; Oliverio, M. 2009. The Recent Coralliophiliinae of the New Zealand region, with descriptions of two new species (Gastropoda: Neogastropoda: Muricidae). Molluscan Research, 29(3): 155 - 173	IM	0	1	1	0	0	0	0
537	2009	Naruse, T; Castro, P; Ng, PKL. 2009. A NEW GENUS AND NEW SPECIES OF ETHUSIDAE (DECAPODA, BRACHYURA) FROM VANUATU, WESTERN PACIFIC. Crustaceana, 82(7): 931 - 938	IU	0	1	1	0	0	0	0
542	2009	Oliverio, M. 2009. Diversity of Coralliophiliinae (Mollusca, Neogastropoda, Muricidae) at Austral Islands (South Pacific). Zoosystema, 31(4): 759 - 789	IM	0	1	1	0	0	0	0
544	2009	Poupin, J; Malay, MC. 2009. Identification of a Ciliopagurus strigatus (Herbst, 1804) species-complex, with description of a new species from French Polynesia (Crustacea, Decapoda, Anomura, Diogenidae). Zoosystema, 31(2): 209 - 232	IU	1	0	0	0	0	0	0
546	2009	Puillandre, N; Samadi, S; Boisselier, MC; Cruaud, C; Bouchet, P. 2009. Molecular data provide new insights on the phylogeny of the Conoidea (Neogastropoda). Nautilus, 123(3): 202 - 210	IM	0	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
549	2009	Richer de Forges, B; Tan, SH; Bouchet, P; Ng, PKL; Chan, TY; Saguil, N. 2009. PANGLAO 2005-SURVEY OF THE DEEP-WATER BENTHIC FAUNA OF THE BOHOL SEA AND ADJACENT WATERS. Raffles Bulletin of Zoology, (Suppl20): 21 - 38	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
555	2009	Tsang, LM; Chan, TY; Cheung, MK; Chu, KH. 2009. Molecular evidence for the Southern Hemisphere origin and deep-sea diversification of spiny lobsters (Crustacea: Decapoda: Palinuridae). Molecular Phylogenetics and Evolution, 51(2): 304 - 311	IU	0	0	0	0	0	0	0
557	2009	Chan, TY; Ho, KC; Li, CP; Chu, KH. 2009. Origin and diversification of the clawed lobster genus Metanephrops (Crustacea: Decapoda: Nephropidae). Molecular Phylogenetics and Evolution, 50(3): 411 - 422	IU	0	0	0	0	0	0	0
559	2009	Duperron, S; Lorion, J; Samadi, S; Gros, O; Gaill, F. 2009. Symbioses between deep-sea mussels (Mytilidae: Bathymodiolineae) and chemosynthetic bacteria: diversity, function and evolution. COMPTES RENDUS BIOLOGIES, 332: 298 - 310	IM	0	0	0	0	0	0	0
562	2009	Ma, KY; Chan, TY; Chu, KH. 2009. Phylogeny of penaeoid shrimps (Decapoda: Penaeoidea) inferred from nuclear protein-coding genes. Molecular Phylogenetics and Evolution, 53(1): 45 - 55	IU	0	0	0	0	0	0	0
569	2009	Juncker, M; Poupin, J. 2009. Crustacés de Nouvelle-Calédonie. Illustration des espèces communes et liste documentée des espèces terrestres et des récifs. Rapport Scientifique du CRISP, : 1 - 79	IU	0	0	0	0	0	1	0
572	1981	Roux, M. 1981. Echinodermes : Crinoïdes Isocrinidae, In: Resultats des campagnes MUSORSTOM. I : Philippines (18-28 Mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 477 - 544	IE	0	0	1	0	0	0	0
574	1981	Cherbonnier, G; Féral, J-P. 1981. Echinodermes : Holothurites, In: Resultats des campagnes MUSORSTOM I : Philippines (18-28 Mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 357 - 412	IE	0	0	1	0	0	0	0
576	1981	Guille, A. 1981. Echinodermes: Ophiurides, In: Resultats des campagnes MUSORSTOM I : Philippines (18-28 Mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 413 - 456	IE	0	1	1	0	0	0	0
578	2008	Boxshall, GA; Lin, CL; Ho, JS; Ohtsuka, S; Maran, BAV; Justine, JL. 2008. A revision of the family Dissonidae Kurtz, 1924 (Copepoda : Siphonostomatoidea). Systematic Parasitology, 70(2): 81 - 106	IU	0	1	1	0	0	0	0
581	1981	Leloup, E. 1981. Mollusques : Polyplacophores, In: Resultats des campagnes MUSORSTOM I : Philippines (18-28 Mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 317 - 324	IM	0	0	1	0	0	0	0



Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
583	2008	Cleva, R. 2008. Styloclactylidae and Bathypalaemonellidae (Crustacea : Decapoda : Caridea) from the PANGLAO 2004 and 2005 expeditions to the Philippines, with description of a new species of Styloclactylus A. Milne-Edwards, 1881. Zootaxa, (1813): 29 - 41	IU	0	0	1	0	0	0	0
585	2008	Corbera, J. 2008. Deep-sea bodotriidae (Crustacea : Cumacea) from New Caledonia, Fiji and Indonesia. Zoological Journal of the Linnean Society, 152(2): 227 - 254	IU	0	0	1	0	0	0	0
587	1981	Le Danois, Y. 1981. Poissons Péciculates Haploptérygiens: Lophiidae et Chaunacidae, In : Résultats des campagnes MUSORSTOM 1 : Philippines (18-28 mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 103 - 115	IC	0	0	1	0	0	0	0
590	2008	Duperron, S; Laurent, MCZ; Gaill, F; Gros, O. 2008. Sulphur-oxidizing extracellular bacteria in the gills of Mytilidae associated with wood falls. FEMS MICROBIOLOGY ECOLOGY, 63(3): 338 - 349	IM	0	0	0	0	0	0	0
593	1981	Forest, J. 1981. Post-scriptum à propos de la campagne MUSORSTOM II. In: Résultats des campagnes MUSORSTOM I: Philippines (18-28 Mars 1976). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 91: 557 - 558	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
595	2008	Kano, Y. 2008. Vetigastropod phylogeny and a new concept of Seguenzioidae: independent evolution of copulatory organs in the deep-sea habitats. Zoologica Scripta, 37(1): 1 - 21	IM	1	0	0	0	0	0	0
598	2008	Beu, AG. 2008. Recent deep-water Cassidae of the world. A revision of Galeodea, Oocorys, Sconsia, Echinophoria and related taxa, with new genera and species (Mollusca, Gastropoda). In HÉROS V., COWIE R. H. & BOUCHET P. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos 25. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 196: 269 - 387	IM	0	0	1	0	0	0	0
600	2008	Boyer, F. 2008. The genus Serrata Jousseaume, 1875 (Caenogastropoda: Marginellidae) in New Caledonia. In HÉROS V., COWIE R. H. & BOUCHET P. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos 25. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 196: 389 - 436	IM	0	0	1	0	0	0	0
602	2008	Houart, R; Tröndlé, J. 2008. Update of Muricidae (excluding Coralliophilinae) from French Polynesia with description of ten new species. Novapex, 9(2): 53 - 93	IM	0	0	1	0	0	0	0
604	2008	Houart, R; Héros, V. 2008. Muricidae (Mollusca: Gastropoda) from Fiji and Tonga. In HÉROS V., COWIE R. H. & BOUCHET P. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos 25. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 196: 437 - 480	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
608	2008	Moolenbeek, RG; Röckel, D; Bouchet, P. 2008. New records and new species of cones from deeper water off Fiji (Mollusca, Gastropoda, Conidae). <i>Vita Malacologica</i> , 6: 35 - 49	IM	1	0	1	0	0	0	0
611	2008	Puillandre, N; Samadi, S; Boisselier, MC; Sysoev, AV; Kantor, YI; Cruaud, C; Couloux, A; Bouchet, P. 2008. Starting to unravel the toxoglossan knot: Molecular phylogeny of the "turrids" (Neogastropoda: Conoidea). <i>Molecular Phylogenetics and Evolution</i> , 47: 1122 - 1134	IM	0	0	0	0	0	0	0
616	2008	Scarabino, V. 2008. New species and new records of scaphopods from New Caledonia In HÉROS V., COWIE R. H. & BOUCHET P. (eds), <i>Tropical Deep-Sea Benthos 25. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle</i> , 196: 215 - 268	IM	0	0	1	0	0	0	0
619	2008	Simone, LRL; Cunha, CM. 2008. Supplementary data for a recent revision of the genus <i>Spinipella</i> (Bivalvia, Septibranchia). <i>Strombus</i> , 15(1): 8 - 14	IM	0	0	1	0	0	0	0
621	2008	Valdés, A. 2008. Deep-sea "cephalaspidean" heterobranchs (Gastropoda) from the tropical southwest Pacific. In HÉROS V., COWIE R. H. & BOUCHET P. (eds), <i>Tropical Deep-Sea Benthos 25. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle</i> , 196: 587 - 792	IM	0	0	1	0	0	0	0
623	1979	Bouchet, P. 1979. A new <i>Volute</i> from the western Pacific. <i>Veliger</i> , 22(1): 49 - 51	IM	0	0	1	0	0	0	0
628	2007	Bitner, MA. 2007. Recent brachiopods from the Austral Island, French Polynesia, South-Central Pacific. <i>Zoosystema</i> , 29(3): 491 - 502	IB	0	1	1	0	0	0	0
631	2007	Clewa, R; Guinot, D; Albenga, L. 2007. Annotated catalogue of brachyuran type specimens (Crustacea, Decapoda, Brachyura) deposited in the Museum national d'Histoire naturelle, Paris. Part I. Podotremata. <i>Zoosystema</i> , 29(2): 229 - 279	IU	0	0	0	0	0	1	0
633	2007	Crosnier, A; Machordom, A; Boisselier-Dubayle, MC. 2007. Les espèces du genre <i>Trachypenaopsis</i> (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). <i>Approches morphologiques et moléculaires.. Zoosystema</i> , 29(3): 471 - 489	IU	0	0	0	0	0	0	0
640	2007	Kantor, YI; Bouchet, P. 2007. Out of Australia: <i>Belloliva</i> (Neogastropoda: Olividae) in the Coral Sea and New Caledonia. <i>American Malacological Bulletin</i> , 22(1): 27 - 73	IM	0	0	1	0	0	0	0
643	2007	McLean, JH; Kiel, S. 2007. Cretaceous and living Colloniidae of the redefined subfamily <i>Petropomatinae</i> , with two new genera and one new species, with notes on opercular evolution in turbinoids, and the fossil record of <i>Liottiidae</i> (Vetigastropoda : Turbinoidea). <i>PALAEONTOLOGISCHE ZEITSCHRIFT</i> , 81(3): 254 - 266	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
645	2008	Mouahid, G; Faliex, E; Allienne, JR; Cribb, TH. 2008. Proctopphantastes brayi, n. sp (Digenea : Zoogonidae) parasite of the deep-sea fish Polymixia Lowe, 1838 from Vanuatu. PARASITOLOGY INTERNATIONAL, 57(1): 25 - 31	IN	0	0	1	0	0	0	0
650	2007	Pailleret, M; Saedlou, N; Palacios, C; Zbinden, M; Lebaron, P; Gaill, F; Prive-Gill, C. 2007. Identification of natural sunken wood samples. COMPTES RENDUS PALEVOL, 6: 463 - 468	Autres	0	0	0	1	0	0	0
652	2007	Richer de Forges, B; Ng, PKL. 2007. A new species of Cyrtomaia Miers, 1886 (Crustacea : Decapoda : Brachyura : Majidae) from Micronesia. Zootaxa, (1409): 61 - 67	IU	0	0	1	0	0	0	0
654	2007	Améziane, N. 2007. Echinodermata of new Caledonia. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 337 - 347	IE	0	0	0	0	0	1	0
657	2007	Bruce, NL. 2007. Provisional list of the marine and freshwater isopods (Crustacea) of New Caledonia. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 275 - 279	IU	0	0	0	0	0	1	0
660	2007	Dworschak, P. 2007. Thalassinideans shrimps of New Caledonia. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 305 - 307	IU	0	0	0	0	0	1	0
662	2007	Fautin, D. 2007. Actinaria of New Caledonia. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 135 - 135	IK	0	0	0	0	0	1	0
664	2007	Gordon, D. 2007. Bryozoa of New Caledonia. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 159 - 170	IB	0	0	0	0	0	1	0
666	2007	Jones, DS. 2007. The Cirripedia of New Caledonia. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 289 - 294	IU	0	0	0	0	0	1	0
668	2007	Lindner, A. 2007. Diversity of stylasterid corals (Cnidaria: Hydrozoa: Stylasteridae) in deep water habitats of New Caledonia. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 137 - 137	IK	1	0	0	0	0	1	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
671	2007	Macpherson, E; Baba, K. 2007. Galatheoidea of New Caledonia and environs: Remarks on the preliminary checklist. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 313 - 314	IU	0	0	0	0	0	1	0
673	2007	Molodtsova, T. 2007. Black corals (Antipatharia) of New Caledonia. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 119 - 125	IK	0	0	0	0	0	1	0
675	2007	Monniot, F. 2007. Some comments on the Ascidians of New Caledonia. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 349 - 356	IT	0	0	0	0	0	1	0
677	2007	Pleijel, F. 2007. Polychaetes of New Caledonia. In: Payri C.E., Richer de Forges B. (Eds.), Compendium of Marine Species of New Caledonia, IRD Centre de Nouméa. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 175 - 181	IA	0	0	0	0	0	1	0
680	2007	Samadi, S; Schlacher, T; Richer de Forges, B. 2007. Seamount benthos In: Pitcher TJ, Morato T, Hart PJB, Clark MR, Haggan N, Santos RSe (eds.), Seamounts: Ecology, Fisheries, Conservation. Blackwell, : 119 - 140	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
682	2006	Amaoka, K; Kawai, T; Seret, B. 2006. Nematops nanosquama, a new species of righteye flounder (Pleuronectiformes : Poecilopsettidae) from off the Marquesas Islands. Ichthyological Research, 53(3): 223 - 227	IC	0	0	1	0	0	0	0
685	2006	Bruce, AJ. 2006. An unusual new Periclimenes (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from New Caledonia. Zoosystema, 28(3): 703 - 712	IU	0	0	1	0	0	0	0
689	2006	Clewa, R; Van Wormhoudt, A. 2006. On two rare and poorly known species, Stylodactylus discissipes Bate, 1888, and S. serratus A. Milne-Edwards, 1881 (Crustacea, Decapoda, Styloactylidae). Zoosystema, 28(2): 347 - 358	IU	0	0	0	0	0	0	0
692	2006	Crosnier, A. 2006. Penaeopsis Bate, 1881 (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) récoltées dans le Pacifique sud-ouest par les campagnes françaises depuis 1976. Description d'une espèce nouvelle.. Zoosystema, 28(2): 331 - 340	IU	0	0	1	0	0	0	0
694	2006	Forest, J. 2006. The recent Glypheids and their relationship with their fossil relatives (Decapoda, Reptantia). Crustaceana, 79: 795 - 820	IU	0	0	1	0	0	0	0
696	2006	Fransen, CHJM. 2006. On Pontoninae (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) collected from ascidians. Zoosystema, 28(3): 713 - 746	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
698	2006	Geiger, DL. 2006. Sasakiconcha elegantissima new genus and new species (Gastropoda : Vetigastropoda : Anatomidae?) with disjointly coiled base. Nautilus, 120(2): 45 - 51	IM	0	0	1	0	0	0	0
703	2006	Komai, T. 2006. A review of the crangonid genus Lissosabinea Christoffersen, 1988 (Crustacea, Decapoda, Caridea), with descriptions of three new species from the western Pacific. Zoosystema, 28(1): 31 - 59	IU	0	0	1	0	0	0	0
706	2006	Lin, FJ. 2006. Two New Axioids (Decapoda: Thalassinidea) from New Caledonia. Journal of Crustacean Biology, 26(2): 234 - 241	IU	0	0	1	0	0	0	0
708	2006	Lu, CC; Boucher-Rodoni, R. 2006. A new genus and species of sepiolid squid from the waters around Tonga in the central South Pacific (Mollusca : Cephalopoda : Sepiolidae). Zootaxa, (1310): 37 - 51	IM	0	0	1	0	0	0	0
710	2006	MacPherson, E; Baba, K. 2006. New species and records of small galatheids (Crustacea, Decapoda, Galatheiidae) from the southwest and central Pacific Ocean. Zoosystema, 28(2): 443 - 456	IU	0	0	1	0	0	0	0
712	2006	Monniot, F; Monniot, C. 2006. A deep water Ascidia (Asciidiidae, Tunicata) from the tropical western Pacific. Zootaxa, (1168): 43 - 49	IT	0	0	1	0	0	0	0
716	2006	Samadi, S; Bottan, L; Macpherson, E; De Forges, BR; Boisselier, MC. 2006. Seamount endemism questioned by the geographic distribution and population genetic structure of marine invertebrates. Marine Biology, 149(6): 1463 - 1475	IU	0	0	0	0	0	0	0
720	2006	Temkin, I. 2006. Morphological perspective on the classification and evolution of Recent Prerioidea (Mollusca : Bivalvia). Zoological Journal of the Linnean Society, 148: 253 - 312	IM	0	0	0	1	0	0	0
722	2006	Bamber, RN; Boxshall, GA. 2006. A New Genus and Species of the Langitaninae (Crustacea: Peracarida: Tanaidacea: Tanaidae) Bearing a New Genus and Species of Nicothoid Parasite (Crustacea : Copepoda: Siphonostomatoidea: Nicothoidea) from the New Caledonia Slope. Species Diversity, 11: 137 - 148	IU	0	0	1	0	0	0	0
724	2006	Chino, M. 2006. A new species of Daphnella (Gastropoda: Conidae) from South-Western Japan and the Western Pacific. Novapex, 7(1): 17 - 20	IM	0	0	1	0	0	0	0
727	2006	Fraussen, K; Hadorn, R. 2006. Phaenomenella, a new genus of deep-water buccinid (Gastropoda: Buccinidae) with the description of a new species from Taiwan. Novapex, 7(4): 103 - 109	IM	1	0	1	0	0	0	0
729	2006	O'Hara, TD; Stöhr, S. 2006. Deep water Ophiuroidea (Echinodermata) of New Caledonia: Ophiacanthidae and Hemieuryalidae. In: RICHER DE FORGES B. & JUSTINE J.-L. (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, Volume 24. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 193: 33 - 141	IE	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
731	2006	Vilvens, C; Maestrati, P. 2006. New records and three new species of Thysanodonta (Gastropoda: Calliostomatidae: Thysanodontinae) from New Caledonia. Novapex, 7(1): 1 - 11	IM	1	0	1	0	0	0	0
733	2005	Ahyong, ST. 2005. Phylogenetic analysis of the Squilloidea (Crustacea : Stomatopoda). Invertebrate Systematics, 19(3): 189 - 208	IU	0	0	0	1	0	0	0
735	2005	Ameziane, N; Roux, M. 2005. Environmental control versus phylogenetic fingerprint in ontogeny: The example of the development of the stalk in the genus Guillecrinus (stalked crinoids, Echinodermata). Journal of Natural History, 39(30): 2815 - 2859	IE	0	0	0	1	0	0	0
737	2005	Asakura, A. 2005. A review of the genus Micropagurus (Crustacea Decapoda Anomura Paguridae). Zootaxa, (1090): 1 - 34	IU	0	0	1	0	0	0	0
740	2005	Castro, P. 2005. Crabs of the subfamily Ethusinae Guinot, 1977 (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Dorippidae) of the Indo-West Pacific region. Zoosystema, 27(3): 499 - 600	IU	0	0	1	0	0	0	0
742	2005	Guinot, D; Quenette, G. 2005. The spermatheca in podotreme crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Podotremata) and its phylogenetic implications. Zoosystema, 27(2): 267 - 342	IU	0	0	0	1	0	0	0
746	2005	La Perna, R. 2005. A gigantic deep-sea Nucinellidae from the tropical West Pacific (Bivalvia : Protobranchia). Zootaxa, (881): 1 - 10	IM	0	0	1	0	0	0	0
751	2005	Nguyen, N-H. 2005. Thalassinidea (Crustacea, Decapoda) from French Polynesia. Zoosystema, 27(1): 47 - 83	IU	0	0	1	0	0	0	0
753	2005	Schlacher-Hoenlinger, MA; Pisera, A; Hooper, JNA. 2005. Deep-sea "lithistid" assemblages from the Norfolk Ridge (New Caledonia), with description of seven new species and a new genus (Porifera, Demospongiae). Zoosystema, 27(4): 649 - 698	IP	0	0	1	0	0	0	0
756	2005	Galil, BS. 2005. Contributions to the knowledge of Leucosiidae III. Urmalana gen. nov. (Crustacea: Brachyura). Zoologische Mededelingen, 79(2): 9 - 40	IU	0	0	1	0	0	0	0
758	2005	Richer de Forges, B; Hoffschir, C; Chauvin, C; Berthault, C. 2005. Inventaire des espèces de profondeur de Nouvelle-Calédonie/Census of deep-sea species of New Caledonia. Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(6): 1 - 115	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
760	2005	Vilvens, C. 2005. New records and new species of Calliostoma and Bathyaufator (Gastropoda: Calliostomatidae) from the Vanuatu, Fiji and Tonga. Novapex, 6(1): 1 - 17	IM	1	0	1	0	0	0	0
765	2004	Baba, K. 2004. Uroptychodes, new genus of Chirostyliidae (Crustacea : Decapoda : Anomura), with description of three new species. Scientia Marina, 68(1): 97 - 116	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
767	2004	Bamber, RN. 2004. Pycnogonids (Arthropoda : Pycnogonida) from Taiwan, with description of three new species. <i>Zootaxa</i> , 458: 1 - 12	IU	0	0	1	0	0	0	0
770	2004	Boyko, CB. 2004. The Bopyridae (Crustacea: Isopoda) of Taiwan. <i>ZOOLOGICAL STUDIES</i> , 43(4): 677 - 703	IU	0	0	1	0	0	0	0
772	2004	Bruce, AJ. 2004. <i>Bresilia antipodarum</i> Bruce, 1990 (Crustacea: Decapoda: Bresiliidae), a new record from New Caledonian waters. <i>CAHIERS DE BIOLOGIE MARINE</i> , 45(3): 287 - 289	IU	0	0	0	0	0	1	0
775	2004	Cleva, R. 2004. Styloactylidae and Bathypalaemonellidae from Taiwan (Crustacea : Decapoda : Caridea). <i>Raffles Bulletin of Zoology</i> , 52(2): 497 - 511	IU	0	0	1	0	0	0	0
778	2004	Crosnier, A; Dall, W. 2004. Redescription of <i>Hymenopenaeus obliquirostris</i> (Crustacea, Decapoda, Penaeoidea, Solenoceridae) and descriptions of two new species of <i>Hymenopenaeus</i> from the Indo-West Pacific. <i>Zootaxa</i> , (600): 1 - 26	IU	0	0	1	0	0	0	0
780	2004	De Grave, S. 2004. A new species of <i>Batella</i> (Crustacea, Decapoda, Alpheidae) from New Caledonia. <i>Zoosystema</i> , 26(3): 503 - 509	IU	0	0	1	0	0	0	0
782	2004	Komai, T; Osawa, M. 2004. A new hermit crab species of <i>Pylopaguropsis</i> (Crustacea : Decapoda : Anomura : Paguridae) from the western Pacific, and supplemental note on <i>P-laevispinosa</i> McLaughlin and Haig. <i>ZOOLOGICAL SCIENCE</i> , 21(1): 93 - 104	IU	0	0	1	0	0	0	0
784	2004	Lin, CW; Chan, TY; Chu, KH. 2004. A new squat lobster of the genus <i>Raymunda</i> (Decapoda : Galatheidae) from Taiwan. <i>Journal of Crustacean Biology</i> , 24(1): 149 - 156	IU	0	0	0	0	0	0	0
786	2004	McLaughlin, PA. 2004. Redescription of <i>Tomopaguroides valdiviae</i> (Balss, 1911) (Crustacea, Decapoda, Anomura, Paguroidea, Paguridae) with notes on variation and female morphology. <i>Zoosystema</i> , 26(3): 469 - 481	IU	0	0	1	0	0	0	0
788	2004	McLaughlin, PA; Lemaitre, R. 2004. The discovery of two new species of <i>Lithopagurus Provenzano</i> , 1968 (Crustacea, Decapoda, Anomura, Paguroidea, Paguridae) and the first records of the genus in the western Pacific. <i>Zoosystema</i> , 26(3): 483 - 494	IU	0	0	1	0	0	0	0
792	2004	Bamber, RN. 2004. Pycnogonids (Arthropoda: Pycnogonida) from New Caledonia, Fiji and Tonga: new records and new species. In: Marshall B. & Richer de Forges B. (eds.), <i>Tropical Deep-Sea Benthos</i> , volume 23. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 191: 73 - 83	IU	0	0	1	0	0	0	0
796	2004	Garcia, EF. 2004. New records of <i>Opalia</i> -like mollusks (Gastropoda: Epitonidae) from the Indo-Pacific, with the description of fourteen new species. <i>Novapex</i> , 5(1): 1 - 18	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
798	2004	Mihara, E; Amaoka, K. 2004. Pleuronectiform fishes from New Caledonian waters. Five species of the samarid genera <i>Plagtopsetta</i> and <i>Samaris</i> (Samaridae). In: MARSHALL B. & RICHER DE FORGES B. (eds), <i>Tropical Deep-Sea Benthos</i> , volume 23. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 191: 611 - 635	IC	0	0	1	0	0	0	0
800	2004	Olivera, BM. 2004. Larger Forms in Lophiotoma: Four New Species Described in the Philippines and Three from Elsewhere in the Indo-Pacific. <i>Science Diliman</i> , 16(1): 1 - 28	IM	0	0	1	0	0	0	0
802	2004	Tabachnick, KR; Lévi, C. 2004. <i>Lyssacinosida</i> du Pacifique sud-ouest (Porifera : Hexactinellida). In: MARSHALL B. & RICHER DE FORGES B. (eds), <i>Tropical Deep-Sea Benthos</i> , volume 23. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 191: 11 - 71	IP	0	0	1	0	0	0	0
805	2004	Wakefield, A; Mcleery, T. 2004. New species of <i>Granulina</i> and <i>Gibberula</i> (Gastropoda: Cystiscidae) from offshore subtidal habitats in the western Fijian Islands. <i>Novapex</i> , 5(2): 69 - 78	IM	0	0	1	0	0	0	0
808	2003	Castro, P; Williams, AB; Cooper, LL. 2003. Revision of the family Latreilliidae Stimpson, 1858 (Crustacea, Decapoda, Brachyura). <i>Zoosystema</i> , 25(4): 601 - 634	IU	0	0	1	0	0	0	0
811	2003	Crosnier, A. 2003. <i>Sicyonia</i> (Crustacea, Decapoda, Penaeoidea, Sicyoniidae) de l'Indo-ouest Pacifique. <i>Zoosystema</i> , 25(2): 197 - 348	IU	0	0	1	0	0	0	0
813	2003	Houart, R. 2003. Description of <i>Scabrotrophon inspiratum</i> new species (Gastropoda : Muricidae) from Vanuatu. <i>Nautilus</i> , 117(3): 87 - 90	IM	0	0	1	0	0	0	0
816	2003	Komai, T; Chan, TY. 2003. A new genus and species of pandalid shrimp (Decapoda : Caridea) from the western pacific. <i>Journal of Crustacean Biology</i> , 23(4): 880 - 889	IU	0	0	1	0	0	0	0
820	2003	Macpherson, E. 2003. Some litholid crabs (Crustacea : Decapoda : Lithodidae) from the Solomon Islands (SW Pacific Ocean), with the description of a new species. <i>Scientia Marina</i> , 67(4): 413 - 418	IU	0	0	1	0	0	0	0
825	2003	Merle, D; Houart, R. 2003. Ontogenetic changes of the spiral cords as keys innovation of the muricid sculptural patterns: the example of the <i>Muricopsis-Murexul</i> lineages (Gastropoda : Muricidae : Muricopsinae). <i>COMPTE RENDUS PALEVOL</i> , 2: 547 - 561	IM	0	0	0	1	0	0	0
827	2003	Poupin, J. 2003. Reef lobsters <i>Enoplometopus</i> A. Milne Edwards, 1862 from French Polynesia, with a brief revision of the genus (Crustacea, Decapoda, Enoplometopidae). <i>Zoosystema</i> , 25(4): 643 - 664	IU	0	0	1	0	0	0	0



Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
830	2003	Anseuw, P. 2003. A new pleurotomariid (Gastropoda: Pleurotomariidae) from Tonga Islands, South Pacific, Bayerotrochus poppei sp. Nov.. Novapex, 4(1): 11 - 16	IM	0	0	1	0	0	0	0
832	2003	Fraussen, K. 2003. Three new deep-water species of Phos Montfort, 1810 (Gastropoda: Buccinidae) from the South Pacific. Novapex, 4(4): 111 - 118	IM	0	0	1	0	0	0	0
834	2003	Galil, BS. 2003. Contribution to the knowledge of Leucosidae II. Euclosia gen. nov. (Crustacea: Brachyura). Zoologische Mededelingen, 77(20): 331 - 347	IU	0	0	1	0	0	0	0
837	2003	Lemaitre, R; Poupin, J. 2003. A strikingly coloured new species of Parapagurus Lemaitre, 1996 (Crustacea: Decapoda: Anomura: Parapaguridae) from French Polynesia. Zootaxa, 386: 1 - 11	IU	0	0	1	0	0	0	0
840	1990	Warén, A; Bouchet, P. 1990. Laubierinidae and Pisanianurinae (Ranelidae), two new deep-sea taxa of tonnoidea (Gastropoda : Prosobranchia). Veliger, 33(1): 56 - 102	IM	0	0	1	0	0	0	0
847	2002	Dorgan, KM; Valdes, A; Gosliner, TM. 2002. Phylogenetic systematics of the genus Platydoris (Mollusca, Nudibranchia, Doridoidea) with descriptions of six new species. Zoologica Scripta, 31(3): 271 - 319	IM	0	0	1	0	0	0	0
853	2002	Bail, P. 2002. Two new species of Lyria (Gastropoda: Volutidae) from New Caledonian waters. Novapex, 3(4): 133 - 137	IM	0	0	1	0	0	0	0
856	2002	Cayré, P; Richer de Forges; B. 2002. Faune mystérieuse des océans profonds. La Recherche, 355: 59 - 59	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
859	2002	Crosnier, A. 2002. Révision du genre Parathranites Miers, 1886 (Crustacea, Brachyura, Portunidae). Zoosystema, 24(4): 799 - 825	IU	0	0	1	0	0	0	0
861	2002	Lamprell, K; Healy, JM. 2002. A review of the Indo-Pacific Lioconcha Mörch (Mollusca : Bivalvia : Veneridae), including a description of four new species from Queensland, New Caledonia and the Philippine Islands. Molluscan Research, 22: 101 - 147	IM	0	0	1	0	0	0	0
867	2001	Poupin, J. 2001. New collections of Ciliopagurus from French Polynesia, with the description of a new species from the Marquesas Islands (Crustacea : Decapoda : Anomura : Diogenidae). Raffles Bulletin of Zoology, 49(2): 291 - 300	IU	0	0	1	0	0	0	0
872	2001	Arellano, SM; Fautin, DG. 2001. Redescription and range extension of the sea anemone Exocoelactis actinostoloides (Wassilieff, 1908), with revision of genus Exocoelactis (Cnidaria, Anthozoa, Actiniaria). Zoosystema, 23(4): 645 - 657	IK	0	0	1	0	0	0	0
874	2001	Crosnier, A. 2001. Grapsidae (Crustacea, Decapoda, Brachyura) d'eau profonde du Pacifique sud-ouest. Zoosystema, 23(4): 783 - 796	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
877	2001	Koslow, JA. 2001. Fish Stocks and Benthos of Seamounts. In: Hjalmar Thiel & J. Anthony Koslow (Eds.), Workshop Proceedings: Managing Risks to Biodiversity and the Environment on the High Sea, Including Tools Such as Marine Protected Areas - Scientific Requirements and Lega. BFN-Skripten, 43: 43 - 54	IC	0	0	0	0	0	0	1
879	2001	Mclay, CL. 2001. The Dromiidae of French Polynesia and a new collection of crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura) from the Marquesas Islands. Zoosystema, 23(1): 77 - 100	IU	0	0	1	0	0	0	0
883	2001	Tudge, CC; Scheltinga, DM; Jamieson, BGM. 2001. Spermatozoal morphology in the "symmetrical" hermit crab, <i>Pylocheles</i> ( <i>Bathycleles</i> ) sp. (Crustacea, Decapoda, Anomura, Paguroidea, Pylochelidae). Zoosystema, 23(1): 117 - 130	IU	0	0	0	1	0	0	0
886	2001	Valdés, A. 2001. Deep-sea cryptobranch dorid nudibranchs (Mollusca, Opisthobranchia) from the tropical West Pacific, with descriptions of two new genera and eighteen new species. Malacologia, 43(1): 237 - 311	IM	0	0	1	0	0	0	0
895	2000	Faliex, E; Tyler, G; Euzet, L. 2000. A new species of Ditrachybothridium (Cestoda : Diphyllidea) from Galeus sp (Selachii, Scylliorhynchidae) from the South Pacific Ocean, with a revision of the diagnosis of the Order, Family, and Genus and notes on descriptive terminology of microtriches. JOURNAL OF PARASITOLOGY, 86(5): 1078 - 1084	IN	0	0	1	0	0	0	0
898	2000	Castro, P. 2000. Crustacea Decapoda: A revision of the Indo-west Pacific species of palicid crabs (Brachyura Palicidae). In: A. Crosnier (ed), Resultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 21. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 184: 437 - 610	IU	0	0	1	0	0	0	0
901	2000	Fahey, SJ; Gosliner, TM. 2000. New records of Halgerda Bergh, 1880 (Opisthobranchia, Nudibranchia) from the deep western Pacific Ocean, with descriptions of four new species. Zoosystema, 22(3): 471 - 498	IM	0	0	1	0	0	0	0
903	2000	Macpherson, E. 2000. Crustacea Decapoda: Species of the genera <i>Crosnierita</i> Macpherson, 1998, <i>Munida</i> Leach, 1820, and <i>Paramunida</i> Baba, 1988 (Galatheididae) collected during the MUSORSTOM 9 cruise to the Marquesas Islands. In: A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM., Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 184: 415 - 423	IU	0	0	1	0	0	0	0
905	2000	Merrett, NR; Iwamoto, T. 2000. Pisces Gadiformes: Grenadier Fishes of the New Caledonian Region, Southwest Pacific Ocean. Taxonomy and Distribution, with ecological notes. In: A. CROSNIER (ed.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 21. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 184: 723 - 781	IC	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
907	2000	Messing, CG; Améziane, N; Eleaume, M. 2000. Echinodermata Crinoidea: Comatulid Crinoids of the KARUBAR Expedition to Indonesia. The families Comasteridae, Asterometridae, Calometridae and Thalassometridae. In: A. CROSNIER (ed.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 21. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 184: 627 - 702	IE	0	0	1	0	0	0	0
910	2000	Richer de Forges, B; Koslow, JA; Poore, GCB. 2000. Diversity and endemism of the benthic seamount fauna in the southwest Pacific. Nature, 405: 944 - 947	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
912	2000	Richer de Forges, B; Newell, P; Schlacherer-Hoelinger, M; Schlacher, T; Nating, D; Césa, F; Bouchet, P. 2000. La campagne MUSORSTOM 10 dans l'archipel des îles Fidji. Compte rendu et liste des stations. In : A. CROSNIER (éd.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 21. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 184: 9 - 23	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
914	2000	Tabachnick, KR; Reising, HM. 2000. Porifera Hexactinellida: On Euryplegma auriculare Schulze, 1886, and formation of a new order. In: A. CROSNIER (ed.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 21. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 184: 39 - 52	IP	0	0	1	0	0	0	0
917	2008	Dohrmann, M; Janussen, D; Reitner, J; Collins, AG; Wortheide, G. 2008. Phylogeny and evolution of glass sponges (Porifera, Hexactinellida). SYSTEMATIC BIOLOGY, 57(3): 388 - 405	IP	0	0	0	0	0	0	0
919	1989	D'Ambrosio, M; Guerniero, A; Debitus, C; Ribes, O; Richer de Forges, B; Pietra, F. 1989. Corallistina A, a second example of a free porphyryn from a living organism. Isolation from the demosponge Corallistina sp. of the Coral Sea and inhibition of abnormal cells.. Helvetica Chimica Acta, 72: 1451 - 1454	IP	0	0	0	0	1	0	0
923	2008	McLaughlin, PA; Rahayu, DL. 2008. Pteropagurus and Catapagurus (Decapoda, Anomura, Paguridae): resource sharing or "any port in a storm"? Zoosystema, 30(4): 899 - 916	IU	0	0	1	0	0	0	0
925	2007	Glover, EA; Taylor, JD. 2007. Diversity of chemosymbiotic bivalves on coral reefs: Lucinidae (Mollusca, Bivalvia) of New Caledonia and Lifou. Zoosystema, 29(1): 109 - 181	IM	0	0	1	0	0	0	0
927	1997	D'Auria, MV; Giannini, C; Minale, L; Zampella, A; Debitus, C; Frostin, M. 1997. Bengamides and related new amino acid derivatives from the New Caledonian marine sponge Jaspis carteri. Journal of Natural Products, 60(8): 814 - 816	IP	0	0	0	0	1	0	0
930	2006	Tavares, M. 2006. A new species of the crab genus Cosmonotus Adams & White in White, 1848 (Crustacea, Podotremata, Raninidae) from the Indo-West Pacific Ocean. Zoosystema, 28(2): 533 - 537	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
933	1995	BIFULCO, G; BRUNO, I; RICCIO, R; LAVAYRE, J; BOURDY, G. 1995. FURTHER BROMINATED BIS-INDOLE AND TRIS-INDOLE ALKALOIDS FROM THE DEEP-WATER NEW-CALEDONIAN MARINE SPONGE ORINA SP. Journal of Natural Products, 58(8): 1254 - 1260	IP	0	0	0	0	1	0	0
936	1993	CHBANI, M; PAIS, M; DELAUNEUX, JM; DEBITUS, C. 1993. BROMINATED INDOLE ALKALOIDS FROM THE MARINE TUNICATE PSEUDODISTOMA-ARBORESCENS. Journal of Natural Products, 56(1): 99 - 104	IT	0	0	0	0	1	0	0
940	2006	Molodtsova, TN. 2006. New species of Hexapathes Kinoshita, 1910 (Anthozoa, Antipatharia, Cladopathidae) from the South-West Pacific. Zoosystema, 28(3): 597 - 606	IK	0	0	1	0	0	0	0
944	2006	Mah, CL. 2006. Phylogeny and biogeography of the deep-sea goniasterid Circeaster (Echinodermata, Asteroidea, Goniasteridae) including descriptions of six new species. Zoosystema, 28(4): 917 - 954	IE	0	0	1	0	0	0	0
949	2005	Mah, C. 2005. A phylogeny of Iconaster and Glyphodiscus (Echinodermata, Asteroidea, Valvatida, Goniasteridae) with descriptions of four new species. Zoosystema, 27(1): 137 - 161	IE	0	0	1	0	0	0	0
951	2004	Stoddart, HE; Lowry, JK. 2004. The deep-sea lysianassoid genus Eurythenes (Crustacea, Amphipoda, Eurythenoidea n. fam.). Zoosystema, 26(3): 425 - 468	IU	0	0	1	0	0	0	0
953	1991	OGER, JM; RICHOMME, P; BRUNETON, J; GUINAUDEAU, H; SEVENET, T; DEBITUS, C. 1991. STEROIDS FROM NEOSIPHONIA-SUPERITES, A MARINE FOSSIL SPONGE. Journal of Natural Products, 54(1): 273 - 275	IP	0	0	0	0	1	0	0
956	1991	DE RICCARDIS, F; IORIZZI, M; MINALE, L; RICCIO, R; DEFORGES, BR; DEBITUS, C. 1991. THE GYMNOCHROMES: NOVEL MARINE BROMINATED PHENANTHROPERYLENEQUINONE PIGMENTS FROM THE STALKED CRINOID GYMNOCRINUS RICHERI. Journal of Organic Chemistry, 56(24): 6781 - 6787	IE	0	0	0	0	1	0	0
959	1992	DE RICCARDIS, F; IORIZZI, M; MINALE, L; RICCIO, R; DEBITUS, C. 1992. THE FIRST OCCURRENCE OF POLYHYDROXYLATED STEROIDS WITH PHOSPHATE CONJUGATION FROM THE STARFISH TREMASTER NOVAECALEDONIAE. Tetrahedron Letters, 33(8): 1097 - 1100	IE	0	0	0	0	1	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
961	1987	PAIS, M; FONTAINE, C; LAURENT, D; LABARRE, S; GUITTET, E, 1987. STYLOTELLINE, A NEW SESQUITERPENE ISOCYANIDE FROM THE SPONGE STYLOTELLA-SP APPLICATION OF 2D-NMR IN STRUCTURE DETERMINATION. Tetrahedron Letters, 28(13): 1409 - 1412	IP	0	0	0	0	1	0	0
963	1992	KOURANY-LEFOLL, E; PAIS, M; SEVENET, T; GUITTET, E; MONTAGNAC, A; FONTAINE, C; GUENARD, D; ADELIN, MT; DEBITUS, C. 1992. PHLOEODICTINE A AND B: NEW ANTIBACTERIAL AND CYTOTOXIC BICYCLIC AMIDINIUM SALTS FROM THE NEW CALEDONIAN SPONGE, PHLOEODICTYON SP. Journal of Organic Chemistry, 57(14): 3832 - 3835	IP	0	0	0	0	1	0	0
966	1993	D'AURIA, MV; PALOMA, LG; MINALE, L; RICCIO, R; ZAMPELLA, A; DEBITUS, C. 1993. METABOLITES OF THE NEW CALEDONIAN SPONGE CLADOCROCE-INCURVATA. Journal of Natural Products, 56(3): 418 - 423	IP	0	0	0	0	1	0	0
968	1993	DAURIA, MV; PALOMA, LG; MINALE, L; ZAMPELLA, A; VERBIST, JF. 1993. 3 NEW POTENT CYTOTOXIC MACROLIDES CLOSELY-RELATED TO SPHINXOLIDE FROM THE NEW CALEDONIAN SPONGE Neosiphonia superstes. Tetrahedron, 49(38): 8657 - 8664	IP	0	0	0	0	1	0	0
971	1993	DE RICCARDIS, F; MINALE, L; RICCIO, R; IORIZZI, M; DEBITUS, C; DUHET, D; MONNIOT, C. 1993. A NOVEL GROUP OF POLYHYDROXYCHOLANIC ACID-DERIVATIVES FROM THE DEEP-WATER STARFISH STYRACASTER CAROLI. Tetrahedron Letters, 34(27): 4381 - 4384	IE	0	0	0	0	1	0	0
973	1999	Van de Beuque, S; Auzende, JM; Lafoy, Y; Grandperrin, R. 1999. Benefits of swath mapping for the identification of marine habitats in the New Caledonia Economic Zone. Oceanologica Acta, 22(6): 641 - 650	IC	0	0	0	0	0	0	1
975	1999	Richer de Forges, B; Poupin, J; Laboute, P. 1999. La campagne MUSORSTOM 9 dans l'archipel des îles Marquises (Polynésie française). Compte rendu et liste des stations. In: A. CROSNIER (éd.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 20. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 180: 9 - 29	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
977	1999	Markham, JC. 1999. Crustacea Isopoda: Bopyridae in the MUSORSTOM collections from the tropical Indo-Pacific. II. Species in subfamily Pseudioninae infesting non-anomuran hosts. In: A. CROSNIER (éd.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 20. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 180: 253 - 265	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
979	1999	Lemaitre, R. 1999. Crustacea Decapoda: A review of the species of the genus Parapagurus Smith, 1879 (Parapaguridae) from the Pacific and Indian Oceans. In: A. Crosnier (ed.), Résultats des campagnes MUSORSTOM, Volume 20. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 180: 303 - 378	IU	0	0	1	0	0	0	0
982	1999	Grandperrin, R; Auzende, JM; Henin, C; Lafoy, Y; Richer de Forges, B; Séret, B; Van de Beuque, S; Virly, S. 1999. SWATH-MAPPING AND RELATED DEEP-SEA TRAWLING IN THE SOUTHEASTERN PART OF THE ECONOMIC ZONE OF NEW CALEDONIA. In: Séret B. & J-Y. Sire (eds.), Proc. 5th Indo-Pac. Fish Conf. Nouméa, 1997. Société Française d'Ichtyologie, : 459 - 468	IC	0	0	0	0	0	0	1
984	1999	Grandperrin, R; Richer de Forges, B. 1999. Programme «Monts sous-marins» (1990-2000). Bilan final. IRD, : 1 - 48	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
986	1999	Chan, TY; de Saint Laurent, M. 1999. The rare lobster genus Thaumastocheles (Decapoda: Thaumastocheilidae) from the indo-pacific, with description of a new species. Journal of Crustacean Biology, 19(4): 891 - 901	IU	0	0	1	0	0	0	0
988	1999	Carbonelli, S; Zampella, A; Randazzo, A; Debitus, C; Gomez-Paloma, L. 1999. Sphinxolides E-G and Reidispongilide C: Four New Cytotoxic Macrolides from the New Caledonian Lithistida Sponges N. superstes and R. coerulea. Tetrahedron, 55: 14665 - 14674	IP	0	0	0	0	1	0	0
990	1999	Boyko, CB; Harvey, AW. 1999. Crustacea Decapoda: Albuneidae and Hippidae of the tropical Indo-West Pacific region. In: A. Crosnier (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 20. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 180: 379 - 406	IU	0	0	1	0	0	0	0
992	1999	Bach, P; Farinole, F; Grandperrin, R; Jomessy, T; Mou-Tham, G; Pantaloni, L. 1999. Campagne ZoNéCo 6 de chalutages et de pêches à la palangre de fond dans l'ouest de la zone économique de Nouvelle-Calédonie (N.O. Alis de l'IRD, 1-14 décembre 1998). IRD, : 1 - 37	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
994	1999	Améziane, N; Bourseau, JP; Heinzeller, T; Roux, M. 1999. Les genres Cyathidium et Holopus au sein des Cyrtocrinida (Crinoidea; Echinodermata). Journal of Natural History, 33: 439 - 470	IE	0	0	1	0	0	0	0
996	2014	Fricke, R; Allen, G R; Andréfouët, S; Chen W-J; Hamel, M A; Laboute, P; Mana, R; Hui, T H; Uyeno, D. 2014. Checklist of the marine and estuarine fishes of Madang District, Papua New Guinea, western Pacific Ocean, with 820 new records. Zootaxa, 3832(1): 1 - 247	IC	0	0	0	0	0	1	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
998	2002	Bouchet, P. 2002. Protoconchs, dispersal, and tectonic plates biogeography: New Pacific species of Morum (Gastropoda : Harpidae). Journal of Conchology, 37: 533 - 549	IM	0	0	1	0	0	0	0
1002	1999	Stewart, KA; Geiger, DL. 1999. Designation of lectotype for <i>Haliotis crebrisculpta</i> Sowerby, 1914, with a discussion of <i>H-clathrata</i> Reeve, 1846 (non Lichtenstein, 1794). Veliger, 42(2): 85 - 96	IM	0	0	1	0	0	0	0
1004	2011	Pizzini, M; Raines, B. 2011. The Caecidae from French Polynesia with description of eight new species (Caenogastropoda: Rissooidea). Bolletino Malacologico, 47: 23 - 46	IM	0	1	1	0	0	0	0
1006	2010	Alf, A; Maestrati, P; Bouchet, P. 2010. New species of <i>Bolima</i> (Gastropoda: Vetigastropoda: Turbinidae) from the tropical deep sea. Nautilus, 124(2): 93 - 99	IM	0	0	0	0	0	0	0
1009	2009	Kool, HH. 2009. <i>Nassarius coriolis</i> sp. nov., a deep water species from Philippine waters (Gastropoda: Nassariidae). Gloria Maris, 48(4): 105 - 108	IM	0	0	1	0	0	0	0
1011	2009	Kool, HH. 2009. <i>Nassarius alabasteroides</i> n. sp., a new nassariid species from the tropical South Pacific Ocean (Gastropoda: Nassariidae). Miscellanea Malacologica, 3(5): 97 - 100	IM	0	0	1	0	0	0	0
1013	2008	Turner, H. 2008. New species of the family Costellariidae from the Indian and Pacific Oceans (Gastropoda: Neogastropoda: Muricoidea). Archiv für Molluskenkunde, 137(1): 105 - 125	IM	0	0	1	0	0	0	0
1017	2014	Cabezas, P; Macpherson, E. 2014. A new species of <i>Paramunida</i> Baba, 1988 from the Central Pacific Ocean and a new genus to accommodate <i>P. granulata</i> (Henderson, 1885). ZooKeys, (425): 15 - 32	IU	0	0	0	0	0	0	0
1019	1994	NEGESCU, I. 1994. <i>Isopoda Anthuridea</i> (Crustacea: Peracarida) from New Caledonia and Loyalty Islands (south-western Pacific Ocean). I.. Travaux du Muséum d'Histoire Naturelle Grigore Antipa, 34: 147 - 255	IU	0	0	1	0	0	0	0
1022	2000	Burukovsky, R. N. 2000. Taxonomy of shrimps from the genus <i>Nematocarcinus</i> (Crustacea, Decapoda, Nematocarcinidae).4 Description of species from Tenuirostris group. Zoologicheskii Zhurnal, 79(8): 898 - 906	IU	0	0	1	0	0	0	0
1025	1987	Améziane-Cominardi, N; Bourseau, JP; Roux, M. 1987. Les crinoïdes pédonculés de Nouvelle-Calédonie (S. W. Pacifique) : une faune bathyale ancestrale issue de la Mésogée mésozoïque. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 304(1): 15 - 18	IE	0	0	0	0	0	1	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1027	1990	Monniot, F; Martoja, R; Truchet, M. 1990. Influence de l'environnement géochimique sur la bioaccumulation de métaux par des ascidies abyssales (Prochordés, Tuniciers). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 310: 583 - 589	IT	0	0	0	0	1	0	0
1029	1992	Laurin, B. 1992. Découverte d'un squelette de soutien du lophophore de type "crura" chez un brachiopode inarticulé: description de Neancistrocrania norfolki gen. Sp. Nov. (Craniidae). Comptes rendus de l'Académie des sciences, 314: 343 - 350	IB	0	0	1	0	0	0	0
1032	1994	BIFULCO, G; BRUNO, I; MINALE, L; RICCIO, R; CALIGNANO, A; DEBITUS, C. 1994. (+/-) GELLIUSINES A AND B, 2 DIASTEREOMERIC BROMINATED TRIS-INDOLE ALKALOIDS FROM A DEEP-WATER NEW CALEDONIAN MARINE SPONGE (GELLIUS OR ORINA SP). Journal of Natural Products, 57(9): 1294 - 1299	IP	0	0	0	0	1	0	0
1035	1998	Buckeridge, JS. 1998. A new coral inhabiting barnacle of the genus Chionelasmus (Cirripedia, Balanomorpha) from New Caledonia, Southwest Pacific. Zoosystema, 20(2): 167 - 176	IU	0	0	1	0	0	0	0
1038	1998	Davie, P.J.F. 1998. A new species of Intesius (crustacea, Decapoda, Goneplacidae) from the deep water of French Polynesia. Zoosystema, 20(2): 221 - 227	IU	0	0	1	0	0	0	0
1040	1997	Poore, CGB. 1997. A review of the thalassinidean families Callianideidae Kossmann, Micheleidae Sakai, and Thomassiniidae de Saint Laurent (Crustacea, Decapoda) with description of fifteen new species. Zoosystema, 19(2): 345 - 420	IU	0	0	1	0	0	0	0
1045	2013	Roux, M; Eleaume, M; Hemery, LG; Ameziane, N. 2013. When morphology meets molecular data in crinoid phylogeny: a challenge. CAHIERS DE BIOLOGIE MARINE, 54(4): 541 - 548	IE	0	0	0	0	0	0	0
1052	2013	Hemery, LG; Roux, M; Ameziane, N; Eleaume, M. 2013. High-resolution crinoid phyletic inter-relationships derived from molecular data. CAHIERS DE BIOLOGIE MARINE, 54(4): 511 - 523	IE	0	0	0	0	0	0	0
1058	2013	McFadden, CS; van Ofwegen, LP. 2013. Molecular phylogenetic evidence supports a new family of octocorals and a new genus of Alcyoniidae (Octocorallia, Alcyonacea). ZooKeys, 346: 59 - 83	IK	0	0	0	0	0	0	0
1060	2013	Pante, E; Heestand Saucier, E; France, SC. 2013. Molecular and morphological data support reclassification of the octocoral genus Isidoidea. Invertebrate Systematics, 27: 365 - 378	IK	0	0	0	0	0	0	0



Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1063	2013	Ho, HC; Chen, W.J. 2013. DNA sequences and morphological variation in Lophiodes iwamotoi Ho, Serét & Shao, 2011 based on new material from New Caledonia. Zootaxa, 3682(4): 594 - 598	IC	0	0	0	0	0	0	0
1065	2013	DIJKSTRA, HH. 2013. Pectinoidea (Bivalvia: Propeamussiidae and Pectinidae) from the Panglao region, Philippine Islands. Vita Malacologica, 10: 1 - 108	IM	0	0	1	0	0	0	0
1067	1993	Dilly, PN. 1993. Cephalodiscus graptolitoïdes sp.nov. a probable extant graptolite. Journal of Zoology of London, 229(1): 69 - 78	IB	0	0	1	0	0	0	0
1097	1994	Dilly, P.N. 1994. When is a graptolite not a graptolite?. Lethaia Seminar, 27: 34 - 34	Autres	0	0	0	1	0	0	0
1103	2011	Modica, MV; Verheeken, A; Oliverio, M. 2011. The relationships of the enigmatic neogastropod Loxotaphrus (Cancellariidae). NEW ZEALAND JOURNAL OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS, 54(1): 115 - 124	IM	0	0	0	0	0	0	0
1113	2006	Burukovsky, RN. 2006. The systematics of shrimps of the genus Nematocarcinus (Crustacea, Decapoda). Fauna of shrimps in waters of the Solomon Islands (Oceania). Zoologicheskii Zhurnal, 85(6): 766 - 771	IU	0	0	1	0	0	0	0
1118	2003	Séret, B; Last, P. 2003. Description of four new stingarees of the genus Urolophus (Batoïdea : Urolophidae) from the Coral Sea, South-West Pacific. Cybium, 27(4): 307 - 320	IC	0	0	1	0	0	0	0
1121	2000	Burukovsky, RN. 2000. Taxonomy of Nematocarcinus (Decapoda, Nematocarcinidae). 1. Description of disto-ventral organ and revision of N-productus, N-tenuipes, N-intermedius, N-parvidentatus, N-longirostris, and N-proximatus. Zoologicheskii Zhurnal, 79(2): 161 - 170	IU	0	0	1	0	0	0	0
1123	1991	Levi, C. 1991. Lithistid Sponges from the Norfolk Rise. Recent and Mesozoic Genera In REITNER, J. AND H. KEUPP (eds), Fossil and Recent Sponges.. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, : 72 - 82	IP	0	0	0	0	1	0	0
1126	1997	Séret, B; Grandperrin, R; Rivaton, J. 1997. Poissons de profondeur et ressources halieutiques de la zone économique de la Nouvelle-Calédonie. Cybium, 21(1): 99 - 106	IC	0	0	0	0	0	1	0
1128	1997	Chan, T-Y. 1997. Crustacea Decapoda: Palinuridae, Seyllariidae and Nephropidae collected in Indonesia by the KARUBAR Cruise, with an identification key for the species of Metanephrops in A. Crosnier & P. Bouchet (eds) Résultats des Campagnes MUSORSTOM, volume 16. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 172: 409 - 431	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1130	1997	Clewa, R. 1997. Crustacea Decapoda : Styloclactylidae récoltés en Indonésie, aux îles Wallis et Futuna et au Vanuatu (campagnes KARUBAR, MUSORSTOM 7 et 8) Données complémentaires sur les Styloclactylidae de Nouvelle-Calédonie in A. Crosnier & P. Bouchet (eds), Résultats de Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 172: 385 - 407	IU	0	0	1	0	0	0	0
1132	1997	Macpherson, E. 1997. Crustacea Decapoda: Species of the genera Agononida Baba & de Saint Laurent, 1996 and Munida Leach, 1820 (Galatheidae) from the KARUBAR Cruise in A. Crosnier & P. Bouchet (eds), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 16.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 172: 597 - 612	IU	0	0	1	0	0	0	0
1134	1997	Séret, B. 1997. Poissons de profondeur de Nouvelle-Calédonie : apports des campagnes MUSORSTOM In Bernard Séret (eds), Résultats des campagnes MUSORSTOM volume 17.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 174: 9 - 16	IC	0	0	0	0	0	1	0
1136	1990	Ameziane-Cominardi, N; Roux, M; Bourseau, J.P; Avocat, R.; 1990. Les Crinoïdes pédonculés de Nouvelle-Calédonie: inventaire et réflexions sur les taxons archaïques.. Balkema, : 117 - 124	IE	0	0	0	0	0	1	0
1138	2003	Stöhr, S; O'Hara, T.D. 2003. Deep-sea ophiuroids of New Caledonia - a preliminary report In Jean-Pierre Feral and Bruno David (eds), Echinoderm Research 2001 - Proceedings of the 6th European Conference on Echinoderms, Banyuls-sur-Mer, France, 3-7 Sep 2001.. Swets & Zeitlinger, : 49 - 52	IE	0	0	0	0	0	1	0
1140	2010	Hiller, A; Werding, B. 2010. REDESCRIPTION OF PETROLISTHES MILITARIS (HELLER, 1862), WITH DESCRIPTION OF A NEW SPECIES FROM THE INDO-WEST PACIFIC (DECAPODA, PORCELLANIDAE) In: Fransen et al. (eds.). Studies on Malacostraca Lipke Memorial Volume Crustaceana Monographs, 14: 315 - 331	IU	0	0	0	0	0	0	0
1142	2010	RAHAYU, D.L. 2010. A NEW SPECIES OF DARDANUS PAUL' SON FROM THE SOUTHWESTERN PACIFIC (DECAPODA, ANOMURA, DIOGENIDAE) In: Fransen et al. (eds.). Studies on Malacostraca Lipke Bijdeley Holthuis Memorial Volume Crustaceana Monographs, 14: 627 - 635	IU	0	0	1	0	0	0	0
1146	1993	Bouchet, P. 1993. ABYSSES, FOSSILES VIVANTS ET ZOOLOGISTES: HISTOIRE D'UN MÉNAGE À TROIS. La Recherche, 256: 836 - 838	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1150	1992	Kourany-Lefoll, E; Pais, M; Sevenet, T; Guittet, E; Montagnac, A; Fontaine, C; Guenard, D; Adeline, M.T; Debitus, C. 1992. Phloeodictines A and B : New antibacterial and cytotoxic Bicyclic Amidinium salts from the New Caledonian Sponge, Phloeodictyon sp. Journal of Organic Chemistry, 57(14): 3832 - 3835	IP	0	0	0	0	1	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1156	1996	D'Ambrosio, M; Guerriero, A; Ripamonti, M; Debitus, C; Waikedre, J; Pietra, F. 1996. The Active Centres of Agelastatin A, a Strongly Cytotoxic Alkaloid of the Coral Sea Axinellid Sponge <i>Agelas dendromorpha</i> , as Determined by Comparative Bioassays with Semisynthetic Derivatives. <i>Helvetica Chimica Acta</i> , 79: 727 - 735	IP	0	0	0	0	1	0	0
1159	1994	DAMBROSIO, M; GUERRIERO, A; CHIASERA, G; PIETRA, F. 1994. CONFORMATIONAL PREFERENCES AND ABSOLUTE-CONFIGURATION OF AGELASTATIN-A, A CYTOTOXIC ALKALOID OF THE AXINELLID SPONGE <i>AGELAS-DENDROMORPHA</i> FROM THE CORAL SEA, VIA COMBINED MOLECULAR MODELING, NMR, AND EXCITON SPLITTING FOR DIAMIDE AND HYDROXYAMIDE DERIVATIV. <i>Helvetica Chimica Acta</i> , 77(7): 1895 - 1902	IP	0	0	0	0	1	0	0
1163	1994	Kourany-Lefoll, E; Laprevote, O; sevenet, T; Montagnac, A; Pais, M. 1994. Phloeodictines Al-A7 and Cl-C2, Antibiotic and Cytotoxic Guanidine Alkaloids from the New Caledonian Sponge, <i>Phloeodictyon</i> sp.. <i>Tetrahedron</i> , 50(11): 3415 - 3426	IP	0	0	0	0	1	0	0
1165	1994	D'Auria, V.M ; Gomez Paloma, Luigi; Minale, Luigi; Zampella, Angela; Verbist, J.F; Roussakis, C; Debitus, C; Patissou, J. 1994. Reidispongolide A and B, Two New Potent Cytotoxic Macrolides from the New Caledonian Sponge <i>Reidispongia coerulea</i> . <i>Tetrahedron</i> , 50(16): 4829 - 4834	IP	0	0	0	0	1	0	0
1167	1997	Nielsen, J.G.. 1997. Deepwater Ophidiiform fishes from off New Caledonia with six new species, in Bernard Séret (eds), Résultats des campagnes MUSORSTOM volume 17.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 174: 51 - 82	IC	0	0	1	0	0	0	0
1169	1997	del Cerro, L; Lloris D.. 1997. Gurnard fishes (Scorpaeniformes, Triglidae) from off New Caledonia, with description of five new species In Bernard Séret (eds), Résultats des campagnes MUSORSTOM volume 17.gurnard. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 174: 91 - 124	IC	0	0	1	0	0	0	0
1171	1997	Zampella, A; D'Auria, V; Minale, L; Debitus, C. 1997. Callipetosides B and C, Two Novel Cytotoxic Glycoside Macrolides from a Marine Lithistida Sponge <i>Callipelta</i> sp.. <i>Tetrahedron</i> , 53(9): 3243 - 3248	IP	0	0	0	0	1	0	0
1173	1990	Bruno, I; Minale, L; Riccio R; La Barre, S; Laurent, D. 1990. ISOLATION AND STRUCTURE OF NEW POLYHYDROXYLATED STEROLS FROM A DEEP-WATER STARFISH OF THE GENUS <i>Rosaster</i> . <i>Gazzeta Chimica Italiana</i> , 120: 449 - 451	IE	0	0	0	0	1	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1175	1997	Roberts D. C., Stewart L. A., 1997. Gemfishes (Scombroidei, Gempylidae, Rexea) of New Caledonia, southwest Pacific Ocean, with description of a new species, in SÉRET B. (ed.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 17.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 174: 125 - 141	IC	0	0	1	0	0	0	0
1177	1997	Matsuura, K.; C. Tyler, J., 1997. Tetraodontiform fishes, mostly from deep waters, of New Caledonia, In: B. SÉRET (éd.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 17.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 174: 173 - 208	IC	0	0	0	0	0	1	0
1179	1991	Ameziane-combaridi, N; Bourseau, J.P.; Roux, M., 1991. LES CRINOIDES PEDONCULES DE L'OUEST PACIFIQUE: UN MODELE ZOOBATHYMETRIQUE POUR L'ANALYSE DES CALCAIRES A ENTROQUES ET DU TECTONOEUSTATISME AU JURASSIQUE In Lambert B. & Roux M. (eds), L'environnement carbonaté bathyal en Nouvelle-Calédonie (Programme En. Documents et Travaux de l'IGAL, 15: 182 - 198	IE	0	0	0	0	0	0	1
1181	1991	Lambert, B; Roux, M., 1991. LE PROGRAMME ENVIMARGES In Lambert B. & Roux M. (eds), L'environnement carbonaté bathyal en Nouvelle-Calédonie (Programme Envimarges).. Documents et Travaux de l'IGAL, 15: 19 - 21	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1184	1991	Pascal, F; Rio, M; Pascal, A., 1991. LES SEDIMENTS ACTUELS ET RECENTS DANS LE BASSIN DES LOYAUTE In Lambert B. & Roux M. (eds), L'environnement carbonaté bathyal en Nouvelle-Calédonie (Programme Envimarges).. Documents et Travaux de l'IGAL, 15: 75 - 85	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1186	1991	Vannev, J.R., 1991. LE MODELE DES PENTES SOUS-MARINES OBSERVEES PAR SUBMERSIBLE LORS DE LA CAMPAGNE CALSUB In Lambert B. & Roux M. (eds), L'environnement carbonaté bathyal en Nouvelle-Calédonie (Programme Envimarges).. Documents et Travaux de l'IGAL, 15: 38 - 55	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1188	1991	Rio, M; Roux, M; Guerin, Hubert; l'équipe CALSUB., 1991. LE SUBSTRAT GEOLOGIQUE ET LES PROCESSUS SEDIMENTAIRES SUR LES PENTES BATHYALES OBSERVEES LORS DE LA CAMPAGNE CALSUB In Lambert B. & Roux M. (eds), L'environnement carbonaté bathyal en Nouvelle-Calédonie (Programme Envimarges).. Documents et Travaux de l'IGAL, 15: 57 - 73	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1

Code	Année	Bibliographie	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1190	1991	Lambert, B; Gomez, A.M; Mathieu, R. 1991. DE LA PRODUCTION PLANTONIQUE AU SEDIMENT In Lambert B. & Roux M. (eds), L'environnement carbonaté bathyal en Nouvelle-Calédonie (Programme Environnement). Documents et Travaux de l'IGAL, 15: 109 - 126	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1197	1990	Cotillon, P; Rigolot, P; Coustillas, F; Gaillard, C; Laurin, B; Liu, J.D; Pannetier, W; Pascal, A; Rio, M. 1990. Pentes et bassins au lare de la Nouvelle-Calédonie (Sud-Ouest Pacifique) morphologie, environnements biosédimentaires, sédimentation. Oceanologica Acta, 12(2): 341 - 359	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1203	1994	Stoch, J.H. 1994. Indo-West Pacific Pycnogonida collected by some major oceanographic expeditions. Beaufortia Bulletin Zoological Museum, 44(3): 17 - 77	IU	0	0	1	0	0	0	0
1205	1997	Davie, P J F. 1997. Crustacea Decapoda: Deep water Xanthoidea from the South-Western Pacific and the Western Indian Ocean In : A. CROSNIER (ed.), Resultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 18.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 176: 337 - 387	IU	0	0	1	0	0	0	0
1207	1997	Galil, B S. 1997. Crustacea Decapoda: A revision of the Indo-Pacific species of the genus Calappa Weber, 1795 (Calappidae) In : A. CROSNIER (ed.), Resultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 18.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 176: 271 - 335	IU	0	0	1	0	0	0	0
1210	1997	Buckeridge, J S. 1997. Cirripedia Thoracica: New ranges and species of Verrucomorpha from the Indian and Southwest Pacific Oceans In: A. CROSNIER (ed.). Resultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 18.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 176: 125 - 149	IU	0	0	1	0	0	0	0
1212	1997	McLaughlin, P A; Forest J. 1997. Crustacea Decapoda: Diacanthurus gen. nov., a new genus of hermit crabs (Paguridae) with both Recent and fossil representation, and the descriptions of two new species In: A. CROSNIER (ed.). Resultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 18.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 176: 235 - 259	IU	0	0	1	0	0	0	0
1214	1997	Tavares, M. 1997. Crustacea Decapoda : Cyclodorippidae récoltés dans de l'archipel de Vanuatu (Brachyura) In: A. CROSNIER (ed.). Resultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 18.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 176: 261 - 271	IU	0	0	1	0	0	0	0
1220	1997	Iwamoto, T; Merret N R. 1997. Pisces Gadiformes: Taxonomy of grenadiers of the New Caledonian region, southwest Pacific In: A. CROSNIER (ed.). Resultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 18.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 176: 473 - 570	IC	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1224	1997	Dijkstra, H H; Kastoro, W W. 1997. Mollusca Bivalvia: Pectinoidea (Propeamussiidae and Pectinidae) from eastern Indonesia In: A. CROSNIER & P. BOUCHET (eds), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 16. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 172: 245 - 285	IM	0	0	1	0	0	0	0
1226	1993	D'Ambrosio, M; Guerriero, A; Debitus, C; Ribes, O; Pietra, F. 1993. 96. On the Novel Free Porphyrins Corallistin B, C, D, and E: Isolation from the Demosponge Corallistes sp. of the Coral Sea and Reactivity of Their Nickel(II) Complexes toward Formylating Reagents. Helvetica Chimica Acta, 76: 1489 - 1496	IP	0	0	0	0	1	0	0
1228	1993	D'Ambrosio, M; Guerriero, A; Debitus, C; Ribes, O; Pusset, J; Leroy, S; Pietra, F. 1993. Agelastatin A, a New Skeleton Cytotoxic Alkaloid of the Oroidin Family. Isolation from the Axinellid Sponge Agelas dendromorpha of the Coral Sea. Journal of Chemical Society Chemical Communications, : 1305 - 1306	IT	0	0	0	0	1	0	0
1232	1993	FRICKE, R. 1993. Pisces Teleostei: Callionymidae of New Caledonia with descriptions of new species In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 11.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 158: 361 - 376	IC	0	0	1	0	0	0	0
1234	1993	Gordon, D.P.. 1993. Bryozoa: The ascophorine infraorders Cribriomorpha, Hippothoomorpha and Unbonulomorpha mainly from New Caledonia waters In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 11.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 158: 299 - 347	IB	0	0	1	0	0	0	0
1236	1993	GUINOT, D.. 1993. Données nouvelles sur les Crabes primitifs (Crustacea Decapoda Brachyura Podotremata). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 316: 1225 - 1232	IU	0	0	1	0	0	0	0
1238	1993	Jamieson, B.G.M; Guinot, D; richer De Forges, B.. 1993. The ultrastructure of the spermatozoon of Paradynomene tuberculata Sakai, 1963 (Crustacea, Brachyura, Dymomenidae): synapomorphies with dromiid sperm. Helgoländer Meeresunters, 47: 311 - 322	IU	0	0	0	1	0	0	0
1240	1993	LEVI, C. 1993. Porifera demospongiae: Spongiaires bathyaux de Nouvelle-Calédonie, récoltés par le "Jean Charcot" campagne BIOCAL, 1985 In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 11.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 158: 9 - 97	IP	0	0	1	0	0	0	0
1242	1993	MACPHERSON, E; BABA, K.. 1993. Crustacea Decapoda: Munida japonica Stimpson, 1858, and related species (Galatheidae) In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 10.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 156: 381 - 420	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVEN- TAIRE	AUTRES
1245	1993	MARSHALL, B.A.. 1993. A Review of the genus <i>Kaiparathina</i> Laws, 1941 (Mollusca: Gastropoda: Trochoidea). <i>Veliger</i> , 36(2): 185 - 198	IM	0	0	1	0	0	0	0
1247	1993	MONNIOT, C.. 1993. Tunicata : Sur trois espèces d'ascidies bathyales récoltées au cours de la campagne franco-indonésienne KARUBAR In : A. CROSNIER (éd.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 11.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 158: 355 - 359	IT	0	0	0	0	0	1	0
1249	1993	MORETTI, C, DEBITUS, C; FOURNET, A; SAUVAIN, M; BOURDY, G; LAURENT, D. 1993. DIVERSITE BIOLOGIQUE TROPICALE ET INNOVATION THERAPEUTIQUE. LES RECHERCHES MENEES PAR L'ORSTOM. <i>Ann. Soc. belge Med. trop.</i> , 73: 169 - 178	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1251	1996	Richer de Forges, B; Chevillon C. 1996. Les campagnes d'échantillonnage du benthos bathyal en Nouvelle-Calédonie, en 1993 et 1994 (BATHUS 1 à 4, SMIB 8 et HALIPRO 1) In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 15.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 168: 33 - 53	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1254	1993	Richer De Forges, B; Menou, J.L.. 1993. La campagne MUSORSTOM 7 dans la zone économique des îles Wallis et Futuna : Compte rendu et liste des stations In : A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 10.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 156: 9 - 25	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1256	1993	RICHER DE FORGES, B. 1993. Campagnes d'exploration de la faune bathyale faites depuis mai 1989 dans la zone économique de la Nouvelle-Calédonie : Liste des stations . In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 10.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 156: 27 - 32	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1258	1996	Casanova, B. 1996. Crustacea Euphausiacea : Euphausiacés du Pacifique sud-ouest tropical (Nouvelle-Calédonie, îles Wallis et Futuna, Indonésie) Morphologie fonctionnelle et biogéographie In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 15.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 168: 167 - 195	IU	0	0	0	1	0	0	0
1260	1996	Bruce, A. J. 1996. Crustacea Decapoda : Palaemonoid shrimps from the Indo-West Pacific region mainly from New Caledonia In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 15.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 168: 197 - 267	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1262	1993	TAVARES, M. 1993. Crustacea Decapoda : Les Cycloporippidae et Cymonomidae de L'Indo-Ouest-Pacifique à l'exclusion du genre Cymonomus In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 10.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 156: 253 - 312	IU	0	0	1	0	0	0	0
1264	1993	Vervoort, W. 1993. Cnidaria, Hydrozoa, Hydroida: Hydroids from the Western Pacific (Philippines, Indonesia and New Caledonia) I: Sertulariidae (Part 1) In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM. Volume 11.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 158: 89 - 298	IK	0	0	1	0	0	0	0
1268	1994	D'auria, V.M; Debitus, C; Gomez Paloma, L; Minale, L; Zampelle, A. 1994. Superstolide A: A Potent Cytotoxic Macrolide of a New Type from the New Caledonian Deep Water Marine Sponge Neosiphonia superstes. Journal of the American Chemical Society, 116: 6658 - 6663	IP	0	0	0	0	1	0	0
1270	1994	Bouchet, P; Houart, R. 1994. A NEW CORALLIOPHILID-LIKE MURICID (GASTROPODA, MURICIDAE) FROM THE CORAL SEA. Journal of Conchology, 35(2): 131 - 135	IM	0	0	1	0	0	0	0
1272	1994	Crosnier, A. 1994. SPHAERODROMIA LAMELLATA ESPECE NOUVELLE DE NOUVELLE-CALEDONIE ( DECAPODA, BRACHYURA, DROMIIDAE). Crustaceana, 67(3): 341 - 348	IU	0	0	1	0	0	0	0
1274	1994	Gordon, D.P; Braga, G. 1994. BRYOZOA: Living and fossil species of the catenacellid subfamilies. Ditaxiporinae Stach and Vasnigynellinae nov. In : A. CROSNIER (ed.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 12.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 161: 55 - 85	IB	0	0	1	0	0	0	0
1276	1994	Houart, R. 1994. SOME COMMENTS ON (?)POIRIERIA (PAZINOTUS) SIBOGAE (SCHEPMAN, 1911) (GASTROPODA: MURICIDAE). Festivus, 26(2): 19 - 21	IM	0	0	0	1	0	0	0
1279	1994	Jamieson, B.G.M; Guinot, D; Richer De Forges, B. 1994. Relationships of the Cycloporippidae Ortmann: evidence from spermatzoal ultrastructure in the genera Xeinosstoma, Tynolus and Cymonomus (Crustacea, Decapoda). Invertebrate Reproduction and Development, 26(2): 153 - 164	IU	0	0	0	1	0	0	0
1281	1994	Jamieson, B.G.M.. 1994. Phylogeny of the Brachyura with particular reference to the Podotremata: evidence from a review of spermatzoal ultrastructure (Crustacea, Decapoda). Philosophical Transactions of the Royal Society, 345(1314): 373 - 393	IU	0	0	0	1	0	0	0



Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1284	1994	Lowry, J.K; Stoddart, H.E. 1994. Crustacea Amphipoda: Lysianassoïds from the tropical western south Pacific Ocean In : A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 12.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 161: 128 - 223	IU	0	0	1	0	0	0	0
1286	1994	Mancini, I; Guella, G; Debitus, C; Duhet, D; Pietra, F. 1994. 168. Imidazolone and Imidazolidinone Artifacts of a Pivotal Imidazolthione, Zyzzin, from the Poecilosclerid Sponge <i>Zyza inassalis</i> from the Coral Sea. The First Thermochromic Systems of Marine Origin. <i>Helvetica Chimica Acta</i> , 77: 1886 - 1894	IP	0	0	0	0	1	0	0
1288	1994	Chia, D.G.B; Ng, P.K.L.. 1994. THE GENUS GLYPTOCARCINUS TAKEDA, 1973, WITH DESCRIPTIONS OF A NEW SUBFAMILY, TWO NEW GENERA AND TWO NEW SPECIES FROM NEW CALEDONIA (CRUSTACEA: DECAPODA: BRACHYURA: XANTHIDAE). <i>Raffles Bulletin of Zoology</i> , 42(3): 701 - 731	IU	0	0	1	0	0	0	0
1290	1994	Tendal, O S. 1994. Protozoa Xenophyophorea <i>Granuloreticulosa</i> : <i>Psammina zonaria</i> sp. nov. from the West Pacific and some aspects of the growth of xenophyophores In : A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 12.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 161: 49 - 54	Autres	0	0	1	0	0	0	0
1292	1994	Crosnier, A. 1994. Crustacea Decapoda : Observations complémentaires sur les <i>Metapenaeopsis</i> indo-ouest-pacifiques sans appareil stridulant (Penaeidae) Description de deux espèces nouvelles In : A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 12.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 161: 339 - 349	IU	0	0	1	0	0	0	0
1294	1994	Crosnier, A. 1994. Crustacea Decapoda : Penaeoidea à l'exclusion des Sicyoniidae récolté dans la zone économique exclusive des îles Wallis et Futuna lors de la campagne MUSORSTOM 7 In : A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 12.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 161: 367 - 373	IU	0	0	0	0	0	1	0
1296	1995	Dijkstra, H H. 1995. Bathyal Pectinoidea (Bivalvia: Propeamussiidae, Entoliidae, Pectinidae) from New Caledonia and adjacent areas In : P. Bouchet (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 14. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 167: 9 - 73	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Bibliographie	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1298	1995	Poutiers, JM; Bernard F.R. 1995. Carnivorous bivalve molluscs (Anomatodesmata) from the tropical western Pacific Ocean, with a proposed classification and a catalogue of recent species. In : P. Bouchet (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 14. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 167: 107 - 187	IM	0	0	1	0	0	0	0
1300	1995	Marshall, B.A. 1995. Calliostomatidae (Gastropoda: Trochoidea) from New Caledonia, the Loyalty Islands, and the northern Lord Howe Rise. In: P. Bouchet (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 14. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 167: 381 - 458	IM	0	0	1	0	0	0	0
1306	2001	Houart, R. 2001. <i>Ingensia</i> gen. nov. and eleven new species of Muricidae (Gastropoda) from New Caledonia, Vanuatu, and Wallis and Futuna Islands. In : P. BOUCHET & B. A. MARSHALL (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, Volume 22. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 185: 243 - 269	IM	0	0	1	0	0	0	0
1308	2001	Krylova, E.M.. 2001. Septibranchiate molluscs of the family Poromyidae (Bivalvia: Poromyoidea) from the tropical western Pacific Ocean. In: P. BOUCHET & B. A. MARSHALL (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, Volume 22. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 185: 165 - 200	IM	0	0	1	0	0	0	0
1310	2001	LU, C.C; BOUCHER-RODONI, R.. 2001. Cephalopods from the waters around Wallis and Futuna Islands in the central South Pacific. In : P. BOUCHET & B. A. MARSHALL (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, Volume 22. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 185: 369 - 399	IM	0	0	1	0	0	0	0
1312	2001	MARSHALL, B.A.. 2001. The genus <i>Acesta</i> H. & A. Adams, 1858 in the south-west Pacific (Bivalvia: Limidae) in: P. BOUCHET & B. A. MARSHALL (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, Volume 22. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 185: 97 - 109	IM	0	0	1	0	0	0	0
1314	2001	Dijkstra, H. H.. 2001. Bathyal Pectinoidea (Bivalvia: Propeamussiidae, Entoliidae and Pectinidae) from Wallis and Futuna Islands, Vanuatu Archipelago and New Caledonia. In : P. BOUCHET & B. A. MARSHALL (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, Volume 22. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 185: 73 - 95	IM	0	0	1	0	0	0	0
1316	1995	Wells, F. E. 1995. A revision of the drilliid genera <i>Splendrillia</i> and <i>Plagiostropha</i> (Gastropoda: Conoidea) from New Caledonia, with additional records from other areas. In: P. Bouchet (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 14. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 167: 527 - 556	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1319	1995	Bieler, R. 1995. Mathildidae from New Caledonia and the Loyalty Islands (Gastropoda: Heterobranchia). In: P. Bouchet (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 14.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 167: 595 - 641	IM	0	0	1	0	0	0	0
1321	1992	DUCHAMPS, R.. 1992. Description d' une nouvelle espèce de Tibia (Gastropoda: Strombidae). Apex, 7(2): 47 - 58	IM	0	0	1	0	0	0	0
1323	1995	Forest, J. 1995. Crustacea Decapoda Anomura : Révision du genre Trizopagurus Forest, 1952 (Diogenidae), avec l'établissement de deux genres nouveaux In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 13.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 163: 9 - 149	IU	0	0	1	0	0	0	0
1325	1994	POUPIN, J. 1994. The genus <i>Justitia</i> Holthuis, 1946, with the description of <i>J. chani</i> and <i>J. vericeli</i> spp. Nov. (Crustacea: Decapoda: Palinuridea). Journal of Taiwan Museum, 47(1): 37 - 56	IU	0	0	1	0	0	0	0
1327	1988	LEVI,C; LEVI,P.. 1988. Nouveaux Spongiaires Lithistides bathyaux à affinités crétaées de la Nouvelle-Calédonie. Bulletin du museum national d'Histoire Naturelle, 10(2): 241 - 263	IP	0	0	1	0	0	0	0
1329	1988	RICHER DE FORGES, B; GUINOT, D.. 1988. Description de trois espèces de <i>Cyrtomaia</i> Miers, 1886, de Nouvelle-Calédonie et des îles Chesterfield (Crustacea Decapoda Brachyura). Bulletin du muséum national d'Histoire Naturelle, 10(1): 39 - 55	IU	0	0	1	0	0	0	0
1331	1989	DIJKSTRA, H. H.. 1989. Pseudohinnites levii gen. et spec. nov. (Mollusca, Bivalvia: Pectinidae) from New Caledonia. <i>Basteria</i> , 53: 29 - 33	IM	0	0	1	0	0	0	0
1333	1989	ERSEUS, C.. 1989. A new bathyal species of <i>Atlantidrilus</i> (Oligochaeta, Tubificidae) from New Caledonia. Bulletin du museum national d'Histoire Naturelle, 11(1): 97 - 100	IA	0	0	1	0	0	0	0
1335	1985	Holthuis, L B. 1985. A revision of the family Scyllariidae (Crustacea Decapoda Macrura) I. Subfamily Ibacinae. <i>Zoologische Verhandlungen</i> , 218: 1 - 130	IU	0	0	1	0	0	0	0
1337	1991	AMAOKA, K.; RIVATON, J.. 1991. Pisces Pleuronectiformes : A review of the genus <i>Tosarhombus</i> (Bothidae) with descriptions of two new species from Saya de Malha Bank (Indian Ocean) and the Chesterfield Islands (Coral Sea). In: A CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 8. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 151: 449 - 466	IC	0	0	1	0	0	0	0
1340	1995	Guinot, D. 1995. Crustacea Decapoda Brachyura : Révision des Homolodromiidae Alcock, 1900 In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 13.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 163: 155 - 282	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1344	1991	SLEURS, W.J.. 1991. Mollusca Gastropoda : Four new rissoinine species (Rissoininae) from deep water in the New Caledonian region. In : A. CROSNIER & P. BOUCHET (eds). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 7.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 150: 163 - 178	IM	0	0	1	0	0	0	0
1346	1991	STOCK, J.H.. 1991. Pycnogonida of the MUSORSTOM campaigns to the Philippines. In : A. CROSNIER (éd.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 8.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 151: 213 - 228	IU	0	0	1	0	0	0	0
1348	1991	BOURSEAU, J.P; AMEZIANE-COMINARDI, N. AVOCAT, R; ROUX, M.. 1991. Echinodermata : Les Crinoïdes pédoncules de Nouvelle-Calédonie. In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 8.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 151: 229 - 333	IE	0	0	1	0	0	0	0
1350	1991	DOLIN, L.. 1991. Mollusca Gastropoda : Cypraeopsis superstes sp. nov., Pediculariinae relique du bathyal de Nouvelle-Calédonie et de la Réunion. In : A. CROSNIER & P. BOUCHET (eds). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 7.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 150: 179 - 186	IM	0	0	1	0	0	0	0
1352	1991	EDMONDS; S. J.. 1991. Sipunculoidea and Echiuroidea : Sipunculans and Echiurans from the Philippines and New Caledonia (ESTASE 2, BIOCAL, MUSORSTOM 3 and 4) In : A. CROSNIER (éd.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 8. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 151: 83 - 90	IA	0	0	0	0	0	1	0
1354	1991	GRYGIER, M. J.. 1991. Additions to the Ascothoracidan Fauna of Australia and South-east Asia (Crustacea, Maxillopoda): Synagogidae (part), Lauridae and Petrarciidae. Records of the Australian Museum, 43(1): 1 - 46	IU	0	0	1	0	0	0	0
1356	1991	HARASEWYCH, M.G.. 1991. Mollusca Gastropoda : Columbariform Gastropods of New Caledonia. in : A. CROSNIER & P. BOUCHET (eds.). Résultats des Campagnes MUSORSTOM. Volume 7.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 150: 243 - 259	IM	0	0	1	0	0	0	0
1358	1991	Roussakis, C; Robillard, N; Riou, D; Biard, J.F; Pradal, G; Piloquet, P; Debitus, C; Verbist, J.F.. 1991. Effects of bistramide A on a non-small-cell bronchial carcinoma line. Cancer Chemother Pharmacol, 28: 283 - 292	IT	0	0	0	0	1	0	0
1360	1987	Forest, J. 1987. Les Pylochelidae ou "Pagures symétriques" (Crustacea Coenobitoidea) In Bouchet P. (ed) Résultats des campagnes MUSORSTOM, volume 3.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 137: 1 - 274	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1362	2006	DEKKER, H; KOOL, H.. 2006. Review of the Nassarius pauper (Gould, 1850) Complex (GASTROPODA: NASSARIIDAE). Part 1, with the Description of Four New Species from the Indo-West-Pacific.. Visaya, 1(6): 54 - 75	IM	0	0	1	0	0	0	0
1364	2006	MONSECOUR, D; MONSECOUR, K.. 2006. The Genus Angaria Rodings, 1798 (GASTROPODA: TURBINIDAE) in New Caledonia, with Description of a New Species. Visaya, 1(6): 9 - 16	IM	0	0	1	0	0	0	0
1366	2007	KOOL, H.H.. 2007. Nassarius garuda n. sp., a new deepwater species from the Indonesian Tanimbar and Kai Islands and a review of the species N. crematus (Hinds, 1844), N. euglyptus (SowerbyIII, 1914) and N. siquijorensis (A. Adams, 1852) (Gastropoda: Buccinoidea: Nassariida. Miscellanea Malacologica, 2(5): 87 - 92	IM	0	0	1	0	0	0	0
1368	2006	KOOL, H.H.. 2006. Nassarius samiae, n. sp., a new deep water species from the Philippines (Gastropoda: Nassariidae).. Miscellanea Malacologica, 2(1): 5 - 8	IM	0	0	1	0	0	0	0
1370	1985	Fourmanoir, P. 1985. Poissons. Liste et description de cinq espèces nouvelles (Museum II) In: Résultats des Campagnes MUSORSTOM I & II. Philippines, Tome 2. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 133: 31 - 54	IC	0	0	1	0	0	0	0
1372	1985	Bouchet, P; Warèn, A. 1985. Mollusca Gastropoda : Taxonomical notes on tropical deep water Buccinidae with descriptions of new taxa. In: Résultats des Campagnes MUSORSTOM I & II Philippines, Tome 2. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 133: 457 - 514	IM	0	0	1	0	0	0	0
1374	1991	KAAAS, P.. 1991. Mollusca Polyplacophora : Deep-water Chitons from New Caledonia In : A. CROSNIER & P. BOUCHET (eds), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 7. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 150: 9 - 27	IM	0	0	1	0	0	0	0
1376	1991	LOZOUET, P. 1991. Mollusca Gastropoda : Eumitra récentes de la région néo-calédonienne et Charitodoron fossiles de l'Oligocène supérieur d'Aquitaine (Mitridae) In : A. CROSNIER & P. BOUCHET (eds), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 7.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 150: 205 - 222	IM	0	0	1	0	0	0	0
1378	1985	Houart, R. 1985. Mollusca Gastropoda : Noteworthy Muricidae from the Pacific Ocean, with description of seven new species In: Résultats des Campagnes MUSORSTOM I & II Philippines, Tome 2. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 133: 427 - 495	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1380	1990	Richer de Forges, B. 1990. Les campagnes d'exploration de la faune bathyale dans la zone économique de la Nouvelle-Calédonie In : A. CROSNIER (éd.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 6.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 145: 9 - 54	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1382	1991	VADON, C.. 1991. Echinodermata : Ophiuridae profonds de Nouvelle-Calédonie. Formes paedomorphes. In: A CROSNIER(ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 8.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 151: 335 - 356	IE	0	0	1	0	0	0	0
1385	1991	TAVARES, M.S.. 1991. Redéfinition des genres Rochinia A. Milne Edwards, Sphenocarcinus A. Milne Edwards et Oxypleurodon Miers, et établissement du genre Nasutocarcinus gen. nov. (Crustacea, Brachyura, Majidae). Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 13(1-2): 159 - 179	IU	0	0	1	0	0	0	0
1389	1991	MACPHERSON, E.. 1991. A new species of the genus Lithodes (Crustacea, Decapoda, Lithodidae) from French Polynesia. Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 13(1-2): 153 - 158	IU	0	0	1	0	0	0	0
1393	1988	BOUCHET, P. 1988. A new Cassid (Mollusca: Gastropoda) from the Coral Sea. Venus, 47(1): 11 - 14	IM	0	0	1	0	0	0	0
1396	1990	KAAS, P. 1990. New species and further records of known species of Polyplacophora from the tropical western Pacific. Basteria, 54: 175 - 186	IM	0	0	1	0	0	0	0
1398	1991	D'AURIA, M.V; DE RICCARDIS, F; GOMEZ-PALOMA, L; IORIZZI, M; RICCIO, R; MINALE, L; DEBITUS, C; RICHER DE FORGES, B. 1991. Marine natural products : Chemical constituents from New Caledonian deep-water species. Troisième Symposium sur les substances naturelles d'intérêt biologique de la région Pacifique-Asie, Nouméa, Nouvelle Calédonie, 26-30 Août 1991. ORSTOM, : 1 - 2	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1406	2002	Medinskaya, A I. 2002. Structure of the venom gland - muscular bulb complex in the family Turridae (Gastropoda, Conoidea). Ruthenica, 12(2): 125 - 133	IM	0	0	0	1	0	0	0
1408	2002	Medinskaya, A I. 2002. Foregut anatomy of the Turrinae (Gastropoda, Conoidea, Turridae). Ruthenica, 12(2): 135 - 149	IM	0	0	0	1	0	0	0
1411	2003	GARCIA, E.F.. 2003. New records of Indo-Pacific Epitonidae (Mollusca: Gastropoda) with the description of nineteen new species.. Novapex, 4(HS): 1 - 22	IM	0	0	1	0	0	0	0
1413	2001	SYSOEV, A; BOUCHET, P.. 2001. New and uncommon turritiform gastropods (Gastropoda: Conoidea) from the South-West Pacific. In : P. BOUCHET & B. A. MARSHALL (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, Volume 22. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 185: 271 - 320	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1415	2001	Valdès, A.. 2001. Deep-water phyllidiid nudibranchs (Gastropoda: Phyllidiidae) from the tropical south-west Pacific Ocean. In : P. BOUCHET & B. A. MARSHALL (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, Volume 22. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 185: 331 - 368	IM	0	0	1	0	0	0	0
1417	2001	DAYRAT, B.. 2001. Indo-Pacific deep-water Pleurobranchaeidae (Gastropoda, Opisthobranchia: Notaspidea): New records and new species. In : P. BOUCHET & B. A. MARSHALL (eds), Tropical Deep-Sea Benthos, Volume 22. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 185: 321 - 330	IM	0	0	1	0	0	0	0
1419	2000	VILVENS, C.. 2000. Description of a new species of Clanculus (Gastropoda: Trochidae) from New Caledonia. Novapex, 1: 95 - 99	IM	0	0	1	0	0	0	0
1421	2000	Bouchet, P.; Kantor, Y. I.. 2000. A New Species of Volutomitra (Gastropoda: Volutomitridae) from New Caledonia. Venus, 59(3): 181 - 190	IM	0	0	1	0	0	0	0
1428	1986	LEVI, C. 1986. BIOCAL: Compte rendu de la campagne effectuée à bord du N/O "Jean charcot" du 9 Août au 10 Septembre 1985. PIROCEAN, : 1 - 41	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1433	1986	Moolenbeek, R.G. 1986. Studies on Conidae (Mollusca, Gastropoda), 6. Conidae of the chesterfield islands, with description of <i>Conus luciae</i> nova species. Bulletin zoologisch museum universiteit van Amsterdam, 10(25): 210 - 215	IM	0	0	1	0	0	0	0
1435	1986	Richer de Forges, B. 1986. LA CAMPAGNE "MUSORSTOM IV " EN NOUVELLE-CALÉDONIE (mission du N.O. VAUBAN" . Septembre-Octobre 1985). Rapports scientifiques et techniques. ORSTOM, 38: 1 - 31	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1437	1987	CROSNIER, A. 1987. Les espèces indo-ouest-pacifiques d'eau profonde du genre <i>Metapenaopsis</i> (Crustacea Decapoda Penaeidae). Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 9(2): 409 - 453	IU	0	0	1	0	0	0	0
1440	1987	HOUART, R. 1987. Description of Four New Species of Muricidae (Mollusca: Gastropoda) from New Caledonia.. Venus, 46(4): 202 - 210	IM	0	0	1	0	0	0	0
1443	1988	MARSHALL, B. A.. 1988. THYSANODONTINAE: A NEW SUBFAMILY OF THE TROCHIDAE (GASTROPODA). Journal of Molluscan Studies, 54(2): 215 - 229	IM	0	0	1	0	0	0	0
1445	1988	HOUART, R. 1988. Description of Seven New Species of Muricidae (Neogastropoda) from the South-Western Pacific Ocean. Venus, 47(3): 185 - 196	IM	0	0	1	0	0	0	0
1448	1988	CROSNIER, A. 1988. Sur les Heterocarpus (Crustacea, Decapoda, Pandalidae) du sud-ouest de l'océan Indien. Remarques sur d'autres espèces océaniques du genre et description de quatre taxa nouveaux. Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 10(1): 57 - 103	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1453	1988	SARA, M. 1988. Two new species of Tethya (Porifera, Demospongiae) from New Caledonia. Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 10(4): 651 - 659	IP	0	0	1	0	0	0	0
1455	1989	LIU, J.D; COTILLON, P. 1989. PRESENT AND RECENT SEDIMENTATION IN THE LOYALTY BASIN ALONG THE THIO-LIFOU PROFILE (NEW CALEDONIA, SOUTHWEST PACIFIC). Marine geology, 87: 207 - 226	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1457	1983	Houart, R. 1983. Three New Tropical Muricean Species (Gastropoda: Muricidae). Venus, 42(1): 26 - 33	IM	0	0	1	0	0	0	0
1459	1982	Poutiers, J.M. 1982. Euciroa trapeza espèce nouvelle de Bivalves Verticordiidae de Nouvelle-Calédonie. Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 4(4): 331 - 335	IM	0	0	1	0	0	0	0
1461	1982	KAAS, P. 1982. Leptochiton species (Polyplacophora: Leptochitonidae) of the Musorstom 1 (1976) and 2 (1980) Philippines expeditions. Basteria, 46: 87 - 92	IM	0	0	1	0	0	0	0
1463	1998	LEMAITRE, R. 1998. Revisiting Tylaspis anomala Henderson, 1885 (Parapaguridae), with comments on its relationships and evolution. Zoosystema, 20(2): 289 - 305	IU	0	0	1	0	0	0	0
1466	1998	LAILLE, M.; GERALD, F.; DEBITUS, C.. 1998. In vitro antiviral activity on dengue virus of marine natural products. Cellular and Molecular Life Sciences, 54: 167 - 170	NA	0	0	0	0	1	0	0
1469	1998	POUPIN, J.; MCLAUGHLIN, P.A.. 1998. Additional records of calcinus species (Decapoda: Anomura: Diogenidae) from French Polynesia with description of three new species and a key to Indo-West Pacific species of the genus. Crustacean Research, 27: 9 - 27	IU	0	0	1	0	0	0	0
1471	1998	TAVARES, M. 1998. Phyllostomolidae, nouvelle famille de Brachyourses Podotremata (Crustacea, Decapoda). Zoosystema, 20(1): 109 - 122	IU	0	0	1	0	0	0	0
1474	1989	GAILLARD, C; COTILLON, P; EVIN, J. 1989. Un cas de mise en place de turbidités récentes dans des boues hémipelagiques. Résultats obtenus par datation au radiocarbone de sédiments superficiels dans le bassin des Loyauté(Nlle Calédonie).. Bulletin de la société géologique de France, 5(4): 875 - 879	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1476	1990	HOUART, R. 1990. New taxa and new records of Indo-Pacific species of Murex and Haustellum (Gastropoda, Muricidae, Muricinae). Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 12(2): 329 - 347	IM	0	0	1	0	0	0	0



Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1479	1989	Cotillon, P; Gaillard, Christian; LIU, J.L; Evin, J. 1989. Evolution du taux de sédimentation au cours des derniers 30 000 ans aux abords de la Nouvelle-Calédonie (SW Pacifique) : résultats de datations au radiocarbone et par la courbe de l'oxygène 18. Bulletin de la société géologique de France, 5(4): 881 - 884	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1481	1983	Richard, G. 1983. Two new species of <i>Conus</i> from New Caledonia: <i>Conus boucheti</i> sp. nov. and <i>Conus kanakinus</i> sp. nov. (Neogastropoda: Conidae). Journal of the Malacological Society of Australia, 6: 53 - 58	IM	0	0	1	0	0	0	0
1483	1990	VADON, C. 1990. <i>Ophiozonella novaeacaledoniae</i> n.sp. (Ophiuroidea, Echinodermata): description, ontogeny and phyletic position. Journal of Natural History, 24(1): 165 - 179	IE	0	0	1	0	0	0	0
1485	1985	GUINOT, D; RICHER DE FORGES, B. 1985. REVISION OF THE INDO-PACIFIC SPHENOCARCINUS WITH A SINGLE ROSTRUM AND DESCRIPTION OF TWO NEW SPECIES (CRUSTACEA, DECAPODA, BRACHYURA, MAJIDAE). Marine Research in Indonesia, 24: 49 - 71	IU	0	0	1	0	0	0	0
1488	1991	ROUX, M; BOUCHET, P; BOURSEAU, J.P; GAILLARD, C. GRANDPERRIN, R; GUILLE, A; LAURIN, B; MONNIOT, C; RICHER DE FORGES, B; RIO, M; SEGONZAC, M; VACELET, J; ZIBROWIUS, H. 1991. L'environnement bathyal au large de la Nouvelle-Calédonie : résultats préliminaires de la campagne CALSUB et conséquences paléocéologiques. Bulletin de la société géologique de France, 162(4): 675 - 685	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1490	1985	HOUART, R. 1985. NIPPONOTROPHON MAKASSARENSIS, A NEW RECENTLY DREDGED MURICACEAN SPECIES OF STRANGE GENERIC AFFINITIES (GASTROPODA: MURICIDAE). Marine Research Indonesia, 24: 83 - 87	IM	0	0	1	0	0	0	0
1493	1992	HOUART, R. 1992. The genus <i>Chicoreus</i> and related genera (Gastropoda: Muricidae) in the Indo-West Pacific. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 154: 1 - 188	IM	0	0	1	0	0	0	0
1495	1992	LOWRY, J.K; STODDART, H.E.. 1992. A Revision of the Genus <i>Ichnopus</i> (Crustacea: Amphipoda: Lysianassoidea: Uristidae). Records of the Australian Museum, 44: 185 - 245	IU	0	0	1	0	0	0	0
1497	2008	TERRY, Y; SPRAGUE, J. 2008. <i>Terebra brianhayesi</i> sp. nov., a new deep water terebrid from Mozambique. Gloria Maris, 1(2): 8 - 13	IM	0	0	1	0	0	0	0
1500	2008	MOOLENBEEK, R.G; ZANDBERGEN, A; BOUCHET, P. 2008. <i>Conus</i> (Gastropoda, Conidae) from the Marquesas Archipelago: description of a new endemic offshore fauna. Vita Malacologica, 6: 19 - 34	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1506	2007	LORENZ, F. 2007. Two New Species of Lunovula (GASTROPODA: CAENOGASTROPODA: OVULIDAE) from New Caledonia and the Solomon Islands. <i>Visaya</i> , : 64 - 67	IM	0	0	1	0	0	0	0
1509	2006	POPPE, G.T; TAGARO, S.P; DEKKER, H. 2006. THE SEGUENZIIDAE, CHILODONTIDAE, TROCHIDAE, CALLIOSTOMATIDAE AND SOLARIELLIDAE OF THE PHILIPPINE ISLANDS WITH THE DESCRIPTION OF 1 NEW GENUS, 2 NEW SUBGENERA, 70 NEW SPECIES AND 1 NEW SUBSPECIES.. <i>Visaya</i> , (suppl1): 1 - 143	IM	0	1	1	0	0	0	0
1511	2005	KOOL, H.H.. 2005. Two new western Pacific deep water species of Nassarius (Gastropoda: Prosobranchia: Nassariidae): <i>Nassarius herosae</i> sp. nov. And <i>Nassarius vanpeli</i> sp. nov.. <i>Gloria Maris</i> , 44: 46 - 54	IM	0	0	1	0	0	0	0
1513	2005	HADORN, R; FRAUSSEN, K. 2005. Revision of the genus <i>Granulifusus</i> KURODA & HABE 1954, with description of some new species. <i>Archiv für Molluskenkunde</i> , 134(2): 129 - 171	IM	0	0	1	0	0	0	0
1515	2004	KOOL, H.H.. 2004. <i>Nassarius boucheti</i> spec. nov., a deep water species from the western Pacific (Gastropoda, Prosobranchia, Nassariidae). <i>Basteria</i> , 67: 135 - 139	IM	0	0	1	0	0	0	0
1518	2004	POPPE, G. T. ; BAIL, P. 2004. A CONCHOLOGICAL ICONOGRAPHY, The Tribe <i>lyrini</i> : a revision of the recent species of the genera <i>Lyria</i> , <i>Callipara</i> , <i>Harpulina</i> , <i>Enaeta</i> and <i>Leptoscapa</i> (eds Guido T. Poppe & Klaus Groh). <i>ConchBooks</i> , : 5 - 72	IM	0	0	1	0	0	0	0
1522	1998	JAMIESON, G.M.; SCHELTINGA, D.M.; RICHER DE FORGES, B. 1998. An Ultrastructural Study of Spermatozoa of the Majidae with Particular Reference to the Aberrant Spermatozoon of <i>Macropodia Zongirostris</i> (Crustacea, Decapoda, Brachyura). <i>Acta Zoologica</i> , 79(3): 193 - 206	IU	0	1	0	1	0	0	0
1525	1998	GUERRIERO, A; DEBITUS, C; LAURENT, D; D'AMBROSIO, M; PIETRA, F. 1998. <i>Aztéquynol A</i> , the first clearly defined, C-branched polyacetylene and the analogue <i>Aztéquynol B</i> . Isolation from the tropical marine sponge <i>Petrosia</i> sp.. <i>Tetrahedron Letters</i> , 39: 6395 - 6398	IP	0	1	0	0	1	0	0
1528	1998	Cohen, B L.; Gawthrop, A; Cavalier-Smith, T. 1998. Molecular phylogeny of Brachiopods and Phoronids based on nuclear-encoded small subunit ribosomal RNA gene sequences. <i>Philosophical Transactions of the Royal Society</i> , 353: 2039 - 2061	IB	0	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1530	1998	BEU, A.G.. 1998. Indo West Pacific Ranellidae, Bursidae and Personidae (Mollusca: Gastropoda) A monograph of the New Caledonian fauna and revisions of related taxa In Résultats des Campagnes Musorstom, Volume 19.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 178: 1 - 255	IM	0	0	1	0	0	0	0
1532	1997	VIDAL, J. 1997. Large Trachycardiinae from the Indo-West Pacific: The group of Vasticardium orbita (Broderip & Sowerby, 1833) (Mollusca, Cardiidae). Molluscan Research, 18: 11 - 32	IM	1	0	1	0	0	0	0
1536	1997	SIRENKO, B.I.. 1997. Position in the system and the origin of deep-water chitons of the family Fertraellidae (Mollusca; Polyplacophora). Ruthenica, 7(2): 77 - 89	IM	0	0	1	0	0	0	0
1538	1997	TER POORTEN, J.J.. 1997. Acrosterigma sewelli (Prasad, 1932), a valid species from the central Indo-Pacific, compared with Acrosterigma flava (Linnaeus, 1758) (Bivalvia, Cardiidae). Basteria, 61: 33 - 39	IM	0	0	1	0	0	0	0
1540	1997	Crosnier, A. 1997. Une nouvelle espèce de Mursia de Nouvelle-Calédonie (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Calappidae). Zoosystema, 19(1): 151 - 158	IU	0	0	1	0	0	0	0
1543	1997	Bultel-Poncé, V; Debitus, C; Blond, A; Cerceau, C; Guyot, M. 1997. Lutside : an Acyl-(Acyl-6'-Mannobiosyl)-3-Glycerol Isolated from the Sponge-associated Bacterium Micrococcus luteus. Tetrahedron Letters, 38(33): 5805 - 5808	IP	0	0	0	0	1	0	0
1545	1997	AMEZIANE, N; ROUX, M. 1997. Biodiversity and historical biogeography of stalked crinoids (Echinodermata) in the deep sea. Biodiversity and Conservation, 6: 1557 - 1570	IE	0	1	0	1	0	0	0
1548	1996	WAREN, A; HAIN, S. 1996. Description of Zeratulidae fam. nov. (Littorinoidea), with comments on an Antarctic Littorinid Gastropod. Veliger, 39(4): 277 - 334	IM	0	0	1	0	0	0	0
1551	1996	Sysoev, A; Bouchet, P. 1996. TAXONOMIC REEVALUATION OF GEMMULOBORSONIA SHUTO, 1989 (GASTROPODA: CONOIDEA), WITH A DESCRIPTION OF NEW RECENT DEEP-WATER SPECIES. Journal of Molluscan Studies, 62: 75 - 87	IM	0	0	1	0	0	0	0
1553	1997	Richer de Forges, B; Jaffre, T; Chazeau, J. 1997. La Nouvelle Calédonie, vestige du continent de Gondwana. Le courrier de l'environnement de l'INRA-Sauve qui peut, (10): 1 - 10	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1555	1996	RICHER DE FORGES, B. 1996. The Genus Plafypilumnus Alcock and Description of P. jamiesoni n.sp. from New Caledonia (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Records of the Australian Museum, 48: 1 - 6	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1557	1996	MOOSA, K.M.. 1996. Crustacea Decapoda: Deep-water swimming crabs from the south-west Pacific, particularly New Caledonia (Brachyura, Portunidae) In A.CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, volume 15.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 168: 503 - 530	IU	0	0	1	0	0	0	0
1559	1996	MACPHERSON, E. 1996. Crustacea Decapoda : Species of the genera Munida Leach, 1820 and Paramunida Baba, 1988 (Galatheidae) from the seas around the Wallis and Futuna Islands. In A.CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, volume 15.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 168: 387 - 421	IU	0	0	1	0	0	0	0
1561	1996	Lehodey, P; Grandperrin, R. 1996. Swath Mapping of the Deep-Bottom Fisheries Seafloor and its Application in New Caledonia. Marine Geophysical Researches, 18: 449 - 458	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1563	1996	Lehodey, P; Grandperrin, R. 1996. Influence of temperature and ENSO events on the growth of the deep demersal fish, alfonso, Beryx splendens, off New Caledonia in the western tropical South Pacific Ocean. Deep-Sea Research I, 43(1): 49 - 57	IC	0	0	0	0	0	0	1
1565	1996	KROPP, R.K.; MANNING, R.B.. 1996. Crustacea Decapoda : Two new genera and species of deep water gall crabs from the Indo-west Pacific (Cryptochiridae ). In : A. CROSNIER (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 15.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 168: 531 - 539	IU	0	0	1	0	0	0	0
1569	1996	CROSNIER, A. 1996. Hypocolpus parargosus, espèce nouvelle de l'Indo-Ouest Pacifique (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Xanthidae). Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 18(4): 557 - 564	IU	0	0	1	0	0	0	0
1574	1995	MARSHALL, B.A.. 1995. Recent and tertiary Trochaclididae from the Southwest Pacific (Mollusca: Gastropoda: Trochoidea). Veliger, 38(2): 92 - 115	IM	0	0	1	0	0	0	0
1576	1995	GRANDPERRIN, R.; BUJAN, S.; MENOUE, J-L; RICHER BE FORGES, B; RIVATON, J. 1995. Campagne HALIPRO 1 de chalutages exploratoires dans l'Est et dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie (N.O. ALIS, 18-25 mars et 29 mars-ter avril 1994). CONVENTIONS SCIENCES DE LA MER BIOLOGIE MARINE, 14: 1 - 61	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1578	1995	GRANDPERRIN, R.; MENOUE, J-L; BARGIBANT, G. 1995. Campagne HALICAL 1 de pêche à la palangre de fond dans le Nord et sur la rive des Loyauté, en Nouvelle-Calédonie N.O. ALIS, 21 novembre - 1er décembre et 12-23 décembre 1994 Rapport final. CONVENTIONS SCIENCES DE LA MER BIOLOGIE MARINE, 12: 1 - 67	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1580	1989	RICHER DE FORGES, B; FROMAGET, M; THOMASSIN; B. 1989. CATALOGUE BIBLIOGRAPHIQUE INDEXÉ DU MILIEU MARIN DE NOUVELLE-CALÉDONIE. ORSTOM, : 1 - 235	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1582	1990	Rivaton, J; Richer de Forges, B. 1990. Poissons récoltés par dragages dans le lagon de Nouvelle Calédonie. RAPPORTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES ORSTOM, 55: 1 - 102	IC	0	0	0	0	0	1	0
1587	1991	RICHER DE FORGES, B. 1991. Les fonds meubles des lagons de Nouvelle-Calédonie, Volume I : généralités et échantillonnages par dragages In : Richer de Forges Bertrand (coord.). Le benthos des fonds meubles des lagons de Nouvelle-Calédonie. ORSTOM, : 1 - 148	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1594	1994	LEHODEY, P. 1994. LES MONTS SOUS-MARINS DE NOUVELLE-CALÉDONIE ET LEURS RESSOURCES HALIEUTIQUES. Travaux et Documents Microédités, 122: 1 - 415	IC	0	0	0	0	0	0	1
1597	1989	RICHER de FORGES,R ; GRANDPERRIN, R. 1989. Observations réalisées à bord du submersible "CYANA" dans la zone épibathyale de Nouvelle-Calédonie (Campagne CALSUB, 17 février - 14 mars 1989). RAPPORTS DE MISSIONS ORSTOM, 3: 1 - 25	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1599	1984	Pianet, R; Richer de Forges, B. 1984. Résultats préliminaires de la campagne CHALCAL à bord du Coriolis- 12 juillet au 31 juillet 1984. RAPPORTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES ORSTOM, 32: 1 - 35	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1601	1992	RODRIGUEZ, J; RIGUERA, R; DEBITUS, C. 1992. NEW MARINE CYTOTOXIC BISPYRONES. ABSOLUTE STEREOCHEMISTRY OF ONCHITRIOLS I AND II. Tetrahedron Letters, 33(8): 1089 - 1092	IM	0	0	0	0	1	0	0
1605	1992	PASCAL, A; RIO, M; VANNEY, J.R.. 1992. Les surfaces durcies des pentes bathyales de Nouvelle-Calédonie (Pacifique du SW). Morphologies et diagenèse. Bulletin de la Societe geologique de France, 163(3): 271 - 280	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1608	1994	LEHODEY, P; GRANDPERRIN, R. 1994. A STUDY OF THE FISHERY AND BIOLOGY OF BERYX SPLENDENS (ALFONSI) IN NEW CALEDONIA. SPC Fisheries Newsletter, 71: 30 - 36	IC	0	0	0	0	0	0	1
1610	1990	KULBICKI, M; RANDALL, J; RIVATON, J. 1990. Checklist of the Fishes of the Chesterfield Islands (New Caledonia). SCIENCES DE LA MER BIOLOGIE MARINE ORSTOM eds, : 1 - 37	IC	0	0	0	0	0	1	0
1614	1987	Richer de Forges, B; Grandperrin, R; Laboute, P. 1987. La campagne CHALCAL II sur les guyots de la ride de NORFOLK (N.O. "CORIOLIS" 26 octobre - 1er novembre 1986). RAPPORTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES ORSTOM, 42: 1 - 45	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1616	1990	MONNIOT, C.; MONNIOT, F. 1990. Revision of the class Sorberacea (benthic tunicates) with descriptions of seven new species. Zoological Journal of the Linnean Society, 99: 239 - 290	IT	0	0	1	0	0	0	0
1621	1989	MANNING, R.B.; HOLTHUIS, L.B.. 1989. Two genera and nine species of Geryonid crabs (Crustacea, Decapoda, Geryonidae). Proceedings of the Biological Society of Washington, 102(1): 50 - 77	IU	0	0	1	0	0	0	0
1624	1992	VANNEY, J.R.; RIO, M.; ROUX, M.; GUERIN, H; l'équipe CALSUB. 1992. Morphologie sous-marine particulière liée à des circulations hydrothermales sur la rive des Loyauté (Nouvelle-Calédonie, SW Pacifique). Bulletin de la Société géologique de France, 163(3): 255 - 262	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1626	1989	LEVI, C; COTILLON, P. 1989. CAMPAGNE BIOCAL : ENVIRONNEMENT BATHYAL ACTUEL ET RECENT AUX ABORDS DE LA NOUVELLE CALEDONIE, Colloque Tour du Monde du Jean Charcot Paris, 2-3 Mars 1989.. IFREMER-INSU-ORSTOM, : 1 - 9	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1628	1994	Grandperrin, R.; Baron, J.; Cillaurren, E.; David, G.; Kulbicki, M.; Lehodey, P.; Thollot, P.; Wantiez, L.. 1994. TRAVAUX REALISES PAR LE CENTRE ORSTOM DE NOUMEA DANS LE DOMAINE HALIEUTIQUE. VINGT-CINQUIEME CONFERENCE TECHNIQUE REGIONALE SUR LES PECHEES (Nouméa, Nouvelle-Calédonie 14-18 Mars 1994). CPS Pêches, : 1 - 9	IC	0	0	0	0	0	0	1
1632	2008	Allain, V; Kerandel, J-A; Andréfouët, S; Magron, F; Clark, M; Kirby, D. S.; Muller-Karger, F.E.. 2008. Enhanced seamount location database for the western and central Pacific Ocean: Screening and cross-checking of 20 existing datasets. Deep-Sea Research I, 55: 1035 - 1047	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1639	2008	O'HARA, T.D. 2008. Bioregionalisation of the waters around Lord Howe and Norfolk Islands using brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea). Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, : 1 - 54	IE	0	0	0	1	0	0	0
1662	2007	STOCKS, K.I.; HART, J.B.. 2007. Biogeography and biodiversity of seamounts (chap 13) In: seamounts: Ecology, Conservation and Management. Fish and aquatic resources, 12: 253 - 281	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1666	2006	WILLIAMS, A; ALTHAUS, F; FURLANI, D. 2006. Assessment of the conservation values of the Norfolk Seamount area. A component of the commonwealth Marine Conservation Assessment Programm: 2002-2004. CSIRO Marine and Atmospheric Research, : 1 - 173	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1669	2006	Allain, V; Kirby, D; Kerandel, J. 2006. Seamount Research Planning Workshop Final Report, Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia, 20-21 March 2006. GEF Pacific Islands Oceanic Fisheries Management Project. : 1 - 57	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1672	2010	CHAN, B.K.K.; PRABOWO, R.E.; LEE, K.-S.. 2010. North West Pacific deep-sea barnacles (Cirripedia, Thoracica) collected by the TAIWAN expeditions, with descriptions of two new species. Zootaxa, 2405: 1 - 47	IU	1	0	1	0	0	0	0
1674	2007	CHARBONNIER, S; VANNIER, J; GAILLARD, C; BOURSEAU, J-P; HANTZPERGUE, P. 2007. The La Voulte Lagerstätte (Callovian): Evidence for a deep water setting from sponge and crinoid communities. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 250: 216 - 236	IP	0	0	0	1	0	0	0
1676	2011	De Grave, S; Fransen, C.H.J.M.. 2011. Carideorum Catalogus: The Recent Species of the Dendrobranchiata, Stenopodidean, Procarididean and Caridean Shrimps (Crustacea: Decapoda). Zoologische Mededelingen, 85(9): 195 - 589	IU	0	0	0	0	0	1	0
1681	2013	FRAIJE, R.H.B.; ARTAL, P.; VAN BAKEL, B.W.M; JAGT, J.M.W.; KLOMPMAKER, A.A.. 2013. An array of sixth abdominal tergite types of paguroid anomurans (Crustacea) from the mid-Cretaceous of Navarra, northern Spain. Netherlands Journal of Geosciences, 92(2-3): 109 - 117	IU	0	0	1	0	0	0	0
1684	2013	KANO, Y; FUKUMORI, H; BRENZINGER, B; WARREN, A.. 2013. DRIFTWOOD AS VECTORS FOR THE OCEANIC DISPERSAL OF ESTUARINE GASTROPODS (NERITIDAE) AND AN EVOLUTIONARY PATHWAY TO THE SUNKEN-WOOD COMMUNITY. Journal of Molluscan Studies. : 1 - 5	IM	1	0	0	0	0	0	0
1687	2012	KITAHARA, M.V.; CAIRNS, S.D.; STOLARSKI, J; MILLER, D.J.. 2012. Deltocyathiidae, an early-diverging family of Robust corals (Anthozoa, Scleractinia). Zoologica Scripta, 42(2): 201 - 212	IK	0	0	0	0	0	0	0
1695	2007	LIN, F.-J; KOMAL, T; CHAN, T.-Y. 2007. A new species of callinassid shrimp (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea) from deep-water hydrothermal vents off Taiwan. Proceedings of The Biological Society of Washington, 120(2): 143 - 158	IU	0	0	1	0	0	0	0
1697	2008	CHAN, T-Y; MACPHERSON, E. 2008. Some lithodid crabs (Crustacea: Decapoda: Lithodidae) from Taiwan and adjacent waters, with the description of one new species from Guam. Zootaxa, 1924: 43 - 52	IU	0	0	1	0	0	0	0
1700	2007	MAH, C.L. 2007. Systematics, phylogeny and historical biogeography of the Pentagonaster clade (Asteroidea: Valvatida: Goniasteridae). Invertebrate Systematics, 21: 311 - 339	IE	1	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1704	2007	Moldtsova, TN; Budaeva, N. 2007. Modifications of corallum morphology in black corals as an effect of associated fauna. Bulletin of Marine Science, 81(3): 469 - 479	IK	0	0	0	1	0	0	0
1708	2013	ROMANOV, E.V.; BACH, P.; REBIK, S.T.; LE TURC, A.; SERET, B.: 2013. First pelagic record of the velvet dogfish <i>Zameus squamulosus</i> (Günther, 1877) (Squaliformes) from the southwestern Indian Ocean and some notes on its regional distribution. Zoosystema, 35(1): 11 - 23	IC	0	0	0	0	0	1	0
1711	2010	SCARABINO, V.; SCARABINO, F.: 2010. A new genus and thirteen new species of Scaphopoda (Mollusca) from the tropical Pacific Ocean. zoosystema, 32(3): 409 - 423	IM	0	0	1	0	0	0	0
1715	2012	TU, T-H.; DAI, C-F.; JENG, M-S.: 2012. Precious corals (Octocorallia: Coralliidae) from the northern West Pacific region with descriptions of two New Species. Zootaxa, 3395: 1 - 17	IK	0	0	1	0	0	0	0
1718	2010	WILLIAMS, S.T.; DONALD, K.M.; SPENCER, H.G.; NAKANO, T.: 2010. Molecular systematics of the marine gastropod families Trochidae and Calliostomatidae (Mollusca: Superfamily Trochoidea). Molecular Phylogenetics and Evolution, 54(3): 783 - 809	IM	1	0	0	0	0	0	0
1721	1999	Akazaki, M; Séret, B. 1999. Dentex fourmanoiri, a new species of sea bream (Sparidae: denticinae) from off New Caledonia In Proceeding of the 5th Indo-Pacific Fish Conference, Noumea, 1997. Société Française d'Ichtyologie, : 177 - 183	IC	0	0	1	0	0	0	0
1723	1996	Buckeridge, J. S.: 1996. A living fossil <i>Waikalasma boucheti</i> n.sp. (Cirripedia, Balanomorpha) from Vanuatu (New Hebrides), Southwest Pacific. Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 18(3-4): 447 - 457	IU	0	0	1	0	0	0	0
1729	2011	O'Hara, T. D.; Rowden, A. A.; Bax, N. J.: 2011. A Southern Hemisphere Bathyal Fauna Is Distributed in Latitudinal Bands. CURRENT BIOLOGY, 21(3): 226 - 230	IE	1	0	0	1	0	0	0
1731	2000	Macpherson, E; Machordom A.: 2000. RAYMUNIDA, NEW GENUS (DECAPODA: ANOMURA: GALATHEIDAE) FROM THE INDIAN AND PACIFIC OCEANS. Journal of Crustacean Biology, 20(2): 253 - 258	IU	0	0	1	0	0	0	0
1734	2009	Rahayu, D. L.; Forest, J.: 2009. LE GENRE PAGURISTES DANA AUX PHILIPPINES AVEC LA DESCRIPTION DE DEUX NOUVELLES ESPÈCES (DECAPODA, ANOMURA, DIOGENIDAE). Crustaceana, 82(10): 1307 - 1338	IU	0	0	1	0	0	0	0



Code	Année	Bibliographie	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1736	2002	Nguyen, N.-H. 2002. A NEW SPECIES OF CALLIAPAGUROPS DE SAINT LAURENT FROM THE PHILIPPINES WITH A DISCUSSION OF THE TAXONOMIC POSITION OF THE GENUS (THALASSINIDEA, CALLIANASSIDAE). <i>Crustaceana</i> , 75: 539 - 549	IU	0	0	1	0	0	0	0
1738	1997	McLay, C. L.; Guinot, D.. 1997. TEN ARMS MEET TEN LEGS: DECAPODA (MOLLUSCA: CEPHALOPODA: SEPIOIDEA) SPAWN ON DECAPODA (CRUSTACEA: BRACHYURA: HOMOLIDAE). <i>Journal of Crustacean Biology</i> , 17(4): 692 - 694	IU	0	0	0	1	0	0	0
1740	2009	Mitsuhashi, M.; Chan, T.-Y. 2009. A NEW DEEP-SEA PONTONINE SHRIMP (DECAPODA, PALAEMONIDAE) OF THE "PERICLIMENES FORESTI BRUCE, 1981" SPECIES GROUP FROM TAIWAN. <i>Crustaceana</i> , 82(7): 919 - 929	IU	0	0	1	0	0	0	0
1743	2001	McLay, Colin L.; Jeng, M.-S.; Chan, T.-Y. 2001. NEW RECORDS OF DROMIIDAE, AETHRIDAE, AND PARTHENOPOIDAE FROM TAIWAN (DECAPODA, BRACHYURA). <i>Crustaceana</i> , 74(9): 963 - 976	IU	0	0	0	0	0	1	0
1745	1996	CHINTIROGLOU, C. C.; Doumenc, D.; Guinot, D.. 1996. ANEMONE-CARRYING BEHAVIOUR IN A DEEP-WATER HOMOLID CRAB (BRACHYURA, PODOTREMATA). <i>Crustaceana</i> , 69(1): 19 - 25	IU	0	0	0	1	0	0	0
1748	2010	Têmkin, I. 2010. Molecular phylogeny of pearl oysters and their relatives (Mollusca, Bivalvia, Pterioidea). <i>BMC Evolutionary Biology</i> , 10: 342 - 370	IM	0	0	0	0	0	0	0
1751	2006	Gabrié, C.; Cros, A.; Chevillon, C.; Downer, A.. 2006. Analyse écorégionale marine de Nouvelle-Calédonie. Atelier d'identification des aires de conservation prioritaires. Colloque Nouméa 10 et 11 Août 2005.. CRISP, : 1 - 96	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1755	1996	Bayer, F. M.. 1996. Three new species of precious coral (Anthozoa: Scleractinia, genus <i>Corallium</i> ) from Pacific Waters. <i>Proceedings of The Biological Society of Washington</i> , 109(2): 205 - 228	IK	0	0	1	0	0	0	0
1757	2010	Bitner, M. A.. 2010. Biodiversity of shallow-water brachiopods from New Caledonia, SW Pacific, with description of a new species. <i>Scientia Marina</i> , 74(4): 643 - 657	IB	1	0	1	0	0	0	0
1759	2011	Bouchet, P.; Le Guyader, H.; Pascal, O.. 2011. The Making of Santo 2006 in Bouchet P., Le Guyader H. & Pascal O. (Eds), <i>The Natural History of Santo. Patrimoines naturels</i> , 70: 529 - 548	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1761	2012	Mouahid, G.; Faliex, E.; Allienne, J.-F.; Cribb, TH; Bray, R A. 2012. Proctophantastes nettastomatis (Digenea: Zoogonidae) from Vanuatu deep-sea fish: new morphological features, allometric growth, and phenotypic plasticity aspects. <i>Parasitology Research</i> , 110: 1631 - 1638	IN	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1764	2012	Herrmann, M; Salisbury R. A. 2012. New deep water Vexillum (Costellaria) species from French Polynesia with new records of Vexillum (Costellaria) vicmanoui Turner & Marrow, 2001 and Vexillum (Costellaria) hoarai Guillot de Suduiraut, 2007 (Gastropoda: Costellariidae). Gloria Maris, 51(5-6): 105 - 148	IM	0	0	1	0	0	0	0
1766	2014	Herrmann, M; Salisbury, R. 2014. A new species of Vexillum (Costellaria) (Gastropoda: Costellariidae) from the Marquesas with remarks on Mitra chariessa Melvill, 1888. Contributions to Natural History, 24: 57 - 66	IM	1	0	1	0	0	0	0
1768	2012	Herrmann, M. 2012. New species of Vexillum (Pusia) (Gastropoda: Costellariidae) from French Polynesia and the Philippines. Gloria Maris, 51(2-3): 45 - 61	IM	0	0	1	0	0	0	0
1770	1997	Castro, P. 1997. Trapezid crabs (Brachyura: Xanthoidea: Trapeziidae) of French Polynesia. In : RICHER DE FORGES, B. (ed.), Les fonds meubles des lagons de Nouvelle-Calédonie (Sédimentologie, Benthos). Études & Theses, volume 3. ORSTOM, : 109 - 139	IU	0	0	1	0	0	0	0
1772	2001	Galil, B. S. 2001. A revision of the genus Arcania Leach, 1817 (Crustacea: Decapoda: Leucosioidea). Zoologische Mededelingen, 75(11): 169 - 206	IU	0	0	1	0	0	0	0
1775	2004	Laurent, D. ; Pietra, F. 2004. Natural-Product Diversity of the New Caledonian Marine Ecosystem Compared to Other Ecosystems: A Pharmacologically Oriented View. Chemistry & Biodiversity, 1: 539 - 594	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1778	2007	O'Hara, T. D. 2007. Seamounds: centres of endemism or species richness for ophiuroids ? Global Ecology and Biogeography, 16: 720 - 732	IE	0	0	0	1	0	0	0
1783	2011	McFadden, C. S. ; Benayahu, Y. ; Pante, E. ; Thoma, J. N. ; Nevarez, P. A. ; France, S. C. 2011. DNA BARCODING: Limitations of mitochondrial gene barcoding in Octocorallia. Molecular Ecology Resources, 11: 19 - 31	IK	0	0	0	0	0	0	0
1785	1985	Fourmanoir, P. 1985. Fish collected during the Corindon II and IV expeditions. Marine Research in Indonesia, 24: 89 - 103	IC	1	0	0	0	0	1	0
1788	1990	Lévi, C. 1990. Claviscopulia furcillata n. sp. et autres Hexactinellida (Porifera) des mers Indonésiennes. Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 12(2): 277 - 290	IP	0	0	1	0	0	0	0
1790	1984	Matsuura, K; Fourmanoir, P. 1984. A new Triacanthodid Fish, Triacanthodes intermedius from New Caledonia, Series A. Bulletin of the National Science Museum Japan, 10(1): 31 - 35	IC	0	0	1	0	0	0	0
1793	1985	Moosa, M. K. ; Cleva, R. 1985. Stomatopod Crustacea collected by the mission CORINDON II in the Makassar strait, Indonesia. Marine Research in Indonesia, 24: 73 - 82	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1795	2011	Walting, L.; France, S. C.; Pante, E.; Simpson A. 2011. Biology of deep-water octocorals, Chapter 2. Advances in Marine Biology, 60: 41 - 122	IK	0	0	0	0	0	0	0
1797	2013	Bonfitto, A.; Morassi, M. 2013. New Indo-Pacific species of Rimosodaphnella Cossmann, 1916 (Gastropoda: Conoidea): a genus of probable Tethyan origin. Molluscan Research, 33(4): 230 - 236	IM	0	0	1	0	0	0	0
1799	2009	Cairns, S. D.; Bayer, F. M.. 2009. A Generic Revision and Phylogenetic Analysis of the Primnoidae (Cnidaria: Octocorallia). Smithsonian Contributions to Zoology, 629: 1 - 87	IK	0	0	1	0	0	0	0
1802	2007	Cairns, S. D.. 2007. Deep-Water Corals : An Overview with special reference to Diversity and Distribution of Deep-Water Scleractinian Corals. Bulletin of Marine Science, 81(3): 311 - 322	IK	0	0	0	0	0	1	0
1810	2002	de Carvalho, M. R.; Séret, B. 2002. Narcine lasti, a new species of numbfish from Western Australia and Indonesia (Chondrichthyes: Torpediniformes: Narcinidae). Records of the Western Australian Museum, 20: 393 - 408	IC	0	0	1	0	0	0	0
1812	2003	Fautin, D. G. ; den Hartog, J. C. 2003. An unusual sea anemone from slope depths of the tropical west Pacific: range extension and redescription of Isactinerus quadrilobatus Carlgren, 1918 (Cnidaria: Actinaria: Actinernidae). Zoologische Verhandlungen, 345: 103 - 116	IK	0	0	1	0	0	0	0
1815	2009	Moravec, F.; Justine, J.L. 2009. New data on dracunculoid nematodes from fishes off New Caledonia, including four new species of Philometra (Philometridae) and Ichthyofilaria (Guyanemidae). FOLIA PARASITOLOGICA, 56(2): 129 - 142	IN	0	0	1	0	0	0	0
1819	2013	Fehse, D. 2013. Contributions to the knowledge of the Eratoidea. VIII. Eratoidea of Mozambique and Madagascar. Neptunea, 12(1): 10 - 21	IM	0	0	1	0	0	0	0
1821	2011	Alf, A.; Kreipl, K. 2011. A new species of Bolma from New Caledonia (Mollusca, Gastropoda, Vetigastropoda, Turbinidae). Spixiana, 34(1): 3 - 8	IM	0	0	1	0	0	0	0
1823	2012	Bonfitto, A.; Morassi, M. 2012. A new sinistral turritiform gastropod (Conoidea: Mangeliidae) from Taiwan. Zootaxa, 3415: 63 - 68	IM	0	0	1	0	0	0	0
1827	1985	Bruce, A. J. 1985. Periclimenes dentidactylus, a new deep water pontonine shrimp from Makassar Strait, Indonesia. Marine Research in Indonesia, 24: 7 - 17	IU	0	0	1	0	0	0	0
1829	2009	Dijkstra, H H; Maestrati, P. 2009. New bathyal species and records of pectinoidea (Bivalvia: Propeamussiidae and Pectinidae) from Taiwan. Bulletin of Malacology Taiwan, 33: 37 - 54	IM	0	0	1	0	0	0	0
1832	2013	Faber, M. J. 2013. Ten new species of Rissoiidae from the Central Indo-Pacific (Gastropoda: Rissooidea). Miscellanea Malacologica, 6(2): 15 - 34	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1834	2008	Fedosov, A; Kantor, Y. 2008. TOXOGLOSSAN GASTROPODS OF THE SUBFAMILY CRASSISPIRINAE (TURRIDAE) LACKING A RADULA, AND A DISCUSSION OF THE STATUS OF THE SUBFAMILY ZEMACIINAE. Journal of Molluscan Studies, 74: 27 - 35	IM	0	0	1	0	0	0	0
1836	2008	Haga, T; Kase, T. 2008. Jouannetia (Pholadopsis) spinosa: A new species of spinous rock-boring pholadid (Bivalvia: Myoida) from the West Pacific. Venus, 67(1-2): 27 - 40	IM	0	0	0	0	0	0	0
1838	2012	Houart, R. 2012. The Timbellus richeri complex (Gastropoda: Muricidae) in the southwest Pacific. Novapex, 13(3-4): 91 - 101	IM	0	0	0	0	0	0	0
1840	2008	Kool, HH. 2008. On the identity of Nassarius castus (Gould, 1850), with the description of Nassarius multivocus n. sp. From the western Pacific (Gastropoda: Buccinoidea: Nassariidae). Miscellanea Malacologica, 3(2): 13 - 20	IM	0	0	1	0	0	0	0
1842	2001	Marshall, B A. 2001. A replacement name for a New Caledonian Calliostoma species (Gastropoda: Trochidae). Nautilus, 115(1): 36 - 36	IM	0	0	1	0	0	0	0
1844	1987	McLean, J H; Quinn, J F. Jr. 1987. Cataegis, New Genus of Three New Species from the Continental Slope (Trochidae: Cataeginae New Subfamily). The Nautilus, 101(3): 111 - 116	IM	0	0	1	0	0	0	0
1846	2013	Penas, A; Rolan, E. 2013. Revision of the genera Murchisonella and Pseudoaclisina (Gastropoda, Heterobranchia, Murchisonellidae). Vita Malacologica, 11: 15 - 64	IM	0	0	1	0	0	0	0
1848	2013	Pizzini, M; Raines, B; Vannozzi, A. 2013. The family Caecidae in the South-West Pacific (Gastropoda: Rissooidea). Bollettino Malacologico, 49(suppl10): 1 - 78	IM	0	0	1	0	0	0	0
1850	2008	Scarabino, V; Caetano, CHS. 2008. On the genus Heteroschismoides Ludbrook, 1960 (Scaphopoda: Gadilida: Entalinidae), with descriptions of two new species. Nautilus, 122(3): 171 - 177	IM	0	0	1	0	0	0	0
1852	2008	Terryn, Y; Holford, M. 2008. The Terebridae of Vanuatu with a revision of the genus Granuliterebra, Oyama 1961. Visaya, 3(supplement): 1 - 96	IM	0	0	1	0	0	0	0
1854	2009	Vilvens, C. 2009. New species and new records of Solariellidae (Gastropoda: Trochoidea) from Indonesia and Taiwan. Novapex, 10(3): 69 - 96	IM	0	0	1	0	0	0	0
1858	2014	Vilvens, C; Williams, ST; Herbert, DG. 2014. New genus Arxellia with new species of Solariellidae (Gastropoda: Trochoidea) from New Caledonia, Papua New Guinea, Philippines, Western Australia, Vanuatu and Tonga. Zootaxa, 3826(1): 255 - 281	IM	0	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1860	2014	Kantor, Y; Lozouet, P; Puillandre, N; Bouchet, P. 2014. Lost and found: The Eocene family Pyramimitridae (Neogastropoda) discovered in the Recent fauna of the Indo-Pacific. <i>Zootaxa</i> , 3754(3): 239 - 276	IM	0	0	0	0	0	0	0
1862	2001	Vilvens, C. 2001. Description of a new species of Agathodonta (Gastropoda: Trochidae: Eucyclinae: Chilodontini) from Indonesia and the Philippine Islands. <i>Novapex</i> , 2(2): 57 - 60	IM	0	0	1	0	0	0	0
1866	1989	Kaas, P. 1989. Chitons (Mollusca, Polyplacophora) procured by the MUSORSTOM 3, Philippines expedition (1985), In: J. FOREST (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 4.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 143: 105 - 111	IM	0	0	1	0	0	0	0
1868	1989	David, B; De Ridder, C. 1989. Echinodermes : Échinides irréguliers, In : J. FOREST (ed.), Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 4.. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 143: 203 - 227	IE	0	0	1	0	0	0	0
1871	2014	Cecalupo, A; Perugia, I. 2014. Cerithiopsidae and Newtoniellidae (Gastropoda: Triphoroidea Gray) from French Polynesia area (South Pacific Ocean). <i>Novapex</i> , 15(1): 1 - 22	IM	0	0	1	0	0	0	0
1873	2014	Chino, M. 2014. A new species of Latiaxis (Neogastropoda: Muricidae) from New Caledonia and the Norfolk Ridge. <i>Visaya</i> , 4(2): 9 - 14	IM	1	0	1	0	0	0	0
1877	2014	Herrmann, M; Stossier, G; Salisbury, R. 2014. A new subgenus including three new species of the genus Vexillum (Gastropoda: Costellariidae) from the central Indo-Pacific with remarks on Vexillum (Pusia) semicostatum (Anton, 1838). <i>Contributions to Natural History</i> , 24: 1 - 55	IM	0	1	0	0	0	0	0
1879	1986	Bouchet, P. 1986. Campagnes Océanographiques en Nouvelle-Calédonie. <i>Rosimiana</i> , : 3 - 8	IM	0	0	0	0	0	0	1
1883	1998	Houart, R. 1998. Description of eight new species of Muricidae (Gastropoda). <i>Apex</i> , 13(3): 95 - 109	IM	0	0	1	0	0	0	0
1886	2014	Kilburn, R N; Fedosov, A; Kantor, Y. 2014. The shallow-water New Caledonia Drilliidae of genus Clavus Montfort, 1810 (Mollusca: Gastropoda: Conoidea). <i>Zootaxa</i> , 3818(1): 1 - 69	IM	0	0	1	0	0	0	0
1889	2014	Rubio, F; Rolan, E. 2014. Two new species of Moerchia A. Adams, 1860 (Gastropoda, Pyramidellidae) from southwest Tropical Pacific. <i>Novapex</i> , 15(3-4): 63 - 71	IM	1	0	1	0	0	0	0
1891	2014	Vilvens, C. 2014. New species and new records of Calliostomatidae (Gastropoda: Trochoidea) from Madagascar. <i>Novapex</i> , 15(HS9): 1 - 29	IM	0	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1893	2009	McMillan, P; Iwamoto, T. 2009. Two new species of Coelorrinchus (Teleostei, Gadiformes, Macrouridae) from the Tasman Sea. Proceedings of the California Academy of Sciences, 60(4): 39 - 51	IC	1	0	1	0	0	0	0
1895	2008	Séret, B; Last, P R. 2008. Galeus priapus sp. nov., a new species of sawtail catsharks (Carcharhiniformes: Scyliorhinidae) from New Caledonia. Zootaxa, 1813: 19 - 28	IC	0	1	1	0	0	0	0
1898	2007	Séret, B; Last, PR. 2007. Four new species of deep-water catsharks of the genus Parmaturus (Carcharhiniformes: Scyliorhinidae) from New Caledonia, Indonesia and Australia. Zootaxa, 1657: 23 - 39	IC	0	0	1	0	0	0	0
1900	2013	Kantor, YI; Puillandre, N; Fraussen, K; Fedosov, AE; Bouchet, P. 2013. Deep-water Buccinidae (Gastropoda: Neogastropoda) from sunken wood, vents and seeps: molecular phylogeny and taxonomy. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 93(8): 2177 - 2195	IM	0	0	0	0	0	0	0
1903	2010	Ramirez-Llodra, E; Brandt, A; Danovaro, R; De Mol, B; German, CR; Levin, LA; Martinez Arbizu, P; Menot, L; Buhl-Mortensen, P; Narayanaswamy, BE; Smith, CR; Tittensor, DP; Tyler, PA; Vanreusel, A; Vecchione, M. 2010. Deep, diverse and definitely different: unique attributes of the world's largest ecosystem. Biogeosciences, 7(9): 2851 - 2899	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
1905	1989	Cairns, S D. 1989. A revision of the ahermatypic Scleractinia of the Philippine Islands and adjacent waters, Part 1: Fungiacyathidae, Micrabaciidae, Turbinoliinae, Guyniidae and Flabellidae. Smithsonian Contributions to Zoology, 486: 1 - 136	IK	0	1	1	0	0	0	0
1907	1995	Chia, DGB; Ng, PKL. 1995. A revision of the genus Rhabdonotus A. Milne Edwards, 1879, with descriptions of two new species and the first zoeal stage of R. pictus A. Milne Edwards, 1879 (Brachyura: Eumedonidae). Crustacean Research, 24: 104 - 127	IU	0	0	1	0	0	0	0
1909	1999	Crosnier, A. 1999. Une nouvelle espèce de Lebbeus d'Indonésie (Crustacea, Decapoda, Caridea, Hippolytidae). Zoosystema, 21(3): 453 - 460	IU	0	0	1	0	0	0	0
1912	2005	Galil, B. 2005. Contributions to the knowledge of Leucosiidae IV. Seulocia gen. nov. (Crustacea: Brachyura). Zoologische Mededelingen, 79(2): 41 - 59	IU	0	0	1	0	0	0	0
1914	1996	Grygier, MJ; Cairns, SD. 1996. Suspected neoplasms in deep-sea corals (Scleractinia: Oculinidae: Madrepora spp.) reinterpreted as galls caused by Petrarca madreporae n. sp. (Crustacea: Ascothoracida: Petraracidae). Diseases of Aquatic Organisms, 24: 61 - 69	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1916	2009	Kitahara, MV; Cairns, SD. 2009. A revision of the genus <i>Deltocyathus</i> Milne Edwards & Haime, 1848 (Scleractinia, Caryophyllidae) from New Caledonia, with the description of a new species. <i>Zoosystema</i> , 31(2): 233 - 248	IK	0	0	1	0	0	0	0
1919	2012	Malay, MCM; Komai, T; Chan, TY. 2012. A new cryptic species in the "Calcinus anani Poupin & McLaughlin, 1998" species complex (Decapoda: Anomura: Diogenidae): evidence from colouration and molecular genetics In: Naruse, T., Chan, T.-Y., Tan, H.H., Ah Yong, S.T. & Reimer, J.D. (2012) <i>Scientific Zootaxa</i> , 3367: 165 - 175	IU	0	1	0	0	0	0	0
1921	2010	Peña Cantero AL; Vervoort W. 2010. Species of <i>Acryptolaria</i> Norman, 1875 (Chidaria, Hydrozoa, Lafoeidae) collected in the Western Pacific by various French expeditions, with the description of nineteen new species. <i>Zoosystema</i> , 32(2): 267 - 332	IK	0	0	1	0	0	0	0
1923	2003	Tort, A. 2003. Morphological plasticity of the outline and the internal structures of the shell of the Recent <i>Terebratella tenuis</i> sp. nov. (Brachiopoda, Terebratulida). <i>Zoomorphology</i> , 122: 47 - 54	IB	0	0	1	0	0	0	0
1927	2008	Kawai, T; Amaoka, K; Séret, B. 2008. <i>Samariscus multiradiatus</i> , a new dextral flounder (Pleuronectiformes: Samaridae) from New Caledonia. <i>Ichthyological Research</i> , 55: 17 - 21	IC	0	0	1	0	0	0	0
1929	2013	Ho, HC; Roberts, CD; Stewart, AL. 2013. A review of the anglerfish genus <i>Chaunax</i> (Lophiiformes: Chaunacidae) from New Zealand and adjacent waters, with descriptions of four new species. <i>Zootaxa</i> , 3620(1): 89 - 111	IC	0	0	1	0	0	0	0
1931	2002	Last, PR; Burgess, GH; Séret, B. 2002. Description of six new species of lantern-sharks of the genus <i>Etmopterus</i> (Squaloidea: Etmopteridae) from the australasian region. <i>Cybium</i> , 26(3): 203 - 233	IC	0	1	1	0	0	0	0
1933	2010	Ho, H-C; Shao, K-T. 2010. A new species of <i>Chaunax</i> (Lophiiformes: Chaunacidae) from the western South Pacific, with comment on <i>C. latipunctatus</i> . <i>Zootaxa</i> , 2445: 53 - 61	IC	0	0	1	0	0	0	0
1935	1982	Fourmanoir, P. 1982. Trois nouvelles espèces de Serranidae des Philippines et de la mer du Corail <i>Plectranthias maculatus</i> , <i>Plectranthias Barroi</i> , <i>Chelidoperca lectroni</i> . <i>Cybium</i> , 6(4): 57 - 64	IC	0	0	1	0	0	0	0
1937	2014	Sasaki, D; Kimura, S. 2014. Taxonomic review of the genus <i>Hypoatherina</i> Schultz 1948 (Atheriniformes: Atherinidae). <i>Ichthyological Research</i> , 61: 207 - 241	IC	0	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVEN- TAIRE	AUTRES
1939	2000	Nakaya, K; Séret, B. 2000. Re-description and taxonomy of <i>Pentanchus profundicolus</i> Smith & Radcliffe, based on a second specimen from the Philippines (Chondrichthyes, Carcharhiniformes, Scyliorhinidae). <i>Ichthyological Research</i> , 47(4): 373 - 378	IC	0	0	1	0	0	0	0
1941	2004	Karnovskaya, ES. 2004. Benthopelagic bathyal Conger eels of families Congridae and Nettastomatidae from the western tropical Pacific, with descriptions of ten new species.. <i>Journal of Ichthyology</i> , 44(suppl1): 1 - 32	IC	0	0	1	0	0	0	0
1944	2003	Karnovskaya, ES. 2003. New records of synphobranchid eels (Synphobranchidae, Anguilliformes) collected off New Caledonia and adjacent regions, with description of a new species of <i>Atractodenchelys</i> . <i>Journal of Ichthyology</i> , 43(7): 491 - 500	IC	0	0	1	0	0	0	0
1946	2004	Motomura, H. 2004. Revision of the scorpionfish genus <i>Neosebastes</i> (Scorpaeniformes : Neosebastidae), with descriptions of five new species. <i>Indo-Pacific Fishes</i> , 37: 1 - 78	IC	1	0	1	0	0	0	0
1949	1986	Petit, RE; Harasevych, MG. 1986. New Philippine Cancellariidae (Gastropoda: Cancellariacea), with Notes on the fine structure and function of the nematoglossan <i>Radula</i> . <i>Veliger</i> , 28(4): 436 - 443	IM	0	1	1	0	0	0	0
1951	1996	Moolenbeek, RG; Röckel, D. 1996. Cones taken off Wallis and Futuna Islands, South-West Pacific (Mollusca, Gastropoda, Conidae). <i>Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle</i> , 18(3-4): 387 - 400	IM	0	0	1	0	0	0	0
1953	1988	Bratcher, T. 1988. Six New Species of Terebridae (Mollusca: Gastropoda) from Panama and the Indo-West Pacific. <i>Veliger</i> , 30(4): 412 - 416	IM	0	0	1	0	0	0	0
1957	2001	Monniot, F; Monniot, C. 2001. Ascidians from the tropical western Pacific. <i>Zoosystema</i> , 23(2): 201 - 383	IT	0	0	1	0	0	0	0
1959	2006	Gordon, D. 2006. Bryozoa of New Caledonia In Payri Claude (ed.), <i>Richer de Forges Bertrand</i> (ed.), Colin Fabrice (préf.). <i>Compendium of marine species from New Caledonia</i> . Documents Scientifiques et Techniques IRD, 2(7): 157 - 168	IB	1	0	0	0	0	1	0
1961	2001	Stöhr, S. 2001. <i>Amphipholis linopneusti</i> n.sp., a sexually dimorphic amphiuroid brittle star (Echinodermata : Ophiuroidea), epizoic on a spatangoid sea urchin In <i>Echinoderms 2000: Proceedings of the 10th International Conference, Dunedin, 31 January-4 February 2000</i> . Aa Balkema, 18: 317 - 322	IE	0	0	1	0	0	0	0
1964	1993	Stock, JH. 1993. <i>Pycnogonida: Description d'Ascorhynchus miniseapus</i> sp. nov., récolté sur le banc de la Bayonnaise (nord-ouest des îles Wallis et Futuna) In : A. CROSNIER (ed.), <i>Résultats des Campagnes MUSORSTOM, Volume 11. Mémoires du muséum national d'Histoire Naturelle</i> , 158: 349 - 353	IU	1	0	1	0	0	0	0



Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
1966	1999	Hooper, JNA; Lehnert, H; Zea, S. 1999. REVISION OF AUOSPONGUS AND OTHER RASPAILIIDAE WITH RHABDOSTYLES (PORIFERA: DEMOSPONGIAE: POECILOSLERIDA). Memoirs of the Queensland Museum, 43(2): 649 - 707	IP	0	0	1	0	0	0	0
1969	1990	Rivaton, J; Fourmanoir, P; Bourret, P; Kulbicki, M. 1990. Catalogue des poissons de Nouvelle-Calédonie. Document de Travail ORSTOM, : 1 - 176	IC	0	0	0	0	0	1	0
1971	1999	Nakaya, K; Séret, B. 1999. A new species of deepwater catshark, <i>Apristurus albisoma</i> n. sp. From New Caledonia (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Squalorhinidae). <i>Cybium</i> , 23(3): 297 - 310	IC	0	0	1	0	0	0	0
1974	1998	Hartmann-Schröder, G; Zibrowius, H. 1998. Polychaeta associated with <i>Antipatharia</i> (Cnidaria: Anthozoa): description of <i>Polynoidea</i> and <i>Eunicidae</i> . <i>Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zool. Institut</i> , 95: 29 - 44	IA	0	0	1	0	0	0	0
1977	1997	Dijkstra, HH; Marshall, BA. 1997. <i>Pectinoidea</i> (Mollusca: Bivalvia: Propeamussiidae: Pectinidae) of Lord Howe Island, Norfolk Island and the Kermadec Islands. <i>Molluscan Research</i> , 18(1): 73 - 114	IM	0	0	1	0	0	0	0
1979	1998	Dijkstra, HH; Knudsen, J. 1998. Some <i>Pectinoidea</i> (Mollusca: Bivalvia: Propeamussiidae, Pectinidae) of the Red Sea. <i>Molluscan Research</i> , 19(2): 43 - 104	IM	0	0	1	0	0	0	0
1982	1996	Houart, R. 1996. Description of two new species of <i>Muricidae</i> (Gastropoda) from the Indo-West Pacific. <i>Venus</i> , 55(4): 273 - 280	IM	0	0	1	0	0	0	0
1984	1996	Richer de Forges, B; Laboute, P. 1996. Langoustes, langoustines et cigales de mer de Nouvelle-Calédonie. In: Richer de Forges, B. (ed.) <i>Les fonds meubles des lagons de Nouvelle-Calédonie (sédimentologie, benthos)</i> , Volume 2.. ORSTOM, 2: 45 - 82	IU	0	0	0	0	0	1	0
1986	2000	Boyko, CB. 2000. The <i>Hippoidea</i> (Decapoda, Anomura) of the Marquesas Islands, with description of a new species of <i>Albunea</i> . <i>Zoosystema</i> , 22(1): 107 - 116	IU	1	0	1	0	0	0	0
1988	2014	Okanishi, M; Fujita, T. 2014. A taxonomic review of the genus <i>Asterostegus</i> (Echinodermata: Ophiuroidea), with the description of a new species. <i>European Journal of Taxonomy</i> , 76: 1 - 18	IE	0	0	1	0	0	0	0
1990	2014	Lemaitre, R. 2014. A worldwide taxonomic and distributional synthesis of the genus <i>Oncopagurus</i> Lemaitre, 1996 (Crustacea: Decapoda: Anomura: Parapaguridae), with descriptions of nine new species. <i>Raffles Bulletin of Zoology</i> , 62: 210 - 301	IU	0	0	1	0	0	0	0
1992	2014	Ngoc-Ho, Nguyen. 2014. Six species of <i>Axiidea</i> and <i>Gebiidea</i> from the Indo-West Pacific (Crustacea, Decapoda). <i>Zoosystema</i> , 36(3): 545 - 561	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVEN- TAIRE	AUTRES
1994	2014	Poore, GC; Andreakis, N. 2014. More species of the Agononida incerta complex revealed by molecules and morphology (Crustacea: Decapoda: Anomura: Munididae). <i>Zootaxa</i> , 3860(3): 201 - 225	IU	0	0	0	0	0	0	0
1997	2014	Koch, M; Duris, Z; Huang, JF; Chan, TY. 2014. First report of the swimming crab <i>Ovalipes iridescens</i> (Miers, 1886) (Brachyura, Portunidae) from Taiwan. <i>Crustaceana</i> , 87(14): 1640 - 1647	IU	0	0	0	0	0	1	0
1999	2014	Voronina, E; Causse, R. 2014. New record of the bothid flounder <i>Parabothus taiwanensis</i> (Bothidae, Pleuronectiformes) from the southern Pacific Ocean (Vanuatu Archipelago) with description of a new diagnostic character. <i>Cybium</i> , 38(2): 149 - 152	IC	0	0	1	0	0	0	0
2001	2014	Takano, T; Kano, Y. 2014. Molecular phylogenetic investigations of the relationships of the echinoderm-parasite family Eulimidae within Hypogastropoda (Mollusca). <i>Molecular Phylogenetics and Evolution</i> , 79: 258 - 269	IM	0	0	0	0	0	0	0
2003	2014	Summers, MM; Messing, CG; Rouse, GW. 2014. Phylogeny of Comatulidae (Echinodermata: Crinoidea: Comatulida): A new classification and an assessment of morphological characters for crinoid taxonomy. <i>Molecular Phylogenetics and Evolution</i> , 80: 319 - 339	IE	0	0	0	0	0	0	0
2005	2014	Salazar-Vallejo, S I; Carrera-Parra, LF; Muir, AI; Angel de Leon-Gonzalez, J; Piotrowski, C; Sato, M. 2014. Polychaete species (Annelida) described from the Philippine and China Seas. <i>Zootaxa</i> , 3842(1): 1 - 68	IA	0	0	0	0	0	1	0
2007	2014	Richards, WJ; Yato, T. 2014. Revision of the subgenus <i>Parapterygotrigla</i> (Pisces: Triglidae: Pterygotrigla). <i>Zootaxa</i> , 3768(1): 23 - 42	IC	0	1	1	0	0	0	0
2010	2014	Pedales, R DC; Batomalaque, GA. 2014. An Account of the Accessed Collections of the UP Biology Invertebrate Museum. <i>Science Diliman</i> , 26(2): 40 - 48	Hors groupe	0	0	0	0	0	0	1
2013	2014	Mironov, AN; Pawson, DL. 2014. A new species of Western Atlantic sea lily in the family Bathycrinidae (Echinodermata: Crinoidea), with a discussion of relationships between crinoids with xenomorphic stalks. <i>Zootaxa</i> , 3873(3): 259 - 274	IE	0	0	1	0	0	0	0
2016	2014	Lindner, A; Cairns, SD; Zibrowius, H. 2014. <i>Leptohelia flexibilis</i> gen. nov. et sp. nov., a remarkable deep-sea stylasterid (Cnidaria: Hydrozoa: Stylasteridae) from the southwest Pacific. <i>Zootaxa</i> , 3900(4): 581 - 591	IK	0	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2018	2014	Lemer, S; Buge, B; Bemis, A; Giribet, G. 2014. First molecular phylogeny of the circumtropical bivalve family Pinnidae (Mollusca, Bivalvia): Evidence for high levels of cryptic species diversity. Molecular Phylogenetics and Evolution, 75: 11 - 23	IM	0	0	0	0	0	0	0
2020	2014	Fricke, R. 2014. Callionymus madangensis, a new species of dragonet from Papua New Guinea, southwestern Pacific Ocean (Teleostei: Callionymidae). Journal of the Ocean Science Fondation, 13: 1 - 15	IC	0	0	1	0	0	0	0
2022	2014	Charbonnier, S; Audo, D; Barriel, V; Garassino, A; Schweigert, G; Simpson, M. 2014. Phylogeny of fossil and extant glypheid and litogastrid lobsters (Crustacea, Decapoda) as revealed by morphological characters. Cladistics, : 1 - 19	IU	0	0	0	1	0	0	0
2024	2014	Chan, BKK; Corbari, L; Rodriguez Moreno, PA; Jones, DS. 2014. Two new deep-sea stalked barnacles, Arcoscalpellum epeceum sp. nov. and Gymnoscalpellum indopacificum sp. nov., from the Coral Sea, with descriptions of the penis in Gymnoscalpellum dwarf males. Zootaxa, 3866(2): 261 - 276	IU	0	0	1	0	0	0	0
2027	2014	Bracken-Grissom, HD; Ah Yong, ST; Wilkinson, RD; Feldmann, RM; Schweitzer, CE; Breinholt, JW; Bendall, M; Palero, F; Chan, TY; Felder, DL; Robles, R; Chu, KH; Tsang, LM; Kim, D; Martin, JW; Crandall, KA. 2014. The Emergence of Lobsters: Phylogenetic Relationships, Morphological Evolution and Divergence Time Comparisons of an Ancient Group (Decapoda: Achelata, Astacidea, Glypheidea, Polychelida). Systematic Biology Advance, 0(0): 1 - 23	IU	0	0	0	0	0	0	0
2030	2014	Agis, JA; Vervoort, W; Ramil, F. 2014. Hydroids of the families Kirchenpaueriidae Stechow, 1921 and Plumulariidae McCrady, 1859 (Cnidaria, Hydrozoa) collected in the Western Pacific Ocean by various French Expeditions. Zoosystema, 36(4): 789 - 840	IK	0	0	1	0	0	0	0
2032	2012	Peristiwady, T. 2012. Historical review of ichthyological research in Indonesia. Costal Marine Science, 35(1): 153 - 156	IC	0	0	0	0	0	0	1
2034	2011	Fricke, R; Kulbicki, M; Wantiez, L. 2011. Checklist of the fishes of New Caledonia, and their distribution in the Southwest Pacific Ocean (Pisces). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, 4: 341 - 463	IC	0	0	0	0	0	1	0
2036	2009	Séret, B; Last, PR. 2009. Notoraja sapphira sp. nov. (Rajoidei: Arhynchobatidae), a new deepwater skate from the slopes of the Norfolk Ridge (South-West Pacific). Zootaxa, 2153: 24 - 34	IC	0	1	1	0	0	0	0
2038	2008	Last, PR; Séret, B. 2008. Three new legskates of the genus Sinobatis (Rajoidei: Anacanthobatidae) from the Indo-West Pacific. Zootaxa, 1671: 33 - 58	IC	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2042	2001	Grasshoff, M; Bargibant, G. 2001. Coral Reef Gorgonians of New Caledonia. IRD, : 1 - 339	IK	0	1	0	0	0	1	0
2044	1999	Last, PR; Séret, B. 1999. Comparative biogeography of the Chondrichthyan faunas of the Tropical South-East Indian and Sout-West Pacific Oceans, In Séret B; & J.-Y. Sire (eds), Proceedings 5th Indo-Pacific Fish Conference, Nouméa, 1997.. Société Française d'Ichtyologie, : 293 - 306	IC	0	1	0	0	0	1	0
2046	2014	Puillandre, N; Stöcklin, R; Favreau, P; Bianchi, E; Perret, F; Rivasseau, A; Limpalaër, L; Monnier, E; Bouchet, P. 2014. When everything converges: Integrative taxonomy with shell, DNA and venom data reveals <i>Conus conco</i> , a new species of cone snails (Gastropoda: Conoidea). Molecular Phylogenetics and Evolution, 80: 186 - 192	IM	0	0	0	0	0	0	0
2050	1999	Roberts, CD; Grande, TC. 1999. The sandfish, <i>Gonorynchus fosteri</i> (Gonorynchidae), from bathyal depths off New Caledonia, with notes on New Zealand specimens, In Proceeding of the 5th Indo-Pacific Fish Conference, Noumea, 1997. Société Française d'Ichtyologie, : 195 - 205	IC	0	0	0	0	0	1	0
2055	1997	Gebruk, AV. 1997. New species of the deep-sea holothurian family Elpididae Théel, 1879. Zoosystema, (2-3): 211 - 217	IE	0	0	1	0	0	0	0
2057	1999	Mah, CL. 1999. Taxonomy of the South Pacific brisingidan <i>Brisingaster robillardi</i> (Asteroidea) with new ontogenetic and phylogenetic information. Zoosystema, 21(3): 535 - 546	IE	0	0	1	0	0	0	0
2060	1978	Le Danois, Y. 1978. Description de deux nouvelles espèces de Chaunacidae (Pisces Pediculati). Cybium, 2(4): 87 - 93	IC	0	0	1	0	0	0	0
2062	2004	Sirenko, B. 2004. The ancient origin and persistence of chitons (Mollusca, Polyplacophora) that live and feed on deep submerged land plant matter (xylophages). Bollettino Malacologico, (Suppl5): 111 - 116	IM	0	1	0	1	0	0	0
2064	1986	Stock, Jan H.. 1986. Cases of hyperassociation in the Copepoda (Herpyllobiidae and Nereicolidae). Systematic Parasitology, 8: 71 - 81	IU	0	0	1	0	0	0	0
2066	2015	Cairns, Stephen D.. 2015. Stylasteridae (Cnidaria: Hydrozoa: Anthoathecata) of the New Caledonian Region In -Résultats des campagnes MUSORSTOM, volume 28. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, 207: 1 - 363	IK	0	0	1	0	0	0	0
2069	2010	Kroh, A. 2010. Index of Living and Fossil Echinoids 1971-2008. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie A, 112: 195 - 470	IE	0	0	0	0	0	1	0
2077	1988	Grandperrin, R; Richer de Forges, B. 1988. Chalutages exploratoires sur quelques monts-sous-marins en Nouvelle-Calédonie. Journées d'études sur les ressources halieutiques côtières du Pacifique (Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 14 - 25 mars 1988). CPS Inshore Fisheries Research, : 1 - 12	IC	0	0	0	0	0	0	1

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2079	1998	Bouchet, Philippe. 1998. Chronique du 55. Xenophora, 84: 16 - 23	IM	0	0	0	0	0	0	1
2081	2005	Tröndlé, J.; Cosel von, R. 2005. Inventaire bibliographique des mollusques marins de l'Archipel des Marquises (Polynésie Française). Atoll Research Bulletin, : 267 - 340	IM	0	1	1	0	0	0	0
2083	2010	Mapes, RH; Landman, NH; Cochran, K; Goiran, C; Richer de Forges, B; Renfro, A. 2010. Early taphonomy and significance of naturally submerged Nautilus shells from the New Caledonia region. Palaios, 25(9): 597 - 610	IM	0	0	0	0	0	0	1
2085	2006	Santini, F. 2006. A new species of Triacanthodidae (Tetraodontiformes, Acanthomorpha) from the central Pacific. Cybium, 30(3): 195 - 198	IC	0	0	1	0	0	0	0
2087	2013	Parameswaran, U.V.; Abdul Jaleel, K.U.; Sanjeevan, V.N.. 2013. Ophiodaphne scripta (Ophiuroidea: Ophiuridae), a brittle star exhibiting sexual dimorphism and epibiosis: first record from India, with notes on adaptations, systematics and distribution. Marine Biodiversity, 43(4): 333 - 339	IE	0	1	1	0	0	0	0
2089	2015	Gomon, MF; Struthers, CD. 2015. Three new species of the Indo-Pacific fish genus Hime (Aulopidae, Aulopiformes), all resembling the type species H. japonica (Günther 1877). Zootaxa, 4044(3): 371 -	IC	0	0	1	0	0	0	0
2091	2014	Johnson, J. W.; Struthers, C.D.; Wilmer, J.W. 2014. Parapercis nigrodorsalis (Perciformes: Pinguipedidae), a new species of sandperch from northern New Zealand and the Norfolk Ridge, Tasman Sea and remarks on P. bimivirgata (Waite, 1904). Zootaxa, 3856(4): 484 -	IC	0	0	0	0	0	0	0
2093	2015	Iwamoto, T.; Nakayama, N.; Shao, K-T.; Ho, H-C.. 2015. Synopsis of the grenadier fishes (Gadiformes; Teleostei) of Taiwan. Proceedings of the California Academy of Sciences, 62(3): -	IC	0	0	1	0	0	0	0
2095	2015	Matsuura, K. 2015. Taxonomy and systematics of tetraodontiform fishes: a review focusing primarily on progress in the period from 1980 to 2014. Ichthyological Research, 62(1): 72 - 113	IC	0	0	0	0	0	0	0
2097	2015	McCosker, J.E.; Hibino, Y. 2015. A review of the finless snake eels of the genus Apterichtus (Anguilliforme: Ophichthidae), with the description of five new species. Zootaxa, 3941(1): 49 -	IC	0	0	1	0	0	0	0
2099	2015	Ho, H-C; Kawai, T.; Satria, F. 2015. Species of the anglerfish genus Chaunax from Indonesia, with descriptions of two new species (Lophiiformes: Chaunacidae). Raffles Bulletin of Zoology, (63): 301 - 308	IC	0	0	1	0	0	0	0
2101	2015	Fricke, D. 2015. Centrodraco fidelis (Draconettidae), a new deepwater dragonet species from the southern Loyalty Ridge, southwestern Pacific Ocean. Cybium, : -	IC	0	1	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2103	2015	Fricke, R.; Teitelbaum, A.; Wantiez, L.. 2015. Twenty-one new records of fish species (Teleostei) from the New Caledonian EEZ (south-western Pacific Ocean). <i>Marine Biodiversity Records</i> , 8(e123): -	IC	0	0	0	0	0	1	0
2105	2015	Motomura, H.; Causse, R.; Béarez, P.; Mishra, S.S.. 2015. Redescription of the Indo-West Pacific scorpionfish (Scorpaenidae), <i>Neomerinthe erostris</i> (Alcock 1896), a senior synonym of <i>Scorpaena gibbifrons</i> Fowler 1938, <i>N. rotunda</i> Chen 1981, and <i>N. bathyperimimensis</i> Zajonz & Klausewitz 2002. <i>Zootaxa</i> , 4021(4): 529 -	IC	1	0	1	0	0	0	0
2107	2015	Nielsen, Jørgen G. 2015. Revision of the aphyonid genus <i>Aphyonius</i> (Teleostei, Ophidiiformes) with a new genus and two new species. <i>Zootaxa</i> , 4039(2): 323 - 344	IC	0	0	1	0	0	0	0
2109	2016	Matsumura, M.; Motomura, H. 2016. A new species of scorpionfish, <i>Ebosia vespertina</i> (Scorpaenidae: Pteroinae), from the southwestern Indian Ocean. <i>Ichthyological Research</i> , 63(1): 110 - 120	IC	0	1	1	0	0	0	0
2111	2016	Tomiyama, S.; Takami, M.; Fukui, A. 2016. Redescription of <i>Bassozetus compressus</i> (Günther 1878), a senior synonym of <i>Bassozetus elongatus</i> Smith and Radcliffe 1913 (Ophidiiformes: Ophidiidae). <i>Ichthyological Research</i> , 63(2): 218 - 226	IC	0	1	1	0	0	0	0
2113	2016	Motomura, H.; Causse, R.; Béarez, P.. 2016. Validity of a poorly known western Pacific scorpionfish (Scorpaenidae), <i>Neomerinthe pallidimacula</i> (Fowler, 1938). <i>Cybium</i> , 40(2): 109 - 113	IC	1	0	0	1	0	0	0
2115	2016	Polanco, F.A.; Acero, P.A.; Betancur R.R.. 2016. No longer a circumtropical species: revision of the lizardfishes in the Trachinocephalus myops species complex, with description of a new species from the Marquesas Islands: taxonomic revision of trachinocephalus. <i>Journal of Fish Biology</i> , 89(2): 1302 - 1323	IC	1	0	0	0	0	0	0
2117	2016	Ebert, D.A.; Straube, N.; Leslie, R.W.; Weigmann, S.. 2016. <i>Etmopterus alphas</i> n. sp.: a new lanternshark (Squaliformes: Etmopteridae) from the south-western Indian Ocean. <i>African Journal of Marine Science</i> , 38(3): 329 - 340	IC	1	0	0	0	0	0	0
2119	2016	Uiblein, F.; Gouws, G.; Gledhill, D.C.; Stone, K.. 2016. Just off the beach: intrageneric distinctiveness of the bandtail goatfish <i>Upeneus taeniopterus</i> (Mullidae) based on a comprehensive alpha taxonomy and barcoding approach. <i>MARINE BIOLOGY RESEARCH</i> , 12(7): 675 - 694	IC	0	0	0	0	0	0	0
2121	2016	Günther, R.. 2016. <i>Angaria neocaledonica</i> n. sp. - A New Species of Angariidae from New Caledonia (Mollusca: Gastropoda). <i>Conchylia</i> , 46(1-4): 89 - 96	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2123	2010	d'Hondt, J.-L.; Mascarell, G.. 2010. Bryozoaires des Iles Marquises (Polynésie Française)(2e partie suite et fin). Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux, 38(3): 317 - 336	IB	0	1	0	0	0	1	0
2125	2015	Fehse, Dirk. 2015. Contributions to the knowledge of Triviidae, XXIX-C. New Triviidae from Taiwan. Visaya, (Suppl5): 49 - 67	IM	0	1	1	0	0	0	0
2127	2013	Okanishi, M; Fujita, T. 2013. Molecular phylogeny based on increased number of species and genes revealed more robust family-level systematics of the order Euryalida (Echinodermata: Ophiuroidea). Molecular Phylogenetics and Evolution, 69: 566 - 580	IE	0	0	0	0	0	0	0
2129	2015	Lee, B.Y.; Corbari, L.; Richer de Forges, B.. 2015. Deep-sea spider crabs of the Genus Oxypleuron Miers, 1885 (Decapoda, Brachyura, Majoidea, Epiplatidae), From the Nan Hai 2014 cruise in the South China Sea. With a description of a new species. Crustaceana, 88(12-14): 1255 - 1263	IU	0	0	1	0	0	0	0
2131	2006	D'Hondt, J.L. 2006. Description of two new genera and three new species of stenostomatous Bryozoa. Bulletin de la société Zoologique de France, 131(4): 247 - 260	IB	0	1	1	0	0	0	0
2133	1993	Manning, R. 1993. A new deep-sea crab, genus Chaceon, from the Austral Islands, southwestern Pacific Ocean (Decapoda: Geryonidae). Crustacean Research, 22: 7 - 10	IU	0	0	1	0	0	0	0
2135	2016	Vilvens, C. 2016. New records and new species of Cataegis (Gastropoda: Seguenzioidae) from Solomon Islands. Novapex, 17(4): 67 - 76	IM	0	1	1	0	0	0	0
2137	2012	Huelsken, Thomas; Tapken, Daniel; Dahlmann, Tim; Wägele, Heike; Riginos, Cynthia; Hollmann, Michael. 2012. Systematics and phylogenetic species delimitation within Polinices s.l. (Caenogastropoda: Naticidae) based on molecular data and shell morphology. Organisms Diversity & Evolution, 12(4): 349 - 375	IM	0	0	0	0	0	0	0
2139	1991	McLay, C.L. 1991. A small collection of deep water sponge crabs (Brachyura, Dromiidae) from French Polynesia, including a new species of Sphaerodromia Alcock, 1899. Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle, 4° série, Section A, 13(3-4): 457 - 481	IU	0	0	1	0	0	0	0
2141	1994	Clewa, R. 1994. Some Australian styliodactylidae (Crustacea: Decapoda), with descriptions of the two new species. The Beagle: Records of the Museums and Art Galleries of the Northern Territory, 11: 53 - 64	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2143	2000	Burukovsky, RN. 2000. Taxonomy of Nematocarcinus (Decapoda, Nematocarcinidae). 5. Redescription of Nematocarcinus nudirostris and description of N-combensis, N-kaiensis, and N-subtilis. Zoologicheskii Zhurnal, 79(9): 1036 - 1044	IU	0	0	1	0	0	0	0
2145	1986	Harasevych, MG. 1986. The Columbariinae (Gastropoda: Turbellariidae) of the eastern Indian Ocean. Journal of the Malacological Society of Australia, 7(3-4): 155 - 170	IM	1	0	1	0	0	0	0
2147	2014	Rubio, F.; Rolán, E. 2014. The family Tornidae in the tropical Southwest Pacific: the genus Anticimax Pilsbry & McGinty, 1946 (Gastropoda, Truncatelloidea) with description of 42 new species. Iberus, (Suppl6): 1 - 126	IM	0	0	1	0	0	0	0
2149	1987	Petit, RE; Harasevych, MG. 1987. The indo-West Pacific Species of the Genus Trigonostoma sensu stricto (Gastropoda: Cancellariidae). The Veliger, 30(1): 76 - 81	IM	0	0	1	0	0	0	0
2151	2007	Burukovsky, RN. 2007. The taxonomy of shrimps of Nematocarcinus genus (Decapoda, Nematocarcinidae). Shrimps from the Australes Archipelago waters (The Pacific Ocean). Zoologicheskii Zhurnal, 86: 1 - 6	IU	0	0	0	1	0	0	0
2153	1989	Rosell, NC. 1989. Thoracic Cirripeds from MUSORSTOM 2 Expedition In J. Forest (ed.), Résultats des campagnes MUSORSTOM, volume 5. Mémoires du museum national d'histoire naturelle, 144: 9 - 35	IU	0	0	1	0	0	0	0
2155	1993	Poppe, GT. 1993. Una nueva Ciproa. La Conchiglia, 267: 32 - 35	IM	0	0	1	0	0	0	0
2157	2015	Aznar-Cormano, L; Brisset, J; Chan, TY; Corbari, L; Puillandre, N; Uige, J; Zbondon, M; Zuccon, D; Samadi, S. 2015. An improved taxonomic sampling is a necessary but not sufficient condition for resolving inter-families relationships in Caridean decapods. Genetica, 143(2): 195 - 205	IU	0	0	0	0	0	0	0
2159	2015	Galil, BS; Ng, PKL. 2015. Leucosiid crabs from Papua New Guinea, with descriptions of eight new species (Crustacea: Decapoda: Brachyura). Zootaxa, 4027(4): 451 - 486	IU	0	0	1	0	0	0	0
2161	2015	Gan, ZB; Li, XZ; Chan, TY; Chu, KH; Kou, Q. 2015. Phylogeny of Indo-West Pacific pontonine shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) based on multilocus analysis. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research, 53(4): 282 - 290	IU	0	1	0	0	0	0	0
2163	2015	Koeh, M; Nguyen, TS; d'Uris, Z. 2015. Monomia calla, a new species of swimming crab (Decapoda, Portunidae) from Madagascar and the Philippines. Zootaxa, 3981(3): 405 - 412	IU	0	0	1	0	0	0	0



Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2166	2015	Kou, Q; Li, XZ; Chan, TY; Chu, KH. 2015. Divergent evolutionary pathways and host shifts among the commensal pontonine shrimps: a preliminary analysis based on selected Indo-Pacific species. <i>Organisms Diversity &amp; Evolution</i> , 15(2): 369 - 377	IU	0	0	0	0	0	0	0
2168	2015	Lin, HC; Hoeg, JT; Yusa, Y; Chan, BKK. 2015. The origins and evolution of dwarf males and habitat use in thoracican barnacles. <i>Molecular Phylogenetics and Evolution</i> , 91: 1 - 11	IU	0	0	0	0	0	0	0
2170	2015	Ng, PKL; Bouchet, P. 2015. <i>Actaea grimaldii</i> , a new species of reef crab from Papua New Guinea (Crustacea, Brachyura, Xanthidae). <i>European Journal of Taxonomy</i> , 0(140): 1 - 18	IU	0	0	1	0	0	0	0
2172	2015	Poore, GCB. 2015. Rediagnosis of Callianideidae and its genera (Crustacea: Decapoda: Axiidae), and description of a new species of <i>Heardaxius</i> Sakai, 2011. <i>Zootaxa</i> , 3995(1): 229 - 240	IU	0	0	1	0	0	0	0
2174	2015	Werdling, B; Hiller, A. 2015. Description a of new species of <i>Petrolisthes</i> in the Indo-West Pacific with a redefinition of <i>P. hastatus</i> Stimpson, 1858 and resurrection of <i>P. inermis</i> (Heller, 1862) (Crustacea, Anomura, Porcellanidae). <i>Zookeys</i> , 516: 95 - 108	IU	0	0	1	0	0	0	0
2177	2016	Bitner, MA; Logan, A. 2016. Recent Brachiopoda from the Mozambique-Madagascar area, Western Indian Ocean. <i>Zoosystema</i> , 38(1): 5 - 41	IB	0	0	1	0	0	0	0
2179	2016	Chan, TY. 2016. New records of the rare pandalid shrimp <i>Plesionika exigua</i> (Rathbrun, 1906) (Crustacea : Decapoda: Caridae) in the western Pacific. <i>Zootaxa</i> , 4205(1): 97 - 100	IU	0	0	0	0	0	1	0
2181	2016	Horka, I; De Grave, S; Fransen, CHJM; Petrussek, A; Duris, Z. 2016. Multiple host switching events shape the evolution of symbiotic palaemonid shrimps (Crustacea: Decapoda). <i>Scientific Reports</i> , 6(1): 1 - 13	IU	0	0	0	0	0	0	0
2183	2016	Jauvion, C; Audo, D; Charbonnier, S; Vannier, J. 2016. Virtual dissection and lifestyle of a 165 million-year-old female polychelidan lobster. <i>Arthropod Structure and Development</i> , 45(2): 122 - 132	IU	0	0	0	1	0	0	0
2185	2016	Komai, T; Grave, SD; Saito, T. 2016. Two new species of the Stenopodidean shrimp genus <i>Spongiocaris</i> Bruce & Baba, 1973 (Crustacea: Decapoda: Spongiolidae) from the Indo-West Pacific. <i>Zootaxa</i> , 4111(4): 421 - 447	IU	0	0	1	0	0	0	0
2187	2016	Kou, Q; Li, X; Bruce, AJ. 2016. Designation of a new genus <i>Bathymenes</i> for the deep-sea pontonine shrimps of the "Periclimenes alcocki species group" (Decapoda, Caridea, Palaemonidae), with a checklist of the species assigned to the genus. <i>Chinese Journal of Oceanology and Limnology</i> , 34(1): 170 - 176	IU	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2189	2016	Ng, PKL; Castro, P. 2016. Revision of the family Chasmocarcinidae Serène, 1964 (Crustacea, Brachyura, Goneplacoidea). Zootaxa, 4209(1): 1 - 182	IU	0	0	1	0	0	0	0
2191	2016	Poupin, J; Corbari, L. 2016. A preliminary assessment of the deep-sea Decapoda collected during the KARUBENTHOS 2015 Expedition to Guadeloupe Island. Zootaxa, 4190(1): 1 - 107	IU	0	0	0	0	0	1	0
2193	2016	Verheye, ML; Martin, P; Bäckeljaou, T; D'Udekem D'Acoz, C. 2016. DNA analyses reveal abundant homoplasy in taxonomically important morphological characters of Eusiroidea (Crustacea, Amphipoda). Zoologica Scripta, 45(3): 300 - 321	IU	0	0	0	0	0	0	0
2195	2015	Dijkstra, HH; Maestrati, P. 2015. Pectinoidea (Bivalvia: Propeamussiidae and Cyclochlamyidae) from the southwestern Indian Ocean. African Invertebrates, 56(3): 585 - 628	IM	0	0	1	0	0	0	0
2197	2015	Chino, M. 2015. Engina frausseni (Gastropoda: Buccinidae), a new species from the Philippines and the Solomon Islands. Visaya, 4(3): 61 - 65	IM	0	0	1	0	0	0	0
2199	2015	Fedosov, A; Puillandre, N; Kantor, Y; Bouchet, P. 2015. Phylogeny and Systematics of mitriform gastropods (Mollusca: Gastropoda: Neogastropoda). Zoological Journal of the Linnean Society, 175(2): 336 - 359	IM	0	0	0	0	0	0	0
2201	2015	Fehse, D. 2015. Contributions to the knowledge of Triviidae, XXIX-C. New Triviidae from Taiwan. Visaya, (SupplV): 49 - 67	IM	0	0	1	0	0	0	0
2203	2015	Fehse, D. 2015. Contributions of the knowledge of the Triviidae. XXIX-E. New Triviidae from Australes.. Visaya, (Suppl5): 87 - 111	IM	0	0	1	0	0	0	0
2205	2015	Fraussen, K; Stahlschmidt, P. 2015. An extensive radiation of the genus Crassicantharus Ponder, 1972 (Gastropoda: Buccinidae) in French Polynesia, with description of nine new species. Novapex, 16(3): 65 - 80	IM	0	0	1	0	0	0	0
2207	2015	Houart, R. 2015. Four new species of Muricidae (Gastropoda) from New Caledonia, Papua New Guinea and Indonesia. The Nautilus, 129(4): 143 - 155	IM	0	0	1	0	0	0	0
2209	2015	Huber, M. 2015. Compendium of Bivalves 2: a full-color guide of the remaining seven families; a systematic listing of 8500 bivalve species and 10 500 synonyms. ConchBooks, : 1 - 907	IM	0	0	1	0	0	0	0
2211	2015	Morassi, M; Bonifitto, A. 2015. New Indo-Pacific species of the genus Teretia Norman, 1888 (Gastropoda: Raphitomidae). ZOOTAXA, 3911(4): 560 - 570	IM	0	0	1	0	0	0	0
2213	2015	Samadi, S; Puillandre, N; Pante, E; Boisselier, MC; Corbari, L; Chen, WJ; Maestrati, P; Mana, R; Thubaut, J; Zuccon, D; Hourdez, S. 2015. Patchiness of deep-sea communities in Papua New Guinea and potential susceptibility to anthropogenic disturbances illustrated by seep organisms. Marine Ecology, 36: 109 - 132	NA	0	0	0	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2215	2015	Ter Poorten, JJ. 2015. <i>Fragum vanuatuense</i> spec. Nov.; a small new <i>Fragum</i> from the Central Indo-West Pacific (Bivalvia, Cardiidae). <i>Basteria</i> , 79(4-6): 114 - 120	IM	0	0	1	0	0	0	0
2217	2016	Anseuw, P. 2016. Two new Pleurotomariid subspecies from the South Pacific (Gastropoda: Pleurotomariidae). <i>Visaya</i> , 4(5): 43 - 57	IM	0	0	0	0	0	0	0
2219	2016	Bouchet, P; Bary, S; Héros, V; Marani, G. 2016. How many species of molluscs are there in the world's oceans, and who is going to describe them ? In Tropical Deep-Sea Benthos volume 29. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 208: 9 - 24	IM	0	0	0	0	0	1	0
2222	2016	Couto, DR; Bouchet, P; Kantor, YI; Simone, LRL; Gribet, G. 2016. A multilocus molecular phylogeny of Fasciolaridae (Neogastropoda: Buccinoidea). <i>Molecular Phylogenetics and Evolution</i> , 99: 309 - 322	IM	0	0	0	0	0	0	0
2224	2016	Galindo, LA; Puillandre, N; Utge, J; Lozouet, P; Bouchet, P. 2016. The phylogeny and systematics of the Nassariidae revisited (Gastropoda, Buccinidae). <i>Molecular Phylogenetics and Evolution</i> , 99: 337 - 353	IM	0	0	0	0	0	0	0
2226	2016	Glover, E; Taylor, JD. 2016. Lucinidae of the Philippines: highest known diversity and ubiquity of chemosymbiotic bivalves from intertidal to bathyal depths (Mollusca: Bivalvia) In Tropical Deep-Sea Benthos, Volume 29. Mémoire du Muséum d'histoire Naturelle, 208: 65 - 234	IM	0	0	0	0	0	0	0
2228	2016	Kantor, YI; Fedosov, AE; Puillandre, N; Bouchet, P. 2016. Integrative taxonomy approach to Indo-Pacific Olividae: new species revealed by molecular and morphological data. <i>Ruthenica</i> , 26(2): 123 - 143	IM	0	0	0	0	0	0	0
2230	2016	Marshall, BA; Puillandre, N; Lambourdiere, J; Couloux, A; Samadi, S. 2016. Deep-sea wood-eating limpets of the genus <i>Pectinodoncta</i> Dall, 1882 (Mollusca: Gastropoda: Patelogastropoda: Pectinodontidae) from the tropical West Pacific In Tropical Deep-Sea Benthos volume 29. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, 208: 235 - 265	IM	0	0	0	0	0	0	0
2232	2016	Monnier, E; Limpalaër, L. 2016. Revision of <i>Dauciconus daucus</i> complex (Gastropoda: Conidae). Description of two new species: <i>Dauciconus jacquescolombi</i> n. sp. From Martinique and <i>Dauciconus massemmini</i> n. sp. From French Guyana. <i>Xenophora Taxonomy</i> , 13: 6 - 37	IM	0	0	1	0	0	0	0
2234	2016	Rubio, F; Rolán, E. 2016. A new genus of the family Tornidae (Gastropoda, Truncatelloidea) with the description of eight new species - Un nuevo genero de la familia Tornidae (Gastropoda, Truncatelloidea) con la descripción de ocho nuevas especies. <i>Iberus</i> , 34(2): 109 - 126	IM	0	0	1	0	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2236	2016	Sumner-Rooney, L.; Sigwart, JD; McAfee, J; Smith, L; Williams, ST. 2016. Repeated eye reduction events reveal multiple pathways to degeneration in a family of marine snails. <i>Evolution</i> , 70(10): 2268 - 2295	IM	0	0	0	0	0	0	0
2238	2016	Taylor, JD; Glover, EA; Smith, Lisa; Ikebe, C; Williams, ST. 2016. New molecular phylogeny of Lucinidae: increased taxon base with focus on Tropical Western Atlantic species (Mollusca: Bivalvia). <i>Zootaxa</i> , 4196(3): 381 - 398	IM	0	0	0	0	0	0	0
2240	2016	Tenorio, MJ. 2016. Profundiconus robmoolenbeeki spec. Nov.: A new Deep Water conoidean gastropod from the Solomon Islands (Gastropoda, Coniilithidae). <i>Basteria</i> , 80(1-3): 89 - 94	IM	0	0	1	0	0	0	0
2242	2016	Vilvens, C; Williams, ST. 2016. New genus and new species of Solaritellidae (Gastropoda: Trochoidea) from New Caledonia, Fiji, Vanuatu, Solomon Islands, Philippines, Papua New Guinea and French Polynesia In <i>Tropical Deep-Sea Benthos volume 29. Mémoires du muséum National d'Histoire Naturelle</i> , 208: 267 - 289	IM	1	0	0	0	0	0	0
2244	2015	Pante, E; France, SC; Gey, D; Cruaud, C; Samadi, S. 2015. An inter-ocean comparison of coral endemism on seamounts: the case of Chrysogorgia. <i>Journal of Biogeography</i> , 42(10): 1907 - 1918	IK	0	0	0	0	0	0	0
2246	2015	Pica, D; Cairns, SD; Puce, S; Newman, WA. 2015. Southern hemisphere deep-water stylasterid corals including a new species, <i>Errina labrosa</i> sp. n. (Cnidaria, Hydrozoa, Stylasteridae), with nites on some symbiotic scapellids (Cirripedia, Thoracica, Scapellidae). <i>ZooKeys</i> , 472: 1 - 25	IK	0	0	1	0	0	0	0
2248	2016	Ekins, M; Erpenbeck, D; Wörheide, G; Hooper, JNA. 2016. Staying well connected - Lithistid sponges on seamounts. <i>Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom</i> , 96(2): 437 - 451	IP	0	0	0	0	0	0	0
2250	2016	Plotkin, A; Morrow, C; Gerasimova, E; Rapp, HT. 2016. Polymastitidae (Demospongiae: Hadromerida) with ornamented exotypes: a review of morphological affinities and description of a new genus and three new species. <i>Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom</i> , : 1 - 56	IP	0	0	1	0	0	0	0
2252	2015	Mah, Christopher L.. 2015. A new Atlantic species <i>Evplosoma</i> with taxonomic summary and in situ observations of Atlantic deep-sea corallivorous Goniasteridae (Valvatida: Asteroidea). <i>Marine Biodiversity Records</i> , 8: -	IP	0	0	1	0	0	0	0
2254	2016	Mironov, AN; Dilman, AB; Vladychenskaya, IP; Petrov, NB. 2016. Adaptive strategy of the Porcellanasterid sea stars. <i>Biology Bulletin</i> , 43(6): 503 - 516	IE	0	0	0	1	0	0	0

Code	Année	Biblio	Groupe	TA MOL	TS MOL	TA sans mol	TS sans mol	AT CHIMIE	AT INVENTAIRE	AUTRES
2256	2016	Tunnicliffe, V; Roux, M; Eléaume, M; Schormagel, D. 2016. The stalked crinoid fauna (Echinodermata) of the Molucca and Celebes Seas, Indonesia : taxonomic diversity and observations from remotely operated vehicle imagery. <i>Marine Biodiversity</i> , 46(2): 365 - 388	IE	0	0	0	1	0	0	0
2259	2015	Bitner, MA; Cohen, BL. 2015. Congruence and conflict: case studies of morphotaxonomy versus rDNA gene tree phylogeny among articulate brachiopods (Brachiopoda: Rhynchonelliformea), with description of a new genus. <i>Zoological Journal of the Linnean Society</i> , 173(2): 486 - 504	IB	0	0	0	0	0	0	0
2261	2012	Uiblein, F; Megrouther, M. 2012. A new deep-water goatfish of the genus <i>Upeneus</i> (Mullidae) from northern Australia and the Philippines, with a taxonomic account of <i>U. subvittatus</i> and remarks on <i>U. mascarensis</i> . <i>Zootaxa</i> , 3550: 61 - 70	IC	0	0	1	0	0	0	0
2265	2010	Van Syoc, RJ; Newman, WA. 2010. Morphology and evolutionary ecology of a sponge-barnacle symbiosis: Four new genera of barnacles (Archaeobalanidae, Bryozobinae). <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> , 392(1-2): 65 - 88	IU	0	0	1	0	0	0	0
2267	2006	Forest, J. 2006. Les Glyphéides actuels et leur relation avec les formes fossiles (Decapoda, Reptantia). <i>Crustaceana</i> , 79(7): 769 - 793	IU	0	0	0	1	0	0	0
2269	2008	Guinot, Danièle. 2008. A re-evaluation of the Dynomenidae Ortmann, 1892 (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Podotremata), with the recognition of four subfamilies. <i>Zootaxa</i> , 1850: 1 - 26	IU	0	0	1	0	0	0	0
2272	2015	Wolkenstein, K. 2015. Persistent and widespread occurrence of bioactive quinone pigments during post-Paleozoic crinoid diversification. <i>PNAS</i> , 112(9): 2794 - 2799	IE	0	0	0	1	0	0	0
2274	1999	Kosuge, S. 1999. Report on the family Coralliophilidae in the collection of the Natal Museum (Republic of South Africa) with a description of new species (Gastropoda). <i>Bulletin of the Institute of Malacology Tokyo</i> , 3(6): 83 - 84	IM	0	0	1	0	0	0	0
2276	2016	Samyn, Y; Vandenspiegel, D. 2016. Sublittoral and bathyal sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) from the Northern Mozambique Channel with description of six new species. <i>Zootaxa</i> , 4: 451 -	IE	0	0	1	0	0	0	0
2279	2011	Shenkar, N; Swalla, BJ. 2011. Global Diversity of Ascidiacea. <i>Plos One</i> , 6(6): 1 - 12	IT	0	0	0	0	0	1	0
2282	2010	Lorion, J; Samadi, S. 2010. Species richness, sampling bias and phylogenetics in deep-sea mussels. <i>Cahiers de Biologie marine</i> , 51: 435 - 439	IM	0	0	0	0	0	0	0
2284	1992	Cairns, S. 1992. Worldwide Distribution of the Stylasteridae (Cnidaria: Hydrozoa). <i>Scientia Marina</i> , 56(2-3): 125 - 130	IK	0	0	0	0	0	1	0

Tableau 2. Liste des 1579 références bibliographiques compilées qui utilisent du matériel récolté pendant les campagnes du Programme MUSORSTOM – Tropical Deep-Sea-Benthos et les catégories bibliométriques associées entre 1979 et 2016. La première colonne correspond au code numérique utilisé pour les analyses de réseaux. TA Mol : article de taxonomie avec acte de nomenclature (révision taxonomique et/ou description d'espèce) qui utilise des caractères moléculaires, TS Mol : article de taxonomie sans acte de nomenclature qui utilise des caractères moléculaires (article de délimitation d'espèces, de phylogénie moléculaire, de biologie...); TA sans Mol : article de taxonomie avec acte de nomenclature qui n'utilise pas de caractère moléculaire; TS sans mol : article de taxonomie sans acte de nomenclature qui n'utilise pas de caractère moléculaire; AT chimie : article de chimie; AT Inventaire : Article d'inventaire taxonomique (occurrence de taxon par rapport à une zone géographique); Autres (dont articles de synthèse sur le programme, comptes rendus, articles de vulgarisation, articles de microbiologie, articles de sociologie).



# **Annexe Conclusion et Perspectives**

**Tableau 1 - Liste des articles scientifiques du programme TDSB qui emploient le terme de fossile-vivant dans le texte.**



## IE

1. Roux, M. (1987). Evolutionary ecology and biogeography of recent stalked crinoids as a model for the fossil record. *Echinoderm Studies*, 2, 1-53. **TS**
2. Améziane N., Bourseau, J.-P., & Roux, M. (1987). Les crinoïdes pédonculés de Nouvelle-Calédonie (SW Pacifique) : une faune bathyale ancestrale issue de La Méso-gée mésozoïque. *Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences de Paris*, 304(1), 15-18. **Inventaire**
3. Bourseau, J.-P., Améziane, N., & Roux, M. (1987). Un Crinoïde pédonculé nouveau (Echinodermes), représentant actuel de la famille jurassique des Hemicrinidae : *Gymnocrinus richeri* nov. sp. des fonds bathyaux de Nouvelle-Calédonie (S. W. Pacifique). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 305, 595-599. **TA**
4. Améziane, N., Bourseau, J.-P., Avocat, R., & Roux, M. (1990). Les Crinoïdes pédonculés de Nouvelle-Calédonie: inventaire et réflexions sur les taxons archaïques. *Balkema*, 117-124. **Inventaire**
5. Bourseau, J.-P., Améziane-Cominardi, N., Avocat, R., & Roux, M. (1991). Echinodermata : Les Crinoïdes pédonculés de Nouvelle-Calédonie. In *Résultats des campagnes MUSORSTOM volume 8* (Edition du Muséum national d'Histoire naturelle, Vol. 8, p. 229-333). Paris: Muséum national d'Histoire naturelle. **Inventaire**
6. De Riccardis, F., Iorizzi, M., Minale, L. & Riccio R. 1992. The First Occurrence of Polyhydroxylated Steroids with Phosphate Conjugation from the Starfish *Tremaster novaecaledoniae*. *Tetrahedron letters* 33 (8): 1097-1100. **Chimie**
7. Améziane, N., & Roux, M. 1997. Biodiversity and historical biogeography of stalked crinoids (Echinodermata) in the deep sea. *Biodiversity and Conservation*, 6, 1557-1570. **TS**

## IK

8. De Riccardis, F., Giovannitti, B., Iorizzi, M., Minale, L., Riccio, R., Debitus, C., & Richer de Forges, B. (1991). Sterol composition of the "living fossil" crinoid *gymnocrinus richeri*. *Comparative Biochemistry and Physiology. A, Comparative Physiology*, 100B(3), 647-651. **Chimie**
9. Laille, M., Gerald, F., & Debitus, C. (1998). In vitro antiviral activity on dengue virus of marine natural products. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 54, 167-170. **Chimie**

## IM

10. Beu A., & Maxwell P. (1987). A revision of the fossil and living gastropods related to *Plesiotriton* Fischer, 1884 (family Cancellariidae, subfamily Plesiotritoninae n. subfam.). With an appendix: genera of Buccinidae Pisaniinae related to *Colubraria* Schumacher, 1817. *New Zealand Geological Survey Paleontological Bulletin*, 54, 1-140. **TA**
11. Dolin, Luc. 1991. « Mollusca Gastropoda : *Cypraeopsis superstes* sp. nov., Pediculariinae relique du Bathyal de Nouvelle-Calédonie et de la Réunion ». In *Résultats des campagnes MUSORSTOM*, édité par Alain Crosnier et Philippe Bouchet, 7:179-86. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle 150. Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle. **TA**
12. Sirenko, B. I. (1997). Position in the system and the origin of deep-water chitons of the family Ferreiraeiidae (Mollusca: Polyplacophora). *Ruthenica*, 7(2), 77-89. **TS**
13. Boyer, Franck. 2001. « Espèces nouvelles de Marginellidae du niveau bathyal de la Nouvelle-Calédonie ». *Novapex* 2 (4): 157-69. **TA**
14. Lorenz, Felix. 2002. *New worldwide Cowries. Descriptions of new taxa and revisions of selected groups of living Cypraeidae (Mollusca: Gastropoda)*. Vol. 19. Hackenheim, Germany: ConcBooks. **TA**
15. Sirenko, B. I. (2004). The ancient origin and persistence of chitons (Mollusca, Polyplacophora) that live and feed on deep submerged land plant matter (xylophages). *Bollettino Malacologico, Supplément 5*, 111–116. **TS**
16. Lozouet, Pierre. 2009. « A new Neritopsidae (Mollusca, Gastropoda, Neritopsina) from French Polynesia ». *Zoosystema* 31 (1): 189-98. **TA**
17. Kantor, Y. I., Lozouet, P., Puillandre, N., & Bouchet, P. (2014). Lost and found: The Eocene family Pyramimitridae (Neogastropoda) discovered in the Recent fauna of the Indo-Pacific. *Zootaxa*, 3754(3), 239-276. **TA – Moléculaire**

18. Williams, Suzanne T., L.M. Smith, David G. Herbert, Bruce A. Marshall, Anders Warén, Steffen Kiel, Patricia Dyal, Katrin Linse, Claude Vilvens, et Yasunori Kano. 2013. « Cenozoic Climate Change and Diversification on the Continental Shelf and Slope: Evolution of Gastropod Diversity in the Family Solariellidae (Trochoidea) ». *Ecology and Evolution* 3 (4): 887-917. <https://doi.org/10.1002/ece3.513>. **TS - Moléculaire**

## IP

19. D'Auria, V., De Riccardis, F., Gomez-Paloma, L., Iorizzi, M., Riccio, R., Minale, L., ... Richer de Forges, B. (1991). Marine natural products : chemical constituents from New Caledonian deep-water species. Présenté à Troisième Symposium sur les substances naturelles d'intérêt biologique de la région Pacifique-Asie, Nouméa: CNRS-ORSTOM. **Chimie**
20. Oger, J.-M., P. Richomme, J. Bruneton, H. Guinaudeau, Thierry Sévenet, et Cecile Debitus. 1991. « Steroids from Neosiphonia Supertes, a Marine Fossil Sponge ». *Journal of Natural Products* 54 (1): 273-75. **Chimie**
21. Vacelet, J., Cuif, J.-P., Gautret, P., Massot, M., Richer de Forges, B., & Zibrowius, H. (1992). Un spongiaire Sphonctozaire colonial apparenté aux constructeurs de récifs triasiques survivant dans le bathyal de Nouvelle-Calédonie. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 314, 379-385. **TA**
22. Kelly, M. (2003). Revision of the sponge genus *Pleroma* Sollas (Lithistida: Megamorina: Pleromidae) from New Zealand and New Caledonia, and description of a new species. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 37(1), 113-127. **TA**

## PTEROBRANCHIA

23. Dilly, N. (1993). *Cephalodiscus graptolitoideus* sp. nov. a probable extant graptolite. *Journal of Zoology*, 229(1), 69-78. **TA**
24. Rigby, S. (1993). Graptolites come to life. *Nature*, 362(6417), 209-210. doi:10.1038/362209a0 - **TA**
25. Urbanek, Adam. 1994. Living Non-Graptolite . *Lethaia Seminar* 27 (1): 18. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.1994.tb01549.x>. **TA**

## IU

26. Forest, Jacques, et Michèle de Saint Laurent. 1976. Capture aux Philippines de nouveaux exemplaires de *Neoglyphea inopinata* (Crustacea Decapoda Glypheidae). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 283: 935-38. **TS**
27. Forest, Jacques, Michèle de Saint Laurent, et Fenner A. Jr Chace. 1976. *Neoglyphea inopinata* : A Crustacean "Living Fossil" from the Philippines. *Science* 192 (4242): 884. **TS**
28. Forest, Jacques, et de Saint Laurent Michèle. 1981. La morphologie externe de *Neoglyphea inopinata*, espèce actuelle de Crustacé Décapode Glyphéide . In *Résultats des campagnes MUSORSTOM I. Philippines 18-28 Mars 1976*, 1:51-84. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle 91. Paris: ORSTOM. **TS**
29. Forest, Jacques, et Michèle de Saint Laurent. 1989. « Nouvelle contribution à la connaissance de *Neoglyphea inopinata* Forest & de Saint Laurent à propos de la description de la femelle ». In *Résultats des campagnes MUSORSTOM*, 5:75-92. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle 144. Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle. **TS**
30. Bruce, A. J. 1991. Crustacea Decapoda: Further deep-sea Palaemonoid shrimps from New Caledonian waters. In *Résultats des campagnes MUSORSTOM volume 9* (Edition du Muséum national d'Histoire naturelle, Vol. 9, p. 299-411). Paris. **Inventaire : Cet article n'est pas pris en compte car il ne fait que mention d'une association sur le « living fossil » *Gymnocrinus richeri***
31. Buckeridge, J. S. 1996. A living fossil *Waikalasma boucheti* n.sp. (Cirripedia, Balanomorpha) from Vanuatu (New Hebrides), Southwest Pacific. *Bulletin Du Muséum National d'Histoire Naturelle, 4° Série, Section A*, 18(3-4), 447-457. **TA**
32. Jones, Diana S. 2000. « Crustacea Cirripedia Thoracica: Chionelasmatoidea and Pachylasmatoidea (Balanimorpha) of New Caledonia, Vanuatu and Wallis and Futuna Islands, with a review of all currently assigned taxa ». In *Résultats des campagnes MUSORSTOM*, édité par Alain Crosnier, volume 21:141-283. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle 184. Paris. **ITA**
33. Schram, Frederick R., et Shane T. Ahyong. 2002. The Higher Affinities of *Neoglyphea Inopinata* in

- Particular and the Glypheoidea (Decapoda, Reptantia) in General. *Crustaceana* 75 (3-4): 629–635. **TS**
34. Forest, Jacques. 2006. The Recent Glypheids and Their Relationship with Their Fossil Relatives (Decapoda, Reptantia). *Crustaceana*, 79(7), 795-820 **TA**
35. Forest, Jacques. 2006. Laurentaeglyphea, un nouveau genre pour la seconde espèce actuelle de Glyphéide récemment découverte (Crustacea Décapoda Glypheidae). *Comptes Rendus Biologies* 329 (10): 841-46. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2006.08.003> **TA**
36. Samadi, S., Schlacher, T. A., & Richer de Forges, B. 2007. Seamount benthos. In *Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation* (p. 119-140). **TS- Moléculaire**
37. Boisselier-Dubayle, M.-C., Bonillo, C., Cruaud, C., Couloux, A., Richer de Forges B., & Vidal, N. (2010). The phylogenetic position of the 'living fossils' Neoglyphea and Laurentaeglyphea (Decapoda: Glypheidea). *Comptes-Rendus de l'Académie Des Sciences*, 333(fasc. 10), 755-759 **TS - Moléculaire**
38. Bracken-Grissom, H. D., Ahyong, S. T., Wilkinson, R. D., Feldmann, R. M., Schweitzer, C. E., Breinholt, J. W., Bendall, M., Palero, F., Chan, T.-Y., Felder, D.L., Robles, R., Chu, K.-H., Tsang, L.-M., Kim, D., Martin, J.W., Crandall, K. A. (2014). The Emergence of Lobsters: Phylogenetic Relationships, Morphological Evolution and Divergence Time Comparisons of an Ancient Group (Decapoda: Achelata, Astacidea, Glypheidea, Polychelida). *Systematic Biology*, 63(4), 457-479. **TS – Moléculaire**
- HORS GROUPE**
39. Bouchet, Philippe. 1993. Abysses, fossiles vivants et zoologistes: histoire d'un ménage à trois. *La Recherche* 256: 836-38. **Autres**
40. Moretti, C., Debitus, C., Fournet, A., Sauvain, M., Bourdy, G., & Laurent, D. 1993. Diversité biologique tropicale et innovation thérapeutique. Les recherches menées par l'ORSTOM. *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, 73, 169-178. **CHIMIE**
41. Zezina, O. N. 1997. « Biogeography of the Bathyal Zone ». *Advances in Marine Biology* 32: 389-426. **TS**
42. Richer de Forges, Bertrand, Tanguy Jaffre, et Jean Chazeau. 1998. La Nouvelle Calédonie, vestige du continent de Gondwana . *Sauve qui peut !* 10: 1-11. **Autres**

Tableau 1. Liste des articles qui emploient le terme de « living fossil » ou « relict species » ou « fossile vivant » et « espèces reliques » dans le texte. Les articles sont classés par groupe et par date de publication. Les catégories bibliométriques sont indiquées en rouge. Un article n'est pas pris en compte car l'utilisation du terme n'est pas central pour l'analyse de l'article (le numéro 30).

Plus de trois quarts de ces articles sont des articles de taxonomie : révision taxonomique avec ou sans description d'espèce, inventaires faunistiques ou phylogénies. Le reste des articles correspond à six articles de chimie et à deux articles de vulgarisation, dont un porte sur l'exploration en Nouvelle-Calédonie et du rapprochement de la faune à un vestige du Gondwana (Richer de Forges, Jaffre, & Chazeau, 1998) et un autre sur la recherche de fossiles vivants par les biologistes marins depuis les débuts de l'exploration dans les profondeurs (Bouchet, 1993). 28 articles sont produits entre 1976 et 1998 alors que 13 sont produits entre 2000 et 2014. Cette littérature concerne les taxons fossilisables, et porte majoritairement sur le groupe des crustacés (12), des mollusques (9) et des échinodermes (7).

On constate qu'à partir de 2000, les articles portent uniquement sur les Mollusques et les Crustacés. Il s'agit d'articles de révision, description ou bien de phylogénie (TS). Les cinq articles qui utilisent des caractères moléculaires sont postérieures aux années 2000 et sont majoritairement des analyses de phylogénie, un seul décrit aussi un taxon (Kantor, Lozouet, Puillandre, & Bouchet, 2014).

# **Annexes Publications & Exposition**



# **Article 1 –Ideal and Actual inventories of biodiversity**

*Abstract*

The detection and identification of the species living on a given area is usually supposed to provide a corpus of basic knowledge enabling biologists to develop further pieces of knowledge. However, it reveals surprisingly difficult to achieve biological inventories satisfying the criteria pertaining to such basic knowledge. Our aim in this paper is to highlight how the current practice of biological inventory is shaped by various constraints and potential biases. This leads us to re-consider the functions of inventories at the beginning of the twenty-first century. In order to do so, we present the example of deep-sea fauna inventories in the Pacific Ocean. We focus on one source of bias in this case: the lasting influence of the so-called “azoic hypothesis”, formulated in the 1840s, according to which there is no life under 600 meters. We show how the azoic hypothesis has strongly influenced the conception of deep-sea fauna even though it has been quickly refuted. At the end of the paper, we look into the implications of economical constraints on the current practice of deep-sea biological inventory.

The detection and identification of the species living on a given area is usually supposed to provide a corpus of basic knowledge enabling biologists to develop further pieces of knowledge. However, it reveals surprisingly difficult to achieve biological inventories satisfying the criteria pertaining to such basic knowledge. Our aim in this paper is to highlight how the current practice of biological inventory is shaped by various constraints and potential biases. This leads us to re-consider the functions of inventories at the beginning of the twenty-first century.

There is a sharp contrast between inventories as they are actually practiced and inventories as they are conceived of or imagined. In order to discuss this contrast, we begin by presenting the main features that are commonly required of ideal inventories, that is, inventories fulfilling all the functions biologists which they could fulfill (section 1). Ideal inventories have themselves a long history

the main features of which we recall in order to better appreciate what current biologists expect from their inventories. Then we present the example of deep-sea fauna inventories in the Pacific Ocean (section 2). By recalling parts of the history of deep-sea inventories from the beginning of the nineteenth century, we show that actual inventories have been and still are far from obeying the rules of ideal inventories. We focus on one source of bias in this case: the lasting influence of the so-called “azoic hypothesis”, according to which there is no life under 600 meters. We show how the azoic hypothesis has strongly influenced the conception of deep-sea fauna even though it has been quickly refuted (section 2.1). At the end of the paper, we look into the implications of economical constraints on the current practice of deep-sea biological inventory and show a strong link between the surprising persistence of the azoic hypothesis and economical pressures to exploit living and mineral resources (section 2.2). Both combine to affect scientific research in the deep-sea domain.

### *1. Requirements on inventories of biodiversity and their transformation over time*

Our aim in this section is to review what is expected from an inventory of biodiversity. The basic goal is not only to learn which species live on a given area, but also to evaluate how abundant they are, that is, whether many specimens are present or not. At first, this seems a mainly descriptive task, but as it involves species identification, it is also informed by the theoretical background underlying biological research at a given time – today, this background consists in the theory of evolution. This calls for an investigation of the contribution of biological inventories to biological knowledge at large.

Another reason why we want to make explicit how inventories participate in the constitution of biological knowledge is that biologists of different disciplines adopt different images of how the various pieces of biological knowledge combine together. Indeed, the details of the image of biological knowledge slightly vary according to whether you are a taxonomist or not. The non-taxonomists usually consider the inventory task as a relatively simple one, or at least a simpler task than their own ones, which may involve laboratory work, long experiments, data difficult to interpret, etc. This view is extremely powerful. It associates species description with a sort of epistemic passivity, as the taxonomists are supposed to “just”, or “simply” state what they observe. However, this view of the role of taxonomists, and, correspondingly, of biological inventories, is misleading.

This is why we begin by presenting how inventories of biodiversity participate in the development of what we call the “Web of Biological Knowledge” (WBK). It consists in the hierarchical body of interrelated pieces of biological knowledge and hypotheses at one time. By this name, we want to emphasise that empirical biological knowledge is always interrelated with theoretical hypotheses, even though there is a perceived hierarchy according to which knowledge



coming from observation and experiment is conceived as the underlying basis for hypotheses and models. This body of knowledge evolves as time goes and is affected by the transformation of theories and practices. The major alteration of the WBK was brought about by the Darwinian revolution, which entirely transformed the set of admissible explanations in biology. The functions inventories of biodiversity fulfill within the WBK define a set of criteria inventories have to satisfy. In section 1.1, we present our view of the WBK. Then we go to the criteria inventories have to satisfy. In section 1.3, we put forward some general reasons why ideal inventories cannot be actually realised.

### *1.1. The Web of Biological Knowledge*

Because the analysis of the practice of biological inventory is doomed to rely on a vast aggregate of elements, both epistemic and material, we need to introduce a notion referring to the intellectual basis of this scientific practice, however difficult to capture it may be. The WBK is indeed the loosely structured set of beliefs, hypotheses, well-justified pieces of knowledge, theories, and epistemic tools, methods and techniques that constitutes what biologists have in common at a given time. It is usually difficult to precisely identify the WBK at a given time, and its content may vary according to the biologist one picks up. However, it seems to be a fair idealisation to assume the existence of such a set of beliefs and other epistemic elements. It is commonly considered that firmly-justified elements and theories are important to delimit a scientific field. By contrast, we want to emphasise that less-justified beliefs and assumptions also play a role in scientists' mind and are therefore important to characterise the state of a discipline at a given time.

In order to assess the relationships between biological inventories and the WBK, it is important to emphasis that it is usually difficult to clearly distinguish between well-justified elements within the WBK and less-justified ones, although the WBK is precisely characterised by both elements being closely mixed. Moreover, the WBK although includes methods and techniques that are partially independent from its theoretical framework, as we shall emphasise below.

The hierarchical organisation of the WBK is twofold. First, there is an axis going from empirically-justified elements to more theoretical ones. Second, there is an axis of explicitness, going from the consciously accepted elements to hidden assumptions. The hidden assumptions may be unjustified but they can nevertheless influence how research is carried out.

### *1.2. Ideal inventories*

Discovering and describing the various species living on Earth, as well as the extinct ones, has been a major goal of naturalists since the eighteenth century at least, not to mention medieval herbals. From Linnaeus' work onward, this task has been conceived as participating in a larger epistemic enterprise aiming at

learning more about the living world. For sure, this enterprise was not *only* an epistemic one, as it was also attributed religious goals. Linnaeus himself explicitly declared, at the beginning of the *Systema naturae*, that his work was intended to mirror the structure of God's creation. Our aim in this section is to present how inventories of fauna and flora are articulated to the more general epistemic context of biological knowledge available at a time and its transformations over time. We begin with Linnaeus' time and show how the demands on biological inventories evolved with the transformation of biological knowledge.

Inventories of fauna and flora are of two sorts. The first are oriented toward immediate agricultural or economical purpose whereas the second are governed by epistemic goals. For sure, the distinction cannot be strict; however, it helps determining the characteristic features of inventories that are at least partly detached from practical purpose. They have to satisfy a first, powerful requirement: systematicity. As many animal and plant species are not immediately visible, contrary to those whose size or agricultural importance makes salient, *systematic exploration* is required. For sure, systematic exploration of fauna and flora may have interesting agricultural outcomes, but from the modern times onward, it has been carried out without an eye on these outcomes, that is, for itself. More precisely, the ultimate goal of this slow and minute task was to better know what the Earth is populated of. From our contemporary perspective, we can detect that this task was not conceived as strictly epistemic in our sense, for discovering what the Earth is populated of was tantamount to recognising and honouring what God had put onto it. However, this religious side of the inventory task did not go against the systematicity requirement, but rather strengthened it.

Together with systematicity, another requirement was efficiently put forward by Linnaeus: inventories of fauna and flora are to participate in a *common* epistemic enterprise. The rules of Linnaean nomenclature indeed guarantee that wherever you are, you have to use the *same* species names, and moreover to adopt the *same* rules for creating new species names if you happen to discover a specimen that is related to no already-known names. In this way, the Linnaean framework provided naturalists with the first unifying framework for biological inventories. This framework is not a theoretical one but is based on a set of practical rules that allow for the constitution of descriptive knowledge. We identify it as the first, common framework efficiently organising the WBK. Indeed, even though it is possible to characterise former attempts at biological knowledge as being potentially cumulative and universal, the Linnaean framework is the first one to put forward explicit, international rules for the constitution of a body of biological knowledge that can be accessed and enriched by anyone interested in the description of her local fauna and flora.

The Linnaean framework for species description has to be clearly distinguished from the *theoretical structure* organising the WBK at a given time. As is well-known, fixist, creationist, and essentialist assumptions were commonly accepted

at Linnaeus' time. By contrast, our current WBK is organised by an evolutionary-theoretical structure. However, this difference does not imply that the Linnaean tool for nomenclature has to be rejected. Even though it has developed within a theoretical context that has been entirely superseded by evolutionary theory, it is still considered a valuable tool, enabling current taxonomists to carry on their work. At Linnaeus' time, it already participated in an efficient dynamics of scientific knowledge production, and it still does. By following Linnaeus' guidelines, it was possible to achieve genuine scientific knowledge, by the criteria of the time. Today, our criteria have changed, but the Linnaean tool is still adapted. Even though they have often been criticised, the Linnaean rules are still used as international standards. As a result, from Linnaeus onward, taxonomy has become a truly scientific field of knowledge.

Let us briefly recall the principles of Linnaeus' taxonomic procedures as they are carried out today. A species name is associated with a specimen in the following way. The starting point is the observation of some organisms, either living or fossils. Taxonomists then use different criteria in order to find out how many species they are members of. These criteria may be morphogenetic, physiological, ecological, or genetic. Whereas some of the species they thus identify are already known and described, they may also hypothesize that other specimens belong to unknown species. Then they have to give names to these previously unknown species, according to the rules gathered in the current nomenclature codes. The main feature of these rules is that a species name must be associated with a material specimen, to be found in a collection of natural history (this specimen is called a "holotype"). This association guarantees that biologists can always come back to the holotype in order to verify whether the description of the species that has been published based on the specimen is satisfying or has to be revised.

In the same way as the Linnaean nomenclature tools can be articulated with different WBKs, the expectations associated with biological inventories may also change in relation to the transformation of the WBK over time. At Linnaeus' time, naturalists worked toward the combined realisation of two goals: the establishment of an exhaustive catalogue of the living world for the glory of God and the elaboration of a rational classification. Today, we conceive of these two goals as entirely different, because, as emphasised above, biological inventories are integrated within a different theoretical structure. However, rational classification and, albeit to a lesser extent, systematic exploration are still conceived as main elements of the constitution of biological knowledge.

There is another major difference between Linnaeus' time and today, which is closely linked with evolutionary theory being our underlying biological theory. Whereas taking a biological inventory could be conceived as a finite task, at least in principle, in the eighteenth century, we know that exhaustivity cannot possibly be the aim of current inventories. There are two reasons to this change. The first one is fundamental: species are conceived as evolving entities,

so that there is no sense in trying to describe them once and for all. Inventories have thus acquired a temporary value; they cannot possibly be meant to hold for all times. The second reason is historical: we are now experiencing a new mass extinction which transforms any current inventory in a race against time. Moreover, we know that we are doomed to lose this race by far. Completeness has thus become but a relative notion. As a result, the very meaning of biological inventories has been radically transformed. Today's inventories are more about characterising the structure of biodiversity in some geographical region as well as the processes that lead to this diversity than about writing an exhaustive catalogue expected to hold for all times.

Inventories of biodiversity in the new sense we have just presented are still considered a precondition for the elaboration of further biological knowledge, even though they are sometimes judged less important than laboratory work. As a result, a doubly hierarchical image of biological knowledge has emerged, framing the WBK as we know it today. Within this hierarchical image, the information gained from systematic inventories is both basic, as it is the foundation of more sophisticated knowledge, and simpler in nature than the other parts of this epistemic building. According to the first axis we have identified in section 1.1, inventories allow for empirically well-justified knowledge because it is usually viewed as purely descriptive knowledge, in the sense that it is supposed to involve no hypothesis or theory. According to the second axis, it is supposed to be on the totally explicit side, because nothing hidden seems to be included in taxonomic descriptions.

For sure, taxonomists do not share all assumptions underlying the hierarchical image we have just presented. They insist, by contrast, on the fact that their work is no less hypothesis-based than laboratory work. They indeed put forward that, rather than passively describing what they see, they offer hypotheses about the structure of biodiversity and its history. For instance, they make clear that a species name is first and foremost a label allowing them to refer to a hypothesis, according to which the associated organisms actually form a species, that is, will not converge again with other groups in the future. As other scientific hypotheses, taxonomic hypotheses are revisable, and are actually often revised.

Even when one takes into account the dynamic of taxonomic knowledge and the hypothetical nature of species identification, it remains that taxonomic procedures themselves involve an implicit hierarchy with respect to epistemic actions. For instance, collecting specimens is assumed to be a simpler task than describing them in a publication. Moreover, this task is usually taken to be neutral vis à vis any scientific hypothesis, or, to put it in other terms, unaffected by any prevailing scientific theory. By contrast, the description task involves knowledge of the specimen's phylogeny.

Let us indicate what the perceived hierarchies that frame our current WBK imply. At the basis of further biological knowledge, taxonomic knowledge is meant to mostly consist in factual elements and to contain as few hypotheses as

possible. By contrast, the further knowledge it is supposed to enable consists in the testing of phylogenetic or ecological hypothesis. More generally, it is based on inferences made *from* the facts revealed by the inventory. This is why the knowledge established by the inventory is usually conceived as purely descriptive, or hypothesis-free. According to this conception, which is close to the Vienna circle conception of scientific observation, a description is an intellectual action consisting in putting into words what perception provides the brain with. The basic requirement for this action is that the transformation of the object of perception into words should involve as few elements coming from the agent's mind as possible. The agent should refrain from making any interpretation but rather set the facts as neutrally as possible.

To sum up, within the global image of biological knowledge that has emerged since Linnaeus' time, inventories of biodiversity occupy a special place. They are supposed to provide biologists with systematic and hopefully exhaustive knowledge of the organisms in a given area and this knowledge is supposed to be basic, that is, descriptive, neutral or factual. Even though taxonomists are clear that their work involves the elaboration of hypotheses<sup>1</sup>, and that attribution of a name to a species is provisional on the availability of further knowledge, the assumption remains that the knowledge they provide is more basic than other types of biological knowledge. At least, the part of biological knowledge deriving from the practice of inventories is supposed to be more factual than other parts.

This global image of biological knowledge relies on a highly idealised notion of a biological inventory. As a matter of fact, no actual inventory is truly systematic and exhaustive and all of them include hidden assumptions that deviate them from basic descriptions of the organisms living on a given area. In the next session, we review some general reasons why actual inventories are different from their idealised notion. This will allow us to emphasise in section 2 that many other specific reasons can also hinder the realisation of inventories.

### *1.3. Some reasons why ideal inventories cannot be realised in practice*

After having presented the main features of ideal inventories, namely systematicity, exhaustivity, and theoretical neutrality, we now review some reasons why most inventories do not meet these features. Our prospect is to identify general reasons, that is, reasons that bear on most inventories and explain why they do not fulfill the above requirements. The general reasons we identify in this section are such that usually, there is hardly anything to do against them. Taxonomists are nevertheless aware that they hinder their enterprise. In section 2, we contrast these general reasons with other reasons that are both specific to our case-study and less easy to identify and to become aware of.

<sup>1</sup> Cf. Carvalho *et al.* 2013.

Even though some exhaustive inventories can be, and have been, carried out, as the inventory of living birds, most inventories are not exhaustive or systematic enough to satisfy the above-presented ideal criteria. This may be for lack of time or lack of accessibility, as illustrated by marine inventories, and even more so by deep-sea inventories. Lack of time and of other resources, like money and instruments, e.g., fine dredgers, submersible crafts, high-pressure camera..., make up a major *practical* obstacle to the realisation of ideal deep-sea inventories.

As far as the program of deep-sea fauna inventory in the South-West Pacific Ocean we will focus on in section 2 is concerned, the practical obstacles were partly removed in 1985, when the French research ship was at last equipped with a multi-beam swath bathymetry, allowing for both efficient collecting and depth measurement. As a result, researchers became suddenly aware of the heterogeneity of the deep-sea habitat as the topography of the deep-sea floor could be investigated in much more details than was previously possible. For instance, it became possible to differentiate subsea mounts from ridges and springs and to know on what kind of structure (seamount, ridge...) and at what depth the specimens were sampled. By contrast, without this equipment, accessibility was a major practical obstacle for deep-sea inventories. We put the above-mentioned obstacles into the category of *general* obstacles because they hinder most inventory enterprises. Usually, the involved taxonomists, because they are aware of their negative effects, spend a lot of time and energy trying to overcome them.

There is still a different kind of general obstacle bearing on most inventories, that has nothing to do with practicalities, namely, theory-laddenedness. We examine this kind in the remaining of this section. Theory-laddenedness has been pointed out by many historians and philosophers of science, like Kuhn, Hanson, and Feyerabend, as having negative consequences on the relations between empirical data and hypotheses. Kuhn, Hanson, and Feyerabend have insisted that in order to take any observation as a piece of scientific data, it is necessary to entertain *some* hypothesis about the involved domain, otherwise it would be impossible to analyse the observation as contributing to the field of knowledge at hand. However, such an impregnation of data by hypothesis is potentially detrimental to the testing process. This problem has been widely handled by further philosophers of science who have carefully distinguished cases in which theory-laddenedness has to be fought against from cases in which it is benign and does not prevent hypothesis-testing<sup>2</sup>.

In the case of inventories of biodiversity, theory-laddenedness clearly goes against the ideal of descriptive neutrality we mentioned in section 1.1. It is well-known that the ideal of descriptive neutrality is severely threatened by various sorts of biases and prejudices scientists may adopt against their own will, as well by

<sup>2</sup> Cf. Bogen 2013; Franklin 2002.

the conceptual framework they have learned during their training years, whose validity may have been challenged by new data in-between. Psychologists have given powerful evidence about the influence of the way one conceptualises a situation on the way one perceives it. However, it may be argued that scientific training, especially training in taxonomy, aims to remove these various biases and to make biologists able to provide bias-free descriptions. Let us accept that training has this purifying effect for the sake of argument. Does it mean that taxonomists provide their biology colleagues with exclusively factual descriptions of species and the place they live in? We will discuss this question at length in the following section, in which we will focus on the less explicit and more hidden components of the WBK and on their influence on inventory practice.

Before beginning this discussion, let us make clear that in this paper, we focus on the first step of any inventory, namely, collecting, as a way either to assess how many species live in a given area, or to further evaluate diversity, distribution, and abundance. We want to question whether collecting is as isolated from the WBK as it looks to be in the idealised notion of an inventory. We do not want to argue that taxonomist work is irremediably theory-laden, and thus unfaithful to what species are and where they live in. We do not have any *general* argument to this purpose. Our aim is different: we want to examine a particular example of an inventory task and disclose its specific difficulty. This example is the exploration of Pacific deep-sea fauna. Among the difficulties taxonomists trying to discover the species living in Pacific deep-water have to face, we find of course practical difficulties of access, but also obstacles of a more intellectual kind. We focus on the latter. These obstacles are rooted in more or less currently accepted assumptions, some of which are even not perceived as assumptions but rather as non problematic facts. They partake in the WBK and influence the way the inventory task is carried out. It is thus important to examine the nature of these assumptions and the epistemic attitudes taxonomists entertain toward them. This is our program for section 2.

## *2. The inventory of Pacific deep-sea fauna and the lasting influence of the azoic hypothesis*

Our aim in this section is to focus on an actual example of marine inventory in order to display various biases that do not enter into the general category of well-known obstacles, but remain unseen by the involved taxonomists and influence their work. Realising the role of these biases clearly conflicts with the common, idealised view that taking an inventory consists in describing brute facts. Moreover, these biases are difficult to detect for the reasons we present below, unlike the ones we have presented at the beginning of section 1.2. Our main example will be a set of hidden assumptions still bearing on inventories of deep-sea fauna even though the hypothesis they originate in, the “azoic

hypothesis”, is known to be false. We begin by presenting the controversy over this hypothesis and go on with examples showing its contemporary influence when it is combined with economical constraints.

### *2.1. The controversy over the azoic hypothesis and how it went on shaping deep-sea research even after it was over*

According to the azoic hypothesis, proposed by Edward Forbes in the 1840s, deep sea is too hostile an environment to make any form of life possible. This hypothesis agreed with commonly accepted assumptions of the time, according to which it is impossible that organisms develop without light, as light was seen as an indispensable source of energy for organismal development. Moreover, weak temperatures and high pressures were also conceived as hindering the possibility of life.

As a naturalist, Forbes was eager to develop what may be called an “ecological” approach even if the word was not yet used at the time. He was indeed interested in the distribution of organisms with respect to depth, by analogy with the distribution of organisms with respect to altitude. He was thus expecting that there are fewer organisms as depth increases, in the same way as there are fewer organisms as altitude increases. In order to test this hypothesis, he conducted an expedition on the HMS Beacon in 1841 in the Aegean. Here is his conclusion: “The number of species and of individuals diminishes as we descend [...] pointing a zero in the distribution of animal life as yet unvisited”<sup>3</sup>. According to his computations, there was no life left under 600 meters; as a result he coined the name “azoic limit” to refer to depths below 600 meters.

Today, we can easily understand why the data gathered by Forbes led him to hypothesize the existence of an “azoic limit”: as it happens, he had collected specimens in an especially nutrient-poor area. Moreover, the dredger he used was ineffective, for, on the one hand, it was small, and on the other hand, it did not allow him to collect even small organisms on soft grounds because it caught too much sediment and could not filter it correctly. For these reasons, he could not find living specimens under 600 meters.

As Forbes was an influent member of the Royal Society, the azoic hypothesis was almost unanimously accepted within the scientific community even though specimens had already been discovered in deeper waters since the beginning of the nineteenth century<sup>4</sup>. However, as we shall see, it was difficult to assess the reliability of depth measurements, so that it was uncertain whether the specimens had been really caught below 600 meters.

Another reason why Forbes’ hypothesis immediately became very popular is that it agreed with background knowledge and hypotheses about the con-

<sup>3</sup> Forbes 1844: 167.

<sup>4</sup> Anderson and Rice 2006.



ditions at which life is possible. However, he had some opponents who were convinced that the azoic hypothesis could not be true. Living organisms had indeed been collected of which it had been claimed that they lived in deeper water, in spite of the difficulty to evaluate under-water distances. Because of these lasting, material difficulties, the controversy could not be settled. But at the time, many marine biologists were aware of the issue and of the necessity to develop reliable means of evaluating depth.

Let us illustrate how powerful the assumption of the impossibility of deep-sea life was. In 1818, Captain John Ross, exploring Baffin Bay, collected sea-stars and annelid worms at 1495 meters (according to his estimates). He used a device equipped with jaws allowing him rather accurate (though overestimated) depth measurements, as well as more efficient specimen catching. It has been found later that the specimens he collected lived at 1095 meters. However, it was so controversial to claim that organisms could live as deep as 1000 meters below the surface that the naturalists participating in this expedition decided not to publish their discoveries.

Nevertheless, after 1844, the controversy quickly developed toward the failure of the azoic hypothesis. Just after the publication of Forbes' paper, many naturalists collected specimens living in deep water. Between 1850 and 1868, Michael Sars from Oslo collected specimens from hundreds of different species living between 350 and 550 meters along the Norwegian coasts. In 1860, George Charles Wallich collected 13 sea-stars at about 2305 meters. Here is his conclusion:

This founding far exceeds in importance any previous sounding record. It proves the fallacy of several of the conditions which have heretofore been supposed to limit the bathymetrical distribution of animal life, and points to the existence of a new series of creatures peopling the deeper abysses of the ocean<sup>5</sup>.

At the same time, a telegraph wire connecting Sardinia to Algeria broke between 2000 and 2800 meters. The specimens which were living on the wire were analysed at Paris Museum by Alphonse Milne-Edwards. In his report, entitled *Observations on the existence of diverse Molluscs and Zoophytes at very large depths in the Mediterranean sea*, he mentioned both Forbes', Ross', and Wallich' works and added that the analysis of the wire showed that "anthozoa from the scleractinian division, as well as molluscs, both gastropods and acephalous, are able to live in the Mediterranean below 2000 meters, and can even develop and grow at a fast rate"<sup>6</sup>. Milne-Edwards' reputation was such that Forbes' hypothesis began to falter.

<sup>5</sup> Wallich 1862: 68.

<sup>6</sup> Milne-Edwards 1861: 153.

It is only at the end of the nineteenth century that the azoic hypothesis has been definitely refuted, due to the success of the Challenger expedition (1872-1876). The expedition began in the context of the controversy about the existence of deep sea life and the related question whether there are limits to life. Most naturalists expected that this expedition could refute Forbes' azoic hypothesis, but it remained to understand how life could exist in such a supposedly hostile environment.

The history of deep-sea fauna inventories nicely illustrates how some assumptions may frame the inventory task, which is however supposed to result in neutral descriptions. With the example of the azoic hypothesis, we have seen how assumptions, when taken for granted without further reflection, can distort the image of deep sea fauna emerging from the inventory investigations. What is striking in this example is that the rebuttals of the azoic hypothesis have been available for a long time. In this case, there is thus a tension between the erroneous representation some taxonomists develop as a result of an uncritical, and even partly unconscious acceptance of the azoic hypothesis and the representation they should promote in view of available evidence and current discussions in the relevant literature.

The influence of the azoic hypothesis reveals a cognitive gap that plays an important role in the epistemic process actually implemented during deep sea inventories. The gap is between hypotheses that are potentially justifiable and that have at least a plausible foundation and assumptions that are uncritically accepted, like the azoic hypothesis. From this example, we can emphasise that it is usually difficult to clearly distinguish between the two sides of the gap, at least without hindsight.

## *2.2. Joint effects of economical constraints and the (remnants of the) azoic hypothesis*

In this section, we show how the influence of the azoic hypothesis has been so strong as to overcome the effect of the discovery of hydrothermal springs and their associated rich biodiversity in the late 1970s. Because hydrothermal springs house an unexpectedly rich fauna, it seems that the azoic hypothesis could not possibly be mentioned at all after 1977. However, it has been a main ingredient in a spectacular trial in Papua New Guinea as late as 2011. We present this affair in the following in order to illustrate the negative effects on taxonomic work of the survival of a refuted scientific hypothesis when combined with strong economic constraints.

The discovery of the hydrothermal springs in 1977 revealed a surprisingly rich fauna living in extreme conditions: the hydrothermal fluid issuing onto the sea floor at these vent sites is hot (up to 390°C), anoxic, often very acidic, and enriched with hydrogen sulphide (H<sub>2</sub>S), methane (CH<sub>4</sub>), and various metals (especially iron, zinc, copper and manganese). It had an important impact on the

way non-specialists thought about life in deep-sea. They realised that deep-sea was not the desert they thought it was (Laubier, 1984). The revealed fauna was both so spectacularly abundant that hydrothermal springs were called “oasis”. Thus, in the 1990s, there was no doubt left on the high diversity of deep-sea fauna, as testified by the following quote: “This biodiversity is comparable to that of tropical forest, but much richer in terms of biomass”<sup>7</sup>.

Nevertheless, despite this discovery, the azoic hypothesis was still not dead, as we will now illustrate.

### *The Papua New Guinea case*

Papua New Guinea is an example of a state where mineral-rich ores are abundant<sup>8</sup>. Consequently, the development of mine sites in this area is a potential source of income to local communities and regions. In 1999, the Papua New Guinea government lodged an application for a special mining lease for the Ramu Nico project, an important local company at that time. In 2000, the special mining lease was granted to Ramu Nickel Ltd. By this agreement, after a very controversial report<sup>9</sup> made in 1999 by independent scientists from the Lutheran University of Papua New Guinea, the Papuan government approved the tailings disposal to the deep-sea ocean. The main argument in this report was that the effect of the mining lease was to be negligible because there is not much life in deep waters – a first, surprising revival of the azoic hypothesis, but not the last. The mine, the pipeline, the refinery, and the wharf were constructed from 2008 to 2010.

In 2011, a trial was launched by a Papua New Guinea citizen against the Ramu Nico company to restrain from operating a deep-sea tailings placement (DSTP) system. Looking into the tribunal’s conclusions, we can see that the scientific report that was demanded in order to evaluate the impact of the release on deep-sea life drastically underestimated the importance of the benthos (deep) environment. The scientific report clearly stated that the benthos environment is less important, in terms of biodiversity, than shallower water environment. A consulting marine scientist, called as a witness by the defendants, declared that

he does not believe that the DSTP will have any shallow water impacts – the environmental impact will be restricted to deep water: the smothering by tailings solids of the seafloor of Basamuk Canyon of approx 160 square km, which represents the ‘tailings footprint’ – benthic organisms, which already live in a very high natural sedimentation zone, may not be able to cope with an increased rate of sedimentation – as to the biological impact, DSTP is designed to protect the euphotic zone where 90% of

<sup>7</sup> Desbruyères 1993.

<sup>8</sup> Tse 2007; Laznicka 2010.

<sup>9</sup> Report 1999. See Reichelt-Brushett 2012.

marine animals live; however, no complete baseline surveys have been done of biological communities on the seafloor at Basamuk Canyon.

[...]

Though there will be to a large extent a smothering by the tailings of the sea floor at Basamuk Canyon not all benthic organisms will be destroyed, as many will be able to swim away, and the degree of biodiversity on the sea floor is not nearly as great as in the euphotic zone, which will be unaffected by the tailings, so there will be no significant adverse effect on the ecology of Astrolabe Bay.

[...]

Effect on the benthos: This does not represent a major problem, the defendants argue, as not all of the benthos will be eliminated (there will be organisms, including deep-sea fish, that will be able to move to areas unaffected by the tailings) and in any event the evidence suggests that the quantity and diversity of organisms in the deep-sea is quite low compared to the euphotic zone. Thus, while the ecology of the canyon may be altered, there is no evidence that it will be an adverse effect or if it is adverse that it will be substantially so<sup>10</sup>.

This testimony clearly reveals that the azoic hypothesis was still very lively during this trial. For sure, it was not mentioned by taxonomists; however, the above-quoted trial-conclusions clearly indicate that the refutation of the azoic hypothesis has still not reached every scientist with a professional interest in deep-sea. As such, this fact has no consequence on the WBK as most *biologists* are conscious that deep-sea biodiversity is rich and abundant. Nevertheless, the fact that the refutation of the azoic hypothesis has not extended outside the biological community is likely to have important effects on their own scientific objects.

#### *A new context for scientific research*

The Papua New Guinea case we have just presented nicely illustrates another, very important aspect of today's deep-sea inventory practice, its being constrained by economic pressures. Not only does the Papua New Guinea case show how influent a refuted hypothesis can be, it is also typical of the way economic constraints can bear on inventories and of the intimate mixing between economic constraints and scientific requirements that currently shapes this practice. In order to analyse the precise effect of the entanglement between economic pressures and scientific life, we now turn to a last example. This example will provide us with an illustration of our last category of potential bias influencing deep-sea inventories.

Facing the decrease of halieutic resources near the costs (since the 1960s), and considering the new mining prospects revealed by the discovery of the hydrothermal vents, the deep-sea environment has become important for new economics actors. As a result, the conditions of its scientific exploration have been deeply

<sup>10</sup> The last quote is from Ian Hargreaves, Consulting marine scientist, hydrologist, witness called by the defendants; Conclusions of the Ramu Nico trial.

transformed. Besides their importance in terms of biodiversity, hydrothermal springs are also considered a rich reservoir of metals and their discovery has opened important mining prospects. The transformations introduced by these activities are clearly described in the following quote:

The deep-sea – defined here as ocean beyond the shelf break and depths greater than 200m – is increasingly recognised as a fertile area for offshore industrialisation. Current or future activities include fishing, waste disposal, cable lays associated with telecommunications, scientific research, oil and gas development, bioprospecting, mineral extraction, and tourism<sup>11</sup>.s

As for scientific research, the impact of this new situation is the following. The (maybe surprising) effect of the recent awareness of the biodiversity crisis has been to foster stronger links between scientific exploration and economical exploitation, issuing in entangled practices which are the new context in which deep-sea scientific investigation is carried out. For instance, it is more and more difficult to launch a deep-sea exploration program without the financial aid of a company. Conversely, economical exploitation increases the demand for scientific expertise based on exploration:

The deep sea was (and still is) perceived as a service provider at two levels: (1) it served as a convenient site for disposal of waste, especially where land options were not politically and “ethically” attractive and (2) it was seen as a source of potential mineral and biological wealth over which there was no national jurisdiction<sup>12</sup>.

This results in a highly paradoxical situation. Let us illustrate it by a French example. The first element of this example is that the Total and EDF (now VEOLIA) companies are strongly interested in the exploitation of deep-sea minerals. While the exploitation of metals in the hydrothermal sources is not rentable enough, the cobalt crust is a more interesting target. Found on seamounts, it seems easier to extract. In order to do so, it is necessary to receive the relevant agreements. A collective expertise (ESCO, in 2013)<sup>13</sup>, involving the CNRS and other institutions, has thus been demanded by the French government. It provides a synthetic report on currently available knowledge on deep-sea mineral resources and on the implications of their exploitation.

An important conclusion of this report is that, as it is now commonly acknowledged that mineral exploitation has to care about the preservation of the biodiversity, a better knowledge of deep-sea life is required. As a result, the French companies are becoming important donors for deep-sea inventories.

<sup>11</sup> Van Dover *et al.* 2014.

<sup>12</sup> Ramirez-Llodra *et al.* 2011.

<sup>13</sup> Report 2013.

This is for them the best way to be able to develop deep-sea mineral exploitation. In turn, deep-sea biologists need this funding in order to take further deep-sea inventories. The paradox is that deep-sea biologists are both asking for money from the companies and responsible for the agreement about the companies' deep-sea economical activities. A strong conflict is thus emerging, of which the French case is only one example among many others.

Even though it is not entirely clear what the effects of the entanglement between economic exploitation and scientific exploration could be, this situation cannot but be seen as a source of potential bias on deep-sea inventories. Far from being uniquely interested in deep-sea fauna, taxonomists are required to be also interested in imagining the future actions of the involved companies.

### *3. Concluding remarks*

In this paper, we have presented examples showing some ways actual biological inventories can diverge from ideal ones. We have been careful to distinguish general constraints that bear equally on all biological inventories, like lack of time and of material resources, from constraints that only bear on specific cases. We have also introduced another distinction, between constraints that are explicitly taken into account by the researchers and constraints that are hardly recognised as participating in their background assumptions. Whereas the former can sometimes be partly overcome, the latter, whose influence is not acknowledged, are more difficult to counteract. In this last, short section, we try to draw some lessons from our above analysis.

A major conclusion of our analysis is that the various pieces constituting the WBK are not all explicitly articulated each to the others. Even though taxonomic work is well-grounded on the theory of evolution on the one hand, and on the Linnaean nomenclature framework on the other, it is also more loosely articulated to other sets of hypotheses and constraints, some of which are not even identified as background assumptions. As an example, we have mentioned the azoic hypothesis. Its influence is partly hidden to the eyes of some of the researchers, who are not aware with its conflicting with other, more firmly grounded, hypotheses. When explicitly accepted hypotheses conflict with implicitly entertained ones, the capacity of inventories to provide basic knowledge for further biological knowledge is threatened.

At the end of the paper, we have also put forward a further potential source of bias: economical constraints. These bear on the difficult articulation between the constitution of scientific knowledge and the demand for expertise in an emergency context, caused by the biodiversity crisis. Due to the growing awareness of the necessity of preserving biodiversity, scientific expertise is more and more searched for. However, scientific expertise on deep-sea biodiversity is doomed to rely on highly incomplete scientific knowledge. It thus requires

more research to be done. As a result, the companies in which the demand for expertise originate are engaged in scientific research funding. This is undoubtedly the crucible of many epistemic conflicts.

It seems to us that the best way to lessen the importance of the various biases we have identified is to first become aware of their existence. As we have emphasised at the beginning of section 1.3, there are some constraints, like the Ocean's immensity, that bear on all inventories but whose influence is explicitly taken into account by the researchers. This does not mean that the constraints disappear, but that the taxonomists know that the resulting inventory is valid *up to* the limits imposed by the constraints. The awareness of these limits is included in the global knowledge taxonomists draw from the inventory. We thus emphasise that it is important to care about one's background assumptions even in scientific tasks that look as basic as taking inventories. In other words, even working at the lowest level of the WBK, it is important being able to make every piece of the WBK explicit.

### References

ANDERSON, T.R. and RICE, T.

- 2006, *Deserts on the sea floor: Edward Forbes and his azoic hypothesis for a lifeless deep ocean*, "Endeavour", 30(4): 131-137

BARBEROUSSE A. et SAMADI S.

- 2014, *La taxonomie et les collections d'histoire naturelle à l'heure de la sixième extinction*, in Casetta, E. et Delord, J., *La biodiversité en question. Enjeux philosophiques et scientifiques*, Paris, Les Éditions Materilogiques: 155-180

BOGEN, J.

- 2013, *Theory and observation in science*, in E.N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2014 Edition), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/sum2014/entries/science-theory-observation/>

CARVALHO, M.R. *et al.*

- 2013, *Does counting species count as taxonomy? On misrepresenting systematics, yet again*, "Cladistics", 30(3): 322-329

CONCLUSIONS OF THE RADU NICO TRIAL

- 2011, Papua New Guinea National Court of Justice

DESBRUYÈRES, D.

- 1993, *La vie au fond des Océans*, "Pour la Science", n. 192

EMIG, C.C.

- 2010, *De la renommée à l'oubli: l'effet baudruche*, URL = <http://paleopolis.rediris.es/benthos/MED/Baudruche@Med.html>

- FONTAINE, B., PERRARD, A. and BOUCHET, P.  
 – 2012, *21 Years of shelf life between discovery and description of new species*, “Current Biology”, 22(22): R943-R944
- FORBES, E.  
 – 1844, *Report on the mollusca and radiata of the Aegean Sea, and on their distribution, considered as bearing on geology*, “Report of the British Association for the Advancement of Science for 1843”: 129-193
- FRANKIN, A.  
 – 2002, *Selectivity and Discord: Two Problems of Experiment*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press
- LAUBIER L. et DESBRUYÈRES D.  
 – 1984, *Les oasis du fond des océans*, “La Recherche”, n. 161
- LAZNICKA, P.  
 – 2010, *Giant Metallic Deposits: Future Sources of Industrial Metals*, 2<sup>nd</sup> ed., Berlin, Springer
- MILNE-EDWARDS, A.  
 – 1861, *Observations sur l'existence de divers Mollusques et Zoophytes à de très grandes profondeurs dans la mer méditerranée, lues à l'Académie des sciences le 15 Juillet 1861*, 149-157
- RAMIREZ-LLODRA, E. *et al.*  
 – 2011, *Man and the last great wilderness: Human impact on the deep sea*, “PLOS One”, 6(8): e22588
- REPORT 2013  
 – 2013, *Expertise scientifique collective sur les impacts environnementaux de l'exploration et de l'exploitation des ressources minérales profondes*, URL = <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Expertise-scientifique-collective,38968.html> [accessed November 2014]
- REPORT 1999  
 – 1999, *Environmental risks associated with submarine tailings discharge in Astrolabe Bay, Madang Province, Papua New Guinea. A discussion paper commissioned by the Mineral Policy Institute*, Sidney, Australia
- TSE, P.-K.  
 – 2007, *The mineral industry of Indonesia. Pp. 13.1-13.10*, in *US Geological Survey 2005 Minerals Yearbook – 2005*, URL = <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2005/idmyb05.pdf> [accessed May 2012]
- VAN DOVER, C.L. *et al.*  
 – 2014, *Ecological restoration in the deep sea: Desiderata*, “Marine Policy”, 44: 98-106
- WALLICH, G.C.  
 – 1862, *The North Atlantic Sea-Bed: Comprising a Diary of the Voyage on Board HMS Bulldog, in 1860; Observations on the Presence of animal Life, and the Formation and Nature of Organic Deposits at Great Depths in the Ocean*, London, John Van Voorst





**Article 2 – How many species of molluscs are there in the world's oceans, and who is going to describe them ?**

# How many species of molluscs are there in the world's oceans, and who is going to describe them?

Philippe Bouchet, Sophie Bary, Virginie Héros & Gilberto Marani

Muséum national d'Histoire naturelle, Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité ISYEB – UMR 7205 – CNRS, MNHN, UPMC, EPHE, Sorbonne Universités  
55 rue Buffon, CP51, F-75005, Paris, France  
pbouchet@mnhn.fr

## Abstract

Currently 46,000 valid species of Recent marine molluscs are known, which is increasing by a yearly increment of 443 new species, mostly (51.5 %) from the tropical Indo-Pacific. In the last 15 years, the Tropical Deep-Sea Benthos programme has been the single largest source of new species descriptions, and many thousands more species are awaiting description. Seventy-eight percent of the new species are described in journals/books without an Impact Factor. The population of molluscan taxonomists worldwide is on the order of 500 individuals, but 34 authors alone are responsible for 50 % of the new species descriptions; 40 % of the first authors are citizen scientists ("amateur" taxonomists) but they are responsible for 57 % of the new species descriptions. In the last 5 years, 9 % of the new species have been described in a molecular context, a steady increase from 1.5 % in the preceding five-year period. Although the yearly increment of newly described species is on the rise, at the current pace it will take 300 years to name the estimated ~150,000 marine mollusc species awaiting description. With little institutional support from academic institutions and funding agencies for baseline alpha-taxonomy, the future inventorying of the marine molluscan diversity of the world rests on the massive involvement of citizen scientists.

## résumé

### Combien d'espèces de mollusques y a-t-il dans les océans, et qui va les décrire ?

On connaît 46.000 espèces valides de mollusques marins actuels, et ce chiffre s'accroît chaque année en moyenne de 443 nouvelles espèces, principalement (51,5 %) en provenance de la région tropicale Indo-Pacifique. Au cours des 15 dernières années, le programme Tropical Deep-Sea Benthos a été la première source de descriptions de nouvelles espèces, et des milliers d'autres attendent d'être décrites. Soixante dix-huit pour cent des espèces nouvelles sont décrites dans des livres ou des périodiques sans facteur d'impact. L'effectif mondial de systématiciens spécialistes des mollusques est de l'ordre de 500 personnes ; cependant, 34 auteurs sont responsables à eux seuls de 50 % des descriptions de nouvelles espèces ; 40 % des premiers auteurs sont des « amateurs », mais ceux-ci ont publié 57 % des des-

criptions d'espèces nouvelles. Au cours des cinq dernières années, 9 % des descriptions d'espèces nouvelles ont inclus une partie moléculaire, un pourcentage en augmentation sensible par rapport aux 5 ans précédents (1,5 %). Bien que les additions à l'inventaire des mollusques du monde soient en augmentation, il faudra 300 ans au rythme actuel pour nommer les quelque 150.000 espèces de mollusques marins en attente d'une description. Le soutien de base des institutions et sources de financement de la recherche pour la taxonomie étant notoirement inadaptés, l'inventaire de la diversité des faunes malacologiques du monde ne pourra continuer à se faire qu'avec l'implication massive des amateurs.

### How mAny species Are t Here ?

The answers to the questions “How many species have been described?” and, for malacologists, “How many species of molluscs have been described?” used to be very hazy. With the development of global taxonomic authority lists, the answers are increasingly precise. As of its April 2016 edition (Roskov *et al.* 2016), the Catalogue of Life lists 1.6 M species and estimates that it is 84 % complete, *i.e.* there would currently be 1.9 million valid, described species on the planet. For marine molluscs, based on the World Register of Marine Species (WoRMS), Rosenberg (2014) estimated that  $43,600 \pm 900$  valid species had been described; WoRMS now catalogues a little over 46,000 species (WoRMS 2016), which reflects the interim increment and gap filling. There is no comparable authority list for land and freshwater molluscs, but Rosenberg (2014) estimated the total of described species of Recent molluscs to be  $73,000 \pm 3,000$ . This figure is significantly lower than previously published estimates, *e.g.* 120,000 (Ponder *et al.* 2002), that still persist in the literature, *e.g.* 117,358 Recent mollusc species (Zhang 2011, citing Noordijk *et al.* 2010). A source of uncertainty is the taxonomic validity of many nomenclaturally available names - mostly because they concern families that have not been revised globally or even regionally in many decades. Bouchet & Strong (2010) estimated that the magnitude of the bank of these nomenclaturally available names for Recent molluscs is on the order of 300,000-500,000 species-group names, of which 82,000 represent species currently considered taxonomically valid, 150,000-250,000 that have been evaluated as synonyms, and possibly another 100,000 in taxonomic purgatory (not evaluated, not in use, nomina dubia, etc.). [Note that the 82,000 species currently considered valid exceeds the  $73,000 \pm 3,000$  estimated by Rosenberg, but remains in its vicinity.]

However, the answer to the question “How many species are there on this planet?”, *i.e.* including the many species that remain to be discovered, remains disputed. The issue of the magnitude of biodiversity was revolutionized by Erwin (1982) who projected that there are 30 million species of arthropods in the tropical forests of the world. Erwin's approach had a profound impact because his model used an algorithm that others could use elsewhere in the world: How many species of beetles are specific to the canopy of one species of tree? How many species of trees are there in the tropical rainforests? What is the proportion of beetles to other arthropods in the guild of the canopy? What is the proportion of canopy to ground and litter species in the arthropod fauna of tropical forests? Erwin's approach was followed by other entomologists (*e.g.*, Stork 1988) but in the three decades that followed, ecological work has drastically revised, by one order of magnitude, the specificity of plant-insect associations (*e.g.*, Ødegaard 2006, Novotny *et al.* 2010) and current estimates of arthropod/insect diversity are now on the order of 4-7 million species.

Erwin's provocative predictions also stimulated marine biologists. Based on an analysis of the small macrofauna contained in box cores taken along a 2100 m depth contour off New Jersey, Grassle & Maciolek (1992) projected that the deep sea would have 100 million macrofaunal species, an estimate that they themselves revised to 10 million species on the grounds that much of the abyssal plain is oligotrophic. Grassle and Maciolek's extraordinary claim immediately attracted both escalation (Lamshead 1993, Poore & Wilson 1993) and controversy (May 1992, 1994). Bouchet (2006) reviewed the results of various approaches (extrapolations from samples, and from known faunas and regions, approaches using ecological criteria, censusing taxonomists' views) to address the question of the magnitude of global marine biodiversity. Based on extrapolations from the relatively well inventoried European fauna, and from Brachyura worldwide, Bouchet (2006) calculated a working estimate for the total marine biodiversity of the world of 1.4-1.6 million species. This result is on the same order of magnitude as that of Mora *et al.* (2011) who, based on patterns from which the total number of species in a taxonomic group can be estimated, predicted a total of  $2.2 \pm 0.18$  million marine species. By contrast,

Appeltans *et al.* (2012) defended the view that “previous estimates of there being well over one million marine species appear highly unlikely” and, based on expert opinion, suggested a total of 0.7–1.0 million marine species, of which 135,887–164,107 are molluscs. Costello *et al.* (2012) even suggested the total number of marine species could be as low as 0.3 million, “significantly less than some previous estimates”.

The accumulation curve of valid described marine species of molluscs (Figure 1) shows that we are nowhere near reaching an asymptote, and in fact more new species have been described in the last two decades than during any comparable period in the history of malacology. The accumulation curve therefore cannot be used to predict the total number of species of marine molluscs.

When Erwin (1982) speculated on the magnitude of the biodiversity of the planet, he considered that the number of arthropod species living in tropical forests dwarfed that of any other taxon/habitat and, in his opinion, the total number of species on the planet did not differ significantly from the number of species of tropical forest arthropods. Transposing this reasoning to the marine biota, it can be argued that the total number of marine mollusc species on the planet is driven by the number of species in the tropical Indo-West Pacific region, the richest of all marine provinces. It is usually accepted that the two main reservoirs of unknown marine species are coral reefs and the deep sea (Bouchet 2006). Fischer *et al.* (2015) have attempted to evaluate the magnitude of coral reef biodiversity, and estimated that there are 830,000 (550,000–1,330,000) species of multicellular plants and animals on coral reefs worldwide; Mollusca ranked third after Nematoda and Isopoda, with 105,000 species and a 95% confidence interval of 85,700–125,000. No such estimate has been proposed for the deep-sea. Projecting from a deepwater New Caledonia turrid dataset, Bouchet *et al.* (2009) hypothesized that the deep-water mollusc fauna of New Caledonia would amount to ca. 15,000 species, and the corresponding number for the

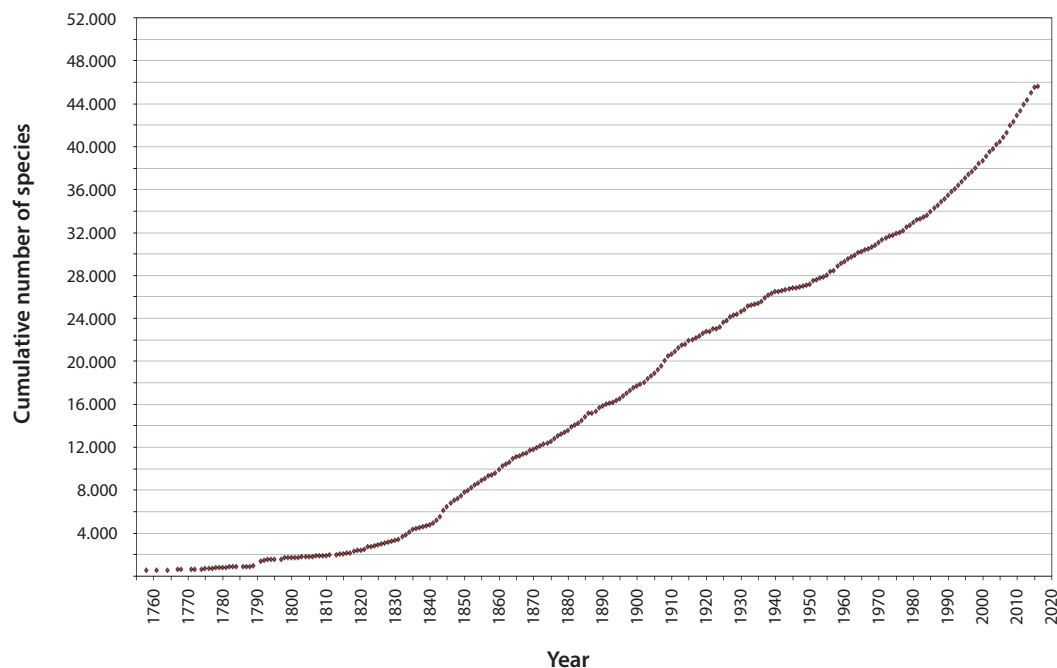


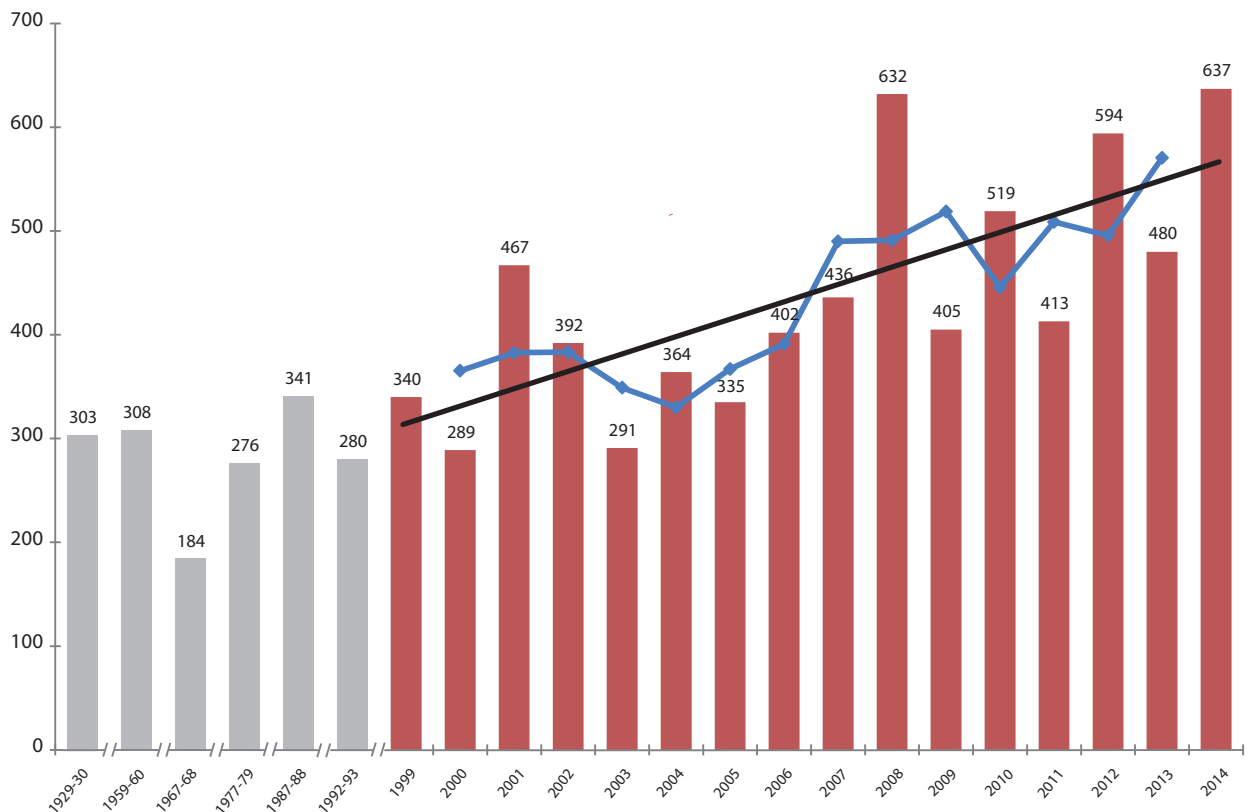
Figure 1

Accumulation curve of described marine species of molluscs currently considered valid, from Linnaeus to present.  $\Sigma$  46,154. Source: WoRMS.

South Pacific would be on the order of 23,000 species. Projecting from the numbers suggested by the programme EstimateS (Colwell 2013), this number would reach 20-25,000 species for New Caledonia, and 30-35,000 species for the South Pacific. Bouchet *et al.* (2009) refrained from scaling up geographically to the whole of the Indo-Pacific, but it is not unreasonable to speculate that the number of deep-sea mollusc species worldwide is well in excess of 50,000. All in all, when the figures for coral reef species and for the deep sea species are added, and when all biogeographical provinces and all habitats are considered, a figure of 200,000 species for all Recent marine molluscs - of which 150,000 would be undescribed - appears reasonable.

### the metrics of the increment

We have analyzed a dataset of all the new species of marine molluscs described during a 15-year period from 2000 to 2014. For each newly described species, we compiled the following, as indicated in the original publication: name(s) of the author(s), calendar year of publication, type locality, size of the holotype, bibliographic reference and impact factor of



**Figure 2**

Number of new Recent species of marine molluscs described by calendar year, and averaged with the figures for the year immediately preceding and following a calendar year.

the journal in which the description was published. Replacement names (*nomina nova*) and subspecies were not included in the count. All original sources have been consulted. For analysis, the type locality was assigned to a biogeographical region; the size was allocated to one of the following intervals, so chosen because they are equivalent in a logarithm transformation with base 2: 0.4-0.8, 0.9-1.8, 1.9-4.1, 4.2-8.7, 8.8-18.9, 19-40.9, 41-66, 89-190, 200-350, > 350 mm; journal impact factor was taken from Thomson Reuters' Journal Citation Report.

In total, 6,656 new marine mollusc species were described during the study period, on average 443 new species each year, with considerable variance among years (Figure 2); When the figure for one year is averaged with the figures for the years immediately preceding and following it, the resulting graph shows an ascending slope. A similar exercise conducted by Bouchet (1997) for the period 1967-1993 found an average of 184 new marine species per year in the 1960s, rising to 310 per year in the 1980s-1990s. This suggests that the ascending slope is part of a longer-term trend that started at least 50 years ago, the average yearly increment now standing at 485 for the last 10 years. This is the positive side of the coin. The other side is that, if there are 150,000 new species yet to be described in the oceans, it will still take more than 300 years at the current pace.

As expected, with 51.5 % of the species being from the Indo-West Pacific, that province has the lion's share of new species (Figure 3), followed by the tropical western Atlantic (19.0 %) and the tropical East Atlantic (7.9 %); with a meagre 1.8 %, the tropical East Pacific (Panamic) province is notable. The remaining temperate and cold water provinces of the world together add up to 19.8 %, with temperate East North Atlantic contributing 6.8 %, temperate North Pacific 5.1 %, southern Australia / New Zealand contributing 2.8 % and temperate South Africa 2.6 %; the contribution of the other biogeographical provinces (Arctic, Antarctic, Subantarctic / Magellanic, temperate West North Atlantic, temperate East South Pacific) to the grand total is almost negligible, reflecting both their low species richness and the fact that they are already reasonably well inventoried.

For the study period considered, new mollusc species descriptions appeared in 2,497 publications (articles and books), *i.e.* on average 166 per year. These are distributed in 191 journals (together accounting for 95.3 % of all descriptions) and 42 books (4.7 %). Of the journals, 45 are specialized mollusc journals that account for 55.6 % of the total species descriptions. In 1992-1993, Bouchet (1997) found that 47.7 % of the new species had been published in 28 specialized mollusc journals. The trend is thus towards specialized mollusc journals accounting for a higher percentage of the total output of new species. Twenty-five years ago, the journals leading in new species descriptions were *Venus*, *La Conchiglia*, *Archiv für Molluskenkunde*, *The Nautilus*, *Apex* and *The Veliger*, in descending numbers of descriptions. In the meantime, *La Conchiglia* and *The Veliger* have ceased publication, *Apex* has changed its title to *Novapex*, and the numerically leading journals have become *Novapex*, *Malacologia Mostra Mondiale*, *Iberus*, *Visaya*, *The Nautilus*, and *Gloria Maris* (Figure 4). *Zootaxa*, by far the leading generalist journal, occupies only the 6th rank overall. *Tropical Deep-Sea Benthos* (as *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*) and the *Quaderni della Civica Stazione Idrobiologica di Milano*, although technically journals with an ISSN, are here classified as books / series. The vast majority (86.6 %) of the new species descriptions were published in English, with Spanish (6.8 %) and Italian (4.7 %) represented by a sizeable proportion of the non-English descriptions, and French, Chinese, Russian, German and Portuguese each accounting for, respectively, 1, 0.3, 0.3, 0.2 and 0.1%. (For this exercise, bilingual descriptions in English and another language were counted as descriptions in English.)

Overall, 78 % of the new species descriptions were published in books or journals with no impact factor (IF); 17 % were published in journals with  $IF < 1$ , and 5 % in journals with  $IF \geq 1$  (Figure 5A). However, these statistics mask two important patterns. The first is the difference between descriptions published by academic and by non-academic authors (Figure 5B). The second is the important change that took place during the late 2000s, when an IF was assigned to journals that started the decade without one, in particular *Molluscan Research*, *Systematics and Biodiversity*, *Zoosystema* and *Zootaxa*. Thus, the percentage (27 %) of new species described in 2011-2014 in journals with an IF is significantly higher than the figure (20 %) for 2000-2003 (Figure 5C).

In the two-year periods 1929-1930 and 1959-1960, 147 and 152 individuals respectively authored or co-authored at least one new species description. In 1992-1993, the figure was 284, in 1999-2000 it was 417, and in 2007-2008, 635. Over the 15 year study period, 969 authors have authored or co-authored at least one new species description. Admittedly, the sociology of authorship of scientific articles has changed considerably over the last 50 years: the advent of scientometric indices has been a strong incentive for individuals who would have been in the acknowledgements 50 years ago to now be included as co-authors. A manifestation of this evolution is that the names of many individuals appear only once, as a co-author in second, third or fourth position, and admittedly not every one of the 969 authors and co-authors of the descriptions of the 6,656 new species described during the study period qualifies as a molluscan taxonomist. However, we believe that at least the 552 individuals who appear at least once as first author qualify as molluscan taxonomists. Although, this leaves out individuals who have never described a new species as a first author, but who have considerable taxonomic skills, this is still a high number: in fact, there have never been so many people capable of making a taxonomic decision about a new species and describing it. It is true that the contributions of many of these 552 molluscan taxonomists are marginal: 211 first authors are responsible for the descriptions of 90 % of the new species, and 34 authors alone are

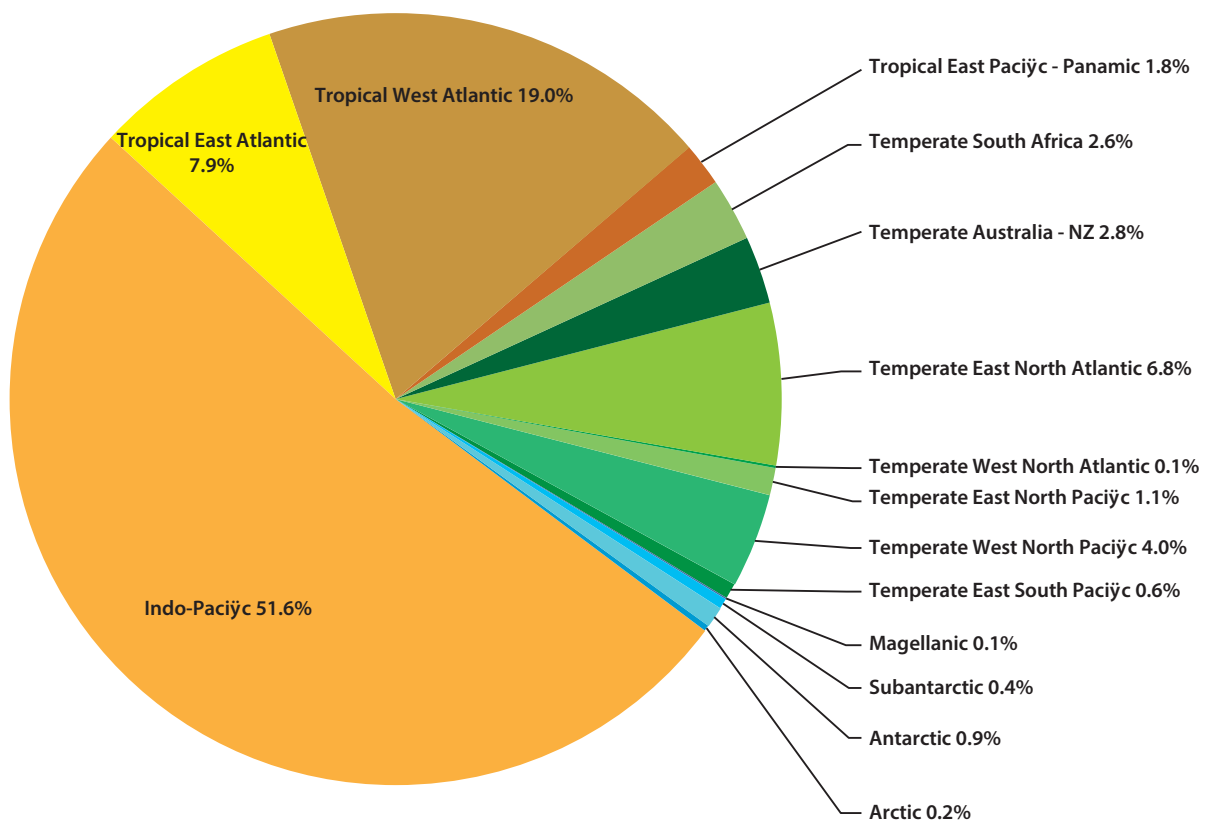


Figure 3

Biogeographical source of the new species of marine molluscs described in 2000-2014.  $\Sigma = 6,656$ .



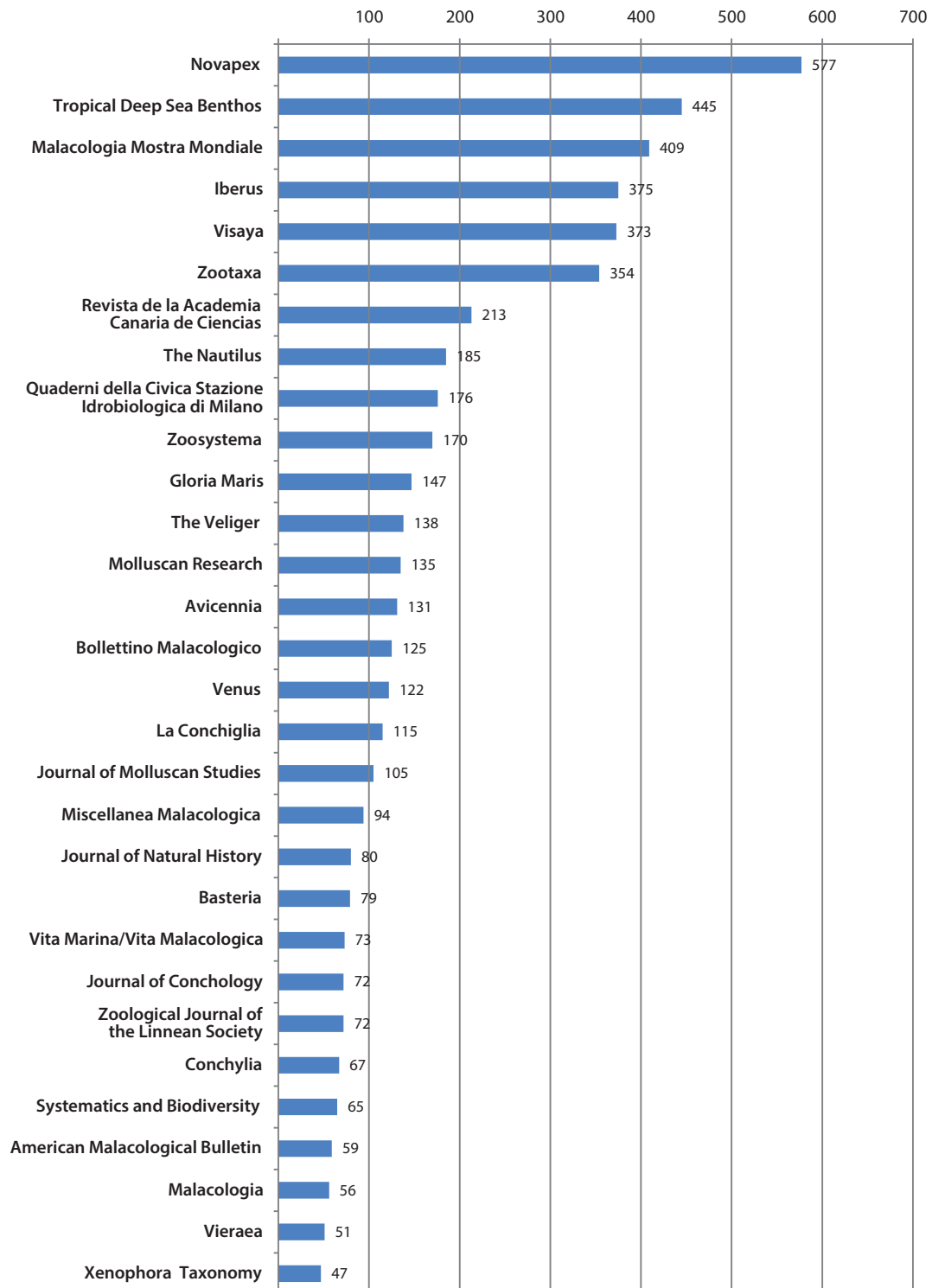
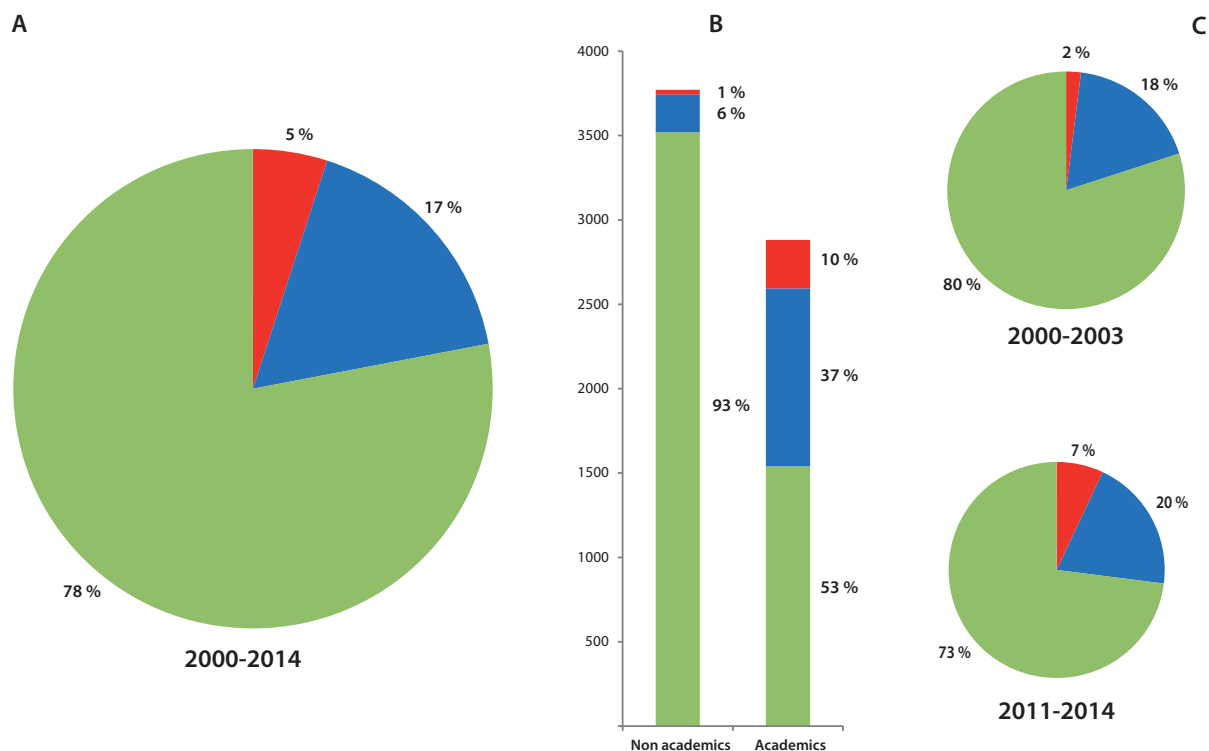


Figure 4

Publication venues where the new species of marine molluscs have been described in 2000-2014, in descending numbers of descriptions.



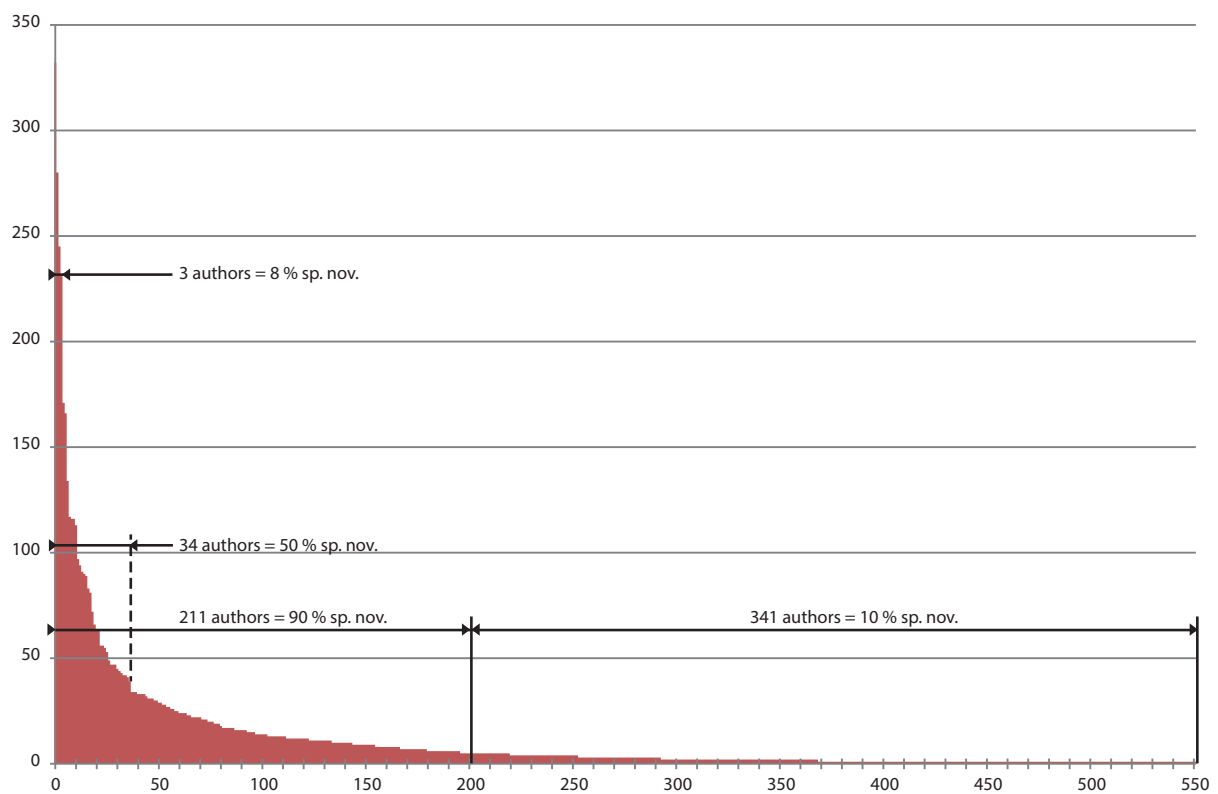
**Figure 5**

The impact of the Impact Factor. **A**, Percentage of new species descriptions, 2000-2014, by publication type. **b**, Total number of species (scale on left) and percentage of new species descriptions, 2000-2014, by academic and non-academic authors, by publication type. **c**, Percentage of new species descriptions, 2000-2003 and 2011-2014, by publication type. Colour code: no Impact Factor (green),  $0 < IF < 1$  (blue), and  $1 \leq IF$  (red).

responsible for 50% of the new species; yet 341 first authors (*i.e.* 62 % of the authors) are responsible for 10 % of the new species (Figure 6). We accept that among the latter, some may be specialists of taxa in which the discovery of new species has become rare (*e.g.*, oysters, cephalopods) or requires considerable work in the laboratory (*e.g.*, aplacophorans). However, for the majority of molluscan families, the number of new species awaiting description is not a limiting factor, and, given the length of the study period (15 years), the data suggest that, for many of the 341 first authors, and for still more of the 417 authors in second, third or fourth positions, alpha-taxonomy is of secondary scientific interest.

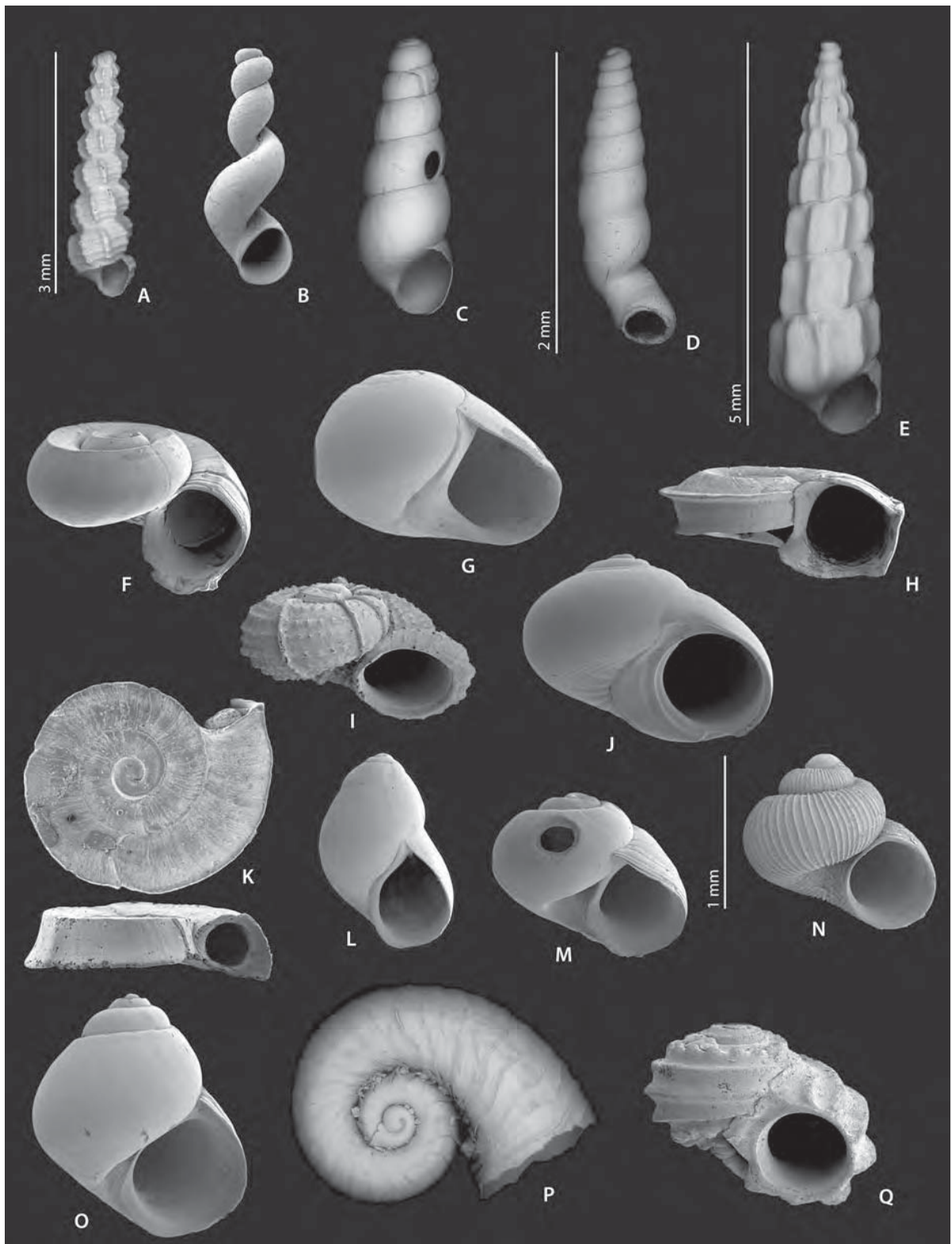
That there are more people describing species new to science than ever before, and that this is not simply due to multiple authorships of papers, has also been noticed in other branches of biodiversity research (Costello *et al.* 2012, Costello 2014, Coleman 2015). Costello also defended the view that the number of species described per author is declining, suggesting that it is getting harder to discover new species because the more conspicuous ones have been discovered, but that the increased overall size of the scientific community globally is offsetting this and maintaining the rate of discovery. It is certainly true that the discovery curve for families of large, shallow-water molluscs such as Strombidae

or Veneridae has flattened considerably, but this tendency is not even true for families of collectible gastropods such as Volutidae, Mitridae, Muricidae or Conidae, and is even less true for families of micromolluscs such as Cerithiopsidae. We believe that, if it is true that the number of species described per author is on average declining (an assertion we cannot confirm or reject), this is mainly due to the many authors who describe only one or two species, especially as second, third or additional authors. As we show here, the factor limiting the description of more new species of marine molluscs is the availability of taxonomists - not the availability of new species to be described - and the difficulties sampling them. The collections brought together by the Tropical Deep-Sea Benthos programme alone contain many thousands of new species, mostly in families with no specialist at all (Figure 7).



**Figure 6**

Abundance-rank curve of the number of new species described by each first author ( $\Sigma = 552$ ) in 2000-2014. 34 authors alone are responsible for 50% of the new species descriptions, and 341 authors are responsible for 10%.



### the importance of citizen scientists

Authors were assigned to either academic [professional scientists] or non-professional/non-academic [citizen scientists] categories. For this exercise, we have treated as “citizen scientist” an author who does not work in academia, irrespective of whether he/she has an academic degree; conversely, within “academic”, we have not segregated professionals after their retirement age, or collection managers who may actually not be paid to do taxonomy, or students with or without a grant. We made these assignments essentially by personal knowledge of the position of individual authors, and not based on addresses given on published papers, as citizen scientists sometimes use institutional addresses.

Of the 552 first authors 60 % are academics, but they are responsible for only 43 % of the new species descriptions, *i.e.* 40 % of the first authors are citizen scientists but they are responsible for 57 % of the new species descriptions. Of the top seven authors in terms of number of new species described, five (Alberto Cecalupo, Anselmo Peñas, Emilio Rolán, Luigi Bozzetti and Guido Poppe) are citizen scientists, and two (José Espinosa, Jesus Ortea) are or were academics. As could be expected, the publication strategy of academics and non-academics is markedly different, with new species described by the latter overwhelmingly (93.3 %) published in outlets without impact factor, while this figure is 53.4 % for new species described by academics; conversely, 46.6 % of the new species described by academics are published in journals with an impact factor (10.0 % with  $IF \geq 1$ ), vs 6.7 % of the new species described by citizen scientists (0.8 % with  $IF \geq 1$ ). This undoubtedly reflects differences in perceptions of advantages of different types of publications by the two categories of authors: an IF is of prime importance to a professional academic, even when this may mean exorbitant subscription prices or page charges from a commercial publisher; in contrast, a non-academic will instead value the speed of publication, and inexpensive publication costs including free colour plates. Academics often misrepresent non-professional journals as publications without a review process. Whereas journals published by mainstream academic publishers are invariably reviewed, academic journals published by local institutes or by learned societies may or may not be submitted to stringent reviews, and many amateur journals also have a review system. The rationale of the review system may however differ between academic and non-academic journals; the former will give special attention to methods, terminology and repeatability, the latter will rather focus on having the validity of the new species evaluated by another expert.

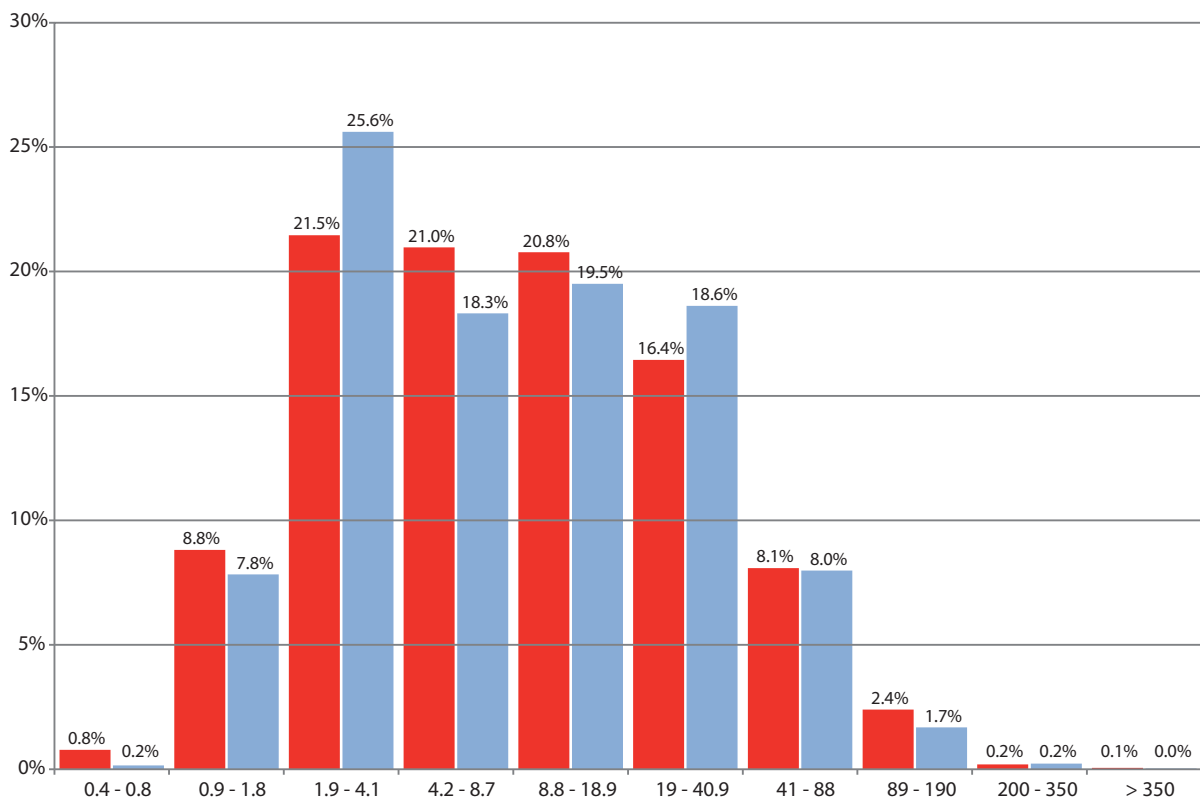
With such a high percentage of new species described by citizen scientists, we wanted to examine the hypothesis that there is a bias towards describing the larger species in collectible families. However, when the pattern of size classes for new species is compared to that for all molluscs from a coral reef site in New Caledonia (2,738 species; Bouchet *et al.* 2002; see also Kantor & Sysoev 2005), the match is remarkable (Figure 8). As another measure of the possible bias towards larger species being preferentially described by citizen scientists, we investigated the percentages of species smaller than 2 mm, and larger than 40 mm, described by amateurs and by professionals, respectively: the resulting figures are 58 vs

#### Figure 7

Examples of likely undescribed species of molluscs generated by the *Tropical Deep-Sea Benthos* programme, in need of attention by a taxonomic expert. **A**, a species of *Coenaculum*, family Tofanellidae, Fiji, MUSORSTOM 10 stn DW1365, 18°13'S, 178°32'E, 295-302 m. **B**, a species of Iravadiidae from sunken wood, Vanuatu, SANTO 2006 stn AT50, 15°37'S, 167°14'E, 140-153 m. **C**, a heterobranch probably in the family Tofanellidae, Loyalty Is, MUSORSTOM 6 stn DW459, 21°01'S, 167°31'E, 425 m. **D**, a species of *Pelycidion*, family Pelyciidiidae, Coral Sea, EBISCO stn DW2565, 20°21'S, 158°41'E, 414-419 m. **E**, a species possibly in the family Epitoniidae, French Polynesia, TARASOC stn DW3327, 18°45'S, 152°16'W, 747-836 m. **F**, a species of *Sahlugia* [unassigned Vetigastropoda] from sunken wood, Vanuatu, SANTO 2006 stn AT106, 15°02'S, 166°55'E, 548-560 m. **G**, a skeneimorph of unknown position, Solomon Islands, SALOMON 1 stn CP1857, 09°40'S, 160°49'E, 720-849 m. **H**, a species of *Bichoristes*, family Lepetellidae, New Caledonia, VAUBAN 1978-1979 stn DW40, 22°20'S, 167°10'E, 175-200 m. **I**, a skeneimorph of unknown position, Solomon Islands, SALOMON 1 stn DW1856, 09°46'S, 160°52'E, 254-281 m. **J**, a vetigastropod resembling the Jurassic genus *Falsataphrus*, family Ataphridae, Solomon Islands, SALOMON 1 stn DW1767, 08°19'S, 160°40'E, 98-200 m. **K**, a species of *Rufanula*, possibly in the family Omalogyridae, New Caledonia, SMIB 3 stn DW22, 23°00'S, 167°19'E, 503 m. **L**, a species possibly in the family Vitrinellidae, Vanuatu, SANTO 2006 stn AT96, 15°07'S, 166°53'E, 328-354 m. **M**, a skeneimorph of unknown position, Coral Sea, EBISCO stn CP2647, 21°32'S, 162°27'E, 747 m. **N**, a skeneimorph species of Seguenzioidea, New Caledonia, BATHUS 3 stn DW809, 23°39'S, 167°59'E, 650-730 m. **O**, a species of Skeneidae from sunken wood possibly belonging to the genus *Dillwynella*, Solomon Islands, SALOMON 1 stn CP1858, 09°37'S, 160°42'E, 435-461 m. **P**, a species of *Lyocyclus*, family Lyocyclusidae, Mozambique Channel, MAINBAZA stn CC3172, 25°59'S, 34°35'E, 630-638 m. **Q**, a species of *Leucorhynchia*, family Skeneidae, Wallis and Futuna, MUSORSTOM 7 stn DW495, 19°03.8'S, 163°06.3'E, 78-80 m. Scale bars: 1 mm (**L, m, n**), 2 mm (**b, c, D, F, G, H, i, J**), 3 mm (**A, K, o, p, Q**), 5 mm (**e**).

42 % (less than 2 mm) and 54.5 vs 45.5 % (larger than 40 mm), which is remarkably close to the respective contributions of citizen scientists and professionals (57 vs 43 %). To conclude, the size pattern of newly described species appears to be fairly representative of the size pattern of Recent marine molluscs in general, and there is no bias towards describing larger species. In fact, during the study period, several major papers describing many new species of micromolluscs have been authored by non-academics (*e.g.*, McCleery 2008, Peñas & Rolán 2010, Cecalupo & Perugia 2012).

Another frequent misconception about new species described by citizen scientists concerns their taxonomic validity. Of the 6,656 new species described in the study period, 203 (3.0 %) have already been synonymized in print, as recorded in WoRMS; of these 203, 125 (61.5 %) had been described by non-academics and 78 (38.5%) had been described by academics, which is not significantly different from the relative proportions of overall descriptions by the two categories of authors (57 vs 43 %). Although, this is a very small percentage of synonyms, it should be remembered that synonymization, when it takes place, may occur several decades after a new species has been described: Solow *et al.* (1995) determined that it takes on average 43 years to recognize a synonym in the Thysanoptera. Based on a subset of 1,996 new nominal species described between 1960 and 1995, Bouchet (1997) determined a synonymy ratio of 1.62, *i.e.* 38 % of the newly described



**Figure 8**

Histogram of the adult size (in millimetres) of the new species of marine molluscs described in 2000-2014 (red;  $\Sigma = 6,656$ ), compared to those from an intensive survey of a 30,000 hectare coastal site in New Caledonia (blue;  $\Sigma = 2,738$  species).

species were regarded as synonyms by 1997; this is a much higher percentage of synonyms than the one arrived at in the present essay. Bouchet himself thought that his 1960-1995 subset included a high proportion of species in collectible families, and the resulting synonymy ratio was probably an overestimation. We also know that the taxonomic mood in the 1960s-1980s leaned strongly towards lumping; not infrequently, species that were then lumped in synonymy have since been resurrected as valid thanks to better research material, new field observations or molecular techniques. The bottom line is that, in the future, probably more nominal species will be resurrected from synonymy than taxa currently considered valid will be newly synonymized.

Since the papers by Solow (1995) and Bouchet (1997), the advent of internet communication has undoubtedly reduced the time from description to taxonomic revision but, in the case of molluscs, and many other invertebrates, a majority of new species is described in families/regions for which the author is the only expert, and this is the main reason why the time to taxonomic revision extends over several decades.

### **the Long March to publication**

A little more than a decade ago, May's (2004) vision - shared by many enthusiasts of the barcoding revolution - was that "over the next decade or so advances in molecular biology accompanied by appropriate technologies will, I believe, provide us with widgets such that we can put a piece of a newly collected specimen into them, have appropriate bits of DNA sequenced, and then have the machine give us information about whether this species is indeed new to us". The molecular revolution has profoundly influenced molluscan phylogenetics and classification, but it has not (yet?) profoundly affected molluscan alpha-taxonomy and new species discovery. To test the impact of molecular data on molluscan alpha-taxonomy articles, we screened two sets of 200 randomly selected new species descriptions, one set of descriptions published in 2005-2009 and the second published in 2010-2014, and we checked in the original article whether the descriptions refer to molecular sequences. The resulting figures - 1.5 % and 9 % of the descriptions including molecular data, respectively - suggest that the impact of molecular data on alpha-taxonomy is definitely rising, but is still very modest. Looking with more detail at the distinction between citizen scientists and professionals, we found that 20.3 % of the new species described by academics in 2010-2014 use molecular data, but only 1.7 % of those described by citizen scientists do - and always in papers co-authored with academics - an imbalance reflecting differences in access to, and capabilities about, molecular techniques and the use of sequences.

Commenting on the benefits of the molecular and digitizing revolutions, which would make "a complete catalogue of life on Earth available within the next 25 years or so", as envisioned at the 'summit conference' held at Harvard University in October 2001 (Wilson 2004), May (2004) himself was skeptical («I am inclined to wonder what these people had been smoking!»). Rather, we wish to argue here that the bottlenecks to describing and naming the remaining species of marine molluscs of the world are not technical or technological, but scientific, sociological and regulatory.

(i) **Scientific.** The comparison of specimens of a potentially new species with closely related known species is a first and essential step on the road to description. However, this is a road with formidable obstacles, with regard to both morphological and molecular characters. Bouchet & Strong (2010) showed that many nominal species are typified by name-bearing types that can be atrociously worn, or without their protoconch, and certainly without DNA. Currently only 4,340 identified (*i.e.* not counting those identified only at genus rank) species of molluscs have sequences in BOLD and/or GenBank. This is 9.4 % of the 46,000 known species; although progress has been made since Puillandre *et al.*'s (2009) attempts to identify gastropod egg cases from their barcode, we are still a long way away from Robert May's widget that could "give us information about whether this species is new to us".

(ii) **Sociological.** A large number of families, especially the species-rich families of micromolluscs, have not been revised in 100 years or more, and can be intimidating to a beginner, academic or not. No research funding agency is going to support the taxonomic revision of a large group of molluscs if the research at its core is not hypothesis driven, answer "big questions" or have a significant "broader context". Consequently, these families, which represent large reservoirs of unknown species, have no global expert, and often not even regional experts.

(iii) **Regulatory.** The first step to making known an unknown species is to sample it in the field (May 2004). Before the international Convention on Biological Diversity (CBD), which came into force in 1994, everything that was not explicitly forbidden (*e.g.* collecting protected species, collecting in protected areas) was permitted. With the CBD, and its most recent manifesto, the Nagoya Protocol, everything that is not explicitly permitted is illegal. Field work is now possible only under permits issued by the host countries, which determine what can be collected and how the specimens can be used. In-country regulations have often been put in place with medicinal plants and vertebrates in mind, and invertebrate systematists find themselves confronted with permit applications requiring, *e.g.*, a list of the species and number of specimens they would like to collect, requirements which are of course impossible to fulfil when one explores for small and little-known invertebrates. The future will tell whether Article 8a of the Nagoya Protocol (encouraging the Parties to the protocol to “create conditions to promote and encourage research [...] through simplified measures on access for non-commercial research purposes”) will reverse the ebb of the tide. For the time being, complying with regulations on “Access and Benefit Sharing” and “Prior Informed Consent” is a formidable obstacle on the road to the discovery of new species.

A frequent misconception, not only among the general public, but also among non-taxonomist academics, is that the discovery of a new species takes place in the field, and is swiftly followed by publication. In fact, based on a subset of 600 new species randomly selected among all biota (vertebrates, arthropods, other invertebrates, plants, fungi, protists) and published in 2007, Fontaine *et al.* (2012) showed that it takes on average 21 years between the collection of the first specimen of a new species in the field and its formal description. This figure varies among taxa (the average for plants is 30 years), among country affiliation of authors (it is shorter in emerging countries, longer in developed countries), and among biomes (it is shorter for aquatic biota). This long shelf life is explained by both sociological and ecological considerations: (a) many new species belong to families for which there is no specialist and, after collection, newly collected specimens are archived in museums and herbaria for an indeterminate amount of time; (b) because most species are naturally rare (Bouchet *et al.* 2002, 2009; Albano *et al.* 2011), many new species are likely to be represented by a single specimen at the time of first collection, so even when a specialist quickly recognizes it as a new species, the chance is that he/she will be reluctant to describe it based on a single specimen; that single specimen will thus be set aside until additional specimens are collected. Indeed, Fontaine *et al.* (2012) showed that shelf life was significantly shorter for new species based on single specimens than that (in increasing duration) based on 2-4, 5-10, 11-30 and >30 specimens.

We have used the recently published monograph (Fallon 2016) of the Drilliidae of the tropical western Atlantic, an ostensibly reasonably well surveyed tropical region, to analyze patterns of shelf life and the role of citizen scientists, not only as authors of new descriptions, but also as collectors of new species. In Fallon's study area, 65 nominal species had historically been established, of which he considered 48 to be valid, 16 synonyms and one nomen dubium. Of the 48 valid species, five are not represented by material collected since their original descriptions. Fallon described 100 new species, of which 49 were based on existing museum collections and 51 on material in private collections. Additionally, Fallon (*pers. comm.*) knew of at least 12 more species that he thought were new, but were omitted from the monograph principally because there were too few specimens to be certain of their uniqueness or because the specimens were in poor condition. Dates of first collection are available for 131 of the 148 valid species treated in the monograph, with an average shelf life of 25 years. Unexpectedly, the shelf life of the 40 species already historically described had been 14 years, but was 30 years for the 91 species newly described in the monograph. Molecular data were available for 12 species (8%), including 5 new species with sequenced holotypes

#### **the citizen scientist connection in Tropical Deep-Sea Benthos**

With 959 new described species, *i.e.* 14.4% of all mollusc species described during the study period (2000-2014), the Tropical Deep-Sea Benthos programme has been the single largest source of newly described mollusc species. It has involved 115 authors and co-authors, of which 53 are non-professionals, responsible as first author for the descriptions of 65% of the new species.



The programme has rested mostly on conventional, government-operated and government-funded research vessels deploying low-tech field equipment (dredges and beam trawls) at modest costs. Although the resulting collections belong to a national academic institution, we have actively sought the interest and involvement of non-professionals in the research on this material. The present volume is emblematic of this network, with academic and non-academic, active and retired, authors together contributing to the description of another 137 new species of molluscs. We hope that our experience will inspire those who do not want to wait another 300 years to see the completion of the inventory of the marine molluscs of the world. Academics and non-academics are equal when it comes to access to imaging software, scanning electron microscopy, and - including the development of the Biodiversity Heritage Library (BHL) - internet resources. However, access to molecular resources is strongly unbalanced between academics and non-academics, and we identify this as a major bottleneck to the future of molluscan alpha-taxonomy.

### ACKNOWLEDGEMENTS

Bart Vanhoorne and Wim Decock (WoRMS DataBase Management Team, VLIZ) performed ad hoc queries in WoRMS at our request; Phil Fallon did the same for his dataset of tropical western American drilliids. Anders Warén and Philippe Maestrati provided material for Figure 7. Yuri Kantor, Robert Cowie and Ellen Strong reviewed an earlier draft of this essay.

### REFERENCES

- ALBANO P., SABELLI B. & BOUCHET P. 2011 — The challenge of small and rare species in marine biodiversity surveys: microgastropod diversity in a complex tropical coastal environment. *Biodiversity and Conservation* 20(13): 3223-3237.
- APPELTANS W., AHYONG S.T., ANDERSON G., ANGEL M.V., ARTOIST., BAILLY N., BAMBER R., BARBER A., BARTSCH I., BERTA A. *et al.* 2012 — The magnitude of global marine species diversity. *Current Biology* 22: 1-14.
- BOUCHET P. 1997 — Inventorying the molluscan diversity of the world: what is our rate of progress? *The Veliger* 41(1): 1-11.
- BOUCHET P. 2006 — The magnitude of marine biodiversity, in DUARTE C.M. (ed.), *The exploration of marine biodiversity. Scientific and technological challenges*: 31-62. Fundación BBVA, Bilbao.
- BOUCHET P. & STRONG E.E. 2010 — Historical name-bearing types in marine molluscs: an impediment to biodiversity studies?, in A. POLASZEK (ed.), *Systema Naturae* 250: 63-74. CRC Press, London.
- BOUCHET P., LOZOUET P., MAESTRATI P. & HEROS V. 2002 — Assessing the magnitude of species richness in tropical marine environments: exceptionally high numbers of molluscs at a New Caledonia site. *Biological Journal of the Linnean Society* 75: 421-436.
- BOUCHET P., LOZOUET P. & SYSOEV A. 2009 — An inordinate fondness for turrids. *Deep-Sea Research II* 56: 1724-1731.
- CECALUPO A. & PERUGIA I. 2012 — Family Cerithiopsidae H. Adams & A. Adams, 1853 in the central Philippines (Caenogastropoda: Triphoroidea). *Quaderni della Civica Stazione Idrobiologica di Milano* 30: 1-262.
- COLEMAN C.O. 2015 — Taxonomy in times of the taxonomic impediment – examples from the community of experts on amphipod crustaceans. *Journal of Crustacean Biology* 35(6): 729-740.
- COLWELL R.K. 2013 — EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. <http://purl.oclc.org/estimates>
- COSTELLO M.J. 2014 — Further evidence of more taxonomists discovering new species, and that most species have been named: response to Bebbler *et al.* (2014). *New Phytologist* 202: 739-740.
- COSTELLO M.J., WILSON S. & HOULDING B. 2012 — Predicting total global species richness using rates of species description and estimates of taxonomic effort. *Systematic Biology* 61(5): 871-883.
- ERWIN T.L. 1982 — Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *Coleopterists' Bulletin* 36: 74-82.
- FALLON P.J. 2016 — Taxonomic review of tropical western Atlantic shallow water Drilliidae (Mollusca: Gastropoda: Conoidea) including descriptions of 100 new species. *Zootaxa* 4090(1): 1-363.
- FISHER R., O'LEARY R.A., LOW-CHOY S., MENSERSEN K., KNOWLTON N., BRAINARD R.E. & CALEY M.J. 2015 — Species richness on coral reefs and the pursuit of convergent global estimates. *Current Biology* 25: 500-505.
- FONTAINE B., PERRARD A. & BOUCHET P. 2012 — 21 years of shelf life between discovery and description of new species. *Current Biology* 22(22): R943-944.
- GRASSLE J.F. & MACIOLEK N.J. 1992 — Deep-sea species richness: regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples. *American Naturalist* 139: 313-341.
- KANTOR Y.I. & SYSOEV A.V. 2005 — A preliminary analysis of biodiversity of molluscs of Russia and adjacent territories. *Ruthenica* 14(2): 107-118.
- LAMBSHEAD J. 1993 — Recent developments in marine benthic biodiversity research. *Oceanis* 19: 5-24.
- MAY R.M. 1992 — How many species inhabit the Earth? *Scientific American* 10: 18-24.
- MAY R.M. 1994 — Biological diversity: differences between land and sea. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B, 343: 105-111.
- MAY R.M. 2004 — Tomorrow's taxonomy: collecting new species in the field will remain the rate-limiting step. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B, 359: 733-734.

- McCLEERY T. 2008 — Descriptions of sixteen new species of the genus *Gibberula* Swainson, 1840 (Gastropoda: Cystiscidae) from the Caribbean. *Novapex* 9(2-3): 101-118.
- MORA C., TITTENSOR D.P., ADL S., SIMPSON A.G.B. & WORM B. 2011 — How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biology* 9(8): e1001127.
- NOORDIJK J., VAN LOON A.J., KLEUKERS R.M.J.C. & NIEUKERKEN E.J. VAN. 2010 — De Nederlandse biodiversiteit. *Nederlandse Fauna* 10: 1-460.
- NOVOTNY V., MILLER S.E., BAJE L., BALAGAWI S., BASSETY., CIZEK L., CRAFT K.J., DEM F., DREW R.A.I., HULCR J., LEPS J., LEWIS O.T., POKON R., STEWART A.J.A., SAMUELSON G.A. & WEIBLEN G.D. 2010 — Guild-specific patterns of species richness and host specialization in plant-herbivore food webs from a tropical forest. *Journal of Animal Ecology* 79: 1193-1203.
- ØDEGAARD F. 2006 — Host specificity, alpha- and beta-diversity of phytophagous beetles in two tropical forests in Panama. *Biodiversity and Conservation* 15: 83-105.
- PEÑAS A. & ROLÁN E. 2010 — Deep water Pyramidelloidea of the tropical South Pacific: *Turbonilla* and related genera, in GOFAS S. (ed.) Tropical Deep Sea Benthos 26. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle* 200: 1-436.
- PONDER W., HUTCHINGS P. & CHAPMAN R. 2002 — *Overview of the conservation of Australian Marine Invertebrates*. Environment Australia, Canberra, Australia.
- POORE C.B. & WILSON G.D.F. 1993 — Marine species richness. *Nature* 361: 597-598.
- PULLANDRE N., STRONG E.E., BOUCHET P., BOISSELIER M.-C., COULOUX A. & SAMADI S. 2009 — Identifying gastropod spawn from DNA barcodes: possible but not yet practicable. *Molecular Ecology Resources* 9: 1311-1321.
- ROSENBERG G. 2014 — A new critical estimate of named species-level diversity of the Recent Mollusca. *American Malacological Bulletin* 32(2): 308-322.
- ROSKOV Y., ABUCAY L., ORRELL T., NICOLSON D., FLANN C., BAILLY N., KIRK P., BOURGOIN T., DEWALT R.E., DECOCK W., DE WEVER A., eds. 2016 — Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2016 Annual Checklist. Digital resource at [www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2016](http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2016). Species 2000: Naturalis, Leiden, The Netherlands.
- SOLOW A.R., MOUND L.A. & GASTON K.J. 1995 — Estimating the rate of synonymy. *Systematic Biology* 44: 93-96.
- STORK N. 1988 — Insect diversity: facts, fiction and speculation. *Biological Journal of the Linnean Society* 35: 321-337.
- WILSON E.O. 2004 — Taxonomy as a fundamental discipline. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B*, 359: 739.
- WoRMS 2016 — World Register of Marine Species. <http://www.marinespecies.org/> Last accessed 20 June 2016.
- ZHANG Z.-Q. 2011 — Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* 3148: 7-12.



# **Article 3 – Bi-Pattern Mining of Two Mode and Directed Networks**

# Bi-Pattern Mining of Two Mode and Directed Networks

Henry Soldano\*  
LIPN UMR-CNRS 7030, Université  
Paris-Nord  
Villetaneuse, France  
ISYEB UMR 7205, Museum National  
d’Histoire Naturelle  
Paris, France  
henry.soldano@mnhn.fr

Guillaume Santini  
LIPN, Université Paris-Nord  
Villetaneuse, France  
guillaume.santini@lipn.univ-paris13.  
fr

Dominique Bouthinon  
LIPN, Université Paris-Nord  
Villetaneuse, France  
dominique.bouthinon@lipn.  
univ-paris13.fr

Sophie Bary  
ISYEB, Museum National d’Histoire  
Naturelle  
Paris, France  
sophie.bary@mnhn.fr

Emmanuel Lazega  
Institut d’Etudes Politiques de Paris,  
CSO-CNRS  
Paris, France  
emmanuel.lazega@sciencespo.fr

## ABSTRACT

In two-mode networks there are two kinds of vertices, i.e. objects, each being possibly described with a proper attribute set. This means that to select a subnetwork according to vertex descriptions we have to consider a pair of vertex subsets. A common technique is to extract from a network an essential subnetwork, the core subgraph of the network. Formal Concept Analysis and closed pattern mining were previously applied to networks with the purpose of reducing extensions of patterns to be core subgraphs. To apply this methodology to two-mode networks, we need to consider the two vertex subsets of two-mode cores and define accordingly abstract closed bi-patterns. Each component of a bi-pattern is then associated to one mode. We also show that the same methodology applies to hub-authority cores of directed networks in which each vertex subset is associated to a role (in or out). We illustrate the methodology both on a two-mode network of epistemological data and on a directed advice network of lawyers.

## CCS CONCEPTS

• **Information systems** → **Data mining**; • **Human-centered computing** → **Social networks**;

## KEYWORDS

Closed Pattern Mining; Core Subnetwork; Attributed Network; Two-Mode Network; Directed Network

## ACM Reference Format:

Henry Soldano, Guillaume Santini, Dominique Bouthinon, Sophie Bary, and Emmanuel Lazega. 2018. Bi-Pattern Mining of Two Mode and Directed Networks. In *WWW ’18 Companion: The 2018 Web Conference Companion*,

\*Contact Author

This paper is published under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. Authors reserve their rights to disseminate the work on their personal and corporate Web sites with the appropriate attribution.

*WWW ’18 Companion*, April 23–27, 2018, Lyon, France

© 2018 IW3C2 (International World Wide Web Conference Committee), published under Creative Commons CC BY 4.0 License.

ACM ISBN 978-1-4503-5640-4/18/04.

<https://doi.org/10.1145/3184558.3191568>

April 23–27, 2018, Lyon, France. ACM, New York, NY, USA, 8 pages. <https://doi.org/10.1145/3184558.3191568>

## 1 INTRODUCTION

The aim of this article is to extend the Closed Pattern mining (CPM) and Formal Concept Analysis (FCA) methodologies in order to investigate attributed two-mode networks as well as directed networks according to the *in* and *out* roles of their vertices. This follows previous work in which these methodologies were applied to undirected and directed graphs. Note that there is no difference between the two methodologies in that they enumerate the same closed patterns, however FCA is also interested in the structure of this result as a conceptual structure.

Most of the work in social and complex networks analysis consider unlabelled and undirected networks and is concerned by what may be said about the topological structure of the network. Various ways have been proposed to extract interesting subgraphs. In particular in the core-periphery model the network is made of a *core subgraph*, i.e. a dense subgraph whose vertices are highly connected, together with its *periphery*, made of vertices highly connected to the core, but poorly connected between them [6]. The first formal core definition was the *k*-core subgraph which is the greatest subnetwork whose vertices all have degree at least *k* in the subnetwork [16]. By changing the topological property we obtain various core definitions [2]. Core definitions have also been considered in directed networks. In particular a core definition has been proposed in [10] to investigate collaboration within directed networks. The requirement is then that both *indegrees* and *outdegrees* of vertices have to be higher than thresholds. A different kind of core is related to the *Hub-Authority* idea which considers that a vertex may be prominent in a network according to only one or both of its *out* or *in* roles [11]. The HA-core has been recently defined in order to express this idea [20].

Various recent works on complex networks analysis take into account information provided as labels about vertices or edges. The network is then called a *labelled* or *attributed* network. This leads to mine and rank patterns as pairs of constraints on topology and labels [8, 14, 17]. Recently a new approach has been presented

extending CPM and FCA to attributed graphs by reducing the vertex subset in which an attribute pattern occur, using *interior operators* [18]. Such an operator reduces then a vertex subset to its core subset. In particular the HA-core mentioned above was defined to investigate this way an advice network in a lawyer firm [20].

Two-mode networks are bipartite graphs made of two vertex sets representing in general two kind of entities, for instance actors and movies, together with edge relating entities of each kind, as for instance "G. Clooney acted in Ocean's Eleven". Until recently they were mostly investigated by extracting single mode networks, relating for instance actors to actors who participated to the same movies. However in [5] the authors advocated the direct investigation of two-mode networks, and core definitions for two-mode networks have been recently proposed by Cerinsek and Batagelj [7]. When such a network is attributed each kind of vertex is described according to a proper attribute set. This means that we need patterns made of two attribute subsets, we call *bi-patterns*, that select two vertex subsets. In this article we investigate the abstract *bi-concept* lattices resulting from the adaptation of the abstract FCA methodology to attributed two-mode networks. This allows for instance to require actors to be American and movies to be recent, but only consider vertices of a subnetwork in which each actor played in at least 2 movies and each movie is linked to at least 3 actors. Such bi-patterns may also be defined in the directed case when considering subgraphs in which a pattern is associated to each of the in or out vertex roles.

## 2 PRELIMINARIES

### 2.1 Abstract Closed Pattern Mining and Concept lattices

The closed pattern mining and Formal Concept Analysis (FCA) frameworks consider the occurrences of patterns in a set of objects  $V$ . The pattern language  $L$  is partially ordered in such a way that if  $q' \geq q$ , i.e.  $q'$  is *more specific* than  $q$ , then whenever  $q'$  occurs in object  $v$ ,  $q$  also occurs in  $v$ . The set of occurrences  $\text{ext}(q)$  of a pattern  $q$ , i.e. the object subset in which  $q$  occurs, is called its *extension* in  $V$ . The purpose common to closed pattern mining and FCA is then to represent, in a condensed way, the set of *definable* subsets of  $V$ , i.e. subsets which are pattern extensions.

Enumerating the definable subsets of  $V$  comes down to enumerate the classes of the relation stating as equivalent two patterns with same extension. The more favorable situation is the one in which there is a unique most specific pattern in each class. This happens whenever the pattern language is a complete lattice. In original FCA the pattern language is the powerset of a set of binary attributes, however FCA has more recently been extended to more general languages called pattern structures [9]. The most specific pattern of a class may then be accessed from any pattern  $q$  of the same class through a closure operator. We define hereunder closure operators together with their dual *interior operators*.

*Definition 2.1.* Let  $S$  be an ordered set and  $f : S \rightarrow S$  a self map such that for any  $x, y \in S$ ,  $f$  is monotone, i.e.  $x \leq y$  implies  $f(x) \leq f(y)$  and idempotent, i.e.  $f(f(x)) = f(x)$ , then if  $f(x) \geq x$ ,  $f$  is called a *closure operator* while if  $f(x) \leq x$ ,  $f$  is called an *interior operator*.

Formal Concept Analysis goes beyond enumeration of closed patterns: FCA considers knowledge discovery as the process of discovering the ordering structure of the data to analyse. It relies primarily on the Galois connection<sup>1</sup> between the pattern language and the extensional space, i.e. the powerset of objects:

**PROPOSITION 2.2.** *Let  $(L, \leq)$  be a lattice called the pattern language,  $V$  be a set of objects and  $d : V \rightarrow L$  be an operator that describes the object  $x$  as an element  $d(x)$  of  $L$ . Let  $\text{ext}(q) = \{x \in V \mid q \leq d(x)\}$  define the subset of objects in which pattern  $q$  occurs. Then*

- $\text{int}(V') = \bigwedge_{x \in V'} d(x)$  is the greatest element of  $L$  which occurs in  $V'$
- $(\text{int}, \text{ext})$  define a Galois connection on  $(2^V, L)$

Concept lattices are consequently defined as the ordering of concepts, i.e. maximal pairs of elements from  $2^V$  and  $L$ . In what follows we will use interior operators to define the more general framework of abstract concept lattices. Interior operators were introduced in FCA to reduce the concept lattice size, either by reducing the pattern language [9] or the extensional space [15]. First we recall a general result [15, 21] together with a corollary defining *abstract concept lattices*:

**PROPOSITION 2.3.** *Let  $X$  and  $L$  be two lattices,  $(\text{int}, \text{ext})$  be a Galois connection on  $(X, L)$  and  $p$  be an interior operator on  $X$ . Let  $A = p[X]$ , then  $(\text{int}, p \circ \text{ext})$  is a Galois connection on  $(A, L)$ .*

**COROLLARY 2.4.**

- i)  $f = \text{int} \circ p \circ \text{ext}$  is a closure operator on  $L$
- ii)  $h = p \circ \text{ext} \circ \text{int}$  is a closure operator on  $A$
- iii)  $h[A]$  and  $f[L]$  are two anti-isomorphic lattices and the lattice of the  $(e, c)$  pairs where  $c = \text{int}(e)$  and  $e = p \circ \text{ext}(c)$  form a lattice, ordered following  $A$ , isomorphic to  $h[A]$ .

In such a concept  $(e, c)$ ,  $e$  is called its (*abstract*) *extent* while  $c$  is its *intent* i.e. the abstract closed pattern whose abstract extension  $p \circ \text{ext}(c)$  is  $e$ .

As the new equivalence relation is coarser, i.e.  $\text{ext}(q) = \text{ext}(q')$  implies  $p \circ \text{ext}(q) = p \circ \text{ext}(q')$ , there is less abstract closed patterns than closed patterns, thus leading to a more condensed representation of patterns occurring on  $V$ . Note the useful one to one correspondence between interior operators on a lattice and their range (see [3] for the dual result on closure operators):

**PROPOSITION 2.5.** *Let  $X$  be a complete lattice. A subset  $A$  of  $X$  is the range of an interior operator on  $X$  if and only if  $A$  is closed under join. The interior operator  $f : X \rightarrow X$  is then unique and defined as  $f(x) = \bigvee_{\{a \in A \mid a \leq x\}} a$ .*

$A$  is closed under join means here that the join of any subset, including the empty subset  $\emptyset$ , belongs to  $A$ . We further call  $A$  an *abstraction* of  $X$ , hence we may define abstract concept lattices through interior operators as well as abstractions.

*Example 2.6.* We exemplify hereunder the closure operator  $f = \text{int} \circ \text{ext}$  returning closed patterns in the standard closed itemset mining case. We further write subsets as strings, i.e. 12 stands for  $\{1, 2\}$ . Patterns are subsets of  $I = \{a, b, c, d\}$ , objects in  $V = \{1, 2, 3\}$  are described as  $d[V] = \{a, ab, abc\}$ . We have then for instance

<sup>1</sup>Galois connections are defined in Appendix A

$\text{ext}(b) = 23$  and as a consequence,  $f(b) = d(2) \cap d(3) = ab \cap abc = ab$ ,  $f(abc) = d(3) = abc$  and  $f(d) = abcd$ . The latter closure means that  $d$  is in the set of patterns with empty support set whose greatest element is  $abcd$ .

We consider the operator  $p$  on  $2^V$  such that  $p(e) = e$  except for singletons that are projected on the empty set:  $p(\{1\}) = p(\{2\}) = p(\{3\}) = \emptyset$ . We have then  $p \circ \text{ext}(ab) = p(\{2, 3\}) = \{2, 3\}$  and as a consequence  $f(ab) = abc$  as in the non-abstract case. However  $p \circ \text{ext}(abc) = p(\{3\}) = \emptyset$  and now  $f(abc) = abcd$  as  $abcd$  is the greatest element with empty abstract support set.

The corresponding abstraction  $A = p[2^{123}]$  is generated by union closure of size 2 subsets  $\{12, 23, 13\}$  and it is then straightforward that for any  $e$ ,  $p[e]$  is the greatest subset of  $A$  smaller than or equal to  $e$ . For instance,  $p[12] = 12$  as 12 belongs to  $A$  while  $p[1] = \emptyset$  as no element of  $A$  except  $\emptyset$  is included in subset 1.

## 2.2 Cores and Closed Pattern Mining of Attributed Networks

Now, consider the object set as the vertex set  $V$  of some graph whose vertices are each labelled by a description in a pattern language. Defining the essential part of a graph, i.e. its *core subgraph*, relies on all vertices satisfying some boolean property. Let  $G = (V, E)$  be a graph. Vertex properties are defined as  $P : V \times 2^V \rightarrow \{\text{true}, \text{false}\}$  mappings where  $P(v, X)$  is true whenever vertex  $x$  satisfies some condition within the subgraph  $G_X$  induced by the vertex subset  $X$ . The *core subgraph* of a graph  $(V, E)$  is then defined as the subgraph  $G_{V'}$  induced by the largest vertex subset  $V'$ , also called its *core*, whose vertices  $v$  all have property  $P(v, V')$ .

To define a core, we need  $P$  to be such that there does exist such a largest vertex subset with property  $P$ . This is true whenever  $P$  is *monotone* i.e. for any  $x \in X_1 \subseteq X$  we have that  $P(x, X_1)$  and  $X_2 \supseteq X_1$  implies  $P(x, X_2)$  [2, 18]. The following result allows then to apply abstract FCA to graphs:

**PROPOSITION 2.7.** *The operator that reduces a vertex subset  $V'$  of a graph  $G$  to the core of the subgraph  $G_{V'}$  is an interior operator on  $2^V$ .*

As a result, abstract concept lattices together with closure operators are defined in such a way that each *extent*  $p \circ \text{ext}(c)$  is a core while the associated *intent*  $c$  is the most specific pattern that occurs in this core. Abstract closed pattern mining has been applied to undirected networks [19] as well as directed networks [20]. The next section is first motivated by applying FCA to two-mode networks, i.e. networks in which an edge relates a vertex from a vertex set  $V_1$  to a vertex from a vertex set  $V_2$ . The vertices may then be described in two different pattern languages  $L_1$  and  $L_2$ .

## 3 ABSTRACT FORMAL BI-CONCEPT ANALYSIS

We consider lattice products both regarding extensions and pattern languages and will obtain a new Galois connection whose associated lattice we call a bi-concept lattice.

### 3.1 Bi-concept lattices

Lattice products are also lattices according to the so-called cartesian ordering:

**PROPOSITION 3.1.** *Let  $(X_1, \leq_1, \vee_1, \wedge_1)$  and  $(X_2, \leq_2, \vee_2, \wedge_2)$  be two lattices, and consider the cartesian product  $X = X_1 \times X_2$  together with the binary relation  $\leq$  defined as  $(x_1, x_2) \leq (y_1, y_2)$  iff  $x_1 \leq_1 y_1$  and  $x_2 \leq_2 y_2$ . Then  $(X, \leq, \vee, \wedge)$  is a lattice with join and meet defined as:*

- $(x_1, x_2) \vee (y_1, y_2) = (x_1 \vee_1 y_1, x_2 \vee_2 y_2)$
- $(x_1, x_2) \wedge (y_1, y_2) = (x_1 \wedge_1 y_1, x_2 \wedge_2 y_2)$

We may then build a Galois connection on lattices products (see proof in Appendix A):

**PROPOSITION 3.2.** *Let  $X = X_1 \times X_2$  and  $L = L_1 \times L_2$  be two lattices product, and let  $(\text{int}_1, \text{ext}_1)$  and  $(\text{int}_2, \text{ext}_2)$  be Galois connections on respective lattices pairs  $(X_1, L_1)$  and  $(X_2, L_2)$ . Consider the mappings  $\text{int}$  and  $\text{ext}$  on  $X$  and  $L$  such that:*

- $\text{int}(x_1, x_2) = (\text{int}_1(x_1), \text{int}_2(x_2))$
- $\text{ext}(l_1, l_2) = (\text{ext}_1(l_1), \text{ext}_2(l_2))$

then  $(\text{int}, \text{ext})$  define a Galois connection on  $(X, L)$

In what follows we consider two Galois connections as defined in Proposition 2.2. We have then  $X = (2^{V_1}, 2^{V_2})$ :

**Definition 3.3.** The lattice of the Galois connection on lattice products  $(X, L)$  is called a bi-concept lattice, and each  $(x, l)$  pair such that  $l = \text{int}(x)$  and  $x = \text{ext}(l)$  is called a bi-concept with intent  $l$  and extent  $x$ .

Abstract FCA uses an interior operator to obtain smaller concept lattices, and we will allow the interior operator to create the dependency between the two components of the extent which is necessary to represent cores of two-mode networks.

### 3.2 Abstract bi-concept lattices

Proposition 2.3 states that applying an interior operator to a lattice involved in a Galois connection preserves the connection. The interior operator in the bi-concept case applies to a pair of object subsets, i.e. has domain  $X = 2^{V_1} \times 2^{V_2}$ :

**Definition 3.4.** Let  $p$  be an interior operator on  $X$  and  $(\text{int}, \text{ext})$  be the Galois connection on  $(X, L)$  associated to a bi-concept lattice. Then the lattice of the Galois connection  $(\text{int}, p \circ \text{ext})$  on  $(p[X], L)$  is called the abstract bi-concept lattice associated to  $p$ .

We exemplify hereunder these definitions. According to Proposition 2.5 we may derive an interior operator  $p$  from a subset of  $X$  closed under join. We will hereunder make use of this property to represent the interior operator.

**Example 3.5.** Let  $V_1 = \{1, 2\}$  and  $V_2 = \{3, 4\}$  be two object sets and  $X_1 = 2^{V_1} = \{\emptyset, 1, 2, 12\}$  while  $X_2 = 2^{V_2} = \{\emptyset, 3, 4, 34\}$ . Objects of  $V_1$  are labelled by subsets of  $I_1 = \{a, b, c\}$  while objects of  $V_2$  are labelled by subsets of  $I_2 = \{w, x\}$ . The descriptions of the objects from  $V_1$  and  $V_2$  respectively as subsets of  $I_1$  and  $I_2$  are as follows:

- $d_1(1) = ab, d_1(2) = b, d_2(3) = wx, d_2(4) = x$

Consider the abstraction  $\{(\emptyset, \emptyset), (1, 4), (2, 3), (12, 34)\}$  and the associated interior operator  $p$ . Now, we have that

- $p(12, 34) = (12, 34)$ ,
- $p(1, 34) = (1, 4)$  and  $\text{int}(1, 4) = (ab, x)$
- $p(12, 3) = (2, 3)$  and  $\text{int}(2, 3) = (b, wx)$
- $p(1, 3) = p(\emptyset, 3) = (\emptyset, \emptyset)$  and  $\text{int}(\emptyset, \emptyset) = (abc, wx)$

We obtain then the following abstract bi-concept lattice:

$$\begin{aligned}
& ((12,34) (b,x)) \\
((1,4) (ab,x)) & \quad ((2,3),(b,wx)) \\
& ((\emptyset, \emptyset),(abc,wx))
\end{aligned}$$

The set of abstract closed-bi-patterns with extent different from  $(\emptyset, \emptyset)$  is then  $\{(b, x), (ab, x), (b, wx)\}$ .

#### 4 CORES ASSOCIATED TO VERTEX SUBSET PAIRS

In what follows we consider the subnetwork induced by a pair of vertex subsets  $(W_1, W_2)$ . When considering  $W_1 \subseteq V_1$  and  $W_2 \subseteq V_2$  we simply write  $(W_1, W_2) \leq (V_1, V_2)$  or call  $(W_1, W_2)$  a subset pair of  $(V_1, V_2)$ . The following definition may be applied to a two-mode network  $(V_1, V_2, E)$  as well as to a single mode network by considering  $V = V_1 = V_2$ .

*Definition 4.1.* Let  $G = (V_1, V_2, E)$  be a network, the subnetwork induced by the subset pair  $(W_1, W_2)$  is the network  $G_{(W_1, W_2)} = (W_1, W_2, E')$  where  $E'$  is the edge subset relating vertices from  $W_1$  to vertices from  $W_2$ .

We need to define monotone properties in this context:

*Definition 4.2.*  $P_1 : V_1 \times 2^{V_1} \times 2^{V_2} \rightarrow \{true, false\}$  is said monotone if and only if for any  $w \in V_1$  and any subset pairs  $(W_1, W_2)$  and  $(W'_1, W'_2) \geq (W_1, W_2)$ ,

$$P_1(w, W_1, W_2) \text{ implies } P_1(w, W'_1, W'_2)$$

In the same way  $P_2$  on  $V_2 \times 2^{V_1} \times 2^{V_2}$  is monotone whenever for any  $w \in V_2$ ,  $P_2(w, W_1, W_2)$  implies  $P_2(w, W'_1, W'_2)$

Cores will then be defined thanks to the following result (see proof in Appendix A):

*PROPOSITION 4.3.* Let  $(P_1, P_2)$  be a pair of monotone properties, and  $(W_1, W_2)$  be a subset pair of  $(V_1, V_2)$ . Then there exists a greatest subset pair  $(S_1, S_2) \leq (W_1, W_2)$  such that  $P_1(v_1, S_1, S_2)$  holds for all elements  $v_1$  of  $S_1$  and  $P_2(v_2, S_1, S_2)$  holds for all elements  $v_2$  of  $S_2$ .

We will further call this subset pair  $(S_1, S_2)$  the *core subset pair* of  $(W_1, W_2)$  and define core subgraphs accordingly:

*Definition 4.4.* Let  $G = (V_1, V_2, E)$  be a network, and  $(P_1, P_2)$  be a pair of monotone properties. The subnetwork  $G_{(S_1, S_2)}$  induced by the core subset pair  $(S_1, S_2)$  is called the core subnetwork of  $G$ .

We benefit then from a result similar to Proposition 2.7:

*PROPOSITION 4.5.* The operator that reduces a subset pair  $(W_1, W_2) \leq (V_1, V_2)$  to its core subset pair  $(S_1, S_2)$  is an interior operator on  $2^{V_1} \times 2^{V_2}$ .

We first define the *h-a* BHA-core of a two-mode network:

*Definition 4.6.* The *h-a* BHA-core of the network  $G$  is defined through the following pair of core properties:

- $P_1(v, X_1, X_2)$  holds if and only if the degree of  $v_1 \in X_1$  in  $G_{(X_1, X_2)}$  is at least  $h$ .
- $P_2(v, X_1, X_2)$  holds if and only if the degree of  $v_2 \in X_2$  in  $G_{(X_1, X_2)}$  is at least  $a$ .

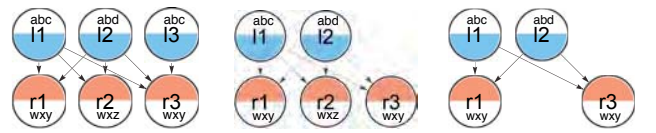
$P_1$  and  $P_2$  are clearly monotone and therefore the *h-a* HA-core is properly defined. This core definition is equivalent when considering two-mode networks to the definition presented by Cerinsek and Batagelj [7] in which the *p-q* BHA-core is called the  $(p, q)$ -core, and more generally any such generalized two-mode core may be rewritten according to a pair of core properties. We may also consider a single mode network  $G(V, E)$  as a two-mode network  $G(V, V, E)$  and consider subgraph induced by a pair of vertex subsets according to Definition 4.1. We may then consider core definitions of undirected and directed networks in which vertices may have two roles. In the directed case we relate hereunder this HBA-core to the hub-authority core defined in [20]:

*PROPOSITION 4.7.* Let  $G = (V, E)$  be a directed network rewritten as the two-mode network  $G_T = (V, V, E)$ . Let then  $p_{\text{BHA}}$  be the interior operator associated to the *h-a* BHA-cores of  $G_T$  and consider  $p_{\text{HBA}}(W, W) = (S_1, S_2)$ , then  $S_1 \cup S_2$  is the *h-a* HA-core of the subgraph  $G_W$  induced by  $W$ ,  $S_1$  is its hub vertex subset while  $S_2$  is its authority vertex subset.

This means that we have generalized hub-authority cores by extracting them from subgraphs induced by pairs of vertex subsets  $W_1, W_2$  in such a way that hubs belong to  $W_1$  while authorities belong to  $W_2$ . This will be illustrated in Section 6.2. We give hereunder an example with a two-mode network.

*Example 4.8.* We consider the two-mode network pictured on the leftmost part of Figure 1. The two vertex sets are  $V_1 = \{l_1, l_2, l_3\}$  and  $V_2 = \{r_1, r_2, r_3\}$ . Vertices of  $V_1$  are labelled by subsets of  $I_1 = \{a, b, c, d\}$  while vertices of  $V_2$  are labelled by subsets of  $I_2 = \{w, x, y, z\}$ .

The most general bi-pattern  $(\emptyset, \emptyset)$  occurs in the whole network. Its 2-2 BHA-core is displayed in the middle of Figure 1 and is induced by  $(l_1 l_2, r_1 r_2 r_3)$ . We have then as the corresponding closed bi-pattern  $\text{int}(l_1 l_2, r_1 r_2 r_3) = (ab, wx)$ . When adding attributes to this bi-pattern we obtain subnetworks whose 2-2 HA-core is empty, except when adding  $y$  to  $wx$ . The corresponding bi-pattern  $(ab, wxy)$  occurs in  $(l_1 l_2 l_3, r_1 r_3)$  whose corresponding 2-2 BHA-core is displayed in the rightmost part of Figure 1 and has vertex sets pair  $(l_1 l_2, r_1 r_3)$ . This bi-pattern is closed as nothing can be added without losing some vertex. Furthermore, adding anything to  $(ab, wxy)$  result in an empty 2-2 HA-core. The corresponding bi-concept lattice is therefore the total ordering of the 3 bi-concepts  $((l_1 l_2, r_1 r_2 r_3), (ab, wx)), ((l_1 l_2, r_1 r_3), (ab, wxy))$  and  $((\emptyset, \emptyset), abcd, wxyz)$ .



**Figure 1: The two 2-2 BHA-cores in bi-concepts of Example 4.8. The leftmost part displays the whole network. In the middle we have its 2-2 BHA-core associated to the closed bi-pattern  $(ab, wx)$ . The rightmost part of the figure displays the 2-2 BHA-core associated to the other, more specific, bi-pattern  $(ab, wxy)$ .**



## 5 COMPUTING THE INTERIOR OF $(X_1, X_2)$ AND ENUMERATING ABSTRACT CLOSED BI-PATTERNS

### 5.1 Computing interiors

We present now a generic algorithm to compute the interior  $p(X_1, X_2) = (S_1, S_2)$  associated to the pair of monotone properties  $(P_1, P_2)$ . It is basically a rewriting of the algorithm proposed in [7] when  $V_1 \cap V_2 = \emptyset$  and also corresponds in the directed case, when considering  $X_1 = X_2$ , to the algorithm proposed in [20] to compute the HA-core. Let  $n$  be the number of vertices and  $m$  be the number of edges, the algorithm performs at most  $n$  iterations while the inner loop need  $O(m)$  operations as far as  $p$  needs only to access the neighbourhood of each vertex. The overall complexity is then  $O(m * n)$ . A more efficient algorithm in  $O(m * \max(\Delta, \log n))$ , where  $\Delta$  is the highest degree within the graph, is obtained by adapting the variant cited in [2] which uses two heaps as data structures for nodes of each mode.

```

Interior  $(X_1, X_2)$ 
2   $S_1 \leftarrow X_1; S_2 \leftarrow X_2$ 
3  repeat
4     $Z_1 \leftarrow S_1; Z_2 \leftarrow S_2$ 
6    for  $x \in Z_1$  do
9      if  $\neg P_1(x, Z_1, Z_2)$  then withdraw  $x$  from  $S_1$  end
14   done
6    for  $x \in S_2$  do
9      if  $\neg P_2(x, Z_1, Z_2)$  then withdraw  $x$  from  $S_2$  end
14   done
15  until  $S_1 = Z_1$  and  $S_2 = Z_2$ 
16  return  $S_1$  and  $S_2$ 

```

### 5.2 Bi-pattern enumeration

We focus now on abstract closed bi-pattern enumeration. Building the bi-concept lattice has therefore to be a post-processing step. The enumeration follows the same process as abstract closed pattern enumeration, i.e. the efficient divide and conquer scheme described in [4] as implemented in the program MinerLC<sup>2</sup>. The adaptation is straightforward: the closure operator is now  $f_A = \text{int} \circ p \circ \text{ext}$  where  $p$  is the interior operator as defined above. To perform enumeration of abstract closed bi-patterns we specialize each abstract closed bi-pattern  $(q_1, q_2)$  by adding either an element of  $I_1$  to  $q_1$  or an element of  $I_2$  to  $q_2$ .

The algorithm **bi-patterns** is described hereunder with the following notations: Let  $q = (q_1, q_2)$  be a bi-pattern, *i*)  $\text{add}(i, q)$  returns either  $(q_1 \cup i, q_2)$  when  $i \in I_1$  or  $(q_1, q_2 \cup i)$  when  $i \in I_2$ , *ii*)  $\text{minus}(I, q)$  returns the set of items which belong neither to the left part nor to the right part of the bi-pattern  $q = (q_1, q_2)$ , i.e.  $\text{minus}(I, q) = I_1 \setminus q_1 \cup I_2 \setminus q_2$ . *iii*) The exclusion pair list  $EL$  is a subset pair of  $(I_1, I_2)$ .

**Algorithm bi-patterns**  $(V)$

```

 $S \leftarrow p(V)$ 
enum(int(S))

```

**Function enum** $(q, S, EL)$

**With:**  $q$  an abstract closed bi-pattern,  $EL$  an exclusion list

**Ensures:** outputs the frequent abstract closed bi-patterns  $q'$

where  $q' \geq q$  and  $q'$  contains no items of  $EL$

*Output*  $(q, S)$

**for all**  $x \in \text{minus}(I, q)$  **do** // specialize  $q$

$S_x \leftarrow p(\text{add}(x, q))$

**if**  $|S_x| \geq s$  **then**

$q_x \leftarrow \text{int}(S_x)$

**if**  $q_x \cap EL = (\emptyset, \emptyset)$  **then** //  $q$  not yet enumerated

enum( $q_x, S_x, EL$ )

$EL \leftarrow \text{add}(EL, x)$

**end if**

**end if**

**end for**

*Example 5.1.* We follow on from Example 4.8 and consider  $s = 1$  as a minimal support. The algorithm starts by computing the 2-2 HA-core  $G_c$  of the whole graph  $G$ .  $G$  and  $G_c$  are displayed respectively on the left and on the middle of Figure 1. Function **enum** is then called with the core closed pattern  $q = \text{int}(\text{vs}(G_c)) = \text{int}(\{l_1, l_2, r_1, r_2, r_3\}) = (l_a l_b, r_a r_b)$  and first outputs the pair  $((l_a l_b, r_a r_b), \{l_1, l_2, r_1, r_2, r_3\})$ , and then adds to  $q$  in turn each item in  $\text{minus}(I, q) = \{l_c, l_d, r_c, r_d\}$ :

- $\text{add}(l_c, q) = (l_a l_b l_c, r_a r_b)$  selects a subgraph whose core is empty. As a result the branch is pruned as smaller subgraphs would also result in an empty core.
- $\text{add}(l_d, q) = (l_a l_b l_d, r_a r_b)$  selects also a subgraph whose core is empty.
- $\text{add}(r_c, q) = (l_a l_b, r_a r_b r_c)$  selects  $\{l_1, l_2, l_3, r_1, r_3\}$  whose core displayed on the right of Figure 1 has vertex set  $\{l_1, l_2, r_1, r_3\}$ . The core closed bi-pattern  $q_x = (l_a l_b, r_a r_b r_c)$  is computed and having null intersection with the empty list  $EL$  leads to another recursive call of **enum**. This call will output the pair  $(q_x, \{l_1, l_2, r_1, r_3\})$  but there will be no deeper recursive calls as 2-2 HA structure with strictly less than four nodes are excluded. We have then  $EL$  set to  $\{r_c\}$  prior to the next iteration.
- $\text{add}(r_d, q) = (l_a l_b, r_a r_b r_d)$  selects a subgraph whose core is empty.

As **enum** ends **bi-patterns** also ends. The two closed bi-patterns that have been output are the most specific bi-patterns that occur respectively in the 2-2 B-cores, displayed on the middle and the right of Figure 1.

## 6 EXPERIMENTS

The implementation is an adaptation of the minerLC software. The first experiment concerns a new two-mode network while the second concerns a well-known directed social network available on the minerLC web page (see above).

### 6.1 A two-mode network of epistemological data

We are currently investigating a two-mode network concerning data related to a MNHN-IRD program (called MUSORSTOM then Tropical Deep-Sea Benthos) of expeditions to explore the deep-sea in the Indo-West Pacific region, since 1976 [1]. In this network 596 edges relate 74 campaigns to 268 participants to these campaigns.

<sup>2</sup><https://lipn.univ-paris13.fr/MinerLC/>

Campaigns are described following their date and location, the type of fishing gear (dredge, trawl), the objectives of the campaign as well as species described during the campaign. Regarding participants the attributes concern the location of the institution they belong to, their scientific domain as well as bibliometrics. We have in particular searched abstract bi-concepts associated to a 3-4 HA cores (subnetworks whith participants to at least 3 campaigns, and campaigns with at least 4 participants). As an illustration Figure 2 displays two bi-patterns whose intents mainly differ on their campaign component. The subnetworks, before core reduction, are made of respectively 132 and 135 vertices while core subnetworks represent extents of respectively 80 and 76 vertices. Vertices are displayed at their original position in the whole network according to a standard force directed drawing [12]. The difference between the extents are mainly in the left part of the network, which means that differences concern campaigns and participants which are strongly related within the original network.

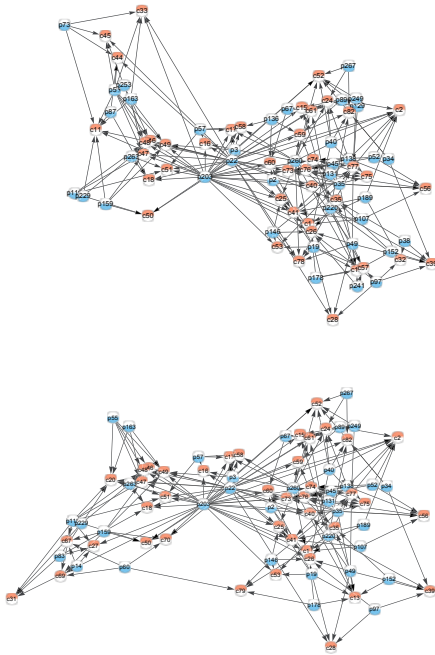


Figure 2: Two 3-4 HA bi-concept extents from the experiments on the Participant-Campaign two-mode network. On top the intent requires campaigns (prefixed with 'c' and red-colored) whose main objective is the faunistic inventory while on the bottom campaigns have to satisfy various constraints in particular about the species described during the campaign.

## 6.2 A lawyers advice network

This dataset concerns a network study of corporate law partnership that was carried out from 1988 to 1991 in New England [13]. It concerns 71 attorneys (partners and associates). In the Advice

network<sup>3</sup>, each attorney is described using various attributes. and 892 directed edges  $xy$  relate attorney  $x$  who goes to attorney  $y$  for basic professional advice. This network was investigated in [20] applying the abstract closed pattern methodology using the HA-core definition. We use here the attributed network as found in the minerLC web page (see above).

We apply our bi-pattern methodology using the 9-9 BHA-core which corresponds to a 9-9 HA-core as far as we have equal input vertex subsets  $W_1 = W_2 = W$  (see Prop. 4.7). As an example, we consider the following closed bi-pattern  $q = (q_1, q_2)$  where  $q_1 = "25 < \text{Age} \leq 50, \text{Seniority} \leq 25"$  and  $q_2 = "30 < \text{Age} \leq 65, 5 < \text{Seniority}"$ . This pattern corresponds to the abstract closed bi-pattern with least homogeneity among the 82 abstract closed bi-patterns. Homogeneity is defined as the Jaccard similarity between the two components of its (non abstract) extension:  $h(q) = |\text{ext}_1(q_1) \cap \text{ext}_2(q_2)| / |\text{ext}_1(q_1) \cup \text{ext}_2(q_2)|$ . Our motivation is to consider bi-patterns which are unlikely to appear as cores of single patterns. This way bi-pattern analysis is complementary to single pattern analysis. We observe that 68 vertices over the 71 vertices of the whole advice network satisfy at least one of  $q_1$  and  $q_2$  i.e. satisfy  $q_1 \cap q_2 = "25 < \text{Age} \leq 65"$ . Only 24 vertices among these 68 satisfy both single patterns resulting in homogeneity  $h(q) = 0.368$ . The 9-9 BHA-core subgraph of  $q$  is much smaller, with 33 vertices 13 of which are both in  $H$  and  $A$  vertex subsets. Note that the 9-9 HA core associated to  $"25 < \text{Age} \leq 65"$  is much larger: it contains 50 vertices with  $|H \cap A| = 23$  and also is the 9-9 HA-core of the whole subgraph. This BHA-core subgraph displayed Figure 3 represents a group of young lawyers seeking advices from elder lawyers who are in the firm for at least five years.

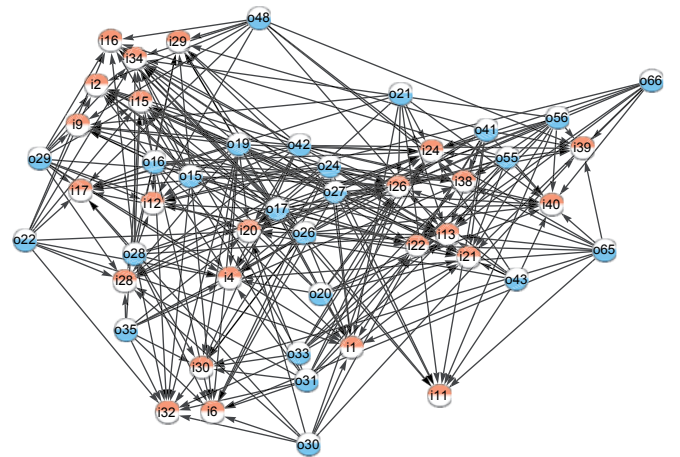


Figure 3: The 9-9 BHA-core of the lawyers advice subnetwork associated to the bi-pattern ( $"25 < \text{Age} \leq 50, \text{Seniority} \leq 25"$ ,  $"30 < \text{Age} \leq 65, 5 < \text{Seniority}"$ ) represented as a two-modes network in which vertices in  $H$  (resp.  $A$ ) are prefixed with 'o' (resp. with 'i'). Vertices from 1 to 36 are partners, the other are associates.

<sup>3</sup>Available at: [https://www.stats.ox.ac.uk/~snijders/siena/Lazega\\_lawyers\\_data.htm](https://www.stats.ox.ac.uk/~snijders/siena/Lazega_lawyers_data.htm)

We also experimented with a weaker 6-6 BHA-core abstraction, then resulting in 32010 abstract closed bi-patterns among which 262 have homogeneity less than 0.1. There were in particular 7 bi-patterns with null homogeneity, one among which represents lawyers from Boston whose law domain is litigation. In this bi-pattern 7 associate lawyers with age between 26 and 45 and seniority no more than 5 years go for advice to 7 older lawyers (both partners and associates) with age between 31 and 60 and seniority more than 6. Finally we conduct experiments involving 4-4 BHA-cores resulting in 293 490 bi-patterns, found in few minutes<sup>4</sup>, to be compared to the 930 single patterns observed in [20]. Indeed bi-pattern mining on directed networks may generate much more results than single pattern mining though focussing on low homogeneities lightens this burden. Selecting unexpected pattern, adapting the method from [20], should also be efficient though we still need some way, as the MDL pattern selection scheme (see for instance [22]), to sample among bi-patterns associated to similar cores.

### 6.3 Scalability

First note that we did not use any constraint on the cores sizes, i.e. we considered  $s = 1$  as a minimum size threshold. This is a rather general situation: the topological constraint associated to the core definition allows a better exploration of patterns occurrences as strengthening the constraint, i.e. increasing  $h$  or  $a$ , decreases the number of closed pattern, therefore reducing the need of pruning using a minimum size threshold and allowing to find unfrequent patterns. Now, the two networks in our experiments are rather small and dense networks whose vertices have a detailed description. Scalability of the enumeration depends on the cost of core computation as well as the number of bi-patterns to output. Core computation is efficient [2], and have been performed on very large networks and the closed pattern enumeration uses an efficient top-down general algorithm [4]. However the scalability, as mentioned above, also depends on the size of the pattern language and bi-pattern mining means a pattern space which size is the product of the single pattern spaces. We still have to build large two-mode and directed attributed networks to experiment practical scalability.

## 7 CONCLUSION

Previously, it was shown that reducing a network to its core was the result of applying an interior operator to its vertex set, and that consequently abstract closed patterns could be searched for to mine attributed networks. In the present article we show that extending the core idea to subnetworks induced from vertex subset pairs we may define closure operators on bi-patterns resulting in bi-concept lattices. Closed bi-pattern mining as defined here appears then as a natural way to investigate attributed two-mode networks and may be applied to directed networks when considering nodes separately according to their in or out role in the core subnetwork. The methodology is illustrated on epistemological data relating campaigns to participant to these campaigns and a Lawyers advice network. The idea may be extended to multiple patterns i.e. tuples

$G_{(W_1, W_2)}$	Subgraph induced by vertex subsets $W_1, W_2$
$(P_1, P_2)$	Monotone core property pair
$(S_1, S_2) = p(W_1, W_2)$	Core subset pair of $(W_1, W_2)$
$G_{(S_1, S_2)}$	Core subnetwork of $G_{(W_1, W_2)}$
$q = (q_1, q_2)$	Closed bi-pattern shared by $G_{(S_1, S_2)}$ vertices

**Table 1: Notations**

rather than pairs, and therefore to analysis of multi mode or multi role networks, i.e. basically to address general linked data.

## A NOTATIONS, DEFINITIONS AND PROOFS

Table 1 summarizes the main notations regarding bi-pattern mining on attributed graphs. Closed bi-patterns are ordered in a bi-concept lattice whose definition relies, as the concept lattice definition, on the Galois connection between an extensional and an intensional space. Hereunder we denote both order relations by the set theory inclusion symbols.

*Definition A.1 (Galois connection).* Let  $(L, \subseteq)$  and  $(X, \subseteq)$  be two lattices. Let  $\text{int}$  and  $\text{ext}$  be two maps defined on  $X$  and  $L$  by

$$\text{int}: X \rightarrow L$$

$$\text{ext}: L \rightarrow X$$

and such that:

$$C1- \forall e, e' \in X, e \subseteq e' \text{ implies } \text{int}(e) \supseteq \text{int}(e')$$

$$C2- \forall c, c' \in L, c \subseteq c' \text{ implies } \text{ext}(c) \supseteq \text{ext}(c')$$

$$C3- \forall c \in L, c \subseteq \text{int}(\text{ext}(c)), \text{ and } \forall e \in E, e \subseteq \text{ext}(\text{int}(e))$$

Then  $(\text{int}, \text{ext})$  define a Galois connection on  $(X, L)$

Proposition 3.2 is then straightforward according to the componentwise definition of the orders on pairs  $X = (X_1, X_2)$  and  $L = (L_1, L_2)$ .

Note that in closed pattern mining the Galois Connection definition is not always mentioned as such since results focus on the closure operator on the pattern language. Still, it is a simple way using Propositions 3.2 and 2.3 to obtain abstract closed bi-patterns as well as their partial ordering.

The proof of Proposition 4.3 is also straightforward:

**PROOF.** Let  $(P_1, P_2)$  be a pair of monotone properties, and  $(W_1, W_2)$  be a subset pair of  $(V_1, V_2)$ . Then there exists a greatest subset pair  $(S_1, S_2) \leq (W_1, W_2)$  such that  $P_1(v_1, S_1, S_2)$  holds for all elements  $v_1$  of  $S_1$  and  $P_2(v_2, S_1, S_2)$  holds for all elements  $v_2$  of  $S_2$ .

As we consider the finite case, there are maximal subset pairs such that the required condition (referred to as  $C$ ) is satisfied. We will assume that there are two maximal pairs  $(S_1, S_2)$  and  $(S'_1, S'_2)$  that satisfy  $C$ . i) This means that for any element  $v$  of  $S_1$  we have that  $P_1(v, S_1, S_2)$  holds, and as  $P_1$  is monotone we also have that  $P_1(v, S_1 \cup S'_1, S_2 \cup S'_2)$  holds. In the same way, for any element  $v$  of  $S'_1$  we have that  $P_1(v, S_1 \cup S'_1, S_2 \cup S'_2)$  also holds. This means for any element  $v$  of  $S_1 \cup S'_1$  we have that  $P_1(v, S_1 \cup S'_1, S_2 \cup S'_2)$  holds. ii) The same reasoning regarding  $S_2, S'_2$  and  $P_2$  shows that for any element  $v$  of  $S_2 \cup S'_2$  we have that  $P_2(v, S_2 \cup S'_2, S_1 \cup S'_1)$  holds. From i) and ii) we conclude that  $(S_1 \cup S'_1, S_2 \cup S'_2)$  satisfy condition  $C$ , and is therefore greatest than both  $(S_1, S_2)$  and  $(S'_1, S'_2)$ . As both pairs

<sup>4</sup>673 s on a 4-core 2,2 GHz Intel Core i7 computer

<sup>4</sup><http://www.lipn.univ-paris13.fr/~santini/MinerLC/>

are maximal subset pairs satisfying  $C$ , this means that  $S_1 = S'_1$  and  $S_2 = S'_2$ .  $\square$

## REFERENCES

- [1] Sophie Bary. 2018. *Scientific representations of Biodiversity in the deep-sea : an epistemologic and scientific approach*. Ph.D. Dissertation. Ecole Doctorale numéro 474, Sorbonne Paris Cité, To appear.
- [2] Vladimir Batagelj and Matjaz Zaversnik. 2011. Fast algorithms for determining (generalized) core groups in social networks. *Adv. Data Analysis and Classification* 5, 2 (2011), 129–145. <https://doi.org/10.1007/s11634-010-0079-y>
- [3] Thomas S. Blyth. 2005. *Lattices and Ordered Algebraic Structures*. Universitext, Springer.
- [4] Mario Boley, Tamás Horváth, Axel Poigné, and Stefan Wrobel. 2010. Listing closed sets of strongly accessible set systems with applications to data mining. *Theor. Comput. Sci.* 411, 3 (2010), 691–700.
- [5] Stephen P Borgatti and Martin G Everett. 1997. Network analysis of 2-mode data. *Social networks* 19, 3 (1997), 243–269.
- [6] Stephen P. Borgatti and Martin G. Everett. 2000. Models of core/periphery structures. *Social Networks* 21, 4 (2000), 375–395. [https://doi.org/10.1016/S0378-8733\(99\)00019-2](https://doi.org/10.1016/S0378-8733(99)00019-2)
- [7] Monika Cerinsek and Vladimir Batagelj. 2015. Generalized two-mode cores. *Social Networks* 42 (2015), 80 – 87. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2015.04.001>
- [8] Esther Galbrun, Aristides Gionis, and Nikolaj Tatti. 2014. Overlapping community detection in labeled graphs. *Data Min. Knowl. Discov.* 28, 5-6 (2014), 1586–1610. <https://doi.org/10.1007/s10618-014-0373-y>
- [9] Bernhard Ganter and Sergei O. Kuznetsov. 2001. Pattern Structures and Their Projections. *ICCS-01, LNCS 2120* (2001), 129–142.
- [10] Christos Giatsidis, Dimitrios M. Thilikos, and Michalis Vazirgiannis. 2013. D-cores: measuring collaboration of directed graphs based on degeneracy. *Knowl. Inf. Syst.* 35, 2 (2013), 311–343. <https://doi.org/10.1007/s10115-012-0539-0>
- [11] Jon M Kleinberg. 1999. Authoritative sources in a hyperlinked environment. *Journal of the ACM (JACM)* 46, 5 (1999), 604–632.
- [12] Stephen G. Kobourov. 2013. Force-Directed Drawing Algorithms. In *Handbook on Graph Drawing and Visualization.*, Roberto Tamassia (Ed.). Chapman and Hall/CRC, 383–408. <https://www.crcpress.com/Handbook-of-Graph-Drawing-and-Visualization/Tamassia/9781584884125>
- [13] Emmanuel Lazega. 2001. *The collegial phenomenon: The social mechanisms of cooperation among peers in a corporate law partnership*. Oxford University Press.
- [14] Pierre-Nicolas Mougél, Christophe Rigotti, and Olivier Gandrillon. 2012. Finding Collections of k-Clique Percolated Components in Attributed Graphs. In *PAKDD, Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, (Lecture Notes in Computer Science)*, Vol. 7302. Springer, 181–192.
- [15] Nathalie Pernelle, Marie-Christine Rousset, Henry Soldano, and Véronique Ventos. 2002. ZooM: a nested Galois lattices-based system for conceptual clustering. *J. of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence* 2/3, 14 (2002), 157–187.
- [16] Stephen B. Seidman. 1983. Network structure and minimum degree. *Social Networks* 5 (1983), 269–287.
- [17] Arlei Silva, Wagner Meira, Jr., and Mohammed J. Zaki. 2012. Mining Attribute-structure Correlated Patterns in Large Attributed Graphs. *Proc. VLDB Endow.* 5, 5 (Jan. 2012), 466–477. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2140436.2140443>
- [18] Henry Soldano and Guillaume Santini. 2014. Graph abstraction for closed pattern mining in attributed networks. In *European Conference in Artificial Intelligence (ECAI) (Frontiers in Artificial Intelligence and Applications)*, Torsten Schaub, Gerhard Friedrich, and Barry O’Sullivan (Eds.), Vol. 263. IOS Press, 849–854.
- [19] Henry Soldano, Guillaume Santini, and Dominique Bouthinon. 2017. Formal Concept Analysis of Attributed Networks. In *Formal Concept Analysis in Social Network Analysis*, Rokia Missaoui, Sergei Obiedkov, and Sergei Kuznetsov (Eds.). Springer, 143–170.
- [20] Henry Soldano, Guillaume Santini, Dominique Bouthinon, and Emmanuel Lazega. 2017. Hub-Authority Cores and Attributed Directed Network Mining. In *International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI)*. IEEE Computer Society, Boston, MA, USA, To appear.
- [21] Henry Soldano and Véronique Ventos. 2011. Abstract Concept Lattices. In *International Conference on Formal Concept Analysis (ICFCA) (LNAI)*, P. Valtchev and R. Jäschke (Eds.), Vol. 6628. Springer, Heidelberg, 235–250.
- [22] Eirini Spyropoulou, Tijn De Bie, and Mario Boley. 2014. Interesting pattern mining in multi-relational data. *Data Min. Knowl. Discov.* 28, 3 (2014), 808–849. <https://doi.org/10.1007/s10618-013-0319-9>



**Article 4 – Le rôle des  
hypothèses ininterrogées  
dans l'étude scientifique de la  
biodiversité des fonds marins  
(accepted)**

*Sophie Bary et Anouk Barberousse*

---

# LE RÔLE DES HYPOTHÈSES ININTERROGÉES DANS L'ÉTUDE SCIENTIFIQUE DE LA BIODIVERSITÉ DES FONDS MARINS





*Sophie Bary et Anouk Barberousse*

# LE RÔLE DES HYPOTHÈSES ININTERROGÉES DANS L'ÉTUDE SCIENTIFIQUE DE LA BIODIVER- SITÉ DES FONDS MARINS

## Sommaire



- 1 – Introduction
- 2 - La connaissance de la biodiversité : éparsé et lacunaire
- 3 - Les conditions de constitution de la connaissance de la faune des fonds marins
- 4 - L'exemple des hypothèses d'endémisme simple
- 5 - L'exemple des hypothèses d'endémisme et d'ancienneté phylogénétique
- 6- Conclusion

À partir d'une analyse épistémologique de l'état actuel de la connaissance de la biodiversité, l'importance d'hypothèses ininterrogées est mise au jour pour ce qui concerne le développement de la connaissance de la biodiversité des fonds marins : hypothèses d'endémisme et hypothèses d'ancienneté des groupes taxinomiques découverts.

An epistemological analysis of the current state of our knowledge of biodiversity is provided. From this analysis, the importance of unquestioned hypotheses is argued for about the knowledge of deep-sea biodiversity, namely endemism and antiquity hypotheses. On this analysis, the importance of unquestioned hypotheses is argued for about the knowledge of deep-sea biodiversity, namely endemism and antiquity hypotheses.

Mots clés: biodiversité, connaissance, hypothèses scientifiques

Key-words: biodiversity, knowledge, scientific hypotheses

## 1 – Introduction

Dans cet article, nous proposons de mettre au jour quelques hypothèses ininterrogées qui ont influencé l'étude scientifique de la biodiversité des fonds marins. Notre but est d'analyser la façon dont sont élaborées les connaissances portant sur cette biodiversité. Nous établissons une distinction entre deux types d'hypothèses qui participent à cette élaboration : tout d'abord, les hypothèses qui, au cours du processus d'enquête, sont validées à la fois par des arguments probants, eux-mêmes constitués à partir de données et par les procédures des revues à comité de lecture, et ensuite, les hypothèses endossées par les chercheurs mais dont la validation ne fait pas l'objet d'une enquête spécifique. Alors que les premières sont la cible de la collecte et du traitement des données, et nécessitent par conséquent d'être discutées de façon systématique en s'entourant d'une certaine prudence épistémique, les secondes ne sont pas mises en question, même lorsqu'il serait légitime qu'elles le soient. Elles consistent le plus souvent en des généralisations ou des extrapolations illégitimes.

La raison pour laquelle nous considérons qu'il est important de prendre pour objets d'analyse épistémologique les deux types d'hypothèses qui viennent d'être présentés est que le contexte actuel de l'étude de la biodiversité possède une double dimension de crise et d'urgence en raison de l'érosion rapide de la biodiversité. On doit donc prendre des décisions rapides concernant l'exploitation, la gestion et la conservation de la biodiversité, à partir d'éléments de connaissance lacunaires. Dans ce contexte, les scientifiques concernés doivent se dépêcher d'établir de nouvelles connaissances, pour eux-mêmes, mais aussi à destination d'autres groupes intéressés par la biodiversité comme les Etats et certaines grandes entreprises. Pour ce faire, il arrive qu'ils adoptent de façon imprudente des hypothèses qui n'ont pas fait l'objet du contrôle scientifique habituellement requis. Nous montre-

rons ainsi que les connaissances sur la biodiversité ne sont pas seulement produites à partir des hypothèses qui ont déjà été validées par les procédures scientifiques en vigueur mais aussi à partir d'éléments auxquels ces procédures restent aveugles.

Dans un premier temps, nous tentons de qualifier, d'un point de vue épistémologique, la connaissance scientifique que nous avons aujourd'hui de la diversité biologique, en soulignant le caractère partiel et incomplet. Nous proposons ainsi une analyse épistémologique de l'état actuel de cet ensemble de domaines. Ensuite, nous présentons quelques hypothèses ininterrogées qui ont été influentes dans l'étude de la faune des fonds marins et ont structuré le rapport que les scientifiques entretiennent à la nouveauté dans ce domaine.

## 2 – La connaissance de la biodiversité : éparsé et lacunaire

La connaissance de la biodiversité se construit aujourd'hui à partir de plusieurs disciplines : la taxinomie, qui identifie et nomme les groupes d'organismes, l'écologie, la biologie de l'évolution, les études phylogénétiques, la biologie de la conservation. Ces disciplines sont unifiées, sur le plan théorique le plus général, par la théorie de l'évolution, mais elles ne parviennent pas à fournir aujourd'hui un ensemble de connaissances homogènes de la biodiversité. Cette hétérogénéité est renforcée par le fait que la diversification du vivant est un processus en cours. Ainsi un inventaire de la biodiversité dans une zone géographique particulière n'est-il jamais que le reflet d'un état des lieux à un instant donné, alors que se produisent des spéciations et des extinctions. De plus, la connaissance des mécanismes qui engendrent la diversité à l'échelle des interactions écologiques est également parcelaire. En outre, en fonction des taxons considérés, l'état des



connaissances est hétérogène : si on découvre peu de nouvelles espèces d'oiseaux aujourd'hui (moins de dix par an), on découvre encore près de 443 espèces de mollusques marins tous les ans. (Bouchet et al. 2016)

La connaissance actuelle de la biodiversité est éparse dans un autre sens encore. Au sein de chacune des disciplines mentionnées ci-dessus, ainsi que d'une discipline à l'autre, il existe de fortes discontinuités. Pour le dire de façon métaphorique, la connaissance de la biodiversité se construit localement et les îlots de connaissances sont entourés de déserts d'ignorance. Cette métaphore doit être analysée selon plusieurs dimensions : en effet, la connaissance de la biodiversité procède selon la dimension spatiale (qui concerne les organismes, populations, communautés, écosystèmes, biotopes d'un lieu donné), la dimension temporelle (aux échelles des cycles de vie, des spéciations, des transformations des écosystèmes), la dimension de la divergence phylogénétique, mais aussi la dimension des différences de « popularité » entre groupes. L'une des raisons pour lesquelles la connaissance de la biodiversité n'est pas unifiée est que les disciplines mentionnées ci-dessus analysent des objets et des processus différents : l'histoire des groupes d'espèces sur la longue durée (phylogénie), les effets de l'environnement à l'échelle des espèces (macro-écologie) ou à celle des populations (génétique des populations). De plus, les connaissances qui permettraient de relier des objets et processus les uns aux autres sont manquantes ou, au mieux, embryonnaires.

### 3 – Les conditions de constitution de la connaissance de la faune des fonds marins

Afin d'illustrer les caractéristiques que nous avons attribuées ci-dessous à la connaissance de la biodiversité, nous nous tournons à présent vers l'exemple de la faune des fonds marins. Les connaissances scientifiques sur la diversité de la faune vivant dans les fonds marins sont très hétérogènes et incomplètes. D'une part, elles sont très récentes comparativement aux connaissances sur la biodiversité terrestre : aujourd'hui encore, moins de 5 % des profondeurs ont été explorées. (NOAA 2014) D'autre part, la dynamique d'acquisition des connaissances scientifiques sur les faunes des profondeurs n'est pas homogène. Elle varie selon les écosystèmes et les groupes taxinomiques considérés.

Le déterminant le plus important de l'avancement des connaissances sur la faune des fonds marins est le progrès technique, qui rend aujourd'hui l'échantillonnage moins difficile qu'auparavant. Cependant, certaines contraintes restent importantes : par exemple, la micro-faune est difficile à récolter et nécessite des outils adaptés. Si l'histoire de l'exploration dans les fonds marins est récente, c'est qu'elle est

## LE RÔLE DES HYPOTHÈSES ININTERROGÉES DANS L'ÉTUDE SCIENTIFIQUE DE LA BIODIVERSITÉ DES FONDS MARINS

dépendante d'outils performants, non seulement pour prélever ce qui vit dans les fonds marins, mais aussi pour mesurer la profondeur et visualiser les fonds. Les engins de prélèvement, dragues et chaluts, ont été utilisés dès les débuts de l'exploration des fonds marins au XIX<sup>e</sup> siècle et continuent de l'être aujourd'hui, avec quelques améliorations. Au cours du XIX<sup>e</sup> siècle se succèdent diverses améliorations des outils de sondage à main<sup>1</sup> qui augmentent la fiabilité des mesures de profondeur. A cette époque, les scientifiques n'ont aucune idée des reliefs des fonds et des différentes profondeurs : ainsi, dans un article scientifique de 1880, trouve-t-on l'assertion suivante : « There is no such things as mountains and valleys on the deep-sea bottom. » (Moseley 1880) C'est grâce aux lignes de sondages avec fils de bronze qu'il sera permis d'affirmer la présence d'êtres vivants dans les profondeurs pendant la grande expédition du Challenger (1872-1874)<sup>2</sup> et de réfuter l'hypothèse selon laquelle il n'y a pas de vie en deçà de 600 mètres (qui était au cœur de l'influente théorie azoïque d'Edward Forbes). (Forbes 1843) Jusque dans les années 1970, l'hypothèse dominante est que les fonds marins sont de vieux socles stables, aux conditions hostiles à la vie (obscurité, basse température et forte pression), des milieux quasi désertiques dans lesquels les rares êtres vivants se nourrissent de ce qui tombe de la surface et des cadavres.

Le XX<sup>e</sup> siècle est marqué par des avancées techniques majeures, accélérées par le contexte des guerres mondiales. Des outils précis sont développés pour déterminer les profondeurs, à savoir les sondes acoustiques, ainsi que les submersibles, comme on le voit dans la Figure 1. Depuis 1985, les navires de recherche français sont équipés d'un ensemble technique constitué d'un sondeur multi-faisceaux et du logiciel correspondant, permettant de révéler plus précisément la topographie des fonds. Ainsi, au début XXI<sup>e</sup> siècle, grâce également aux techniques d'altimétrie satellitaire, les données nécessaires à la connaissance des reliefs des fonds marins sont devenues accessibles. Prendre en compte les reliefs, comme les montagnes et les fosses sous-marines est crucial pour expliquer les divergences ou convergences évolutives entre des assemblages faunistiques. Enfin, l'utilisation des submersibles et des robots automatiques permet de voir les fonds marins et ainsi de rendre compte de caractéristiques écologiques des habitats (comme les associations entre espèces ou les types de substrat). Ces développements techniques influencent considérablement l'élaboration de la connaissance scientifique des fonds. Parce qu'elle implique l'utilisation de moyens coûteux - navires et engins (du chalut jusqu'au ROV) - l'exploration des fonds marins est très différente d'autres types d'exploration naturaliste telle que l'exploration de la faune de forêt. Cela rend l'acquisition des données dans les fonds marins très dépendante des intérêts économiques et sociaux.

Ainsi les attentes économiques et sociales vis-à-vis des fonds marins constituent-elles un autre déterminant important des hypothèses adoptées par les scientifiques au sujet de la

1 - Le sondage à la main est la technique utilisée au XIX<sup>e</sup> siècle pour évaluer les profondeurs : on utilise une ligne lestée par un poids qui, lorsqu'elle atteint le fond, induit un choc, perceptible à la main. La longueur filée permettait ainsi de déduire la profondeur. Le courant pouvait emporter la ligne, ce qui limite fortement la précision de cette technique.

2 - Cette expédition est impulsée à une époque où se développe le télégraphe électromagnétique pour communiquer entre les différents continents. Il s'agit de passer par la mer pour relier les continents par des câbles sous-marins. La nécessité de sonder les profondeurs pour obtenir des cartes correspond à un contexte sociétal qui favorise l'accomplissement de cette expédition : 127 000 km sont parcourus, 243 personnes à bord pour ces 4 ans d'exploration. Aujourd'hui, on dit qu'il s'agit de la première exploration océanographique car on réalise des relevés de profondeur, des collectes d'informations physiques (température, courant) et chimiques sur l'eau ainsi que des collectes d'organismes.

faune des fonds marins. Par exemple, les attentes relatives à certains groupes d'organismes (perspectives halieutiques, voir plus loin) ou à l'exploitation de certains écosystèmes (on peut penser aux perspectives minières associées aux sources hydrothermales) influencent la dynamique d'exploration et donc l'élaboration des connaissances et la formation des hypothèses qu'adoptent les scientifiques. Ainsi les connaissances d'intérêt commercial sur les crevettes sont certainement plus complètes que celles sur les ascidies, les experts de l'identification des crevettes étant bien plus nombreux que ceux capables d'identifier les ascidies. Les sources hydrothermales sont quant à elles des cheminées qui bordent les 60 000 km de dorsales médio-océaniques, axes à partir desquels est produite la croûte océanique. Elles sont ainsi des effets de la formation de la croûte océanique et contiennent des sulfures polymétalliques et des terres rares. A la suite de leur découverte, les industriels se sont rapidement tournés vers ces perspectives minières offertes par les concentrations en zinc, fer et sulfures des dépôts hydrothermaux. Aujourd'hui, on a exploré 10 % des sources hydrothermales alors que seulement 0,0001 % des fonds marins sont explorés. (Ramirez-Llodra et al. 2010)

La production de connaissances sur la faune des fonds marins est par conséquent influencée par le double contexte des développements techniques et attentes économiques. Pour bien comprendre comment ce double contexte engendre des hypothèses ininterrogées, nous présentons à présent un premier exemple, celui des hypothèses d'endémisme simple.

## 4 – L'exemple des hypothèses d'endémisme simple

C'est au sein du travail taxinomique sur la faune des fonds marins que nous pouvons identifier un premier exemple d'hypothèse ininterrogée qui joue un rôle important dans l'élaboration des connaissances scientifiques. En effet, les hypothèses d'endémisme (un taxon est dit endémique d'une zone géographique lorsque l'on pense que sa distribution est localisée exclusivement dans cette zone géographique) sont fortement influencées par les biais d'échantillonnage puisque ces hypothèses reposent sur des paris concernant ce qu'on ne connaît pas. L'évaluation de l'endémisme est importante pour la question de savoir si le taxon en question doit être conservé, puisque plus un taxon est endémique d'une petite zone géographique, plus il est vulnérable. En mer, l'évaluation de l'endémisme est particulièrement difficile étant donné le rapport défavorable entre zones explorées et zones inexplorées. (McClain 2007) Cependant, l'hypothèse d'endémisme est souvent adoptée par défaut, malgré son caractère risqué, comme on peut le voir dans la citation suivante :

[...] it should be noticed that the proportion of endemic species is significantly higher among deep water species and species recently described. This effect is probably linked to sampling effort, as deep water species have not been well sampled in most regions around New Caledonia and recently described species are likely to be found

## LE RÔLE DES HYPOTHÈSES ININTERROGÉES DANS L'ÉTUDE SCIENTIFIQUE DE LA BIODIVERSITÉ DES FONDS MARINS

in other regions once more material becomes available. (Fricke et al. 2011)

## 5 – L'exemple des hypothèses d'endémisme et d'ancienneté phylogénétique

La connaissance de la faune des fonds marins fut profondément bouleversée par la découverte des sources hydrothermales en 1977, rapidement évoquée ci-dessus. Ces sources hydrothermales, cheminées d'où s'échappe une importante chaleur, que l'on trouve au niveau des dorsales océaniques où la croûte océanique se forme, étaient recherchées par les géologues. Ce n'est donc pas par hasard que ces derniers les ont découvertes. La théorie de la tectonique des plaques prédisait la présence de zones d'expansion du plancher océanique, ces sources étant des conséquences indirectes de ces zones d'expansion. La découverte des sources hydrothermales a joué un rôle important dans la confirmation de la théorie de la tectonique des plaques. A partir de ce moment, les fonds marins ne furent plus considérés comme des socles vieux et stables, mais plutôt comme des plaques dynamiques dont les âges sont hétérogènes.

Importante pour la géologie, la découverte des sources hydrothermales le fut aussi pour la biologie, car elle a révélé que les océans abritent des formes de vie insoupçonnées jusqu'à cette date. Alors qu'auparavant on pensait que la faune des eaux profondes était peu abondante, on a découvert non seulement une faune abondante, mais vivant en outre dans des conditions extrêmes : pH acide, hautes températures (350°C), fluides toxiques (sulfures polymétalliques), milieu anoxique. L'abondance de la faune associée à ces sources hydrothermales vivant dans une zone de température allant de 3 à 50°C, bouleverse les hypothèses qu'adoptent les scientifiques sur la faune résidant dans les profondeurs. Les scientifiques qualifièrent rapidement les sources hydrothermales d'*oasis* (Laubier 1992), expression soulignant aussi l'aspect désertique du milieu alentour.

En plus d'une faune abondante, on découvre une faune aux adaptations spectaculaires. Certaines espèces présentent en effet des dimensions extravagantes, comme la moule (*Bathymodiolus thermophilus*, Kenk & Wilson, 1985) qui peut atteindre 20 cm de long ; d'autres espèces présentent des adaptations atypiques comme l'emblématique ver géant (*Riftia pachyptila*, Jones, 1981) sans appareil digestif (ni bouche, ni anus, ni intestin) et pouvant atteindre 1,5 mètre de long et 5 cm de diamètre. La mise au jour de cette faune spectaculaire eut un impact très important sur la communauté scientifique, comme en témoigne la citation suivante :

It is surprising that, as far as we know, science fiction writers did not turn their attention to geochemically supported complex forms of life until such forms were actually discovered in the deep sea. (Jannash et Mottl 1985)

Quelques années après la découverte des sources hydrother-

## LE RÔLE DES HYPOTHÈSES ININTERROGÉES DANS L'ÉTUDE SCIENTIFIQUE DE LA BIODIVER- SITÉ DES FONDS MARINS

males, une nouvelle énergie primaire fut mise en évidence (Jannasch et Taylor 1984) : l'énergie chémosynthétique. Cet article marque la fin du paradigme selon lequel la seule énergie primaire existant sur Terre est l'énergie produite par la lumière, par le mécanisme de photosynthèse. L'énergie primaire peut également être produite par des bactéries qui transforment la matière inorganique en matière organique assimilable par d'autres organismes. Avant que soit mis en évidence le mécanisme de chémosynthèse, il était difficile de comprendre comment cette faune pouvait être abondante alors qu'on pensait qu'elle ne s'alimentait que de particules qui lui parvenaient de la surface. On pensait que les faunes des profondeurs étaient dépendantes de cette pluie de particules, qui par ailleurs s'appauvrit à mesure que l'on descend.

Le bouleversement des hypothèses sous-jacentes à l'étude de la faune marine fut causé, comme nous venons de le voir, par le caractère spectaculaire de ses adaptations et son abondance dans les sources hydrothermales. D'autres facteurs en sont également responsables, comme la prise de conscience des potentialités industrielles dues à la présence dans les sources de minéraux (élevé en Fer, Zinc, Sulfure et Silice) contenus dans les amas sulfurés hydrothermaux. (Dyment et al. 2014) Ces facteurs ont focalisé l'attention des scientifiques ainsi que l'allocation des moyens de recherche sur la faune des sources hydrothermales au détriment des autres écosystèmes présents dans les fonds marins. Dans un premier temps, l'étude des sources hydrothermales fut dominée par des approches de géologie (analyse des sédiments), d'ingénierie (développements d'outils de prélèvement comme des pinces qui résistent à des températures pouvant aller jusqu'à 350°C et qui permettent de prélever des minéraux) et de physiologie. Les approches taxinomiques furent influencées par le décalage entre l'accumulation rapide de connaissances sur cette faune et les connaissances limitées des écosystèmes alentour.

Parce que l'on parlait de l'hypothèse selon laquelle la faune des sources hydrothermales est extrêmement originale, on a supposé qu'elle était en partie constituée de taxons nouveaux (c'est-à-dire qui n'avaient jamais été décrits auparavant) et de hauts rangs (familles ou ordres), c'est-à-dire s'étant séparé il y a longtemps, à l'échelle phylogénétique, des taxons connus. En outre, la plupart des taxons dont on a fait l'hypothèse ont été qualifiés d'endémiques aux sources. Ces identifications taxinomiques reposaient sur des hypothèses évolutives lourdes de conséquences. La citation suivante, tirée d'un ouvrage de diffusion des connaissances issues des explorations naturalistes océanographiques, est représentative de ces hypothèses sur la perception de la faune marine qui prévalait au début des années 1990 :

[...] un grand nombre de formes hydrothermales appartiennent à des genres ou à des taxons de rang plus élevé (famille, superfamille, ordre) qui ne se rapprochent d'aucune forme connue dans la nature actuelle. Les critères biogéographiques et évolutifs (rang d'endémisme au-dessus du niveau de l'espèce, distribution actuelle, existence de fossiles) conduisent à considérer qu'il s'agit d'espèces relictives de l'âge paléozoïque et mésozoïque. L'hypothèse

généralement admise est que les ancêtres de ces formes hydrothermales profondes actuelles vivaient dans des eaux littorales chaudes et ont trouvé refuge dans les milieux hydrothermaux (il en existe encore dans la nature actuelle) lorsque la pression de prédation et la compétition se sont brusquement accrues au cours du Mésozoïque, avec la diversification des faunes et l'apparition de nouvelles familles. (Laubier 1992)

Les hypothèses d'ancienneté phylogénétique et d'endémisme qui ont sous-tendu le travail taxinomique sur la faune des sources hydrothermales ont souvent été associées à l'hypothèse complémentaire selon laquelle cette faune pourrait être un reliquat de temps géologiques éloignés dans lesquels régnaient des conditions semblables à celles de la « soupe prébiotique », celle-ci correspondant aux conditions chimiques présentes à la surface de la *Terre primitive* qui ont permis de faire émerger des molécules organiques, briques élémentaires des premières formes de vie. Ainsi, de cet ensemble d'hypothèses ininterrogées, en partie déterminées par les conditions extrêmes de la vie dans les sources hydrothermales et par les adaptations spectaculaires de leur faune, émergea l'hypothèse selon laquelle les sources seraient à l'origine de la vie organisée :

Given that several 'relic' species (living fossils) are found only at hydrothermal vents, it was suggested that these unusual communities provide us with a 'glimpse of antiquity'. (Newman 1985)

Pendant de nombreuses années, cette hypothèse faisant des sources hydrothermales le lieu de l'origine de la vie terrestre ne suscita aucune tentative de confirmation, malgré l'enjeu considérable de ce qu'elle prétend faire, à savoir expliquer l'origine de la vie. C'est seulement en 2000 que l'hypothèse fut testée et que les organismes des sources hydrothermales furent situés dans une histoire évolutive plus récente. (Distel et al. 2000) Le caractère tardif de cette mise au point est étonnant. En effet, il se trouve que la faune des sources hydrothermales présente de nombreuses ressemblances avec celle résidant dans les bois coulés<sup>3</sup>, mise en évidence dès l'expédition du Challenger à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, ce qui aurait pu mettre les scientifiques sur la piste d'une autre hypothèse que celle qui a été développée. A la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, les spécimens de la faune des bois coulés étaient décrits comme des curiosités taxinomiques, sans que leur habitat soit pris en considération. Ce n'est que beaucoup plus tard que l'on prit conscience des spécificités de cet habitat et de leur importance pour la connaissance des fonds marins. (Wolff 1979) L'article de Distel s'appuie sur la connaissance de la faune des bois coulés pour situer l'histoire de la faune des sources hydrothermales dans un contexte évolutif plus large. La comparaison qu'il effectue dans ce contexte entre faune des bois coulés et faune des sources hydrothermales est cependant biaisée par l'échantillonnage de l'époque qui privilégie la seconde. Il est ainsi conduit à proposer un scénario évolutif erroné pour cette faune. Il montre néanmoins de façon définitive que la faune des sources est récente, contrairement à ce qu'on a pensé depuis leurs découvertes.

3 - Les bois coulés sont des morceaux de bois qui proviennent des continents et qui ont coulé au fond des océans. Cette matière organique offre un écosystème à toute une faune particulière.

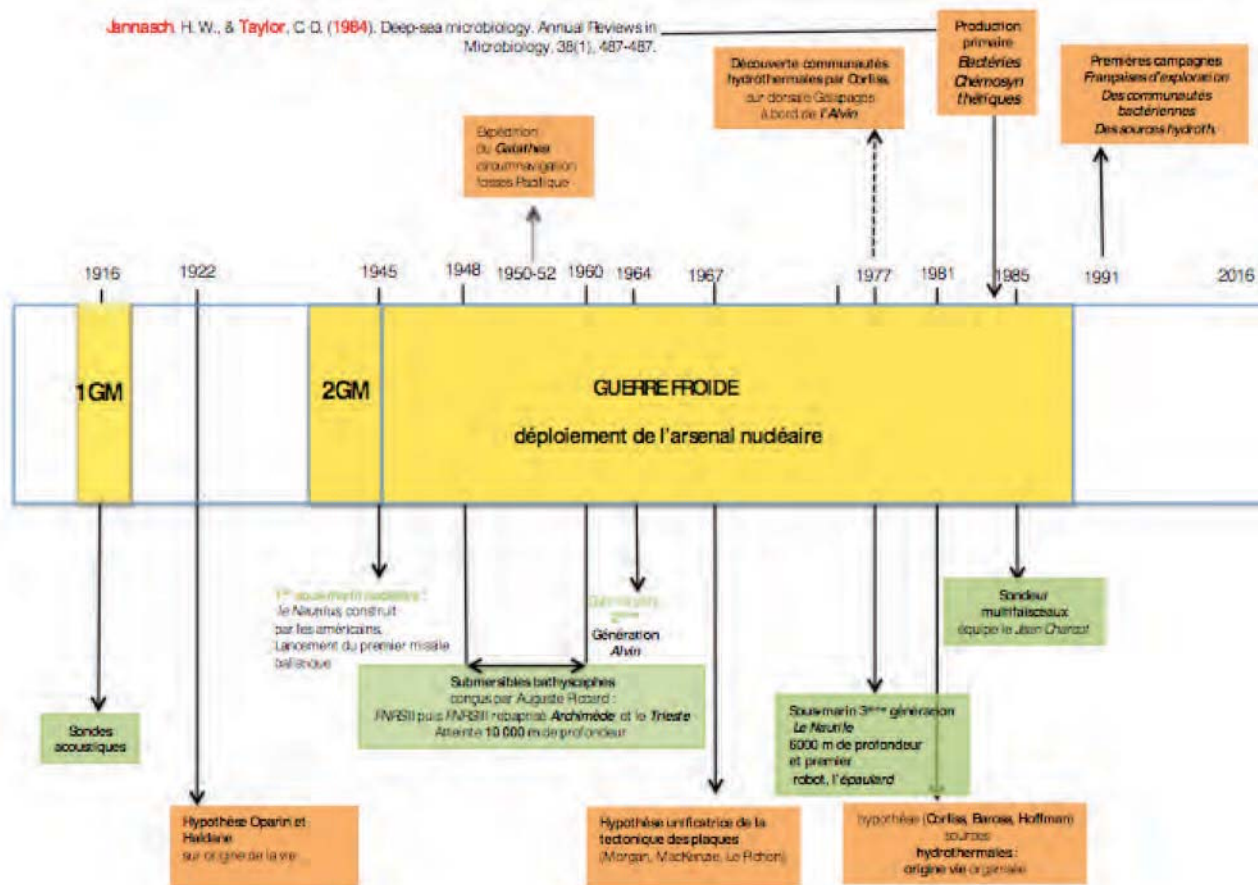


Figure 1. L'exploration naturaliste de la faune marine au XXe siècle

Aujourd'hui, grâce aux données rassemblées sur les autres écosystèmes des fonds marins, on se rend compte que la plupart des taxons ne sont pas endémiques aux sources hydrothermales :

Even if almost 40 years after the discovery of the first hot vent on the Galapagos rift, many studies confirmed the evolutionary originality of most higher rank taxa identified by Newman as endemic to vents, most revealed that these taxa are not restricted to hot vent environments and they are much younger than first hypothesized. (Samadi 2015)

Ainsi constate-t-on que les hypothèses d'ancienneté phylogénétique et d'endémisme, qui ont conduit à l'hypothèse audacieuse selon laquelle les sources hydrothermales étaient le lieu de l'origine de la vie, ont finalement été réfutées. (Vrijenhoek 2013). Leur prégnance dans la communauté scientifique fut cependant été longue.

## 6 – Conclusion

Dans cet article, nous avons tenté de caractériser la dyna-

mique d'élaboration des connaissances sur la biodiversité des fonds marins. Face à l'ampleur de ce qui n'est pas connu, la communauté scientifique et les autres communautés concernées ont dû faire face à de nombreuses nouveautés, qui sont allées jusqu'à bouleverser l'idée selon laquelle l'énergie primaire ne pouvait être produite que grâce à la lumière et permettre le développement d'une faune abondante. Avec la découverte des sources hydrothermales, la connaissance de la faune des fonds marins a intégré des éléments nouveaux, opposés aux hypothèses ininterrogées qui prévalaient auparavant : abondance, hétérogénéité de l'habitat et dynamisme évolutif. La focalisation des scientifiques et de la société sur ces écosystèmes particuliers et minoritaires au sein des fonds marins a également influencé la constitution de la connaissance des profondeurs en général, en conduisant les scientifiques à adopter des hypothèses ininterrogées et ce d'autant plus facilement que leurs connaissances étaient plus imparfaites. L'adoption de ces hypothèses ininterrogées est en effet un moyen efficace, bien que parfois fallacieux, pour extrapoler en projetant le connu sur l'inconnu. Dans certains cas, ces hypothèses ininterrogées sont aussi modelées par les attentes économiques et sociales.

#### REMERCIEMENTS

Les auteures tiennent à remercier vivement Sarah Samadi (MNHN), ainsi que les deux relecteurs ou relectrices anonymes d'une version précédente du manuscrit pour leurs remarques.

#### RÉFÉRENCES

BOUCHET, Philippe, BARY, Sophie, HÉROS, Virginie, MARIANI, Gilberto. 2016. How many species of molluscs are there in the world's oceans, and who is going to describe them? In HÉROS, Virginie, STRONG, Ellen, BOUCHET, Philippe (dir.). *Tropical deep-sea benthos, Volume 29*. Paris : Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, 208, 9-24.

DISTEL, Daniel L., BACO, Amy R., CHUANG, Ellie, MORRILL, Wendy, CAVANAUGH, Colleen, SMITH, Craig R. 2000. Marine ecology: do mussels take wooden steps to deep-sea vents? *Nature*, 403(6771), 725-726. [Lien](#)

DYMENT, Jérôme, LALLIER, François, LE BRIS, Nadine, ROUXEL, Olivier, SARRADIN, Pierre-Marie, LAMARE, Sylvain, COUMERT, Coralie, MORINEAUX, Marie, TOUROLLE, Julie (coord.). 2014. Impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes. *Expertise scientifique collective. Rapport d'expertise juin 2014*. CNRS – Ifremer. 1-939.

FORBES, Edward. 1843. Report on the Mollusca and Radiata of the Aegean Sea: and on their Distribution, Considered as Bearing on Geology. In MURRAY, J. (dir.). *Report of the thirteenth meeting of the British Association for the Advancement of Science*. Londres.

FRICKE, Ronald, KULBICKI, Michel, WANTIEZ, Laurent. 2011. Checklist of the fishes of New Caledonia, and their distribution in the Southwest Pacific Ocean (Pisces). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A Neue Serie*, 4, 341-463.

JANNASCH, Holger W., TAYLOR, Craig D. 1984. Deep-sea

#### HISTORIQUE

Article initialement soumis le 1 novembre 2016.  
 Article révisé soumis le 5 novembre 2017.  
 Article accepté le 5 novembre 2017.

#### SITE WEB DE LA REVUE

[sites.uclouvain.be/latosensu/index.php/latosensu/index](http://sites.uclouvain.be/latosensu/index.php/latosensu/index)

ISSN 2295-8029

DOI [HTTP://DX.DOI.ORG/10.20416/](http://DX.DOI.ORG/10.20416/)



SOCIÉTÉ DE PHILOSOPHIE DES SCIENCES (SPS)  
 École normale supérieure  
 45, rue d'Ulm  
 75005 Paris  
[www.sps-philoscience.org](http://www.sps-philoscience.org)

## LE RÔLE DES HYPOTHÈSES ININTERROGÉES DANS L'ÉTUDE SCIENTIFIQUE DE LA BIODIVERSITÉ DES FONDS MARINS

microbiology. *Annual Reviews in Microbiology*, 38(1), 487-487. [Lien](#)

JANNASH, Holger W., MOTT, Michael J. 1985. Geomicrobiology of Deep-Sea Hydrothermal Vents. *Science*, 229(4715), 717-725. [Lien](#)

LAUBIER, Lucien 1992. *Vingt mille vies sous la mer*. Paris : Odile Jacob.

McCLAIN, Craig R. 2007. Seamounts: identity crisis or split personality? *Journal of Biogeography*, 34, 2001-2008. [Lien](#)

MOSELEY, Henry N. 1880. Deep-sea dredging and life in the deep sea. *Nature*, 21, 591-593. [Lien](#)

NEWMAN, William A. 1985. The abyssal hydrothermal vent invertebrate fauna. A glimpse of antiquity? *Bulletin of Biology of the Society of Washington*, 6, 231-242.

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. *How much of the ocean have we explored?* <http://oceanservice.noaa.gov/facts/exploration.html> (consulté le 30/10/2016).

RAMIREZ-LLODRA, Eva, BRANDT, Angelika, DANOVARO, Roberto, DE MOL, Ben, ESCOBAR, Elva, GERMAN, Christopher R., LEVIN, Lisa A., MARTINEZ ARBIZU, Pedro, MENOT, Lénaïck, BUHL-MORTENSEN, Pal, NARAYANASWAMY, Bhavani E., SMITH, Craig R., TITTENSOR, Derek P., TYLER, Paul A., VANREUSEL, Ann, VECCHIONE, Michael. 2010. Deep, diverse and definitely different: unique attributes of the world's largest ecosystem. *Biogeosciences*, 7, 2851-2899. [Lien](#)

SAMADI, Sarah. 2015 Evolutionary origins of hydrothermal vents metazoans. *BIO Web of Conferences*, 4(00007), 1-9.

VRIJENHOEK, Robert C. 2013. On the instability and evolutionary age of deep-sea chemosynthetic communities. *Deep-Sea Research II*, 92, 189-200. [Lien](#)

WOLFF, Torben. 1979. Macrofaunal utilization of plant remains in the deep sea. *Sarsia*, 64(1-2), 117-143. [Lien](#)

#### CONTACT ET COORDONNÉES :

Sophie Bary  
 UMR 7205 ISYEB - Institut de Systématique Evolution et Biodiversité  
 Département Systématique et Evolution  
 Equipe 3E, Exploration, Espèce et Evolution  
 Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris  
 43 rue Cuvier  
 Case postale n° 26 75005 PARIS (France)  
[sophie.bary@mnhn.fr](mailto:sophie.bary@mnhn.fr)

Anouk Barberousse  
 Université Paris-Sorbonne  
 UFR de Philosophie  
 1 rue Victor Cousin  
 75005 Paris (France)  
[anouk.barberousse@sorbonne-universite.fr](mailto:anouk.barberousse@sorbonne-universite.fr)



# **Article 5 –Biodiversity Databanks : Their Role in Knowledge Development**

**in press** : *in* From Assessing to Conserving  
biodiversity - Beyond the Species Approach. Series  
Title: History, Philosophy and Theory of the Life  
Sciences

# Biodiversity Databanks

## Introduction

Improving our knowledge of biodiversity is commonly acknowledged as an urgent task: it will help make better decisions about biodiversity management and reduce biodiversity crisis. However, learning about biodiversity is a complex endeavor. First, because biodiversity itself is a complex object of knowledge. Second, because it is global, extending on virtually every region of our planet, however small. Third, biodiversity knowledge comes from heterogeneous sources: taxonomic, evolutionary (including phylogenetic), and ecological research. This results in a confused picture in need of clarification. In order to improve this picture and our knowledge of biodiversity, which remains scarce, an important task is to analyse what are the logical dimensions along which it develops.

In such a complex endeavor, databanks play a fundamental role because they provide scientists with basic elements from which they can build up the global knowledge of biodiversity that is needed. In the last few decades, biodiversity knowledge has immensely benefited from the establishment of international databanks. Our aim in this paper is to examine how biodiversity databanks contribute to developing current knowledge of biodiversity. We do so by putting forward an epistemological analysis of the structure and functioning of databanks, both at the individual and collective (network) level. The epistemological analysis of scientific databanks has greatly benefited from Leonelli's work (2010, 2013, 2013a, 2016). Whereas she focused on various fields within biology, she never addressed the topic of biodiversity databanks. With this chapter, we wish to fill this gap and participate in her effort to put databanks in their right place in contemporary biological science and conservation policies.

We begin by analyzing what it means to know about biodiversity. This question raises because biodiversity is an unusual object of knowledge, crossing spatial and temporal scales. It is thus important to explore how a reasonably unified picture of biodiversity can be achieved by combining various knowledge-components. The second part of the paper is devoted to the current uses of biodiversity databanks and associated requirements for databank designers. We shall take our main examples in marine biodiversity databanks because this field is especially active. Finally, we put forward insights about how to build up biodiversity databanks that could improve our current knowledge of biodiversity.

### 1. What does it mean and what does it take to know biodiversity?

Because biodiversity knowledge involves evolutionary, taxonomic, and ecological research, as well as attempts at unifying insights from these three domains, it has to face a major conceptual and theoretical challenge. In recent times, this epistemic task has been shaped by a major external factor: urgency. Biologists can no more consider themselves as free of taking their time: they have to hurry up because of the severe crisis biodiversity is currently suffering (Grehan, 1993; Takacs, 1996; Singh, 2002).

In this part, we examine in what sense the biodiversity crisis shapes our current conception of biodiversity knowledge and the way biodiversity is conceived of as an object of scientific knowledge. We first present the main features of the knowledge of biodiversity in its current available form (1.1). We then review how it may be improved by the development of appropriate cyber-infrastructures, of which we give examples (1.2).

#### 1.1 Our current knowledge of biodiversity

The aim of this section is to describe the main features of the current knowledge of biodiversity. On the one hand, this knowledge includes taxonomy as an important and fundamental part, in a sense to be analyzed below. On the other hand, biodiversity knowledge is much more than taxonomic knowledge and is composed of heterogeneous bodies of knowledge coming from different fields that are not conceptually unified. We begin by showing in what sense taxonomic knowledge is a fundamental part of biodiversity knowledge by presenting an *a contrario* example where taxonomic knowledge has not been secured. Then we focus on the heterogeneous and patchy features of biodiversity knowledge.

Taxonomic knowledge, namely, the association of organisms with species names (or at least with genus names, and maybe with variety names), can be considered a necessary component of biodiversity knowledge and assessment as the very descriptions of most components and processes of biodiversity rely on species identification. For sure, some studies are not taxonomy-dependent, like measurements of mass or energy transfer during biological cycles, but taxonomy appears as a main gateway to understanding what is going on at the various spatial and temporal scales where biological processes take place. As such, taxonomic knowledge serves as a foundation for other epistemic endeavors within biodiversity studies, including conservation biology. To use an architectural metaphor, it plays the role of the first foundation stone of the vast building of biodiversity knowledge.

Let us emphasize how important taxonomic knowledge is for all life sciences by presenting the earth worm example. Earth worms are well-known, and for long, because they are ecologically important; however, their phylogeny and taxonomic status have long been unclear. Earth worms have been briefly described by Linnaeus in the eighteenth century. He gave them the name *Lumbricus terrestris*. At the beginning of the nineteenth century, Savigny put forward a taxonomic revision based on the study of morphological characters (this story is told in James et al. 2010). He hypothesized that the organisms that Linnaeus had called *Lumbricus terrestris* actually form two species and introduced the name *Enterion herculeus* to designate the newly recognized species. In 1900, Savigny's morphological data have been re-interpreted and his revision rejected (James et al., 2010). The difference between the two sets of characters that Savigny used as an argument in favor of taxonomic revision was interpreted as intra-specific polymorphism. This was not the end of the story: in 2009, genetic analysis by Richard et al. (2009) detected two homogeneous genetic groups within the set of organisms called *Lumbricus terrestris*. This led James and co-authors (2010) to begin a new, systematic study that included 230 fresh specimens from Europe and North America (belonging to *L. terrestris* and other species in the *Lumbricus* genus) and specimens that had been preserved by Savigny. This new study was both genetic and morphological; it took part in the *Barcoding earthworms* programme and its results have been integrated in BoLD and GenBank, which are two major international, genetic databanks (see below for more details about these databanks). James et al. showed that Savigny was right: there are two diverging groups within *L. terrestris*. A new revision, similar to the one put forward by Savigny, thus occurred.

What has been the upshot of this history of multiple taxonomic revisions? It is different within and outside taxonomy. Within taxonomy, the earthworm example is just another example showing that taxonomic knowledge, as all empirical knowledge, is of hypothetical nature and is thus susceptible of being criticized and revised as new data are available. For the specialists of the *Lumbricus* genus, the state of knowledge has been upgraded in such a way that there are now two well-established species where there used to be only one. Outside taxonomy, the situation is utterly different. Few biologists have realized that the state of taxonomic knowledge has changed within the *Lumbricus* genus<sup>1</sup>. The main reason why this is so is that other biologists than taxonomists do not consider taxonomic knowledge as hypothetical, but as established once and for all, which is obviously erroneous. This ignorance has negative consequences: they may believe they have reached firm, well-established results for *Lumbricus terrestris* whereas they were actually studying

---

<sup>1</sup> A quick search on current search engines reveals that outside taxonomy, publications about earth worms exceptionally mention James et al. 2010 paper and the revision it presents.



*Enterion herculeus*. Unless they preserved (parts of) the specimens from which they have extracted genetic material, it is impossible to know what species they are talking about, *L. terrestris* or *Enterion herculeus*. Their studies are simply pointless. It might seem unimportant, but imagine the same error about species of mosquitos — it would have clear economical and medical consequences. Taxonomic knowledge being fundamental does have consequences in other parts of biology, including conservation biology and biodiversity assessment. When taxonomic knowledge is not up-to-date, the rest of biological knowledge is threatened in its very foundations. In some cases, the impact of taxonomic revisions may only bear on taxonomy itself, but in others, the chain of consequences may affect other parts of biological knowledge, including conservation biology and biodiversity assessment.

Biodiversity knowledge, in its taxonomic component, is fundamental knowledge in the above-mentioned architectural sense; but its other parts are heterogeneous and do not inter-connect adequately. Indeed, as it is built up from elements coming from various origins (taxonomy, phylogenetic studies, ecology, macro-ecology, biogeography, and evolution studies), biodiversity knowledge is dis-unified in such a way that it is unable to provide the rest of biology or conservation policies with any kind of firm ground. The main reason for this lack of unity is that each involved discipline has its own biodiversity unit (gene, species, community, ecosystem, landscape, etc), spatial unit (from the millimeter to regional, or even global scales), and time scale (from a few seconds to geological periods). Even though, from the theoretical point of view, all these disciplines are somehow unified by the theory of evolution, in practice, each of them is dis-unified.

Besides of being heterogeneous, the knowledge of biodiversity is also patchy in many ways. First, the conceptual links among taxonomy, phylogenetic studies, ecology, macro-ecology, biogeography, and evolution studies are not strong enough to provide biodiversity knowledge with firm theoretical structure (see for instance Leonelli, 2009). For instance, the relationships between ecology and evolution studies are notoriously difficult to assess<sup>2</sup>, besides other difficulties, like differences in temporal scales. Second, a bunch of other difficulties affect the development of biodiversity knowledge, like the large diversity of involved spatial and temporal scales, the difficulty to access certain zones, like deep sea, and the crude fact that certain taxonomic groups, like tunicates (marine invertebrates, sub-group of the Chordates), are much less known<sup>3</sup> than fish or crustacean decapods (Bouchet, 2006).

A last feature of our current knowledge of biodiversity should be mentioned, which results from what has already been said: that taxonomic knowledge is often disconnected from the knowledge of ecological, physiological, etc. aspects. This is detrimental to the knowledge of biodiversity being global because of the fundamental character of taxonomic knowledge. This lack of connection may be explained by the separation between taxonomic practice and other parts of biology that we emphasized above. In any way, it is a severe obstacle to the constitution of unified knowledge of biodiversity.

The upshot of all this is that the current state of our knowledge of biodiversity is somehow paradoxical. Whereas it is heterogeneous and patchy, it is meant to be as global and unified as possible because biodiversity is conceived of as a global object of knowledge that extends on the whole planet instead of being the object of a series of local, disconnected pieces of knowledge (this is testified by the very foundation of GBIF, the Global Biodiversity Information Facility, as

---

<sup>2</sup> The relationship between the most developed attempt to provide ecology with a theory, namely the Neutral Theory of Ecology (Hubbell, 2001), illustrates this point: the Neutral Theory is not yet unified with evolutionary theory, according to his proponent himself.

<sup>3</sup> The fact that knowledge of taxonomic groups is not uniformly spread is a major problem for biodiversity assessment and conservation (see e.g. <http://www.iucnredlist.org/about/summary-statistics>).

described below). The existence of the tension between the patchy character of biodiversity knowledge and the ideal of a global knowledge of biodiversity forces us to work at perspectives of improvement. In the next section, we present how such improvement may be achieved.

## 1.2 Improving our knowledge of biodiversity via cyber-infrastructures

In order to improve our knowledge of biodiversity, it is first necessary to establish what its vehicles are. By “vehicles”, we mean the devices that are used by researchers to acquire and develop biodiversity knowledge. Among these vehicles, scientific papers play a major role, but they are far from being the only way to build up and complement biodiversity knowledge. Expert reports and outcomes of inventories are also among the means that researchers can rely on, as well as gene sequences and specimens in natural history collections.

Inventories, gene sequencing, collective scientific expertise, and collection management are key vehicles of biodiversity knowledge. As most of their outcomes are made available as “data” within databanks, databanks are indispensable vehicles of biodiversity knowledge as well. The “data” they contain are immensely diverse, from gene sequences to species descriptions, taxonomic revisions, geographical localisations, etc. “Data” is thus an ambiguous term that has to be further analyzed. We do so in the end of this section. In the mean time, we put forward a brief history of biodiversity databanks, which is part of the history of cyber-infrastructures Bastow and Leonelli have analyzed in their (2010). They rightly emphasize that “databases and other online resources have become a central tool for biological research”; in the following, we present some historical elements relative to biodiversity databanks, which possess specific features due to the international interest and endeavor toward better biodiversity knowledge.

### *A brief history of biodiversity databanks*

Less than ten years after the ratification of Convention on Biological Diversity (CBD)<sup>4</sup>, several databanks were created, whose main objective was to collect geographic and taxonomic data. Among these, we will focus our discussion on the ones relative to the marine field, presented in Figure 1. They are the result of intense collective work during the 1990s aiming at standardization and organization of data types. We present the development of this collective work in Figure 2.

The very first databanks have been devoted to taxonomical classification, like the Integrated Taxonomic Information System (ITIS), itself derived from the National Oceanographic Data Center, a former databank from US NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration). The Taxonomic Database Working Group (TDWG), which first worked on plants, then had an important role in the elaboration of data standards, as well as the bioinformatics working group called “Global Initiative Taxonomy” (OECD, 1999). The Global Initiative Taxonomy was the first step toward the creation of the GBIF databank, a few years later (Wieczorek et al., 2012).

---

<sup>4</sup> <https://www.cbd.int/convention/text/> (On the CBD, see also Oksanen and Vuorisalo in this volume).

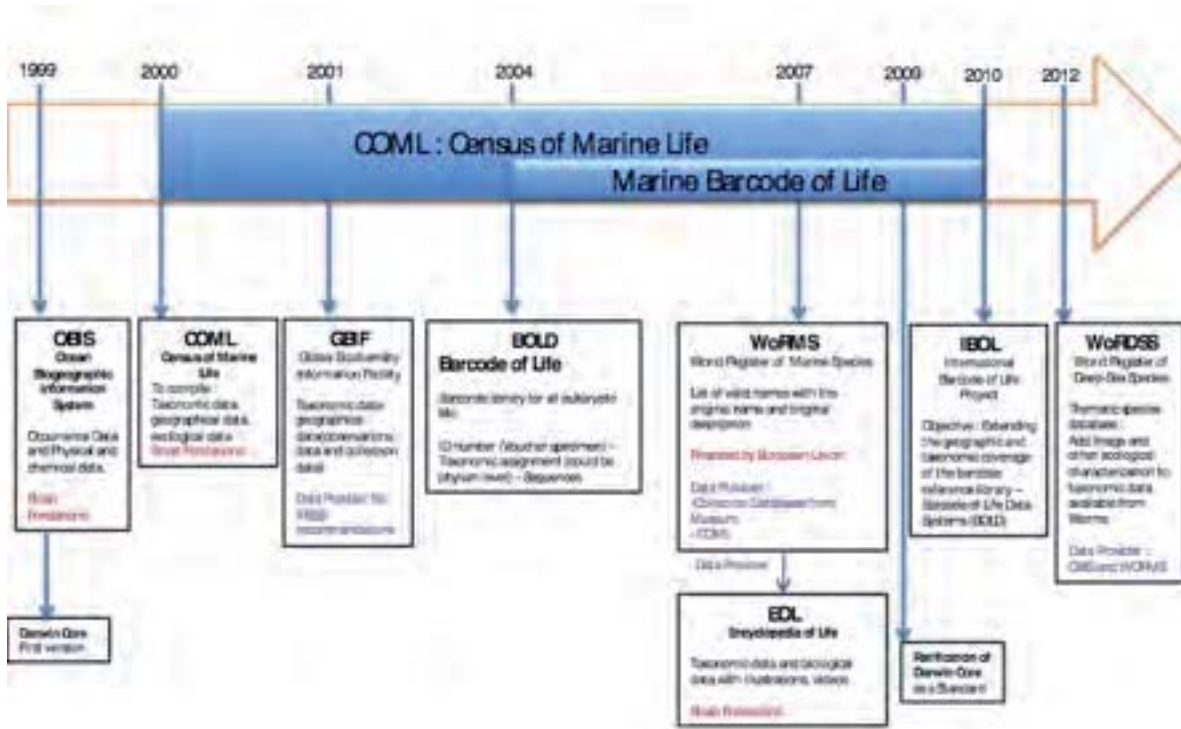


Figure 1 : Main databanks used for the assessment of the marine biodiversity. In red: funding sources; in purple: location of data. The content of each databank is briefly described. The arrows indicate the programmes feeding the databanks.

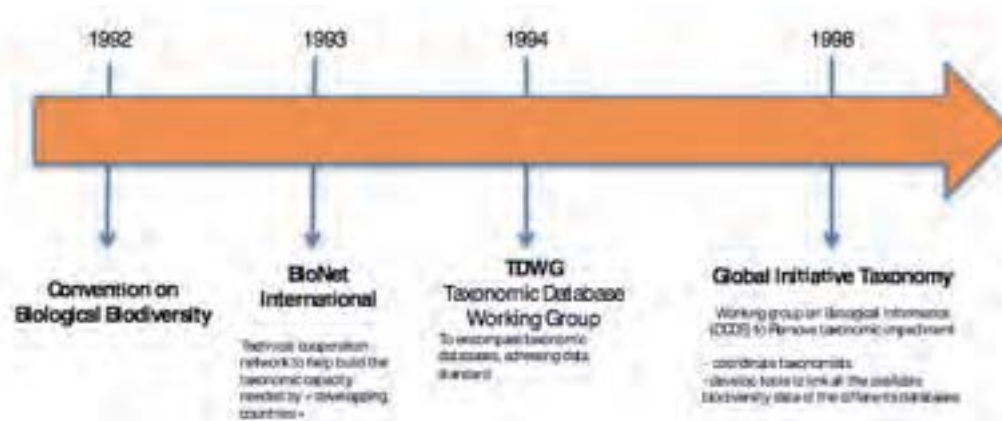


Figure 2. Before databanks: collective, scientific work

Let us now review some outputs of the collective work aiming at the constitution of biodiversity databanks.

(i) First, it must be emphasized that the taxonomic impediment (here presented in all its urgent details: <https://www.cbd.int/gti/problem.shtml>) is a crucial problem facing the development of biodiversity databanks: taxonomists are too few and too slow to cope with the urgency of the biodiversity crisis and do not manage to catch up with extinction rates, thus leaving many extinct species unnamed and un-described. In the 1990s, in the same period in which standardization of biodiversity data was occurring, Bionet International (<https://www.uia.org/s/or/en/1100052951>), a technical cooperative network for taxonomy, was launched in order to foster exchanges of taxonomic knowledge among different countries and help facing the taxonomic impediment. This was the pre-condition to developing global knowledge by trying to overcome the heterogeneity of taxonomic expertise among countries.

(ii) In the field of marine biodiversity, the Census of Marine Life project (CoML, 2000-2010) aimed at collecting data and providing researchers with bioinformatics tools. This was an international project gathering 2 700 scientists and collecting taxonomic, geographic, and ecological data from 540 oceanographic expeditions. CoML has fueled with data the following databanks: Ocean Biogeographic Information System (OBIS, <http://www.iobis.org/>), World Register of Marine Species (WoRMS, <http://www.marinespecies.org/>), and Encyclopedia of Life (EOL, <http://eol.org/>).

(iii) Parallel to the evolution of techniques for species identification, BoLD, a databank focusing on the link between barcoding sequences and taxonomic practices, has been created, distinct from GenBank (see below), in order to provide a genetic tool for species identification. The Marine Barcode of Life (MarBol) project funded research teams to analyze genetic sequences and provide BoLD with data from the marine field.

At the beginning, databanks focused on taxonomic classification and upgrading thereof, but they soon had to face a new challenge: connecting taxonomic data with data coming from other kinds of classifications, like biological and ecological classifications. For instance, biological classifications deliver data like attributes of life stages, reproduction, body size, behavior, feeding method, and diet (Costello et al., 2015). Establishing easy-to-retrieve connections among taxonomic data and biological or ecological traits is an important means to providing conservation biologists with conservation tools and indicators of the not-well-being of ecosystems (e.g., impact of pollution, of fishery, of climate change). To do so, some traits in ecosystems (like reproduction rates and features of habitats) must be described and named on a standardized basis. This cannot be achieved unless a robust consensus has been reached within the scientific community of both

ecologists and taxonomists. Marine Species Trait (<http://www.marinespecies.org/traits/>) aims at the generation of these traits from taxonomic (WoRMS) and geographic databanks (OBIS), which requires an important work of coordination and terminological standardization, as emphasized by Costello et al. (2015). The latter recall that “a rich terminology surrounds descriptions of a species biology and ecology, with sometimes different definitions for the same terms, synonymous terms, and context dependent (e.g., habitat) terms. This terminology has developed over several hundred years of natural history, in different languages, and often terms have multiple meanings in common use.” This requires databanks’ designers to perform scientifically-informed terminological regimentation.

### *Biodiversity cyber-infrastructure, data, and their relationships with knowledge*

Let us make clear what roles the biodiversity databanks we have mentioned play for the development of our knowledge of biodiversity. They make data easily accessible, they allow for data being interoperable in a sense to be discussed below, and more generally they organize the vast amounts of data that are relevant to biodiversity study. We shall see how these properties of databanks contribute to another epistemic endeavor as well: they participate in the very *definition* of biodiversity-relevant data.

Let us begin with accessibility of data. As already emphasized by Leonelli (2010), accessibility of data through internet-based databanks is a major pre-condition for truly global knowledge-building. However, common accessibility is not enough to define a *useful* biodiversity databank. We define “usefulness” in this context as the capacity of databanks to facilitate and accelerate the work of researchers and increase the validity of their results. This can not only be increased by gathering, but also *organizing* data of various origins and nature. Biodiversity databanks, considered collectively, are not as efficient as they could be when information is scattered and when data come from heterogeneous origins. A good biodiversity databank thus should increase researchers’ work by providing them with a unique entry to a variety of types of data from various geographical zones. We may illustrate this point with sampling-event data (<https://www.gbif.org/sampling-event-data>). They report the presence of an organism of such or such species (usually rare or endangered, but not always) and its spatiotemporal location. They may be provided by amateurs or professional taxonomists. Multiple programmes contribute to produce sampling-event data but they do so for different purposes, some of which being related with conservation efforts, others with the development of ecological models or the study of migrations and the effects of climate change. This heterogeneity of purpose may generate confusion as to how these data should be used. A useful sampling-event databank (in our sense) should organize access to information in such a way as to diminish heterogeneity of origin and facilitate integration of data into more structured pieces of knowledge.

We now turn to interoperability, which can be defined as “the ability of two or more systems or components to exchange information and to use the information that has been exchanged” (Covitz 2004, quoted by Leonelli 2013). The increased number of databanks indeed involved the ratification of data standards in order to facilitate interoperability among databanks. This allows any individual databank to function as data provider for other databanks, thus facilitating accessibility. The major requirement for interoperability is that databank designers have to organize data along common rules: in 2009, the Darwin Core version, which defines minimum standard data (with glossary and synonymy) related to biodiversity, has been internationally adopted for that purpose.

Availability and unicity of access, organization of information, interoperability, all these features contribute to improving the usefulness of biodiversity databanks. However, databanks are not just (organized) collections of data, but also participate in the very definition of what may count as data in the knowledge of biodiversity, a point already made by Leonelli (2013a) about the field of plant science. As emphasized above, different elements are called “data” in biodiversity databanks, like gene sequences, species descriptions, taxonomic revisions, and geographical information. What do all these elements have in common? For what reasons can they be defined as “data” and

qualify for being included in databanks? It is not that they are all basic or fundamental in the same sense (this would correspond to a definition of "data" as being intrinsically basic), but that they may play the same role: they can be relied upon in the further steps of a scientific inquiry. This corresponds to a *functional* analysis of data. Let us now develop this point by comparing species descriptions and gene sequences when they are both categorized as "data".

Let us first indicate easy-to-notice differences between species descriptions and gene sequences. Whereas taxonomic descriptions are fundamental within the life sciences because many other pieces of biological knowledge depend on species descriptions, gene sequences cannot be said fundamental data in the same sense because their use within the process of knowledge production depends on other elements of knowledge that may be found in genomics, proteomics, the study of gene regulation, phylogenetic history, etc. Besides, species descriptions are already structured elements of knowledge and can be directly used in the production of further knowledge, as providing organisms with (hypothetical) species names, whereas gene sequences enter the very process of knowledge elaboration at a less advanced stage. However, despite these differences, both species descriptions and gene sequences, once they have been validated as *bona fide* data, can be considered a sound floor on which one can step in order to go on and explore further research topics. This functional way to understand data may be contrasted with a view in which data are defined by their simplicity or easiness of acquisition. Neither gene sequences nor species descriptions are simple or easy to acquire. They are both issued from complex processes. First, a gene sequence is the result of an interpretative judgment with respect to the result of a biochemical experience; the judgement is about which nucleotides appear in the sequence and their order. Second, when a gene sequence is integrated in a databank, for instance in BoLD, where it is associated with a species name (which can be temporary), researchers may also provide the file containing information about the relevant genetic material, the Polymerase Chain Reaction (PCR) primers used to generate the sequenced amplicon, the identifier of the specimen, as well as the collection record, i.e., the location of the original specimen in a collection of natural history. These items may help other scientists check whether the sequence has been associated with the right species name. They illustrate how complex the transformation of a gene sequence into useful data is. On the side of species description, it should be emphasized that associating a specimen with a species name is also the result of a complex process of hypothesis assessment. This association itself possesses a hypothetical status, as it can be changed (via taxonomic revision) when a new set of characters is taken into account or when new specimens are collected. The information-processing facilities that are currently operated within databanks allow databank designers to create links between a specimen and the various taxonomic hypotheses (species names) that have been associated with it over time. This revision process can be followed in the literature and more easily in the WoRMS databank (see below).

The above shows that biodiversity data, the components of biodiversity databanks, are not called "data" because of their simplicity or because they are easily obtainable. They are united by the robustness of the scientific processes on which their production relies. This means that even though some of them require complex material devices or years of education, these processes are judged reliable enough to be bracketed as the inquiry develops. To put it in another way, the components of biodiversity databanks are so firmly established that, even though they do have a hypothetical character, as any element within empirical science, this hypothetical character can be ignored as far as we know. For sure, they do not have the same status as proven mathematical theorems, but they are sufficiently well established to count as firm grounds for knowledge production.

Let us conclude this part by noticing that biodiversity knowledge suffers from the discrepancy between hope and reality: hope that it be global and reality that it is often local or related to a taxonomic group. Databanks are probably the best way to overcome this discrepancy. In the next part, we present how existing biodiversity databanks are used by scientists in order to make clear in which ways the organizational logic of databanks relates to the dynamics of knowledge development.

## 2. Uses of biodiversity databanks

This section is devoted to studying the various ways scientists, as distinguished from conservation practitioners and policy makers, use biodiversity databanks in order to develop common, global knowledge of biodiversity. We try to disclose the requirements useful databanks have to fulfill and how the data they include are operated in the production of knowledge. In section 2.1, we describe, based on examples, what scientists do with the data they retrieve from databanks as well as the quick evolution of this scientific practice. In section 2.2, we systematically compare catalogs and databanks in order to explore the specificities of the relationships between a databank and its expected users. At last, we try to show the underlying organizational principles of biodiversity databanks and how they may foster the evolution of scientific knowledge.

### 2.1 What do scientists do with the data they retrieve from biodiversity databanks?

As explained above, “data” in biodiversity databanks are already complex units of knowledge that are used to work out other types of scientific results, usually more general and systematic. These data are used to express general hypotheses that cannot be formulated unless two important features of data in biodiversity databanks are realized: large extent and validity. Scientists interested in biodiversity study, assessment or conservation may be familiar with a taxonomic group or area and have personal estimates of biodiversity in this area; however, they cannot only rely on their personal experience to put forward general hypotheses and submit them to empirical test. Data in databanks possess the quality that personal connection with biodiversity will always lack: they have been validated by the scientific community, and as such, as explained in section 1, they can be relied upon to explore new, more general hypotheses and build up quantitative models.

Let us now turn to the temporal evolution of the use of data stored in biodiversity databanks. Most first-generation biodiversity databanks have emerged as answers to inventory requirements. The practice of biodiversity inventory is characterized by its being static in the sense that it is blind, by nature, to changes in biodiversity. Inventories may now be considered of limited interest for biodiversity knowledge because changes in biodiversity are at present a major epistemic challenge, either with respect to conservation or in order to assess the effects of climate change. By contrast with inventory-based databanks, more up-to-date databanks aim at tracking biodiversity change. The best way to do so is by connecting several databanks together in order to be able to follow the evolution of spatiotemporal data in as much details as possible.

The use of biodiversity databanks also evolves toward less taxon-centered architectures. As the concept of biodiversity develops as a *global* concept, there is a need to access a synthetic representation of biodiversity that overcomes the intrinsic limits of taxon-oriented databanks. As biodiversity has to be captured according to many different aspects (geographical, dynamical, taxonomic, genetic, etc.) at once, some databanks offer scientists with the means to question their data according to several criteria. Let us take the example of a French databank, BasExp, gathering data about a 40-years-long program of marine expeditions, to illustrate this point. BasExp collects scientific papers, monographs, and reports issued from a large programme of marine expeditions initiated by Paris Muséum National d'Histoire Naturelle and the Institut de Recherche pour le Développement, first called “Musorstom”, then “Tropical Deep Sea Benthos”. It combines information from these papers, books and reports with data relative to the collected specimens that are preserved at Paris Muséum. It also collects information from and *about* marine expeditions, like who was on board, the main objectives of the expedition, its location, by which institution it was funded, sampling sites, associated publications, etc.

Another objective of BasExp is to homogenize geographical data about sampling locations, which were difficult to find out and exploit in the past. Their format and degree of precision vary from one collection to the next within the various Muséum’s collections. Gathering all information on a given

location and standardizing its format is thus a progress in itself. Moreover, before the establishment of BasExp, each collection databank had his own data system: they did not use the exact same names for expeditions and did not have the same degree of precision for geographic location. By now, BasExp is the geographical data provider for all the Paris Muséum's collection databanks. Because it is not taxa-centered, BasExp provides researchers with a synthetic representation of what has been studied and what remains to investigate about deep-sea fauna.

On the whole, using BasExp allows scientists to overcome two major biases affecting the study of biodiversity, the taxon sampling bias, and the geographic sampling bias, by allowing researchers to know more about the context in which specimens have been sampled. The taxon sampling bias is the tendency to focus on a particular group of organisms and ignore organisms from other groups and the geographical sampling bias is the tendency to go again and again in the same geographical areas to sample specimens instead of exploring other areas. For instance, information on the various researchers on board (specialists of fish, of crustaceans, etc.) may reveal why some taxa were more extensively collected (and on the contrary, the absence of any specialist of a given taxon on board, in a given expedition, may explain why no specimen of this taxon was collected). In a similar way, its being funded by the fish industry might explain the over-representation of fish specimens in another expedition, and so on. There is no doubt that it is important to take these factors into account when looking for biodiversity patterns. BasExp's main objective being to provide researchers with key elements of the context of sampling, it may be an adequate tool to avoid common biases.

## 2.2 Databanks vs. catalogs

In this section, we put forward a systematic comparison between library or collection catalogs and databanks in order to make clear what the specific features of databanks are from the point of view of use. We shall show that far from being improved catalogs, allowing for gain in time, databanks are flexible tools that play new roles in the development of biodiversity knowledge.

An important difference between databanks and catalogs is that databanks allow for more than one guiding principle for organization of information. Let us first explain what we mean by a "guiding principle" for organization of information. In a museum of natural history, catalogs are usually designed according to the way specimens' identifications are produced. By contrast, an internet-connected databank may be organized via several guiding principles: specimens' names, geographical localization, gene sequence, date of discovery, name of discoverer, etc. The organization of information along multiple dimensions, all of them of scientific importance, is an efficient way to disclose connections that remain inaccessible to catalog users. A nice illustration of this important feature of databanks is that whereas the *absence* of a species at some place cannot be concluded from consulting a catalog, it may be discovered when cleverly questioning relevant databanks. The main reason for that difference is that catalogs based on specimen identifications cannot but register the presence of specimens without leaving any opportunity to discover information about absence, whereas a databank organized by geographical location may disclose information about absence.

Let us mention another difference between databanks and catalogs, which bears on their users. Usually, the users of a catalog are determined *before* its implementation. For instance, the users of the catalog of a museum's collection are often meant to be people working at the museum, most of them taxonomists. By contrast, internet-based databanks are usually used by more differentiated users, even more so when they are inter-connected by means of an Information System, namely, a network of devices for the acquisition, organization, storage, and communication of information that is developed and managed by the host institution. The users' variety forces databanks' designers to conceive of the organization of information in such a way as to push the boundaries of local use. The needs and interests of local users of a catalog, e.g., the members of a museum's scientific community, are more easily identified and narrower than the needs and interests of external users. Taking the latter into account forces databanks' designers to introduce new



possibilities, e.g., new query types or combinations. This is a very difficult task indeed, as emphasized by Leonelli in the case of biomedical databanks: “[i]ncorporating a large variety of possible viewpoints and prospective queries has been, and continues to be, the most complex and labour-intensive task involved in the development of [the databanks]” (Leonelli, 2013). It amounts to try to guess what the new directions of research may be in order to make the databank usable and useful in the future. This anticipatory task can be identified as central in the conception and design of biodiversity databanks, whose role in the development of biodiversity knowledge will increase. In section 2.3, we further explore the implications of the way information is organized within a databank by showing how their underlying organizational principles may foster the evolution of scientific knowledge.

## 2.3 Databanks’ organization and the dynamics of biodiversity knowledge

Databanks are undoubtedly important instruments of knowledge production whose principles and functioning are too often ignored by philosophers of science, who tend to view them as black boxes. As they provide researchers with the data they use in their inquiries, they play a pivotal role in scientific research as well as biodiversity assessment and conservation policies. This is why we aim at opening these black boxes and describe their internal functioning in order to show how information get acquired and transformed within them. We will illustrate our claims about the way data are typified and organized by a series of examples.

Each databank’s organization obeys a dominant organizational law that is based on a specific type of information. For instance, some databanks are centered on taxa whereas others are centered on geographical areas: these are examples of *types of information*. Other types of information include pictures, taxonomic papers presenting taxonomic descriptions, papers presenting revisions or genetic sequences. The organizational law relative, e.g., to a taxon-centered databank defines a specific kind of links, within the databank, among taxon-related information and other types of information, like geographical data, data about endemism, genetic data, etc. The organizational law thus sets apart a center and a periphery within the databank. Each databank has its own informational center and periphery, which are connected with its own kind of links.

Let us make clear how this center-periphery organization is implemented in various examples.

- (i) We begin with WoRMS, the World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/>, already mentioned above). The specific law for this databank is the link between original and current species names. As taxonomic revision is at the heart of taxonomic practice, it is highly important to keep track of revisions in order to avoid collective oversight, which would have devastating consequences. WoRMS contains, for each species name, the list of its revisions, dates, and names of associated taxonomists. The use of WoRMS is name-oriented; it delivers information on the sequence of past revisions. It is an international databank. Peripheral information is, e.g., the geographical distribution of the species.
- (ii) The OBIS geographical databank (Ocean Biogeographic Information System, <http://www.iobis.org/>) is sampling-event, geography-oriented, and specific to marine species; it provides physical, chemical and topographic information on precise locations where specimens have been observed or sampled.
- (iii) GBIF (Global Biodiversity Information Facility, <http://www.gbif.org/>) is an sampling-event databank mapping signalization of species (observation- or sample-event) all around the world.
- (iv) By contrast with GBIF, let us mention INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel, <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>), which also maps signalization of species (observation- or sample-event) on the French territory, but is more heritage-oriented.
- (v) BoLD, already mentioned above, combines genetic sequences with information on individual specimens. It is important to emphasize the differences between BoLD and GenBank, another gene-centered databank (see (vii)). Contrary to BoLD, GenBank is centered on the link between genetic sequences and scientific publications. There is no link with actual specimens within GenBank. The users of BoLD look for a genetic sequence and the associated species name and may check themselves, by performing standardized experiments, whether the stored

genetic sequence (1) has been correctly established, and (2) is associated with the right species name. The users of GenBank are not given this possibility because GenBank provides them with a link between a genetic sequence and a scientific paper; as a result, they cannot but trust the authors of the paper with respect to the validity of the gene sequence and associated species name. By contrast, the genetic sequences in BoLD may be not published (Ratnasingham and Hebert, 2007). The difference between BoLD and GenBank illustrates an important division among biodiversity databanks: those that provide links to actual specimens, allowing data-checking by the users, and those that provide links to publications or sampling-events, which oblige the users to trust the original information providers.

- (vi) The users of GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) are looking for comparisons between their own organisms of interest and model organisms whose genomes have been sequenced and included in the databank. It includes all the sequences that have been published in scientific papers.
- (vii) Let us end this list with two examples from Paris Muséum National d'Histoire Naturelle. COLLECTIONS is the databank of the Muséum's collections, whose functioning is explained here: [http://collections.mnhn.fr/wiki/Wiki.jsp?page=Publication\\_Internet\\_en](http://collections.mnhn.fr/wiki/Wiki.jsp?page=Publication_Internet_en). Each museum has several collection databanks for fish, mollusks, crustaceans, etc. They are specimen-oriented: the users look for a specimen's number (called "voucher ID") or a name, in order to get information thereon (nomenclatural status: holotype, paratype, etc.; sample site; name). This one is associated with Paris Muséum.
- (viii) BasExp (<http://expeditions.mnhn.fr/>): As mentioned above, this databank is expedition-oriented: the users look for information related with a given expedition. This databank allows for both non-taxa-oriented research and a global appraisal of the expedition in terms of sampling location, specimens, papers and reports. It is the repository for geographical data related with expeditions.

Whereas each databank has its own organizational logic, many biodiversity databanks function collectively by means of a series of networks like GBIF. Networks of databanks obey their own laws that govern *data flow*. Usually, data flow runs from the most standardized and best validated data to lesser controlled databanks. Data flow is thus a powerful way to enhancing and homogenizing standards because downstream databanks, when they happen to become upstream relative to other, more local databanks, have to strengthen the reliability and accessibility of their data. Establishing a connection between two biodiversity databanks is indeed a common way to fill the gaps in each. It also contributes to improve data validation and warrant traceability: as emphasized by Costello and Vanden Berghe (2006), "[g]lobal databases that integrate information on species force the development of standard classifications". Databank networking has a further important effect at a higher level of knowledge production: it makes clear that some areas of knowledge that had been considered independent beforehand actually entertain epistemic relationships that are now considered as pivotal. For instance, the links between gene sequencing and species identification, implemented in BoLD, has only been recently brought to light (compared with the long history of species identification and the less long, but still not so recent history of gene sequencing). Realizing that gene sequencing may facilitate species identification has been a side-effect of developing genetic databanks and databanks networks. BoLD's strength, in this context, is to allow data-checking by providing links with actual specimens, whereas other databanks depend on taxonomic descriptions, which are hypothetical and susceptible to be transformed. Actual specimens do not change over time.

Another important tendency in the evolution of the way biodiversity databanks get organized is the gradual expansion of the domain of relevant data. Many elements that were considered irrelevant for biodiversity knowledge are now emerging as constitutive, and thus worth of collecting, taking care of, and connecting with other types of data. For instance, BasExp includes information on extraction device, which it relates with sampling sites as well as digital pictures illustrating the collected specimens in their substrate. The pictures shot during the expeditions have long been difficult to access by scientists who were not on board; now, their status as vehicles of knowledge has completely changed in the last few years as they became easily accessible within databanks and provide irreplaceable information about either the specimen's environment or the context of its

extraction. BasExp thus nicely illustrates a trend that has been identified by Leonelli (2013), who emphasizes that the databanks she examines (The Arabidopsis Information Resource, TAIR, and the cancer Biomedical Informatics Grid, caBIG) progressively include elements that were not considered important, like archives of data provenance (the methods and instruments originally used to generate data) and links to biological materials. We cannot but agree with her statement that “setting up and updating these resources occupies much of curators’ time and creative efforts”.

A last point has to be made about the connection between the development of biodiversity databanks and the dynamics of biodiversity knowledge. It is about the pace of transformation. The different aspects of biodiversity databanks do not usually evolve at the same rate, which leads to mandatory upgrading processes. For instance, paper catalogs of large museums of natural history have usually not been computerized at once, but rather step by step. Now each step in this process of computerization took place in its own technological and scientific context, involving innovations that the next steps had to catch up with. Evolving biodiversity databanks is thus no linear process. Some events had large interfering consequences, like the establishment of the BoLD consortium (as described here: <http://www.barcodeoflife.org/content/about/what-cbol>). As soon as Barcoding of Life proved a useful and fruitful endeavor, each biodiversity databank had to take this program into account, which meant huge adaptive changes. Adapting databanks moreover involves satisfying basic requirements of cumulativeness, editability, and interoperability as these requirements ensure homogeneous development.

In this section, we have used examples to analyze the logic governing the organization of biodiversity databanks and their interconnection into networks and the interplay between their evolution through time and the dynamics of biodiversity knowledge. As transformation is pivotal in any reflection on databanks, we now turn to the ways biodiversity databanks may improve in the future.

### 3. On the properties of useful biodiversity databanks: Concluding remarks

Let us recall that in this paper, we call a biodiversity databank “useful” when it provides scientists and conservationists with the means to successfully implement their programs. In this section, we present two types of requirements a biodiversity databank has to satisfy to be useful in this sense. The first type is more on the technical side (although it is not content-independent) whereas the second is linked to the distinguishing features of biodiversity knowledge.

#### 3.1 Standardization and network constraints

As mentioned above, a few basic requirements have to be met in any databank that is meant to be used by scientists. First, data have to be standardized. Standardization involves defining different data types (i.e., building up a glossary) in order to optimize interoperability among databanks. We can now bring to light the peculiar difficulties raised by this operation by coming back to the example of the integration of other data than taxonomic in a biodiversity databank, namely, data coming from biological and ecological descriptions (cf. section 1.2). In order to include biological and ecological traits within a databank for marine species, the challenge of identifying which are (1) useful and (2) available to researchers and conservationists has to be met. This is the first step of data standardization, which obliges designers to struggle with linguistic subtleties:

For example, “littoral” habitat can be the marine zone between the low and high tide marks, extend to the continental shelf and include coastal river catchments, and refer to the edge of freshwater lakes. The lack of standard use of terms can compromise the bringing together of this knowledge from different sources. (Costello et al 2015).

We see with this example that standardization forces databank designers to formulate precise definitions of the terms they choose to use within the databank, as well as to indicate

measurement units and range of exact measurements. This is a crucial, non-trivial step in the elaboration of the databank. It is based on the previous identification of the set of terms that are used in other databanks and in the relevant literature. Standardization is not always possible, however: when the way data are produced remains unknown, i.e., when the databank designer does not know whether they are primarily found in scientific papers, reports, other databanks, or unpublished sources, they cannot possibly be standardized. That is the reason why working groups for data standardization must involve scientists: standardization *is* knowledge production.

At last, the most important requirement is that data have to be validated: they must be submitted to a process that provides scientists with the same kind of warrant as the peer review process so that they can trust the elements they retrieve from databanks. Users are assisted in this task by the meta-data that provide them with contextual information allowing them to both evaluate reliability and quality of data. When links to actual specimens are provided, databank users can moreover check themselves the validity of the data they are interested in. These links are thus an important way to enhance the collective process of data validation, and thus the overall scientific quality of biodiversity data and databanks.

The usefulness of a databank is conditioned by the basic requirements above and by the definition of possible queries. By listing the words or expressions that constitute well-defined queries, the databank designer identifies and sets the possible uses of this tool. As mentioned above, the databank designer's role is to guess the future uses of the databank and to anticipate the development paths of biodiversity knowledge. This can only be done by people in close contact with ongoing research and assessment and conservation practices: databank design and maintenance is genuine scientific work, even though it may not result in the publication of scientific papers, because it implies being well aware of the scientific state of the art at a given time, of how the relevant scientific community assesses the various scientific hypotheses at stake, and of the emerging links among different fields of research.

### 3.2 Catching up with the history of the field

Even though biodiversity databanks already have a history, they are recent tools compared to the old practice of publication of papers and monographs. A major challenge for biodiversity databanks is to become a part in a set of older practices that themselves transform at a quick pace. This means that biodiversity databanks should connect their contents with other, older epistemic practices. More precisely, they should complement, rather than replace, more traditional reservoirs of biodiversity knowledge, like collections of natural history, because reliable biodiversity knowledge requires links with actual specimens. This is an important and difficult task for databanks designers and associated computer scientists and engineers.

In order to illustrate the difficulties databanks designers and managers have to face, let us compare biodiversity knowledge with genome knowledge. It would be a mistake to think that biodiversity knowledge is up to follow the same path as genome knowledge, namely that something like the completion of the Human Genome Project (HGP) could happen within biodiversity knowledge. With HGP, we have a rare example of a rapidly successful research program that was *completed* in a few years. This is not the common fate of research projects at such a scale. At any rate, it is unrealistic to believe that biodiversity knowledge could develop in the same way as HGP and reach any first complete stage in the near future. On the contrary, the development of biodiversity knowledge should be envisaged as a more piecemeal process because we lack a tool that would allow us to systematically answer our questions about biodiversity. Sequencing has been such a tool in the domain of genome knowledge: it allowed researchers to produce systematic and complete knowledge of individual genomes at a quick pace. For the time being, we have no clue as to what could be such a tool for biodiversity (which is not to say that we cannot discover one in the future). We do not know how to produce biodiversity knowledge at a quick pace and using standardized, easily accessible methods. On the one hand, biodiversity knowledge, its taxonomic component, is still dependent on the availability of

specialists whose competence cannot be standardized. On the other hand, biodiversity knowledge cannot be reduced to taxonomic knowledge; as a result, new tools connecting taxonomic knowledge with other types of description have to be invented and implemented, as in the Marine Species Traits example. Lacking a tool like HGP, we are doomed to conceive of biodiversity knowledge as the result of a long, unsystematic process that should be guided, according to us, by two requirements:

- anchoring it into older practices,
- designing databanks as major tools of knowledge improvement.

## References

Bastow, R. and Leonelli, S. (2010) Sustainable digital infrastructure. *EMBO Reports*, 11(10): 730-735.

Bouchet P (2006) "The magnitude of marine biodiversity. In *The exploration of marine biodiversity. Scientific and technological challenges*. CM Duarte (ed.) 31-62

Costell, Mark John and Edward Vanden Berghe (2006) "Ocean biodiversity informatics': a new era in marine biology research and management", *Marine Ecology Progress Series*, v316, 203-214

Costello, Mark John, Simon Claus, Stefanie Dekeyzer, Leen Vandepitte, Éamonn Ó Tuama, Dan Lear, and Harvey Tyler-Walters. « Biological and Ecological Traits of Marine Species ». *PeerJ* 3 (18 août 2015): e1201. doi:10.7717/peerj.1201.

Covitz, P.A. (2004). Cruising the Cancer Biomedical Informatics Grid caBIG: From village to city. *caBIG Workspace and Working Group Kickoff meeting, 2004*

Grehan, J. R. "Conservation Biogeography and the Biodiversity Crisis: A Global Problem in Space/Time", *Biodiversity Letters* 1(5), 134-140

Hubbell, S.P. (2001). "The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography". Princeton University Press.

James, S.W., Porco, D., Decaëns, T., Richard, B., Rougerie, R., et al. 2010 DNA Barcoding Reveals Cryptic Diversity in *Lumbricus terrestris* L., 1758 (Clitellata): Resurrection of *L. herculeus* (Savigny, 1826). *PLoS ONE* 5(12): e15629. doi:10.1371/journal.pone.0015629.

Leonelli, S. 2009 "The Impure Nature of Biological Knowledge", in *Scientific Understanding: Philosophical Perspectives*, Henk de Regt, Sabina Leonelli, Kai Eigner, eds, Pittsburgh University Press

Leonelli, S. (2010) The Commodification of Knowledge Exchange: Governing the Circulation of Biological Data. in *The Commodification of Academic Research*, Radder H (ed), University of Pittsburgh Press.

Leonelli, S. (2013) Global data for local science: Assessing the scale of data infrastructures in biological and biomedical research, *BioSociety* 8(4), 449–465

Leonelli, S. (2013a) "Integrating data to acquire new knowledge: Three modes of integration in plant science." *Stud Hist Philos Biol Biomed Sci.* 44(4 Pt A):503-14. doi: 10.1016/j.shpsc.2013.03.020. Epub 2013 Apr 6

Leonelli, S. (2016) *Data-Centric Biology. A Philosophical Study*, The University of Chicago Press

OECD (1999) OECD Megascience Working Group - Biological Informatics - Final Report. 74 pp. Organisation for Economic Co-operation and Development. Available online at <http://www.oecd.org/dataoecd/24/32/2105199.pdf>.

Ratnasingham, Sujeevan, et Paul DN Hebert. « BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>) ». *Molecular ecology notes* 7, n° 3 (2007): 355–364.

Richard, B., Decaëns, T., Rougerie, R., James, S.W., Porco, D., et al. 2009. Re-integrating earthworm juveniles into soil biodiversity studies: species identification through DNA barcoding. *Molecular Ecology Resources* 10: 606–614.

Singh, J. S. 2002 “The biodiversity crisis: a multifaceted review”, *Current Science* 82(6) 638-647

Takacs, David, 1996, *The Idea of Biodiversity: Philosophies of Paradise*, Johns Hopkins University Press

John Wieczorek, David Bloom, Robert Guralnick, Stan Blum, Markus Döring, Renato Giovanni, Tim Robertson, and David Vieglais. Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard. PLoS One. 2012; 7(1): e29715.



**Article 6 – Habitat  
characterization of New  
Caledonia deep sea  
ecosystems A collaborative  
French National Museum  
project – Conference Paper,  
2015**





# Habitat characterization of New Caledonia deep sea ecosystems

## A collaborative French National Museum project

Delavenne Juliette<sup>1</sup>; Bary Sophie<sup>1</sup>; Lozouet Pierre<sup>2</sup>; Poncet Laurent<sup>3</sup>; Samadi Sarah<sup>1</sup>

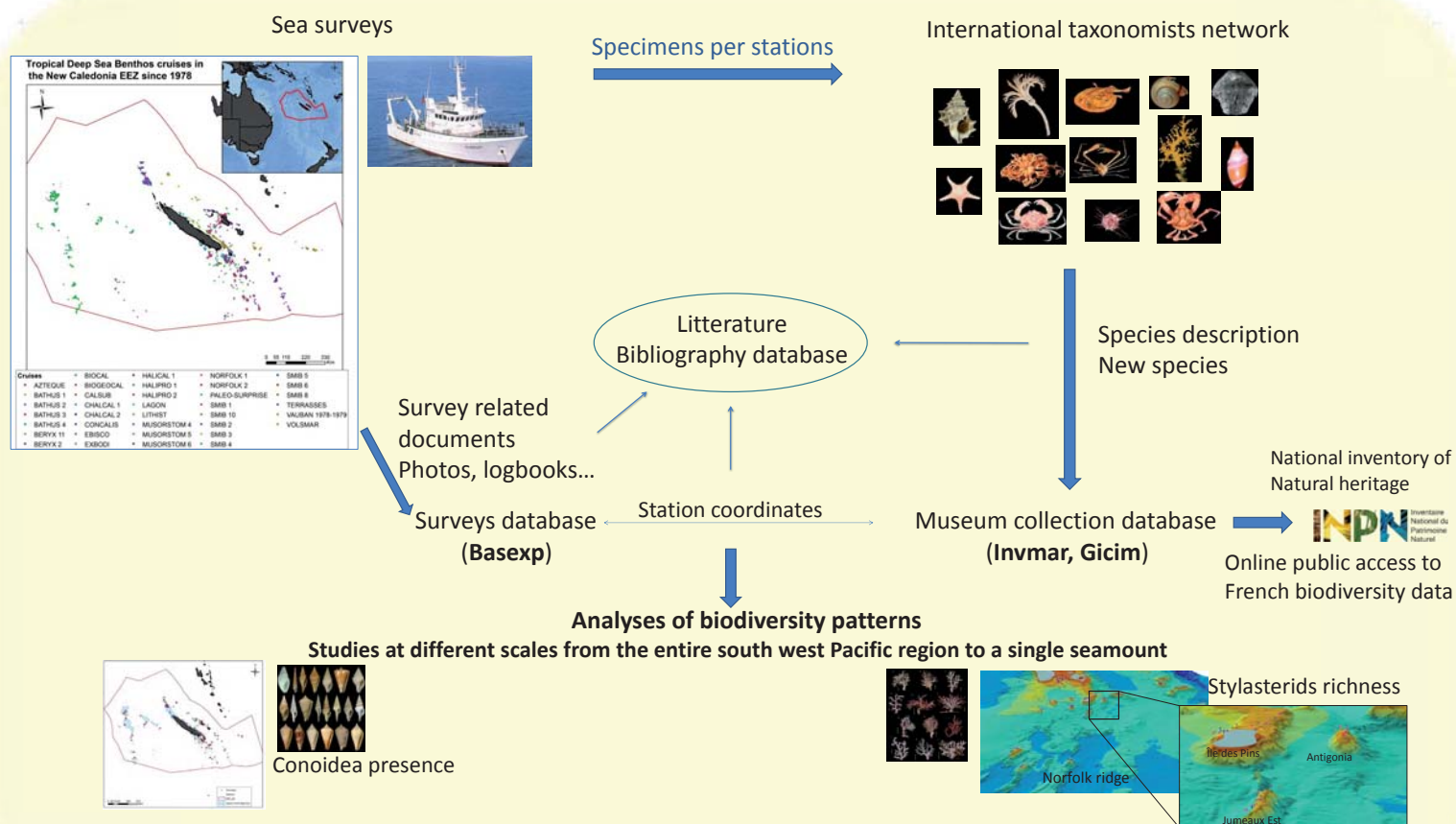
1. Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité UMR 7205 - CNRS, MNHN, UPMC, EPHE 2. Direction des collections 3. Service du Patrimoine Naturel

### Context

The New Caledonia Exclusive Economic Zone is 1.3 million km<sup>2</sup> and most of it is deep sea with ridges and seamounts which represent unique ecosystems not easily accessible. It has been shown that deep sea ecosystems can be impacted by climate change and to evaluate such potential effects these ecosystems must be carefully described and characterized.

New Caledonian waters became a **Marine Park** in 2014 and a management plan is to be developed in the next few years. The exploration program “**Tropical Deep Sea Benthos**” (TDSB) has launched sea surveys in the south west Pacific for more than 30 years and **37 surveys** (3800 stations) have been sampled in New Caledonian waters. This program brings together a worldwide network of taxonomist and has led to numerous new species descriptions. To develop spatialized management a two years agreement between the French Marine Protected Area (MPA) agency and the French National Museum will first permit gathering all information regarding TDSB cruises in New Caledonia, including taxonomic data and literature, and will make these data available through widely accessible databases. The biodiversity data will then be used to describe species associations and analyses of seamount biodiversity. This project requires broad collaboration across research laboratories, museum collections and Natural heritage service.

### Methods & program overview



### What environmental parameters influences biodiversity patterns and species assemblages?

- .Use of the collection databases and associated station data to learn about deep sea habitats.
- .Focus on taxa for which all specimens have been looked at by a taxonomist, for example Stylasterids, or Chrysogorgia within the phylum Cnidaria.

### Discussion & perspectives

- TDSB surveys data represent an unique source of knowledge about deep sea and seamounts ecology
- Mobilization of the large international taxonomist network and investment by the collections department investment are essential to allow these kinds of ecological approaches.
- Methodological considerations related to the sampling patterns and strategies have to be considered before drawing any conclusion about biogeography.
- More than 24 000 new species occurrences derived from the project have already been entered into the INPN public database.
- These results will contribute to the development and implementation of the marine park management plan which is an important conservation action within the context of global change.

# **« Au fonds des Océans »**

## **Panneaux Exposition de**

### **L'Aquarium de la Porte**

#### **Dorée : 24 janvier 2017 - 6**

##### **septembre 2017**

J'ai contribué de façon majeure à la réalisation des panneaux de cette exposition et à sa coordination. Ci-dessous, l'extrait du Parisien sur l'exposition :

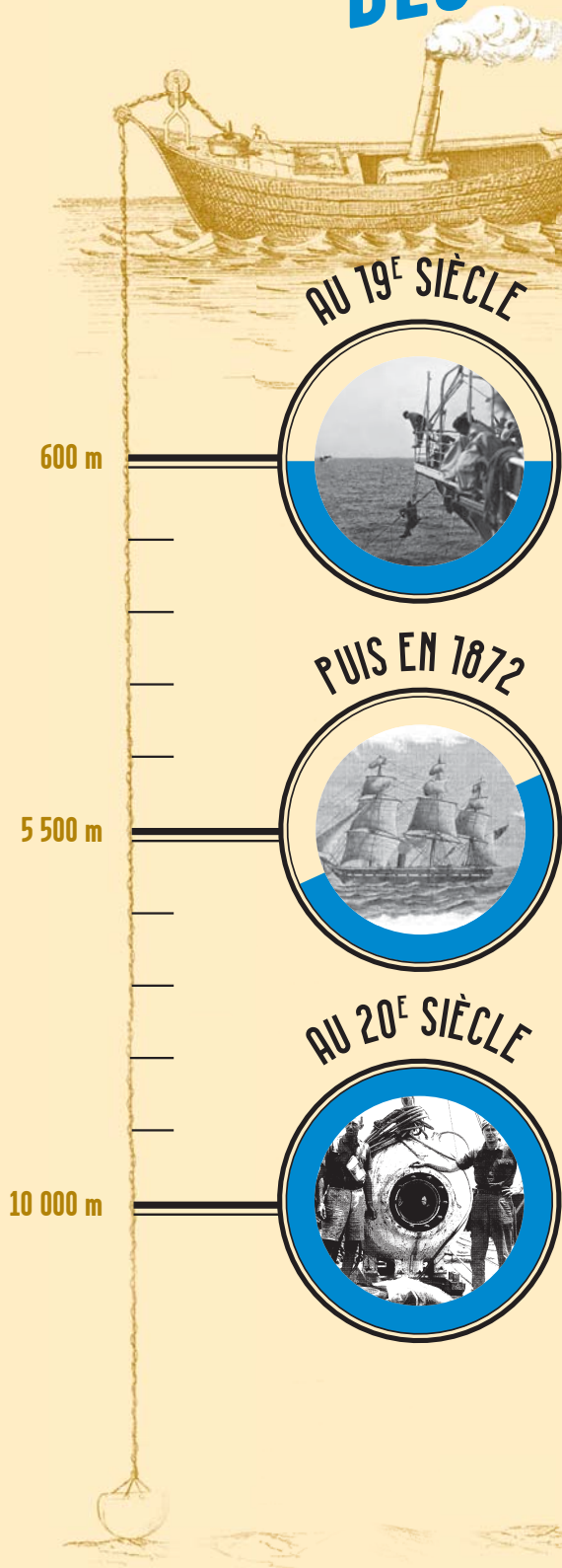
« 40 ans d'exploration sous-marine, 200 scientifiques du monde entier et des milliers de nouvelles espèces découvertes ! A l'Aquarium tropical du Palais de la Porte Dorée (XII<sup>e</sup>), l'exposition « Au fond des océans » revient sur les expéditions initiées et menées depuis 1976 par le Muséum national d'Histoire naturelle et l'Institut de recherche pour le développement. Des opérations qui permettent une meilleure compréhension des fonds tropicaux.

L'exposition rassemble 20 panneaux présentant l'histoire et le rôle des expéditions marines ainsi que les grands groupes d'animaux récoltés. Les visiteurs peuvent également admirer des spécimens, dont certains sont présentés pour la première fois, et le matériel utilisé sur le terrain. Une découverte pour Xavier, 71 ans, venu avec ses petits-enfants, qui ne « pensait pas qu'il y avait autant d'espèces en deçà d'une certaine profondeur ».

« Transformer les visiteurs en acteurs », tel est l'objectif affiché par Dominique Duché, directeur de l'Aquarium. Ce passionné d'océanographie, qui se rêvait à 10 ans en commandant Cousteau, veut « provoquer du lien entre les générations » et susciter chez les plus jeunes un intérêt pour les programmes scientifiques. « Y a-t-il encore beaucoup d'espèces à découvrir ? » ou « pourquoi est-il si difficile d'explorer le fond des océans ? » font partie de la série de questions qui leur est posée.- Adrien Quintard, Le Parisien, 24 Février 2017

# L'EXPLORATION DU FOND DES OcéANS

UNE HISTOIRE  
RÉCENTE



## LA THÉORIE AZOÏQUE

En 1844, Edward Forbes observe qu'en Méditerranée, plus on pêche en profondeur, moins il y a d'organismes.

Sur cette observation ponctuelle il propose la théorie azoïque: au-delà de 600 m il n'y aurait plus de vie du tout. Pourtant en 1850, on remonte des câbles télégraphiques sous-marins endommagés depuis 2 500 m de profondeur avec des organismes vivants fixés dessus!

## L'EXPÉDITION DU CHALLENGER

Pendant 4 ans, 250 personnes ont exploré 360 stations à la drague et au chalut et réalisé des mesures de profondeur et de température.

L'expédition du Challenger a permis de découvrir des milliers d'espèces et de révéler qu'il n'y avait pas de limite à la vie, même à de très grandes profondeurs!

## DE NOUVEAUX OUTILS POUR VOIR LES FONDS

Les deux guerres mondiales vont accélérer le développement des cartes et des sous-marins. Ces avancées technologiques permettent de comprendre que les reliefs sous-marins

sont bien plus grands que ceux des continents et d'observer la vie à plus de 10 000 m de profondeur. Les abysses paraissent cependant bien désertiques jusqu'à la découverte en 1977 de véritables oasis autour des volcans profonds mais aussi de jardins de coraux sur le sommet des monts sous-marins.

**LA RÉPONSE:**  
C'EST TRÈS DIFFICILE  
CAR IL Y FAIT TOUT NOIR,  
TRÈS FROID ET LA PRESSION  
DE L'EAU EST TELLEMENT  
FORTE QU'ELLE ÉCRASE  
LES APPAREILS.

# LES DÉCOUVERTES DU CHALLENGER

DES CURIOSITÉS  
PAR MILLIERS



## L'EXPÉDITION EN CHIFFRES



**4** ans d'exploration

**4 780** espèces marines et terrestres décrites

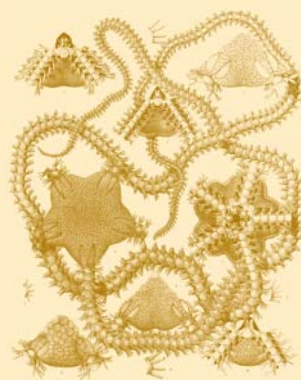
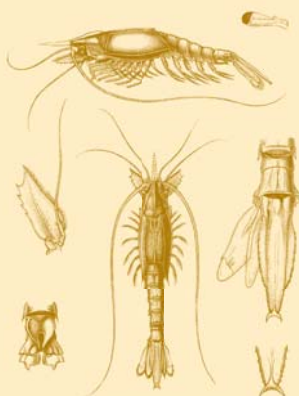
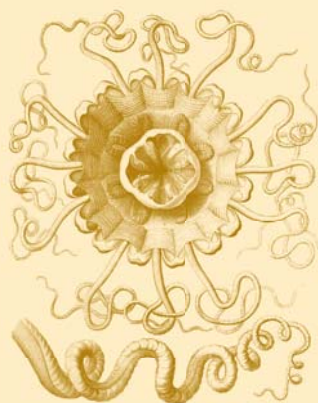
**127 000** km parcourus

**243** personnes à bord

**492** relevés de profondeurs

**263** relevés de température de l'eau

**362** points dans la mer dont la faune est échantillonnée



# TROPICAL DEEP SEA BENTHOS

DE 1976 À AUJOURD'HUI



## LA QUÊTE DE LA NEOGLYPHEA INOPINATA

Cet étrange crustacé a été récolté pour la première fois en 1908 par le navire Albatros au large des Philippines. Les chercheurs n'ont pas su à l'époque dans quel groupe de crustacés le classer. Ce n'est qu'en 1975 que deux chercheurs du Muséum national d'Histoire naturelle ont compris que cet énigmatique spécimen se rapprochait des glyphéides, une lignée de crustacés que l'on croyait éteinte depuis au moins 50 millions d'années.



**EN 1976** Ils retournent sur place avec le navire français *Le Vauban*. La bête n'est pas facile à attraper, elle vit bien cachée dans des terriers. Mais après trois campagnes, plus de 20 spécimens sont récupérés !

**1976 - AUJOURD'HUI** Le Muséum national d'Histoire naturelle et l'Institut de Recherche pour le Développement conjuguent leurs efforts pour explorer le fond des mers tropicales, recenser et décrire les organismes qui y vivent : c'est le programme Tropical Deep Sea Benthos. 40 années, 5000 dragages et chalutages, 200 scientifiques, des milliers de nouvelles espèces décrites, 29 livres et des centaines d'articles scientifiques !

## QUELQUES CHIFFRES



**3 200** espèces nouvelles décrites et des milliers de données sur la répartition géographique de ces espèces

**6 800** stations explorées

**75** campagnes océanographiques

**1 800** scientifiques du monde entier

**40** ans d'exploration

1976

aujourd'hui



**LA RÉPONSE :**  
LA NEOGLYPHEA EST UN CRUSTACÉ. SES COUSINS SONT LE CRABE, LA CREVETTE OU ENCORE LA LANGOUSTE...

# L'EXPLORATION NATURALISTE AUJOURD'HUI

QUE RESTE T-IL  
À DÉCOUVRIR ?



## DES DÉCOUVERTES INATTENDUES

Ce crinoïde et ce gastéropode ont un point commun : ils ont été découverts à l'état fossile dans des roches terrestres !

Pourtant aujourd'hui, leurs descendants vivent dans les profondeurs des océans. L'exploration du fond des océans est bien moins avancée que celles des roches des montagnes.

Aujourd'hui, moins de 5% des océans sont explorés ! On connaît mieux les reliefs de la Lune que les montagnes du fond des océans !



## DES INNOVATIONS TECHNIQUES

Les outils modernes permettent de travailler plus efficacement qu'à l'époque du Challenger : sondeurs,

robots et nouveaux engins de pêche permettent de faire en deux mois ce que le Challenger a fait en quatre ans. L'imagerie sous-marine permet de voir les organismes vivre dans leur milieu.

4 ANS

2 MOIS



le Challenger en 1872

aujourd'hui

L'Océan, encore plus  
mystérieux que la Lune !

Aujourd'hui, moins de 5% des océans sont explorés ! On connaît mieux les reliefs de la Lune que les montagnes du fond des océans !

LA RÉPONSE :  
BIEN SÛR !

IL RESTE DES MILLIONS  
D'ESPÈCES À DÉCOUVRIR  
DANS LES OcéANS. ET AVEC  
LES TECHNIQUES FUTURES,  
ON Y DÉCOUVRIRA  
DES CHOSES QU'ON NE  
SOUÇONNE PAS ENCORE.

# UNE JOURNÉE EN MER

NAVIGUER, PÊCHER  
ET RÉPARER LE MATÉRIEL !



## LA DRAGUE ET LE CHALUT



Ces engins permettent de récolter les organismes vivants entre 30 et 4000 m de fond. La drague, très rigide, est adaptée aux fonds durs et accidentés. Le chalut à perche, plus fragile, est utilisé sur les fonds plats et sableux.

## LE TAMISAGE ET LE TRI



Les organismes récoltés sont tamisés, puis triés par grands groupes d'animaux. Ils sont ensuite conditionnés dans des sachets hermétiques. Entre chaque récolte les marins réparent les engins de pêche.



## LE SONDEUR



Les fonds marins sont généralement peu ou mal connus. Le navire océanographique est équipé d'un sondeur très performant qui permet d'établir des cartes très précises du fond des océans. On peut ainsi savoir où utiliser les engins de pêche.

## UN IMPACT LIMITÉ



Les 40 années de ce programme scientifique représentent 750 jours de pêche. Mais la surface échantillonnée équivaut à la surface exploitée par un chalutier commercial en deux jours seulement ! L'impact de cette pêche scientifique est donc négligeable par rapport à la pêche industrielle.



**LA RÉPONSE :**  
LA DRAGUE EST UNE SORTIE DE BÂTEAU QU'ON TRÂINE SUR LE FOND POUR TOUT RAMASSER. LE CHALUT EST UN FILET QU'ON TRÂINE DANS L'EAU POUR RAMASSER LES POISSONS.

# LE CLASSEMENT DES RÉCOLTES

## DE LA MER AU LABORATOIRE



### LE TEMPS DE LA DESCRIPTION



67 ANS

Specimen  
récolté en 1908

*Neoglyphea inopinata*

Description  
en 1975

13 ANS

1993

*Bathynomus richeri*

2006

1 AN

1986 1987

*Neogymnocrinus richeri*

21 ANS

Temps moyen pour décrire une espèce!

### DESCRIPTION D'UNE NOUVELLE ESPÈCE

On utilise la forme générale de l'animal, les organes qui le constituent, et maintenant son ADN grâce aux progrès de l'analyse moléculaire. Pour décrire une espèce il est préférable de disposer de plusieurs spécimens de l'espèce, si possible vivants pour pouvoir extraire son ADN. On appelle taxonomistes les chercheurs qui réalisent ce travail et le publient pour le rendre accessible aux scientifiques du monde entier.

### TOUS LES ORGANISMES RÉCOLTÉS ALIMENTENT LES COLLECTIONS DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

### DEUX TYPES DE COLLECTIONS

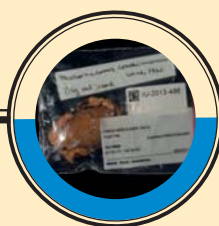
**La collection générale :**  
tous les lots sont rangés et conditionnés selon la classification des espèces.

**La collection moléculaire :** c'est une collection multiple, à un spécimen correspondent des objets : un animal, un échantillon de chair de l'animal, un échantillon d'ADN et des photos. La base de données des collections permet donc de retrouver facilement tous les spécimens et tous les objets qui leur sont associés.



Tri des échantillons à la loupe binoculaire

Chaque récolte est triée à l'œil nu ou à la loupe pour constituer des lots de quelques animaux dont on identifie l'espèce.



Un crabe dans son sac, avec ses étiquettes

Sur les étiquettes sont indiqués le nom de l'espèce, le nom du scientifique qui l'a déterminée, ainsi qu'un numéro d'inventaire.



Les étagères de la collection générale du Muséum



La fiche de collection moléculaire

Les numéros d'inventaire permettent de retrouver toutes les informations sur les spécimens.

**LA RÉPONSE :**  
OUI, MAIS ON NE SAIT PAS VRAIMENT COMBIEN. AUJOURD'HUI ON CONNAÎT ENVIRON 1 750 000 ESPÈCES. IL EN RESTE ENCORE 2, 3 VOIRE 10 MILLIONS À DÉCOUVRIR. IL RESTE BEAUCOUP DE TRAVAIL POUR LES TAXONOMISTES !



# LES GRANDS GROUPES D'ANIMAUX DES FONDS MARINS

DES ESPÈCES À TOUTES LES PROFONDEURS

## LES ANNÉLIDES



Les annélides sont des animaux à corps mou, très diversifiés mais encore peu étudiés. Ici un spécimen hirsute sur son caillou.

## LES ÉPONGES



Les éponges sont des organismes constructeurs qui peuvent tapisser les fonds. Ici, dans une drague au large de la Nouvelle-Calédonie nous avons trouvé des formes très variées !

## LES ARTHROPODES



Les arthropodes ont des formes et des couleurs variées qu'ils perdent hélas une fois fixés dans l'alcool. Sur ce plateau, sont regroupés des crevettes, des crabes, des galathées et des balanes géantes.

## LES BRACHIOPODES



Les brachiopodes sont des animaux à deux valves mais qui ne sont pas des mollusques.

## LES POISSONS DU FOND



Les poissons du fond ont des formes diverses et variées. Plus ils vivent profondément moins ils sont colorés.

## LES CNIDAIRES



Les cnidaires regroupent les coraux mais aussi les méduses et les anémones. Comme les éponges, ce sont des organismes architectes qui servent d'habitation pour d'autres espèces.

## LES MOLLUSQUES



Les mollusques sont nombreux dans les chaluts et les dragues. Mais bien souvent les coquilles vides sont les seuls témoignages de la biodiversité.

## LES ÉCHINODERMES



Les échinodermes regroupent les étoiles de mer, les oursins mais aussi les concombres de mer, les ophiures et les crinoïdes.

## LES TUNICIERS

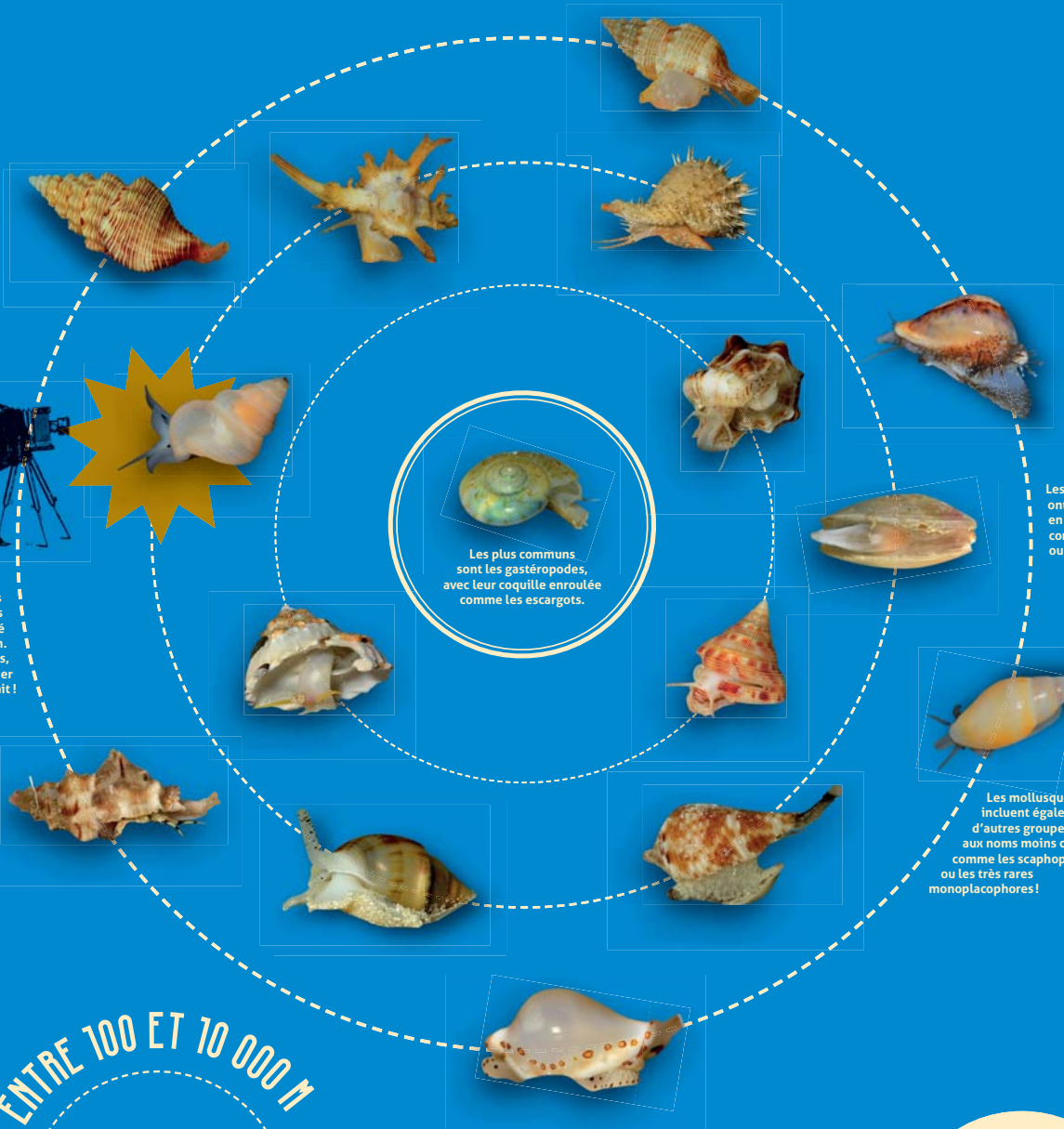


Les tuniciers sont des animaux proches des vertébrés ! A l'état adulte ils se fixent sur un substrat et filtrent tranquillement l'eau de mer.

# LES MOLLUSQUES DES GRANDS FONDS

DES ESPÈCES ABONDANTES ET MÉCONNUES

Comme leur nom l'indique, les mollusques ont un corps mou, protégé par une coquille pour la plupart d'entre eux. Ils sont très diversifiés en milieu marin. Voici des mollusques collectés pendant la mission Kanaono.



Les bivalves ont une coquille en deux parties, comme les moules ou les huîtres.

Les plus communs sont les gastéropodes, avec leur coquille enroulée comme les escargots.

Les mollusques incluent également d'autres groupes aux noms moins connus, comme les scaphopodes ou les très rares monoplacophores!

Difficiles à photographier dans de bonnes conditions, ces images ont été faites en aquarium. Pour certains, c'est leur premier portrait!

ENTRE 100 ET 10 000 M

Dans les grandes profondeurs, un grand nombre d'espèces reste à découvrir!

LA RÉPONSE:  
C'EST UN GASTÉROPODE  
CAR IL NE POSSÈDE  
QU'UNE SEULE COQUILLE,  
COMME UN ESCARGOT!

# DES PRÉDATEURS VENIMEUX AU FOND DES MERS

LA VARIÉTÉ DES CÔNES  
RÉGALE LES COLLECTIONNEURS,  
MAIS LEUR VENIN REND  
LEUR PÊCHE DANGEREUSE



Les cônes sont des gastéropodes marins, prédateurs de vers, de mollusques et de poissons. Ils sont capables de capturer et tuer leurs proies grâce à leur venin très puissant.

Avec plus de 850 espèces décrites, les cônes forment un groupe très diversifié, particulièrement prisé des collectionneurs. Ils sont présents dans toutes les mers tropicales, de la surface à plus de 1 000 m de profondeur de profondeur.

## LE CÔNE "SERIAL KILLER"



Le cône géographe est un véritable serial killer, responsable de la plupart des décès. Néanmoins les piqûres sur l'homme restent rares et ne sont pas toutes mortelles. Mais attention, il n'existe pas d'anti-venin !

LA RÉPONSE :  
IL N'EST PAS DANGEREUX  
DE LES COLLECTIONNER,  
MAIS IL PEUT ÊTRE DANGEREUX  
DE LES RAMASSER VIVANTS  
CAR CERTAINS SONT VENIMEUX !

# LA FAUNE INATTENDUE DES ARBRES COULÉS

UNE OASIS  
DE NOURRITURE



## ANIMAUX, BACTÉRIES ET CHAMPIGNONS

Les îles tropicales sont couvertes de forêts. Au gré des cyclones ou en fin de vie, certains arbres tombent, sont

charriés par les fleuves et arrivent en mer où ils coulent au fond des océans. Ils constituent alors des oasis de nourriture pour le bénéfice d'une communauté d'animaux encore très mal connus.

Des animaux comme les patelles et les tarets s'associent avec des bactéries et des champignons qui dégradent le bois et le transforment en nutriments assimilables.

## LES TARETS



Ce bivalve au corps en forme de ver creuse des galeries dans le bois. Grâce aux bactéries qui vivent dans son système digestif il peut digérer le bois.

## DES CHAMPIGNONS INCONNUS



De nombreux champignons encore inconnus dégradent le bois et le transforment en nutriments assimilables pour d'autres organismes.

## LES PATELLES



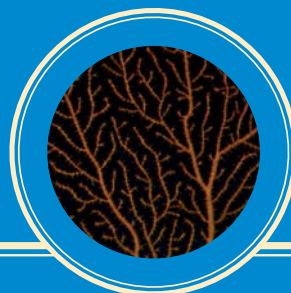
Les patelles du genre *Pectinodonta* ont une dent en forme de râpe, appelée radula qui leur permet de manger le bois. Pour le digérer elles abritent dans leur tube digestif et leurs branchies des bactéries et des champignons spécialisés.

### LA RÉPONSE:

NON,  
CAR POUR MANGER DU BOIS,  
IL FAUT ÊTRE AIDÉ PAR DES BACTÉRIES  
ET DES CHAMPIGNONS TRÈS SPÉCIAUX  
QUI VONT DÉCOMPOSER LE BOIS  
ET LE RENDRE MANGEABLE.

# LES GORGONES, DES PERCHOIRS TRÈS UTILES

LE GÎTE  
ET LE COUVERT  
OFFERT À DE NOMBREUX  
ORGANISMES



## UN ABRI DE CHOIX

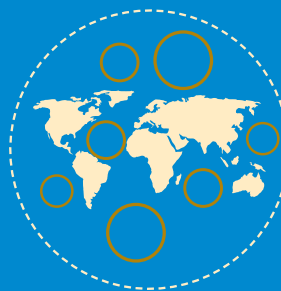
Les gorgones sont des cnidaires, comme les coraux, mais qui possèdent 8 petites tentacules pour attraper leurs proies.

On en trouve dans toutes les mers et océans du globe et à toutes les profondeurs.

Ces animaux ont parfois la forme d'une plante et sont des perchoirs très prisés pour les autres organismes marins : crabes et crevettes, ophiures et crinoïdes (des échinodermes, cousins des étoiles de mer), éponges ou autres espèces de cnidaires !



Les espèces qui vivent sur les gorgones y trouvent un abri, certaines modifiant même les écailles qui recouvrent le squelette de la gorgone pour former un petit tunnel protecteur. Elles y trouvent également de la nourriture en profitant des particules en suspension dans la colonne d'eau.

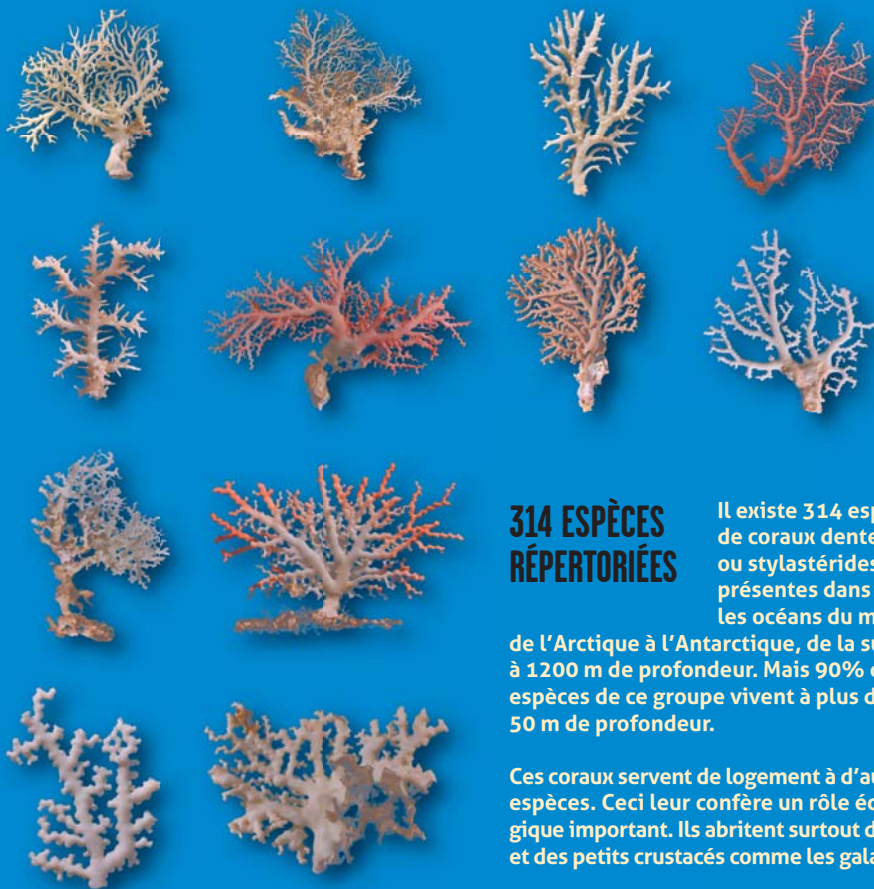


Les gorgones peuplent toutes les mers et tous les océans du globe, peu importe la profondeur.

**LA RÉPONSE :**  
BIEN QUE LEURS COLONIES  
RESSEMBLENT À DES PLANTES,  
LES GORGONES SONT DES PETITS ANIMAUX  
QUI VIVENT À L'EXTREMITÉ  
DE CHAQUE BRANCHE.

# LES CORAUX DENTELLES

LA  
NOUVELLE-CALÉDONIE,  
LE PARADIS DES CORAUX  
DENTELLES



## 314 ESPÈCES RÉPERTORIÉES

Il existe 314 espèces de coraux dentelles, ou stylastérides, présentes dans tous les océans du monde de l'Arctique à l'Antarctique, de la surface à 1200 m de profondeur. Mais 90% des espèces de ce groupe vivent à plus de 50 m de profondeur.

Ces coraux servent de logement à d'autres espèces. Ceci leur confère un rôle écologique important. Ils abritent surtout des vers et des petits crustacés comme les galathées.



Un tiers des espèces connues de stylastérides vit en Nouvelle-Calédonie entre 200 et 1200 mètres de profondeur. Elles y sont tellement abondantes qu'un mont sous-marin a été dénommé Stylaster.

**LA RÉPONSE :**  
LES CORAUX SONT  
DES ORGANISMES CONSTRUCTEURS.  
ILS NE VIVENT QU'ÀUX EXTRÉMITÉS  
DE CES PETITES BRANCHES,  
MAIS LEURS CONSTRUCTIONS CALCAIRES  
APPELÉES POLYPIERS S'ACCUMULENT  
ET FINISSENT PAR FORMER  
DES MONTS SOUS-MARINS !

# LES RÉCIFS CORALLIENS

UNE PRÉSENCE DANS  
LES MERS CHAUDES,  
MAIS PAS UNIQUEMENT !

## LES CORAUX PROFONDS

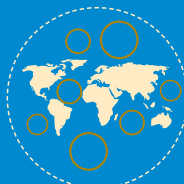


Les coraux des profondeurs n'ont pas d'algues associées. Ils ne vivent que de la prédation de petites proies.

Ils vivent jusqu'à 6 300 m de profondeur

-1°C

Ils sont signalés dans des eaux allant jusqu'à -1°C

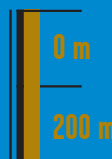


Les coraux des mers froides peuplent toutes les mers et tous les océans du globe jusqu'à 6 300 m de profondeur

Les récifs coralliens sont généralement connus dans les mers chaudes et peu profondes. Les coraux qu'on y trouve ont dans leurs cellules des petites algues formées d'une seule cellule. Comme les plantes vertes, ces algues réalisent la photosynthèse. Les coraux bénéficient des nutriments fabriqués par ces algues, en plus des petites proies qu'ils mangent habituellement.

Les récifs coralliens sont présents dans tous les océans, jusqu'à 6 300 m de profondeur et sont signalés dans des eaux allant jusqu'à -1°C. Contrairement aux coraux des mers peu profondes, ces coraux des profondeurs n'ont pas d'algues associées. Ils ne vivent que de la prédation de petites proies.

## LES CORAUX DES MERS CHAUDES



Ils vivent jusqu'à 200 m de profondeur

À la manière des plantes vertes, leurs algues associées réalisent la photosynthèse

**LA RÉPONSE :**  
OUI, DEPUIS 10 ANS  
LES CHERCHEURS ONT TROUVÉ  
PLUSIEURS RÉCIFS CORALLIENS  
ENTRE 600 ET 1000 MÈTRES  
DE PROFONDEUR DANS  
LES EAUX SOMBRES ET FROIDES  
DE L'ANTARCTIQUE !

# DES CRUSTACÉS MYSTÉRIEUX

LES BALANES,  
COUSINS DES CRABES  
ET DES CREVETTES



## UNE ARMURE MYSTÉRIEUSE

Les balanes sont des crustacés. Oui, elles sont les proches cousines des crabes et des crevettes !

### Étonnant vu leur forme ?

Bien que longtemps considérées comme des coquillages, c'est en observant leur mode de reproduction que les scientifiques ont découvert que leur larves (Nauplius) étaient les mêmes que celles des crabes et crevettes. Dans les grands fonds, les balanes nous réservent encore des surprises ! Cette espèce avec sa couronne de huit plaques calcaires symétriques et articulées est très originale : l'animal est ainsi protégé par une véritable armure ! Mais contre qui ?

Mystère mais cela fait au moins 23 millions d'années que ces organismes forts discrets les conservent.



Ces balanes mystérieuses sont découvertes pour la première fois dans des gisements fossiles en Nouvelle-Zélande en 1983.

**LA RÉPONSE :**  
LE CRABE ! BIEN QU'ILS  
NE SE RESSEMBLENT  
PAS BEAUCOUP,  
LA BALANE EST  
LA COUSINE DU CRABE,  
UN CRUSTACÉ COMME ELLE.



# LES PINCES DE L'ENFER

DES LANGOUSTINES  
ARMÉES, MAIS  
DANS QUEL BUT ?



## DES PINCES MENAÇANTES

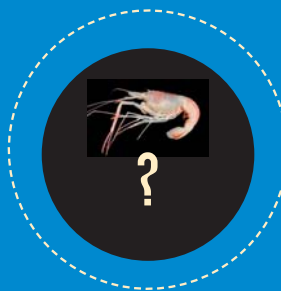
Elles font peur ces  
langoustines avec  
leurs longues pinces !  
Mais elles sont rares

et vivent dans les profondeurs des océans.  
Au sein du groupe des langoustines, seule  
une dizaine d'espèces connues possède  
ce type de pinces longues et fines, mais  
armées de nombreuses dents acérées.

A quoi donc peuvent leur servir  
ces terribles pinces ?



Bien entendu, probablement à capturer  
leur nourriture. Mais contrairement à  
ce qu'on peut imaginer, ces langoustines  
ne seraient pas de redoutables prédateurs.  
Elles garderaient leurs pinces ouvertes  
de manière passive, attendant qu'une  
éventuelle proie passe à proximité.  
Ou bien les pinces resteraient fermées  
et serviraient de filtre pour capturer  
de petites animaux...



Le mystère reste entier  
car on n'a encore jamais  
observé ces animaux  
dans leur environnement !

LA RÉPONSE :  
PEUT-ÊTRE  
OU PEUT-ÊTRE PAS...  
MAIS TU N'AS AUCUNE RAISON  
D'AVOIR PEUR DE CES ANIMAUX :  
ILS VIVENT TOUT AU FOND DE L'OcéAN  
ET TU NE RISQUES PAS  
DE TE FAIRE PINCER...

# LE PANTIN DES ABYSSES

## LES PYCNOGONIDES



### UN CORPS FIN SUR DES PATTES INTERMINABLES

Avec leurs huit  
longues pattes,  
on pourrait croire  
à des araignées  
des profondeurs!  
Et pourtant, ni

crochets venimeux, ni toile, mais des pinces  
et une étrange trompe. Ce ne sont pas non  
plus des crustacés : les pycnogonides sont  
un fragment à part de la biodiversité marine.

Leur corps est souvent si fin qu'il ne peut pas  
accueillir complètement les organes sexuels  
et digestifs, ceux-ci s'étendent donc dans  
leurs longues pattes, parfois jusqu'à leur ex-  
trémité : les pycnogonides ont littéralement  
l'estomac dans les talons !

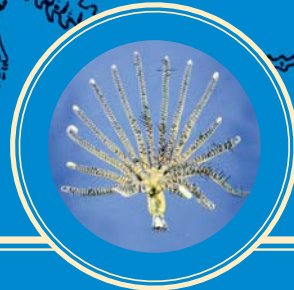


Les pycnogonides sont partout  
dans les mers, des côtes aux abysses,  
des tropiques aux pôles, et même  
sur l'estran. Avec de la patience,  
peut-être trouverez-vous  
ces curieux pantins, nichés dans  
les algues ou grignotant une éponge.

LA RÉPONSE :  
SON ESTOMAC SE SITUE  
EN PARTIE DANS LES PATTES,  
CAR IL N'Y A PAS  
ASSEZ DE PLACE  
DANS SON VENTRE !

# LES CRINOÏDES PÉDONCULÉS

ÉTEINTS ?  
NON ! BIEN VIVANTS !



**ON LES CROYAIT  
ÉTEINTS DEPUIS  
L'ÉPOQUE  
DES DINOSAURES !**

Cet animal est un crinoïde pédonculé, dont il est l'unique représentant actuel. Il reste certainement d'autres espèces de crinoïdes à découvrir dans les fonds marins.

On connaît mieux les gisements fossiles où l'on trouve de nombreuses espèces de crinoïdes pédonculés disparus.

Dépliés, les bras articulés de cet animal fixé sécrètent une sorte de glu où se collent des petits animaux et des débris d'organismes. Les particules glissent comme dans une gouttière le long de ses bras jusqu'à la bouche au centre du calice.



Cette espèce fabrique une molécule qui s'avère efficace contre le virus de la dengue, une maladie virale transmise par des moustiques, pour laquelle aucun traitement n'est encore disponible.

**LA RÉPONSE :**  
SI TES DOIGTS  
SONT LES BRAS DU CRINOÏDE,  
ALORS SA BOUCHE  
EST AU MILIEU  
DE LA PALME DE TA MAIN.

# LE GÉANT DES MERS

UN CLOPORTE GÉANT  
DANS LES PROFONDEURS  
MARINES



## UNE DRÔLE D'APPARENCE

Cet étrange animal vit entre 500 et 800 m de profondeur dans tous les océans du globe. Il commence à être connu des amateurs de fruits de mer car si l'apparence de l'animal le rend peu appétissant, sa chair en revanche est très appréciée !

Il appartient au groupe des isopodes. Bien qu'il vive dans l'océan, *Bathynomus* est plus proche des cloportes de nos jardins que des crabes ou des crevettes !

Sa taille maximale, plus de 50 centimètres, fait de lui un géant au royaume des isopodes, pour la plupart mesurant moins d'un centimètre.



**LA RÉPONSE :**  
COMME TOUTE ESPÈCE,  
CELLE-CI A UN NOM LATIN.  
BATHY SIGNIFIE : PROFOND.  
NOMUS SIGNIFIE : LE NOM.  
GIGANTEUS SIGNIFIE : GÉANT.  
TRADUCTION : LE NOM DU GÉANT  
DES PROFONDEURS !

# L'INVENTAIRE DU PATRIMOINE NATUREL



LES INFORMATIONS COLLECTÉES  
SUR LES ESPÈCES PAR  
LES EXPLORATEURS DE TROPICAL DEEP  
SEA BENTHOS SONT DIFFUSÉES  
SUR L'INVENTAIRE NATIONAL  
DU PATRIMOINE NATUREL

## LE TRAVAIL DE CARTOGRAPHIE



Grâce au travail des chercheurs et à leurs missions d'exploration, l'INPN réalise des cartes de répartition pour chaque espèce. Savoir où elles habitent permet d'identifier les zones importantes à protéger pour leur conservation.

## LES CRITÈRES DE PROTECTION



Pour qu'une espèce soit protégée, plusieurs critères doivent être pris en compte :

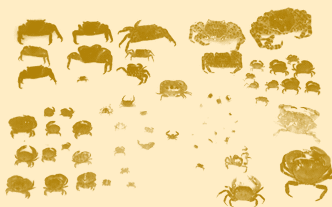
- la diminution des populations
- les pressions et les risques qui la menacent

## EN SAVOIR PLUS



L'INPN a actuellement recensé plus de 180 000 espèces animales et végétales. Retrouvez chaque espèce sur le site [www.inpn.fr](http://www.inpn.fr)

- Des photographies
- Une carte de répartition
- Le nom scientifique
- Les statuts de protection
- Et bien plus !



PARTEZ À LA DÉCOUVERTE  
DES ESPÈCES DE VOTRE COMMUNE  
AVEC L'APPLICATION  
MOBILE INPN ESPÈCES !

LA RÉPONSE :  
NON, UNE ESPÈCE RARE  
N'EST PAS FORCÉMENT  
EN VOIE DE DISPARITION.  
ELLE PEUT ÊTRE TOUT SIMPLEMENT  
DIFFICILE À OBSERVER.

# COURSE ET ENJEUX



CONNAÎTRE LES ESPÈCES  
POUR MESURER L'IMPACT DE L'HOMME



**PÊCHE, PÉTROLE, MINÉRAUX,  
CÂBLES SOUS-MARINS, VOIRE POUBELLES...  
MÊME LES GRANDS FONDS SONT AFFECTÉS  
PAR LES ACTIVITÉS HUMAINES.**



Contenu de la drague sur un mont sous-marin au large de Tahiti.  
Les roches sont recouvertes d'un épais dépôt riche en cobalt

## L'EXEMPLE DU COBALT

Le cobalt est l'un des composants des batteries de nos téléphones portables et ordinateurs.

Les besoins en cobalt sont donc en forte progression. Au rythme actuel, les réserves continentales seront épuisées en 2070.

Or la présence de zones encroûtées riches en cobalt dans les fonds marins suscite un intérêt croissant. Quatre permis d'exploration ont déjà été attribués à des entreprises minières. Quelles seraient les conséquences d'une telle exploitation sur la biodiversité marine ?

A première vue, on trouve les mêmes gros animaux sur les zones encroûtées ou non encroûtées. Mais un examen minutieux à la loupe montre que les communautés d'animaux de petite taille sont très différentes entre zones encroûtées riches en cobalt et zones non encroûtées !

Pour protéger l'ensemble de la biodiversité, il faut donc que les exploitations minières tiennent compte de ces informations essentielles.



Roche recouverte d'un fin dépôt noir, riche en divers métaux dont le cobalt



Contenu d'une drague sur les pentes des atolls des Tuamotu.  
La roche calcaire est blanche et donc sans dépôt.

**LA RÉPONSE :**  
CONNAÎTRE CES ANIMAUX  
ET LEUR MILIEU DE VIE SERT  
À MIEUX LES PROTÉGER SI L'HOMME  
DÉCIDE UN JOUR D'UTILISER  
LES ROCHES DES GRANDS FONDS  
POUR FABRIQUER  
LES OBJETS DONT IL A BESOIN.



# Bibliographie

- Ackert, L. 2007.** The “Cycle of Life” in Ecology: Sergei Vinogradskii’s Soil Microbiology: 1885–1940. *Journal of the History of Biology*, 40(1), 109-145.
- Alf, A., Maestrati, P. & Bouchet, P. 2010.** New species of *Bolma* (Gastropoda: Vetigastropoda: Turbinidae) from the tropical deep sea. *The Nautilus* 124 (2): 93-99.
- Appeltans, Ward, Shane T. Ahyong, Gary Anderson, Martin V. Angel, Tom Artois, Nicolas Bailly, Roger Bamber, et al. 2012.** The Magnitude of Global Marine Species Diversity. *Current Biology* 22 (23):2189-2202.
- Ballard, R. D. 1977.** Notes on a major oceanographic find. *Oceanus*, 20(3).
- Barco, A., Claremont, M., Reid, D.G., Houart, R., Bouchet, P., Williams, S.T. Cruaud, C., Couloux, A. & Oliverio, M. 2010.** A molecular phylogenetic framework for the Muricidae, a diverse family of carnivorous gastropods. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 56 (3): 1025-39.
- Barco, A., Marshall, B.A., Houart, R., & Oliverio, M. 2015.** Molecular Phylogenetics of Haustriinae and Pagodulinae (Neogastropoda: Muricidae) with a Focus on New Zealand Species. *Journal of Molluscan Studies* 81 (4): 476-88.
- Bellec, P., Girardet-Maillard, M., Imbert, P., & Bonaccorsi, F. 2015.** La flotte océanographique française (I.G.A.E.N.R No. 2015-022) (p. 1-78). Rapport CGEDD - IGAENR.
- Bieler, R., Mikkelsen, P. M., Collins, T. M., Glover, E. A., González, V. L., Graf, D. L., Harper, E.M., Heavly, J., Kawauchi, G.Y., Sharma, P.P., ... Giribet, G. 2014.** Investigating the Bivalve Tree of Life – an exemplar-based approach combining molecular and novel morphological characters. *Invertebrate Systematics*, 28(1), 32.
- Bonneuil, C., & Petitjean, P. 1996.** Recherche scientifique et politique coloniale. Les chemins de la création de l’Orstom, du Front populaire à la Libération en passant par Vichy, 1936-1945. *In Les Sciences coloniales, figures et institutions* (p. 113-161).
- Borgatti, S. P., & Everett, M. G. 2000.** Models of core/periphery structures. *Social Networks*, 21(4), 375–395.



- Bouchet, P. 1993.** Abysses, fossiles vivants et zoologistes: histoire d'un ménage à trois. *La Recherche* 256:836-838.
- Bouchet, P., & Petit, R. E. 2002.** New species of deep-water Cancellariidae (Gastropoda) from the southwestern Pacific. *The Nautilus*, 116(3), 95–104.
- Bouchet, P. 2006.** The magnitude of marine biodiversity. In The exploration of marine biodiversity, *Scientific and Technological Challenges*, Fundacion BBVA, Vol. 33, p. 33-64.
- Bouchet, P., Héros, V., Lozouet, P., & Maestrati, P. 2008a.** A quarter-century of deep-sea malacological exploration in the South and West Pacific: Where do we stand? How far to go? In V. Héros, R. H. Cowie, & P. Bouchet (Éd.), *Tropical Deep-Sea Benthos*, Vol. 25, p. 9-40. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle Tome 196. Paris: Muséum national d'Histoire naturelle.
- Bouchet, P., Le Guyader, H., & Pascal, O. 2008b.** Des voyages de Cook à l'expédition Santo 2006: un renouveau des explorations naturalistes des îles du Pacifique. *Le Journal de la Société des Océanistes*, (126-127), 167–186.
- Bouchet, P. 2009.** From Specimens to Data, and from Seashells to Molluscs: The Panglao Marine Biodiversity Project. *Vita Malacologica* 8 : 1-8.
- Bouchet, P. Bary, S., Héros, V. & Marani, G. 2016.** How Many Species of Molluscs Are There in the World's Oceans, and Who Is Going to Describe Them? In V. Héros, Strong, E. E. & Bouchet, P. (Éd.), *Tropical Deep-Sea Benthos*, Vol. 29, p. 9-24. Mémoires Du Muséum National d'Histoire Naturelle Tome 208. Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.
- Bougault, H., Le Suavé, R., Fouquet, Y., Bonneville, A., Martel-Jantin, B., Lamouille, B., & Trolly, G. 2002.** Evaluation stratégique et prospective préliminaire des encroûtements polymétalliques sous-marins de la ZEE de Polynésie française (p. 33). *Rapport IFREMER-BRGM*.
- Bougault, H., & Saget, P. 2011.** Les Encroûtements Cobaltifères de Polynésie Française. *Mines & Carrières*, (185), 70-75.
- Bourseau, J.-P., Ameziane-Cominardi, N., Avocat, R., & Roux, M. 1991.** Echinodermata : Les Crinoïdes pédonculés de Nouvelle-Calédonie. In Résultats des campagnes MUSORSTOM, Vol. 8, p. 229-333. Mémoires Du Muséum National d'Histoire Naturelle Tome 151. Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.
- Bracken-Grissom, H. D., Ahyong, S. T., Wilkinson, R. D., Feldmann, R. M., Schweitzer, C. E., Breinholt, J. W., Bendall, M., Palero, F., Chan, T-Y, Felder, D.L., Robles, R., Chu, K-H, Tsang, L-M., Kim, D., Martin, J.W. & Crandall, K. A. 2014.** The Emergence of

- Lobsters: Phylogenetic Relationships, Morphological Evolution and Divergence Time Comparisons of an Ancient Group (Decapoda: Achelata, Astacidea, Glypheidea, Polychelida). *Systematic Biology*, 63(4), 457-479.
- Bremer, K., Bremer, B., Karis, P. & Källersjö, M. 1990.** Time for change in Taxonomy. *Nature* 6255 (343):202-202.
- Bright, M., Keckeis, H., & Fisher, C. R. 2000.** An autoradiographic examination of carbon fixation, transfer and utilization in the *Riftia pachyptila* symbiosis. *Marine Biology*, 136(4), 621-632.
- Carvalho, M.R., Ebach, M.C., Williams, D. M. Nihei, S.S., Trefaut Rodrigues, M., Grant, T., Silveira, L.F. et al. 2013.** Does counting species count as taxonomy? On misrepresenting systematics, yet again. *Cladistics* 30 (3):322-29.
- Castelin, M., Puillandre, N., Lozouet, P., Sysoev, A., Richer de Forges, B. & Samadi, S. 2011.** Molluscan Species Richness and Endemism on New Caledonian Seamounts: Are They Enhanced Compared to Adjacent Slopes? *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 58 (6):637-46..
- Cavanaugh, C., Gardiner, S. L., Jones, M. L., Jannasch, H. W., & Waterbury, J. 1981.** Prokaryotic cells in the hydrothermal vent tube worm *Riftia pachyptila* Jones: Possible chemoautotrophic symbionts. *Science*, 213(4505), 340-342.
- Cavanaugh, C. M. 1994.** Microbial symbiosis: patterns of diversity in the marine environment. *American Zoologist*, 34(1), 79-89.
- CBD. 2008.** Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its Ninth Meeting (p. 12). UNEP/CBD/COP
- Cerinsek, M., & Batagelj, V. 2015.** Generalized two-mode cores. *Social Networks*, 42, 80-87.
- Chatry, G. 2016.** Histoire et textes fondateurs de l'IFREMER (p. 49). Centre de Bretagne - Service Archive et Patrimoine Intellectuel: *IFREMER*.
- Claremont, M., Houart, R., Williams, S.T. & Reid, D.G. 2013.** A Molecular Phylogenetic Framework for the Ergalataxinae (Neogastropoda: Muricidae). *Journal of Molluscan Studies* 79 (1): 19-29.
- Cléach, M.-P. 2008.** L'apport de la recherche à l'évaluation des ressources halieutiques et à la gestion des pêches (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques No. 132). Sénat. Consulté à l'adresse [https://www.senat.fr/rap/r08-132/r08-132\\_mono.html#toc85](https://www.senat.fr/rap/r08-132/r08-132_mono.html#toc85)
- CNEXO. 1980.** Rapport annuel du CNEXO

- Cohen**, B. L., Kaulfuss, A., & Lüter, C. **2014**. Craniid Brachiopods: Aspects of Clade Structure and Distribution Reflect Continental Drift (Brachiopoda: Craniiformea): Craniid Phylogeny. *Zoological Journal of the Linnean Society* 171 (1): 133-50.
- COMETS** - Comité d'éthique du CNRS. **2017**. Pratiquer une recherche intègre et responsable - Guide (p. 33). CNRS. Consulté à l'adresse <http://www.cnrs.fr/comets/IMG/pdf/guide2017-fr-2.pdf>
- Corliss**, John B., Dymond, J., Gordon, L. I., Edmond, J. M., von Herzen, R. P., Ballard, R. D., Green, K., Williams, D., Bainbridge, A., Crane, K., von Andel, T. H. **1979**. Submarine Thermal Springs on the Galàpagos Rift. *Science*, 203(4385), 1073-1083.
- Costello**, M. J., Wilson, S. & Houlding, B. **2012**. Predicting Total Global Species Richness Using Rates of Species Description and Estimates of Taxonomic Effort. *Systematic biology* 61 (5):871.
- Costello**, M.J., Bouchet, P., Boxshall, G., Fauchald, K., Gordon, D., Hoeksema, B.W., Poore, G.C.B., van Soest, R.W., Stöhr, S., Walter, T.C., Vanhoorne, B., Decock, W., Appeltans, W. **2013a**. Global Coordination and Standardisation in Marine Biodiversity through the World Register of Marine Species (WoRMS) and Related Databases. *PLoS ONE* 8 (1):e51629.
- Costello**, M.J., May, R. M. & Stork, N. E. **2013b**. Can We Name Earth's Species before They Go Extinct? *Science*, no 339:413-16.
- Crosnier**, A. **1990**. Faune marine profonde Indo-ouest Pacifique. Rapport.
- Cropper**, A. **1993**. Convention on Biological Diversity. *Environmental Conservation*, 20(4), 364-364.
- Crosse**, H. **1882**. Les Pleurotomaires de l'époque actuelle. *Journal de Conchyliologie* 30 (22):5-22.
- Darwin**, C. **1859**. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. *AL Burt*.
- Dayrat**, B. & Gosliner, T.M. **2005**. Species Names and Metaphyly: A Case Study in Discodorididae (Mollusca, Gastropoda, Euthyneura, Nudibranchia, Doridina). *Zoologica Scripta* 34 (2): 199-224.
- Debitus**, C., La Barre, S., Laurent, D., Minale, L., Païs, M., Richer de Forges, B., Brun, L.O.; Carré, J.B., Duhet, D., Holué, A., Marcillaud, C., Patissou, J., Ribes, O. **1985**. Etude biologique et chimique de la faune profonde de nouvelle caledonie, communication Poster (p. 1). Présenté à Symposium de chimie des substances naturelles d'origine marine, Dakar: *ORSTOM*.

- Desbruyères, D., & L. Laubier. 1980.** Alvinella pompejana gen.sp.nov., Ampharetidae aberrant des sources hydrothermales de la ride Est-Pacifique. *Oceanologica Acta*, 3(3), 267-274.
- Desbruyères, D., & M. Segonzac. 1997.** Handbook of deep-sea hydrothermal vent fauna. 279 p. *Ifremer*.
- Delavenne, J., Keszler, L., Castelin, M., Lozouet, P., Maestrati, P., & Samadi, S. in press.** Deep-sea benthic communities in the largest oceanic desert are structured by the presence of polymetallic crust. *Scientific Reports*.
- Delavenne, J., & Samadi, S. 2016.** Caractérisation des écosystèmes profonds de la mer de Corail en Nouvelle-Calédonie (p. 50). *Rapport AAMP - MNHN*.
- Distel, D., Barco, A., Chuang, E., Morrill, W., Cavanaugh, C., & Smith, C. R. 2000.** Marine ecology: Do mussels take wooden steps to deep-sea vents? *Nature*, 430(6771), 725-726.
- Dorst, J. 1981.** Préface. In Forest, J (Ed.) Résultats des campagnes MUSORSTOM I. Philippines (18-28 mars 1976) Vol. 1, p. 7-8. Mémoires Du Muséum National d'Histoire Naturelle Tome 91. Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.
- Doumenge, F. 1990.** Redécouverte de l'océan mondial: explorations et cartographie des fonds océaniques. *Bulletin de l'Association des géographes français*, 67(4), 251-289.
- DTSI - Direction des Technologies et des services de l'information, Service de Géomatique et Télédétection. 2009.** La Base de données Bathymétriques de la Nouvelle-Calédonie. Une contribution du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie au programme ZoNéCo (p. 36). *Rapport*. Consulté à l'adresse [http://sig-public.gouv.nc/notice\\_banque\\_de\\_donnees\\_bathymetriques.pdf](http://sig-public.gouv.nc/notice_banque_de_donnees_bathymetriques.pdf)
- Dubois, A. 2003.** The relationships between taxonomy and conservation biology in the century of extinctions. *Comptes Rendus Biologies*, 326:9-21.
- Dworkin, M. 2012.** Sergei Winogradsky: a founder of modern microbiology and the first microbial ecologist. *FEMS Microbiology Reviews*, (36), 364-379.
- Dyment, J., Lallier, F., Le Bris, N., Rouxel, O., Lamare, S., Coumert, C., Morineaux, M, Tourolle, J. 2014.** Expertise scientifique collective (ESCO): Impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes - *Rapport d'expertise Juin 2014, CNRS -IFREMER* (p. 1-930).
- Elder, J W. 1965.** Physical Processes in Geothermal Areas . *American Geophysical Union* 8:211-39.

- Emig, C.C. 2010.** « De la renommée à l’oubli : l’effet baudruche ». Consulté en Juin 2018 sur <http://paleopolis.rediris.es/benthos/MED/Baudruche-Med.html>.
- Feinerer, K., Hornik, K., & Meyer, D. 2008.** Text mining infrastructure in R. *Journal of Statistical Software*, 25(5), 1-54.
- Fellows, I. 2012.** Package R ‘wordcloud’. Retrieved, 4, 2013.
- Fontaine, Benoît, Adrien Perrard, et Philippe Bouchet. 2012.** 21 years of shelf life between discovery and description of new species. *Current Biology* 22 (22): 943–944.
- Forbes, E. 1844.** Report on the Mollusca and Radiata of the Aegean Sea, and on their distribution, considered as bearing on geology, *Report of the British Association for the Avancement of Science for 1843*. (p. 129-193).
- Forest, J. 1981.** Compte rendu et remarques générales. In Forest J (Ed.) Résultats des campagnes MUSORSTOM I. Philippines (18-28 mars 1976), 1:9-50. Mémoires Du Muséum National d’Histoire Naturelle Tome 91. Paris: Edition du Muséum national d’Histoire naturelle.
- Fustec, A., Desbruyères D. & Laubier, L. 1988.** Actes du Colloque Hydrothermalisme du 4-7 novembre 1985 (Paris). Estimation de la biomasse des peuplements associés aux sources hydrothermales profondes de la dorsale du Pacifique oriental a 13 degree N, *Oceanologica Acta Special Issue* :15-21.
- Gage, J. D. & Tyler, P. A. 1991.** Deep-Sea Biology: A Natural History of Organisms at the Deep-Sea Floor. *Cambridge University Press*.
- Galindo, L. A., Puillandre, N., Strong, E. E., & Bouchet, P. 2014.** Using microwaves to prepare gastropods for DNA barcoding. *Molecular Ecology Resources*, 14(4), 700–705.
- Galkin, S. V., & Sagalevich, A.M. 2017.** Endemism and Biodiversity of Hydrothermal vent Fauna. In *Extreme Biomimetics*. H Ehrlich.
- Garnett, S.T. & Christidis, L. 2017.** Taxonomy anarchy hampers conservation. *Nature* 546 (7656):25.
- Gaston, K.J. 1991.** The magnitude of global insect species richness. *Conservation Biology* 5 (3):283–296.
- Grandperrin, R. 1995.** Nouvelles ressources en nouvelle Calédonie. *Recherche marine*, 13, 12 14.
- Grandperrin, R, Richer de Forges, B & Auzende JM. 1997.** Ressources marines de Nouvelle-Calédonie :le programme ZoNéCo. (p. 90). *ORSTOM*.

- Grandperrin, R. & Richer de Forges, B. 1999.** Programme «Monts sous-marins» (1990-2000) Bilan final. *Rapport IRD*.
- Hammond, S., Embley, R., & Baker, E. 2015.** The NOAA Vents Program 1983 to 2013: Thirty Years of Ocean Exploration and Research. *Oceanography*, 28(1), 160-173.
- Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., & deWaard, J. R. 2003.** Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London*, 270, 313-321.
- Hebert, P. D. N., & Gregory, T. R. 2005.** The Promise of DNA Barcoding for Taxonomy. *Systematic Biology*, 54(5), 852-859.
- Hédouin, P. 1870.** L'électricité appliquée au sondage des mers: les câbles électriques sous-marins. Paris: *E. Lachaud*.
- Herbin, M. 2013.** La Conservation des collections en Fluide. Approche Historique et Conservatoire. CeROArt(3432). En ligne depuis 18 Août 2013. <http://ceroart.revues.org/3432>.
- Hermitte, M.-A. 1992.** La Convention sur la diversité biologique. *Annuaire français de droit international*, 38(1), 844-870.
- Heywood, V.H., éd. 1995.** Global Biodiversity Assessment. United Nations Environment Programme. *Cambridge University Press*.
- Houart, R. 1994.** Some comments on (?) Poirieria (pazinotus) sibogae (Schepman, 1911) (Gastropoda: Muricidae). *The Festivus* 26 (2): 19-21.
- Houart, R. 2013.** Revised Classification of a Group of Small Species of Cytharomorula Kuroda, 1953 (Muricidae: Ergalataxinae) from the Indo-West Pacific. *Novapex* 14 (2): 25-34.
- IFREMER. (s. d.).** La découverte de la vie dans les grandes profondeurs. Consulté à l'adresse [http://wwz.ifremer.fr/grands\\_fonds/Les-enjeux/Les-decouvertes/Vie-aufond/Historique](http://wwz.ifremer.fr/grands_fonds/Les-enjeux/Les-decouvertes/Vie-aufond/Historique),
- IFREMER, & ENA. 1988.** La mer : hommes -richesses - enjeux.
- Jannasch, H. W., & Mottl, M. 1985.** Geomicrobiology of Deep-Sea Hydrothermal Vents. *Science*, 229(4715).
- Janzen, D.H., Hajibabaei, M., Burns, J.M., Hallwachs, W. Remigio, E. & Hebert, P.D.N. 2005.** Wedding biodiversity inventory of a large and complex Lepidoptera fauna with DNA barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 360 (1462): 1835-45.

- Knudsen, J. 1961.** The bathyal and abyssal xylophaga (Pholadidae, Bivalvia). *Galathea Report*, 5, 163-209.
- Kool, H. H., & Galindo, L. A. 2014.** Description and Molecular Characterization of Six New Species of Nassarius (Gastropoda, Nassariidae) from the Western Pacific Ocean. *American Malacological Bulletin*, 32(2), 147–164.
- Krug, Patrick J., Jann E. Vendetti, Albert K. Rodriguez, Jennifer N. Retana, Yayoi M. Hirano, et Cynthia D. Trowbridge. 2013.** Integrative Species Delimitation in Photosynthetic Sea Slugs Reveals Twenty Candidate Species in Three Nominal Taxa Studied for Drug Discovery, Plastid Symbiosis or Biological Control. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 69 (3): 1101-19.
- Lambert, B., & Roux, M. (Éd.). 1991.** L'environnement carbonaté bathyal en Nouvelle-Calédonie (Programme Envimarges). (*Documents et Travaux de l'IGAL*, Vol. 15).
- Laubier, L. 1990.** Ecosystèmes benthiques profonds et chimiosynthèse bactérienne : sources hydrothermales et suintements froids In Acte de Colloque ISM'90 - Seesion 3: Technologies génériques de l'intervention sous-marine, Décembre 1990, p134-160. Toulon (France): *Ifremer*.
- Laubier, L. 1992.** Vingt milles vies sous la mer. *Odile Jacob*.
- Laubier, L. 1993.** Les oasis éphémères de abysses: la fin d'un paradigme. *La Recherche*, 24 (Supplément n°256): 855-862.
- Laurent, D. 1999.** Substances naturelles marines bioactives en Nouvelle-Calédonie, le bilan de 20 ans de recherches (p. 47). *Rapport IRD*.
- Laurent, D., & Pietra, F. 2004.** Natural-Product Diversity of the New Caledonian Marine Ecosystem Compared to Other Ecosystems: A Pharmacologically Oriented View. *Chemistry & Biodiversity*, 1(4), 539–594.
- Lebrun, P., Courville, P., Boursicot, P.-Y. & Catto, P. 2013.** Les gastéropodes pleurotomaires. Première partie : des mollusques " impériaux ". *Fossiles* 13:25-40.
- LGO (s.d.)** Sondeur multifaisceaux (SMF). Consulté 29 août 2017, à l'adresse <https://www-iuem.univ-brest.fr/lgo/fr/Equipements/imagerie/sondeur-multifaisceaux-smf>
- Le Meur, P.-Y., Cochonat, P., David, C., Geronimi, V., & Samadi, S. 2016.** Les ressources minérales profondes en Polynésie française (p. 288). *Rapport d'expertise collégiale IRD*.

- Leschine, S. B. 1995.** Cellulose degradation in anaerobic environments. *Annual Review of Microbiology*, (49), 399-426.
- Lonsdale, P. F. 1977.** Clustering of suspension-feeding macrobenthos near abyssal hydrothermal vents at oceanic spreading centers. *Deep-sea Research*, 24(9), 857-863.
- Lorion, J., Duperron, S., Gros, O., Cruaud, C., & Samadi, S. 2009.** Several deep-sea mussels and their associated symbionts are able to live both on wood and on whale falls. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1654), 177-185.
- Macpherson, E., Lemaitre, R., Richer de Forges, B. & Manning, R.B. 1998.** Crosnier's cronies and their view from the attic window. *Zoosystema* 20: 139-42.
- Macpherson, E. & Robainas-Barcia, A. 2015.** Species of the genus *Galathea* Fabricius, 1793 (Crustacea, Decapoda, Galatheidae) from the Indian and Pacific Oceans, with descriptions of 92 new species. *Zootaxa* 3913 (1):1-335.
- Maienschein, J. 1988.** History of American Marine Laboratories: Why do research at the seashore? *Integrative and Comparative Biology*, 28(1), 15-25.
- Malcolm, G.C.S., & Terryn, Y. 2012.** Two new species of Terebridae widespread in the Indo-Pacific. *Gloria Maris* 51 (1-2): 1-15.
- May, R.M. 1988.** How many species are there on Earth? *Science* 241 (4872):1441–1449.
- May, R. M. 2004.** Tomorrow's taxonomy: collecting new species in the field will remain the rate-limiting step. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359(1444), 733–734.
- Menzie, R. J., & Imbrie, J. 1958.** On the Antiquity of the Deep Sea Bottom Fauna. *Oikos*, 9(2), 192-210.
- Merle, D. & Houart, R. 2003.** Ontogenetic Changes of the Spiral Cords as Keys Innovation of the Muricid Sculptural Patterns: The Example of the Muricopsis–Murexsul Lineages (Gastropoda: Muricidae: Muricopsinae). *Comptes Rendus Palevol* 2 (6-7): 547-61.
- Mero, J. 1962.** Ocean-floor manganese nodules. *Economic Geology*, 57(5), 747-767.
- Monniot, Claude, et Françoise Monniot. 1991.** Tunicata : Peuplements d'ascidies profondes en Nouvelle-Caledonie diversite des strategies adaptatives. In Alain Crosnier (Éd.), *Résultats des campagnes MUSORSTOM*, Vol. 8, 357-448. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle Tome 151. Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.



- Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B & Worm, B. 2011.** How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS biology* 9 (8):e1001127.
- Moseley, H.N. 1892.** Notes by a naturalist : An Account of Observations Made During the Voyage of HMS" Challenger" Round the World in the Years 1872-1876. *AMS Press*,
- Murray, J., & Hjort, J. 1912.** Depths of the Ocean. A general account of the modern science of oceanography based largely on the scientific researches of the Norwegian steamer Michel Sars in North Atlantic. *Macmillan & Co, London*. 433 p.
- Nations Unies. 1994.** United Nations Convention on the Law of the Sea (with annexes, final act and procès verbaux of rectification of the final act dated 3 March 1986 and 26 July 1993). Concluded at Montego Bay on 10 December 1982, 1834 § 1.
- Newman, W. A. 1985.** The abyssal hydrothermal vent invertebrate fauna: a glimpse of antiquity ? *The Biological Society of Washington Bulletin*, (6), 231-242.
- NOAA. 2017.** Exploration. Consulté sur <http://oceanservice.noaa.gov/facts/exploration> en juin 2017
- O'Hara, T. D. 2007.** Seamounts: centres of endemism or species richness for ophiuroids? *Global Ecology and Biogeography*, 16(6), 720-732.
- O'Hara, T. D., Schlacher, T.A., Rowden, A.A. & Tittensor, D.P. 2016.** Data Analysis Consideration ». In *Biological Sampling in the Deep-Sea, John Wiley & Sons,Ltd*, Chapitre 17:386-406.
- Petitjean, P. 2006.** La science doit achever sa décolonisation. *La recherche: L'actualité des sciences*, (402), 61-64.
- Pitcher, T. J. (Éd.). 2007.** Seamounts: ecology, fisheries & conservation. *John Willey & son*.
- Pomerol, C., Lagabrielle, Y., & Renard, V. 2000.** La tectonique des Plaques lithosphériques et la cinématique. In *Eléments de géologie, 12e édition* (Masson Sciences, p. 746). Dunod.
- Poupin, J. 1991.** Campagnes de dragages en Polynésie Française - Bâtiment de contrôle biologique Marara 1990/1991 (*Rapport Scientifique et Technique. SMCB*).
- Ramirez-Llodra, E., Brandt, A., Danovaro, R., De Mol, B., Escobar, E., German, C. R., Levin, L.A., Martinez Arbizu, P., Menot, L., Buhl-Mortensen, P., Narayanas, B.E., Smith, C.R., Tittensor, D.P., Tyler, P.A., Vanreusel, A. & Vecchione, M. 2010.** Deep, diverse and definitely different: unique attributes of the world's largest ecosystem. *Biogeosciences*, 7(9), 2851–2899.

- Ramirez-Llodra, E., Tyler, P. A., Baker, M. C., Bergstad, O. A., Clark, M. R., Escobar, E., Levin, L., Menot, L., Rowden, AA, Smith, C, Van Dover, C. L. 2011.** Man and the Last Great Wilderness: Human Impact on the Deep Sea. *PLoS ONE*, 6(8), e22588.
- Raposo, M. A., Stopiglia, R., Brito, G. R. R., Bockmann, F. A., Kirwan, G. M., Gayon, J., & Dubois, A. 2017.** What really hampers taxonomy and conservation? A riposte to Garnett and Christidis (2017). *Zootaxa*, 4317(1), 179–184.
- Raven, P.H. & Wilson, E.O. 1992.** A Fifty-Year Plan for Biodiversity Surveys. *Science* 258 (5085):1099-1100.
- Richer de Forges, B., & Chevillon, C. 1996.** Les campagnes d'échantillonnage du benthos bathyal en Nouvelle-Calédonie, en 1993 et 1994 (Bathus 1 à 4, SMIB 8 et HALIPRO 1). In A. Crosnier (Éd.), *Résultats des campagnes MUSORSTOM*, Vol. 15, p. 33-53. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle Tome 168. Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle.
- Richer de Forges, B, J. Anthony Koslow, , & Gary C.B Poore,. 2000.** Diversity and endemism of the benthic seamount fauna in the southwest Pacific. *Nature*, 405, 944-947.
- Richer de Forges, Bertrand. 2001.** Demande de Campagne de Benthos. Demande soumise à la commission Flotte.
- Richer de Forges, B, Chan, T.-Y., Corbari, L., Lemaitre, R., Macpherson, E., Ahyong, ST. & Ng, PKL 2013.** The MUSORSTOM-TDSB Deep-sea benthos exploration programme (1976-2012): An overview of crustacean discoveries and new perspectives on deep-sea zoology and biogeography. In S. T. Ahyong, T.-Y. Chan, L. Corbari, & P. K. L. Ng (Éd.), *Tropical Deep-Sea Benthos*, Vol. 27, p. 13-66. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle Tome 204 . Paris: Edition du Muséum national d'Histoire naturelle
- Rodman, J.E., et J.H. Cody. 2003.** The taxonomic impediment overcome: NSF's Partnerships for Enhancing Expertise in Taxonomy (PEET) as a model. *Systematic Biology* 52: 428-35.
- Roederer, P., & Bless Burcklé, M. M. 2005.** Laboureurs d'océans: la marine ORSTOM - tome 2. *Editions Pays & Terroirs*.
- Rowe, G. T., & Staresinic, N. 1979.** Sources of Organic Matter o the Deep-Sea Benthos. Présenté à First Symposium August 9-13 1977, The Deep Sea Ecology and Exploitation, *Ambio Special Report*.
- Rusch, D. B., Halpern, A. L., Sutton, G., Heidelberg, K. B., Williamson, S., Yooseph, S., ... Venter, J. C. 2007.** The Sorcerer II Global Ocean Sampling Expedition: Northwest Atlantic through Eastern Tropical Pacific. *PLoS biology*, 5(3), e77.

- Samadi, S., Bottan, L., Macpherson, E., Richer de Forges, B., & Boisselier, M.-C. 2006.** Seamount endemism questioned by the geographic distribution and population genetic structure of marine invertebrates. *Marine Biology*, 149(6), 1463-1475.
- Samadi, Sarah, Thomas A. Schlacher, , & Bertrand Richer de Forges. 2007.** Seamount benthos. In *Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation* (Chap 7, p. 119-140).
- Samadi, S., Laure, C., Lorion, J., Hourdez, S., Haga, T., Dupont, J., Boisselier, M-C., Richer de Forges, B. 2010.** Biodiversity of deep-sea organismes associated with sunken-wood ot other organic remains sampled in the tropical Indo-pacific. *Cahiers de Biologie Marine*, 51, 459-466.
- Samadi, S. 2015.** Evolutionary origins of hydrothermal vents metazoans. BIO Web of Conferences, 4, 00007.
- Sars, G.O. & Sars, M. 1872.** On Some Remarkable Forms of Animal Life from the Great Deeps Off the Norwegian Coast. *Brøgger & Christie*.
- Seidman, Stephen B. 1983.** Network structure and minimum degree. *Social Networks*, 5, 269–287.
- SHOM (s.d).** Les outils d’acquisitions : Sonar latéral, sondeur multifaisceaux, sismique et géoacoustique. Consulté 29 août 2017, à l’adresse <http://www.shom.fr/les-activites/activites-scientifiques/sedimentologie/imagerie-acoustique/>
- Sogin, M. L., Morrison, H. G., Huber, J. A., Welch, D. M., Huse, S. M., Neal, P. R., Arrieta, J.M. & Herndl, G. J. 2006.** Microbial diversity in the deep sea and the underexplored “rare biosphere”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(32), 12115–12120.
- Sokal, R., & Michener, C. 1958.** A statistical method for evaluating systematic relationships. *University of Kansas Science Bulletin*, (38), 1409-1438.
- Soldano, H., Santini, G., Bouthinon, D., & Lazega, E. 2017.** Hub-Authority Cores and Attributed Directed Network Mining. *ICTAI*.
- Stocks, K. I., Clark, M. R., Rowden, A. A., Consalvey, M., & Schlacher, T. A. 2012.** CenSeam, an international program on seamounts within the census of marine life: achievements and lessons learned. *PLoS One*, 7(2), e32031.
- Taglioni, F. 2007.** Les petits espaces insulaires au cœur des revendications frontalières maritimes dans le monde. *L’Espace Politique. Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique*.

- Tarasov, V. G., Gebruk, A. V., Mironov, A. N., & Moskalev, L. I. 2005.** Deep - sea and shallow - water hydrothermal vent communities: Two different phenomena? *Chemical Geology*, 224(1-3), 5-39.
- Ter Poorten, J. J. 2012.** *Fulvia* (*Fulvia*) *nienkeae* spec. nov., a new *Fulvia* from the Central Indo-West Pacific (Bivalvia, Cardiidae). *Basteria*, 76(4–6), 117–125.
- Thomson, W. 1880.** General Introduction To The Zoological Series Of Reports. In Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger during the Years 1873-76. *Zoology*, 1:1-61.
- Thubaut, J., Puillandre, N., Faure, B., Cruaud, C., & Samadi, S. 2013.** The contrasted evolutionary fates of deep-sea chemosynthetic mussels (Bivalvia, Bathymodiolinae). *Ecology and Evolution*, 3(14), 4748-4766.
- Tsai, P-C, Yeh, H-M, Chan, BKK & Chan, T-Y. 2009.** Comparison between the Catch Composition of the French and ORE Type Beam Trawls on Deep-Sea Decapod Crustaceans: Implications for Quantitative Sampling of the Deep-Sea Decapod Biodiversity. *Crustaceana* 82 (5):565-91.
- Tunnicliffe, V. 1991.** The biology of hydrothermal vents: ecology and evolution. *Oceanography and Marine Biology An Annual Review*, (29), 319-407.
- Tunnicliffe, V., Juniper, S. K., & Sibuet, M. 2003.** Reducing environments of the deep-sea floor. In P.A. Tyler, *Ecosystems of the world: the deep-sea* (p. 81-110).
- Turner, P.J., Campbell, L.M. & Van Dover, C.L. 2017.** Stakeholder Perspectives on the Importance of Rare-Species Research for Deep-Sea Environmental Management. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 125:129-34.
- Vilvens, C., Williams, S.T. & Herbert, D.G. 2014.** New genus *Arxellia* with new species of Solariellidae (Gastropoda: Trochoidea) from New Caledonia, Papua New Guinea, Philippines, Western Australia, Vanuatu and Tonga. *Zootaxa* 3826 (1): 255-81.
- Vilvens, C., & Williams, S. T. 2016.** New genus and new species of Solariellidae (Gastropoda: Trochoidea) from New Caledonia, Fiji, Vanuatu, Solomon Islands, Philippines, Papua New Guinea and French Polynesia. In V. Héros, E. E. Strong, & P. Bouchet (Eds.), *Tropical Deep-Sea Benthos* (Vol. 29, pp. 267–289). Mémoires Du Muséum National d’Histoire Naturelle Tome 208. Paris: Edition du Muséum national d’Histoire naturelle.
- WHOI. 2018.** Exploring Vents: Technology. The Discovery of Hydrothermal Vents [en ligne]. *Woods Hole Oceanographic Institution* Disponible sur : <http://www.whoi.edu/feature/history-hydrothermal-vents/explore/technology.html>. Consulté le 03/01/2018.

- Williams**, S. T., Smith, L.M., Herbert, D.G., Marshall, B.A., Warén, A., Kiel, S., Dyal, P., Linse, K., C. Vilvens, C. & Kano, Y. **2013**. « Cenozoic Climate Change and Diversification on the Continental Shelf and Slope: Evolution of Gastropod Diversity in the Family Solariellidae (Trochoidea) ». *Ecology and Evolution* 3 (4): 887-917.
- Wilson**, E.O. (Éd.). **1988**. BioDiversity. *National Academy Press*. Washington, DC.
- Wilson**, E.O. **2000**. Editorial: On the Future of Conservation Biology. *Conservation Biology* 14 (1):1-3.
- Winogradsky**, S. **1887**. Ueber Schwefelbacterien. *Botanisches Zentralblatt*, 45(489 610).
- Yang**, C-H, Bracken-Grissom, H., Keith, K.D., Crandall, A. & Chan, T.-Y. **2012**. Phylogenetic Relationships, Character Evolution, and Taxonomic Implications within the Slipper Lobsters (Crustacea: Decapoda: Scyllaridae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 62 (1): 237-50.
- Zbinden**, M., Pailleret, M., Ravaux, J., Gaudron, S. M., Hoyoux, C., Lambourdière, J., Warén, A., Lorion, J., Halary, S. & Duperron, S. **2010**. Bacterial communities associated with the wood-feeding gastropod *Pectinodonta* sp. (Patellogastropoda, Mollusca): Bacteria associated with a wood-feeding gastropod. *FEMS Microbiology Ecology*, 74(2), 450–463.

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>I – LA CAMPAGNE MUSORSTOM : ORIGINE D’UN PROGRAMME D’EXPLORATION NATURALISTE.....</b>	<b>1</b>
<b>II – BUTS DU PROGRAMME MUSORSTOM : LE MYTHE ORIGINEL DE LA RECHERCHE DE NEOGLYPHEA INOPINATA ET L’ETABLISSEMENT D’INVENTAIRES FAUNISTIQUES.....</b>	<b>5</b>
<b>III – LES DECOUVERTES DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB : INSCRIPTION DANS LA TRADITION DES GRANDES EXPLORATIONS NATURALISTES DU 19<sup>E</sup> SIECLE .....</b>	<b>7</b>
<b>IV – LA PLACE DES FOSSILES VIVANTS DANS LES CONNAISSANCES NATURALISTES DE LA FAUNE DES PROFONDEURS ET LA DECOUVERTE DE « NOUVEAUX » TAXONS .....</b>	<b>10</b>
<b>CHAPITRE 1 : LE PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB : ACTEURS ET CONTEXTE .....</b>	<b>19</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>19</b>
<b>I – ENTRETIENS AVEC LES ACTEURS DE LA RECHERCHE OCEANOGRAPHIQUE FRANÇAISE.....</b>	<b>20</b>
1 –PORTRAITS.....	21
1.1-Catégorie 1 – Participants actifs au programme TDSB.....	21
1.2-Catégorie 2 – Participants actifs au programme TDSB.....	27
1.3-Catégorie 3 – les personnes qui n’ont pas participé aux campagnes MUSORSTOM-TDSB .....	29
2 - THEMES ABORDES LORS DES ENTRETIENS.....	31
<b>II – CONTEXTE SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET INSTITUTIONNEL DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB .....</b>	<b>37</b>
1 - VOIR LES FONDS : CARTOGRAPHIE ET OBSERVATION.....	37
2 - LA DECOUVERTE DES SOURCES HYDROTHERMALES ET LA FIN DU PARADIGME “PAS DE LUMIERE, PAS DE VIE” .....	44
3 - ÉTUDE DES SOURCES HYDROTHERMALES ET PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB : DEUX APPROCHES SCIENTIFIQUES DIFFERENTES.....	50
4 - LE LIEN ENTRE EXPLORATION ET EXPLOITATION ET LA STRUCTURATION DE LA RECHERCHE OCEANOGRAPHIQUE.....	54
4.1-Importance de l’ORSTOM vis à vis des DOM-TOM .....	57
4.2-La mise en place du CNEXO (puis IFREMER) et les perspectives minières des fonds .....	61
4.3-les étapes de la structuration de la flotte.....	64
4.4-La place de la taxonomie dans les approches exploratoires : notion de biodiversité et bases de données .....	67
<b>III – ÉVOLUTION DES AXES DE RECHERCHE DANS LA LITTERATURE GRISE : DOCUMENTS DE CAMPAGNES ET COMPTES RENDUS .....</b>	<b>72</b>
1 - MATERIEL ET METHODE.....	73
2 –RESULTATS.....	76
<b>IV – CONCLUSION.....</b>	<b>79</b>

<b>CHAPITRE 2 : CONSTITUTION DES CORPUS DE DONNEES ISSUS DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB .....</b>	<b>80</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>80</b>
<b>I – SOURCES DES DONNEES ET INTEGRATION AU SYSTEME D’INFORMATION DU MNHN .....</b>	<b>81</b>
1 - LES GRANDES ETAPES DE LA REALISATION ET DE LA VALORISATION SCIENTIFIQUE D’UNE CAMPAGNE TDSB .....	81
2 – DEFINITION DU CORPUS DES PUBLICATIONS ASSOCIEES AU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB.....	87
3 – INTEGRATION DES DONNEES DANS LE SYSTEME D’INFORMATION DU MNHN.....	89
<b>II – EVOLUTION DE LA VALORISATION SCIENTIFIQUE DES CAMPAGNES MUSORSTOM-TDSB .....</b>	<b>93</b>
1 - SOURCE DES DOCUMENTS UTILISES POUR CARACTERISER LES CAMPAGNES ET LES PARTICIPANTS.....	93
2 - CONSTITUTION DU CORPUS BIBLIOGRAPHIQUE DU PROGRAMME MUSOSTOM/TDSB.....	95
3 – CONSTRUCTION DES METADONNEES BIBLIOGRAPHIQUES.....	99
4 - EVOLUTION DES PUBLICATIONS ET DES DESCRIPTIONS D’ESPECES.....	101
4.1- <i>Evolution générale</i> .....	102
4.2 - <i>Evolution en fonction des zones géographiques explorées</i> .....	109
5 - RELATIONS ENTRE THEMATIQUES SCIENTIFIQUES, ENGINS DE RECOLTES ET VALORISATION DES CAMPAGNES.....	116
<b>III – ANALYSE EXPLORATOIRE DE LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE ET DES COMMUNAUTES DE CHERCHEURS.....</b>	<b>119</b>
1 METHODES.....	120
1.1- <i>Principe de la « generalized cores two-mode networks method »</i> .....	120
1.2- <i>Application de la méthode à l’analyse des participants et des campagnes.</i> ....	122
1.3- <i>Assigantion d’attributs aux campagnes, aux participants, aux auteurs et aux articles</i> .....	123
2 –RESULTATS.....	125
2.1- <i>Analyse des communautés de chercheurs</i> .....	125
Structure temporelle de la communauté des participants récurrents .....	126
Comparaison entre participation aux campagnes et la valorisation scientifique.	134
2.2- <i>Influence de la spécialité des participants sur les récolte</i> .....	137
3 -LES LIENS ENTRE CAMPAGNES ET PARTICIPANTS SELON LA GEOGRAPHIE .....	142
3.1- <i>L’attribut géographique dans le graphe 3-3</i> .....	142
3.2- <i>L’attribut géographique pour les participants occasionnels</i> .....	143
<b>IV – CONCLUSION .....</b>	<b>148</b>

**CHAPITRE 3 : LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB ET SES AUTEURS.....149**

**INTRODUCTION GENERALE.....149**

**I – PARTIE 1 : CARACTERISATION DE LA COMMUNAUTE DES AUTEURS QUI VALORISENT LES RECOLTES DES CAMPAGNES TDSB.....150**

**INTRODUCTION.....150**

**1 – DEFINITION DE LA CONTRAINTE APPLIQUEE SUR LE JEU DE DONNEES ARTICLES-AUTEURS POUR L'ANALYSE DE LA COMMUNAUTE DES AUTEURS.....150**

**2 - ANALYSE DE LA STRUCTURE DU SOUS-GRAPHE 2-3.....155**

*2.1 - De quoi traitent les articles du sous-graphe 2-3 ?.....155*

*2.2 - Qui sont les auteurs du graphe 2-3 ?.....158*

**CONCLUSION DE LA PARTIE 1 – PLACE DES DONNEES MOLECULAIRES DANS LA VALORISATION DES RECOLTES DES CAMPAGNES TDSB.....169**

**II – PARTIE 2 : ANALYSE DE LA COMMUNAUTE DES AUTEURS QUI VALORISENT LES RECOLTES DE MOLLUSQUES DES CAMPAGNES TDSB.....178**

**INTRODUCTION.....178**

**1 – LE JEU DE DONNEES AUTEURS-ARTICLES SUR LES MOLLUSQUES.....179**

**2 – ANALYSE DU RESEAU BIPARTITE AUTEURS-ARTICLES SUR LES MOLLUSQUES.....180**

**3 – COMPARAISON DE LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE DES AUTEURS AMATEURS ET PROFESSIONNELS.....184**

**4 – LIENS ENTRE LES DEUX COMMUNAUTES D'AUTEURS AUTOUR DES ARTICLES UTILISANT DES CARACTERES MOLECULAIRES.....187**

**5 – EVOLUTION DES COMMUNAUTES D'AUTEURS QUI VALORISENT LES MOLLUSQUES RECOLTES PAR LES CAMPAGNES TDSB.....189**

*Discussion : deux communautés d'auteurs et deux stratégies de publications différentes.....192*

**CONCLUSION DE LA PARTIE 2 .....197**

**III – CONCLUSION GENERALE DU CHAPITRE 3.....198**

**CHAPITRE 4 – CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....199**

**I – LA PLACE DES FOSSILES VIVANTS DANS LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB.....199**

**II – EVOLUTION DES CONNAISSANCES TAXONOMIQUES AU TRAVERS DU CORPUS : MEMES HYPOTHESES, AUTRES METHODES ET AUTRES CARACTERES.....201**

**III – CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE ET INCIDENCE SUR LE PROGRAMME NATURALISTE MUSORSTOM-TDSB.....203**



## ANNEXES

<b>ANNEXE CHAPITRE 1.....</b>	<b>207</b>
TABLEAU RECAPITULATIF DES COMPTES RENDUS ET DEMANDES DE CAMPAGNE DISPONIBLES.....	208
<b>ANNEXES CHAPITRE 2.....</b>	<b>220</b>
ANNEXE 1-CHAPITRE 2 – TUTORIEL BASEXP.....	221
ANNEXE 2-CHAPITRE 2 – LISTE DES CAMPAGNES DU PROGRAMME MUSORSTOM-TDSB.....	239
ANNEXE 3-CHAPITRE 2 – LISTE DES PARTICIPANTS OCCASIONNELS.....	246
ANNEXE 4-CHAPITRE 2 – ANNEXE METHODOLOGIQUE.....	253
APPLICATION DE LA METHODE A L'ANALYSE DES LIENS ENTRE LES CAMPAGNES ET LES ARTICLES.....	254
ANNEXE 5-CHAPITRE 2 – GRAPHIQUES.....	266
<b>ANNEXES CHAPITRE 3.....</b>	<b>269</b>
ANNEXE 1 –CHAPITRE 3. TABLEAU RECAPITULATIF DE L'IMPLICATION AUX CAMPAGNES DES AUTEURS DU GRAPHE AUTEURS-ARTICLES 2-3.....	269
ANNEXE 2 –CHAPITRE 3. LISTE DES ESPECES DECRITES (JUSQU'A 2014) DE MOLLUSQUE MARIN D'APRES DES CARACTERES MOLECULAIRES ET DONT UN TYPE EST CONSERVE AU MNHN DE PARIS.....	277
ANNEXE 3 –CHAPITRE 3. TABLEAU DES REFERENCES ARTICLES SCIENTIFIQUES DU CORPUS ET LEUR CATEGORIE DISCIPLINAIRE.....	282
<b>ANNEXE CONCLUSION &amp; PERSPECTIVES.....</b>	<b>361</b>
LISTE DES REFERENCES ARTICLES SCIENTIFIQUES DU CORPUS QUI EMPLOIENT LE TERME DE FOSSILE VIVANT .....	364
<b>ANNEXES PUBLICATIONS ET EXPOSITION.....</b>	<b>365</b>
<b>ARTICLE 1 – IDEAL AND ACTUAL INVENTORIES OF BIODIVERSITY.....</b>	<b>366</b>
<b>ARTICLE 2 – HOW MANY SPECIES OF MOLLUSCS ARE THERE IN THE WORLD'S OCEANS, AND WHO IS GOING TO DESCRIBE THEM ?.....</b>	<b>386</b>
<b>ARTICLE 3 – BI-PATTERN MINING OF TWO MODE AND DIRECTED NETWORKS.....</b>	<b>403</b>
<b>ARTICLE 4 – LE ROLE DES HYPOTHESES ININTERROGEEES DANS L'ETUDE SCIENTIFIQUE DE LA BIODIVERSITE DES FONDS MARINS.....</b>	<b>413</b>
<b>ARTICLE 5- BIODIVERSITY DATABANKS : THEIR ROLE IN DEVELOPMENT KNOWLEDGE DEVELOPMENT.....</b>	<b>421</b>
<b>ARTICLE 6 – CONFERENCE PAPER: HABITAT CHARACTERIZATION OF NEW CALEDONIA DEEP-SEA ECOSYSTEMS : A COLLABORATIVE FRENCH NATIONAL MUSEUM PROJECT.....</b>	<b>439</b>
<b>PANNEAUX EXPOSITION « AU FOND DES OCEANS », AQUARIUM DE LA PORTE DOREE JANVIER- SEPTEMBRE 2017.....</b>	<b>441</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>442</b>

# Tableau des figures

<b>Figure ChapI-1.</b> Frise sur les techniques et grandes explorations et hypothèses scientifiques.....	41
<b>Figure ChapI -2.</b> Frise indiquant les premières récoltes de spécimens associés à des écosystèmes chimiosynthétiques et les articles clés rendant compte des étapes de leur interprétation.....	48
<b>Figure ChapI-3.</b> Frise sur la mise en place et l'évolution des institutions françaises qui ont des moyens navals hauturiers et les découvertes scientifiques marquantes dans l'exploration au 20e et 21e siècle.....	56
<b>Figure ChapI-4.</b> Composition en métaux d'intérêt des différentes ressources minérales des fonds marins : nodules polymétalliques, amas sulfures hydrothermaux, encroutements cobaltifères.....	63
<b>Figure ChapI-5.</b> Nuages de mots et histogrammes des 20 mots les plus fréquents utilisés dans les résumés des comptes rendus et demandes de campagne.....	75
<b>Figure ChapII-1.</b> De la récolte des spécimens à bord jusqu'à la zoothèque du MNHN.....	85
<b>Figure ChapII-2.</b> . Nombre de lots informatisés dans la base de données collection des mollusques du Muséum National d'histoire naturelle par rapport au nombre total estimé de lots de spécimens conservés sur les étagères de la zoothèque du MNHN.....	86
<b>Figure ChapII-3.</b> Les données liées aux campagnes océanographiques qui intégrées à différentes bases de données du Muséum: BasExp pour les données de contexte des collectes et les bases de données des collections pour les données taxonomiques.....	89
<b>Figure ChapII-4.</b> BasExp dans le Système d'information des bases de données du Muséum.....	91
<b>Figure ChapII-5.</b> Fréquence des mots utilisés dans les 1579 titres associés au Programme Tropical Deep-Sea Benthos.....	99
<b>Figure ChapII-6.</b> Courbes cumulatives du nombre de publications par année en fonction des codes collection.....	103
<b>Figure ChapII-7.</b> Courbes cumulatives du nombre de publications par année en fonction des codes collections, pour les groupes taxonomiques dont le nombre de publications est inférieur à 100 en 2016.....	103
<b>Figure ChapII-8.</b> . Courbes cumulatives du nombre de taxons décrits dont le matériel type (holotype et/ou paratype (s)) provient des campagnes MUSORSTOM/TDSB en fonction de l'année de la description et par groupe taxonomique.....	105
<b>Figure ChapII-9.</b> . Nombre d'articles produits et de taxons décrits par campagne.....	106

<b>Figure ChapII-10.</b> Répartition des 83 campagnes Tropical Deep-Sea Benthos dans le temps et en fonction des zones géographiques explorées.....	108
<b>Figure- ChapII-11.</b> Graphique du nombre cumulé de taxons décrits pour lesquels l'holotype et/ou le(s) paratype(s) ont été récoltés par des campagnes TDSB dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie.....	110
<b>Figure ChapII-12.</b> Répartition du nombre cumulé de taxons décrits de mollusques en fonction de la date de description et en fonction de la provenance géographique des types TDSB.....	111
<b>Figure ChapII-13.</b> Répartition du nombre cumulé de taxons décrits des Crustacés par groupe et par zone géographique entre 1978 et 2016 (autre que la zone de Nouvelle-Calédonie).....	113
<b>Figure ChapII-14.</b> Répartition du nombre cumulé de taxons décrits pour le groupe des cnidaires (IK) dont les types proviennent de campagnes TDSB pour les autres zones que la Nouvelle-Calédonie.....	115
<b>Figure ChapII-15.</b> Répartition du nombre des campagnes en fonction des objectifs (exploration de la faune, halieutique, chimique, géologie et exploration de la faune) avant et après les années 2000.....	117
<b>Figure ChapII-16.</b> Répartition du nombre d'opérations en fonction de l'objectif général de la campagne et de période durant laquelle la campagne est réalisée (avant ou après 2000).....	117
<b>Figure ChapII-17.</b> Relation entre la proportion d'holotypes de Crustacés (IU) et de Poissons (IC) par rapport au nombre d'holotypes total associé à chaque campagne et la proportion de dragages par rapport au nombre total d'opérations effectuées pendant cette même campagne.....	118
<b>Figure ChapII-18.</b> Caractérisation de la communauté de participants qui ont participé à au moins à trois campagnes incluant chacune au moins trois participants associés à trois campagnes (sous-graphe 3-3).....	127
<b>Figure ChapII-19.</b> Distribution des participants du graphe 3-3 en fonction du nombre d'articles qu'ils ont produits.....	131
<b>Figure ChapII-20.</b> Répartition de l'effectif des participants occasionnels en fonction du nombre d'articles produits.....	131
<b>Figure ChapII-21.</b> Relation entre le nombre de campagnes réalisées et le nombre de publication pour les participants du graphe 3-3.....	133
<b>Figure ChapII-22.</b> Répartition de la proportion des spécialités taxonomiques des participants du graphe 3-3 pour les périodes antérieure à 1999 et à partir de 2000.....	133
<b>Figure Chap II-23.</b> Répartition des spécialités des chefs de mission pour les campagnes avant et après les années 2000.....	134
<b>Figure Chap II-24.</b> Lien entre le nombre d'articles sur les cnidaires par campagne et la présence de spécialiste de cnidaire à bord.....	141
<b>Figure Chap II-25.</b> Lien entre le nombre de descriptions d'espèces de cnidaire par campagne et la présence de spécialiste de cnidaire à bord.....	141
<b>Figure Chap II-26.</b> Zone géographique des campagnes et origine géographique des participants du graphe 3-3.....	144

<b>Figure ChapII-27.</b> A droite : Représentation du sous-graphe 1-1 incluant toutes les campagnes TDSB (74) et tous les participants (268). Sur cette représentation le nom des campagnes est précisé. A gauche : Projection sur le sous-graphe 1-1 de l'attribut géographique pour les participants occasionnels (c'est-à-dire ceux qui ne sont pas présents dans le sous-graphe 3-3).....	146
<b>Figure ChapIII-1</b> - Distribution du nombre d'articles en fonction du nombre des auteurs.....	151
<b>Figure ChapIII-2</b> - Distribution des articles selon les catégories définies dans le chapitre 2 pour la totalité des 1579 articles, puis en fonction du nombre d'auteurs.....	152
<b>Figure ChapIII-3</b> - Sous-graphe 2-3 dans l'ensemble des auteurs et des articles associés au programme TDSB.....	153
<b>Figure ChapIII-4</b> - Distribution des auteurs en fonction de leur nombre d'articles.....	154
<b>Figure ChapIII-5</b> - (A) Distribution de la proportion d'articles des différentes catégories d'articles du graphe 2-3 relativement à celle du graphe 1-1. (B) Distribution de la proportion d'articles pour les différents groupes taxonomiques pour les articles du graphe 2-3 relativement à celle du graphe 1-1.....	155
<b>Figure ChapIII-6</b> - Caractérisation taxonomique de la production scientifique du graphe 2-3.....	157
<b>La figure ChapIII-7</b> - Répartition du nombre d'auteurs par pays.....	158
<b>Figure ChapIII-8</b> - Répartition du nombre d'auteurs (donné entre parenthèses) en fonction du nombre de campagnes auxquels ils ont participé.....	159
<b>Figure ChapIII-9</b> - Graphe projeté des auteurs du sous-graphe 2-3.....	161
<b>Figure ChapIII-10</b> - Structuration des réseaux du sous-graphe 2-3 tous les 10 ans, depuis 1980, en fonction des groupes taxonomiques étudiés dans les articles produits et de la date de publication des articles.....	164
<b>Figure ChapIII-11</b> - Proportion des articles du sous-graphe 2-3 attribués aux différents groupes taxonomiques pour les quatre périodes, le sous graphe 2-3 sur la période complète et sur le jeu de données total.....	166
<b>Figure ChapIII-12</b> - Croissance du nombre d'articles de taxonomie ou d'inventaire qui utilisent des caractères moléculaires.....	172
<b>Figure ChapIII-13</b> - Nombre d'articles qui utilisent des caractères moléculaires en fonction du groupe taxonomique et de l'approche des articles.....	173
<b>Figure ChapIII-14</b> - Histogramme du nombre d'espèces décrites - tout groupe taxonomique confondu - en fonction de l'année de publication de la description de l'espèce.....	174
<b>Figure ChapIII-15</b> - Histogramme du nombre d'espèces nouvelles dont la description inclus, en plus des caractères non moléculaires, des séquences moléculaires et répartis en fonction des groupes taxonomiques et par année de publication.....	175

<b>Figure ChapIII-16</b> – Histogramme du nombre d'espèces décrites en fonction l'année à laquelle les spécimens séquencés ont été récoltés et le groupe taxonomique.....	177
<b>Figure ChapIII-17</b> – Répartition des articles de mollusques du corpus d'articles scientifiques MUSORSTOM-TDSB en fonction de leur catégorie disciplinaire....	179
<b>Figure ChapIII-18</b> – Répartition du nombre d'articles produits sur le groupe des mollusques en fonction du nombre d'auteurs (en bleu), et répartition des articles des coauteurs qui n'en ont écrit qu'un seul en fonction du nombre d'auteurs (en rouge).....	180
<b>Figure ChapIII-19</b> – Réseau des articles sur le groupe des mollusques et des auteurs 1-2.....	182
<b>Figure ChapIII-20</b> – Réseau illustrant les liens entre les auteurs qui ont publié plus de 20 articles.....	184
<b>Figure ChapIII-21</b> – Diagramme de Venn illustrant le partage d'articles entre les trois auteurs académiques qui ont écrit le plus d'article : Philippe Bouchet, Nicolas Puillandre et Yuri Kantor.....	186
<b>Figure ChapIII-22</b> – Lien entre les auteurs en fonction de leur statut amateur ou professionnel pour les articles qui ont produits des descriptions d'après des caractères moléculaires et dont le matériel a été récolté pendant les campagnes TDSB.....	187
<b>Figure ChapIII-23</b> – Distribution du nombre d'auteurs publiant chaque année sur les mollusques.....	189
<b>Figure ChapIII-24</b> – Structuration du réseau des auteurs qui publient des articles sur les mollusques en fonction du statut des auteurs (Amateur en violet – Professionnel en vert) tous les 10 ans depuis 1980.....	190
<b>Figure ChapIII-25</b> – (A) Répartition des articles de description de nouvelles espèces de mollusques marins mondiaux publiés entre 2000 et 2014 en fonction du facteur d'impact de la revue. (B) Nombre total d'espèces décrites en fonction du statut du premier auteur et répartition des articles de description d'espèce en fonction du facteur d'impact des revues et en fonction du statut amateur ou académiques du premier auteur.....	194
<b>Figure ChapIII-26</b> – Répartition des articles de descriptions de nouvelles espèces de mollusques marins dont le matériel type est déposé au MNHN, et qui s'appuient sur des séquences moléculaires sur la période entre 2000 et 2014.....	196

# Tableau des Tableaux

<b>Tableau ChapI-1.</b> Liste des personnes interrogées et thèmes abordés.....	33
<b>Tableau ChapII-1.</b> Répartition des articles de taxonomie en fonction de la méthodologie et des caractères utilisés.....	101
<b>Tableau ChapII-2.</b> Correspondance des codes participants du sous-graphe 3-3, classés par ordre croissant du nombre de campagnes faisant partie du sous-graphe 3-3 réalisées par le participant.....	128
<b>Tableau ChapII-3.</b> Liste des participants récurrents et occasionnels qui sont spécialistes des Cnidaires classé par ordre croissant en fonction de la date de la première campagne à laquelle le participant a contribué.....	138
<b>Tableau ChapIII-1.</b> Liste des auteurs qui ont contribué à la description de plus de 100 espèces dont le matériel type est récolté pendant le programme TDSB.....	183
<b>Tableau ChapIII-2</b> – Liste des trois auteurs académiques et des trois auteurs amateurs qui ont produit le plus d’articles sur le groupe des Mollusques dans le corpus TDSB.....	185
<b>Tableau ChapIII- 3</b> –Liste des articles de descriptions d’espèces de mollusques marins dont au moins un type (holotype ou paratype) est conservé au MNHN et qui utilisent des caractères moléculaires, publiés entre 2000 et 2014.....	195

## Résumé

L'exploration de la diversité des êtres vivants dans les profondeurs marines est une histoire récente. C'est seulement à partir du XIXe siècle, sur un terrain vierge de toute connaissance, aussi bien géologique que biologique, que les scientifiques y révèlent progressivement la présence d'organismes, le plus souvent à l'occasion d'expédition à but économique. Aujourd'hui, la connaissance de la diversité du vivant dans les profondeurs reste partielle. Les biologistes y font souvent face à la nouveauté et à l'imprévu, ce qui suscite un régime original de production des connaissances scientifiques reposant sur la description, elle-même fondée sur des hypothèses rarement explicitées, mal fondées sur un état de connaissance incomplet. Le présent travail doctoral développe une approche à la fois scientifique et épistémologique des explorations marines et des données de biodiversité des profondeurs qui en résultent. Il s'agit de caractériser la transformation des représentations scientifiques du vivant et de sa diversité dans les profondeurs et d'identifier les facteurs et les éventuels biais méthodologiques qui déterminent l'acquisition et la structure de ces connaissances.

Ce travail s'appuie sur un vaste corpus de documents rattachés au programme de campagnes océanographiques, initié en 1976 et mené conjointement par le MNHN (Muséum National d'Histoire Naturelle) et l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), appelé « Tropical Deep-Sea Benthos » (TDSB), anciennement « MUSORSTOM ». Ce programme informel d'exploration naturaliste cible depuis quarante ans la zone aphotique intertropicale principalement dans l'Indo-Ouest Pacifique. Une grande partie du travail a consisté en la structuration et la mise à disposition des données et des connaissances acquises pendant ce programme dans les bases de données du MNHN. Il a notamment permis de construire et d'alimenter la base de données des expéditions du MNHN ([expeditions.mnhn.fr](http://expeditions.mnhn.fr)) dont le but est de fournir non seulement un référentiel géographique auquel les autres bases de données du MNHN peuvent se référer, mais aussi de documenter les métadonnées associées aux expéditions (rôle et spécialité des scientifiques participant aux campagnes, comptes-rendus de mission, photographies des spécimens et des récoltes). Parallèlement, un référentiel bibliographique a été conçu, qui permet de relier des publications aux différentes campagnes. Cette structuration des données au sens large permet de formuler des hypothèses sur la façon dont se construisent les représentations de la biodiversité et les explications qui s'y rapportent. Une première analyse descriptive de ce corpus a permis de dégager des tendances historiques et géographiques ainsi que des hypothèses sur les facteurs qui structurent le jeu de données obtenu. Une seconde approche a visé à étayer ces hypothèses en analysant finement le contenu des publications. Une grande partie de ces publications étant des travaux de taxonomie descriptive, cette analyse met en avant des constantes et des évolutions dans les pratiques de ce champ disciplinaire.

## Abstract

Exploring the diversity of living being in the deep sea is a recent story. It is only from the nineteenth century, on a virgin land of all knowledge, both geological and biological, that scientists gradually reveal the presence of organisms, usually on the occasion of expedition for economic purposes. Today, the knowledge of the diversity of life in the depths remains partial. Biologists often face the novelty and the unexpected, which gives rise to an original regime for the production of scientific knowledge based on the description, which itself is based on hypotheses that are rarely explained and that are based on a state of incomplete knowledge.

The present doctoral work develops a scientific and epistemological approach of the marine explorations and of the knowledge on biodiversity produces by this program. It is a question of characterizing the transformation of the scientific representations of the fauna and its diversity in the depths and of identifying the factors and the possible methodological biases which determine the acquisition and the structure of this knowledge. This work is based on a large corpus of documents related to the oceanographic cruises program, initiated in 1976 and conducted jointly by the MNHN (National Museum of Natural History) and the IRD (Research Institute for Development), called " Tropical Deep-Sea Benthos "(TDSB), formerly" MUSORSTOM ". This informal program of naturalist exploration has for forty years been targeting the intertropical zone, mainly in the Indo-West Pacific. Much of the work involved structuring and making available the data and knowledge gained during this program in the MNHN databases. In particular, it has helped to develop and complete the MNHN expedition database ([expeditions.mnhn.fr](http://expeditions.mnhn.fr)), which aims to provide not only a geographical repository to which the other MNHN databases can refer, but also to document the metadata associated with the expeditions (role and specialty of the scientists participating in the cruises, mission reports, photographs of the specimens and substrate). At the same time, a bibliographic repository has been designed that links publications to different campaigns. This structuring of data in a broad sense makes it possible to formulate hypotheses on the way in which the representations of biodiversity and the explanations related to it are constructed. A first descriptive approach made it possible to identify historical and geographical trends as well as hypotheses on the factors that structure the dataset obtained. A second approach aimed to support these hypotheses by finely analyzing the content of publications. Since most of these publications refer to a descriptive taxonomy field, this analysis highlights constants and evolutions in the practices of this disciplinary field.