

. Les collections d'histoire naturelle : un concept ancien dans une perspective actuelle et future

Philippe Grandcolas

► To cite this version:

Philippe Grandcolas. . Les collections d'histoire naturelle : un concept ancien dans une perspective actuelle et future. ISTE Editions. Les collections naturalistes dans la science du XXIe siècle : une ressource durable pour la science ouverte, 2021. hal-03302503

HAL Id: hal-03302503

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03302503>

Submitted on 27 Jul 2021

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.

Grandcolas P. (2021). Chapitre 2. Les collections d'histoire naturelle : un concept ancien dans une perspective actuelle et future. In: *Les collections naturalistes dans la science du XXIe siècle : une ressource durable pour la science ouverte* (ed. Pellens R). ISTE Editions London, pp. 19-29.

Les Collections d'Histoire Naturelle : Un concept ancien dans une perspective actuelle et future

Philippe Grandcolas

Résumé. Les collections d'Histoire naturelle doivent être considérées dans une perspective innovante qui ajoute aux usages traditionnels (taxonomies, identifications, etc.) toutes les utilisations possibles innovantes liées à des problématiques actuelles (effets du changement global, recherche de nouvelles ressources naturelles et de gestion durable notamment avec le biomimétisme, etc.) Ces nouvelles utilisations sont possibles grâce au statut matériel des collections contenant des spécimens disponibles et à leurs liens éventuels avec des informations numériques. A contrario, les nouvelles pratiques qui génèrent uniquement des données virtuelles (science participative, métagénomique) analogues aux données de collections doivent être reconnectées aux spécimens. La préoccupation à propos des biais dans la constitution des collections, quoique compréhensible, n'est pas une fatalité si l'on comprend que toute question demande un échantillonnage ad hoc et qu'il importe donc de « ré-échantillonner » les collections pour répondre à une question. Il est donc primordial que les collections perdurent et continuent d'être alimentées, notamment via les innombrables études scientifiques qui devraient rendre leurs données accessibles, dans le cadre d'une politique de science ouverte.

Introduction

Le rôle et l'importance des collections d'histoire naturelle sont diversement ressentis selon les interlocuteurs. D'origine très ancienne, les collections peuvent sembler désuètes à certains, comme si elles étaient le témoignage d'une autre époque où nos connaissances d'histoire naturelle et nos outils étaient encore insuffisants et demandaient une intense activité descriptive et un stockage matériel. Et pourtant, dans le contexte du changement global, les collections constituent de formidables archives de la biodiversité malmenée et en voie d'extinction. De fait, la société et des parties très diverses de la communauté scientifique commencent à comprendre que les collections ont non seulement une utilité jamais démentie mais même qu'elles sont amenées à jouer un rôle majeur dans le monde d'aujourd'hui et de demain (Suarez et al., 2003). A ce moment crucial, ces regards passablement contradictoires sur les collections peuvent flouter leur image et nous empêcher de leur attribuer une trajectoire stratégique adéquate.

Il est donc important de renouveler mais aussi de clarifier le regard que nous portons sur les collections. Dans un tel contexte, il ne faut pas renier les raisons de leur fondation et de leurs usages actuels qui sont extrêmement nombreux (Funk, 2003). Il faut donc d'abord essayer de comprendre quel a été leur raison d'être à l'origine, leur rapport avec les classifications du vivant, et leur évolution avec ses contraintes et ses atouts. Mais il faut aussi sans doute s'extraire de nos habitudes et essayer de porter sur elles un regard neuf de manière à les intégrer de la manière la plus profitable dans un monde en révolution environnementale et technologique. Il est ainsi important de les situer dans un contexte général où d'autres types de collection – génétiques, moléculaires, numériques, etc. – ou d'autres modalités d'acquisition de données de biodiversité – métagénomique, sciences participatives – se font jour.

Dans cette démarche, il est également important d'avoir bien conscience de la diversité des collections, en encourageant les interactions entre collections biologiques et non-biologiques (minéralogie, artefacts humains, etc.) Cet aspect est rarement mentionné et les collections sont presque toujours envisagées uniquement en regard de spécimens biologiques (e.g., Meineke et al., 2019). De grands concepts sont pourtant communs ou analogues entre toutes ces collections, comme celui d'espèce ou de classification, de représentation de la variabilité, de disponibilité, etc. Je ne développerai pas systématiquement ces analogies dans la suite de ma réflexion mais j'encourage le lecteur à les prendre en compte dans sa démarche.

Un tribut à la curiosité et le couplage avec les classifications

Depuis des milliers d'années, l'Homme a manifesté une curiosité et une connaissance pour son environnement naturel, comme en témoignent les gravures pariétales des peuples préhistoriques ou les classifications vernaculaires, dites « folk classifications » des peuples premiers, souvent remarquablement complètes. Cette connaissance était basée sur une pratique quotidienne, un usage local mais diversifié, et une mémoire et une transmission essentiellement orales. Suite à la sédentarisation et au développement agricole et urbain, le rapport au monde de l'Homme s'est modifié, avec à la fois plus de distance et plus de focalisation sur ses productions principales (quelques espèces cultivées ou élevées, etc.) Il lui a fallu alors garder une mémoire du monde naturel avec lequel il s'était distancié. Le domaine d'intervention humaine s'est ensuite encore fortement étendu avec les voyages d'exploration à visée essentiellement commerciale dans des contrées lointaines. Cette mémoire est alors devenue plus compliquée à entretenir d'autant que bon nombre d'organismes vivants exotiques n'étaient pas visibles *in natura* ou *in vivo* mais devaient être évoqués par des spécimens ou des écrits spécifiques. Les collections ont donc assumé le rôle d'une mémoire externe pour l'humanité, permettant la relation à la Nature, au même titre que des livres, des jardins ou des ménageries, ces derniers ayant l'inconvénient d'être matériellement plus compliqués à maintenir.

On peut ainsi retracer une évolution dans la nature des collections depuis les collections des écoles d'histoire naturelle, depuis celle d'Aristote jusqu'à celles de la Renaissance, puis avec des cabinets de curiosité, et enfin celles des premiers grands Musées, lieux de pouvoirs européens dans un monde en expansion vers de nouveaux lieux d'activités marchandes (épices, soie, bois précieux, café, etc.)

Durant cette période s'étendant de l'Antiquité méditerranéenne jusqu'à la Renaissance européenne, les collections et les écrits sont entrés en résonance. Ces collections devaient être ordonnées selon un système ou faire l'objet d'un catalogage. Les taxonomies vernaculaires ne suffisaient plus pour dénommer les organismes que l'on ne fréquentait plus quotidiennement dans le milieu naturel et dont le nombre dépassait la mémoire humaine individuelle. Des histoires naturelles comme celle d'Aristote témoignent de cette démarche qui a débuté il y a très longtemps. Il faut cependant attendre des époques postérieures à la Renaissance pour constater le début réel d'une littérature taxonomique basée sur la nomenclature binominale (Linnaeus, 1758). Cette littérature prend le relais de l'expertise individuelle et donne forme progressivement à un système collaboratif auxquels les naturalistes des différents pays peuvent contribuer. Ce système perdure aujourd'hui encore grâce aux Musées d'Histoire naturelle et à littérature scientifique en taxonomie.

La littérature naturaliste avait pour but de former un catalogue du vivant, du minéral ou de l'humain. Pour des raisons pratiques, ce catalogue rapidement croissant ne pouvait pas être seulement énumératif, il devait être classificatoire. Une classification permet en effet de se repérer au sein d'un immense ensemble d'objets avec des règles logiques qui amènent à proposer une structure de guidage dans une trop longue liste, en constituant des groupes d'espèces subordonnés entre eux. Les classifications ont ainsi permis très rapidement de naviguer efficacement dans un secteur de connaissance en rapide augmentation.

Mais quelle classification aurait on pu construire si ce n'est une qui ait du sens, un sens qui s'impose au point que tous souhaitent l'utiliser et communiquer ensemble au sein de la société ? Ce sens sur lequel se sont fondées les premières classifications, c'est l'ordre dans le Vivant que les grands naturalistes du XVIIIème siècle ont perçu puis interprété comme résultant de l'évolution biologique (Perrier, 1888 ; Le Guyader, 2003). A travers cette interaction collections-classifications, les Musées et les collections ont ainsi aidé à l'émergence de l'idée d'évolution qui est centrale aujourd'hui à la Biologie. Des aspects analogues ont eu cours pour les autres types de collections, minéraux ou artefacts humains. Dans le cas des minéraux par exemple, la classification est basée sur leur composition chimique et s'est donc développée avec la chimie moderne au XIXème siècle.

Comment un concept ancien structure nos pensées et nos actions

La vision traditionnelle sur les collections récapitule donc ces motivations sociétales successives au plan historique : satisfaction de la curiosité, catalogue de la diversité avec la formulation de la notion d'espèce (essentialiste puis biologique pour le Vivant ou chimique pour le minéral), puis enfin récemment organisation des connaissances avec la notion d'évolution pour le Vivant. La curiosité pour le monde naturel est néanmoins demeurée très forte, au point d'être aujourd'hui le moteur de la pédagogie prodiguée par les Musées dans leurs expositions.

Le début d'un intérêt plus structuré pour la diversité biologique et le raffinement scientifique de la notion d'espèce ont très vite relevé d'une approche à motivation souvent très appliquée, même si son contenu s'est révélé extraordinairement puissant et

innovant à bien des égards scientifiques. Les naturalistes des musées européens ont ainsi soutenu l'effort économique des grands royaumes avec une capacité à classer et à nommer des ressources exotiques importantes. Ultérieurement, les généticiens ont rapidement conçu des outils pour l'amélioration des espèces domestiques, cultivées ou élevées (Fischer, 1930). La notion d'espèce couplée à la génétique est ainsi devenue un outil sociétal important et toutes sortes de conservatoires et de banques de données génétiques ont été créés avec la même finalité. Tout ceci vaut également pour la diversité des ressources minérales, qui ont structuré les sociétés avec la révolution industrielle en leur offrant d'autres matériaux ou sources d'énergie que le bois ou la terre, comme le bronze, le fer et leur compagnon industriel moderne le charbon.

En parallèle à toutes ces avancées, les collections se sont figées dans un contexte de la description et de l'étude d'une diversité résultant de l'évolution. Elles assument toujours le rôle de référence pour les dénominations et identifications d'espèces. Cela concerne environ 2,4 millions espèces connues pour la Science, tandis qu'environ une dizaine de millions existent probablement à ce jour dans les écosystèmes (estimations variables selon les auteurs mais rarement en dessous de cet ordre de grandeur ; May, 1988 ; Costello et al., 2012, etc.) Les collections s'accroissent régulièrement au gré des travaux de taxonomie (Tancoigne & Dubois, 2013) et des échantillonnages de terrain, au point que leur taille globale est difficile à estimer (Arino, 2010).

Mais, pour beaucoup de décideurs ou de scientifiques non-naturalistes, le rôle de référence des collections et de la taxonomie est souvent perçu comme limité, à tel point qu'il paraît régulièrement des articles de politique scientifique questionnant la lenteur voire la rigueur de la démarche d'exploration du Vivant et de classification (par exemple, Charles & Godfray, 2002 ; Garnett & Christidis, 2017). Pour beaucoup d'auteurs également, le Vivant apparaît déjà bien connu et il faudrait juste ajouter de la cohérence au système actuel et se hâter de fournir les compléments nécessaires (e.g., May 2004; Padial et al. 2010 ; Costello et al., 2013). En réalité, ce point de vue ne prend en compte que la description taxonomique : nous ne connaissons qu'environ 10% du Vivant, mais encore très imparfaitement. Faut-il rappeler que sur ces 2,4 millions d'espèces décrites, seules quelques dizaines de milliers sont connues pour plus qu'une description taxonomique et quelques éléments de répartition géographique ? Faut-il également rappeler que beaucoup d'entre elles sont déjà disparues ou devenues excessivement rares dans les milieux naturels (Régnier et al., 2015) ? En outre, même au plan uniquement classificatoire, le système taxonomique est scientifique et collaboratif, et d'incessantes corrections sont apportées aux connaissances supposées déjà acquises et qui sont en réalité très imparfaites (e.g., Vaidya et al., 2018).

Il faut aussi comprendre que ce Vivant méconnu ou encore inconnu pour la Science ne comporte pas seulement que des espèces « exotiques » rarissimes ou des sœurs d'espèces connues sans grand intérêt sociétal immédiat : des espèces dites exotiques, méconnues ou inconnues se rappellent à nous incessamment lorsque nous sommes confrontés à une nouvelle « peste » ou à un vecteur ou un pathogène pour l'Homme. Par exemple, la découverte récente en France de vers plats exotiques, introduits et envahissants et en outre prédateurs de lombrics amène à comprendre combien ces organismes sont totalement méconnus et méprisés par tous, y compris la plupart des scientifiques (Justine et al., 2018). Tout un chacun comprend alors momentanément combien les collections sont précieuses et nous permettent de situer une espèce par

rapport aux connaissances existantes sur le Vivant, connaissances toutes liées à des noms de taxons.

Nous sommes donc passablement englués dans cette vision traditionnelle de collections : curiosité, répertoire et support à l'étude de l'évolution, dans le contexte étroit des études indispensables mais très focalisées de taxonomie et d'évolution. Nous devons réinsérer les collections d'histoire naturelle dans des problématiques scientifiques et sociétales plus diverses en repartant des fondamentaux.

Les collections ne sont pas des catalogues d'espèces

En termes de fondamentaux, il est important de se rendre compte que les collections sont des échantillons du Vivant qui rendent compte non seulement de la richesse spécifique mais surtout de la diversité génétique et phénotypique entre individus. Ceci va contre la conception taxonomique traditionnelle qui considère les collections comme des arches de Noé où la liste des espèces récoltées fait foi de leur importance. En fait, La somme des collections d'histoire naturelle dans les différentes institutions permet d'examiner de nombreux individus assignés aux différentes espèces et de ne pas étudier la diversité biologique avec un regard simpliste qui considérerait chaque espèce comme invariante. Plus encore, il faut comprendre que la notion d'espèce est une facilité de langage pour désigner des réseaux de relations entre individus dont la limite est passablement imprécise. L'espèce n'est pas une sorte naturelle ni un individu et chaque identification d' « appartenance » à une espèce est une décision scientifique arbitraire : une espèce ne peut pas être énumérée sur la base de tous ses individus constituants mais de manière extensionnelle (Grandcolas, 2018). Non seulement, cette énumération n'est pas faisable matériellement et demanderait des moyens matériels démesurés mais en plus deviendrait impossible à la marge de chaque espèce dans laquelle des individus se reproduisent momentanément avec ceux assignés à d'autres espèces ou sont eux-mêmes d'assignation indéfinie.

Lorsqu'on étudie la biodiversité, il est donc important voire crucial que les données puissent être liées à un spécimen, notamment dans le cas d' « espèces » mal connues, d'autant que le taxon « espèce » peut être révisé et sa définition revue a posteriori, changeant ainsi la signification du nom et les assignations des individus à un groupe-espèce (Troudet et al., 2018).

Cette situation est très mal comprise par l'ensemble de la société et par une grande partie de la communauté scientifique qui aborde la question de l'espèce avec une vision très essentialiste. Dans cette vision, les discontinuités phénotypiques entre espèces sont prises à tort comme une confirmation de leur réalité, et attribuées sans preuves à des flux géniques réduits. Dans cette vision, l'espèce évoluerait et serait transgressée seulement par de rares évènements d'hybridation peu féconds ou par des changements évolutifs exceptionnels. En réalité, l'hybridation est souvent banale et l'espèce est une catégorie poreuse au plan génétique ; les discontinuités entre espèces que nous pensons observer empiriquement sont souvent un défaut d'échantillonnage du Vivant ou le résultat d'extinctions secondaires, et pas seulement le résultat d'un splendide isolement couplé à un phénomène de divergence (Mallet, 2008). D'où l'importance des collections qui permettent de contribuer à documenter un monde vivant complexe et rétif à la

classification en multipliant les spécimens stockés, quelque soit leur assignation momentanée à un taxon particulier.

Les collections comme « big data » dans l'espace et le temps

Toujours en termes de fondamentaux, les spécimens de collections ont le grand avantage de documenter une vaste couverture géographique et une profondeur temporelle inégalable. A ce titre, ils peuvent permettre de répondre à toutes sortes de questionnements sur les changements dans les écosystèmes, dans le contexte de crise de la biodiversité. En effet, même s'ils n'ont pas été acquis dans le cadre d'un programme d'échantillonnage raisonné mais de manière erratique à la suite de diverses études ou de collectes d'opportunité, les différents spécimens stockés dans les Musées documentent au final un grand nombre de lieux et de temps différents et peuvent souvent se prêter à des tests d'hypothèses scientifiques formulées a posteriori (Dias Tarli et al., 2018). Toutes les approches globales portant sur de grands nombres d'individus ou d'espèces ont besoin de ces informations résidentes dans les collections, à la condition expresse cependant que lieux et dates soient précisément renseignés, ce qui n'est pas aussi évident ni aussi fréquent qu'on pourrait le croire. Les toponymes peuvent changer ou être imprécis et même les moyens modernes de géolocalisation ont leur limite car nous ne disposons pas d'un seul et unique ellipsoïde exact de référence pour l'ensemble du globe terrestre.

Les spécimens de collections représentent néanmoins un échantillon biaisé du Vivant sur la Terre, qu'il s'agisse de lieux, de dates ou de groupes taxonomiques concernés (Meyer et al., 2015 ; Amano et al., 2016 ; Troudet et al., 2017). La plupart de ces biais sont liées à des « effets collecteurs » bien connus (Pautasso & McKinney, 2007), à savoir que la biodiversité est mieux échantillonnée dans les endroits les plus accessibles ou les plus fréquentés, et pour les taxons les plus valorisants aux plans sociétal et scientifique. Ces biais sont souvent critiqués et de fait, il est souvent recommandé de les corriger en complétant l'échantillonnage avec un effort de collecte supplémentaire. (Beck et al., 2012 ; Feeley & Silman, 2011 ; Goodwin et al., 2015).

Bien évidemment, des efforts de collecte supplémentaire ne sont jamais négatifs surtout s'ils sont concentrés sur les carences les plus flagrantes en termes d'aires ou de taxons, puisque nous ne connaissons que 10% du Vivant. De tels efforts sont souvent associés dans les esprits avec des opérations d'acquisitions massives de données (grandes expéditions, grandes monographies sur les faunes ou les flores). Néanmoins, il est illusoire d'espérer compenser toutes les carences par plus d'échantillonnage massif. Quand bien même il n'y aurait plus de grands « gaps » évidents en termes de taxons ou d'aires géographiques, les données disponibles se révéleront toujours biaisées en regard de la multiplicité des questions abordées ou abordables et il est donc au moins d'importance équivalente de concevoir des protocoles de correction statistique de ces biais (e.g., Dias Tarli et al., 2018).

Plutôt que de miser uniquement sur quelques opérations massives, il est également important de considérer que toutes les études scientifiques publiées sur la biodiversité devraient rendre disponibles leurs spécimens et observations. L'accumulation de tous ces spécimens/observations serait potentiellement colossale du fait précisément du

nombre immense d'études de cas d'espèces publiées sur telle ou telle question d'évolution ou d'écologie, et surpasserait en nombre la somme des quelques grandes expéditions menées chaque année. Ce n'est pas du tout le cas actuellement et il y a un vrai changement de culture à opérer en la matière, dans le contexte très actuel de la politique de « science ouverte » (Ayris, 2018). C'est à la fois une question éthique fondamentale pour la Science et une opportunité extraordinaire pour que la communauté dispose rapidement de données indispensables sur la biodiversité.

Quel futur pour l'utilisation des collections ?

Les collections ont l'immense avantage d'être matérielles et de comporter des échantillons conservés sur lesquels toutes sortes d'approches rétrospectives et analytiques peuvent être menées (Rocha et al., 2014). On peut ainsi retourner aux données de base et les analyser en regard de questions complètement différentes de celles qui ont présidé à leur récolte passée. La tendance actuelle consiste malheureusement à accentuer l'acquisition d'observations dissociées de spécimens plutôt que de continuer à acquérir de nombreux spécimens supplémentaires (Troudet et al., 2018).

Cette tendance est liée principalement au très fort développement des systèmes participatifs qui génèrent des millions d'observations sans spécimens (Amano et al., 2016). Certains scientifiques avancent également des raisons éthiques pour cette absence de prélèvement (Minteer et al., 2014) mais il faut remarquer que des disciplines comme l'écologie par exemple n'ont jamais vraiment rendues disponibles la plupart des données récoltées et utilisées, quelque soient les organismes concernés (Mills et al., 2015 ; Schilthuizen et al., 2015). Enfin, quelques systématiseurs prônent étrangement des descriptions taxonomiques basées sur des données virtuelles comme la photographie (Marshall & Evenhuis 2015). Toutes ces tendances reposent sur le même mode de pensée – issu de la biologie générale - qui considère implicitement notre connaissance sur la biodiversité comme déjà suffisante et organisée pour se permettre de créer uniquement des données complémentaires virtuelles (Grandcolas, 2017).

Quoiqu'il en soit, la validité et l'exploration a posteriori de ces observations seront fortement limitées dans la grande majorité des cas, parce qu'il sera impossible de revenir au spécimen, même sous la forme d'une photo ou d'un son numérique associés à l'observation. Ces observations surtout lorsqu'elles sont liées à des noms rares et mal établis, parfois douteux ou changeants seront tout simplement nulles et non avenues. Que l'on pense qu'en France seulement, il existe 40000 espèces d'Insectes ; il ne faut pas s'attendre à ce que tous ces taxons soient connus, même stables du point de vue de leur signification scientifique et soient objets d'assignations d'observations non-ambigües.

A propos des spécimens eux-mêmes, nos capacités analytiques se sont considérablement accrues et permettent de mener des études de plus en plus puissantes et diverses grâce aux collections (e.g., Meineke et al., 2019). L'accès aux spécimens et leur étude sont facilités par les données numériques et notamment les images qui leur sont associées, notamment grâce aux grands programmes de numérisation (e.g., Le Bras et al., 2017). De nombreuses utilisations futures des collections se trouveront sans doute stimulées de cette manière, par la mise en relation des spécimens avec des documents

numériques ou des résultats d'analyse. Il est donc important que cette mise en relation soit faite correctement, ce qui n'est malheureusement pas toujours le cas. Ainsi, les millions de séquences numériques d'ADN ou d'ARN déposées sur Genbank comportent rarement un lien avec les spécimens séquencés qui seraient déposés dans des collections (Pleijel et al. 2008). De même, les programmes de science participative générant de très nombreuses données ne déposent quasiment jamais leurs documents numériques de validation d'identification (photos, sons, etc.) sur les portails comme celui du GBIF qui sont pourtant conçus pour le permettre (Troudet et al., 2018).

Les collections se trouvent donc dans une situation paradoxale. Leur accessibilité est fortement améliorée grâce à des techniques modernes mais ces mêmes techniques peuvent conduire à ce que les collections deviennent virtuelles dans l'esprit de nombre d'entre nous (Grandcolas, 2017). Beaucoup de biologistes et parmi eux certains taxonomistes considèrent que nous avons déjà tracés les grandes lignes de l'ordre du vivant et que nous devons maintenant juste compléter ce tableau avec des compléments certes encore très nombreux mais qui ne bouleverseront pas l'ordre déjà établi. Par conséquent, l'arbre peut cacher la forêt et numérisation ou science participative peuvent dissimuler le besoin que nous avons de disposer de documents matériels, les spécimens, en nombre encore croissant.

Un autre enjeu futur à propos des collections est lié au développement de la métagénomique. Développée par des microbiologistes, cette technique permet d'obtenir des échantillons globaux d'ADN d'un échantillon environnemental (sol, eau, etc.) (Tringe et al., 2005). Elle ne distingue donc pas les individus-organismes analysés mais extrait l'ADN global d'un échantillon donné. Elle ne permet donc pas non plus le retour aux individus, à l'origine matérielle des données obtenues et lorsque les taxons séquencés sont inconnus au plan moléculaire, ils ne peuvent pas être identifiés au sens taxonomique et donc relié au corpus de connaissances existant (Pellens et al., 2016). Une étude gigantesque sur le plancton dans les océans du globe fait ainsi état de plus de 100000 OTUs décelés par l'étude métagénomique dont seulement un peu plus de 11000 au mieux sont décrits avec un nom dans la littérature scientifique (de Vargas et al., 2015). Des initiatives aux conséquences similaires se développent à propos des champignons dont l'identification moléculaire est préférée au lien peu aisé avec la taxonomie traditionnelle difficile à mener sur des organismes microscopiques et peu accessibles à l'échantillonnage direct (Nilsson et al., 2018).

Dans un premier temps, tous ces développements se produisent sans trop de dommages, car ils reposent directement sur les connaissances existantes et le système de dénomination des taxons. Néanmoins, il paraît assez évident qu'un second cycle d'acquisition des connaissances à l'occasion d'études futures faisant référence mixte aux taxons traditionnels et aux entités moléculaires définies entre-temps, pourra entraîner une grande confusion, un manque de cohérence globale et un défaut de capitalisation dans la connaissance.

Il n'y a malheureusement pas de solution miracle à cette dualité entre collections/taxonomie traditionnelle et métagénomique, si ce n'est en organisant des études croisées entre ces différents domaines d'activité et en renforçant donc les liens entre spécimens, taxons et OTUs moléculaires. Les collections restent toujours aussi indispensables dans ce contexte et il faut simplement s'assurer que les liens avec les

données moléculaires, déjà aujourd'hui très relâchés, soient enfin retissés de manière adéquate.

Conclusions

Les collections d'histoire naturelle sont bien vivantes et nous garantissent un riche avenir d'études scientifiques diachroniques ou à large échelle. Les critiques habituelles sur leurs carences ou leurs biais (Beck et al., 2012) ne tiennent pas si l'on considère à juste titre que les collections doivent être elles-mêmes ré-échantillonnées et non pas prises comme un échantillon constitué d'après un protocole universel idéal.

Autant leur étude future peut être très féconde, autant leur enrichissement futur peut très vite poser problème et se ralentir significativement si nous ne modifions pas notre comportement en rendant disponibles correctement nos données et si nous ne créons pas les passerelles nécessaires entre collections, taxons et nouvelles formes d'échantillonnage.

La permanence et la cohérence des connaissances sur la biodiversité sont à ce prix. Toutes les connaissances que nous avons sur la biodiversité sont dispersées dans une littérature gigantesque et diverse et seuls les noms taxonomiques et les spécimens qui leur sont éventuellement associés permettent de faire le lien entre elles.

- BECK, J., L. BALLESTEROS-MEJIA, C. M. BUCHMANN, J. DENGLER, S. A. FRITZ, B. GRUBER, C. HOF, F. JANSEN, S. KNAPP, H. KREFT, A.-K. SCHNEIDER, M. WINTER, DORMANN, C. F. "What's on the horizon for macroecology?" *Ecography* **35**(8): 673-683, 2012.
- COSTELLO, M. J., R. M. MAY, STORK, N. E. "Can We Name Earth's Species Before They Go Extinct?" *Science* **339**(6118): 413-416, 2013.
- DE VARGAS, C., S. P. AUDIC, N. HENRY, J. DECELLE, F. MAHE, R. LOGARES, E. LARA, C. D. BERNEY, N. LE BESCOT, I. PROBERT, M. CARMICHAEL, J. POULAIN, S. ROMAC, S. B. COLIN, J.-M. AURY, L. BITTNER, S. CHAFFRON, M. DUNTHORN, S. ENGELEN, O. FLEGONTOVA, L. GUIDI, A. HOREK, O. JAILLON, G. LIMA-MENDEZ, J. LUKE, S. MALVIYA, R. MORARD, M. MULOT, E. SCALCO, R. SIANO, F. VINCENT, A. ZINGONE, C. L. DIMIER, M. PICHERAL, S. SEARSON, S. KANDELS-LEWIS, T. O. COORDINATORS, S. G. ACINAS, P. BORK, C. BOWLER, G. GORSKY, N. GRIMSLEY, P. HINGAMP, D. IUDICONE, F. NOT, H. OGATA, S. PESANT, J. RAES, M. E. SIERACKI, S. SPEICH, L. STEMMANN, S. SUNAGAWA, J. WEISSENBACH, P. WINCKER, KARSENTI, E. "Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean." *Science* **348**(6237), 2015.
- FEELEY, K. J., SILMAN, M. R. "Keep collecting: accurate species distribution modelling requires more collections than previously thought." *Diversity and Distributions* **17**(6): 1132-1140, 2011.
- FISCHER, R. A. *The genetical theory of natural selection. A complete variorum edition.* Oxford, Oxford University Press, 1930 (1999).
- GOODWIN, Z. A., D. J. HARRIS, D. FILER, J. R. I. WOOD, SCOTLAND, R. W. "Widespread mistaken identity in tropical plant collections." *Current Biology* **25**(22): R1066-R1067, 2015.

- GRANDCOLAS, P. Loosing the connection between the observation and the specimen: a by-product of the digital era or a trend inherited from general biology? *Bionomina*, 12(1), 57-62, 2017.
- MALLET, J. "Hybridization, ecological races and the nature of species: empirical evidence for the ease of speciation." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363(1506): 2971-2986, 2008.
- MAY, R. M. "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, 2004.
- NILSSON, R. H., K.-H. LARSSON, A. F. S. TAYLOR, J. BENGTSSON-PALME, T. S. JEPPESEN, D. SCHIGEL, P. KENNEDY, K. PICARD, F. O. GLÖCKNER, L. TEDERSOO, I. SAAR, U. KÖLJALG, ABARENKOV, K. "The UNITE database for molecular identification of fungi: handling dark taxa and parallel taxonomic classifications." *Nucleic Acids Research*: in press, 2018.
- PELLENS, R., D. P. FAITH, GRANDCOLAS, P. The Future of Phylogenetic Systematics in Conservation Biology: Linking Biodiversity and Society. *Biodiversity Conservation and Phylogenetic Systematics: preserving our evolutionary heritage in an extinction crisis*. R. Pellens and P. Grandcolas, Springer Open: 375-383, 2016.
- PERRIER, E. *La philosophie zoologique avant Darwin*. Paris, Félix Alcan, 1886.
- REGNIER, C., G. ACHAZ, A. LAMBERT, R. H. COWIE, P. BOUCHET, FONTAINE, B. "Mass extinction in poorly known taxa." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(25): 7761-7766, 2015.
- SCHILTHUIZEN, M., C. S. VAIRAPPAN, E. M. SLADE, D. J. MANN, MILLER, J. A. "Specimens as primary data: museums and 'open science'." *Trends in Ecology & Evolution* 30(5): 237-238, 2015.
- SUAREZ, A.V., TSUTSUI, N.D. The Value of Museum collections for research and society. *Bioscience*, 54(1), 66-74, 2004.
- TANCOIGNE, E., DUBOIS, A. "Taxonomy: no decline, but inertia." *Cladistics* 29(5): 567-570, 2013.
- TRINGE, S. G., RUBIN, E. M. "Metagenomics: DNA sequencing of environmental samples." *Nature Reviews Genetics* 6: 805-814, 2005.
- VAIDYA, G., D. LEPAGE, GURALNICK, R. "The tempo and mode of the taxonomic correction process: How taxonomists have corrected and recorrected North American bird species over the last 127 years." *PLoS One* 13(4): e0195736, 2018.