

ISBN 0-9689321-2-6

**Le rôle des spécimens de référence pour valider les
recherches faunistiques et écologiques**

Mémoire préparé par la
Commission biologique du Canada (arthropodes terrestres)

Commission biologique du Canada (arthropodes terrestres)

Document n° 9f (2003)



Biological Survey of Canada

Commission biologique du Canada

Publié par la
Commission biologique du Canada (arthropodes terrestres)
Ottawa
2003

Traduction du document anglais préparé par
Terry A. Wheeler
Département des sciences des ressources naturelles,
Université McGill, Campus Macdonald
Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec) H9X 3V9

La Commission biologique du Canada (arthropodes terrestres) élabore et coordonne des projets nationaux de taxonomie et d'analyse faunistique en entomologie pour le compte du Musée canadien de la nature et de la Société d'entomologie du Canada.

La série de documents de la Commission biologique du Canada rassemble des bibliographies sollicitées et d'autres publications portant principalement sur la faune canadienne.

Des copies du présent document sont disponibles à la Commission biologique du Canada (arthropodes terrestres). Contactez le Musée canadien de la nature, C.P. 3443, Succursale « D », Ottawa (Ontario) K1P 6P4. Une version électronique est également accessible en ligne sur le site Web de la Commission à l'adresse suivante : <http://www.biology.ualberta.ca/bsc/cbchome.htm>

Le rôle des spécimens de référence pour valider les recherches faunistique et écologique

Résumé

Les spécimens de référence déposés dans les collections d'histoire naturelle sont la seule manière fiable de vérifier l'identité des espèces utilisées dans les études biologiques. Cependant, malgré leur importance dans la confirmation des résultats de recherche, le dépôt de spécimens de référence est très rare, surtout dans les études à caractère non-taxonomique. De plus, plusieurs revues scientifiques n'exigent pas ou ne recommandent pas le dépôt des spécimens de référence. Ce mémoire résume l'utilité des spécimens de référence et présente un aperçu des règles d'utilisation des spécimens en recherche systématique, faunistique et écologique. Les avantages d'avoir des spécimens de référence disponibles pour des projets futurs ainsi que les conséquences de ne pas désigner et déposer de spécimens de référence sont discutés en utilisant des exemples provenant de la littérature. Des recommandations sur l'utilisation adéquate de spécimens de référence sont données pour les organismes accordant des subventions, les organismes émettant les permis de recherche, les départements universitaires, les rédacteurs de revues scientifiques ainsi que pour les collections d'histoire naturelle.

The role of voucher specimens in validating faunistic and ecological research

Abstract

Voucher specimens deposited in natural history collections are the only reliable means to verify the identity of species used in biological studies. However, despite their importance in confirming the results of research, deposition of vouchers is still the exception rather than the rule, especially in non-taxonomic studies. Furthermore, many journals do not require or even recommend deposition of vouchers. This brief reviews the nature of voucher specimens and sample policies on vouchers in systematic, faunistic and ecological research. The advantages of having vouchers available for subsequent study, and the pitfalls of not designating and depositing vouchers, are discussed using examples from the literature. Recommendations as to best practices in voucher policy are given for funding agencies, agencies that issue research permits, university departments, journal editors and natural history collections.

Les commentaires et suggestions des membres du Comité scientifique, nommément H.V. Danks, K.D. Floate, D.J. Giberson, J.T. Huber, J.F. Landry, S.A. Marshall, R.E. Roughley, F.A.H. Sperling and N.N. Winchester, ont grandement contribué à l'amélioration du présent mémoire.

Introduction

La méthode scientifique s'appuie sur le principe que les résultats des études devraient être reproductibles et vérifiables. La description des méthodes de recherche rend ces dernières reproductibles; l'examen mené par les pairs rend les résultats et leur interprétation vérifiables; les références citées déterminent les sources des données antérieures et en justifient l'interprétation ou la comparaison. Cependant, toutes ces démarches demeureront inutiles s'il n'existe aucun moyen de vérifier l'identité des organismes étudiés. Trop d'ouvrages voient leur valeur réduite lorsqu'on réalise, après coup, que les espèces étudiées n'étaient pas celles nommées dans le document.

Les circonstances qui peuvent entraîner des erreurs d'identification des spécimens sont diverses :

- reconnaissance subséquente de l'existence d'un complexe de plusieurs espèces étroitement apparentées, ou changements des limites des espèces;
- reconnaissance subséquente de variations dans les caractéristiques des populations qui influent sur la morphologie, l'écologie, le comportement ou la physiologie;
- reconnaissance subséquente d'erreurs ou d'omissions dans les clés ou guides utilisés pour l'identification;
- identification erronée d'un organisme par un chercheur qualifié, mais inexpérimenté dans la systématique du taxon en question (problème occasionnel);
- identification erronée d'un organisme par des « consultants » en identification dont la compétence est limitée ou nulle (problème fréquent).

On peut limiter ces risques (ou, à tout le moins, en atténuer les effets) en déposant des spécimens de référence bien préparés dans des collections de recherche reconnues où ils seront conservés à long terme et accessibles pour examen et vérification ultérieurs.

De nombreuses études (p. ex., Sabrosky, 1955; Francoeur, 1976; Yoshimoto, 1978; Lee et al., 1982; Knutson, 1984; Danks et al., 1987; Kelleher, 1988; Danks, 1991; Wiggins et al., 1991; Huber, 1998; et beaucoup d'autres citées par ces auteurs) insistent sur l'importance

des spécimens de référence et fournissent des exemples d'études dont les résultats ont été rejetés ou contestés à cause de l'absence de spécimens de références. Malheureusement, il semble qu'on n'ait pas su tirer les leçons qui s'imposaient, comme en atteste un survol rapide de la documentation entomologique.

Prenant le parti que des avertissements répétés finiront tôt ou tard par porter des fruits, le présent document examine la nature, la préparation et le dépôt de spécimens de référence ainsi que les avantages de l'application des pratiques recommandées en ce qui concerne ces spécimens et les conséquences possibles de l'ignorance de ces pratiques.

Qu'est-ce qu'un spécimen de référence?

Les spécimens qui font l'objet des études faunistiques et écologiques peuvent varier tant par leur taille (de la baleine au virus) que par leur abondance (de la mouche domestique aux espèces en danger d'extinction), mais le présent mémoire s'intéresse principalement aux arthropodes terrestres. Les spécimens de référence sont généralement conservés tout entiers selon les méthodes d'usage de collection et de conservation des invertébrés. Toutefois, il est acceptable dans certains cas (études d'espèces rares ou en voie de disparition) de se contenter d'un échantillon de tissu, de photographies ou même d'enregistrements sonores.

La désignation de spécimens de référence est une pratique établie depuis longtemps dans la recherche en systématique qui attribue des spécimens types à chaque espèce nouvellement décrite. La nécessité d'une correspondance directe entre le nom scientifique et l'organisme lui-même explique sans doute cette pratique du dépôt, dans une collection de recherche, de spécimens de référence identifiés par un spécialiste, qu'il s'agisse ou non de spécimens types.

L'avènement de la recherche moléculaire systématique a conduit à l'utilisation d'un autre type de spécimens de référence taxonomique : les séquences d'ADN qui sont déposées dans une base de données électronique largement accessible comme GenBank (cependant, voir Ruedas *et al.*, (2000) qui laissent entendre que ces données, utilisées seules, ne sauraient remplacer les spécimens de référence, et Harris (2003), qui cite un exemple qui porte à réfléchir sur les taux d'erreurs des séquences publiées par GenBank).

Les études faunistiques ou écologiques ont tendance à accumuler des nombres beaucoup plus grands de spécimens (jusqu'à des centaines de milliers dans les inventaires de biodiversité à grande échelle) et d'espèces que les études de la systématique. Cependant, l'identification précise des taxons étudiés est, somme toute, aussi importante, et il convient de mettre à la disposition d'autres chercheurs des spécimens qui leur permettront de confirmer l'identification des organismes étudiés. Les spécimens de référence des recherches faunistiques et écologiques devraient être préparés de la même manière et accompagnés des mêmes données que les spécimens recueillis pour la recherche en systématique. La question du nombre de spécimens à déposer à titre de référence pour de telles études est abordée plus loin.

Préparation et dépôt des spécimens de référence

On trouve dans bon nombre de publications des lignes directrices et des recommandations détaillées sur la collecte, la préparation et l'étiquetage des spécimens (Martin, 1977; Huber, 1998; Wheeler *et al.*, 2001). Nous ne nous attarderons donc pas ici sur ce sujet. Il est toutefois important de spécifier que l'expression « spécimens de référence » utilisée dans le présent document signifie « spécimens de référence *soigneusement préparés et étiquetés* ». Les spécimens mal préparés ont une utilité limitée ou nulle pour les autres chercheurs, notamment à long terme, et il n'incombe pas au personnel des musées de corriger les erreurs ou les omissions des autres chercheurs.

Pour assurer l'entretien et la conservation à long terme des spécimens de référence et les mettre à la disposition des chercheurs, il faut les déposer dans une collection d'histoire naturelle reconnue. En effet, un des rôles principaux des collections d'histoire naturelle est de faire en sorte que de tels spécimens soient disponibles pour des études et pour des projets de recherche futurs, notamment des révisions de la systématique ou des études sur les changements à long terme dans les communautés d'arthropodes (Danks *et al.*, 1987; Wiggins *et al.*, 1991; Danks et Winchester, 2000; Ponder *et al.*, 2001; Favret et DeWalt, 2002). Chaque collection a ses propres règles sur les spécimens de référence. Par exemple, certains musées attribuent des étiquettes distinctes à ces spécimens pour les associer à une étude particulière, alors que d'autres (habituellement des collections plus petites) intègrent simplement les spécimens de référence dans la collection de recherche principale et comptent sur l'étiquette de

collection pour établir les liens nécessaires. Avec l'utilisation de plus en plus répandue des bases de données où ils se voient chacun attribuer un code à barres ou un code unique d'identification, les spécimens de référence peuvent être clairement identifiés dans la base de données du musée avec des champs additionnels d'entrée de données qui les lient à l'étude principale.

Exigences, règles et recommandations actuelles en matière de spécimens de référence

Spécimens de référence pour la recherche en systématique – Le Code international de nomenclature zoologique exige que des spécimens types soient désignés et clairement identifiés pour toute espèce décrite après l'an 2000. Le dépôt de spécimens types dans une institution reconnue (par opposition à une collection privée) n'est pas exigé, mais la plupart des auteurs responsables le font, et mettent ces spécimens à la disposition des autres chercheurs.

Spécimens de référence pour les études génétiques – Beaucoup de revues scientifiques qui publient les résultats d'études moléculaires exigent désormais le dépôt de données de séquences génétiques dans un centre spécialisé comme GenBank ou EMBL. Malheureusement, ces revues n'exigent habituellement pas le dépôt des spécimens de référence correspondants qui permettraient de vérifier l'identification des spécimens d'où provient le matériel génétique.

Spécimens de référence pour les études écologiques – Contrairement à ce que l'on observe dans les études à caractère taxonomique, le dépôt de spécimens de référence n'est pas pratique courante dans les études écologiques ou faunistiques. Pourtant, une identification correcte et vérifiable est aussi importante dans ce cas et rien ne justifie un tel laxisme, d'autant plus que les identifications effectuées dans le cadre de ces études sont probablement confiées plus fréquemment à des non spécialistes, qui n'utilisent que des clés publiées.

Spécimens de référence pour les études biochimiques et physiologiques – Les remarques ci-dessus concernant les spécimens de référence des études écologiques s'appliquent également aux spécimens recueillis pour les études physiologiques et biochimiques. S'il existe des variations morphologiques ou écologiques entre les spécimens d'un groupe d'espèces ou même d'une espèce donnée, on peut de la même manière s'attendre à des variations majeures, au sein

d'une espèce ou d'une population, de caractéristiques comme la chimie des phéromones, la réaction à des composés secondaires des plantes ou à d'autres substances chimiques, ou la réaction physiologique aux changements environnementaux.

Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada a reconnu l'importance des collections d'histoire naturelle pour la recherche en publiant un document intitulé *Cadre à l'intention des chercheurs travaillant avec les collections universitaires* (CRSNG, 2003). Ce document précise l'importance des spécimens type et des spécimens de référence pour documenter les résultats d'une recherche. La conservation des spécimens de référence qui permettent de vérifier l'identification des espèces utilisées au cours d'une étude compte parmi les principaux avantages de la collaboration des collections d'histoire naturelle aux études faunistiques, écologiques et physiologiques.

Malgré la valeur importante des spécimens de référence pour la validation des recherches et la reconnaissance de cette valeur par les principaux organismes de financement, de nombreuses revues n'exigent pas ou ne recommandent même pas le dépôt de spécimens de référence comme condition de publication. Le tableau 1 résume les politiques rédactionnelles concernant les spécimens de référence d'un petit échantillon de revues entomologiques canadiennes et internationales (et de certaines revues d'ordre général publiant, à l'occasion, des articles de nature entomologique). Les revues à caractère principalement systématique comme *Systematic Entomology* exigent le dépôt de spécimens de référence dans une collection. Toutefois, à de rares exceptions près (p. ex., *Entomological News*), la plupart d'entre elles, y compris les revues canadiennes, ne parlent pas des spécimens de référence dans leurs instructions aux auteurs, ou se contentent de « recommander » le dépôt de tels spécimens.

Combien de spécimens? Lignes directrices sur le dépôt des spécimens de référence

Depuis l'avènement des méthodes d'échantillonnage passif et des études à grande échelle à échantillons répétés sur la diversité biologique et l'écologie, le nombre de spécimens recueillis pour les projets de recherche a sensiblement augmenté. Rares sont les collections capables d'accueillir les centaines de milliers de

Revue	Intérêt	Politique sur le dépôt de spécimens de référence
Annals of the Entomological Society of America	Général	Recommandation
Aquatic Insects	Général	Aucune directive
The Canadian Entomologist	Général	Recommandation (version anglaise) Types requis, aucune directive sur les spécimens de référence (version française)
Canadian Field-Naturalist	Écologie	Recommandation
Canadian Journal of Zoology	Général	Recommandation
Ecological Entomology	Écologie	Aucune directive
Entomological News	Systématique / écologie	Exigence
Journal of Insect Behavior	Comportement écologie/	Aucune directive
Journal of Insect Conservation	Écologie	Types requis, aucune directive sur les spécimens de référence
Journal of Insect Physiology	Physiologie / génétique	Aucune directive
Journal of the North American Benthological Society	Écologie	Aucune directive
Molecular Phylogenetics and Evolution	Systématique/ Genetics	Dépôt des données de séquençage requis; aucune directive sur les spécimens de référence
Physiological Entomology	Physiologie	Aucune directive
Proceedings of the Entomological Society of Ontario	Général	Aucune directive
Proceedings of the Entomological Society of Washington	Systématique/ écologie	Types requis, aucune directive sur les spécimens de référence
Systematic Entomology	Systématique	Exigence

Tableau 1 – Politique rédactionnelle concernant les spécimens de référence de diverses revues scientifiques, telle qu'elle ressort des directives affichées ou publiées à l'intention des auteurs (au mois de juin 2003). Pour chaque revue, on indique le sujet d'intérêt principal ainsi que les politiques énoncées sur les spécimens de référence ou les spécimens types.

spécimens ou de données d'observation recueillis dans toutes les études en cours. De plus, les coûts du montage, de l'étiquetage et de la conservation d'une telle masse de matériel seraient prohibitifs. Le

moyen le plus fiable d'obtenir un aperçu du nombre recommandé de spécimens de référence pour une étude donnée est de consulter les conservateurs de la collection qui recevra les spécimens dès l'étape de la planification de l'étude.

Le nombre de spécimens de référence retenus et déposés pour une conservation à long terme est largement dicté par le caractère de l'étude. Il convient de conserver au minimum un spécimen de référence pour chaque espèce identifiée dans l'étude. Toutefois, un spécimen unique ne suffira pas, d'ordinaire, pour assurer une identification ultérieure fiable. En déposant deux spécimens de référence ou plus, le chercheur augmente ses chances de fournir un spécimen du sexe approprié pour l'identification à l'espèce, ou un spécimen propre, intact et aux structures morphologiques essentielles clairement visibles. La collecte de plusieurs spécimens de référence peut également être utile pour illustrer les niveaux de variation des caractéristiques aux fins des études futures, et pour déceler plus tard les cas de combinaisons de plus d'une espèce dans les séries originales identifiées. Elle est également précieuse lorsque la confirmation de l'identité exige la destruction d'un spécimen, comme c'est le cas pour la détermination des caractéristiques moléculaires. On recommande le dépôt d'au moins 5 à 10 spécimens de chaque espèce pour assurer de nouvelles identifications et pour confirmer que les spécimens identifiés appartiennent tous à la même espèce.

Spécimens de référence pour la recherche en systématique – Dans ce cas, le nombre de spécimens type ou de spécimens de référence est souvent fonction du nombre de spécimens disponibles dans les collections des musées ou capturés sur le terrain. Dans certains cas, la description d'une espèce s'appuiera sur un seul spécimen. Il est toutefois préférable d'en obtenir plus pour définir le niveau des variations dans les caractéristiques de l'espèce. De plus, en obtenant un plus grand nombre de spécimens, on peut répartir dans plusieurs collections des spécimens identifiés par des experts et faciliter ainsi l'identification par d'autres chercheurs de ces institutions.

Spécimens de référence pour la recherche génétique – Dans les études moléculaires, la partie du spécimen qui sert à l'extraction de l'ADN aux fins du séquençage est souvent détruite, mais il convient de faire en sorte que le reste du spécimen demeure intact et qu'il conserve de préférence les caractéristiques morphologiques nécessaires à l'identification de l'espèce (p. ex., genitalia, caractères

sexuels secondaires, sclérites aux couleurs particulières). Chez les espèces très petites, il faut souvent détruire le spécimen entier pour le séquençage. Dans de tels cas, des spécimens de la même espèce, capturés en même temps et identifiés par un spécialiste pourront servir de spécimens de référence. Si l'extraction d'échantillons de tissus supplémentaires à partir des spécimens de référence est nécessaire pour des analyses ultérieures de l'ADN, il conviendra de suivre les protocoles de conservation appropriés (p. ex., conservation au congélateur à -70 °C, dans une solution d'éthanol à 95–100 %). Ici encore, il est important de consulter les conservateurs avant d'entreprendre une étude pour s'assurer de respecter les protocoles appropriés.

Spécimens de référence pour les recherches écologiques et physiologiques – Selon la nature de l'étude écologique, il peut arriver que des milliers de spécimens d'une seule espèce commune soient capturés. Dans un tel cas, un sous-ensemble des séries suffira manifestement pour confirmer l'identification des espèces. En revanche, il existe souvent des différences dans les caractéristiques des espèces ou dans l'assemblage des espèces d'une communauté, d'un habitat ou d'une saison à l'autre, dans les études à grande échelle. Ces différences augmentent le risque que de multiples espèces soient recueillies et prises les unes pour les autres. Pour prendre en compte ces différences possibles entre les espèces ou les populations, il convient de recueillir des spécimens de référence du plus grand nombre possible d'espèces identifiées dans l'éventail des habitats, des saisons, des traitements ou des autres variables examinés dans l'étude.

Avantages des spécimens de référence (et conséquences de leur absence)

Beaucoup d'auteurs ont déjà souligné, souvent en termes généraux, les avantages du dépôt de spécimens de référence (voir par exemple de nombreux articles cités par Huber, 1998). Or, le fait qu'on n'en fasse pas une recommandation précise explique peut-être que de nombreux auteurs négligent toujours de déposer des spécimens de référence. Dans la présente section, nous examinons les avantages du dépôt de spécimens de référence et les conséquences possibles de l'absence de tels spécimens en utilisant des exemples tirés de la documentation scientifique ou d'autres sources inédites. Le fait de déplorer le non respect, par un auteur donné, des

recommandations sur le dépôt des spécimens de référence ne saurait être interprété comme une remise en cause de la validité ou de la qualité scientifique des recherches. Il n'en demeure pas moins qu'en l'absence de spécimens de référence, il devient impossible de procéder à une vérification indépendante des résultats ou de répéter l'étude tout en étant certain que le taxon étudié est le même que dans l'étude originale.

Le dépôt de spécimens de référence permet les études à long terme

McCorquodale (2001) a utilisé de vieux spécimens de référence déposés dans une variété de collections régionales d'insectes pour réévaluer la présence de plusieurs espèces de cérambycidés (Coleoptera) en Ontario. Grâce aux spécimens de référence provenant d'études antérieures, il a été en mesure de publier plusieurs nouvelles mentions d'espèces pour l'Ontario.

Dans une étude similaire, mais réalisée à plus grande échelle, Favret et DeWalt (2002) ont utilisé des bases de données récemment transférées sur support électronique. Ces bases, portant sur les éphéméroptères et les plécoptères de la collection du Illinois Natural History Survey, ont permis d'examiner les changements fauniques (extensions, réductions, abondance) de ces espèces au cours du XXe siècle dans l'État de l'Illinois.

Resh (1976) a utilisé les données d'une vieille collection pour confirmer (et corriger) l'identification de phryganes (trichoptères) capturés en Ohio et en Illinois plusieurs années auparavant. Il a ainsi pu décrire les changements fauniques causés par la dégradation de l'habitat sur une période de 50 ans (voir également Resh et Unzicker, 1975).

Leibherr et Song (2002) ont examiné la diversité des populations de carabidés (Coleoptera) dans les tourbières et les marais de l'État de New York en comparant leurs données de terrain aux spécimens capturés au moins 75 ans auparavant pour évaluer l'évolution de la communauté au fil du temps.

Outre ces exemples précis, d'autres auteurs (p. ex., Shaffer *et al.*, 1998; Ponder *et al.*, 2001) ont reconnu la valeur générale des spécimens déposés dans des collections d'histoire naturelle pour l'évaluation des changements de la répartition et de l'abondance des espèces au fil du temps.

Des données non publiées sur des groupes sélectionnés d'arthropodes des prairies canadiennes permettent de décrire l'évolution à long terme de ces habitats. L'entomologiste manitobain Norman Criddle a recueilli un grand nombre de carabidés (Coleoptera : Carabidae) dans les prairies d'Aweme, au Manitoba, au début du XX^e siècle. Il a conservé des notes de campagne exhaustives qui nous sont parvenues presque intactes, et a déposé des spécimens provenant de ses études sur le terrain dans un certain nombre de collections entomologiques, notamment celle de l'Université du Manitoba et la Collection nationale canadienne d'insectes. À la faveur de nombreux échanges, les coléoptères de Criddle ont également abouti dans de nombreuses autres collections du monde entier (R.E. Roughley et D. Pollock, comm. pers.). L'examen de ces spécimens de musée permet aux chercheurs de confirmer l'identification du matériel de Criddle en le comparant aux limites actuelles des espèces, et facilite, presque 100 ans plus tard, le suivi des études d'inventaires sur la diversité des carabidés dans la région d'Aweme.

Criddle a également capturé un grand nombre de diptères acalyptrates (notamment des chloropidés et des agromyzidés) dans les prairies du sud du Manitoba au cours des étés 1915 et 1916. Il en a envoyé des échantillons au diptériste J. M. Aldrich, à Washington, D.C., qui a identifié les spécimens pour ensuite les déposer dans la collection de la Smithsonian Institution. Étant donné que Criddle et Aldrich ont pris des notes très complètes sur ces spécimens et que d'autres chercheurs les ont conservées (elles se trouvent aujourd'hui à l'Université du Manitoba et au Lyman Entomological Museum), et qu'Aldrich a déposé les spécimens de référence qui concordent avec ces notes, il est aujourd'hui relativement simple de confirmer les notions d'espèces avancées par Aldrich, de générer une liste à jour des espèces et de reproduire l'étude de Criddle après un siècle d'évolution de l'habitat de ces espèces.

Le dépôt de spécimens de références permet la correction d'erreurs dans les articles publiés

Sperling et ses collaborateurs (1994) ont publié un article sur l'analyse moléculaire de trois diptères calliphoridés utiles aux médecins légistes pour mesurer le temps écoulé depuis le décès d'une personne. Les auteurs ont déposé des spécimens de référence

de mouches adultes ainsi que des données de séquençage de l'ADN. Wells et Sperling (2000) ont plus tard réexaminé les spécimens de référence originaux pour découvrir que les *Phormia regina* de l'article de Sperling *et al.*, (1994) étaient en réalité des *Protophormia terraenovae*. Ils ont ainsi été en mesure de publier un rectificatif.

Ruedas et ses collaborateurs (2000) ont cité un certain nombre d'études moléculaires aux résultats suspects malgré le dépôt dans une base de données électronique de données de séquençage de l'ADN. L'examen subséquent des spécimens de référence d'où provenait l'ADN a révélé qu'on avait mal identifié certaines espèces, et que d'autres faisaient partie de complexes d'espèces sœurs.

Baumann (1974) a examiné de vieux spécimens de musée d'*Alloperla imbecilla* (Say), un plécoptère qu'on croyait très répandu dans le nord-est de l'Amérique. Il a découvert qu'on avait en fait affaire à deux espèces distinctes : l'*A. imbecilla*, limité pour l'essentiel au bassin hydrographique de la rivière Ohio, et l'*A. atlantica* Baumann, très répandu dans l'est de l'Amérique du Nord. La plupart des spécimens de référence de l'« *A. imbecilla* » déposés par les auteurs précédents appartenaient en fait à l'espèce *A. atlantica*.

Ellison (1991) a publié une étude écologique sur des porte-cases (Lepidoptera : Coleophoridae) de la Nouvelle-Angleterre. Des incohérences apparentes dans la phénologie et l'identité de la plante hôte d'une des espèces ont poussé J.-F. Landry, spécialiste de la systématique des coléophoridés, à réexaminer les spécimens de référence déposés par Ellison. Il a ainsi été en mesure de corriger l'identification des coléophoridés et d'expliquer les différences qui semblaient exister dans l'écologie et le comportement des larves (J.-F. Landry, comm. pers.).

Les exemples précités ne représentent en réalité qu'un petit échantillon des cas existants. Dans le seul domaine de la lutte biologique, il existe dans la documentation scientifique une longue liste d'études décrivant des échecs causés principalement par une erreur d'identification des espèces d'insectes nuisibles ou de leurs ennemis naturels (Sabrosky, 1955; Danks, 1988; Huber, 1998; et de nombreuses autres études citées dans ces articles). Certaines de ces erreurs ont été retracées, confirmées et corrigées dans les cas où on avait accès à des spécimens de référence.

Le dépôt de spécimens de référence permet de définir les limites des espèces

Franclemont (1980) s'est penché sur la taxonomie d'une espèce de noctuelle très répandue et Munroe (1973) a fait de même pour une pyrale « cosmopolite ». Ils ont découvert dans les deux cas qu'on avait en fait affaire à des complexes d'espèces étroitement apparentées et jusque là inconnues. Dans les circonstances, on peut donc légitimement mettre en doute les résultats de toute étude antérieure portant sur l'écologie, le comportement, la physiologie, etc., de ces espèces en Amérique du Nord, à moins de disposer de spécimens de référence documentés qui pourront être comparés aux limites des espèces et aux clés d'identification révisées. Ces deux exemples de lépidoptères sont loin d'être les seuls. Il existe en effet beaucoup d'autres exemples appartenant à d'autres ordres, y compris de nombreux taxons importants aux plans médical et économique, et où les changements apportés aux limites des espèces ont rendu les travaux antérieurs inutiles en l'absence de spécimens de référence.

Harper et Harper (1981) ont utilisé les vastes collections de spécimens de référence d'éphémères constituées par le Canadian Northern Insect Survey et par le Service de l'Environnement de la Société de la Baie James pour définir d'importantes extensions d'aires de répartition et décrire une nouvelle espèce de la faune des éphémères de l'Arctique. De la même manière, Ricker (1966) a utilisé de vieux spécimens de musée provenant d'inventaires réalisés dans l'Arctique pour distinguer et interpréter divers types ou modèles instructifs de la répartition des plécoptères du Nord canadien.

L'absence de spécimens de référence rend les résultats de certaines études invérifiables

McCorquodale (2001) a publié plusieurs nouvelles mentions de cérambycides pour l'Ontario en s'appuyant sur d'anciens spécimens de référence (voir la section précédente sur les études à long terme), mais il a également décelé un certain nombre d'identifications publiées suspectes pour lesquelles il n'existait aucun spécimen de référence. Il était donc impossible de confirmer la présence antérieure de ces espèces en Ontario.

À l'opposé de la démonstration convaincante de la valeur des spécimens de référence présentée par McCorquodale (2001), un autre article du même numéro de la même revue scientifique (Paquin et

Duperré, 2001) décrit un grand nombre de nouvelles mentions pour l'Amérique du Nord, le Canada et le Québec dans le cadre d'une vaste étude portant sur la biodiversité des coléoptères dans la forêt boréale. Malheureusement, les auteurs ne fournissent aucune indication sur le lieu où les spécimens de référence (s'ils existent) ont été déposés. En conséquence, aucun chercheur ne sera en mesure, à l'avenir, de confirmer l'identification de ces espèces.

En plus de découvrir plusieurs espèces mal identifiées dans des études qui établissaient une concordance entre les données de séquençage et des spécimens de référence connus (voir ci-dessus), Ruedas et ses collaborateurs (2000) ont constaté que 73 % (41 sur 56) des articles de la revue *Molecular Phylogenetics and Evolution* qu'ils ont examinés n'offraient aucune correspondance de leurs données de séquençage avec un spécimen de référence. En conséquence, il est impossible de vérifier l'exactitude de l'identification de ces espèces.

S'il est vrai qu'on peut retracer et corriger certaines erreurs des programmes de lutte biologique menés dans le passé, comme nous l'avons indiqué plus haut, nombre des premières expériences d'introduction d'espèces n'ont pas prévu le dépôt de spécimens de référence (Sabrosky, 1955; Danks, 1988; Huber, 1998) et il est donc aujourd'hui impossible de déterminer les causes de leur échec.

L'étude sur les coccinelles menée par la Fédération canadienne de la nature au cours des années 90 (www.cnf.ca/beetle/index.html) a malheureusement connu un échec au plan scientifique parce que le registre national des espèces de coccinelles reposait entièrement sur des observations effectuées par des amateurs. Les participants n'ont pas été invités à capturer des spécimens de référence, et il semble aujourd'hui que l'étude soit truffée d'erreurs d'identification qu'il sera impossible de corriger (Marshall, 2000). Ainsi, les données recueillies sont inutiles pour des analyses scientifiques rigoureuses. En revanche, une initiative récente menée par des amateurs dans l'est du Canada et intitulé *Atlantic Dragonfly Inventory Project*, coordonnée par P.M. Brunelle, pourrait s'avérer précieuse au plan scientifique puisque plus de 90 % des données inscrites dans la base de données des espèces sont corroborées par des spécimens de référence.

Les « recommandations » figurant dans la politique rédactionnelle des revues scientifiques sur le dépôt de spécimens de référence

(tableau 1) n'ont de toute évidence que peu d'impact sur la plupart des auteurs. Sur un total de 30 articles sélectionnés au hasard dans trois numéros de la revue *The Canadian Entomologist* de 2002 et où il est question d'identifications d'insectes à l'espèce, neuf seulement (dont six portant sur la taxonomie) font mention d'un dépôt de spécimens de référence. Dans deux numéros choisis au hasard de la revue *Annals of the Entomological Society of America* de 2002, 31 articles portent sur des espèces identifiées, mais 9 seulement (dont huit portant sur la taxonomie) mentionnent le dépôt de spécimens de référence. Les autres revues scientifiques ne font guère mieux.

La plupart des travaux d'identification réalisés par des consultants à la pige ou par des sous-traitants ne sont pas documentés par un dépôt de spécimens de référence. Cette situation est d'autant plus préoccupante que nombre de consultants ne sont pas des spécialistes formés à l'identification des arthropodes, et qu'en l'absence de spécimens de référence, les spécialistes ne pourront pas vérifier leur travail. Dans beaucoup de cas, la vérification ultérieure de telles identifications par des spécialistes a laissé constater un taux élevé d'erreurs (Danks et Winchester, 2000; Marshall, 2000). Or, comme ces identifications de spécimens effectuées à contrat servent souvent à la prise de décisions concernant les incidences environnementales, la planification de l'utilisation des terres et les priorités en matière de conservation, l'absence de spécimens de référence qui pourraient servir aux vérifications peut être lourde de conséquences.

Recommandations

En dépit du fait que de nombreuses publications soulignent les avantages possibles de la préparation adéquate de spécimens de référence, de nombreux auteurs ne se préoccupent pas de cette étape essentielle pour documenter leurs recherches, et les pressions exercées sur eux pour qu'ils adoptent de meilleures pratiques sont sans effet. Compte tenu des avantages possibles des spécimens de référence (et des conséquences de leur absence), nous proposons ci-après six recommandations sur les meilleures pratiques en cette matière pour les études en systématique, en faunistique et en écologie des arthropodes terrestres.

1. Les organismes qui financent les recherches en systématique, en faunistique et en écologie devraient reconnaître explicitement que les spécimens de référence constituent un élément essentiel de

la documentation *nécessaire* de la recherche. Une telle politique s'inscrirait dans la logique de la reconnaissance croissante de l'importance des collections d'histoire naturelle en recherche biologique.

2. Les parcs, réserves, stations et autres zones protégées où les chercheurs doivent obtenir un permis devraient stipuler que le dépôt de spécimens de référence est une condition nécessaire à la délivrance du permis initial et, surtout, au renouvellement ultérieur de ce permis. De nombreux permis de recherche délivrés par les parcs nationaux et provinciaux exigent maintenant le dépôt d'au moins une collection synoptique de spécimens dans une institution reconnue. Les permis délivrés pour la recherche entomologique au Mont Saint-Hilaire, parc de la réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO au Québec, stipulent que les spécimens de référence doivent être déposés au Lyman Entomological Museum. Le respect de cette condition est contrôlé par le personnel de la réserve, et le renouvellement des permis en dépend.
3. On devrait *exiger* (et non seulement recommander) dans la politique rédactionnelle des revues entomologiques que les spécimens de référence soient déposés dans des collections institutionnelles reconnues et que le lieu du dépôt soit clairement précisé dans l'article. De nombreuses revues exigent déjà le dépôt de spécimens types et de séquences moléculaires. Il serait logique que les politiques rédactionnelles appliquent les mêmes exigences aux autres types de recherches.
4. Les départements universitaires devraient faire du dépôt de spécimens de référence une condition de l'acceptation des thèses. Nombre d'universités et d'organismes finançant la recherche exigent aujourd'hui que les soins apportés aux animaux, le respect de l'éthique et les certificats portant sur les risques biologiques et environnementaux soient annexés à la version finale de la thèse afin de démontrer que la recherche a été menée conformément aux bonnes pratiques. La confirmation du dépôt des spécimens de référence dans une collection institutionnelle reconnue devrait s'ajouter à ces exigences. L'auteur a observé que les étudiants, qui acquiescent volontiers à la « recommandation » pressante de déposer des spécimens de référence lorsqu'ils défendent leur thèse

(et que cette action pèse dans la balance) se montrent souvent peu enclins par la suite à respecter cet engagement.

5. On devrait encourager les conservateurs des collections institutionnelles d'histoire naturelle à accepter et organiser le dépôt de spécimens de référence provenant d'études faunistiques et écologiques, et à élaborer une politique sur le dépôt des spécimens de référence dont tous les chercheurs seraient à même de prendre connaissance avant d'amorcer une étude. Certains employés de collections hésitent à accepter les spécimens de référence (notamment lorsqu'il y en a beaucoup). Diverses raisons sont invoquées pour justifier cette réticence : piètre qualité des spécimens déposés par le passé; manque d'espace; recherches en cours axées sur d'autres projets ou d'autres taxons. Aucune de ces objections ne devraient constituer un obstacle. Les conservateurs peuvent préparer à l'intention des personnes inexpérimentées des directives et des recommandations appropriées sur la préparation des spécimens, et les mettre à la disposition des chercheurs qui comptent entreprendre une nouvelle étude. Par ailleurs, si les chercheurs communiquent avec le conservateur de la collection appropriée assez tôt dans la planification de leur projet, ils pourront être encouragés à inclure dans leur budget la préparation, l'identification et la conservation adéquates des spécimens de référence. L'espace disponible dans les collections est presque toujours limité, mais si une collection particulière manque de place où si elle s'intéresse à des taxons ou à des milieux écologiques différents, elle devrait pouvoir suggérer une solution de rechange.
6. Une base de données sur les collections entomologiques canadiennes prêtes à recevoir les spécimens de référence devrait être créée et tenue à jour sur le site Web de la Commission biologique du Canada. Ceci permettrait aux chercheurs de vérifier rapidement les collections aptes à recevoir leurs spécimens de référence, et aux musées de mettre à jour l'information en fonction de leurs intérêts de collection. Une base de données électronique présente l'avantage de pouvoir être mise à jour pour tenir compte du roulement du personnel, de l'évolution des politiques institutionnelles et de l'état des collections, et des changements d'adresses de sites Web et de courriels des institutions. Elle peut en outre offrir des liens vers toute autre base de données disponible et hébergée sur les sites Web de ces institutions.

Conclusion

Les spécimens de référence sont essentiels pour une identification exacte et pour la vérification subséquente de l'identification des espèces. Les espèces sont la « matière première » des recherches sur la biodiversité, peu importe que ces dernières mettent l'accent sur la taxonomie, l'évolution, l'écologie, la génétique, le comportement ou la physiologie. Les projets de recherche en biodiversité exigent un important investissement en temps, en efforts et en argent, mais sans documentation adéquate sous forme de spécimens de référence, il y a de forts risques que cet investissement soit perdu. En effet, une protection insuffisante de l'« unité de référence » de la science conduira inévitablement, tout comme en affaires, à la faillite.

References

- Baumann, R.W. 1974. What is *Alloperla imbecilla* (Say)? Designation of a neotype and a new *Alloperla* from eastern North America (Plecoptera: Chloroperlidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 87: 257- 264.
- Danks, H.V. 1988. Systematics in support of entomology. *Annual Review of Entomology* 33: 271-296.
- Danks, H.V. 1991. Museum collections: fundamental values and modern problems. *Collection Forum* 7: 95-111.
- Danks, H.V., G.B. Wiggins and D.M. Rosenberg. 1987. Ecological collections and long-term monitoring. *Bulletin of the Entomological Society of Canada* 19: 16-18.
- Danks, H.V. and N.N. Winchester. 2000. Terrestrial arthropod biodiversity projects - building a factual foundation. Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods) Document Series No. 7. 38 pp.
- Ellison, A.M. 1991. Ecology of case-bearing moths (Lepidoptera: Coleophoridae) in a New England salt marsh. *Environmental Entomology* 20: 857-864.
- Favret, C. and R.E. DeWalt. 2002. Comparing the Ephemeroptera and Plecoptera specimen databases at the Illinois Natural History Survey and using them to document changes in the Illinois fauna. *Annals of the Entomological Society of America* 95: 35-40.
- Franclemont, J.G. 1980. "*Noctua c-nigrum*" in eastern North America, the description of two new species of *Xestia* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae: Noctuinae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 82: 576-586.
- Francoeur, A. 1976. The need for voucher specimens in behavioral and ecological studies. *Bulletin of the Entomological Society of Canada* 8(2): 23.

- Harper, F. and P.P. Harper. 1981. Northern Canadian mayflies (Insecta; Ephemeroptera), records and descriptions. *Canadian Journal of Zoology* 59: 1784-1789.
- Harris, D.J. 2003. Can you bank on GenBank? *Trends in Ecology and Evolution* 18: 317-319.
- Huber, J.T. 1998. The importance of voucher specimens, with practical guidelines for preserving specimens of the major invertebrate phyla for identification. *Journal of Natural History* 32: 367-385.
- Kelleher, J. 1988. Suggestions for voucher specimens of imported species. *Biological Control News* 1: 26-27.
- Knutson, L. 1984. Voucher material in entomology: a status report. *Bulletin of the Entomological Society of America* 30(4): 8-11.
- Lee, W.L., Bell, B.M. and J.F. Sutton. 1982. Guidelines for acquisition and management of biological specimens. A report of the participants of a conference on voucher specimen management. Association of Systematics Collections, Snow Museum of Natural History, University of Kansas, Lawrence, KS. 42 pp.
- Liebherr, J.K. and H. Song. 2002. Distinct ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages within a New York state wetland complex. *Journal of the New York Entomological Society* 110: 127-141.
- Marshall, S.A. 2000. Comments on error rates in insect identifications. *Newsletter of the Biological Survey of Canada* (Terrestrial Arthropods) 19(2): 45-47.
- Martin, J.E.H. 1977. The Insects and Arachnids of Canada. Part 1. Collecting, preparing and preserving insects, mites and spiders. Agriculture Canada Publication 1643. 182 pp.
- McCorquodale, D.B. 2001. New records and notes on previously reported species of Cerambycidae (Coleoptera) for Ontario and Canada. *Proceedings of the Entomological Society of Ontario* 132: 3-13.
- Munroe, E.G. 1973. A supposedly cosmopolitan insect: the celery webworm and allies, genus *Nomophila* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae: Pyraustinae). *The Canadian Entomologist* 105: 177-216.
- NSERC. 2003. Cadre à l'intention des chercheurs travaillant avec les collections universitaires. Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. http://www.nserc.gc.ca/programs/framework_f.htm
- Paquin, P. and N. Dupérré. 2001. Beetles of the boreal forest: a faunistic survey carried out in western Québec. *Proceedings of the Entomological Society of Ontario* 132: 57-98.
- Ponder, W.F., G.A. Carter, P. Flemons and R.R. Chapman. 2001. Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. *Conservation Biology* 15: 648-657.

- Resh, V.H. 1976. Changes in the caddis-fly fauna of Lake Erie, Ohio, and of the Rock River, Illinois, over a fifty year period of environmental deterioration. Proceedings of the First International Symposium in Trichoptera, Lutz am See, Austria, 1974. Dr. W Junk, The Hague. Pp. 167-170.
- Resh, V.H. and J.D. Unzicker. 1975. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 47: 9-19.
- Ricker, W.E. 1966. Some Plecoptera from the far north. *The Canadian Entomologist* 76: 174-185.
- Ruedas, L.A., J. Salazar-Bravo, J.W. Drago and T.L. Yates. 2000. The importance of being earnest: what, if anything, constitutes a "specimen examined?". *Molecular Phylogenetics and Evolution* 17: 129-132.
- Sabrosky, C.W. 1955. The interrelations of biological control and taxonomy. *Journal of Economic Entomology* 48: 710-714.
- Shaffer, H.B., R.N. Fisher and C. Davidson. 1998. The role of natural history collections in documenting species declines. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 27-30.
- Sperling, F.A.H., G.S. Anderson and D.A. Hickey. 1994. A DNA-based approach to the identification of insect species used for postmortem interval estimation. *Journal of Forensic Sciences* 39: 418-427.
- Wells, J.D. and Sperling, F.A.H. 2000. Commentary on: Sperling FAH, Anderson GS, Hickey, DA. A DNA-based approach to the identification of insect species used for postmortem interval estimation. *J Forensic Sci* 1994; 39: 418-427 and on Vincent S, Vian JM Carloti MP. Partial sequencing of the cytochrome oxidase b subunit gene I: a tool for the identification of European species of blow flies for postmortem interval estimation. *J Forensic Sci* 2000; 45: 820-823. *Journal of Forensic Sciences* 45: 1358-1359.
- Wheeler, T.A., J.T. Huber and D.C. Currie. 2001. Label data standards for terrestrial arthropods. Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods) Document Series No. 8. 20 pp.
- Wiggins, G.B., S.A. Marshall and J.A. Downes. 1981. The importance of research collections of terrestrial arthropods. A brief prepared by the Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods). *Bulletin of the Entomological Society of Canada* 23 (2), Supplement. 16 pp.
- Wilkinson, C. 1981. Modern biosystematics. *Entomologist's Gazette* 32: 205-215.
- Yoshimoto, C.M. 1978. Voucher specimens for entomology in North America. *Bulletin of the Entomological Society of America* 24: 141-142.

