

LES USAGES DES DONNÉES PRIMAIRES D'OCCURRENCE D'ESPÈCES

Arthur D. Chapman¹

Resumé:

Ce document traite des utilisations de données primaires d'occurrence d'espèces dans la recherche, l'éducation et les autres domaines de l'activité humaine, et fournit des exemples de nombreux usages tirés de la littérature. Le document traite non seulement des données inscrites sur les étiquettes ou consignées dans les carnets de terrain, mais aussi des données inhérentes aux collections de muséums ou d'herbiers elles-mêmes, lesquelles accumulent sur le long terme quantité de données et d'informations qui restent encore largement sous exploitées. Les projets cités couvrent des domaines aussi variés que l'étude des espèces et de leurs distributions dans le temps et l'espace, leur utilisation pour l'enseignement et l'éducation du public ou pour la conservation et la recherche scientifique, l'usage qu'en font la médecine ou la police scientifique, leur utilisation dans la gestion des ressources naturelles et l'étude du changement climatique, dans les arts, l'histoire, les loisirs, la société et la politique. Ces utilisations sont nombreuses et variées et elles sont à la base de la plupart de nos activités quotidiennes.



¹ Australian Biodiversity Information Services
PO Box 7491, Toowoomba South, Qld, Australia
email: papers.digit@gbif.org

Citation suggérée:

Chapman, A. D. (2005). *Les usages des données primaires d'occurrence d'espèces*, version 1.0. Trad. Chenin, N. Copenhague: Global Biodiversity Information Facility, 103 pp. Disponible en ligne sur http://links.gbif.org/gbif_usages_donnees_manual_fr_v1.1.pdf

ISBN/Dol: non disponible.

Persistent URI: http://links.gbif.org/gbif_usages_donnees_manual_fr_v1.1.pdf

Langage du document: Français (Titre original: *Uses of Primary Species-Occurrence Data*)

Date de publication de la traduction en Français: Avril 2011.

Date de publication de la version originale en Anglais: Juillet 2005

Copyright © Global Biodiversity Information Facility, 2011

Licence:



Cette travail est publié sous une licence Creative Commons Paternité 3.0
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.fr>

La traduction en Français de ce texte a été cofinancée par le Système Mondial d'Information sur la Biodiversité (GBIF) et la Direction Générale de la Coopération au Développement Belge (DGD) au travers du projet *Central African Biodiversity Information Network* (CABIN) coordonné par le Musée Royal d'Afrique Centrale (RMCA). Le GBIF France a aussi contribué à cette traduction.



GBIF



DGD



CABIN



RMCA



GBIF France

Dégagement de responsabilité: Même si tous les efforts ont été mis en œuvre par l'auteur et l'éditeur pour veiller à ce que le contenu de ce texte soit précis et à jour, tous les renseignements contenus ici sont donc présentés «tels quels», sans autre déclaration ou garantie de quelque nature que ce soit. Ni l'auteur ni l'éditeur sont en aucun cas responsable de tout dommage pouvant découler de l'utilisation de l'information contenue dans le présent texte.

Couverture: GBIF Secretariat 2011. Photo par © Else Østergaard Andersen, 2005. Dactylorhiza maculata (L.) Soo ssp. fuchsii (Druce) Hyl.

Contenu

Introduction	1
Echange de données et données distribuées	3
Usages multiples	4
Le Projet de Démonstration du GBIF de 2003	5
Les avantages de donner accès aux données d'occurrence d'espèces	5
Taxonomie.....	7
La recherche taxonomique	7
Index des noms et des taxons	7
Flores et faunes.....	8
Taxonomie et biogéographie écologique	9
Guides de terrain	10
Ressources numériques intégrées.....	11
Checklists et inventaires.....	12
Bases d'images.....	12
Phylogénies	12
Parataxonomie	13
Outils d'identification automatisée	13
Etudes biogéographiques.....	14
Atlas de distribution	14
Modélisation de la distribution d'espèces	16
Prédire de nouvelles distributions d'espèces.....	18
Etudier le déclin d'espèces.....	18
Diversité spécifique et populations	19
Diversité, richesse et densité d'espèces.....	19
Modèles de populations – analyse de la viabilité des populations	21
Interactions entre espèces.....	22
Protection des communautés	22
Histoires de vie et phénologies.....	23
Etudes d'histoire de vie	23
Phénologie.....	23
Espèces menacées, migratrices et invasives	24
Espèces menacées	24
Espèces invasives et études de déplacements	25
Espèces migratrices	28
Impact du changement climatique.....	31
Sur les espèces indigènes	31
Sur la production primaire.....	31
La désertification.....	32
Ecologie, évolution et génétique	33
Classification de la végétation.....	33
Cartographie de la végétation.....	33
Perte en habitats	34
Fonctionnement des écosystèmes.....	34
Conception d'un inventaire : identifier les lacunes	35
Evolution, extinction et génétique.....	36
Diversité microbienne et spéciation	37
Les études archéologiques.....	38
Régionalisation environnementale.....	39

Etudes à finalité de programmation nationale.....	39
Etudes à finalité de programmation régionale.....	39
Régionalisation marine.....	40
Régionalisation aquatique	40
Politique de conservation.....	41
Evaluation rapide de la biodiversité	41
Identification des zones prioritaires pour la biodiversité	41
Sélection des réserves.....	42
Complémentarité	42
Conservation ex-situ.....	43
Exploitation durable	44
Banques de semences et ressources génétiques	44
Gestion des ressources naturelles.....	45
Ressources terrestres	45
Ressources aquatiques.....	45
Protection de l'environnement	45
Suivi environnemental.....	46
Agriculture, foresterie, pêche et exploitation minière	47
Agriculture	47
Foresterie.....	50
Pêche	52
Pépinières et élevage d'animaux de compagnie.....	54
Exploitation minière.....	55
Santé et sécurité publique.....	56
Maladies et vecteurs	56
Bioterrorisme.....	57
Biosécurité.....	57
Contaminants environnementaux.....	57
Anti-venins	58
Parasitologie.....	58
Une herboristerie plus sûre.....	59
Bioprospection	60
Pharmacologie.....	60
Médecine légale.....	61
Fragments de gènes	61
Matériel végétal.....	61
Pollen.....	62
Insectes.....	62
Impacts d'oiseaux et de mammifères	63
Contrôle aux frontières et commerce des espèces sauvages	64
Contrôle aux frontières et douanes.....	64
Quarantaine	65
Commerce des espèces sauvages	65
Education et communication vers le grand public.....	66
A l'école, au collège et au lycée.....	66
A l'université.....	66
La formation des parataxonomistes.....	66
Prise conscience du grand public	67
Expositions dans les Muséums.....	68
Bases d'images.....	68

Programmes de participation du public.....	68
Arbre de la vie	69
Ecotourisme	70
Valeur de l'écotourisme	70
Former les guides et les opérateurs	70
Guides imprimés	70
Jardins, zoos, aquariums, muséums et parcs naturels	71
Art et histoire	72
Histoire des sciences – Sur les traces des explorateurs et des collecteurs	72
Art et science	72
Art indigène	73
Timbres.....	73
Société et politique.....	74
Usages sociaux de la biodiversité.....	74
Anthropologie et langues	74
Ethnobiologie	75
Rapatriement des données	75
Collecter de la biodiversité.....	76
Activités de loisirs.....	77
Pêche de loisir	77
Chasse.....	77
Photographie et tournage de films.....	77
Jardinage.....	78
Randonnée et trek dans la nature.....	78
Observation des oiseaux.....	78
Aménagement	79
Evaluation du risque.....	79
Aménagement paysager	79
Animaux sauvages et infrastructures.....	80
Bois d'oeuvre	80
Biodiversité aquatique et marine	81
Conclusion.....	82
Remerciements	83
Références	84
Index	96

Introduction

Les données sur les spécimens de plantes et d'animaux détenus dans les muséums et les herbiers, les données d'inventaires et d'observation d'espèces, constituent une vaste source d'information, fournissant non seulement l'information actuelle sur les localisations de ces entités, mais une information historique remontant plusieurs siècles en arrière (Chapman et Busby 1994). On estime qu'il y a approximativement 2,5 à 3 milliards de spécimens de collections dans les muséums du monde entier, dans les herbiers et les autres institutions en charge de collections (Duckworth *et al.* 1993, OECD 1999). De plus il y a des nombres inouïs de données d'observation. Des projets de numérisation de cette information sont en cours dans beaucoup d'institutions, et d'autres sont en discussion ou planifiés.

Un objectif clé de l'information numérisée dans les sciences biologiques est de offrir aux utilisateurs une méthode efficace et d'un coût modéré pour rechercher et analyser l'information. Le monde biologique est infiniment complexe et doit être généralisé, approximé et abstrait afin d'être représenté et compris (Goodchild *et al.* 1991). L'information sur la biodiversité peut être présentée aux utilisateurs au travers de systèmes d'information géographiques, d'outils de modélisation environnementale, de systèmes d'aide à la décision, de livres, de CD-ROMs, d'images et de bases de données en ligne, de spécimens et de leurs doubles, de résultats d'analyse ADN, etc. Au sein de ces outils, il est essentiel que la variation soit testée et mesurée, et qu'erreurs ou incertitudes soient décrites et visualisées. C'est dans ce domaine que nous avons un long chemin à parcourir (Goodchild *et al.* 1991).

Les usages des données primaires d'occurrence d'espèces sont larges et variés, et couvrent à peu près tous les aspects de l'activité humaine – alimentation, abris et loisir ; art et histoire, société, science et politique. Les exemples montrés dans ce document font ressortir l'importance de numériser les données sur les spécimens de muséums et de les rendre disponibles à la plus large communauté d'utilisateurs. De cette manière les collections seront rendues encore plus précieuses qu'elle ne le sont déjà, et elles fourniront de nouvelles opportunités de financement et de collaboration grâce à l'accroissement de leur pertinence et de leur valeur pour un plus large public. Avec la diminution des ressources qui sont consacrées aux sciences biologiques, les agences de financement commencent à questionner la pertinence de nombre de collections d'histoire naturelle, et il devient de plus en plus difficile d'obtenir des fonds pour l'entretien des collections. En rendant l'information disponible à une plus large communauté scientifique pour des recherches en conservation ou dans les nombreux autres champs d'étude couverts dans ce document, les agences vont avoir un argument bien plus robuste et durable pour poursuivre les financements. De plus, cela va rapidement accroître la connaissance mondiale de la biodiversité et des écosystèmes, et aidera à leur future conservation et usage et gestion durables.

La disponibilité accrue des données sur les espèces ouvre de nouvelles et meilleures méthodes pour traiter ces problèmes. L'information contenue dans les muséums constitue un stock qui remonte à des siècles. Et la disponibilité nouvelle de ce stock dans les bases de données en ligne améliore la science, réduit les coûts en permettant des inventaires biologiques plus efficaces, libère les scientifiques et leur permet de consacrer plus de temps à la recherche, et accélère la formation d'un corpus de connaissances sur nos environnements qui conduit à améliorer leur conservation et leur exploitation durable.

La recherche taxonomique bénéficie de la disponibilité des images des spécimens, y compris les types, et de celle des données sur la localisation des spécimens dans les autres muséums. Mais le plus grand bénéfice tiré de la disponibilité des données distribuées est peut-être l'étude de la biogéographie des espèces – leur localisation dans le temps et l'espace. « En réduisant les coûts de l'étude des vecteurs de maladies humaines, des invasions biologiques et du changement climatique, les collections biologiques bénéficient directement à la société » (Suarez et Tsutsui 2004).

L'un des résultats qui ressortira de l'étude des usages des données d'occurrences d'espèces, est l'apparition de nouvelles exigences en matière d'enregistrement d'information lors des collectes à venir (Chapman 2005b). Cela pourrait inclure un recours plus fréquent aux images numériques (Basset *et al.* 2000), et aux vidéos. Mais si l'échange de données numérisées a des conséquences positives, on tend aussi vers un découplage des données et des objets, et il est important que même hors du cercle des muséums, on reconnaisse que les objets eux-mêmes demeurent des sources à long terme de données qui restent à saisir et à développer (Winker 2004). Au final, entretenir et développer l'infrastructure des collections de biodiversité produira des bénéfices qu'on ne peut prévoir (Suarez et Tsutsui 2004). Ces bénéfices pour la société seront accrus par le fait que l'information aura déjà été rendue disponible pour ceux qui en ont besoin.

Mais les données primaires d'occurrence d'espèces ne sont seulement les données détenues dans les muséums et les herbiers. Il y a une énorme quantité de données d'observation et d'inventaires détenues dans les universités, par des organisations non gouvernementales et par des particuliers, et ces données ajoutent une connaissance supplémentaire précieuse sur notre environnement. Ces sources de données n'entrent pas en concurrence avec celles des collections ; elles sont complémentaires, et chacune avec ses forces et ses faiblesses contribue à satisfaire le besoin mondial d'information.

Certains remettent en question la valeur des données tirées des spécimens de muséums vis à vis de leur utilisation dans des études biogéographiques ou autres parce que nombre de ces données sont « obsolètes et peu fiables », avec de nombreux enregistrements entachés d'erreur de détermination ou mal géoréférencés (Wheeler *et al.* 2004). Ceci peut être vrai de beaucoup d'enregistrements, mais, comme le montre ce document, de nombreux autres enregistrements n'ont pas ce défaut de fiabilité et sont utilisés avec succès par les chercheurs et d'autres acteurs. La communauté des muséums est consciente de ces défauts inhérents à certaines de leurs données et se préoccupent d'essayer d'améliorer la qualité de ces données (Chapman 2005a), et comme l'exprime Edwards (2004), « l'un des meilleurs moyens d'exposer ces erreurs est de rendre les données visibles, afin que les chercheurs qualifiés puissent les comparer et les corriger ». Toutes les données contiennent des erreurs, mais cela ne doit pas être une raison pour ne pas les utiliser ; il faut en revanche que les erreurs soient documentées et que les utilisateurs en soient rendus conscients afin qu'ils puissent déterminer l'adéquation des données aux usages (Chapman 2005b).

Les données primaires sur les espèces ont de nombreux usages. Traditionnellement, les collections dans les muséums et les herbiers avaient été constituées avec en tête un seul objectif : l'étude taxonomique. Leur mission à long terme, cependant, est de documenter la biodiversité et sa distribution dans le temps et l'espace à des fins de recherche et d'éducation (Winker 2004) et au service de grand public. L'introduction des traitements informatiques et des bases de données ont ouvert ces vastes stocks de données à de nombreux nouveaux usages (Chapman 1999). Ceux-ci incluent les études biogéographiques (Longmore 1986, Peterson *et al.* 1998), la planification de la conservation (Faith *et al.* 2001), la sélection de réserves (Margles et Pressey 2000), le développement de régionalisations environnementales (Thackway et Cresswell 1995), les études du changement climatique (Chapman et Milne 1998, Pouliquen et Newman 1999, Peterson *et al.* 2002a), l'agriculture, la foresterie et la pêche (Booth 1996, Nicholls 1997, Cunningham *et al.* 2001), les études de déplacement d'espèces (Panetta et Mitchell 1991, Soberón *et al.* 2000, Peterson et Veiglas 2001), etc., etc. Ces usages et d'autres encore seront décrits plus en détail au long de ce document. Beaucoup de ces études ont utilisés des modèles environnementaux avec des logiciels comme BIOCLIM (Nix 1986, Busby 1991), GARP (Stockwell et Peters 1999, Pereira 2002) ou des méthodes comme les Modèles linéaires généralisés (en anglais Generalised Linear Models : GLM) (Austin 2002). La plupart de ces modèles de distribution d'espèces reposent sur des enregistrements issus de spécimens ou d'observations, généralement de nature exclusivement « présence » (et intégrant communément les enregistrements provenant des herbiers et des muséums et les données d'observation) ou parfois des données de présence - absence issues d'inventaires systématiques.

Beaucoup de ces données (autant celles des muséums que celles issues d'observations) ont été collectées de manière opportuniste plutôt que systématique (Chapman 1999, Williams *et al.* 2002) et ceci peut causer des biais spatiaux importants – c'est le cas par exemple des collections qui sont fortement corrélées avec les réseaux de routes et de voies d'eau (Margules et Redhead 1995, Chapman 1999, Peterson *et al.* 2002, Lampe et Riede 2002). Les données de muséums et d'herbiers et la plupart des données d'observations informent généralement sur la présence d'un taxon à un endroit et un moment donnés ; mais ne donnent pas d'indication sur son absence ailleurs et à d'autres époques (Peterson *et al.* 1998). Ceci restreint leur utilisation dans certains modèles environnementaux, mais il n'en demeure pas moins que c'est l'ensemble le plus vaste et le plus complet d'information biologique sur les deux cents dernières années et plus, que nous aurons vraisemblablement jamais à notre disposition. De plus s'il fallait remplacer ces données par de nouveaux inventaires, le coût serait prohibitif. Un seul inventaire peut coûter près d'un million d'Euros (Burbidge 1991). En outre, du fait de leur accumulation au cours du temps, ces données fournissent un état des lieux irremplaçable sur la biodiversité à une époque où l'humanité a eu un impact énorme sur elle. Elles constituent une ressource essentielle pour tout effort de conservation de l'environnement, puisqu'elles fournissent la seule mémoire bien documentée des occurrences d'espèces dans des zones qui peuvent avoir subi un changement d'habitat dû au déboisement pour l'agriculture, à l'urbanisation, au changement climatique, ou qui peuvent avoir subi toute autre modification (Chapman 1999).

Mais les données primaires sur les espèces ne s'arrêtent pas à la seule information inscrite sur les étiquettes associées aux spécimens : ceux-ci sont eux-mêmes des sources d'information qui peuvent être exploitées pour des prélèvements de tissus, pour l'analyse chimique de contaminants, à des fins médico-légales via l'ADN, etc. Les collections vivantes de micro-organismes en culture qui ne peuvent être conservés autrement, les images ou les vidéos d'oiseaux ou d'animaux sur le terrain, ou de spécimens de muséums, ou des micro graphies de parties, et même des dessins – dont certains ont été réalisés avant que la photographie soit inventée – doivent aussi être considérés comme une partie intégrale de la source de données sur les occurrences d'espèces.

Echange de données et données distribuées

Dès 1974, on discutait du développement de normes pour l'échange électronique de données primaires sur les spécimens entre muséums et herbiers. Bien que l'usage de l'Internet ait alors été restreint à une communauté limitée de chercheurs et n'ait pas été accessible en général aux institutions travaillant sur la biodiversité (Kristula 2001), des échanges se faisaient déjà à travers le monde sur des supports comme les disquettes et les bandes magnétiques ; mais ils n'étaient alors régis par aucune norme. Ces discussions débouchèrent notamment sur une norme pour les échanges d'information biotaxonomique qui fut développée en Australie en 1979 (Busby 1979). Plus tard, les herbiers australiens se réunirent et étendirent cette norme à l'usage des institutions botaniques et la norme HISPID (Herbarium Information Standards for the Interchange of Data : en français Normes pour l'échange de données relatives aux informations des herbiers) fut développée (Croft 1989, Conn 1996, 2000). Bien que très peu d'institutions missent en œuvre cette norme pour leurs échanges, beaucoup l'utilisaient cependant comme modèle pour concevoir leurs bases de données. La norme HISPID reçut ensuite le label TDWG (Taxonomic Data Working Group : en français Groupe de travail sur les données taxonomiques).

Le développement de l'Internet, et particulièrement du World Wide Web (en français Toile mondiale) (Berners-Lee 1999), apporta de nouvelles opportunités pour l'échange de données. Bien que le réseau de ressources d'information environnementale ERIN (Environmental Resources Information Network) utilisât des données distribuées pour la modélisation via Internet dès 1994 (Boston et Stockwell 1995), il y eut peu d'autres projets réussis d'échange de données numériques qui aient utilisé l'Internet jusqu'au lancement du projet Species Analyst (en français Analyste des espèces) (Viegas 1999, 2003a) à la fin des années 1990.

Depuis lors, de nombreux projets distribués ont été lancés, y compris le Réseau mondial d'information sur la biodiversité (en espagnol Red Mundial de Información sobre Biodiversidad : REMIB) (CONABIO 2002), l'Herbier virtuel australien (en anglais Australian Virtual Herbarium) (CHAH 2002), *speciesLink* (en français le Lien des espèces) (CRIA 2002), Le Réseau européen d'information sur les spécimens d'histoire naturelle (en anglais European Natural History Specimen Information Network : ENHSIN) (Güntsch 2004), le Service d'accès aux collections biologiques pour l'Europe (en anglais Biological Collection Access Service for Europe : BioCASE) (BioCASE 2003), le Système d'information en réseau sur les mammifères (en anglais Mammal Networked Information System : MaNIS) (MaNIS 2001), et le portail GBIF (GBIF 2004). Ces systèmes récupèrent l'information en ligne en interrogeant directement les bases de données dans leurs institutions d'accueil, et en extrayant les données un peu comme le fait Google avec les sites Web. Les premières versions de ces systèmes utilisaient la norme de requête d'information développée à l'origine pour les bibliothèques – Z39.50 (NISO 2002), mais plus récemment la communauté des muséums a développé de nouvelles normes : le schéma Darwin Core (Vieglas 2003b) mis en œuvre par le protocole DiGIR (SourceForge 2004) et le schéma ABCD (Access to Biological Collections Data, en français Accès aux données de collections biologiques) (TDWG 2004) mis en œuvre par le protocole BioCASE (BioCASE 2003) qui sont mieux adaptés à l'échange d'information primaire sur les espèces. Plus récemment encore le Groupe de travail sur les données taxonomiques et d'autres se sont lancés dans le développement d'un protocole combiné (TAPIR – <http://www3.bgbm.org/tapir>) qui allie la simplicité de DiGIR à la complexité de BioCASE.

Usages multiples

La plupart des projets qui utilisent des données d'occurrence d'espèces font appel à plus d'un type d'usage. Comme il ressort de ce document il y a un recouvrement considérable entre les usages au sein d'un même projet. Un projet peut inclure des données primaires géoréférencées, des études taxonomiques (pouvant impliquer l'utilisation de bases de données sur les caractères), de la modélisation environnementale et des études prédictives de distribution qui peuvent impliquer des espèces menacées ou migratrices, des études d'impact du changement climatique ainsi que l'analyse de viabilité de populations et des études d'association d'espèces, de l'écologie et de l'histoire de l'évolution. Le projet peut ensuite impliquer des études de « rétablissement d'espèces »¹ et une activité de suivi, ainsi que le développement d'une législation de protection de l'environnement, l'évaluation de réserves et de programmes de conservation, des liens avec les contrôles douaniers aux frontières pour empêcher le trafic illégal d'espèces, et enfin des liens avec la formation et les communautés locales. Il est parfois difficile d'identifier où finit un usage et où un autre commence, et j'espère que les lecteurs excuseront les inévitables recouvrements qui apparaîtront au long de ce document.

La capacité de rechercher dans les bases de données à travers le monde des données primaires d'occurrence d'espèces géoréférencées a ouvert l'accès à une multitude d'usages dont beaucoup étaient jusque là impossibles. Ce document décrira certains de ces usages et en présentera des exemples. Il est à noter qu'un document comme celui-ci ne peut pas couvrir tous les exemples d'usages – les exemples qui seront donnés ne seront qu'un échantillonnage destiné à illustrer les types d'usages mentionnés.

Le premier Projet de Démonstration du GBIF, réalisé en 2003, donne un aperçu du recouvrement entre usages (UTU-Biota 2004).

¹ en anglais « species recovery » : ensemble de mesures propres à lever la menace d'extinction d'une espèce (NdT)

Le Projet de Démonstration du GBIF de 2003

Le premier Projet de Démonstration du GBIF (<http://gbifdemo.utu.fi/>) a fourni de nombreux exemples de la manière dont les données primaires sur la biodiversité peuvent être effectivement utilisées, gérées, échangées et diffusées via Internet. Il a été réalisé pour le GBIF par l'Université de Turku en association avec l'Institut de Recherches Amazoniennes (IIAP). Le projet était divisé en quatre sections ou « tours ». Le Tour 1 traitait des distributions d'espèces néotropicales, le Tour 2 des inventaires des arbres de forêts tropicales humides, le Tour 3 des observations sur les plantes sub-arctiques et le Tour 4 de la planification de la gestion de la biodiversité.

En 2004, le GBIF a financé deux autres projets de Démonstration (<http://www.gbif.org>). Le premier est un projet basé en Australie visant à développer un outil utilisant l'Internet pour des analyses biogéographiques de l'endémisme et des distinctions taxonomiques. Le second projet est basé au Mexique et démontrera la faisabilité de l'estimation du taux de disparition de populations d'espèces via l'estimation des aires de distribution d'espèces associées à la végétation primaire sur la base de données primaires sur la biodiversité. Les deux utiliseront des données extraites du portail GBIF.

Les avantages de donner accès aux données d'occurrence d'espèces

De nombreux usages de données d'occurrence d'espèces décrits dans cet ouvrage ont exigé que l'utilisateur se déplace dans les institutions en charge des collections – les muséums, herbiers, etc. afin d'accéder à l'information, ou d'obtenir des identifications. Le personnel des muséums doivent mobiliser leur temps et leurs ressources pour identifier les matériels apportés par l'utilisateur (il peut y en avoir des centaines à des milliers chaque année pour certains collecteurs) (Suarez et Tsutsui 2004) ou pour préparer les données demandées. Des dépenses énormes sont ainsi engagées chaque année pour que les scientifiques visitent les collections ou pour que les muséums prêtent leurs spécimens aux chercheurs. Entre 1976 et 1986, la collection d'entomologie du Smithsonian a prêté, en moyenne, plus de 100.000 spécimens par an (Miller 1991) et, comme la plupart des grands muséums dans le monde, il accueille annuellement des centaines de chercheurs. Les institutions en charge des collections commencent à réaliser qu'elles peuvent économiser un temps et des ressources considérables en donnant accès sous forme numérique au plus de données possible. Un bon exemple est celui du Muséum et Jardin Botaniques de Berlin (Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem) dont le système de prêt a été complètement informatisé² (<http://ww2.bgbm.org/Herbarium/AccessLoanNew.cfm>). Cette approche libère des ressources, y compris souvent les taxonomistes et les chercheurs eux-mêmes, qui peuvent du coup consacrer plus de temps à la recherche fondamentale et à la gestion des collections, et moins à l'administration et à l'assistance aux chercheurs extérieurs. Toutefois, la numérisation des centaines de millions de spécimens détenus dans les muséums d'histoire naturelle n'est pas une mince affaire et il faudra des années, ou même des décennies, pour en venir à bout.

L'usage accru des données sur les espèces à travers les systèmes distribués fournira un climat qui permettra, entre autres :

- La consolidation de l'infrastructure et du contenu des collections dans les muséums, les herbiers, les jardins botaniques, les parcs zoologiques, les banques de gènes, etc. ;
- La réaffectation des ressources vers plus de recherche et une meilleure gestion ;
- Des progrès dans la normalisation, la qualité, la maintenance et l'organisation des grandes collections de biodiversité ;
- Une moindre manipulation des spécimens, et donc un allongement de leur durée de vie ;
- Une réduction des coûts d'expédition, d'assurance, etc. liés aux prêts et des transferts de spécimens entre institutions ;
- Le partage d'information entre institutions et entre chercheurs, y compris avec les pays où ont été récoltés les spécimens ;

² Communication personnelle, Anton Güntsch, BGBM 2005

- Un progrès accéléré de la connaissance sur la biodiversité, du fait de l'accès plus rapide à l'information par les chercheurs ;
- L'établissement de réseaux internationaux d'information sur la biodiversité entre institutions impliquées dans la recherche, la conservation, la génétique, la production, la gestion des ressources, le tourisme, etc. ;
- L'amélioration de la gestion et de la disponibilité des bases d'images, d'information cartographique, génétique, et autres, qui alimenteront la recherche sur la biodiversité ;
- L'amélioration de la gestion des aires de conservation à mesure que la connaissance sur la biodiversité devient plus accessible ;
- L'amélioration de l'évaluation de la représentativité des aires de conservation et des réserves naturelles existantes, et l'identification de zones prioritaires pour en établir de nouvelles ;
- Le développement de projets d'étude des problèmes affectant la conservation, tels que les effets de la fragmentation de l'habitat et du changement climatique sur la biodiversité ;
- L'amélioration des contrôles aux frontières et de la surveillance des déplacements dans le domaine des espèces menacées, des espèces nuisibles et des maladies, à mesure que les outils d'identification et la connaissance de la distribution des taxons s'améliorent ;
- La production et la diffusion de check-lists de tous les biotopes connus dans les aires de conservation, les régions, les Etats et pays, etc. ;
- La production accrue et plus efficace d'outils d'identification, de clés, de catalogues et de monographies (numériques ou imprimées) ;
- Des études et inventaires plus nombreux et améliorés pour identifier les vides d'information sur la biodiversité (dans les dimensions taxonomique et géographique) ;
- Le développement de projets de recherche visant à comprendre la distribution spatiale et temporelle des processus biologiques et des fonctions qui régissent la biodiversité ;
- Des études comparatives et rétrospectives pour estimer les pertes de biodiversité au sein des régions, habitats, écosystèmes, et au travers des frontières politiques et géographiques ;
- Etudes comparatives de l'impact sur l'environnement du changement climatique, de l'urbanisation, de l'agriculture, de la pêche, etc. et établissement de références pour l'évaluation et la mesure des impacts sur la biodiversité ;
- De nouvelles opportunités de bioprospection, et l'interconnexion de programmes ayant des centres d'intérêt liés ou similaires ;
- L'amélioration des savoir faire dans les domaines de la biodiversité et apparentés ;
- Le développement de métiers dans de nouveaux domaines de connaissance et à leurs interfaces, comme l'informatique pour la biodiversité, le traitement des images, et les systèmes d'information géographiques ;
- La production de matériels de formation améliorés, comme des guides de terrain, des clés d'identification, des bases d'images, et des contenus en ligne à destination des étudiants et enseignants ;
- De meilleurs guides et ressources d'information pour l'écotourisme ;
- Un rythme accéléré de publication en taxonomie à mesure que les chercheurs passent moins de temps à effectuer des identifications et à se procurer individuellement les données ;
- De meilleures relations avec les populations locales pour collecter, effectuer des recherches en écologies et procéder à des identification préliminaires en faisant appel à des parataxonomistes ;
- Le transfert d'une partie de la charge du tri et de l'identification préliminaire des récoltes, du très petit nombre de taxonomistes hautement qualifiés vers les techniciens qualifiés que sont les parataxonomistes ;
- Le développement de nouvelles sources de financement pour entretenir les collections ;
- Etc.

Taxonomie

Pendant des centaines d'années, les données d'occurrence d'espèces ont été utilisées dans les études taxonomiques et biogéographiques. Les données des muséums et des herbiers ont été surtout utilisées pour les déterminations et la description de nouveaux taxons. Les collections ont toutefois aussi été utilisées dans d'autres domaines, comme l'étude de la biologie de la pollinisation, des relations évolutives et de la phylogénie. Ces usages perdurent, et les utilisateurs ayant maintenant accès à des aires géographiques accrues, ils peuvent étendre ces études.

La recherche taxonomique

Il y a des milliers d'exemples de publications utilisant les données primaires d'occurrence d'espèces dans les domaines de la taxonomie et de l'élucidation de nouveaux taxons et des relations phylogénétiques. Les données sur les espèces dans les muséums sont au cœur de la taxonomie fondamentale – l'élucidation des nouveaux taxons et leur description. Il y a dans le monde environ 1,4 million de taxons déjà décrits (World Resources 1992) – presque tous fondés sur des spécimens de muséums ou d'herbiers. Un plus grand nombre reste à décrire, ce qui fait que l'un des usages fondamentaux des données d'occurrence d'espèces est la description et la classification des plantes, des animaux, des algues, des champignons, des virus, etc. Sans ces données, ce travail ne pourrait pas se poursuivre.

Des projets taxonomiques sont en cours pratiquement dans tous les muséums et herbiers dans le monde et produisent des publications dans les revues, des monographies et des publications électroniques.

Exemples :

- Biodiversity and Management and Utilisation of West African Fishes (en français Biodiversité, gestion et exploitation des poissons d'Afrique de l'Ouest) est un projet de l'ICLARM qui examine la taxonomie et la phylogénie des poissons du Ghana et d'autres Etats africains ;
- Cicadas of South-East Asia and the West Pacific (Cicadas d'Asie du Sud-Est et du Pacifique Ouest) – recherches conduites par l'Institut de recherche en biodiversité et dynamique des écosystèmes du Muséum zoologique d'Amsterdam (Duffels 2003) (<http://www.science.uva.nl/ZMA/entomology/CicadasSE.html>) ;
- La taxonomie des hippocampes exploités du Vietnam (Syngnathidae) (Lourie et al. 1999). (http://seahorse.fisheries.ubc.ca/pubs/Lourie_etal_vietnam.pdf).
- HymAToL – un projet visant à construire une analyse phylogénétique à grande échelle des Hymenoptera du monde, en contribution au projet Tree of Life (en français, l'Arbre de la Vie). (<http://www.hymatol.org/about.html>).
- Phylogeny (en français, Phylogénie). Un projet de l'Université de l'Alberta au Canada. (<http://www.deer.rr.ualberta.ca/library/phylogeny/Phylogeny.html>).

Index des noms et des taxons

Les données d'occurrence d'espèces ont été utilisées pour réaliser des listes de noms et de taxons qui sont utilisées d'une manière ou d'une autre par la plupart des projets cités au cours de cet ouvrage. De manière assez semblable à l'utilisation des dictionnaires et des thésauri pour les langues parlées et écrites, les index de noms et des taxons sont utilisés dans le langage de la biodiversité. Les institutions en charge des collections les utilisent comme références pour leurs bases de données, les taxonomistes les utilisent pour déterminer l'écriture correcte et le lieu original des publications, et les scientifiques et amateurs les utilisent pour trouver la manière correcte d'écrire un nom d'espèce, ses synonymes et d'autres informations. Ces index sont de forme variable : de simples listes de noms à

des listes détaillées incorporant l'information taxonomique, la synonymie, le lieu de publication, l'information sur les spécimens types, les références aux différents usages des noms (concepts taxonomiques), etc.

Exemples :

- Species 2000 (<http://www.species2000.org>) ;
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS : en français, Système intégré d'information taxonomique) (<http://www.itis.usda.gov/>) ;
- International Plant Name Index (IPNI : en français, Index international des noms de plantes) (<http://www.ipni.org/index/html>) ;
- Electronic Catalogue of Names of Known Organisms (ECat : en français, Catalogue électronique des noms d'organismes connus) programme du GBIF (<http://www.gbif.org/prog/ecat>) ;
- Universal Biodiversity Indexer and Organiser (UBio : en français, Indexeur et organisateur universel de la biodiversité) (<http://www.ubio.org/>) ;
- Index Fungorum (en français, Index des champignons) (<http://www.indexfungorum.org/>) ;
- Index of Viruses (en français, Index des virus) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ICTVdb/Ictv/index.htm>) ;
- Taxonomic Search Engine (TSE : en français, Moteur de recherche taxonomique) (<http://darwin.zoology.gla.ac.uk/~rpage/portal/>) ;
- Nomenclator Zoologicus (en français, gestionnaire de nomenclature zoologique) (<http://uio.mbl.edu/NomenclatorZoologicus/>) ;
- Global Lepidoptera Names Index (en français, Index global des noms de lépidoptères) (<http://www.nhm.ac.uk/entomology/lepindex/>) ;
- Tropicos (base de données du Missouri Botanical Garden, en français, Jardin botanique du Missouri) (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>) ;
- Gray Card Index of Harvard university (littéralement en français, Index des cartes grises de l'Université de Harvard) (<http://www.huh.harvard.edu/databases/>).

Flores et faunes

La publication de Flores et Faunes est l'un des premiers produits de la recherche taxonomique, et leur développement est largement favorisé par l'accès en ligne aux données d'occurrence d'espèces. La plupart des Flores et Faunes publiées incluent l'information de localisation, et le très souvent une simple carte de distribution. Traditionnellement, ces cartes étaient dessinées à la main, et restaient ensuite figées sans accès à la totalité des spécimens disponibles. Avec les systèmes distribués comme le portail GBIF, et l'utilisation de simples SIG, ces cartes peuvent maintenant être produites rapidement et facilement, et en ayant accès à de plus en plus de spécimens, ont plus de chance de couvrir la totalité de la distribution.

Exemples :

- Flore de l'Australie en ligne (ABRS, Canberra) (<http://www.deh.gov.au/biodiversity/abrs/online-resources/abif/flora/main/>) ;
- Faune de Nouvelle Zélande (Manaaki Whenua Landcare Research) (<http://www.landcareresearch.co.nz/research/biodiversity/invertebratesprog/faunaofnz/>) ;
- Faune d'Italie (FaunaItalia) (<http://faunaitalia.it/index.htm>) ;
- Flore des phanérogames de l'Etat de São Paulo (Phanerogamic Flora of the State of São Paulo, Brésil) (<http://www.cria.org.br/flora/>).

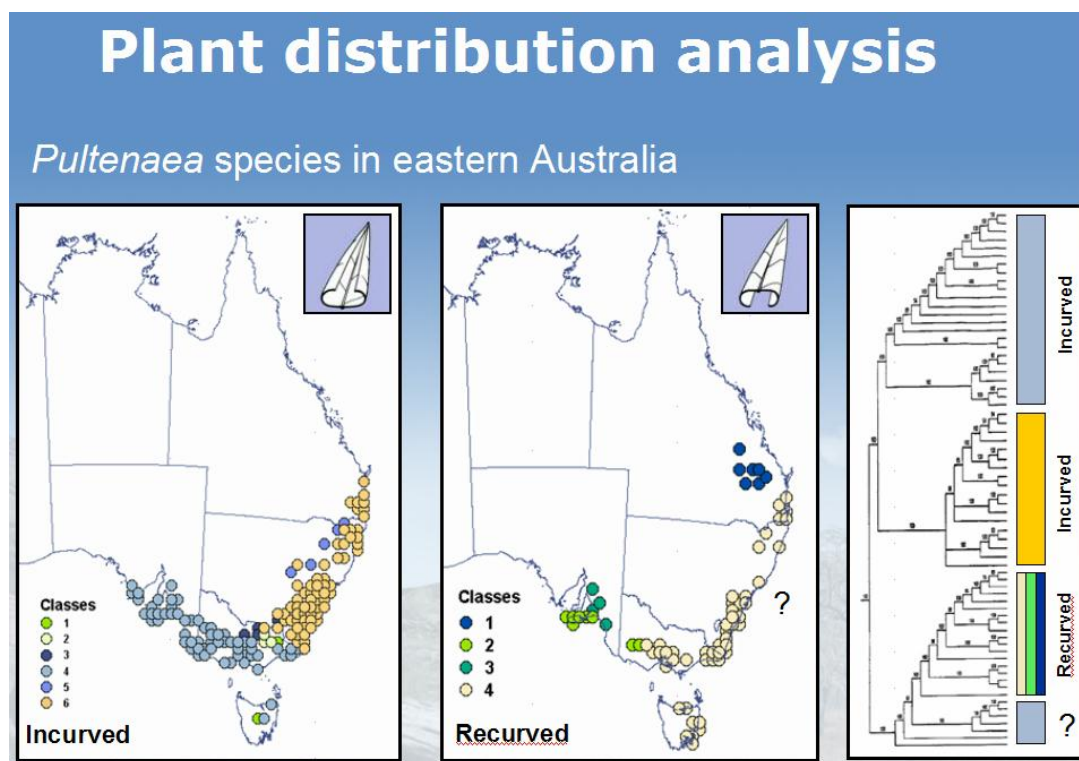


Fig. 1. Information phylogénétique des espèces de *Pultenaea* en Australie montrant les motifs géographiques liés à la morphologie des feuilles. Les groupes phylogénétiques ont été déterminés à l'aide d'une analyse en cluster à partir des enregistrements d'herbiers avec des hypothèses d'affinité reposant sur la morphologie des feuilles et le cladogramme phylogénétique dérivé des données moléculaires (à droite). Les données furent collationnées via l'herbier virtuel australien (Australian Virtual Herbarium : AVH) (CHAH 2002). Image extraite de West et Whitbread (2004) avec la permission des auteurs.

La disponibilité des coordonnées géographiques fournies par de nombreuses institutions en charge de collections permet maintenant des études plus rapides et plus détaillées, par exemple en examinant les différences liées à la provenance, la localisation de spécimens ayant des caractéristiques différentes (par exemple en étudiant la variation de la longueur des feuilles selon la localisation), et la cartographie des différents concepts taxonomiques. Nombre des produits mentionnés ci-dessous (Flores, Faunes, guides de terrain, etc.) sont les résultats visibles de la recherche taxonomique fondamentale.

Exemples :

- Un projet du Centre de recherche sur la diversité des plantes, en Australie, établit la distribution spatiale selon la morphologie des feuilles dans des groupes phylogénétiques du genre *Pultenaea* (figure 1). Les groupes ont été identifiés sur la base de la morphologie foliaire et d'un cladogramme phylogénétique fondé sur des données moléculaires (Bickford *et al.* 2004, West et Whitbread 2004).
- Un autre projet du même Centre utilise des données fournies par 8 herbiers australiens via l'herbier virtuel d'Australie (CHAH 2002) pour tracer les distributions spatiales liées aux différents concepts taxonomiques (West et Whitbread 2004).

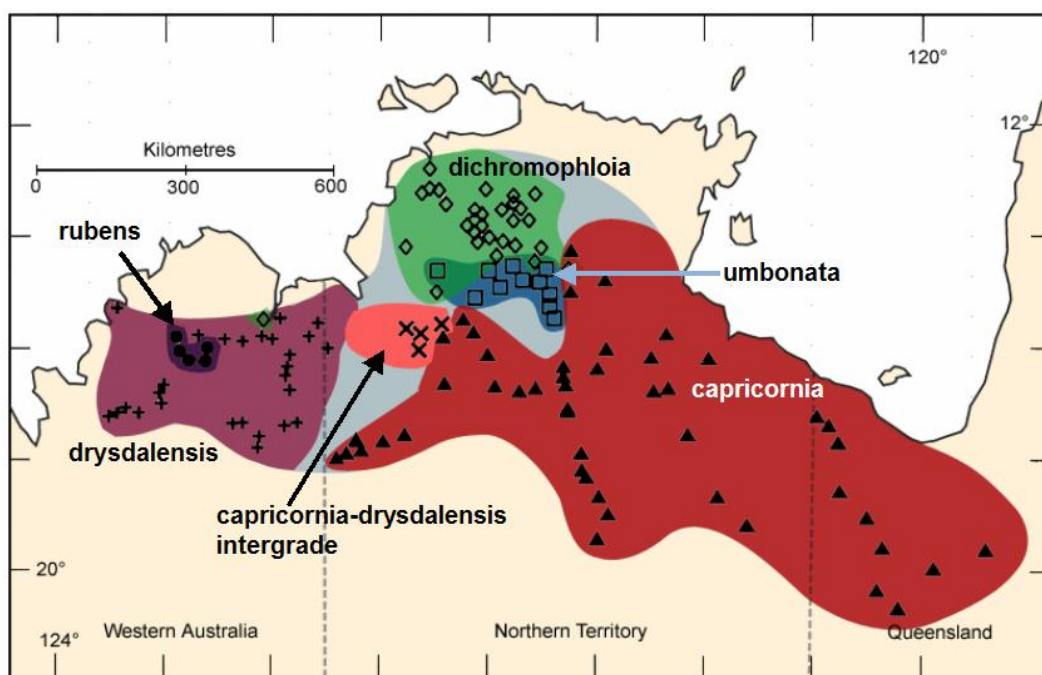


Fig. 2. Carte montrant les différentes interprétations d'un groupe d'espèces au sein du genre *Corymbia* (qui faisait auparavant partie du genre *Eucalyptus*). Différents concepts taxonomiques d'experts proposent *C. umbonata* et *C. dichromophloia* comme couvrant la distribution totale du groupe comme indiqué sur la figure, à la différence d'un autre concept qui interprète *C. dichromophloia* dans un sens plus étroit et reconnaît un certain nombre d'autres espèces cartographiées sur la figure. Image extraite de West et Whitbread (2004) avec la permission des auteurs.

Guides de terrain

La plupart des guides de terrain contiennent des cartes de distribution des espèces traitées. Là encore, comme les Flores et les Faunes, ceux-ci ont traditionnellement contenu des cartes dessinées à la main à partir de ce que connaît l'auteur sur les espèces. La disponibilité de données distribuées sur les espèces rend la production de cartes et l'inclusion d'information sur la distribution plus facile et plus précise.

Exemples :

- Oiseaux d'Argentine et d'Uruguay, un guide de terrain (Narotsky et Yzurueta 2003) ;
- Réseaux d'enregistrement de libellules (<http://www.searchnbn.net/organisation/organisation.jsp?orgKey=6>) ;
- Catalogue des espèces du genre annélide Polychaetes de la côte brésilienne (Amaral et Nallin 2004) ;
- Papillons d'Amérique du Nord (<http://www.npwrc.usgs.gov/resource/distr/lepid/bflyusa/bflyusa.htm>) ;
- Papillons d'Australie (Braby 2000) ;
- Tour 2 du projet de démonstration 2003 du GBIF : accès aux inventaires multi-auteurs de la forêt tropicale humide (<http://gbifdemo.utu.fi/>) ;
- BumblebeeID (en français, l'identification du bourdon) – identifier les espèces britanniques par les motifs de couleur. (http://www.nhm.ac.uk/entomology/bombus/_key_colour_british/ck_widespread.html).

Ressources numériques intégrées

Le développement des bases de données sur les caractères, les clés interactives, et les images numériques, parallèlement à l'arrivée des CD-ROMs et des DVDs a conduit au développement d'un certain nombre de ressources numériques intégrées.

Exemples :

- PoliKey (une clé interactive et un système d'information pour les familles de polychaete et les taxons supérieurs) (Glasby et Fauchald 2003) ;
- Publications du Centre d'expertise sur l'identification taxonomique (en anglais, Expert Centre for Taxonomic Identification : ETI) utilisant le logiciel Linnaeus II (Shalk et Heijman 1996) :
 - Un index interactif des CD produits avec Linnaeus est disponible en ligne à : <http://www.eti.uva.nl/Products/Search.html> ; en voici quelques exemples :
 - Catalogue des Chalcicoidea du monde,
 - Oiseaux d'Europe,
 - Crabes du Japon,
 - Davalliaceae,
 - Faune de Malaisie,
 - Poissons de l'Atlantique Nord Est et de la Méditerranée,
 - Arthropodes d'importance économique,
 - Chauves souris du sous continent indien,
 - Clé des insectes du coton.
- Publications utilisant le logiciel Lucid (Université du Queensland 2004) :
 - Un index interactif des produits Lucid est disponible en ligne à <http://www.lucidcentral.com/keys/keysearch.aspx> (recherche taxonomique, géographique, et autres). En voici quelques exemples :
 - Clé des espèces communes du genre *Chilocorus* d'Inde (J. Poorani) : un genre d'importance économique de coccinelle,
 - Clé des genres du monde des parasitoïdes de la famille Eulophidae (Hyménoptères) des mangeurs de feuilles³ de la famille Agromyzidae (Diptères),
 - Clé des ordres d'insectes,
 - Thrips nuisibles du monde.
- Publications utilisant le langage Delta and le logiciel IntKey (Dalwitz et Paine 1986) :
 - Un index interactif des publication en Delta et IntKey est disponible en ligne à l'adresse <http://biodiversity.bio.uno.edu/delta/www/data.htm> ; en voici quelques exemples :
 - Familles de coléoptères Elateroformia (adultes et larves traités séparément). Caractères et descriptions téléchargeables pour être utilisés avec le programme IntKey,
 - Braconidae (Hyménoptères) du Nouveau Monde – sous familles, genres et espèces,
 - Caractères et descriptions au format IntKey téléchargeables en anglais et espagnol,
 - Bois commerciaux (en anglais, allemand, français et espagnol),
 - Familles de Polychaete et taxons supérieurs.
- Publications utilisant le logiciel d'édition XID (<http://www.exetersoftware.com/cat/xid.html>) :

³ « Leafmining » dans le texte original en anglais (NdT)

- Mauvaises herbes d'Amérique du Nord : une référence assez complète pour l'identification des mauvaises herbes d'Amérique du Nord sur CD, elle contient 140 herbacées et 860 feuillus.
- Publications sur CD du programme australien d'étude des ressources biologiques (en anglais Australian Biological resources Study : ABRS) et du Centre de recherche sur la diversité des plantes en Australie, qui ont été essentiellement produits avec Lucid (Université du Queensland 2004). En voici quelques exemples, accessibles à l'adresse <http://www.deh.gov.au/biodiversity/abrs/publications/cds/index/html> :
 - o Acacias d'Australie,
 - o Mites du sol,
 - o AusGrass,
 - o Araignées d'Australie,
 - o Arbres et buissons de forêt tropicale humide d'Australie (http://www.anbg.gov.au/cpbr/cd-keys/rainforest-key/home_page.html), et
 - o Eucalyptus d'Australie du Sud : <http://www.anbg.gov.au/cpbr/cd-keys/Euclid>.

Checklists et inventaires

Checklists des espèces présentes dans des régions, des parcs nationaux, etc. peuvent maintenant être produites presque automatiquement, et entretenues par des systèmes d'information distribuée. C'est probablement là l'un des moins utilisés, mais des usages les plus puissants d'un système distribué.

Exemples :

- Checklist des espèces d'amphibiens et guide d'identification. Un guide en ligne pour l'identification des amphibiens d'Amérique du Nord, au Nord du Mexique. (<http://www.npwrc.usgs.gov/narcam/idguide/>) ;
- Une checklist des fourmis du Michigan (<http://insects.ummz.lsa.umich.edu/fauna/MICHANTS.html>) ;
- Checklist des amphibiens et reptiles de Rara Avis, Costa Rica (<http://www.rara-avis.com/herplist.htm>) ;
- Checklist et distribution des hépatiques et des anthocérotes de l'Afrique sub-saharienne, incluant les îles d'Afrique de l'Est (<http://www.oshea.demon.co.uk/tbr/tbrr3.htm>) ;
- L'« Audit » des mammifères australiens (Australian Mammal Audit) (McKenzie et Burbridge 2002) a fait partie d'un audit (contrôle, inventaire) de la biodiversité australienne (http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation/docs/national/FINAL_MAMMAL_REPORT.doc).

Bases d'images

L'usage de bases d'images, surtout celles des spécimens types, réduit le risque d'abîmer les collections d'histoire naturelle puisque les taxonomistes utilisent alors les images des spécimens, ou le contenu des étiquettes, plutôt que d'emprunter les spécimens.

Exemples :

- Catalogue des types de plantes vasculaires du Jardin botanique de New York : <http://www.nybg.org/bsci/hcol/vasc/Acanthaceae.html> ;
- Bibliothèque d'images de parasites : http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/HTML/Image_Library.htm ;
- Images des étiquettes de spécimens du Muséum d'Histoire Naturelle de Londres : <http://atiniui.nhm.org/gallery/album33> ;

Phylogénies

L'étude des phylogénies, ou des arbres de l'évolution, est favorisée par l'utilisation des données primaires d'occurrence d'espèces.

Exemples :

- L'Arbre de la Vie (Tree of Life) : un projet collaboratif s'appuyant sur l'Internet et contenant de l'information sur la phylogénie et la biodiversité (<http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>) ;
- L'étude des motifs phylogénétiques dans les groupes du genre *Pultenaea* (figure 1) (Bickford *et al.* 2004).

Parataxonomie

Les parataxonomistes sont habitués dans nombre de pays en développement à effectuer le tri préliminaire des spécimens. Ces parataxonomistes ont besoin pour travailler efficacement de disposer de bonnes données sur les occurrences d'espèces.

Exemples :

- Il a été fait largement appel à des parataxonomistes dans l'aire de conservation du Guanacaste au Costa Rica (Janzen *et al.* 1993) (<http://www.unep-wcmc.org/forest/restoration/docs/CostaRica.pdf>) ;
- On fait actuellement appel à des taxonomistes pour conduire des inventaires biologiques au Centre de recherche de Binatang en Nouvelle Guinée : <http://www.entu.cas.cz/png/parataxonomists.htm>.

Outils d'identification automatisée

Des outils d'identification automatisée mettant en œuvre des techniques de reconnaissance de motifs (« pattern recognition » en anglais), d'agglomération (« clustering » en anglais), de classement ou des réseaux neuronaux sont actuellement testés sur des insectes, des oiseaux et des grenouilles.

Exemples :

- En Allemagne, des abeilles sont identifiées à l'aide de techniques de reconnaissance de motifs avec le logiciel d'« Identification automatisée d'abeilles » (en anglais « Automatic Bee Identification Software » : ABIS) : http://www.informatik.uni-bonn.de/projects/ABIS/ABIS_Contact.html ;
- Au Japon, des cigales et des criquets ont été identifiés à l'aide de magnétophones et d'une reconnaissance de leurs sons spécifiques par le système d'Identification bioacoustique intelligente (en anglais « Intelligent Bioacoustic Identification System » : IBIS) : <http://www.elec.york.ac.uk/intsys/users/ijf101/research/acoustics/grasshoppers.shtml> ;
- En Grande Bretagne, le système IBIS est actuellement utilisé sur des chauves souris (<http://www.elec.york.ac.uk/intsys/users/ijf101/research/acoustics/bats.shtml>), ainsi que pour déterminer sous terre l'occupation des terriers de blaireaux (<http://www.elec.york.ac.uk/intsys/users/ijf101/research/acoustics/badgers.shtml>) ;
- En Finlande, des outils d'identification sont développés à base d'analyse fréquentielle des cris d'oiseaux (Härmä 2003).

Etudes biogéographiques

Les collections d'histoire naturelle archivent de manière unique et irremplaçable l'histoire naturelle et culturelle de notre monde. Beaucoup des spécimens et des données associées furent récoltés avant les modifications majeures du paysage et sont donc irremplaçables (Chapman 1999, Page *et al.* 2004). De fait, les collections constituent la base de données fondamentale sur l'évolution des paysages et de la configuration des distributions d'espèces (Page *et al.* 2004).

Il y a des centaines, si ce n'est des milliers, d'études biogéographiques qui utilisent des données d'occurrence d'espèces. Certaines utilisent de simples distributions selon un maillage, d'autres font le lien avec les couches de données environnementales comme le climat et la géologie au moyen d'outils de modélisation environnementale, d'autres encore examinent diverses combinaisons pour développer des indices de densité et d'endémisme, d'abondance relative, etc. Tous ces projets bénéficient de la possibilité d'accéder de manière distribuée aux données provenant de multiples institutions. Des exemples seront présentés ci-dessous en détail.

L'utilisation de logiciels de modélisation environnementale comme BIOCLIM (Nix 1986, Busby 1991), GARP (Stockwell et Peters 1999, Pereira 2002), et des méthodes comme GLM (Austin 2002), GAM (Hastie et Tibshirani 1990), des arbres de décision (Breitman 1984), et des réseaux de neurones (Fitzgerald et Lees 1992), etc. pour relier des localisations individuelles de plantes de d'animaux aux critères environnementaux comme le climat pour produire des cartes de distribution potentielle existent depuis plus de 20 ans. Du fait de l'échelle des couches environnementales disponibles à l'époque, certaines des études anciennes considéraient des distributions à grande échelle de groupes de plantes ou d'animaux, comme celles des serpents venimeux de la famille des Elapidae (Longmore 1986), ou plus précisément sur une espèce comme *Nothofagus cunninghamii* (Busby 1984). Du fait de la nature du logiciel disponible à l'époque, et de la rareté des couches environnementales de bonne qualité, ces études étaient lentes et prenaient des mois pour produire un modèle pour une seule espèce, et elles étaient souvent conduites à une échelle qui ne permettait de tirer que des conclusions très générales. Le développement de nouveaux logiciels et l'amélioration considérable des couches environnementales (Hijmans *et al.* 2004) ont fait que des modèles peuvent maintenant être produits en un temps limité, permettant des études plus intensives de chaque espèce, ou des études couvrant un nombre beaucoup plus grand d'espèces. Il faut cependant prendre des précautions en utilisant l'une ou l'autre de ces méthodes de modélisation, et il vaut mieux demander conseil aux experts avant de les utiliser afin de s'assurer que le bon modèle est utilisé sur les bonnes données, etc. (Chapman *et al.* 2005).

Atlas de distribution

Les usages traditionnels des données primaires géo-référencées sur les espèces consistaient à développer des cartes de distribution d'espèces et à réaliser des atlas de distribution. Dans le passé, ces cartes indiquaient la présence ou l'absence d'une espèce sur un maillage géographique, avec des mailles de 5 km à 2,5 degrés, ou dans une région biogéographique. Beaucoup ne sont pas disponibles sous forme numérique.

Exemples de cartographie par mailles ou régions :

- Atlas des oiseaux du Conté de Fife en Ecosse (mailles de 2km) : http://www.the-soc.fsnet.co.uk/fife_bird_atlas.htm ;
- Atlas de la flore de Grande Bretagne (Perring et Walters 1962) (mailles de 10 km) ;
- Atlas du millenium des papillons de Grande Bretagne et d'Irlande (Asher *et al.* 2001) (mailles de 10 km) ;
- Atlas résumé de l'herpéto-faune de l'Ontario (mailles de 10 km) : <http://www.mnr.gov.on.ca/MNR/nhic/herps/about.html> ;
- L'introduction et l'expansion en Amérique du Nord du longicorne d'Asie sont actuellement étudiées à l'aide d'une analyse biogéographique : <http://www.uvm.edu/albeetle/> et Peterson *et*

al. (2004)

http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/PSH_AMN_2004.pdf ;

- Atlas des oiseaux d'Australie (1^{ère} édition) (Blakers *et al.* 1984) (mailles de 10 minutes d'arc) ;
- Atlas de la flore européenne (mailles de 50 km) : <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/ibc99/IDB/afe.html> ;
- Recensement des plantes vasculaires d'Australie (Hnatiuk 1990) (97 régions biogéographiques couvrant toute l'Australie) ;
- Papillons de nuit d'Amérique du Nord (Contés et Etats) : <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/distr/lepid/moths/mothsusa.htm>.

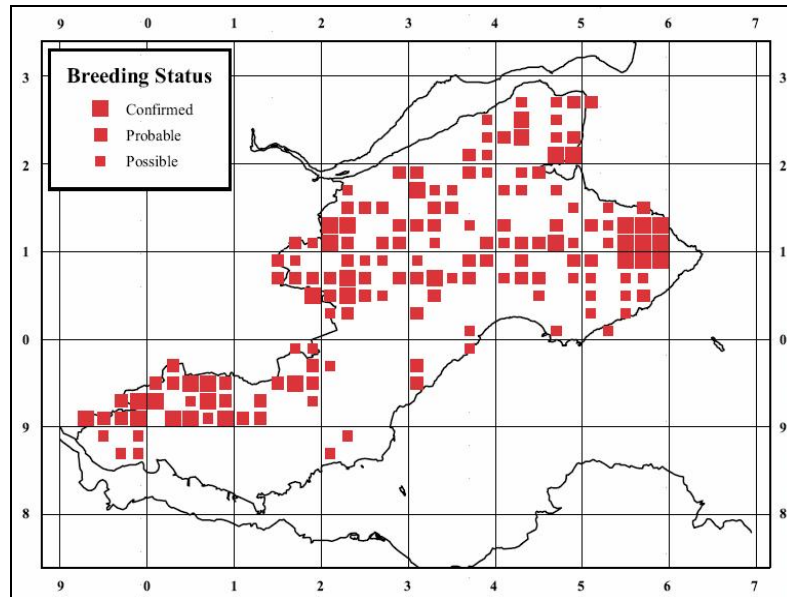


Fig. 3. Distribution du courlis d'Eurasie (*Numenius arquata*) dans le Conté de Fife en Ecosse, extrait de l'Atlas des oiseaux du conté de Fife (Elkins *et al.* 2003) utilisant des mailles de 2 km. Carte reproduite avec l'autorisation des auteurs.

Beaucoup des premiers atlas de distribution d'espèces étaient réalisés à la main, et souvent sans procéder à un géo-référencement complet. Ces cartographies de distribution dans un maillage pouvaient être réalisées sans l'aide des SIG et étaient faciles) enregistrer comme des simples présences ou absence dans chaque maille. L'usage des recherches de données distribuées et les Systèmes d'Information Géographique (SIG) permet maintenant de produire des cartes de distribution et des atlas beaucoup plus précis et avec une meilleure présentation, et a facilité la cartographie des enregistrements individuels de spécimens.

Exemples de cartographie d'enregistrements individuels :

- Atlas des serpents de la famille des Elapidae d'Australie (Longmore 1986) ;
- Projet d'Atlas des espèces du genre *Protea* (Afrique du Sud) : <http://protea.worldonline.co.za/default.htm> ;
- Nouvel atlas des oiseaux d'Australie : <http://www.birdsaustralia.com.au/atlas> ;
- Tour 1 du projet de démonstration 2003 du GBIF : Fiabilité et cohérence des distributions des espèces néotropicales (<http://gbifdemo.utu.fi>) ;
- Atlas des oiseaux du Mexique (Navarro *et al.* 2003).

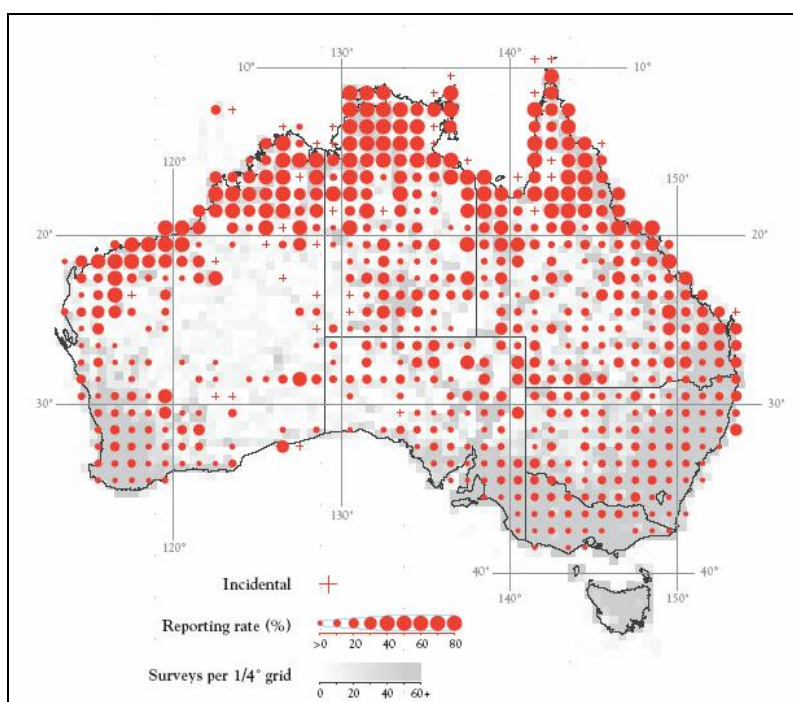


Fig. 4. Distribution du Guêpier arc-en-ciel extrait du *Nouvel atlas des oiseaux d'Australie* (Barrett et al. 2003). Les enregistrements sont inscrits sous forme de points cumulés cartographiés sur un maillage de 1 degré d'arc (en rouge) ainsi que sur un maillage de 0,25 degré (en gris).

Modélisation de la distribution d'espèces

Au milieu des années 80, le concept de modélisation environnementale de la distribution d'espèces utilisant des données environnementales comme le climat a commencé à devenir possible avec le développement de logiciels comme BIOCLIM (Nix 1986, Busby 1991). Depuis, beaucoup de nouvelles méthodes et de nouveaux programmes ont été développés, comme les Modèles linéaires généralisés (Generalised Linear Models : GLM) (Austin 2002), les Modèles additifs généralisés (Generalised Additive Models : GAM) (Hastie et Tibshirani 1990), l'Algorithme génétique de règles de production (Genetic Algorithm for Rule-set Production : GARP) (Stockwell et Peters 1999, Pereira 2002), DOMAIN (Carpenter *et al.* 1993) et beaucoup, beaucoup d'autres. Ces programmes fonctionnaient en local en monoposte, mais l'avènement de la Toile Mondiale (World Wide Web) en 1994 a suscité le développement d'une modélisation sur l'Internet – d'abord avec BIOCLIM et GARP (Boston et Stockwell 1995), et plus tard avec de nouvelles versions de ces programmes et d'autres.

Le développement de ces techniques de modélisation a ouvert la voie à de nombreux autres usages des données primaires d'occurrence d'espèces. L'un des principaux inconvénients de ces données est qu'elles sont sommaires et lacunaires, et la mise en œuvre de modèles permet de combler les trous dans la connaissance de la distribution des espèces. De nombreux projets utilisent maintenant des techniques de modélisation pour déterminer les distributions potentielles d'espèces dans les conditions climatiques actuelles selon diverses contraintes, et dans des conditions altérées par le changement climatique, ainsi que dans les conditions qui ont prévalu dans les époques passées. Certains de ces usages seront couverts plus loin dans le cadre de thèmes plus spécifiques, mais en voici déjà quelques exemples.

- Atlas des serpents de la famille des Elapidae d'Australie (BIOCLIM) (Longmore 1986) ;
- Atlas des vertébrés endémiques de la zone tropicale humide d'Australie (BIOCLIM) (Nix et Switzer 1991) ;

- Utilisation des gradients environnementaux dans la modélisation de la végétation et de la faune (GLM) (Austin 2002) ;
- Distribution potentielle de *Anoplophora glabripennis* (Longicorne d'Asie) en Amérique du Nord (GARP) (Peterson *et al.* 2004) ;
- Prédire les distributions des oiseaux du Mexique (GARP) (Peterson *et al.* 2002b) ;
- En Afrique, les habitats de la mouche tsé-tsé ont été modélisés à partir de données d'occurrence et de données de télédétection sur la végétation (Robinson *et al.* 1997).

Atlas des serpents de la famille des Elapidae d'Australie

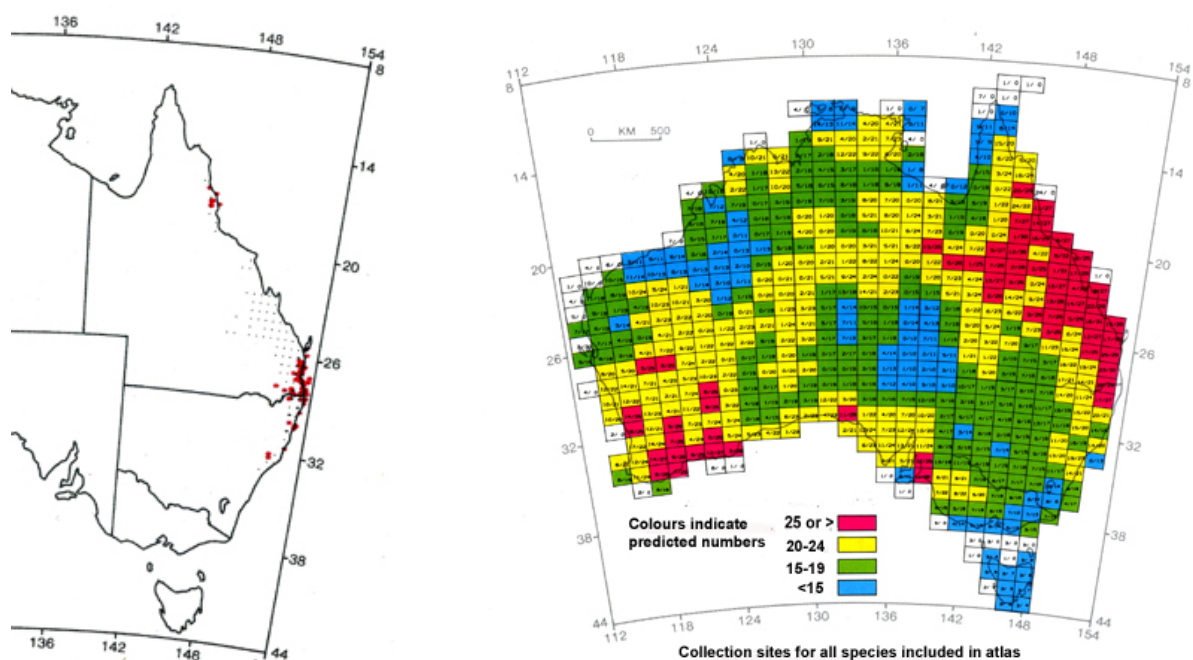


Fig. 5. Image de gauche – distribution potentielle de *Tropidechis carinatis* en Australie. Les étoiles rouges indiquent les spécimens connus, les points montrent la distribution modélisée. L'image de droite montre les nombres d'espèces prédits dans chaque maille de 1° x 1,5°. Extrait de Longmore (1986) avec la permission de l'Etude des ressources biologiques d'Australie.

L'Atlas des serpents de la famille des Elapidae (Longmore 1986) résulte d'un projet pilote conduit avec le Muséum australien en 1982 pour examiner les utilisations des données primaires géo-référencées d'espèces. En 1983, le Bureau australien de la flore et de la faune (maintenant l'Etude des ressources biologiques d'Australie), décida qu'il gaspillait ses ressources en finançant la collecte de nouveaux enregistrements d'espèces sans avoir d'abord utilisé les données déjà présentes dans les muséums. Les données de 17.000 enregistrements furent donc récupérées dans tous les grands muséums australiens, puis intégrées et modélisées à l'aide du logiciel de modélisation bioclimatique BIOCLIM (Nix 1986, Busby 1991). Beaucoup de ces données étaient dans un mauvais état de conservation et demandèrent un gros effort de validation et de nettoyage avant de pouvoir être utilisées. L'Atlas contient des cartes de toutes les 77 espèces de serpents venimeux terrestres à crochets avancés (la famille des Elapidae) en Australie et a été l'une des premières tentatives de rassembler, géo-référencer et documenter tous les enregistrements relatifs à un groupe d'animaux à des fins d'étude biogéographique. Le projet a aussi vu la première publication détaillée d'un logiciel, BIOCLIM (Nix 1986). Les couches environnementales utilisées en modélisation bioclimatique étaient encore très primitives. Douze paramètres climatiques furent utilisés à une échelle de résolution de 0,5 degré. Les données d'espèces furent géo-référencées aussi précisément

que possible, et l'altitude déterminée à 50 m près. Les espèces furent modélisées en utilisant les centiles de rang 5 à 95 et 100, et cartographiées à l'échelle du continent (figure 5).

Prédire de nouvelles distributions d'espèces

En utilisant des données d'occurrence d'espèces conjointement avec des outils de modélisation d'espèces, il est possible d'identifier d'autres localisations des espèces. Dans d'autres cas, la modélisation d'espèces a identifié des disjonctions dans les profils climatiques qui ont indiqué que deux espèces étaient présentes là où une seule était connue auparavant.

Exemples :

- Des collections de muséums, complétées par des données d'inventaire ont été utilisées pour prédire la diversité des reptiles à Madagascar et ont permis de prédire avec succès la localisation de nouvelles espèces de caméléon (Raxworthy *et al.* 2003) ;
- En Australie, de nouvelles localisations de l'espèce rare *Leptospermum* (Myrtaceae) furent identifiées à l'aide d'une modélisation d'espèce (Lyne 1993) :
<http://www.anbg.gov.au/projects/leptospermum/leptospermum-namadgienses.html>.

Etudier le déclin d'espèces

En utilisant la localisation et la date de collecte des données primaires, on peut comprendre le déclin d'espèces au cours du temps.

Exemples :

- AmphibiaWeb (Wake 2004) : <http://amphibiaweb.org> ;
- Les contaminants, facteur contribuant au déclin des espèces, bases de données du Centre de recherche sur les espèces sauvages de la région de Patuxent :
<http://www.pwrc.usgs.gov/pattee/select.htm> ;
- L'Index de la liste rouge a développé un outil de mesure globale des tendances en matière de statut de la biodiversité (Butchart *et al.* 2004) :
http://www.birdlife.org/print.html?url=%2Fnews%2Fpr%2F2004%2F10%2Fred_list_indices.html ;
- L'évaluation de la biodiversité terrestre australienne, incluse dans l'Atlas des ressources naturelles australiennes version 2.0 :
http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation_frame.cfm?region_type=AUS®ion_code=AUS&info=bio_asses.

Diversité spécifique et populations

L'étude de la diversité spécifique, de la densité et de la richesse en espèces, est une discipline grandement aidée par l'accroissement de la disponibilité des données d'occurrence d'espèces. Dans le passé, ce type d'étude prenait des mois, si ce n'est des années, de collecte de données et de préparation, et se concentrait habituellement sur les données issues d'un petit nombre de muséums et d'herbiers : elles couvraient donc rarement la totalité des données. Cette disponibilité nouvelle des données via des systèmes distribués entraîne le développement de nouveaux outils pour faire face au volume croissant de données accessibles et pour accélérer leur analyse et les évaluations qui en découlent. D'où un gain d'efficacité dans l'utilisation des données tant dans l'évaluation de la biodiversité et de sa conservation, que dans l'élaboration des plans régionaux de gestion.

La disponibilité accrue des données permet d'améliorer la modélisation et l'estimation de la distribution des cortèges d'espèces et des populations, et partant, de mieux comprendre le comportement des espèces et leurs interactions avec leur environnement. Ceci permet de mieux gérer les populations, et de mieux comprendre les menaces sur les espèces et les communautés. Cette meilleure compréhension, par exemple, permet maintenant à l'Australie de lister aussi bien les communautés écologiques, que les espèces menacées (DEH, 2000, 2004).

Diversité, richesse et densité d'espèces

L'étude de la richesse en espèces, de leur densité et de leur abondance, ainsi que l'identification de centres d'endémisme, ont été des domaines clés de recherche en biodiversité dans les vingt dernières années. Plus récemment, ils ont été intégrés dans l'évaluation et la programmation de la conservation et dans la protection des espèces. Dans de nombreux cas, la diversité et la richesse en espèces ont été utilisées comme mesures de la biodiversité.

Outils relatifs à la richesse spécifique

De nouveaux outils sont actuellement développés pour appuyer l'évaluation de la richesse spécifique et du degré d'endémisme des espèces, et la programmation pour évaluer les politiques de conservation.

Exemples :

- Le projet « WorldMap » (en français, Carte mondiale) utilise des données de distribution d'espèces pour produire des cartes de richesse spécifique, qui peuvent être à leur tour utilisées pour alimenter d'autres analyses (Williams et al. 1996) : <http://www.nhm.ac.uk/science/projects/worldmap/index.html> ;
- L'Outil d'évaluation du patrimoine australien (en anglais « Australian Heritage Assessment Tool »), en cours de développement au Département australien de l'Environnement et du Patrimoine, peut générer rapidement des cartes de richesse et d'endémisme pour un large éventail de la biodiversité australienne -plantes, vertébrés et invertébrés- à l'aide d'une interface facile à utiliser (figure 4) ;
- Des outils d'analyse de configurations spatiales comme PATN (Belbin 1994) peuvent être utilisés pour identifier des configurations particulières dans la diversité et l'endémisme des espèces : <http://www.patn.com.au> ;
- EstimateS est un autre progiciel pour l'estimation de la richesse spécifique (Colwell 2000) : <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> ;
- Bibliographie sur la richesse spécifique : <http://www.okstate.edu/artsci/botany/ecology/richness.htm> ;

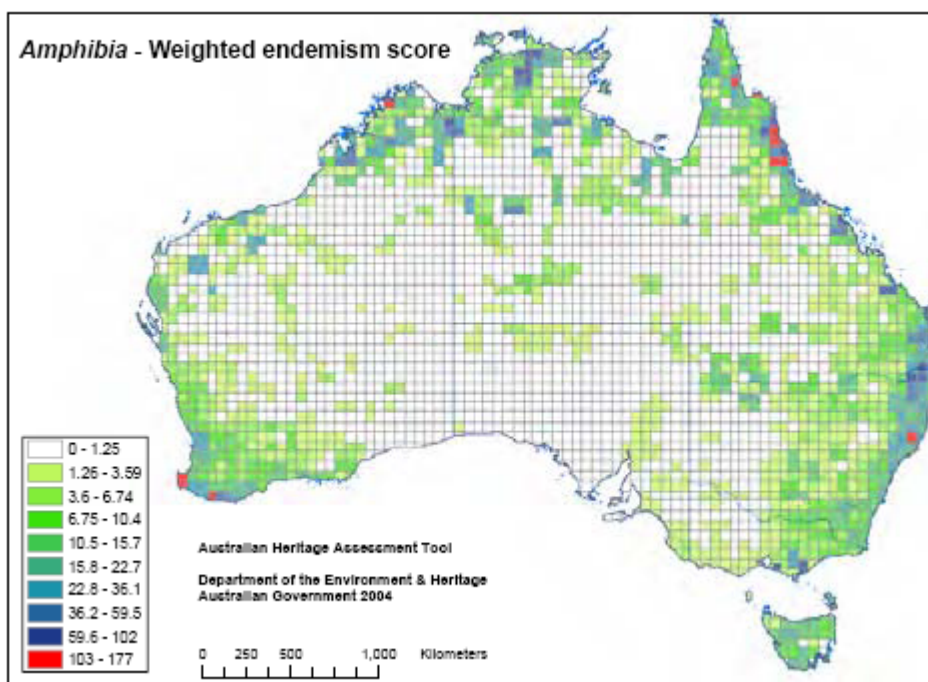


Fig. 6. Endémisme des grenouilles australiennes : les zones de fort endémisme sont soulignées en rouge. Image produite avec l'outil d'analyse du patrimoine australien, publiée avec la permission de Cameron Slatyer et Dan Rosauer, du Département australien de l'Environnement et du Patrimoine, 2004.

Points chauds de biodiversité

Les points chauds de biodiversité, ou centres d'endémisme, sont considérés comme les zones les plus riches biologiquement dans le monde et les plus importantes pour la conservation (Mittermeier *et al.* 2000). Conservation International a conduit un programme d'évaluation de ces zones les plus riches en biodiversité.

Exemples :

- Conservation International identifie les 25 zones riches en biodiversité les plus menacées dans le monde (Myers *et al.* 2000) : <http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/> ;
- Les zones d'oiseaux endémiques du monde, de Birdlife International (Stattersfield *et al.* 1998) : http://www.birdlife.net/action/science/endemic_bird_areas/ ;
- Points chauds de biodiversité d'Australie : <http://xxx.deh.gov.au/biodiversity/hotspots/index.html> ;
- L'Atlas du millenium des papillons cartographie la richesse spécifique des papillons sur le territoire du Royaume Uni : <http://www.butterfly-conservation.org/index.html?/bnm/atlas/index.html>.

Configurations spatiales de la richesse spécifique

Des études de la richesse spécifique sont conduites, de la taille d'une communauté végétale à l'échelle globale. La plupart de ces études ont des implications dans la conservation, dans l'identification des points chauds comme indiqué plus haut, et dans l'identification de zones prioritaires de conservation.

Exemples :

- Une étude au centre du Brésil a examiné la richesse et l'abondance des chenilles d'un genre de plante dans la végétation de type « cerrado » (similaire à la savane) (Andrade *et al.* 1999) :

http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77441999000400005&script=sci_arttext&tlng=en ;

- Une étude en Afrique examine la richesse spécifique et l'endémisme des insectes d'Afrique sud-saharienne (Miller et Rogo 2001) ;
- La richesse spécifique et l'endémisme en Amérique du Sud des oiseaux a été utilisée pour tracer un réseau de réserves (Fjeldsa et Rahbek 1997) ;
- Les relations et contraintes géographiques relatives à la richesse spécifique ont été étudiées en utilisant des effets de centre⁴ (Colwell et Lees 2000) ;
- Examen des configurations spatiales au niveau des communautés (Ferrier et al. 2002).

Etude d'espèces individuelles

Les études de richesse d'une espèce donnée – où on la trouve, où elle se déplace, les densités des populations – peuvent en guider les mesures de conservation. En utilisant des données historiques, on peut étudier les changements dans les configurations spatiales des déplacements.

Exemples :

- La densité des éléphants dans les forêts d'Afrique Centrale est étudiée en utilisant des Systèmes d'Information Géographique (Michelmore 1994) ;

Structures évolutives

L'un des aspects de l'étude de la richesse spécifique est la détection de structures spatiales relatives à l'endémisme et à la richesse. En examinant les structures de concentration d'espèces et d'endémisme, on peut aussi déterminer des structures dans leur évolution dans le temps.

Exemples :

- Dans le cadre d'une étude de conservation en Afrique, Brooks (2001) a examiné quatre groupes d'animaux – mammifères, oiseaux, serpents et amphibiens – et a modélisé la richesse spécifique en fonction des conditions environnementales comme l'évapotranspiration potentielle liée à la production primaire, le rayonnement solaire, la température et les précipitations.

Modèles de populations – analyse de la viabilité des populations

La modélisation des populations peut aider à en suivre la dynamique, à déterminer des aires minimales de conservation, à étudier les interactions entre prédateurs et proies, etc. Les données d'observation d'espèces et celles issues d'inventaires intensifs sont des éléments essentiels de ces études. L'analyse de viabilité des populations a été utilisée à l'origine pour déterminer la taille minimale d'une population pour qu'elle survive sur une période raisonnable.

Exemples :

- Au Centre d'étude des ressources et de l'environnement de Canberra, des études détaillées ont été conduites sur les populations d'un petit marsupial menacé – l'oppossum leadbeater (*Gymnbelideus leadbeater*) – dans les forêts du nord du Victoria (Lindenmeyer et Possingham 1995, 2001 ; Lindenmeyer et Taylor 2001) : <http://incres.anu.edu.au/possum.possum.html> ;
- Des travaux en biomathématiques appliquées utilisent le progiciel RAMAS pour modéliser le risque d'extinction d'oiseaux en mettant en œuvre une analyse de viabilité des populations : <http://www.ramas.com/birds.htm> ;

⁴ En anglais « mid-domain effect » : dans un domaine géographique donné, sous l'hypothèse que les aires de distributions potentielles des différentes espèces présentes sont réparties de manière aléatoire sur le domaine, le recouvrement des aires est plus important au centre du domaine, et donc la richesse spécifique y est plus grande..

- Beaucoup d'études en Chine ont utilisé l'analyse de viabilité des populations pour étudier la taille minimale des réserves pour la survie du Panda géant (*Ailuropoda melanoleuca*) (Zhou et Pan 1997) ;
- Un recensement annuel des éléphants de mer est conduit sur l'île sub-antarctique Macquarie le 15 Octobre chaque année, et des estimations annuelles de la population en sont déduites (Burton 2001). On considère qu'environ un septième de la population mondiale d'éléphants de mer vit sur l'île et qu'elle peut trouver sa nourriture dans un vaste espace de l'Océan austral, de l'île de Heard à l'ouest à la mer de Ross à l'est :
<http://www.aad.gov.au/default.asp?casid=3802>.

Interactions entre espèces

L'étude des interactions entre espèces est un autre domaine où les données d'occurrence d'espèces sont essentielles. Ces interactions sont diverses : parasitisme ; symbiose entre animaux, entre plantes ou entre animaux et plantes ; prédateur - proie ; compétition ; etc.

Exemples :

- Un projet conduit dans l'aire de conservation de Guanacaste au Costa Rica fait l'inventaire des parasites eukaryotes de vertébrés (Brooks 2002) :
http://brooksweb.zoo.utoronto.ca/FMPro?-DB=CONTENT.fp5&-Format=intro.html&-Lay=Layout_1&-Error=err.html&content_id=1&-Find ;
- Un projet à Madang en Papouasie Nouvelle Guinée examine la relation de spécificité des insectes herbivores à leurs hôtes dans 60 espèces d'arbres de la forêt tropicale humide. Le projet a nécessité de croiser les données sur les habitats, les hôtes, les espèces d'insectes, les types d'utilisation de l'hôte, et les données de collecte (Basset *et al.* 2000) ;
- L'Université de Toronto entretient une base de données sur les relations hôte – parasite :
<http://brooksweb.zoo.utoronto.ca/index.html> ;
- Un projet du Réseau européen d'information sur la biodiversité (ENBI) en collaboration avec des pays africains étudie les drosophiles ceratitidine d'Afrique tropicale (diptères, famille des Tephritidae) en utilisant une interface en ligne de requête sur la distribution des insectes et des plantes hôtes : <http://project.bebif.be/enbi/fruitfly> ;
- Une autre étude au Costa Rica examine les parasites des tortues d'eau douce (Platt 2000) :
<http://brooksweb.zoo.utoronto.ca/pdf/Neopolystoma%20fentoni.pdf> ;
- Au Canada, on étudie la relation prédateur – proie entre le ver némerté (*Crebatulus lacteus*) et le bivalve mye commune (*Mya arenaria*) (Bourque *et al.* 2002) : http://pubs.nrc-cnrc.gc.ca/cgi-bin/rp/rp2_abst_e?cjz_z02-095_80_ns_nf_cjz ;
- La Fédération mondiale de collections de culture (en anglais, « World Federation of Culture Collections » : WFCC) fournit des données via le GBIF sur les interactions entre parasites et hôtes de nombreuses espèces : <http://wdcm.nig.ac.jp/hpcc.html> ;

Protection des communautés

En Australie, une nouvelle législation de protection de l'environnement (DEH 2000) permet maintenant de lister les communautés menacées comme on le fait pour les espèces. Les communautés peuvent être qualifiées ainsi : gravement menacées (en anglais, « critically endangered »), dépendant de mesures de conservation (en anglais, « conservation dependant ») ou éteintes dans la nature ; et il y a de sévères peines pour toute action ayant sur elles un impact significatif. Les données primaires d'occurrence d'espèces sont utilisées pour établir les délimitations et les définitions sur lesquelles reposent la liste et les qualifications (Chapman *et al.* 2001).

Exemples :

- Aires protégées aquatiques fluviales : protection des espèces, des communautés ou des écosystèmes ? (Koehn 2003).

Histoires de vie et phénologies

L'étude des histoires de vie (en anglais, « life history ») des plantes comme des animaux bénéficie de la disponibilité des données d'occurrence d'espèces. L'utilisation des données primaires aide aussi à étudier les phénologies, grâce à la datation des spécimens et des enregistrements.

Etudes d'histoire de vie

Les collections de muséums sont une ressource logique pour les études d'histoire de vie. Comme l'a écrit Pettit en 1991

« L'exploitation des spécimens existants dans ces études permet souvent d'accumuler de grandes quantités de données en peu de temps sur divers aspects. Caractéristiques de fécondité / mortalité, relations hôte – parasite, estimation des saisons de reproduction, incréments de micro croissance (de nombreux organismes montrent des couches lorsqu'on les sectionne, comme les « anneaux » des arbres, et celles-ci peuvent être utilisées pour étudier les conditions environnementales passées), nuisibles, durée des cycles de vie, caractéristiques de croissance larvaire, migration (les collections de muséums ont été utilisées pour localiser les sites d'invasion des locustes et suivre le tracé de leur migration), espèces imitant d'autres espèces et autres polymorphismes, fécondité des plantes, dates de floraison et de fructification, périodes de dormance, et corrélations entre les sites de croissance végétale et le niveau de précipitation ou l'altitude. » (Pettit 1991).

De nombreux animaux et plantes ont des stades de développement complètement différents les uns des autres, et les données d'occurrence fournissent une masse d'informations sur la relation entre les stades dans le cycle de vie, ainsi que sur les localisations ou les périodes de l'année.

Exemples :

- Dans l'étude de la cigogne des bois d'Amérique du Nord (*Mycteria americana*) en Floride, les collections de muséums ont été utilisées pour montrer que les tailles des couvées n'avaient pas significativement décliné depuis 1875 (Rogers 1990). L'étude a aussi porté sur les hérons et les aigrettes : http://web8.si.edu/sms/irlspec/CI_Aves3.htm ;
- Le développement des ailes atrophiées des pléoptères (*Plecoptera*) a été étudié en Italie en utilisant des collections de muséums (Zwick 2003) : <http://www.unipg.it/maystone/PDF%202001%20proc/ZWICK%20IJM%20proceedings.pdf>.

Phénologie

La phénologie est l'étude du rythme des événements naturels et de leurs relations selon des paramètres biotiques et abiotiques. On peut citer par exemple la floraison des plantes, l'arrivée et le départ des oiseaux migrateurs, de déclenchement des invasions de locustes, la période de ponte par les monotrèmes et les oiseaux, etc. Les données primaires sur les espèces sont une ressource majeure d'information utilisable dans les études de phénologie.

Exemples :

- L'étude de la période de ponte du carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella*), un ravageur redoutable des pommes et des poires, est importante pour déterminer les périodes d'aspersion et autres mesures de lutte : http://www.ipm.ucdavis.edu/PHENOLOGY/ma-codling_moth.html ;
- Au Kansas, une base de données des périodes de floraison de fleurs sauvages et d'herbes a été compilée : <http://www.lib.ksu.edu/wildflower/season.html> ;
- Aux Etats-Unis, la vitesse de vol et le rythme de migration d'oiseaux a été étudié : <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/othrdata/migratio/speed.htm> ;
- Les données sur les espèces sont actuellement utilisées dans les études phénologiques de la nidation et de la migration de tortues : <http://www.natureserve.org/explorer/servlet/NatureServe?searchName=Chelonia+mydas>.

Espèces menacées, migratrices et invasives

Les espèces menacées, migratrices et invasives sont trois groupes d'espèces considérés comme des groupes clés dans la gestion de la biodiversité. De fait, en Australie, la loi les considère comme « d'importance nationale » (DEH 2000). Les données d'occurrence d'espèces sont essentielles pour comprendre et gérer ces groupes d'espèces dans l'environnement.

Espèces menacées

Les espèces menacées fournissent de nombreux défis aux biogéographes, aux modélisateurs et aux biologistes de la conservation. Il y a généralement si peu d'enregistrements les concernant que les techniques de modélisation environnementales fonctionnent rarement bien. Cependant, les espèces menacées sont des composantes importantes de tout programme de conservation, et les enregistrements d'occurrence d'espèces sont souvent la seule source d'information disponible. Les bases de données d'occurrences d'espèces sont importantes pour identifier les facteurs extérieurs qui affectent ces espèces, et pour aider à développer des plans pour améliorer leur sort.

Exemples :

- La liste rouge des espèces menacées de l'UICN : <http://www.redlist.org/> ;
- Le programme des espèces menacées des Etats-Unis du Service américain des espèces sauvages et des poissons : <http://endangered.fws.gov/> ;
- Le programme des espèces menacées du Département australien de l'environnement et du patrimoine : <http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/index.html>.

Plans de sauvegarde d'espèces

Les plans de sauvegarde d'espèces deviennent une partie intégrale de la gestion des espèces dans de nombreux pays.

Exemples :

- Plan de sauvegarde de la myrte à tige angulée (*Austromyrtus gonoclada*) du Service des parcs et des espèces sauvages du Queensland : <http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/publications/recovery/a-gonoclada/index.html>
- Plans de sauvegarde des espèces menacées du Département australien de l'environnement et du patrimoine : <http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/recovery/list-common.html> ;
- Plans de sauvegarde des espèces menacées du Département de conservation de Nouvelle Zélande : <http://www.doc.govt.nz/Publications/004-Science-and-Research/Biodiversity-Recovery-Unit/Recovery-plans.asp> ;
- Résumés de plans de sauvegarde des services de l'environnement du Canada : http://www.speciesatrisk.gc.ca/publications/plans/default_e.cfm.

Menaces

L'étude des menaces auxquelles les espèces en danger sont confrontées peut aussi avantageusement faire usage de données primaires sur les espèces – particulièrement lorsque ces menaces viennent d'autres espèces comme des prédateurs ou des compétiteurs. En Australie, les principaux processus de menaces sont listés dans la législation, et comprennent par exemple les chèvres sauvages, le champignon du pourrissement des racines (en anglais, « root-rot fungus », *Phyophthora cinnamoni*), la fourmi de feu (en anglais, « fire ant », *Solenopsis invicta*), etc.

Exemples :

- Plans de réduction des menaces du Département australien de l'environnement et du patrimoine : <http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/tap/index.html> ;

- Menaces envers les albatros et les pétrels géants :
<http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/publications/recovery/albatross/index.html> ;
- L'introduction de la fourmi de feu rouge, *Solenopsis invicta*, a causé une réduction de la biodiversité dans la flore et la faune native d'Australie :
<http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/ktp/fireant.html>.

Déclin d'espèces

L'étude du déclin des nombres et des distributions d'espèces est une étape importante dans la prévention de nouvelles menaces et extinctions d'espèces et d'habitats. Les bases de données d'occurrence d'espèces constituent une importante source d'information pour étudier les déclins passés et pour contrôler les nombres actuels d'espèces afin de prévenir de futurs déclins.

Exemples :

- AmphibiaWeb : <http://www.amphibiaweb.org/declines/declines.html> ;
- FrogLog, Lettre d'actualités du groupe de travail sur le déclin des populations d'amphibiens :
<http://www.open.ac.uk/daptf/froglog/> ;
- A l'Université Cornell aux Etats-Unis, le statut des oiseaux est suivi pour identifier les espèces en déclin :
<http://www.scsc.k12.ar.us/2000backeast/ENatHist/Members/BryanM/page%202.jtm> ;
- Prédiction du risque d'extinction des espèces en déclin (Purvis et al. 2000) :
<http://www.bio.ic.ac.uk/evolve/docs/pdfs/Purvis%202000%20PRSLB.PDF>.

Espèces invasives et études de déplacements

L'expansion d'espèces introduites invasives et d'espèces déplacées est l'un des problèmes environnementaux les plus grands auxquels la plupart des pays sont confrontés aujourd'hui. La Convention sur la Biodiversité considère qu'il s'agit de la deuxième menace la plus importante pour la biodiversité après le changement de l'habitat (CDB 2004). On estime qu'il y a environ 120.000 espèces introduites rien que dans les six pays que sont les Etats-Unis, le Royaume Uni, l'Australie, l'Inde, l'Afrique du Sud et le Brésil (Pimentel 2002). Sur ces 120.000 espèces, 20 à 30% sont maintenant considérées comme nuisibles. Le coût en perte économique des 30.000 espèces non natives aux Etats-Unis a été estimé à près de 123 Milliards de Dollars par an (Pimentel *et al.* 1999, 2000).

Les espèces introduites ne deviennent pas toutes invasives. On estime par exemple qu'au cours de l'histoire des Etats-Unis on a introduit à peu près 50.000 espèces non indigènes (Pimentel *et al.* 1999). Nombre des espèces introduites dans le monde ont été utilisées pour l'agriculture ou l'élevage, ou comme animaux de compagnie, agents de contrôle biologique ou de restauration de paysage, etc. Toutefois, celles qui sont devenues nuisibles coûtent énormément chaque année en perte de production, en contrôle et en maladies.

La prévention de nouvelles invasions et la prédiction de l'impact des espèces déjà introduites nécessitent des identifications correctes et une information précise sur les distributions naturelles et les exigences écologiques de ces espèces ainsi que des espèces associées qui peuvent avoir un impact positif ou négatif sur elles (Page *et al.* 2004). La disponibilité des données d'occurrence d'espèces issues de différents pays au travers de projets comme le GBIF permet aux chercheurs d'identifier les localisations d'origine des espèces invasives, de déterminer les caractéristiques de leurs niches écologiques en termes d'exigences climatiques et environnementales, et ensuite d'utiliser cette information pour prédire leur expansion dans les pays où elles ont été introduites.

Cela permet aussi aux chercheurs d'examiner la distribution des espèces qui pourraient intervenir dans le contrôle biologique, et d'utiliser cette information pour étudier l'expansion possible et les éventuelles limitations environnementales de celles-ci avant de les introduire.

La disponibilité de cette information rend ainsi maintenant possible des études des espèces invasives et de leurs agents de contrôle biologique qui n'étaient pas envisageables auparavant, et rien que ceci justifie largement le coût de projets comme le GBIF.

De nombreuses études dans ce domaine utilisent déjà de telles informations, et on peut trouver des liens vers plus de 80 études de cas sur le site Web de la Convention sur la Biodiversité :

<http://www.biodiv.org/programmes/cross-cutting/alien/cs.aspx>.

Exemples :

- Le Programme global sur les espèces invasives (en anglais, « Globak Invasive Species Program » : GISP) est une boîte à outils en ligne qui « fournit des conseils, des références, et des contacts pour aider à prévenir les invasions d'espèces dangereuses et à éradiquer ou gérer les invasives déjà installées » : <http://www.cabi-bioscience.ch/wwwgisp/gtcsun.htm> ;
- La prédiction de la géographie des invasions d'espèces à l'aide de modélisation de niche écologique (Peterson 2003) : http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/P_QRB_2003.pdf ;
- Au Kenya, le processus d'invasion de mauvaises herbes a été suivi en utilisant des spécimens d'herbier, montrant que l'expansion régionale des mauvaises herbes au Kenya était corrélée avec les changements de pratiques agricoles (Stadler *et al.* 1998) ;
- L'expansion invasive des fourmis d'Argentine (*Linepithema humile*) à travers les Etats-Unis sur les 100 dernières années a été étudiée par Suarez et d'autres (2001) en utilisant à la fois des collections de muséums et des observations : http://www.biology.ucsd.edu/news/article_051500.html ;
- En Nouvelle Zélande, la prédiction bioclimatique est utilisée pour établir la distribution potentielle des végétaux indésirables et interdits d'entrée en Nouvelle Zélande (Panetta et Mitchell 1991) ;
- En Amérique du Nord, des études sont conduites actuellement sur le tamaris (*Tamarix ramossissima*), qui devient une espèce nuisible majeure dans les zones arides du Mexique où il consomme énormément d'eau, remplace agressivement la végétation lacustre indigène, et réduit l'habitat des oiseaux et d'autres animaux. Les distributions sont modélisées dans les habitats naturels et introduits pour aider à programmer le contrôle et l'éradication (Soberón 2004) ;
- Au Brésil et en Amérique du Nord, le potentiel invasif de *Homalodisca coagulata*, un insecte vecteur d'une bactérie des plantes de verger, a été étudié en utilisant des modèles de distribution réalisés avec GARP (Peterson *et al.* 2003a) ;
- En Australie, les espèces invasives sont maintenant listées dans la législation et les données d'occurrence d'espèces sont utilisées pour tracer leur expansion et suivre leur contrôle : <http://www.deh.gov.au/biodiversity/invasive/index.html> ;
- Les modèles de distribution d'espèces ont été utilisés pour évaluer le risque invasif de plusieurs oiseaux et insectes (Peterson et Vieglais 2001) : http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/PV_B_2001.pdf ;
- Identifier à temps les espèces nuisibles peut réduire le besoin de programmes de contrôle coûteux : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case17.htm.
- Etude de la coccinelle Harlequin (*Harmonia axyridis*) – suivi d'une espèce invasive au Royaume Uni : <http://www.harlequin-survey.org>.

Arthropodes et annélidés

Environ 4.500 espèces d'arthropodes (2.582 espèces à Hawaï et plus de 2.000 sur le continent) ont été introduites aux Etats-Unis (Pimentel 1999), ainsi que de nombreux invertébrés aquatiques et vers de terre. Selon Pimentel 95% environ des introductions ont été accidentelles.

Exemples :

- La Base de données des arthropodes introduits d'Amérique du Nord (en anglais, « North American Non-Indigenous Arthropod Database » : NANIAD) est accessible en ligne et contient plus de 2.000 espèces d'arthropodes introduites aux Etats-Unis : <http://www.invasivespecies.org/NANIAD.html>.

Eau des ballasts

L'eau des ballasts dans les bateaux est une source majeure d'espèces introduites dans les habitats côtiers autour du monde. L'identification de ces espèces est un problème international puisque ces espèces peuvent être prélevées et rejetées n'importe où dans le monde. La capacité d'utiliser d'interroger en ligne des bases de données primaires sur les espèces constitue une étape importante dans l'identification et les éventuels régulation et contrôle de ces espèces.

Exemples :

- L'étoile de mer du Pacifique Nord (*Asterias amurensis*) a pratiquement balayé une espèce de crustacé et constitue une menace majeure pour l'environnement marin. Elle affecte aussi négativement les pêches de Tasmanie et d'Australie de l'Ouest. Elle n'avait pas été identifiée comme une espèce introduite avant 1992, et de ce fait les tentatives de contrôle ont été retardées. Les bases distribuées de données primaires sur les espèces peuvent aider à éviter de tels retards à l'avenir : <http://www.fish.wa.gov.au/hab/broc/invasivespecies/seastar/> ;
- La moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) est originaire de Pologne et de l'ancienne Union Soviétique : après introduction via l'eau des ballasts, elle pose maintenant des problèmes à travers toute l'Europe et les Etats-Unis, y compris dans les grands lacs entre le Canada et les Etats-Unis : <http://nas.er.usgs.gov/taxgroup/mollusks/zebramussel/> ;
- En Australie, la stratégie de gestion de l'eau des ballasts utilise des données d'occurrence d'espèces pour identifier, par exemple, où l'eau des ballasts ne devrait pas être prélevée à cause de « points chauds » d'espèces particulières qui peuvent devenir nuisibles : <http://www.affa.gov.au/content/output.cfl?ObjectID=6F3A6281-9705-4878-9FA6836B5D6D5814>.

Contrôle biologique et espèces nuisibles

L'utilisation d'agents de contrôle biologique contre les espèces nuisibles date d'une cinquantaine d'années, et leur usage s'accroît. Les données d'occurrence d'espèces sont utilisées pour aider à trouver les agents de biocontrôle appropriés et pour suivre leur effet et leur expansion possible.

Exemples :

- Biocontrôle des cochenilles en Afrique du Sud : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case2.htm ;
- La taxonomie est utilisée dans la sélection des agents de biocontrôle à Hawaï : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case15.htm ;
- Les charançons sont utilisés pour contrôler *Eichhornia crassipes* en Australie et ailleurs : <http://aquatl.ifas.ufl.edu/hyacin.html> ;
- Les lapins sont contrôlés en Australie en utilisant diverses espèces de virus : <http://www.csiro.au/communication/rabbits/qa1.htm>.

Risques du contrôle biologique

L'usage d'agents de contrôle biologique doit être contrôlé, sinon il peut y avoir des désastres. Les données d'occurrence d'espèces peuvent être utilisées pour étudier la localisation d'agents de contrôle potentiels, et pour prédire leur expansion possible dans le pays où l'on se propose de les introduire. Les introductions n'ont pas toujours fonctionné dans le passé.

Exemples :

- En Australie, le crapaud buffle (*Bufo marinus*) a été introduit en Australie en 1935 pour contrôler deux insectes ravageurs de la canne à sucre : *Dermolepida albobirhum* et *Lepidiotia Frenchi*. Le CSIRO⁵ cartographie actuellement son expansion à partir des enregistrements des muséums et des observations : <http://www.csiro.au/index.asp?type=faq&id=CaneToadControl&stylesheet=sectorInformationSheet> ;
- De nombreuses espèces ont été introduites en Australie et en Afrique du Sud pour contrôler les plantes du genre *Lantana*. Dans la majorité des cas, cela n'a pas fonctionné pour un certain nombre de raisons, quoiqu'il y ait eu quelques succès à Hawaï et ailleurs. Divers agents de contrôle biologique ont des effets variés sur des différents phénotypes de *Lantana* que l'on trouve en Australie, et le recours aux données d'occurrence d'espèces pour cartographier les origines et l'expansion de ces phénotypes, ainsi que les relations entre les agents de biocontrôle dans ces régions peut contribuer à améliorer le taux de réussite (Day et Nesser 2000).

L'espèce *Opuntia* au Mexique et l'agent de contrôle biologique *Cactoblastis cactorum*

Opuntia est l'un des genres les plus utilisés au Mexique et en Amérique Centrale (Soberón et al. 2001), et se classe au 10^{ème} rang des plantes cultivées au Mexique (Soberón et al. 2000). Le papillon de nuit *Cactoblastis cactorum* est l'agent d'un des exemples les plus connus de programme de lutte biologique réussi lorsqu'il a été utilisé en Australie dans le contrôle des espèces d'*Opuntia* dans le Queensland et le nord des Nouvelles Galles du Sud (Debach 1974). Des craintes ont cependant été émises quant à l'introduction du papillon *Cactoblastis* au Mexique, et la Commission pour la Conservation et l'Usage de la Biodiversité au Mexique (Conabio) est en train de modéliser son expansion et ses impacts potentiels.

Exemples :

- Utilisation des données d'occurrence d'espèces et de la modélisation de la distribution d'espèces pour examiner l'expansion et les impacts potentiels de *Cactoblastis cactorum* sur plus de 90 espèces de cactus indigènes au Mexique et en Amérique du Nord (Soberón et al. 2001) : <http://www.fcla.edu/FlaEnt/fe84p486.pdf>.

Etudier les caractéristiques de la co-évolution

Les collections de muséums ont même été utilisées pour étudier la réponse évolutive et l'adaptation rapides des mauvaises herbes à de nouveaux environnements.

Exemples :

- En Amérique du Nord, des études de la co-évolution du panais (*Pastinaca sativa*) avec le papillon de nuit Oecophoride (*Hyphantria cunea*) ont examiné des graines de spécimens d'herbier pour comparer la co-évolution chimique des plantes et de l'insecte (Berenbaum et Zangerl 1998) : <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=24890>.

Espèces migratrices

Les espèces migratrices, par définition, occupent un espace trans-frontalier, et leur étude demande donc des données concernant plusieurs juridictions. Dans le passé, les chercheurs ont eu du mal à obtenir des données provenant de pays tiers. La disponibilité des systèmes de données distribués offre maintenant de nouvelles opportunités pour l'étude des espèces migratrices. Divers accords sont

⁵ « Commonwealth Science and Industrial Research Organisation » : principale institution de recherche australienne, équivalent du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) français (NdT).

maintenant en place autour du monde pour suivre les espèces migratrices et échanger de l'information, y compris des données d'occurrence d'espèces.

Exemples :

- La Convention sur les espèces migratrices (Convention de Bonn) : <http://www.cms.int/> ;
- L'accord nippo australien sur les oiseaux migrateurs (en anglais, « Japan-Australia Migratory Bird Agreement » : JAMBA) : <http://www.austlii.edu.au/other/dfat/treaties/1981/6.html> ; et l'accord sino australien sur les oiseaux migrateurs (en anglais, « China-Australia Migratory Bird Agreement » : CAMBA) : <http://www.austlii.edu.au/other/dfat/treaties/1988/22.html> ;
- L'accord Afrique Eurasie sur les oiseaux aquatiques migrateurs (en anglais, « African-Eurasian migratory Water bird Agreement » : AEWA) : <http://www.unep-wcmc.org/AEWA/index2.html> ;
- Le registre global des espèces migratrices (en anglais, « Global Register of Migratory Species » : GROMS) : <http://www.groms.de/>.
- « Les oiseaux migrateurs ne connaissent aucune frontière », une ressource d'information israélienne très complète sur les oiseaux migrateurs : <http://www.birds.org.il/>.

Suivre les déplacements des espèces migratrices

Le suivi des espèces migratrices et de leurs lieux de migration a été entrepris depuis de nombreuses années. L'un des problèmes dans le passé a été le manque de données d'occurrence d'espèces. Avec la disponibilité nouvelle de ces données, celles-ci peuvent être extraites en provenance de tous les pays traversés et combinées pour suivre leurs déplacements et détecter les changements dans les caractéristiques de leur comportement, le déclin de leurs populations, de leurs durées de vie, etc. Ce suivi peut se faire à partir d'observations et de comptages, au moyen de marquages et de captures, et en utilisant des appareils de suivi satellitaire, ou des isotopes radioactifs.

Exemples :

- Initiative européenne pour le marquage des oiseaux (en anglais, « European Union for Bird Ringing » : EURING) : <http://www.euring.org/> ;
- Le programme australien de marquage des oiseaux et des chauves souris (en anglais, « Australian Bird and Bat Banding Scheme » : ABBBS) : <http://www.deh.gov.au/biodiversity/science/abbbs/> ;
- La migration du papillon monarque (*Danaus plexippus*) est suivie du Mexique aux Etats-Unis chaque année à l'aide d'un marquage : http://www.uen.org/utahlink/activities/view_activity.cgi?activity_id=2030 ;
- L'isotope lourd de l'hydrogène (deutérium, appelé communément eau lourde) est utilisé pour localiser les zones où le papillon monarque (*Danaus plexippus*) se nourrit et se reproduit (Wassenaar et Hobson 1998) : <http://whyfiles.org/083isotope/2.html> ;
- En Malaisie, les tortues de mer sont suivies à travers les océans du monde à l'aide d'appareils satellitaires : <http://www.kustern.edu.my/seatru/satrack/>.

Suivre les pingouins de la Terre Adélie en Antarctique

Le pingouin de la Terre Adélie a été identifié comme étant une espèce indicatrice dépendant du krill et il est utilisé pour suivre les changements dans les composantes critiques des écosystèmes afin d'évaluer la conservation des ressources marines vivantes de l'Antarctique. Un projet (Southwell et Meyer 2003) étudie actuellement :

- le degré de recouvrement dans le temps et dans l'espace de la zone de chasse des pingouins avec celle de la pêche au krill ;
- les variations de la reproduction réussie des pingouins et de leur consommation de nourriture d'année en année, et les facteurs en cause ;
- la quantité de krill qui peut être pêchée sans affecter les pingouins qui en dépendent.

Exemples :

- Suivi des pingouins de la Terre Adélie autour de la station Casey pour étudier leurs habitudes alimentaires (Kerry *et al.* 1999) : http://aadc-maps.aad.gov.au/aadc/metadata/metadata_redirect.cfm?md=AMD/AU/Tracking_SI ;
- Recherche et suivi des pingouins de la Terre Adélie en appui au projet de suivi des écosystèmes du CCAMLR (Projet n°2205 du programme scientifique australien sur l'Antarctique) : http://cs-db.aad.gov.au/proms/public/report_project_public.cfm?project_no=2205.

Albatros et pétrels errants

Les albatros errent sur des milliers de kilomètres autour des océans du Sud, et ne touchent généralement terre que pour se reproduire. On sait peu de choses des déplacements des différentes espèces et des individus – sur quelle distance se déplacent-ils, où vont-ils en hiver, etc. Des données primaires d'occurrence d'espèces sont actuellement accumulées à l'aide de suivi satellitaire et d'observations (Croxall *et al.* 1993).

Exemples :

- Des transmetteurs ont été attachés à des albatros de Tasmanie pour les suivre sur une période de quatre mois : http://www.wildlifebiz.org/The_Big_Bird_Race/152.asp ;
- Deux espèces d'albatros ont été suivies dans les environs de l'île Heard dans l'Antarctique : <http://www.aad.gov.au/default.asp?casid=14718> ;
- Le suivi par satellite des pétrels et des albatros depuis les tropiques jusqu'à l'Antarctique (Catard et Weimerskirch 1998).

Impact du changement climatique

Le changement climatique menace la survie de communautés écologiques, d'espèces, et la santé et le bien être des hommes. Il y a eu de nombreuses études de l'impact du changement climatique sur les populations humaines, sur les routes et les barrages, sur les populations insulaires, etc. peu d'études ont étudié l'impact du changement climatique sur la biodiversité ; mais l'usage des données d'occurrence d'espèces dans les modèles environnementaux pour examiner les impacts s'accroît, et les études ont montré que l'impact sera vraisemblablement considérable. Howden et al. (2003), par exemple, a identifié des impacts sur les récifs coralliens en Australie, sur les forêts tropicales humides et les grands espaces naturels ou semi naturels, ainsi que sur la distribution des oiseaux, des plantes et des reptiles. Des études récentes ont indiqué que 18 à 35% des espèces s'éteindront avant 2050 du fait du changement climatique (Thomas et al. 2004).

Sur les espèces indigènes

La disponibilité des enregistrements d'occurrence d'espèces via des systèmes distribués comme le portail GBIF a ouvert de nouveaux champs de recherche, et permet d'étudier les impacts du changement climatique sur un éventail d'espèces, de climats et de régions.

Exemples :

- Des études en Australie de l'impact du changement climatique sur des espèces menacées ont estimé une réduction de leurs habitats climatiques de 82 à 84%, avec 12% des espèces menacées s'éteignant en 2030 (Dexter *et al.* 1995). Même des espèces actuellement non menacées, mais ayant une aire de distribution limitée, ou bien un habitat ou des exigences de sol spécifiques, subiront vraisemblablement un impact significatif (Chapman et Milne 1998) ;
- Des études au Mexique ont examiné l'impact du changement climatique sur la faune (Peterson *et al.* 2002a) :
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/etal_N_2002.pdf ;
- Une étude au Brésil a examiné l'impact du changement climatique sur les espèces du cerrado, et les implications pour l'évaluation de la conservation et la sélection des réserves (Siqueira et Peterson 2003) :
<http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/en/download?article+BN00803022003+item> ;
- Une étude de 35 papillons non migrants d'Europe a montré une dérive majeure vers le nord de leur aire de distribution sur le siècle passé – de 35 à 240 km- que les auteurs ont attribué au réchauffement global (Parmesan et al. 1999) :
http://www.biosci.utexas.edu/IB/faculty/parmesan/pubs/Parm_Ntr_99.pdf ;
- Des études sur les oiseaux en Amérique ont montré une dérive des dates de reproduction des hirondelles bicolores (Dunn et Winkler 1999) ;
- Une étude de l'adaptation des oiseaux migrants au changement climatique global a été conduite sur le gobemouche noir européen (*Ficedula hypoleuca*) (Coppack et Both 2003) :
<http://www.rug.nl/biologie/onderzoek/onderzoekgroepen/dierOecologie/publications/803Pdf.pdf>.

Sur la production primaire

Les changements du climat ne sont pas tous négatifs, et dans le domaine agricole, certaines espèces en bénéficieront. D'autres espèces pourront pousser là où elles n'avaient jusque là été que marginales.

Exemples :

- En Australie, on prédit que la production de blé pourrait croître dans certaines zones (Nicholls 1997) ;

- Des études au Danemark ont montré que le changement global du climat augmentera vraisemblablement les récoltes dans les latitudes hautes et moyennes (Olesen 2001) : <http://glwww.dmi.dk/f+u/publikation/dkc-publ/klimabog/CCR-chap-12.pdf> ;
- La recherche prédit que diverses espèces agricoles et forestières différentes devront être plantées dans des zones différentes : dans certaines zones il faudra planter de nouvelles variétés ; certaines espèces devront être semées plus tôt ; l'usage des pesticides devra être modifié ; et les régimes d'arrosage demanderaient à être étudiés : <http://www.gcrio.org/gwcc/booklet2.html>.

La désertification

Le changement climatique et la désertification sont deux graves problèmes auxquels le monde est confronté. Les données primaires sur les espèces sont actuellement utilisées comme indicateurs de la désertification liée au changement climatique.

Exemples :

- Indicateurs des racines d'herbacées sur la désertification : expérience et perspectives en Afrique de l'Est et Australe (Hambly et Angura 1996) ;
- Forum mondial sur la biodiversité : relier biodiversité et désertification, une perspective stratégique : http://www.gbf.ch/desc_workshop_old.asp?no=6&app=&lg=EN&now=2.
- A Cuba, les données sur la biodiversité sont actuellement utilisées pour développer un indice de désertification (Negrin *et al.* 2003) : <http://www.unccd.int/actionprogrammes/lac/national/2003/cuba-spa.pdf> ;
- Le dialogue entre le changement climatique, la biodiversité et la désertification : <http://www.gdrc.org/uem/Trialogue/trialogue.html>.

Ecologie, évolution et génétique

Les données primaires d'occurrence d'espèces fournissent un matériau brut pour révéler les structures, les processus et les causes de l'évolution et des phénomènes écologiques (Krishtalka et Humphrey 2000). L'étude de la structure et de la composition de la végétation dépend largement de la disponibilité des données d'occurrence d'espèces. Une grande partie de la végétation dans le monde a subi des modifications dans les siècles récents et de ce fait, la reconstruction du couvert végétal original requiert une combinaison de données primaires sur les espèces et de modélisation selon les sols, le climat, la topographie, etc.

Classification de la végétation

La classification et la description de la végétation est une première étape vers la compréhension de cette végétation, de ses fonctions et de ses caractéristiques. Les données primaires d'occurrence d'espèces sont essentielles à la fois pour la classification et pour la description.

Exemples :

- Gillison et Carpenter (1994) ont utilisé des traits fonctionnels pour décrire et analyser la végétation : http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/WPapers/WP-03n.pdf ;
- VegClass, outil de classification de la végétation : http://www.cifor.cgiar.org/docs/_ref/research_tools/vegclass/ ;
- Classifications des habitats du Royaume Uni : <http://www.jncc.gov.uk/habitats/habclass/default.htm> ;
- Normes pour la classification de la végétation du Comité fédéral des Etats-Unis pour les données géographiques : http://www.fgdc.gov/standards/status/sub2_1.html ;
- Végétation de l'Afrique australe : <http://www.plantzafrica.com/vegetation/vegmain.htm>.

Cartographie de la végétation

Cartographier la végétation est un processus clé pour comprendre l'environnement, et pour fournir un contexte aux études des espèces et de leurs associations. La cartographie de la végétation recouvre à la fois celle du couvert végétal actuel et l'interprétation du couvert végétal passé dans des zones où le couvert naturel a pu depuis disparaître au profit de l'urbanisation, de l'agriculture ou d'autres usages.

Exemples :

- Checklist des cartes en ligne de la végétation et des aires de distribution des plantes (Englander et Hoehn 2004) : <http://www.lib.berkeley.edu/EART/vegmaps.html> ;
- Le système d'information national sur la végétation australienne (en anglais, « (Australian) National Vegetation Information System » : NVIS) utilise des données de distribution d'espèces fournies par les herbiers et des inventaires sur le terrain pour préparer une carte détaillée de la végétation du continent : http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation/vegetation_frame.cfm?region_type=AUS®ion_code=AUS&info=NVIS_framework ;
- La version 2.0 de l'atlas des ressources naturelles australiennes examine les types de végétation indigène et leur aire de répartition, ainsi que l'état de la végétation avant la colonisation européenne : http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation/vegetation_frame.cfm?region_type=AUS®ion_code=AUS&info=veg_type ;

- Le programme de cartographie de la végétation de l'organisme des Etats-Unis « USGS-NPS⁶ » : <http://biology.usgs.gov/npsveg/> ;
- Carte de la végétation des « Everglades » en Floride : <http://fcelter.fiu.edu/maps/>.

Perte en habitats

La perte en habitats (y compris leur fragmentation) est considérée comme l'une des plus grandes menaces pour la biodiversité. L'étude des pertes d'habitats dépend elle aussi de la disponibilité des données d'occurrence d'espèces – celles des muséums comme celles des inventaires.

Exemples :

- L'étude des oiseaux de forêt en Australie a montré un déclin majeur à mesure que la fragmentation des habitats s'accroît : <http://www.wilderness.org.au/campaigns/landclearing/nsw/birdecline/> ;
- Les collections de muséums ont été utilisées pour montrer que le changement des proportions entre les différentes espèces de petits mammifères, dans les prairies de l'Illinois, a coïncidé avec la destruction de l'habitat (Pergams et Nyberg 2001) : <http://home.corncast.net/~oliver.pergams/ratioe.pdf> ;
- Une étude de la réserve forestière de M'Balmayo au Cameroun a examiné la richesse spécifique de huit groupes d'animaux et l'a mise en relation avec l'accroissement des perturbations (Lawton *et al.* 1998) : <http://invertebrates.ifas.ufl.edu/LawtonEta1.pdf>.

Fonctionnement des écosystèmes

La fonctionnement d'un écosystème recouvre la manière dont les processus interagissent en interne entre les organismes qui le composent, et en externe avec son environnement physique ; elle prend en compte des processus tels que le cycles des nutriments, la décomposition, l'équilibre de l'eau et de l'énergie, et la vulnérabilité au feu. La santé d'un écosystème (Costanza *et al.* 1992) est très dépendante de l'efficacité de son fonctionnement. De nombreux écosystèmes dans le monde subissent actuellement des changements drastiques dans leur composition spécifique sous l'influence de l'activité humaine. Ces changements conduisent souvent à une réduction de la diversité spécifique et de la richesse spécifique. La manière dont ces changements affectent le fonctionnement global de l'écosystème et, partant, sa santé, fait l'objet de recherches en cours. Ces recherches dépendent beaucoup de la disponibilité des données primaires d'occurrence d'espèces.

Exemples :

- Le rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes (Gillison 2001) : <http://www.asb.cgiar.org/docs/SLUM%5C05-Ecological%20functions%20of%20biodiversity%5C05-2%20Does%20biodiversity%20plat%20a%20significant.ppt> ;
- La biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes en ligne : <http://www.abdn.ac.uk/ecosystem/bioecofunc/> ;
- BIODPTH est un programme d'étude du fonctionnement des écosystèmes terrestres herbacés : <http://www.cpb.bio.ic.ac.uk/biodepth/contents.html> ;
- BIOTREE est un projet à long terme d'étude de la diversité et du fonctionnement des arbres dans les forêts tempérées : <http://www.biotree.bgc-jena.mpg.de/mission/index.html> ;
- La microbiologie du sol est considérée comme ayant un rôle clé dans le fonctionnement efficace des écosystèmes (Zak *et al.* 2003) : <http://www.bio.psu.edu/ecology/calendar/Zak.pdf>.

⁶ « United States Geological Survey – National Park Service » : service des parcs nationaux de l'inventaire géologique des Etats-Unis (NdT)

Conception d'un inventaire : identifier les lacunes

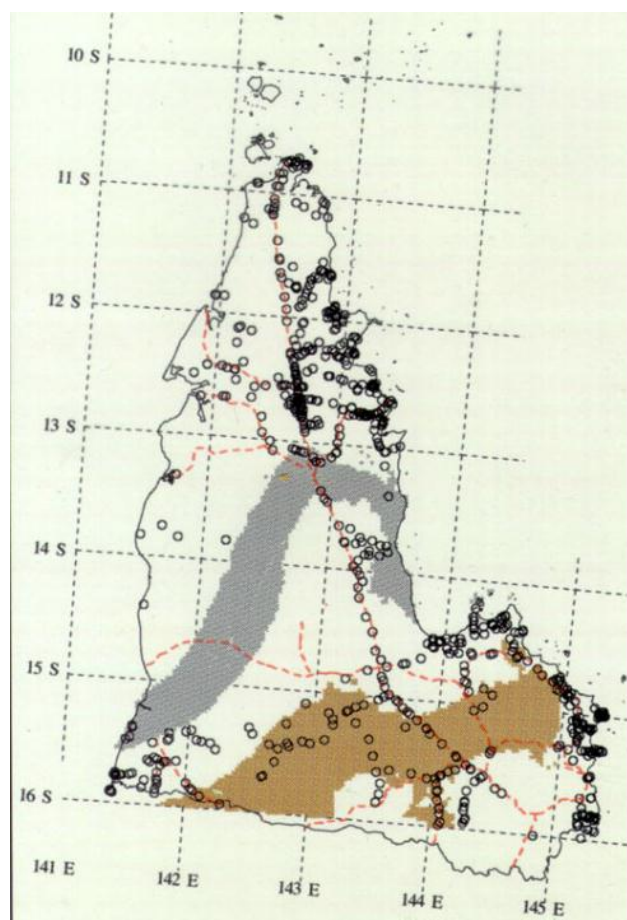


Fig. 7. Régions environnementales, établies selon les classes de climat dérivées de la pluviométrie et de la température moyennes annuelles, et cartographiées sur un SIG. La proportion des spécimens de collection a été déterminée pour chaque classe, et des inventaires ont été programmés dans les zones les moins bien couvertes (Neldner et al. 1995).

Les données d'occurrence d'espèces constituent une ressource clé pour déterminer les priorités dans la programmation d'un futur inventaire. Bien que certains scientifiques craignent que le fait de donner accès à leurs données numérisées ne réduise l'appui financier à de nouveaux programmes d'inventaires et aux collections (Krishtalka et Humphrey 2000), c'est l'opposé qui se produit, avec un appui accru pour combler les lacunes. En rendant les données accessibles, les lacunes de connaissances – sur les plans géographique, taxonomique, et écologique – sont plus faciles à identifier, ce qui permet de programmer plus efficacement de nouveaux inventaires et de choisir de nouveaux sites d'inventaire, avec un meilleur rapport efficacité / coût (Chapman et Busby 1994).

Exemples :

- Le programme d'analyse des lacunes (en anglais, « gap ») des Etats-Unis vise à identifier les lacunes en matière de conservation des espèces : <http://www.gap.uidaho.edu/> ;
- En Australie, la modélisation de l'environnement et des espèces, et la régionalisation biologique a été utilisée pour identifier des zones clés de la Péninsule du Cap York pour y effectuer de nouveaux inventaires (figure 7). Un programme appelé VISTR (« Visualisation of Taxa, Samples and Regions », en français : Visualisation des taxons, des échantillons et des régions) a été développé (Neldner et al. 1995) ;

- Le Tour 1 du projet de démonstration du GBIF en 2003 : la fiabilité et la cohérence des distributions d'espèces néotropicales peut être utilisée pour déterminer les sites appropriés pour de nouveaux inventaires : <http://gbifdemo.utu.fi/> ;
- Une analyse du programme BIOCLIM a été utilisée en Australie pour prédire l'habitat vraisemblable de l'orchidée « poireau » de Tarengo (en anglais, « Tarengo leek orchid ») (*Prasophyllum petilum*) à partir de paramètres climatiques des populations connues (Parcs nationaux et Services des espèces sauvages des Nouvelles Galles du Sud 2003) : http://www.nationalparks.nsw.gov.au/PDFs/recoveryplan_draft_prasophyllum_petilum.pdf ;
- Le programme d'analyse de lacunes du Dakota du Sud a utilisé les distributions des vertébrés indigènes pour déterminer les lieux d'inventaires : <http://wfs.sdstate.edu/sdgap/sdgap.htm>.

Evolution, extinction et génétique

Les données d'occurrence d'espèces ont été utilisées pour étudier l'évolution des espèces, pour examiner les distributions probables des espèces sous les climats précédents, pour examiner les causes d'extinction et pour étudier les relations génétiques.

Exemples :

- Les profils bioclimatiques d'une espèce du genre *Nothofagus* (*Nothofagus cunninghamii*) ont été utilisés pour estimer les climats de l'holocène en Tasmanie (McKenzie et Busby 1992) ;
- Le pollen a été utilisé pour reconstruire les paléo-environnements dans la basse vallée de la rivière Gordon en Tasmanie (Harle *et al.* 1999) ;
- Les données sur les espèces sont utilisées pour inférer des phylogénies : <http://evolution.genetics.washington.edu/book/datasets.html> ;
- L'utilisation des variations clinales (en anglais, « ring species » - littéralement, « espèces en anneau ») et de l'ADN permet d'inférer des structures d'évolution dans une gamme d'espèces : <http://www.origins.tv/darwin/rings.htm> ;
- Des études en Australie examinent les raisons de l'extinction de la mégafaune et l'évolution des espèces modernes de la faune australienne : <http://science.uniserve.edu.au/school/quests/mgfauna.html> ;
- Evolution et extinction de masse (Hunt 2001) : <http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/freemane2/chapter3/custom5/deluxe-content.html> ;
- Au Canada, une gamme de projets étudient la systématique moléculaire et la génétique de la conservation. Ces projets couvrent la génétique de la conservation d'espèces menacées, l'évolution de l'unisexualité chez les reptiles, la détection d'espèces cryptiques à partir de leur ADN, etc. : <http://www.rom.on.ca/biodiversity/cbcb/cbmolecu.html> ;
- Une étude de l'histoire de l'évolution des amphibiens a utilisé des données moléculaires (Feller et Hedges 1998) : <http://evo.bio.psu.edu/hedgeslab/Publications/PDF-files/101.pdf> ;
- L'évolution des motifs et du mimétisme est étudiée chez les papillons : <http://evo.bio.psu.edu/hedgeslab/Publications/PDF-files/101.pdf>.

Génomique

La génomique est l'étude des gènes et de leurs fonctions. Les données primaires d'occurrence d'espèces sont utilisées dans les études de génomique à partir de spécimens de tissus congelés, comme ceux du Muséum américain d'histoire naturelle.

Exemples :

- Bases de données du génome végétal : <http://www.nal.usda.gov/pgdic/> ;
- Institut de génomique comparée, Muséum américain d'histoire naturelle : <http://www.amnh.org/science/facilities/hayden.php> ;
- Utilisation de données génétiques pour la conservation de l'oryx arabe (Marshall *et al.* 1999) :

<http://www.latrobe.edu.au/genetics/staff/sunnucks/homepage/papers/AnimalCons/Marshallal98.pdf> ;

- Des techniques adaptées aux ADN anciens sont mises en œuvre pour observer les processus de l'évolution et pour construire des arbres phylogénétiques à partir des os fossiles découverts dans le permafrost d'Alaska (Shapiro et Cooper 2003) ;
- En Finlande, la variation adaptative est étudiée à partir des génomes : <http://cc.oulu.fi/~genetwww/plants/adaptive.html> ;
- Le code barres de l'ADN est étudié à des fins d'identification et de conservation (Herbert et al. 2003) : <http://barcoding.si.edu>.

Bioinformatique

Dans la terminologie du génome, la bioinformatique inclut le développement de méthodes de recherche rapide dans les bases de données pour analyser l'information des séquences d'ADN et pour prédire les séquences correspondantes des protéines et leur structure.

Exemples :

- Base de données GenBank : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/GenbankOverview.html> ;
- EMBL – Laboratoire européen de biologie moléculaire (en anglais, « European Molecular Biology Laboratory ») : <http://www.embl-heidelberg.de/> ;
- Bioinformatique : séquences, structure et banques de données – une approche pratique (Higgins et Taylor 2000).

Diversité microbienne et spéciation

James T. Staley⁷

Comme les bactéries sont le groupe le plus ancien d'organismes vivants, il n'est pas surprenant que l'arbre de la vie, fondé sur l'analyse de courtes séquences d'ARN ribosomal, indique qu'il y en a au moins 40 règnes. Etant donné ce haut degré de diversité et le fait que des micro-organismes soient trouvés dans tous les écosystèmes, dont certains constituent des environnements extrêmes comme les sources bouillantes et des habitats acides de pH 1, il est intéressant de noter que seulement environ 6.000 espèces de bactéries et d'archéobactéries ont été décrites et nommées. Une raison de ce petit nombre d'espèces est que le concept d'espèce utilisé pour les bactéries est très large en comparaison de celui utilisé pour les animaux et les plantes. Les scientifiques remettent maintenant en question le concept microbien non seulement à cause de son étendue, mais parce qu'aucune des espèces de bactéries connues ne peut être considérée comme endémique d'un lieu spécifique sur Terre.

Récemment, des éléments ont été rapportés en faveur d'un endémisme au niveau de sous-espèces.

Les analyses multilocus de séquences de gènes de protéines qui sont moins bien conservés que l'ARN ribosomal sont utilisées pour étudier l'endémisme.

Exemples :

- Exemple de *Helicobacter pylori*, un agent pathogène chez l'homme qui entraîne des ulcères de l'estomac qui peuvent dégénérer en cancer de l'estomac. En analysant la séquence de plusieurs gènes de protéines, il a été trouvé que l'on peut retracer les migrations humaines à partir des variantes de *H. pylori* qui ont été portées par *Homo sapiens* depuis sa dispersion à partir de l'Afrique. Ainsi, les variantes de *H. pylori* chez les Maoris présentent des caractéristiques originales qui les distinguent clairement de celles que l'on trouve chez les populations d'origine européennes qui ont émigré en Nouvelle Zélande plus récemment. Des variantes africaines ont été trouvées avec une fréquence importante en Afrique de l'Ouest aussi bien que chez les afro américains. D'autres structures de variation ont été détectées, qui

⁷ Cette section a été rédigée par James T. Staley, de l'Université de Washington, Seattle, Etat de Washington, Etats-Unis.

peuvent aussi être expliquées par les migrations humaines qui ont eu lieu au cours de 50.000 dernières années (Falush et al. 2003) ;

- Des éléments en faveur du fait que des bactéries non pathogènes soient endémiques d'habitats de sources chaudes ont été récemment rapportés dans ce champ émergent. Si des événements de spéciations se produisent au niveau des sous-espèces chez les micro-organismes, ceci milite en faveur du besoin d'une redéfinition de l'espèce microbienne. En outre, l'existence de bactéries endémiques pourrait être très utile à la médecine légale, car les micro-biomes que l'on trouve sur un objet peuvent receler une information génétique sur sa provenance ;
- L'étude de la spéciation est une nouvelle révolution en microbiologie. En fin de compte, le nombre d'espèces microbiennes pourraient être de plusieurs millions.

Les études archéologiques

Les données primaires d'occurrence d'espèces sous la forme des collections de fossiles des muséums sont utilisées dans l'étude de l'histoire archéologique des espèces.

Exemples :

- Des chercheurs du Muséum de l'Etat de l'Illinois à Springfield utilisent des données issues de fossiles de muséums trouvées dans la littérature pour tracer sur ordinateur les aires de répartition des mammifères d'Amérique du Nord au cours des 40.000 dernières années (Cohn 1995) ;
- De nouveaux fossiles découverts en Ethiopie ouvrent la possibilité de combler les « années manquantes » de l'Afrique (Université de Washington à St Louis, Actualités et information) : <http://news-info.wustl.edu/news/page/normal/575.html> ;
- Base de données archéologique de l'Afrique : http://www.archaeolink.com/african_archaeology.htm ;
- L'âge de la mégafaune (Commission audiovisuelle australienne) : <http://news-info.wustl.edu/news/page/normal/575.html> ;
- La collection comparative des vertébrés du Laboratoire de zooarchéologie du Muséum de l'Etat de l'Arizona est utilisée comme source d'information par des études archéologiques : http://www.statemuseum.arizona.edu/zooarch/zooarch_browse.asp.

Régionalisation environnementale

Le partitionnement d'une zone en régions homogènes sur le plan des conditions environnementales est rendu possible grâce à l'utilisation d'information sur les espèces conjointement avec des données sur l'environnement physique et des images de télédétection. De telles régionalisations peuvent ensuite être utilisées à des fins de programmation environnementale à des échelles allant de la région au continent.

Etudes à finalité de programmation nationale

Les régionalisations environnementales sont extrêmement utiles pour établir des programmes de conservation et d'exploitation des ressources naturelles. En Australie, la régionalisation biogéographique effectuée par le programme « Interim Biogeographic Regionalisation of Australia (IBRA) » (figure 8) fait l'objet d'une utilisation intensive dans les domaines de la programmation de la conservation, de la gestion durable des ressources naturelles, et du suivi de l'environnement.

Exemples :

- Le découpage en régions environnementales homogènes de l'Australie (programme IBRA) a été réalisé à partir de données sur les espèces, de données de télédétection et de données sur le climat (Thackway et Cresswell 1995) : <http://www.deh.gov.au/parks/nrs/ibra/version5-1/index.html> ;
- Le gouvernement australien utilise le découpage en biorégions pour déterminer celles qui sont prioritaires pour le développement d'un système de réserve national : <http://www.deh.gov.au/parks/nrs/ibra/priority.html>.

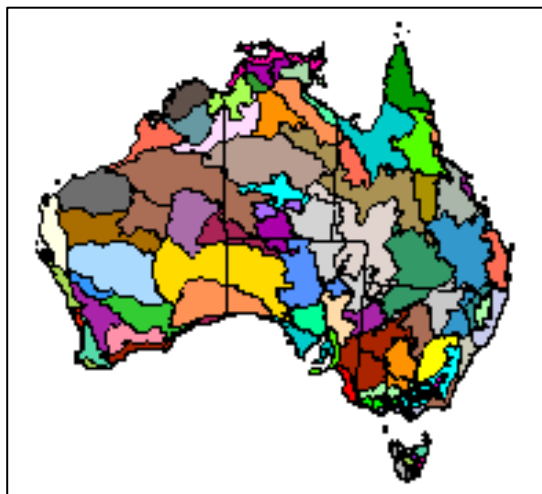


Fig. 8. Le programme de découpage de l'Australie en régions biogéographiques (IBRA) fournit un cadre à la programmation de la conservation et à la gestion durable des ressources dans un contexte biorégional. Le partitionnement repose sur une classification du terrain qui s'appuie sur toute une gamme de données continentales sur les caractéristiques environnementales.

Etudes à finalité de programmation régionale

La programmation biorégionale nécessite de développer des méthodes pour identifier et caractériser les structures biogéographiques sur lesquelles on peut appuyer l'évaluation de l'environnement et la programmation des mesures en faveur de l'environnement (Chapman et Busby 1994).

Exemples :

- Les régions biogéographiques sont utilisées au Zimbabwe pour la programmation de la conservation et le contrôle de l'érosion : <http://www.lancs.ac.uk/fss/politics/people/esrc/pppage2.html> ;
- Un nouveau découpage en régions biogéographiques de la Tasmanie (Peters et Thackway 1998) : <http://www.gisparks.tas.gov.au/dp/newibra/Title&Background.htm> ;
- Le gouvernement australien utilise les biorégions pour intégrer conservation et programmation régionale : <http://www.deh.gov.au/biodiversity/planning/index.html>. Un exemple avec le projet pilote de l'autorité de gestion du bassin de la Wimmera (Oiseaux d'Australie 2003) : <http://www.deh.gov.au/biodiversity/publications/wimmera/methods.html>.

Régionalisation marine

L'obtention d'un découpage pertinent des zones maritimes n'est pas aussi simple que pour les zones terrestres ; or il est tout aussi important pour établir les politiques de conservation.

Exemples

- Le découpage des zones marines et côtières de l'Australie en régions biogéographiques a été réalisé à partir de données sur l'environnement comme la bathymétrie et de données sur les espèces : <http://www.deh.gov.au/coasts/mpa/nrsmpa/imcra.html> ;
- Programme « Global 200 Ecoregions », volet marin : http://www.nationalgeographic.com/wildworld/profiles/g200_marine.html ;
- Aires marines de conservation du Canada : <http://www.pc.gc.ca/fra/progs/amnc-nmca/index.aspx>.

Régionalisation aquatique

Le découpage et la classification biogéographiques des zones aquatiques ne sont pas aussi courants que dans le cas des zones terrestres ou marines, mais ils sont utilisés dans la gestion des écosystèmes aquatiques.

Exemples :

- Gestion d'écosystèmes aquatiques dans le cadre de régionalisations réalisées à partir de données sur les macro invertébrés (Wells et al. 2002).

Politique de conservation

L'établissement d'une politique de conservation de la biodiversité à long terme nécessite des données d'occurrence d'espèces pour déterminer les priorités. Il est impossible de préserver toutes les populations de toutes les espèces sur Terre (Margules et al. 2002). Il n'est même pas possible de conserver des représentants de toutes les espèces dans les réserves traditionnelles. Ce n'est que récemment que la biodiversité est devenue l'élément central dans la sélection des réserves. Des exemples d'éléments clés pour établir les priorités sont la complémentarité, la réplication, la représentativité et le caractère irremplaçable.

Gaston et d'autres (2002) ont identifié six étapes distinctes dans le processus d'élaboration d'une politique de conservation. La première est la compilation de données sur la biodiversité : la revue des données existantes, la collecte de nouvelles données lorsque le temps et les ressources le permettent, et la collecte d'informations détaillées sur la localisation des espèces menacées ou prioritaires à d'autres égards. Les données sont une première étape essentielle, et le reste du processus dépend de leur acquisition et de leur pertinence.

Evaluation rapide de la biodiversité

La plupart des projets d'évaluation rapide de la biodiversité demandent de grandes quantités de données d'occurrence d'espèces pour donner des résultats significatifs. L'expérience a montré que ces projets coûtent très cher, et la collecte des données, particulièrement de données d'occurrence d'espèces, en est le volet le plus coûteux en temps (Nix *et al.* 2000).

Exemples :

- L'évaluation de la biodiversité et l'étude de programmation du projet BioRap en Papouasie Nouvelle Guinée : <http://www.amonline.net.au/systematics/faith5a.htm> ;
- Etude nationale de la biodiversité en Papouasie Nouvelle Guinée (Sekhran et Miller 1995) ;
- Estimation de la biodiversité amazonienne : http://www.amazonia.org/SustainableDevelopment/Jauaperi/Biodiversity/ALMA/ABDE/ABDE_3.htm ;
- Inventaires rapides de la biodiversité en Indonésie : http://www.opwall.com/Indonesia_biodiversity_surveys.htm ;
- Evaluation écologique rapide dans la réserve naturelle de « Spanish Creek » au Belize : http://biological-diversity.info/Spanish_Creek.htm.

Identification des zones prioritaires pour la biodiversité

La programmation et l'évaluation de la conservation de la biodiversité nécessite d'identifier les zones qui représentent la diversité biologique d'une région, d'un pays ou d'un biome (Margules et Redhead 1995). Etablir les priorités implique de décider quelle biodiversité on veut conserver, combien d'individus pour chaque espèce, etc.

Exemples :

- Outils pour évaluer les zones prioritaires pour la biodiversité (Faith et Nicholls 1996) ;
- Application pratique de la notion d'espèces représentantes de la biodiversité et de pourcentages cibles pour la conservation en Papouasie Nouvelle Guinée (Faith et al. 2001) ;
- Le « Monde de la biodiversité » : une évaluation de la conservation à base de modélisation de la biodiversité : <http://www.wesc.ac.uk/projects/biodiversity/index.html> ;
- La boîte à outils pour le gouvernement local est conçue pour fournir aux conseils territoriaux les outils, ressources et contacts nécessaires pour intégrer la conservation de la biodiversité dans leur politique : <http://www.environment.gov.au/archive/biodiversity/toolbox/index.html> ;

- Evaluation des ressources nationales de biodiversité terrestres et aquatiques (en anglais, « National Land and Water Resources Biodiversity Assessment » : NLWRA) - identifier les priorités pour la conservation : <http://www.nlwra.gov.au/> ;
- Définition des zones marines prioritaires : <http://www.mcbi.org/what/sanctuaries.htm> ;
- Atelier sur la définition de priorités pour la conservation de la biodiversité : http://www.earth.nasa.gov/science/biodiversity/section_d2.html ;
- Evaluation des besoins de la Papouasie Nouvelle Guinée en matière de conservation (Alcorn 1993).

Sélection des réserves

Une fois que l'évaluation de la biodiversité a été effectuée, et que les zones prioritaires ont été identifiées, l'étape suivante consiste à sélectionner les aires appropriées pour les réserves.

Exemples :

- L'analyse de lacunes est utilisée dans l'Idaho (Etats-Unis) pour sélectionner les réserves : <http://www.gap.uidaho.edu/Bulletins/9/bulletin9/bulletin9html/aaorsafipobanme.html> ;
- Le Muséum australien conduit un programme pour examiner l'utilisation de critères génétiques pour sélectionner les réserves : http://www.amonline.net.au/evolutionary_biology/research/projects/gcrs.htm ;
- Un autre projet de Muséum australien s'intéresse à l'utilisation de bousiers comme espèce indicatrice pour mesurer et comparer la diversité génétique, et évalue leur usage possible pour sélectionner les réserves : http://www.amonline.net.au/evolutionary_biology/research/projects/ressel.htm ;
- Une étude en Colombie Britannique a examiné la sensibilité de la sélection des réserves aux choix relatifs à l'échelle, aux données de biodiversité et aux cibles (Warman *et al.* 2004) ;
- Margules et Pressey (2000) ont souligné l'importance de la conservation que ce soit dans les réserves ou en-dehors, et le besoin de gérer des paysages entiers pour la production et la protection ;
- Liste de référence pour l'analyse de lacunes et la sélection des réserves : <http://www.apec.umn.edu/faculty/spolasky/reserve.PDF> ;
- L'analyse des structures permet une représentativité environnementale dans la sélection des réserves (Belbin 1993) ;
- Déterminer des aires protégées et utiliser des corridors d'habitats critiques pour les pandas géants en Chine (MacKinnon et De Wulf 1994).

Complémentarité

La mise en œuvre de la notion de complémentarité consiste à sélectionner un ensemble d'aires de conservation dont l'union représente un maximum d'espèces (Margules *et al.* 1998). La complémentarité utilise un processus itératif – par exemple, si on veut que toutes les espèces soient représentées, on commence par choisir l'aire contenant le plus d'espèces, puis on cherche l'aire suivante qui contient le plus grand nombre d'espèces qui ne sont pas déjà représentées, et ainsi de suite. Les données d'occurrence d'espèces sont essentielles pour déterminer chaque aire suivant cet algorithme.

Exemples :

- Complémentarité, analyse de viabilité de la biodiversité et algorithmes fondés sur les politiques de conservation (Faith *et al.* 2003) ;
- Identifier comme aires de priorité maximale celles qui apportent la plus grande contribution à un ensemble représentatif par complémentarité (Faith et Walker 1997) ;
- Une nouvelle base de données sur la distribution des espèces de vertébrés dans un continent tropical apporte une perception nouvelle des priorités de conservation à travers l'Afrique (Brooks 2001) ;

- Dans l'Oregon, des algorithmes de sélection de réserves ont été comparés à l'aide de données sur les vertébrés terrestres (Csuti *et al.* 1997) ;
- Une étude récente de planification à l'échelle d'un pays, en Papouasie Nouvelle Guinée a illustré l'importance des compromis fondés sur la complémentarité pour déterminer les priorités de conservation (Faith et Walker 1996) : <http://www.ias.ac.in/jbiosci/jul2002/393.pdf>.

Conservation ex-situ

Les actions de conservation ne peuvent toutes être conduites dans des réserves formellement établies. La conservation hors réserve et ex-situ compte elle aussi, et les jardins zoologiques et botaniques jouent un rôle important dans la conservation des espèces rares et menacées et dans les programmes de reproduction en captivité. Les données d'occurrence d'espèces constituent des sources d'information essentielles pour les institutions et les agents en charge de programmes de conservation ex-situ.

Jardins zoologiques

Les zoos jouent maintenant un rôle majeur dans la conservation des espèces rares. Nombre d'entre eux ont des programmes de reproduction en captivité, et quelques uns sont impliqués dans la reconstitution de populations d'espèces rares à fin de réintroduction dans la nature.

Exemples :

- De nombreux zoos dans le monde conduisent des programmes de reproduction du cheval de Przewalski afin de le réintroduire dans la nature : <http://www.fao.org/docrep/004/AC148E/AC148E01.htm> ;
- L'UICN appuie la reproduction en captivité de renards, loups, chacals, et chiens dans le but de les réintroduire dans la nature : <http://www.canids.org/1990CAP/10captvb.htm> ;
- Des tissus reproductifs d'animaux menacés sont préservés en Australie en vue de futurs programmes de reproduction : http://www.monash.edu.au/pubs/eureka/Eureka_95/freeze.html ;
- En 1995, des institutions zoologiques du monde entier ont développé ensemble la Stratégie mondiale de conservation zoologique : <http://www.zoo.nsw.gov.au/content/view.asp?id=47>.

Jardins botaniques

Les jardins botaniques jouent avec les plantes un rôle similaire à celui des zoos. Beaucoup de plantes rares sont cultivées et reproduites en vue d'être introduites dans des pépinières, afin de réduire la pression sur les populations sauvages ; certaines espèces sont réintroduites dans la nature, et d'autres sont conservées dans les jardins eux-mêmes.

Exemples :

- L'Héritage vert – jardins botaniques et conservation au Canada : http://www.rbg.ca/greenlegacy/pages/botanical_pg2.html ;
- La culture de plantes rares dans les jardins botaniques australiens : <http://www.anbg.gov.au/chabg/bg-dir/collections.html> ;
- Le Poids d'un Pétale : la Valeur des Jardins Botaniques (Bruce Rinker) : <http://www.actionbioscience.org/biodiversity/rinker2.html> ;
- Un Manuel pour les Jardins Botaniques sur la Réintroduction de Plantes dans la Nature (Akeroyd et Wyse-Jackson 1995) ;

- Une Liste de Référence pour les Réintroductions de Plantes, les Plans de Sauvetage et les Programmes de restauration (Jardins Botaniques Royaux de Kew) : <http://www.rbgekew.org.uk/conservation/reintro.html> ;
- La localisation du Pin Wollmi (*Wollemi nobilis*) en Australie a été gardée secrète pendant que les jardins botaniques faisaient pousser une quantité suffisante à destination des pépinières afin de réduire la pression sur les populations sauvages : <http://home.bluepin.net.au/yallaroo/conservationandcult.htm> ;

Les parcs naturels

Les parcs naturels – zoologiques et botaniques – fournissent aussi des sites pour la conservation ex-situ.

Exemples :

- Le Parc naturel animalier des Lacs du Sud au Royaume Uni a un grand programme de conservation : <http://www.wildanimalpark.co.uk/> ;
- Le Parc naturel animalier du Zoo de San Diego a aussi des programmes de conservation importants : <http://www.sandiegozoo.org/conservation/zooprojects.html> ;
- Le Parc de Conservation de Cleland en Australie du Sud vise à conserver les animaux comme les plantes : <http://www.environment.sa.gov.au/parks/cleland/> ;
- De nombreux sanctuaires privés sont actuellement établis pour la préservation des plantes et des animaux : <http://www.environment.sa.gov.au/biodiversity/sanctuary.html>.

Exploitation durable

On tend de plus en plus à mêler conservation et exploitation durable. Tous les pays ne peuvent pas se permettre de préempter des terres pour en faire des réserves de conservation classique, et ils mettent en place des aires d'exploitation durable mettant à contribution les communautés locales et les données sur la biodiversité.

Exemples :

- En Afrique du Sud, la réserve naturelle Ezemvelo est proposée pour devenir une réserve économiquement indépendante mettant en œuvre un programme de conservation, tout en exploitant ses ressources naturelles d'une manière durable (Sonnekus et Breytenbach 2001) ;
- Au Costa Rica, l'Aire de conservation de Guanacaste a été mise en place comme une réserve d'exploitation durable avec l'aide de la population locale (Janzen 1998, 2000) ;
- Le programme Homme et Biosphère des Nations Unies vise à réconcilier conservation et exploitation durable : <http://www.unesco.org/mab/>.

Banques de semences et ressources génétiques

La conservation de la biodiversité grâce au stockage à long terme et à la préservation de semences et de ressources génétiques est un autre usage des données sur les espèces.

Exemples :

- Le projet de banque de semences du millenium (en anglais, « Millenium Seed Bank ») est un projet collaboratif destiné à sauver les espèces de plantes de l'extinction : <http://www.kew.org/msbp/> ;
- L'académie des sciences chinoise développe une banque de ressources génétiques (Germplasm) pour les espèces sauvages de la Chine du Sud-Est : <http://english.cas.ac.cn/english/news/detailnewsb.asp?infoNo=24630> ;
- Base de données GenBank : <http://www.psc.edu/general/software/packages/genbank/genbank.html>.

Gestion des ressources naturelles

Une meilleure information sur la biodiversité rendra les gestionnaires de ressources naturelles mieux à même d'identifier les zones de forte diversité spécifique et de fort endémisme, de déterminer quelles ressources sont exploitables, et d'encourager les efforts pour protéger et gérer les ressources naturelles (Page *et al.* 2004).

Ressources terrestres

Le besoin de gérer les ressources terrestres de manière durable commence à être reconnu comme une question d'importance croissante. La richesse accumulée des données précises sur la biodiversité est essentielle pour la programmation de l'utilisation des terres et pour les décisions de gestion.

Exemples :

- Revue de la végétation et la gestion des ressources naturelles en Australie : http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation/vegetation_frame.cfm?region_type=AUS®ion_code=AUS&info=NRMV_overview ;
- Plans régionaux d'utilisation des terres et plans de gestion des ressources terrestres en Colombie Britannique : <http://srmwww.gov.bc.ca/rmd/lrmp/> ;
- A Cuba, les données sur la biodiversité sont utilisées pour combattre la désertification (Negrin *et al.* 2003) : <http://www.unccd.int/actionprogrammes/lac/national/2003/cuba-spa.pdf> ;
- Gérer les ressources naturelles en Afrique et au Proche Orient : http://web.idrc.ca/en/ev-3313-201-1-DO_TOPIC.html ;
- Le site de l'UICN sur l'exploitation durable : <http://www.iucn.org/themes/sustainableuse/> ;
- L'Institut sud-africain des ressources naturelles : <http://www.inr.unp.ac.za/>.

Ressources aquatiques

La gestion des ressources aquatiques intègre la gestion et l'exploitation durables, incluant le développement d'indicateurs de qualité des eaux et le contrôle biologique des espèces invasives.

Exemples :

- La croissance démographique (avec la demande associée de produits agricoles et d'énergie hydroélectrique) se combine avec le changement climatique pour susciter en Afrique une pénurie d'eau (Schultze *et al.* 2001) ;
- La Banque Mondiale – son site consacré à la gestion des ressources aquatiques : <http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/ardext.nsf/18ByDocName/WaterResourcesManagement> ;
- Programme Chine-Etats-Unis de gestion des ressources aquatiques : <http://www.lanl.gov/projects/chinawater/main.html> ;
- Macroinvertébrés utilisés comme indicateurs de qualité des eaux (Département du Maryland des Ressources naturelles) : <http://www.dnr.state.md.us/streams/pubs/freshwater.html#Where%20and%20when%20are%20freshwater%20benthic> ;
- Le programme de qualité de l'eau et de biologie aquatique de l'organisme américain EPA : <http://www.epa.qld.gov.au/register/p00736ad.pdf>.

Protection de l'environnement

La protection de l'environnement recouvre un vaste domaine, et est le plus souvent considérée comme la protection de l'environnement contre la pollution d'origine humaine. Mais c'est un sujet beaucoup plus vaste, qui concerne la protection de l'environnement contre toutes les formes d'impact d'origine humaine comme le changement climatique, l'impact de la construction, etc.

Exemples :

- La législation sur la protection de l'environnement en Australie fait appel à un système d'aide à la décision en ligne pour suivre les impacts du développement, de l'agriculture et de la pêche, etc. sur des sujets touchant l'environnement comme les sites du Patrimoine mondial, les espèces menacées et migratrices, ou les zones humides importantes. Les données primaires d'occurrence d'espèces constituent une source majeure d'information de fond pour les système d'aide à la décision (Chapman et al. 2001) :
<http://www.deh.gov.au/erin/ert/epbc/index.html> ;
- L'autorité de protection de l'environnement des Etats-Unis utilise des données d'occurrence d'espèces pour de nombreux aspects de la protection de l'environnement :
<http://www.epa.gov/>.

Suivi environnemental

Le suivi de l'environnement au cours du temps est aspect souvent négligé, mais essentiel la continuité de la gestion des ressources environnementales.

Exemples :

- Suivi à long terme des ressources biologiques de l'Australie (Redhead et al. 1994) ;
- Suivi environnemental en Suède :
<http://www.svenskamiljonatet.se/cbd/eng/hav/miljoovervakning.htm> ;
- Les étudiants de l'Université de Waterloo collectent chaque été des données dans des dispositifs forestiers de suivi de la biodiversité au cours de leur troisième année de la filière Suivi Environnemental : http://www.escarpment.org/Monitoring/mon_forestbio.htm ;
- Le Groupe international pour la biodiversité du parc naturel d'Albufera fait appel à des volontaires pour collecter des données de suivi du changement climatique :
http://www.medwetcoast.com/article.php3?id_article=200 ;
- L'ONG ornithologique « Birdlife International » utilise des indicateurs de biodiversité pour le suivi environnemental : <http://www.birdlife.net/action/science/indicators/>.

Agriculture, foresterie, pêche et exploitation minière

Les domaines de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche et de l'exploitation minière sont parmi les plus grands utilisateurs de données primaires d'occurrence d'espèces. L'identification des zones appropriées pour les cultures, l'identification des espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées clés à des fins de croisement génétique. L'identification de nouvelles espèces pour l'alimentation, le bois, les produits non ligneux et les usages industriels. La détermination de la provenance pour choisir les lieux de plantation, l'identification d'agents de contrôle biologique contre les mauvaises herbes et les pathogènes. La détermination de zones clés pour la production et la protection forestières, que ce soit pour des plantations ou l'exploitation de plantes sauvages. La gestion des pêcheries et l'identification des prises involontaires. L'étude des habitudes alimentaires, des pesticides, des contaminants, et l'identification de sites miniers potentiels, etc.

Agriculture

Un nouveau terme, « agrobiodiversité », ou « biodiversité agricole », a été récemment défini par la Décision V/5 de la Cinquième Conférence des Parties à la Convention sur la Biodiversité, comme incluant « ... *tous les composants de la diversité biologique en rapport avec l'alimentation et l'agriculture, et tous les composants de la diversité biologique qui constitue l'agro-écosystème* » (<http://www.biodiv.org>). Ceci comprend les services écologiques comme le cycle des nutriments, la régulation des nuisibles et pathogènes (contrôle biologique naturel), la pollinisation, les habitats sauvages, les cycles hydrologiques, la séquestration du carbone, et la régulation du climat, ainsi que des aspects culturels, comme le tourisme (Miller et Rogo 2001).

L'industrie agro-alimentaire rien qu'aux Etats-Unis est estimée avoir un chiffre d'affaires annuel de 800 milliards de Dollars (Pimental *et al.* 1999). Toute cette activité repose sur des espèces biologiques, qu'il s'agisse de plantes comme le maïs, le blé, le riz, le soja ou d'autres cultures, ou bien d'animaux comme le bétail, les porcs, les volailles, ou encore de champignons. Les espèces biologiques sont aussi utilisées dans l'industrie agricole pour la restauration des paysages, le contrôle biologique des nuisibles, le sport, les animaux de compagnie et les procédés de fabrication des aliments. Les bases de données d'occurrence d'espèces constituent une source clé d'information à l'usage de l'agriculture et des activités associées.

Nouvelles plantes cultivées et parentes sauvages

Partout on cherche en permanence de nouvelles espèces à cultiver. Les bases de données primaires sur les espèces sont utilisées pour identifier les parentes sauvages des espèces actuellement cultivées, et pour détecter de nouvelles espèces, qui ont notamment pu être utilisées par les peuples indigènes. De plus, les parentes sauvages sont étudiées en vue de transferts génétiques qui permettraient de contrôler les mauvaises herbes, d'améliorer les vitesses de croissance, de réduire la consommation d'eau, etc.

Exemples :

- De proches parentes sauvages du riz, dont *Oryza rufipogon*, *O. nivara*, *O. longistaminata*, et *O. glumaepatula* se trouvent communément en coexistence dans les champs de riz de nombreux pays d'Asie, d'Afrique et d'Amérique. Des croisements avec ces espèces ont été pratiqués depuis des centaines d'années, et plus récemment les biotechnologies ont utilisé des transferts de gènes spécifiques pour augmenter le niveau de bêta-carotène, le contenu protéique, la résistance aux pathologies et aux insectes, la résistance aux herbicides, et la tolérance au sel (Lu 2004) ;
- Au Brésil, l'hybridation contrôlée et naturelle a lieu entre la cassave (*Manihot esculenta*) et ses parentes sauvages. Des études sont conduites pour identifier, ou susciter, de nouveaux hybrides permettant d'améliorer la production et la fertilité (Nassar 2003) : http://www.funpecrp.com.br/gmr/year2003/vol4-2/gmr0047_full_text.htm ;

- Le Quandong du désert (*Santalaum acuminatum*) est une plante utilisée traditionnellement par les aborigènes d'Australie. Elle est maintenant développée comme source pour l'industrie agro-alimentaire : <http://sres.anu.edu.au/associated/fpt/nwfp/quandong/Quandong.html>.

Origines et parentes sauvages

La recherche de nouvelles origines de plantes cultivées est une pratique traditionnelle qui date de plusieurs siècles. Les bases de données primaires d'occurrence d'espèces peuvent maintenant faciliter cette recherche en fournissant via Internet des données géoréférencées qui permettent d'identifier de nouvelles populations et zones d'étude.

Exemples :

- En Nouvelle-Zélande, quatre nouvelles zones adaptées à la plante *Cordyline australis* ont été sélectionnées pour étudier leur intérêt pour la production de fructose (Harris 1994) ;
- En Australie, on recherche des sources adaptées aux espèces d'*Acacia* que pourrait brouter le bétail (Dynes et Schlink 2002) ;
- En Afrique Centrale, le germoplasme issu de quatre-vingts cinq provenances de l'Eru (*Gnetum africanum* et *Gnetum buchholzianum*), espèces de légumes verts hautement nutritifs, a été sélectionné en vue d'amélioration génétique, et de culture et gestion ex-situ (Shiembo 2002) : <http://www.fao.org/docrep/X2161E/x2161e06.htm> ;
- Le potentiel de production de gomme de *Cassia brewsteri* (Cunningham *et al.* 2001) : <http://www.rirdc.gov.au/reports/NPP/UCQ-12A.pdf> ;
- Le programme Graines du succès (en anglais, « Seeds for Success ») aux Etats-Unis collecte des graines d'espèces utilisées dans la stabilisation, la réhabilitation et la restauration de terres dégradées : <http://www.nps.gov/plants/sos/>.

Industrie agro-alimentaire

L'utilisation d'espèces pour produire des aliments remonte à des milliers d'années avec l'usage de levures dans la production d'alcool et de pain, ou de bactéries dans la production de fromage. Par exemple, les nombreuses variétés et parfums du vin viennent de l'ample choix de raisins bons pour la fermentation et de la vaste palette de levures et de bactéries utilisables. Les viticulteurs et les brasseurs sont toujours à la recherche de variétés nouvelles et améliorées de levure.

Exemples :

- Le rôle de la levure dans la production des boissons alcoolisées : <http://www.botany.hawaii.edu/faculty/wong/BOT135/Lect14.htm> ;
- Les bactéries sont utilisées dans la production et le traitement de la crème fraîche, du babeurre, du yaourt, du fromage, de la choucroute, des cornichons et autres condiments, du chocolat, du café, du vinaigre, etc. Et les industriels sont toujours en quête d'espèces nouvelles et meilleures pour introduire de nouveaux goûts et de nouveaux produits : <http://www.bacteriamuseum.org/niches/foodsafety/goodfood.shtml>.

L'exploitation des populations naturelles

L'exploitation des populations naturelles de plantes et d'animaux pour la nourriture et l'ornement est une autre activité majeure qui bénéficie de la disponibilité des données d'occurrence d'espèces. L'exploitation des animaux sauvages est sujette à controverse, mais c'est une activité importante dans de nombreux pays en développement. L'exploitation forestière est traitée plus loin, mais la récolte de fleurs dans la nature est une activité importante dans des pays comme l'Afrique du Sud et l'Australie. Les données d'occurrence d'espèces sont utilisées pour identifier les espèces exploitables et pour déterminer les zones qui abritent des populations durables.

Exemples :

- L'exploitation des espèces sauvages dans la région du Fynbos en Afrique du Sud fournit un revenu à 20.000 personnes (Lee 1997) : <http://www.ars.usda.gov/is/pr/1997/971010.2.htm> ;
- Certains fruits et ignames en Amérique du Sud sont cultivés de manière semi-sauvage, par exemple *Spondias mombin* (Capbell 1996) : <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/V3-431.html> ;
- Vingt-deux espèces animales sont exploitées dans la nature en Afrique (Ntiamoa-Baidu 1997) : <http://www.fao.org/docrep/W7540E/w7540e00.htm> ;
- Au Brésil, de nombreux fruits sauvages sont utilisés pour parfumer les glaces et pour faire des jus de fruits : http://www.maria-brazil.org/brazilian_sherbets.htm.

Insectes bénéfiques en agriculture

Autant certains insectes nuisibles sont destructeurs en agriculture, autant d'autres y jouent un rôle positif important.

Exemples :

- Fiche sur l'industrie apicultrice (Revitalisation du Saskatchewan pour l'agriculture, l'alimentation et les espaces ruraux) : <http://www.agr.gov.sk.ca/docs/crops/apiculture/HoneyIndustry.pdf> ;
- L'industrie de la soie en Iran : http://www.iccim.org/English/Magazine/iran_commerce/no1_1999/17.htm ;
- L'artisanat de l'apiculture et de la sériciculture comme générateur de revenu en Afrique (Raina 2000) ;
- Récoltes (papillons, extraction chimique), petits cheptels (Odhiambo 1977) ;
- Les nids de termites sont aussi utilisés comme matériau de construction (Swaney 1999 : 435) ;
- Les données d'occurrence d'espèces ont été utilisées pour améliorer la pollinisation des palmiers à huile en Malaisie : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case14.htm.

Mauvaises herbes et nuisibles

L'impact financier des mauvaises herbes, des nuisibles et des pathogènes sur la production agricole est énorme (Suarez et Tsutsui 2004). Les espèces qui causent généralement le plus de dégâts ont été introduites d'ailleurs (Pimental *et al.* 2004), et celles-ci sont traitées séparément dans la section relative aux espèces invasives, ci-dessus. Toutefois, les nuisibles et pathogènes n'ont pas tous été introduits, et leur identification, leur contrôle et leur gestion peuvent poser des problèmes complexes aux agriculteurs. Les mauvaises herbes, par exemple, peuvent constituer de précieuses sources de nourriture pour les insectes pollinisateurs. Souvent dans le passé, le défrichement pour l'agriculture a en même temps augmenté les surfaces herbacées pour les animaux brouteurs et les oiseaux mangeurs de graines, comme les kangourous et les cacatoès en Australie. Les bases de données d'occurrence d'espèces peuvent jouer un rôle important dans l'identification des mauvaises herbes et des nuisibles en agriculture et pour étudier leur distribution.

Exemples :

- Certains animaux se sont bien adaptés au changement des paysages en Australie et leurs populations ne cessent de s'accroître. Ceci inclut les kangourous gris de l'Ouest (*Macropus fuliginosus*), les galahs (*Cacatua roseicapilla*), les corbeaux (*Corvus coronoides*), les pies australiennes (*Gymnorhina dorsalis*), les corellas (*Cacatua tenuirostris*) et le perroquet de Port Lincoln (*Barnardius zonarius*). D'autres, appartenant à des espèces apparentées, peuvent être très rares : l'identification est donc importante pour leur gestion (Hindmarsh 2003) : http://portal.environment.wa.gov.au/pls/portal/docs/PAGE/DOE_ADMIN/TECH_REPORTS_REPOSITORY/TAB1019581/WRM33.PDF ;

- Seulement 5 des 43 espèces de macropodes (kangourous) en Australie peuvent être exploitées, et des comptages sont effectués chaque année pour déterminer les quantités autorisées à la chasse. L'identification est importante pour assurer que les dénombrements sont corrects et que des espèces menacées ne sont pas chassées par erreur : <http://www.dfat.gov.au/facts/kangaroos.html> ;
- L'identification correcte d'un champignon du blé aux Etats-Unis a sauvé 5 milliards de Dollars par an en exportation de blé : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case8.htm.

Invertébrés nuisibles

Les invertébrés nuisibles, surtout les insectes, peuvent entraîner des pertes massives de production chaque année, et sont une cause majeure de famine (nuages de sauterelles) dans de nombreuses régions d'Afrique et d'ailleurs. Aider à identifier ces nuisibles est un autre rôle crucial des données sur les espèces.

Exemples :

- Le Centre national pour la gestion intégrée des nuisibles, en Inde, a développé un programme pour cartographier la distribution de tous les nuisibles des principales récoltes du pays : <http://www.ncipm.org.in/Maps.htm> ;
- Le Centre de recherche international sur le développement met au point un service d'identification et de biosystématique pour les insectes qui impactent l'agriculture en Afrique sub-saharienne : http://web.idrc.ca/en/ev-26155-201_870175-1-IDRC_ADM_INFO.html ;
- Les récoltes croisées augmentent le parasitisme des nuisibles (Khan *et al.* 1977).

Plantes et animaux pathogènes

On estime qu'il existe environ 50.000 pathologies parasitaires ou non parasitaires de plantes aux seuls Etats-Unis, dont la plupart sont causées par diverses espèces de champignons. Les sources de données sur les espèces de mycètes, y compris les collections vivantes, peuvent être importantes pour l'identification et le contrôle de nombre de ces espèces.

Exemples :

- La Base de données écologiques sur les insectes pathogènes dans le monde offre de l'information sur les champignons, les virus, les protozoaires, les mycoplasmes, les nématodes et les bactéries qui infectent les insectes, les mites et les arthropodes associés : <http://cricket.inhs.uiuc.edu/edwipweb/edwipabout.htm> ;
- A l'aide de liens vers les bases de données primaires sur les occurrence d'espèces, l'Université de l'Etat du Kansas met en œuvre des outils géographiques pour traquer les phyto-pathogènes : http://www.innovations-report.de/html/berichte/agrar_forstwissenschaften/bericht-27646.html ;
- Modélisation de la distribution spatiale des pathogènes importants des plantations forestières d'Afrique du Sud (van Staden *et al.* 2004).

Foresterie

L'industrie forestière a une énorme importance dans le monde entier. C'est une industrie qui a traditionnellement utilisé des populations indigènes sauvages, mais qui se dirige graduellement vers la méthode de la plantation. Les données primaires d'occurrence d'espèces jouent un rôle dans les deux cas, d'abord au travers de l'identification des espèces et des zones pour l'exploitation forestière, et en essayant d'équilibrer exploitation et conservation, et ensuite en déterminant quelles espèces et de quelles origines seront les mieux adaptées pour croître dans quelles zones de plantation.

Equilibrer foresterie et conservation

L'industrie forestière qui exploite les plantes indigènes repose sur les données de distribution d'espèces pour trouver de nouvelles espèces et zones à exploiter. Les données d'occurrence d'espèces sont aussi utilisées pour développer des méthodes de gestion forestière durable en réservant des zones à l'exploitation et d'autres à la conservation.

Exemples :

- Inventaire national des espèces forestières indigènes en Afrique du Sud (Wannenburgh et Mabena 2002) : <http://www.dwaf.gov.za/Forestry/FTIS/symp2002/inventory.doc> ;
- Le Programme national de foresterie du Swaziland étudie la valeur de la biodiversité et les multiples usages des terres forestières : http://www.ecs.co.sz/forest_policy/fap/index.htm ;
- Accords forestiers régionaux en Australie. Gouvernement de la Tasmanie et Commonwealth d'Australie : <http://www.affa.gov.au/content/output.cfm?ObjectID=89389274-95D8-4380-BD9BB177D644820A&contType=outputs> ;
- Utilisation de modèles forestiers alliant traitement informatique et heuristiques dans les plantations d'eucalyptus au Brésil (Almeida *et al.* 2003) ;
- Des études en Australie utilisent des données d'occurrence d'espèces dans la modélisation et l'évaluation de la conservation pour équilibrer foresterie et biodiversité (Faith *et al.* 1996).

Plantation forestière

L'utilisation de plantations forestières se répand partout dans le monde, et des techniques sont utilisées pour déterminer la localisation la mieux adaptée à chaque espèce. Les données d'occurrence d'espèces sont mises en relation avec des modèles environnementaux pour déterminer les profils climatiques à partir des aires de répartition naturelles et appliquer ensuite ces profils aux zones et aux pays où la plantation doit être installée.

Exemples :

- Mise en correspondance des espèces d'arbres et des sites à l'aide de modèles environnementaux (Booth 1996) ;
- Modélisation des systèmes forestiers. Ce livre examine les modèles de forêts, les outils et les approches en modélisation forestière, y compris la modélisation des distributions – avec parfois l'appel aux données d'occurrence d'espèces (Amaro et Soares 2003).

Identification des origines

La sélection de l'origine la mieux adaptée pour une espèce qui doit être installée dans une nouvelle aire de plantation est extrêmement importante. La sélection se fonde non seulement sur les conditions actuelles, mais utilise aussi une modélisation et des scénarii des conditions climatiques à venir, etc.

Exemples :

- Sélectionner les espèces et les origines des espèces d'arbres d'Australie en vue de plantation en Australie, en Chine, en Thaïlande, au Laos, au Cambodge, au Vietnam, en Indonésie, aux Philippines et au Zimbabwe, ainsi que dans d'autres régions en Asie du Sud-Est, en Afrique et en Amérique Latine (CSIRO Australie) : <http://www.ffp.csiro.au/pff/species/> ;
- Mettre en correspondance les espèces d'arbres et les sites à l'aide d'un modèle environnemental, en étudiant les origines des espèces d'arbres d'Australie en vue de plantations en Chine et en Asie du Sud-est (Booth 1996) ;
- En Inde, de nouvelles origines du genre *Leucaena* sont recherchées afin d'en trouver qui permettent d'introduire des individus au tronc plus droit, à la floraison plus tardive, et produisant moins de graines : <http://www.forests.qld.gov.au/resadv/research/qficonf/qfri6.htm> ;

- Au Vietnam, les espèces d'*Acacia* et leurs origines sont sélectionnées pour des plantations à grande échelle (Ngia et Kha 1996). Entre 1982 et 1995, 18 espèces et 73 origines de 5 espèces d'*Acacia* ont été testées dans 8 localisations à travers le Vietnam : <http://www.forests.qld.gov.au/resadv/research/qficonf/qfri6.htm> ;
- Des études du changement climatique au Royaume Uni ont conclu que de nouvelles provenances des espèces existantes devront être trouvées afin que de nouvelles plantations puissent être adaptées aux conditions plus chaudes et peut-être plus sèches que l'on prévoit à l'avenir (Cannell *et al.* 1989).

Pêche

La pêche et les pêcheries constituent une activité importante et sont utilisatrices de données sur la distribution des espèces. Avec la pression toujours croissante sur les stocks qu'indique le déclin des stocks de morues dans l'Atlantique Nord (Crosbie 1992, Meisenheimer 1998). Être capable de suivre les stocks et les déplacements des poissons à travers les espaces marins et d'eau douce est essentiel pour une gestion durable à long terme des stocks des espèces commercialisées. L'identification des espèces dans les prises accessoires est également importante pour la conservation et la gestion de la ressource.

Gestion de la ressource

La gestion de la ressource pour les pêcheries en mer et en eau douce est devenue une question critique dans le monde entier. Une grande proportion des populations côtières dépend presque exclusivement de la pêche pour leur subsistance. L'utilisation des données et des informations distribuées pour prendre des décisions cruciales vis-à-vis de la ressource prend une importance croissante.

Exemples :

- Le Système d'information biogéographique du Golfe du Maine développe un cadre méthodologique pour rendre accessible de manière distribuée les données biogéographiques marines. Le système fournira de l'information et des outils permettant de mieux comprendre et réguler les populations de poissons (Tsonos et Kiefer 2000) : <http://gmbis.marinebiodiversity.ca/aconw95/aconscrip/gmbis.html> ;
- Le Service des pêcheries de la Marine Nationale des Etats-Unis fournit des résumés de données automatisés des débarquements des pêcheries commerciales en poissons, crustacés et coquillages. Le volume et la valeur des débarquements de 1950 à 2002 peuvent être résumés par année, Etats et espèces : <http://www.st.nmfs.gov/st1/commercial/> ;
- Programme d'identification et de données des espèces de la FAO (en anglais, « Species Identification and Data Programme » : SIDP) : www.fao.org/fi/sidp/products.htm ;
- Des études dans la mer de Béring ont examiné la production océanique primaire à long terme et les changements climatiques, et ont fait apparaître des déclins significatifs dans la productivité de 25 à 45% entre 1947 et 1997 (Schell 2000) : http://www.alaskasealife.org/documents/Education/Teacher_guide.pdf ;
- L'identification des points chauds de biodiversité en Nouvelle-Zélande permet de protéger de précieuses zones de ponte : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case25.htm.

Surpêche

La surpêche des stocks naturels devient un problème aigu. La surpêche de la morue dans l'Atlantique Nord a causé une perturbation majeure de populations entières, par exemple à Terre Neuve où il a fallu trouver de nouvelles occupations. Les données d'occurrence d'espèces sont utilisées pour suivre les stocks.

Exemples :

- Plan d'action pour la fermeture de la pêche à la morue (CNLBSC 2003) : http://www.cbasc.org/nf/search/display.cfm?Code=6145&coll=NF_PROVBIS_E ;
- Quel est le problème de la morue ? (Meisenheimer 1998) : <http://www.imma.org/codvideo/whatproblemcod.html> ;
- Une étude des effets de la pêche d'espèces de poissons de grands fonds à l'Ouest de la Grande Bretagne a été conduite dans les années 1970 et 1980 (Basson *et al.* 2002).

Eau douce

Les pêcheries en eau douce constituent aussi une activité importante dans de nombreuses régions du monde. Dans beaucoup de pays, la pêche en eaux douce est largement récréative, mais la pêche commerciale pose quand même question dans ces pays, comme dans les pays possédant de grands lacs, et ayant une industrie de la pêche en eau douce importante.

Exemples :

- Politique de gestion de la pêche en eau douce du Gouvernement du Victoria en Australie : <http://www.nativefish.asn.au/fwpolicy.html> ;
- Poissons et pêcheries dans la région des Grands Lacs au Canada : information sur les espèces, l'écologie, etc. : <http://www.great-lakes.net/envt/flora-fauna/wildlife/fish.html> ;
- « L'aquaculture des crevettes » est un document technique de la FAO qui en étudie la nomenclature et la distribution, et qui fournit un manuel pour la culture de la grande crevette de rivière (*Macrobrachium rosenbergii*) : <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4100E/y4100e00.htm#TOC> ;
- Pêche et amélioration des captures en eau douce : état des lieux, contraintes et perspectives pour la sécurité alimentaire (Coates 1995).

Prises accessoires

L'identification et la réduction des prises accessoires de la pêche commerciale devient un problème international, alors que de plus en plus d'espèces marines sont menacées. Le suivi des prises accessoires est devenu une obligation de certains gouvernements, et des méthodes pour réduire les nombres d'espèces touchées et le volume des prises accessoires ont été mises en place.

Exemples :

- Un programme dans le Golfe du Mexique étudie les effets des prises accessoires sur la conservation des ressources de la pêche dans le Golfe (Burrage *et al.* 1997) : <http://www.rsca.org/docs/ib324.htm> ;
- Le Plan d'action sur les prises accessoires de la pêche thonière met l'accent sur le besoin d'identifier correctement les tortues, et sur la nécessité de disposer de posters et de brochures sur l'identification des espèces : http://www.afma.gov.au/fisheries/etbf/mac/mac54/item3_2.pdf ;
- La Fiche factuelle du CSIRO sur la Conservation des requins et des raies australiens met aussi l'accent sur le besoin de « guides d'identification pour aider à collecter une information complète sur les espèces dans les prises accessoires en support à la gestion durable » : <http://www.marine.csiro.au/LeafletsFolder/53guide/53.html>.

Contaminants

L'identification des contaminants dans les poissons et leur suivi au cours du temps pour déterminer si les poissons sont propres à la consommation humaine est un autre usage des données d'occurrence d'espèces. Les poissons sont aussi de bons organismes pour tester la qualité des eaux en mesurant leur degré d'accumulation des toxines.

Exemples :

- Test des contaminants environnementaux persistants dans les poissons et les espèces sauvages (Schmitt et Bunck 1995) ;
- Suivi intégré des poissons en Suède (Sandström *et al.* 2004) ;
- Utilisation des spécimens de poissons du Muséum Richter pour analyser les niveaux historiques de DDT dans la chaîne alimentaire aviaire :
<http://www.uwgb.edu/davisj/biodiv/richter/resources.htm> ;
- Le Programme national de suivi biologique des contaminants de l'USGS (Etats-Unis) étudie les concentrations d'arsenic, de cadmium, de cuivre, de plomb, de mercure, de sélénium et de zinc dans les poissons d'eau douce des Etats-Unis :
<http://www.cerc.cr.usgs.gov/data/ncbp/ncbp.html>.

Pépinières et élevage d'animaux de compagnie

Pépinières

Les pépinières sont de grandes utilisatrices de noms d'espèces et bénéficient donc grandement de l'utilisation des données sur les espèces. Les pépinières sont toujours à la recherche des noms des plantes qu'elles commercialisent, et d'information sur leur distribution à ajouter sur leurs étiquettes.

Exemples :

- La société pour la culture des plantes australiennes traque les changements de noms pour en tenir informés les pépiniéristes qui vendent des espèces australiennes :
<http://farrer.csu.edu.au/ASGAP/changes.html> ;
- La base de données sur les plantes ornementales fournit des détails sur des centaines d'espèces de plantes cultivées avec leur nom et les informations associées :
<http://www.msue.msu.edu/msue/imp/modzz/masterzz.html>.

Orchidées et mycorrhizes

La culture de nombreuses orchidées terrestres nécessite une association avec des mycorrhizes spécifiques, et les bases de données sur les espèces peuvent aider à identifier ces associations.

Exemples :

- De nombreuses études ont été effectuées dans les Jardins botaniques nationaux australiens sur la germination symbiotique des espèces d'orchidées terrestres (Clements et Ellyard 1979) :
<http://www.anbg.gov.au/cpbr/summer-scholarship/2003-4-offer-clements.html> ;
- Au Costa Rica, des études sur la relation entre les mycorrhizes et les orchidées en culture sont effectuées dans les Jardins botaniques de Lankester (Rivas *et al.* 1998).

Animaux de compagnie

Les activités associées aux animaux de compagnie sont très importantes à travers le monde. Les animaleries ont besoin d'information sur les noms et les localisations d'origine des nombreux animaux qu'ils vendent.

Exemples :

- Dans les seuls Etats-Unis, 19 millions d'oiseaux sont des animaux de compagnie :
<http://www.birdsnways.com/> ;
- Index des animaux de compagnie exotiques :
<http://exoticpets.about.com/cs/resourcesgeneral/a/exoticpetsatoz.htm>.

Exploitation minière

Il ne semble pas évident a priori que l'industrie minière puisse être utilisatrice des données d'occurrence d'espèces ; mais il y a cependant deux raisons principales pour qu'elle les utilise. Certaines espèces sont en effet des indicateurs de fortes concentrations de certains minéraux, et sont parfois utilisées dans le processus d'extraction lui-même ; et d'autres espèces sont utilisées dans la réhabilitation des sites miniers.

Exemples :

- *Terminalia alata* est utilisée en Inde pour indiquer la localisation du cuivre (Pujari et Shivatava 2001) ;
- L'extraction à l'aide de plantes de minéraux contenant des métaux lourds : <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2000/000622.htm> ;
- L'extraction à l'aide de plantes d'or en Nouvelle-Zélande et au Brésil : http://www.gold.org/discover/sci_indu/gold2003/pdf/s36a1355p976.pdf ;
- La phytoremédiation utilisant des plantes pour nettoyer les sols : <http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/jun00/soil0600.htm> ;
- L'influence des insectes sur la chimie des sols peu aussi être mise à profit dans la prospection de minéraux (on peut citer par exemple Watson 1974) ;
- La réhabilitation des sites miniers et d'autres sites perturbés : <http://www.otago.ac.nz/geology/features/restoration/wangaloa/wangaloa.html> ;
- Le genre *Polycarpha* ont été utilisées comme indicateurs de présence de cuivre, du fait qu'elles ne poussent que sur des sols riches en cuivre (Nicholls *et al.* 1965).

Exploitation minière et déchets

Les données d'occurrence d'espèces sont utilisées dans le domaine des biotechnologies appliquées à l'exploitation minière ou au suivi et au contrôle de la pollution.

Exemples :

- Les bactéries sont utilisées pour extraire des minerais de cuivre, d'or et de fer, et pour gérer les déchets, conduisant à des techniques minières plus propres : <http://www.bioteach.ubc.ca/Bioengineering/microbialmining/> ;
- Les plantes sont utilisées comme détecteurs de pollution de l'air et comme récupérateurs de polluants de l'air (Omasa *et al.* 2002) : <http://www.cplpress.com/contents/C808.htm> ;
- Les lichens sont utilisés comme indicateurs de pollution : <http://www.earthlife.net/lichens/pollution.html>.

Santé et sécurité publique

Les données sur les espèces et leur contribution à la santé et à la sécurité publiques, bien que d'importance croissante, restent toutefois largement inconnues du grand public. Comme l'indiquent Suarez et Tsutsui (2004) les données d'occurrence d'espèces « jouent un rôle critique en santé et en sécurité publiques comme clé de voûte dans les études de santé et d'épidémiologie environnementales ». Elles jouent aussi un rôle clé dans le domaine de la sécurité du fait de leur importance dans la prévention, la détection et l'investigation dans divers types de bioterrorisme (NRC 2003).

La santé, humaine comme environnementale, subit les influences du changement climatique ainsi que de la recrudescence récente du terrorisme et des migrations d'animaux et de plantes. Les données d'occurrence d'espèces peuvent apporter des éclairages précieux dans les études de pathogènes, de vecteurs de maladies, et de contaminants environnementaux (Suarez et Tsutsui 2004). De nombreuses maladies (humaines, animales et végétales) sont liées à la biodiversité, et la distribution à la fois des vecteurs et des agents pathogènes eux-mêmes peut être étudiée à l'aide des données d'occurrence d'espèces. Mises en relation avec des programmes de modélisation, les données sur les espèces permettent de prédire l'étendue de leur distribution potentielle et la vitesse de propagation, à la fois dans les conditions présentes et sous des régimes climatiques altérés.

Maladies et vecteurs

Des études sur le virus du Nil occidental en République Dominicaine (Komar *et al.* 2003) ont examiné la présence du virus dans des espèces d'oiseaux et fait l'hypothèse de liens possibles avec les routes migratoires de ces espèces. L'utilisation de modèles de distribution (Peterson *et al.* 2003b) a confirmé l'hypothèse d'une transmission à grande échelle du virus par des oiseaux migrateurs, et en combinant cette information avec un modèle de simulation, a permis de prédire de nouvelles épidémies (Peterson *et al.* 2003b).

De nombreux autres virus sont aussi transmis par des vecteurs, et les collections entomologiques dans le monde recèlent de nombreux spécimens de moustiques responsables de la transmission de maladies comme la malaria, la malaria aviaire, la dengue, l'encéphalite équine, et le virus du Nil occidental déjà cité.

Les données d'occurrence d'espèces ont aussi été utilisées pour reconstruire l'histoire de l'évolution de certains virus afin de développer des vaccins plus robustes (Ferguson et Anderson 2002), d'étudier les origines du HIV (Siddall 1997), d'étudier les origines et de retracer les déplacements du virus de la grippe aviaire dans des populations d'oiseaux sauvages et domestiques (Perkins et Swayne 2002) et d'étudier les possibilités de transfert du calicivirus du lapin vers d'autres espèces (Munro et Williams 1994).

En outre, il y a maintenant le problème des maladies infectieuses et parasitiques émergentes, et le besoin de documenter les modes et voies de transmission. Ceci ne peut pas être fait sans identifier au niveau de l'espèce à la fois les stades adultes et infectants (larves / juvéniles) (Brooks et Hoberg 2000).

Exemples :

- Virus du Nil occidental (Komar *et al.* 2003) :
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/Ketal_EID_2003.pdf ;
- Maladies transmises par les moustiques (Université Rutgers et CDC) :
<http://www.rci.rutgers.edu/~insects/disease.htm> ;
- Maladie hémorragique du lapin (Munro et Williams 1994) ;
- Origines du HIV (Siddall 1997).

Bioterrorisme

Les données d'occurrence d'espèces jouent un rôle clé dans le contrôle du terrorisme en permettant de retracer l'histoire des maladies infectieuses et en identifiant leurs sources. Les souches de virus et de bactéries détenus et utilisés comme référence lors de nouvelles épidémies ou infections sont parmi les exemples les plus importants de collections de données d'occurrence d'espèces qui jouent un rôle en santé publique. Un exemple récent de leur utilisation a été fourni lors de l'attaque à la maladie du charbon aux États-Unis en 2001 où des chercheurs de divers Centres pour la prévention et le contrôle des maladies ont utilisé des collections de spécimens datant des années 1960 et 1970 pour tenter d'identifier les souches de maladie du charbon en cause (Hoffmaster *et al.* 2002).

L'un des défis que doit relever la communauté des muséums face aux menaces nationales de cette nature est d'être capable de fournir des identifications rapides et précises des agents potentiels employés dans le bioterrorisme (Page *et al.* 2004).

Exemples :

- Attaque à la maladie du charbon aux États-Unis en 2001 (Hoffmaster *et al.* 2002) ;
- Evaluation des risques liés au terrorisme biologique (Université du Kansas, Centre de recherche sur la biodiversité) : <http://www.specifysoftware.org/Informatics/informaticsbtra/>.

Biosécurité

Le flux de gènes des organismes génétiquement modifiés vers leurs parents sauvages est un risque reconnu (Soberón *et al.* 2002). Comme l'on noté Soberón *et al.*, le risque est le plus élevé lorsqu'un cultivar « s'hybride spontanément avec ses espèces apparentées ». Les données d'occurrence d'espèces sont nécessaires si l'on veut que les scientifiques soient capables d'évaluer ces risques en recherchant les relations spatiales entre les OGM cultivés et leurs parentes sauvages, en déterminant leurs distributions potentielles dans diverses conditions climatiques, et en étudiant la biologie de la reproduction des deux groupes de plantes (Soberón *et al.* 2002).

Exemples :

- La Commission nationale mexicaine pour la connaissance et l'usage de la biodiversité (en espagnol : « Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad » : CONABIO) (<http://www.conabio.gob.mx/>) utilise des données d'occurrence d'espèces tirées des herbiers dans le monde entier pour étudier et modéliser les distributions potentielles, et pour déterminer les probabilités de transferts de gènes (Soberón *et al.* 2002). Cette information est utilisée plusieurs fois par semaine pour répondre à des questions du Ministère mexicain de l'Agriculture (Soberón, communication personnelle, Août 2004).

Contaminants environnementaux

Le suivi des contaminants environnementaux dans les populations naturelles est une autre utilisation importante des données primaires d'occurrence d'espèces dans le domaine de la santé. On en trouve un exemple avec l'utilisation de la Banque de spécimens environnementaux du Muséum d'Histoire Naturelle suédois pour suivre les contaminants dans les espèces animales et pour étudier l'effet des substances nocives sur les espèces en danger ou menacées. Un autre exemple est celui du pistage des pesticides, de fongicides, etc. dans les cours d'eau grâce à l'examen des contaminants dans les populations locales d'amphibiens. Dans les études de conservation du Condor californien (*Gymnogyps californianus*), il a été trouvé que la contamination par le plomb (et peut-être pas le DDT) étaient des causes majeures de son déclin tendant vers l'extinction du fait de l'augmentation de la mortalité (Janssen *et al.* 1986). Les collections de muséum ont été utilisées pour examiner l'évolution des niveaux de plomb et de DDT dans le temps et dans l'espace (Ratcliff 1967). D'autres études se sont intéressées aux niveaux croissants de mercure dans les écosystèmes marins en examinant ces niveaux dans les plumes des oiseaux de mer qui se reproduisent dans divers endroits du globe et en comparant ces niveaux avec ceux des spécimens historiques détenus dans les

muséums d'histoire naturelle (Monteiro et Furness 1998, Thompson *et al.* 1998). Les oiseaux accumulent des métaux lourds contenus dans leurs aliments, et les sécrètent dans leurs plumes durant la mue (Green et Scharlemann 2003). Des changements à long terme et des variations dans l'espace des concentrations de métaux lourds peuvent être aisément étudiés à l'aide de telles collections.

Exemples :

- Banque de spécimens environnementaux (Muséum suédois d'Histoire Naturelle) : <http://www.nrm.se/mg/mpb.html.en> ;
- Contaminants environnementaux des amphibiens au Canada (Froglog 16 : 1996) : <http://www.open.ac.uk/daptf/froglog/FROGLOG-16-5.html> ;
- Le mercure dans les plumes des oiseaux du Pacifique Sud-est : influence de la localisation et de l'affiliation taxonomique : http://cars.er.usgs.gov/posters/Ecotoxicology/Mercury_in_Bird_Feathers/mercury_in_bird_feathers.html.

Anti-venins

Il faut savoir identifier correctement le serpent qui a mordu pour administrer le sérum anti-venin approprié. Les données d'occurrence d'espèces peuvent permettre de délimiter les régions où un anti-venin spécifique doit être stocké, et d'accélérer le processus d'identification par un filtrage géographique. Ceci peut être important à la fois pour des raisons de santé publique et pour des raisons de coûts. Une ampoule d'anti-venin polyvalent (un mélange de plusieurs anti-venin) coûte 1.600 \$ en Australie, comparé aux 300 à 800 \$ (selon l'espèce de serpent) que coûte une ampoule d'anti-venin spécifique (Muséum du Queensland 2004). Le traitement d'une victime de morsure de serpents peut nécessiter jusqu'à huit ampoules, l'économie que permet une identification exacte peut donc être significative, sans compter le gain sur le plan de la santé.

Exemples :

- Le projet anti-venin du Muséum du Queensland : <http://www.qmuseum.qld.gov.au/features/snakes/saving.asp>.

Parasitologie

Les parasites sont de plus en plus reconnus comme des composants significatifs de l'environnement et sont de bons modèles pour les études sur l'évolution (Brooks et Hoberg 2001). Les parasites sont des agents de maladie chez l'homme et les animaux domestiques, comme dans la nature, et ils jouent un rôle significatif dans le maintien de l'intégrité et dans la stabilité des écosystèmes (Brooks et Hoberg 2000). Les collections de parasites ont traditionnellement été détenues au sein de grandes collections privées, et ont de ce fait été moins disponibles pour les chercheurs (Hoberg 2002). Cet état de fait est maintenant en passe d'être corrigé avec des systèmes distribués comme le portail GBIF. Les données de spécimens peuvent servir de référence historique et temporelle pour comprendre le changement de l'environnement et l'impact anthropique sur la distribution des parasites et des pathogènes (Hoberg 2002).

Exemples :

- La collection nationale de parasites des Etats-Unis (en anglais, « United States National Parasite Collection » : USNPC) constitue une ressource majeure pour la recherche en systématique, en taxonomie, et dans les domaines du diagnostique écologique et épidémiologique : <http://www.anri.barc.usda.gov/bnpcu/> ;
- Les distributions de rongeurs ont été utilisées dans l'étude des réservoirs et des sites de vecteurs d'un grand nombre de maladies parasitaires, y compris la maladie de Lyme – une

maladie parasitique, classée dans les borrélioses⁸, transmise à l'homme par la piqure d'une tique-, la fièvre de Lassa en Afrique associée aux rats multimammaires, et divers virus du genre *Hantavirus* en Argentine et au Chili (Mills et Childa 1998) :

<http://www.cdc.gov/ncidod/eid/vol4no4/mills.htm> ;

- Les parasites sont utilisés dans les études de biologie de l'évolution (Dimigias 1999) : http://www.baylorhealth.edu/proceedings/12_3/12_3_dimijian.html ;
- L'épidémiologie des amibes, un problème ancien résolu par la taxonomie : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case1.htm.

Une herboristerie plus sûre

Beaucoup de médicaments à base de plantes deviennent disponibles et sont vendues en pharmacie et dans les magasins spécialisés en produits de santé. La sécurité et la pureté de ces produits doivent être contrôlées et testées. Pour ce faire, l'information sur la distribution géographique des plantes utilisées peut être importante.

Exemples :

- L'authentification des phyto-médicaments chinois les rend plus sûrs : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case3.htm ;
- Le test et la normalisation des phyto-médicaments : <http://www.frlht-india.org/html/lab.htm#testingmedicines>.

⁸ Du nom du biologiste français Amédée Borrel : les bactéries en cause sont classées dans le genre *Borrelia* ; celle en cause dans la maladie de Lyme (du nom de la ville de Lyme dans le Connecticut aux Etats-Unis où les premiers cas furent découverts) est *Borrelia burgdorferi* (NdT)

Bioprospection

La bioprospection est la recherche et l'identification de plantes et d'animaux susceptibles de fournir des produits d'intérêt économique, comme de nouvelles substances en pharmacologie, pour l'alimentation, et d'autres usages à découvrir. Les données de distribution d'espèces sont nécessaires pour déterminer les sites et les espèces potentielles, à l'aide d'études taxonomiques et phylogénétiques utilisant les informations issues des collections d'histoire naturelle (Page et al. 2004).

Pharmacologie

Pendant des siècles, plantes et animaux ont été la source de produits de soins. Aujourd'hui ils sont la base de nombreux produits pharmaceutiques dans le monde. Les données primaires d'occurrence d'espèces sont utilisées pour identifier les espèces parentes de celles qui sont déjà la source de substances actives et pour les localiser afin de tester leurs utilisations possibles.

Exemples :

- Au Costa Rica, l'Institut national pour la biodiversité (Inbio) joue un rôle majeur dans la bioprospection des substances d'intérêt pharmacologique dans les forêts du Costa Rica (Janzen et al. 1993) : <http://www.inbio.ac.cr/en/> ;
- Recherche de substances naturelles, en particulier sur les thèmes de nouveaux aspects des interactions plantes - insectes, et des venins d'arthropodes en Afrique (Iwu 1996 ; Torto et Hassanali 1997 ; Weiss et Eisner 1998) ;
- Utilisation des plantes en pharmacologie (Conseil pour l'information en biotechnologie) : <http://whybiotech.ca/canada-english.asp?id=3352> ;
- Au Brésil, le programme FAPESP-Biota finance un projet qui étudie es plantes du Mata Atlantique (forêt humide côtière) et du Cerrado (savanne) en quête de substances d'intérêt en chimie et pharmacologie : <http://www.biota.org.br/projeto/index?show+229> ;
- La forêt amazonienne est un ressource pour les médicaments d'aujourd'hui et de demain : <http://www.rain-tree.com/> ;
- Les fourmis comme source de substance naturelles d'intérêt pharmaceutique (Majer et al. 2004) ;
- Médicaments dérivés des plantes : substances, technologie et applications : http://bcc.ecnext.com/coms2/summary_0002_001960_000000_000000_0002_1 ;
- La chimio-taxonomie des *Xylariaceae* utilise la bioprospection pour obtenir l'information nécessaire sur ces espèces de champignons : <http://pyrenomycetes.free.fr/xylariaceae/keydir/chemotaxonomy.htm> ;
- Filtrage et identification des substances actives dans les champignons à l'aide de données issues de PCR (polymérisation en chaîne ; en anglais, « Polymer Chain Reaction ») (Stadler et Hellwig 2005) ;
- En Australie, la prospection chimique de substances d'intérêt pharmaceutique chez les mollusques est envisagée comme un moyen indirect de conservation (Benkendorff 1999) : <http://www.library.uow.edu.au/adt-NWU/public/adt-NWU20011204.154039/> ;
- L'exploration en quête de substances extraites de la biodiversité peut être effectuée conjointement avec l'exploration et l'exploitation minière en eau profonde : <http://www.theworx.com/deepsea/mining.html> ;
- Phyto-médicaments : http://hcd2.bupa.co.uk/fact_sheets/html/herbal_medicine.html.

Médecine légale

Les données primaires d'occurrence d'espèces sont aussi utilisées en médecine légale. Ce domaine scientifique repose sur des protocoles qui exigent l'identification correcte des organismes et une information précise sur leur distribution spatiale (Page *et al.* 2004). Les collections des muséums d'histoire naturelle recèlent d'énormes quantités d'ADN qui peut être utilisé pour cerner et identifier les acteurs et les sites de crimes.

Fragments de gènes

L'identification de fragments génétiques en comparant l'ADN recueilli sur site avec celui détenu dans les collections est un usage clé des données primaires sur les espèces en médecine légale.

Exemples :

- Des fragments de gènes ont été utilisés pour pister des braconniers de rhinocéros, en recherchant les signatures génétiques dans des produits comme les poudres de corne utilisées en médecine traditionnelle asiatique et des poignards ornementaux du Yémen. Ces fragments ont permis d'identifier non seulement l'espèce, mais aussi les réserves dont provenait la corne *New Scientist* 2411 (2003) : <http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg17924110.700> ;
- Des traces de sang trouvées sur des chiens ont été utilisées pour condamner des meurtriers et des violeurs : http://www-ucdmag.ucdavis.edu/sp02/feature_2.html ;
- L'analyse d'ADN sur un inhalateur pour asthmatique a permis de déterminer l'administration d'une drogue visant à améliorer la performance d'un cheval de course : http://www-ucdmag.ucdavis.edu/sp02/feature_2.html ;
- Des prélèvements d'ADN effectués par des médecins légistes ont permis d'établir qu'une colonie introduite de wallabies de l'Ile Eugène (*Macropus eugenii* ; en anglais « Tammar Wallaby ») vivant sur l'île de Kawau en Nouvelle-Zélande, est presque certainement constituée de descendants d'une sous-espèce de wallabies qui a disparu du continent en Australie du Sud au début des années 1990. Cette sous-espèce est actuellement réintroduite sur son territoire d'origine : http://www.bio.mq.edu.au/school/mag/intro/98bytes/may98/Bytes_May98.html ;
- Les prélèvements d'ADN sont couramment utilisés dans les condamnations pour commerce illégal d'espèces menacées : <http://genetics.nbi.gov/forensics.html> ;
- L'ADN a aussi été utilisé pour identifier de la viande de contrebande introduite illégalement aux Etats-Unis comme étant celle de singes colobes rouges (Nash 2001).

Matériel végétal

On fait appel aux collections d'herbier identifier le matériel végétal dans les procès impliquant des espèces menacées – plantes sources de drogues, ou utilisées pour identifier la scène d'un crime, etc. Les traces de plantes et d'herbes sur les vêtements permettent de reconstituer les déplacements des criminels, ou l'origine d'objets transportés illégalement, etc. Ce n'est que par la comparaison avec des matériels connus que l'on peut déterminer avec certitude la localisation et l'espèce.

Exemples :

- A l'aide d'un spectromètre de masse pour mesurer les taux relatifs de carbone 12 et de carbone 13, ainsi que ceux d'azote 14 et d'azote 15, les espèces de rhinocéros tués par des braconniers ont pu être établies. Ces taux varient avec le régime alimentaire, et révèlent si les cornes provenaient de rhinocéros blancs, qui broutent de l'herbe, ou de rhinocéros noirs, qui mangent des herbacées et des arbustes. Avec des spectromètres à émission optique on peut aussi mesurer les taux d'éléments à l'état de trace comme le fer et le cuivre qui permettent d'identifier les lieux de provenance du matériel étudié, *New Scientist* 2411 (2003) : <http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg17924110.700> ;

- L'identification de matériel végétal, y compris du cannabis, est un usage courant en médecine légale ;
- L'identification de feuilles et de fruits qui peuvent être trouvées sur des scènes de crime, ou dans des véhicules suspects, peuvent aider à conduire à une condamnation : <http://www.sfu.ca/biology/faculty/mathewes/> ;
- L'identification de parties de plantes retrouvées dans le tube digestif de victimes peut aider dans les enquêtes criminelles (Norris et Bock 2001) ;
- L'identification de matériels végétaux peut être décisive pour résoudre les crimes (Lane *et al.* 1990).

Pollen

Le pollen est une ressource clé pour l'identification utilisée en palynologie de médecine légale. Cette discipline étudie les pollens et les minéraux en poudre. Leur identification et leur localisation peut permettre de certifier qu'un corps ou un objet se trouvait à un endroit donné à un moment donné.

Exemples :

- Le Muséum d'Histoire Naturelle suédois entretient une collection internationale de photographies de plus de 2.500 échantillons de pollen issu de diverses familles de plantes : <http://www.nrm.se/pl/samling.html.en> ;
- Le contexte et l'utilisation de profils environnementaux et de palynologie de médecine légale (Wiltshire 2001) : http://www.bahid.org/docs/NCF_Env%20Prof.html ;
- La première condamnation faisant appel à l'analyse du pollen a eu lieu en Autriche en 1959. Le Pollen a servi à identifier le lieu où un corps avait été enterré à partir du pollen tiré de la boue trouvée sur les bottes du suspect : <http://www.saps.plantsci.cam.ac.uk/osmos/os23.htm> ;
- Le pollen a été utilisé pour identifier l'origine d'un chargement de Tapis persans volés, bien que le manque de données d'occurrence d'espèces appropriées sur l'Iran ait fait échouer la condamnation (Bryant et Mildenhall 2004) : <http://www.crimeandclues.com/pollen.htm>.

Insectes

La médecine légale fait largement appel à l'entomologie pour estimer le délai écoulé depuis le décès des victimes (Intervalle post-mortem, en anglais, « Post-mortem Interval » : PMI), ou pour savoir si les cadavres ont été déplacés après le décès, pour détecter des substances chimiques et des poisons dans les cadavres par l'étude des larves de mouche domestique pour retracer les déplacements de véhicules, ou encore pour déterminer la provenance de nuisibles invasifs (les mouches domestiques et autres insectes commensaux) à la demande des municipalités ou des services de santé.

Exemples :

- Utilisation de l'entomologie en médecine légale : http://www.expertlaw.com/library/attyarticles/forensic_entomology.html ;
- Les insectes dans les enquêtes de police : <http://www.forensic-entomology.com/> ;
- Le Comité des Etats-Unis pour l'entomologie en médecine légale : <http://www.missouri.edu/~agwww/entomology/> ;
- Les coléoptères et leur importance en entomologie de médecine légale : <http://www.beetlelady.com/hister.html> ;
- L'identification taxonomique correcte de nombreux insectes et autres arthropodes peut fournir des indices décisifs sur l'instant et le lieu d'un décès : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case24.htm ;
- L'utilisation des insectes pour déterminer le délai écoulé depuis le décès : http://www.absoluteastronomy.com/encyclopedia/F/Fo/Forensic_entomology.htm ;
- L'utilisation des larves de mouche domestique pour déterminer l'instant d'un décès et détecter des poisons ou produits chimiques : <http://www.benecke.com/suntel.html>.

Impacts d'oiseaux et de mammifères

Les impacts d'oiseaux constituent un problème majeur dans le domaine de la sécurité aérienne, entre autres (Comité des Etats-Unis sur les impacts d'oiseaux :

<http://www.birdstrike.org/events/signif.htm>. L'identification de ces oiseaux est essentielle pour prévenir les impacts futurs, et les données d'occurrence d'espèces sont un outil important dans ces identifications. Les impacts de mammifères (par exemple, ceux de grands animaux avec des trains ou des véhicules routiers) peuvent aussi constituer un problème important dans certaines régions.

Exemples :

- Identification d'oiseaux par l'Institut Smithsonian (Dove *et al.* 2003) : <http://wildlife.pr.erau.edu/BirdIdentification.htm> ;
- Base de données des rapports sur les impacts d'oiseaux ou autres animaux sauvages, département de l'environnement du Canada : <http://www.tc.gc.ca/aviation/applications/birds/en/default.asp> ;
- Liens relatifs aux impacts d'oiseaux du Comité international sur les impacts d'oiseaux : <http://www.int-birdstrike.com/links.html> ;
- Comité allemand sur les impacts d'oiseaux (y compris BIRDTAM) : <http://web.tiscali.it/birdstrike/> ;
- Système d'identification des restes d'oiseaux (en anglais, « Bird Remains Identification System » : BRIS) (Muséum zoologique d'Amsterdam) : http://www.christ-media.de/cgi-bin/auswahl.cgi?basket=180757&wahl=__2454629 ;
- Effets des impacts d'oiseaux et Système d'information sur les impacts d'oiseaux (en anglais, « Bird Strike Information System » : IBIS) : http://www.icao.int/icao/en/jr/5308_ar1.htm.

Contrôle aux frontières et commerce des espèces sauvages

Le commerce des espèces sauvages est une industrie très importante, mais elle suscite de nombreuses activités illégales. Le contrôle aux frontières est là pour interdire l'entrée dans les pays de maladies, d'espèces sauvages dont le commerce est illégal comme les espèces menacées, ou de produits tirés d'espèces menacées comme l'ivoire, de nuisibles comme peuvent en comporter involontairement les produits à base de bois, les drogues, etc. Les données d'occurrence d'espèces sont utilisées pour fournir aux agents du contrôle aux frontières des outils d'identification et les moyens d'identifier les biens illégalement échangés ou importés, et pour les aider à déterminer leur provenance.

Contrôle aux frontières et douanes

Il est difficile pour les douaniers de savoir ce qui est échangé légalement ou non – quelles sont les nuisibles interdits, etc – sans disposer de bons outils d'identification et sans avoir accès aux données primaires d'occurrence d'espèces.

CITES

La Convention sur le commerce international des espèces menacées de la faune et de la flore sauvage (en anglais, « Convention on International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora » : CITES) (<http://www.cites.org/>) vise à assurer que le commerce de spécimens d'animaux et de plantes sauvages ne menace pas leur survie. Il y a de nombreuses espèces et groupes d'espèces listés, et il est difficile pour les douaniers de déterminer si les espèces sont menacées ou non, particulièrement si un produit manufacturé a été dérivé d'espèces listées par la CITES.

Exemples :

- Parties d'ours illégales saisies par les douanes australiennes : <http://forests.org/articles/reader.asp?linkid=32880> ;
- Les agents fédéraux s'intéressent au commerce illégal d'oiseaux : <http://www.internationalparrotletsociety.org/smuggle.html> ;
- Le commerce illégal d'orchidées et autres plantes sauvages (*Cites World* N° 9, Juillet 2002) : <http://www.cites.org/eng/news/world/9.pdf> ;
- Un chargement illégal de 9.300 tortues vivantes a été effectué à Hong Kong (*Traffic Bulletin* vol. 19 2002) : <http://www.traffic.org/bulletin/Nov2002/seizures3.html> ;
- Outils d'identification et Guides de la CITES : http://www.cites.ec.gc.ca/eng/sct5/sct5_1_e.cfm ;
- Contrôle du commerce du Shahtoosh⁹ au Tibet : <http://www.met.police.uk/wildlife/new%20site%20docs/docs/shah.htm>.

Pêche illégale

La pêche illégale est une préoccupation majeure de la plupart des pays à façade maritime. Nombre des espèces capturées sont listées par la CITES, mais pas toutes.

Exemples :

- L'Equateur saisit des ailerons de requin importé illégalement des îles Galápagos : <http://www.planetark.com/dailynewsstory.cfm/newsid/22244/newsDate/16-Sep-2003/story.htm> ;
- La pêche illégale menace des eaux des îles Galápagos : http://news.nationalgeographic.com/news/2004/03/0312_040312_TVgalapagos.html ;
- La pêche illégale s'intensifie (FAO) : <http://www.fao.org/newsroom/en/focus/2004/47127/>.

⁹ Nom donné à la laine de l'antilope du Tibet (*Pantholops hodgsonii*), appelée localement chirou ou chiru, qui est une espèce menacée. Cette laine très recherchée est utilisée en particulier pour confectionner des châles (NdT).

Drogues

L'interception et la saisie des drogues est un autre rôle des agents de contrôle aux frontières. L'identification des drogues et des produits dérivés sont un autre usage des données.

Exemples :

- Les autorités indiennes ont développé une base de données des plantes médicinales indiennes et des espèces impliquées dans le commerce des drogues végétales : <http://www.frlht-india.org/html/crg.htm> ;
- La régulation de l'export des espèces de plantes médicinales menacées – la nécessité de la rigueur scientifique (Ved 1998) : <http://www.ias.ac.in/currsci/aug/articles8.htm>.

Quarantaine

Nuisibles et pathologies

L'importation de pathologies et de nuisibles est d'un intérêt majeur et a un grand impact dans le domaine de l'agriculture et de l'agro-alimentaire autant que sur le grand public. Ici encore, l'identification des nuisibles et des pathologies ou des agents pathogènes constitue souvent une difficulté pour les agents du contrôle aux frontières.

Exemples :

- « L'interception d'espèces potentiellement nuisibles en agriculture, en foresterie ou en médecine aux frontières des Etats-Unis sera grandement facilitée par l'accès à un réseau distribué de ressources taxonomiques » (Page *et al.* 2004) ;
- Les nématodes menacent les fermes aux Etats-Unis (<http://www.hqsareur.army.mil/opm/aug04.htm>) et la culture de la noix de pecan au Mexique (http://southwestfarmpress.com/mag/farming_nematodes_threaten_new/) ;
- « S'il vous plaît... n'apportez pas de nuisibles ni de pathogènes avec vous en Australie » : http://www.aust-immig-book.com.au/in_quarantine.html ;
- Base de données australienne sur les nuisibles végétaux : <http://appd.cmis.csiro.au/> ;
- En Namibie, l'identification des drosophiles a permis un commerce bilatéral plus efficace : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case6.htm.

Animaux de compagnie importés

La migration de populations entraîne aussi le transport d'animaux de compagnie à travers les frontières. Les autorités en charge de la quarantaine ont besoin de suivre ces animaux pour traquer les importations illégales, les pathologies, etc.

Commerce des espèces sauvages

Le commerce des espèces sauvages n'est pas toujours illégal, mais le contrôle des permis d'exportation et d'importation nécessite une connaissance et une information sur les espèces en question, et ceci requiert l'utilisation de données primaires d'occurrence d'espèces.

Exemples :

- Commerce des espèces sauvages et conservation en Australie : <http://www.deh.gov.au/biodiversity/trade-use/index.html> ;
- Dans le cadre de son programme de conservation des espèces sauvages, le secteur Guyanes du WWF travaille avec les exportateurs d'espèces sauvages et les autorités gouvernementales locales pour assurer que ce commerce est géré correctement et fondé sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles. Nouveau manuel d'identification des espèces sauvages : http://www.wwfguianas.org/Wildlife_IDman.htm ;
- Les hippocampes dans le commerce des espèces sauvages – manuels d'identification : <http://www.worldwildlife.org/trade/seahorses.cfm> ;
- L'Union européenne face au défi du contrôle de la demande d'animaux et de plantes sauvages en Europe : http://www.traffic.org/news/enlarge_european.html.

Education et communication vers le grand public

L'éducation à tous les niveaux, ainsi que la communication vers le grand public sont des utilisatrices régulières des données primaires d'occurrence d'espèces.

A l'école, au collège et au lycée

L'éducation scolaire, de la maternelle au lycée, ne peut que bénéficier des rapprochements avec les Muséums, ainsi que des projets sur la biodiversité dans lesquels des classes sont impliquées.

Exemples :

- Programme de partenariat entre Muséum et Education nationale (soutenance de thèse) (King 1998) : <http://home.iag.net/~ksking/muslearn.html> ;
- Le programme GLOBE, un programme scientifique avec applications pratiques : http://www.globe.gov/globe_flash.html ;
- Le programme « Surveillance de l'eau » en Australie est conduit en collaboration entre les muséums, le gouvernement, les établissements d'enseignement et les citoyens pour effectuer des évaluations de la biodiversité et des habitats dans les zones humides : <http://www.waterwatch.org.au/> ;
- Le Muséum d'Histoire Naturelle de Londres a un programme éducatif poussé – Explorer la biodiversité : <http://internet.nhm.ac.uk/eb/messages/probbrowser.shtml> ;
- Aux Etats-Unis, le Programme national de surveillance de la biodiversité animale travaille avec les enfants des écoles pour conduire un inventaire et un suivi de la biodiversité dans leur région : <http://nationalzoo.si.edu/Publications/PressMaterials/BMPSchoolProjects.cfm> ;
- En Hongrie, le groupe d'action pour le crapaud suit les amphibiens avec l'aide des enfants des écoles : http://www.virtualfoundation.org/publicboard/display.cgi?_Hungarian_amphibian_biodiversity_monitoring_EPCE_Hungary+archive ;
- En Angleterre, dans le cadre du plan d'action sur la biodiversité des lucanes, des écoles ont été impliquées dans l'enregistrement et la cartographie des lucanes à travers le pays : http://www.lbp.org.uk/03action_pages/ac30_comms8.html ;
- Le kit à l'intention des enseignants « La biodiversité pour les enfants » : <http://www.bookshop.nsw.gov.au/pubdetails.jsp?publication=3403>.

A l'université

Les universités sont les lieux de formation des spécialistes de la biodiversité et la plupart entretiennent des collections de spécimens et collectent des données d'occurrence d'espèces dans le cadre de nombre des cours qu'ils suivent.

Exemples :

- L'Université Duke accueille des étudiants de premier cycle dans une école d'été sur les approches bioinformatique et phylogénétique de l'étude de la biodiversité des plantes et des champignons : <http://www.biology.duke.edu/reu/> ;
- Le jardin de botanique tropicale de Xishuangbanna en Chine donne des cours de premier cycle en Asie conjointement avec plusieurs universités internationales : <http://www.xtbg.ac.cn/english/PDF/gsxxtbg.pdf>.

La formation des parataxonomistes

La formation des personnels locaux comme parataxonomistes demande une grande quantité de données primaires sur les espèces, y compris l'information sur les noms, les distributions, et souvent de bonnes bases d'images.

Exemples :

- L'Institut national pour la biodiversité (Inbio) au Costa Rica a développé des programmes de formation de parataxonomistes à l'intention de la zone de conservation du Guanacaste (Janzen *et al.* 1993, Janzen 1998) ;
- Les populations indigènes locales ont été formées sur les insectes dans la région de Madang en Papouasie Nouvelle Guinée et au Guyana (Basset *et al.* 2000) ;
- A Hawaï, des parataxonomistes sont formés sur les insectes par le Musée Bishop : <http://www.bishopmuseum.org/research/natsci/guyana/LOGGING4.HTM> ;
- L'Initiative brésilienne sur les pollinisateurs : <http://www.mma.gov.br/port/sbf/chm/doc/pollinas.pdf> ;
- Les outils taxonomiques permettent à des non spécialistes de résoudre rapidement certains problèmes : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case5.htm.

Prise conscience du grand public

Le grand public est de plus en plus conscient des enjeux et commence à s'impliquer localement dans l'action en faveur de l'environnement (voir aussi ci-dessous les programmes qui impliquent le grand public). De nombreuses organisations essaient maintenant de faciliter la tâche des citoyens qui s'intéressent à leur environnement naturel et à ses composantes. Cela va de l'édition de guides pour identifier les oiseaux dans votre jardin, jusqu'à des descriptions détaillées de l'environnement dans votre région.

Exemples :

- Le réseau national sur la biodiversité au Royaume Uni (en anglais, « National Biodiversity Network » : NBN) essaie de faciliter l'information des gens sur leur environnement naturel : <http://www.nbn.org.uk/> ;
- La base de données du Nord de l'Australie sur les grenouilles (Frogwatch) renseigne le public du Territoire du Nord sur les grenouilles, les crapauds buffles et les maladies des grenouilles : <http://www.frogwatch.org.au/> ;
- Le Plan national stratégique d'action pour la conservation de la biodiversité en Ouzbékistan vise à accroître la prise de conscience du public des enjeux touchant à la biodiversité : http://bpsp-neca.brim.ac.cn/books/actpln_uzbek/.

Livres et matériels divers

La publication de livres et autres matériels –des guides sur les plantes et animaux, des posters, des économiseurs d'écran et des calendriers- tout ceci participe à la sensibilisation du public. Les données primaires d'occurrence d'espèces apportent une contribution essentielle à ces publications.

Exemples :

- Poster sur les mammifères australiens : <http://www.bookshop.nsw.gov.au/pubdetails.jsp?publication=492> ;
- Posters sur les poissons du monde : <http://www.fishposters.com/index.html> ;
- Posters sur les animaux : <http://www.realtime.net/~raintree/gallery/posters.htm> ;
- Economiseurs d'écran sur la nature en Australie de l'Ouest : <http://www.calm.wa.gov.au/screensavers/> ;
- Calendriers sur la faune et la flore sauvages d'Afrique : <http://www.wildlife-pictures-online.com/wildlife-shopping-1.html> ;
- Economiseurs d'écran à base de cartes de distributions produits par le projet « Lifemapper » : <http://www.npaci.edu/online/v6.14/lifemapper.html>.

Expositions dans les Muséums

Les expositions dans les muséums jouent un rôle majeur dans l'éducation et la sensibilisation du public : rôle qui a pris une importance accrue ces dernières années. Les données primaires d'occurrence d'espèces sont précieuses pour préparer ces expositions.

Exemples :

- Dès 1995, le « Field Museum¹⁰ » a perçu l'avantage, au delà de la recherche, d'informatiser ses collections. L'intégration des sons et des textes aux images permet au public de visiter les expositions de nombreux muséums, sous de multiples points de vue, chez soi ou au bureau (Cohn 1995) ;
- Muséums et Centres de recherche de Caroline du Nord : <http://www.unc.edu/depts/cmse/museums.html> ;
- Actualités du Muséum australien : <http://www.austmus.gov.au/visiting/whatson/>.

Bases d'images

Les bases d'images constituent une ressource précieuse pour le développement de systèmes de référence virtuels et d'outils d'aide à l'identification à l'intention des personnes impliquées dans l'évaluation de la biodiversité (Oliver *et al.* 2000). Par exemple, en se connectant à un système de référence en ligne présentant des images de spécimens d'insectes, plusieurs parataxonomistes travaillant sur le même taxon dans des laboratoires distants peuvent effectuer des identifications en même temps, évitant les manipulations à répétition qui peuvent finir par endommager les précieux spécimens de référence (Oliver *et al.* 2000).

Exemples :

- Les images haute définition sont au cœur d'un réseau d'identification en ligne des invertébrés en cours de mise en place à l'Université Macquarie à Sydney (Oliver *et al.* 2000) ;
- Base d'images de plantes d'Australie : <http://www.anbg.gov.au/anbg/index-photo.html> ;
- Photos de spécimens types au Jardin botanique de New York : <http://sciweb.nybg.org/science2/hcol/vasc/index.asp> ;
- Images et son de pics-verts : http://www.infochembio.ethz.ch/links/en/zool_voegel_spechte.html ;
- Collections d'images d'histoire naturelle sur le Web : <http://www.ucmp.berkeley.edu/collections/otherother.html> ;
- Accès numérique aux spécimens d'orthoptères (en anglais : « Digital Orthoptera Specimen Access » : DORSA) : <http://www.dorsa.de/> ;
- Base d'images d'oiseaux d'australasie : <http://www.aviceda.org/abid/> ;
- Images de la biodiversité brésilienne : <http://imagem.cria.org.br/> ;
- Florilège numérique, dans le cadre du projet « New Endeavour¹¹ » : <http://www.invisible-consulting.com/endeavour/flora.php> ;
- Images sur Google : <http://www.google.com>.

Programmes de participation du public

Les programmes de conservation impliquant le grand public sont de plus en plus populaires. Cette implication peut aller de l'aide à la gestion du bassin d'alimentation d'une rivière à des fins de conservation et d'utilisation de l'eau et de production, à la replantation collective d'une zone dégradée, en passant par l'évaluation de la conservation par les communautés locales.

¹⁰ « Field Museum of Natural History » : nom donné au Muséum d'Histoire Naturelle de Chicago (NdT).

¹¹ Navire construit à des fins scientifiques, notamment mis à la disposition des biologistes marins sur la barrière de corail, du nom de l'« Endeavour », navire de la marine britannique impliqué dans l'exploration de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande au 18^{ème} siècle (NdT).

Exemples :

- Le programme Calabash en Afrique, un programme destiné à favoriser l'implication du public dans les évaluations environnementales en Afrique du Sud : <http://www.sarpn.org.za/documents/d0000772/index.php> ;
- Le programme environnemental inter-américain de l'Institut du droit de l'environnement soutient et encourage la participation du public dans la protection des paysages en Argentine, et dans la conservation des terres communautaires au Mexique : <http://www2.eli.org/research/interamerican2.htm> ;
- En Australie, le gouvernement fédéral finance les organisations communautaires qui replantent des terres dégradées ou fortement érodées, qui développent des corridors de préservation de la vie sauvage, etc. Les données primaires sur la biodiversité sont utilisées pour identifier les espèces végétales et les zones appropriées pour la replantation : <http://www.landcareaustralia.com.au/> ;
- En Australie encore, les plans de gestion intégrée des bassins font en sorte que les groupes communautaires travaillent étroitement avec les gouvernements des Etats et le gouvernement fédéral pour planifier et réaliser les programmes de gestion des ressources, de l'eau à la biodiversité, en équilibre avec la production agricole : <http://www.dlwc.nsw.gov.au/community/index.html> ;
- Dans le Connecticut aux Etats-Unis, dans le cadre du programme BioBlitz, des scientifiques travaillent avec les groupes communautaires pour réaliser une évaluation rapide de la biodiversité locale au cours de programmes intensifs conduits le week-end (Lundmark 2003) : <http://www.mnh.uconn.edu/BioBlitz/> ;
- Au Royaume Uni, le projet du Muséum d'Histoire Naturelle « Marcher avec les cloportes » fait appel aux écoles, aux clubs locaux, et aux particuliers pour étudier les cloportes britanniques : <http://www.nhm.ac.uk/interactive/woodlice/biodiversity.html> ;
- Le programme de surveillance des grenouilles vise à impliquer un grand nombre de personnes de tous âges dans l'amélioration à grande échelle de la qualité des habitats des grenouilles : <http://frogs.org.au/frogwatch/> ;
- La gestion intégrée des bassins – participation du public : <http://www.dlwc.nsw.gov.au/community/index.html> ;
- Les centres de gestion locale de l'information du Réseau national de la biodiversité : <http://www.nbn-nfbr.org.uk/nfbr.php>.

Arbre de la vie

Le projet Web de l'Arbre de la vie et des projets collaboratifs similaires fournissent de l'information sur la diversité des organismes, leur histoire et leurs caractéristiques.

Exemples :

- L'arbre de la vie : <http://tolweb.org/tree/phylogeny.html> ;
- Les pages sur les espèces de diptères : <http://www.diptera.org>.

Ecotourisme

L'écotourisme s'affirme comme source majeure de revenu dans de nombreux pays riches en biodiversité. Le programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) reconnaît l'intérêt de l'écotourisme pour le rôle qu'ils peut jouer dans la conservation, la durabilité et la maintenance de la biodiversité : <http://www.unep.org/pc/tourism/ecotourism/home.htm>. Les données primaires d'occurrence d'espèces sont importantes pour développer les programmes d'écotourisme : pour réaliser des guides, des brochures et d'autres supports d'information, et pour aider les pays à déterminer les zones les mieux adaptées à cette activité.

Valeur de l'écotourisme

L'un des moyens de soutenir l'écotourisme est d'évaluer la valeur de la biodiversité et de sa conservation via l'écotourisme, comme alternative à la consommation et aux usages plus intensifs. Mais de nombreux projets d'écotourisme concilient écotourisme et activités productives.

Exemples :

- Valeur des arbres pour l'écotourisme : <http://www.nuevomundotravel.com/nuevomundo.php?c=129> ;
- Valeur de l'écotourisme dans la région de la Sierra Tarahumara au Mexique : http://www.srs.fs.usda.gov/econ/research/std43_8.htm ;
- Valeur de l'écotourisme comme service des écosystèmes : http://nature.org/event/wpc/files/drumm_presentation.pdf ;
- L'économie de l'écotourisme : perspective économique d'une île des Galapagos (Taylor *et al.* 2002) : http://www.reap.ucdavis.edu/working_papers/jet-galapagos.pdf.

Former les guides et les opérateurs

La formation des guides et des tour-opérateurs en matière de biodiversité est un domaine où les données primaires d'occurrence d'espèces jouent un rôle primordial. Très souvent, des collections de référence sont constituées et conservées dans les réserves, et transportées par les guides, lesquels ont besoin de données primaires sur les espèces pour effectuer des identifications et pour se former.

Exemples :

- Ecotourisme certifié écologique en Australie : http://www.ecotourism.org.au/eco_certification.asp ;
- Ateliers sur la certification de l'écotourisme : <http://www.planeta.com/ecotravel/tour/certification.html> ;
- Manuel de formation à l'écotourisme pour les gestionnaires d'Aires protégées (Stradas 2002) ;
- Manuel de formation au tourisme impliquant les communautés (Inwent Zschortau, Leipzig, Germany) (Hausler et Stradas 2003).

Guides imprimés

Les guides, brochures et autres publications jouent un rôle essentiel dans l'écotourisme, et de même que pour les guides mentionnés ailleurs, leur élaboration nécessite des données primaires sur les occurrences d'espèces.

Exemples :

- On trouve de tels ouvrages dans toutes les librairies et sur le Web, et la plupart ont une section consacrée à l'écotourisme ;
- Guide sur les oiseaux de Panama (Ridgely et Gwynne 1989) ;
- Parcs nationaux et réserves du Costa Rica : guide pour les visiteurs (Franke 1999).

Jardins, zoos, aquariums, muséums et parcs naturels

Les jardins botaniques, les zoos, les aquariums, les parcs naturels et les muséums, jouent tous un rôle dans l'écotourisme. De nombreux nouveaux aquariums, par exemple, sont équipés d'un espace d'observation sous l'eau ouvert vers la mer. La plupart des jardins botaniques, des zoos et des parcs naturels entretiennent des expositions sur la faune et la flore locales, et les muséums présentent généralement des expositions d'histoire naturelle assez complètes. La plupart de celles-ci ont une composante éducative. La préparation et la mise à jour de l'étiquetage et de l'information associée à ces expositions nécessite des données et une information de qualité, y compris quant aux noms des organismes concernés et à leurs distributions.

Exemples :

- L'aquarium de la Baie de Monterey : <http://www.mbayaq.org/> ;
- Le jardin botanique national de Kirstenbosch, en Afrique du Sud : <http://www.nbi.ac.za/frames/kirstfram.htm> ;
- Le parc des oiseaux de Jurong à Singapour : <http://www.birdpark.com.sg/Main/> ;
- Le zoo de Jersey et le fonds Durrell pour la conservation de la nature : <http://www.durrellwildlife.org/> ;
- Le Muséum national d'histoire naturelle de l'institut « Smithsonian » (Washington) : <http://www.mnh.si.edu/> ;
- La bibliothèque virtuelle : les muséums du monde : <http://vlmp.museophile.org/world.html>.

Art et histoire

L'art a joué un rôle à part entière dans la compréhension et dans la conservation de la biodiversité. La plupart des premières expéditions scientifiques ont emmené un artiste pour qu'il contribue à l'« enregistrement » de la biodiversité. Aujourd'hui, les artistes continuent à peindre la nature, et ils recherchent de l'information sur les noms et la localisation de leurs sujets. L'histoire aussi fait usage des données primaires d'occurrence d'espèces. Les premiers explorateurs étaient aussi des historiens naturalistes qui collectaient des spécimens. A l'approche des centenaires et des bicentenaires de ces campagnes d'exploration, de nombreux chercheurs sont tentés de partir sur les traces de ces explorateurs pionniers, en faisant largement appel aux données d'occurrence d'espèces.

Histoire des sciences – Sur les traces des explorateurs et des collecteurs

Les explorateurs et les scientifiques anciens et modernes ont déposé des spécimens de référence dans les collections d'histoire naturelle. « Ces spécimens documentent les routes et les objectifs des explorateurs et des scientifiques à travers les siècles et fournissent une source unique et irremplaçable de données historiques » (Page *et al.* 2004). Le temps passant, l'année où a eu lieu la collecte prend une importance croissante (Winker 2004).

Exemples :

- L'explorateur de la nature : le journal de Robert Brown en Australie, 1801-1805 (Vallance *et al.* 2001) ;
- Identifier les motifs récurrents dans les collections de spécimens d'oiseaux mexicains (Peterson *et al.* 1998) ;
- Le projet « New Endeavour » revisite les lieux d'accostage du Capitaine James Cook lors de son voyage sur l'Endeavour (1768-1771) : <http://www.invisible-consulting.com/endeavour/> ;
- Histoire de la botanique systématique en Australie (Short 1990) ;
- Les collecteurs de plantes au Brésil (Koch 2003) : http://splink.cria.org.br/collectors_db ;
- L'expédition de Lewis et Clarke en Amérique : <http://www.cr.nps.gov/nr/travel/lewisandclark/encounters.htm> ;
- Les collecteurs et illustreurs de plantes en Australie, années 1780 à 1980 : <http://www.anbg.gov.au/bot-biog/index.html>.

Art et science

Comme indiqué ci-dessus, l'art a joué un rôle important dans les premières découvertes scientifiques. Il n'y avait pas de caméras disponibles, et les peintures étaient les seuls moyens valables pour représenter nombre de plantes et d'animaux. Certaines interprétations de plantes et d'animaux vus par ces artistes pionniers étaient si détaillées que d'aucuns les considèrent comme supérieures à beaucoup de photographies modernes.

Exemples :

- Sydney Parkinson est l'artiste qui a participé au voyage exploratoire de Cook dans les mers du Sud de 1768 à 1771. Il a peint de nombreux animaux (<http://pages.quicksilver.net.nz/jcr/~parkinson.html>), insectes (<http://www.nhm.ac.uk/services/ibd/gfx/te/vod/17.jpg>) et plantes (<http://intern.nhm.ac.uk/cgi-bin/perth/cook/>) et réalisé la première esquisse d'un kangourou (http://www.nhm.ac.uk/library/art/drawingconclusions/more/hibiscus_more_info.htm#collection) ;

- Ferdinand Bauer (1760-1826) est considéré comme l'un des plus remarquables artistes botaniques de tous les temps (Bauer et al. 1976) : <http://nokomis.com.au/html/biography.html> ;
- Oiseaux d'Asie de John Gould : <http://www.jadestonегallery.com/printgallery/gould/birdsofasia.htm> ;
- Oiseaux du monde – exposition spéciale du Muséum McClung en 1997 : <http://mcclungmuseum.utk.edu/specex/birds/birds.htm> ;
- Le monde des insectes dans l'art chinois : une exposition spéciale de peintures de plantes et d'insectes, qui s'est tenue au Muséum du palais national de Taiwan en 2001 : <http://www.taiwanheadlines.gov.tw/20010816/20010814f2.html>.

Art indigène

L'art et l'artisanat indigènes sont des sources majeures de revenu pour les peuples indigènes. De plus en plus, les artistes et artisans souhaitent aussi accompagner leurs œuvres et leur production par une information sur les sujets qu'ils ont traités et les matériaux qu'ils ont utilisés.

Exemples :

- Un potentiel encore inexploité de collaboration entre science et technologie pour la conservation en montagne dans les Andes et l'Himalaya (Camino 2002) : <http://www.mtnforum.org/resources/library/camia02a.htm> ;
- *Canna indica* est utilisée couramment en joaillerie et d'autres domaines : <http://waynesword.palomar.edu/pljune98.htm> ;
- Les « nickernuts » (*Caesalpinia bonduc*) sont utilisées en Equateur pour faire des colliers : <http://waynesword.palomar.edu/nicker.htm> ;
- Les plumes ont traditionnellement été utilisées comme ornement dans de nombreuses cultures : l'utilisation des plumes de l'oiseau de paradis en Papouasie Nouvelle Guinée en est un bon exemple (Frith et Beehler 1998) ;
- Les ignames sont utilisés pour faire des masques en Papouasie Nouvelle Guinée : <http://www.art-pacific.com/artifacts/nuguinea/yamwoodo.htm> ;
- Les coquillages, les plumes, les herbes tressées et autres matériaux sont d'un usage courant dans l'art indigène : http://www.lostworldarts.com/new_page_2.htm ;
- La laine est utilisée dans les Andes et dans l'Himalaya : www.andeansoftware.com ;
- Les fibres sont utilisées en vannerie : <http://www.aotearoa.co.nz/flaxworks/> ;
- Les bambous et autres bois sont utilisés dans la fabrication d'instruments de musique : http://www.canne-et-bambou.com/eng/bamboo_flutes.htm ;
- Les écorces sont utilisées pour les peintures par les aborigènes d'Australie : <http://www.aboriginalartonline.com/art/bark.html>.

Timbres

La plupart des sociétés modernes dans le monde utilisent la biodiversité sur leurs timbres. Ces timbres mentionnent souvent les noms communs et scientifiques, et les fabricants ont besoin des données primaires sur les espèces pour une identification correcte.

Exemples :

- Timbres d'Australie : Repas du bush : http://www.auspost.com.au/philatelic/stamps/index.asp?link_id=2.608 ;
- Oiseaux sur les timbres : <http://www.birdtheme.org/regions/region.html> ;
- Timbres d'animaux du Kirghizstan : <http://ecopage.freenet.kg/biodiversity/animals.html> ;
- Les timbres de Fidji montrent souvent des plantes, des insectes et d'autres animaux : http://www.stampsfiji.com/stamps/peregrine_falcon/index.html.

Société et politique

De nombreux usages des données sur les espèces dans la société et en politique sont couverts par d'autres thèmes ; toutefois, plusieurs de ces usages ne semblent pas pouvoir être rangés ailleurs.

Usages sociaux de la biodiversité

La biodiversité fait partie du contexte social des populations humaines – la compétition entre la conservation et le besoin de se nourrir et de s'abriter pour survivre est un conflit permanent. De nombreuses études récentes s'intéressent à l'interaction entre la biodiversité et les pratiques sociales.

Exemples :

- Les zones de fort endémisme aviaire sont aussi densément peuplées et souffrent d'un taux élevé de perte d'habitat : la densité de la population humaine et son taux de croissance sont donc un facteur à prendre en compte lorsque l'on établit des priorités pour la conservation (Brooks 2001) ;
- Il y a d'autres paramètres importants, et « souvent sensibles et sources de contentieux, parmi lesquels les conflits armés, les mouvements de réfugiés, les exploitations forestières et minières, les productions diverses, la chasse alimentaire, et le trafic de drogue » (Brooks 2001) ;
- Plusieurs projets dans le cadre du programme Biota/FAPES à São Paulo au Brésil s'intéressent aux aspects sociaux de la biodiversité :
 - Une étude envisage un atlas environnemental qui pourrait aider à planifier les activités humaines en équilibre avec la biodiversité : <http://www.biota.org.br/projeto/index?show+192> ;
 - Une autre étude s'intéresse à l'usage des ressources naturelles pour la pêche, l'artisanat et les activités spirituelles des communautés côtières. Les usages et les appellations locales sont étudiés, ainsi que la manière dont les communautés vivent et pêchent, et les effets de leurs activités sur l'environnement : <http://www.biota.org.br/projeto/index?show+226> ;
- Mobilisation du potentiel de recherche sociale européen pour soutenir la gestion de la biodiversité et des écosystèmes (SoBio) (Centre européen pour la conservation de la nature) : <http://www.ecnc.nl/doc/ecnc/press/070404.html> ;
- Unité de recherche sur la société et l'environnement – Université de Chiang Mai : <http://www.sea-user.org/>.

Anthropologie et langues

Les études anthropologiques, et même certaines études biologiques (Basset *et al.* 2000) ont essayé de relier les systèmes nomenclatureaux indigènes sur les espèces au système Linéen.

Exemples :

- En Papouasie Nouvelle Guinée, des études ont essayé de relier la nomenclature des espèces locales forestières aux noms scientifiques des espèces dans le cadre d'un projet visant à former les populations locales à la parataxonomie et à la collecte d'insectes (Basset *et al.* 2000) ;
- Les données primaires sur les espèces ont été utilisées pour comparer les protéines des primates : <http://www.bioquest.org/bioinformatics/module/tutorials/Anthropology/> ;
- Les données sur les espèces végétales sont utilisées dans les régimes alimentaires pour suivre les parcours migratoires (Newton-Fisher 1999) : http://www.budongo.org/nen1000/reprints/NewtonFisher_1999_diet.pdf.

Ethnobiologie

Les savoirs locaux sur les plantes et les animaux utiles, qui remontent à plus de 300.000 ans, constituent un objet de recherche important pour les ethnobotanistes (Gómez-Pompa 2004) et les ethnozoologistes. L'intégration de ces connaissances avec les études sur les distributions tirées des données primaires d'occurrence d'espèces est un domaine de recherche important.

Exemples :

- Certaines études anthropologiques s'intéressent à l'utilisation des plantes et des animaux pour la santé et l'alimentation : <http://www.library.adelaide.edu.au/guide/soc/anthro/subj/med.html> ;
- Les laboratoires d'ethnobotanique recèlent des milliers de données sur les espèces utilisées pour l'alimentation et la médecine : <http://www.umma.lsa.umich.edu/ethnobotany/ethnobotany.html> ;
- Ethnozoologie « Nuaulu » - un inventaire systématique par Roy Allen de l'Université du Kent à Canterbury : http://lucy.ukc.ac.uk/csacpub/ellen_ch1.html ;
- L'*Acacia* en Australie : Ethnobotanique et potentiel alimentaire (Lister *et al.* 1996) : <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-228.html> ;
- Ethnozoologie du peuple « Tsou » - Pêche au poison : http://tk.agron.ntu.edu.tw/Segawa1/fishing_poison.htm ;
- Peuples, plantes et animaux indigènes : <http://www2.sfu.ca/halk-ethnobiology/> ;
- Recherches ethnozoologiques sur les reptiles du Kilimandjaro : <http://www.uni-bayreuth.de/departments/toek2/claudia/fEthnozoology.htm> ;
- Ethnobotanique – Interaction entre plantes et populations : <http://maya.ucr.edu/pril/ethnobotany/Start.html>.

Rapatriement des données

La Convention sur la Biodiversité (CBD) préconise le rapatriement de l'information vers les pays d'origine. Plus récemment, l'idée d'accords bilatéraux pour le rapatriement de données de musée ou de collections d'herbier a évolué vers la notion de partage de données, en particulier grâce à leur disponibilité en ligne via des portails comme celui du GBIF.

Exemples :

- Rapport d'étude sur le partage des données avec les pays d'origine (GBIF) : <http://www.gbif.org/Stories/STORY1079623109> ;
- Sur l'ensemble des chercheurs spécialistes des coléoptères, seulement 0,8 % résident en Afrique, où se trouvent aussi très peu de spécimens types (Miller et Rogo 2001) ;
- Le Muséum d'Histoire Naturelle de Londres travaille au Chili sur l'accès aux ressources génétiques, le partage des avantages et les savoirs traditionnels : http://www.darwin.gov.uk/news/projects/access_gen.html ;
- Le Muséum d'Histoire Naturelle travaille aussi sur le rapatriement des données pour la Flore de Bahia au Brésil : <http://www.darwin.gov.uk/projects/details/7108.html> ;
- Utilisation des muséums virtuels pour favoriser le rapatriement et le partage de l'information dans le cadre du projet « Terre entière 2000 » (en anglais, « Whole Earth 2000 ») : http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0GER/is_2000_Fall/ai_66240384 ;
- Une étude de cas au Mexique sur une base de données centralisée des « Collections d'Histoire Naturelle du Monde » (Navarro *et al.* 2003) : http://journals.eecs.qub.ac.uk/codata/Journal/Contents/1_1/1_1pdf/DS105.Pdf.

Collecter de la biodiversité

Dans de nombreux pays, le développement et l'extension des aires protégées rend parfois plus difficile la collecte et l'étude de la biodiversité par les chercheurs dans ces aires. De ce fait, les données d'occurrence d'espèces existantes ont une importance accrue dans ces zones où la collecte de nouveaux spécimens est soumise à des restrictions.

Activités de loisirs

Les activités de loisirs sont un autre domaine d'utilisation des données d'occurrence d'espèces. De nombreuses activités impliquent la biodiversité d'une manière ou d'une autre – pêche, chasse, observation des oiseaux et des baleines, jardinage, promenade dans la nature, équitation, etc.

Pêche de loisir

La pêche de loisir est un créneau économiquement important, et les pêcheurs veulent savoir quelle espèce de poisson ils ont pêchée – où et quand l'on trouve certaines espèces, etc. Toute cette information est fondée sur les données d'occurrence d'espèces.

Exemples :

- Les pêcheurs amateurs en Australie de l'Ouest veulent que les habitats soient protégés pour améliorer la pêche de loisir : <http://www.recfishwest.org.au/PolicyFishHab.htm> ;
- 36 % des contributions à la détermination des zones réglementaires sur la Grande Barrière de Corail ont été fournies par les pêcheurs amateurs : http://www.gbrmpa.gov.au/corp_site/management/zoning/rap/rap/overview/intro/recfish.html ;
- La pêche de loisir en Biélorussie est une cause majeure de déclin de la biodiversité : <http://www.iucn-ce.org.pl/documents/belarus.pdf> ;
- La pêche de loisir est prise en compte dans la gestion des ressources de pêche du bassin supérieur de la rivière Paraná au Brésil : <http://www.unep.org/bpsp/Fisheries/Fisheries%20Case%20Studies/AGOSTINHO.pdf>.

Chasse

Comme les pêcheurs amateurs, les chasseurs veulent savoir quelles espèces ils chassent et où et quand les trouver. Les projets de conservation ont besoin d'information sur les espèces chassées pour élaborer en conséquence leur politique de gestion des espèces.

Exemples :

- Chasse et biodiversité dans les forêts fragmentées du littoral atlantique dans la région de São Paulo au Brésil : <http://www.wildlifetrust.org/huntipe.htm> ;
- Extinction causée par la chasse : <http://www.virtualglobe.org/en/info/env/04/diversity07.html> ;
- Impacts de la chasse sur les espèces indigènes en Nouvelle-Zélande : <http://www.biodiversity.govt.nz/picture/biodiversity/state/hunting.html> ;
- Le plan pour la chasse durable de l'« Accord Nord Américain sur le Patrimoine de la Chasse » (en anglais : « North American Hunting Heritage Accord ») : http://centralflyway.org/Hunting_Accord_Draft.html.

Photographie et tournage de films

La photographie des espèces sauvages est une autre activité de loisir majeure qui repose sur les données primaires d'occurrence d'espèces pour l'identification, pour déterminer où trouver certaines espèces à photographier, etc. Les photographes interviennent dans la production de livres, de calendriers, de timbres, de documentaires, etc., ainsi que dans la constitution de collections en ligne.

Exemples :

- Association nord américaine pour la photographie de la nature : <http://www.nanpa.org/index.html> ;
- Association finnoise des photographes de la nature : <http://www.luontokuva.org/> ;
- La chaîne de télévision spécialisée sur la nature « Discovery Channel » : <http://dsc.discovery.com/> ;

- Les films sur la nature et les espèces sauvages : http://www.dropbears.com/b/broughsbooks/movies/nature_wildlife.htm ;
- Les films de David Attenborough : http://www.bbc.co.uk/nature/programmes/who/david_attenborough.shtml.

Jardinage

Le jardinage est une passion pour beaucoup, et la plupart des jardiniers trouvent essentiel de connaître les plantes qu'ils cultivent. Des livres et magazines sur le jardinage sont publiés constamment, et tous ont besoin de données d'occurrence d'espèces. Beaucoup se lancent aussi dans le jardinage biologique et recherchent de nouvelles espèces à cultiver.

Exemples :

- Société royale d'horticulture : <http://www.rhs.org.uk/research/biodiversity/index.asp> ;
- Jardiner pour la biodiversité : <http://www.english-nature.org.uk/news/story.asp?ID=257> ;
- Livres sur le jardinage biologique : http://supak.com/organic_gardening/organic.htm ;
- Plantes d'Australie en ligne – Société pour la culture de plantes d'Australie : <http://farrer.riv.csu.edu.au/ASGAP/apoline.html>.

Randonnée et trek dans la nature

La randonnée en brousse et le trek dans la nature sont des activités de loisir courantes qui sont souvent pratiquées par des personnes soucieuses de connaître les espèces qu'ils croisent.

Exemples :

- Randonnée en brousse en Nouvelles Galles du Sud (Australie) : <http://www.npansw.org.au/web/activities/bushwalking.htm> ;
- Randonnée au Guatemala : http://www.guatemalaventures.com/hiking_tours.htm ;
- Randonnée dans le sud est de l'Arizona : <http://www.geo.arizona.edu/geophysics/students/tinker/SEhiking.html> ;
- Trek en Equateur : http://www.surtrek.com/ecuador/adventuretours/trek_podocarpus.htm ;
- Randonnée en Nouvelle Zélande : <http://www.enzed.com/tramp.html>.

Observation des oiseaux

L'observation des oiseaux est une activité de loisir majeure dans le monde entier, avec de nombreux clubs d'ornithologues amateurs et d'activités diverses. Tous ont besoin d'identifier les oiseaux observés et donc de livres et de guides de terrain qui eux-mêmes reposent sur des données primaires d'occurrence d'espèces.

Exemples :

- Le site Web « Birding.com » spécialisé dans l'observation d'oiseaux aux Etats-Unis et dans le monde : <http://www.birding.com/> ;
- La société états-unienne Audubon : <http://www.audubon.org/> ;
- Observation des oiseaux au Canada : <http://www.web-nat.com/bic/> ;
- Oiseaux d'Australie : <http://www.birdsaustralia.com.au/> ;
- Observation des oiseaux en Afrique : <http://www.birding-africa.com/>.

Aménagement

L'aménagement –construction de routes, de lignes électriques ; délimitations diverses ; etc.- demande des données d'occurrence d'espèces afin de déterminer le meilleur emplacement pour construire, et pour créer le minimum de nuisances à l'environnement.

Evaluation du risque

La construction de routes et autres équipements nécessite une évaluation du risque pour déterminer le meilleur emplacement sur les plans financier et écologique. La gestion des mauvaises herbes et des végétations dangereuses dans le domaine public, ainsi que le choix des espèces à planter le long des routes et dans les rues, nécessitent aussi des analyses de risque et l'identification d'espèces.

Exemples :

- Questions environnementales relatives à la production, au transport et à la distribution de l'électricité (Institut de recherche sur l'électricité, en anglais « Electric Power Research Institute » : EPRI) : http://www.epri.com/destinations/descriptions/57_row.pdf ;
- Gestion des herbes nocives et des végétaux dangereux sur le domaine public – évaluation du risque pour les autres espèces et pour la population humaine : <http://www.fs.fed.us/r3/projects/ro/ea-noxiousweeds/ea-weedsappa.html> ;
- Impact des transports sur l'occupation des sols (Litman 1995) : http://www.agenda21.ee/english/transport/landuse_costs_extern.pdf ;
- Des études biologiques poussées peuvent réduire significativement les coûts de maintenance des routes : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case19.htm.

Aménagement paysager

Les racines des arbres chez certaines espèces peuvent causer des dommages importants aux maisons, aux égouts, etc. Les arbres dans les rues sont souvent plantés sous les lignes électriques et doivent être étêtés à grands frais lorsqu'ils deviennent trop grands ; d'autres fissurent les trottoirs et les routes. Certaines espèces sont plus fragiles que d'autres en cas de cyclone ou de tornade. La sélection d'espèces moins exigeantes en énergie et en eau peut revêtir une grande importance dans certaines régions du monde. L'identification d'arbres que l'on peut planter dans des endroits sensibles, l'identification de plantes à partir de leurs racines, etc. peuvent requérir l'utilisation de données primaires d'occurrence d'espèces.

Exemples :

- Utilisation de végétation adaptée pour arrêter l'érosion des dunes côtières : http://www.epa.qld.gov.au/environmental_management/coast_and_oceans/beaches_and_dunes/coastal_dunes/ ;
- Une analyse coût / bénéfice de la plantation d'arbres dans les rues selon les espèces, conduite à Modesto en Californie (McPherson 2003) : <http://www.treelink.org/joa/2003/jan/01McPherson.pdf> ;
- L'aménagement paysager au service des économies d'énergie : <http://www.pioneerthinking.com/landscape.html> ;
- Les racines d'arbres, une source de préoccupation croissante (Société de l'eau du Sud Est, Melbourne, Australie) : <http://www.sewl.com.au/sewl/upload/document/treeroots.pdf> ;
- Les arbres comme écran au vent, une utilisation économique de la biodiversité (Stace 1995) : <http://www.newcrops.uq.edu.au/acotanc/papers/stace.htm> ;
- Planifier la plantation d'écrans d'arbres dans le Missouri : <http://muextension.missouri.edu/xplor/agguides/forestry/g05900.htm> ;
- La capacité de résister aux cyclone varie selon les espèces : http://www.plant.id.au/home/guide_view.aspx?id=15.

Animaux sauvages et infrastructures

Les animaux sauvages sont souvent victimes des infrastructures. Ils sont tués sur les routes et autoroutes, les oiseaux sont aspirés dans les réacteurs d'avion et les éoliennes, les barrages arrêtent la remontée des poissons migrateurs vers leur lieu de frai, etc. Les données primaires sur les espèces sont importantes pour comprendre le comportement des espèces, les localiser, etc.

Exemples :

- Les services de l'environnement du Canada réduisent les morts d'animaux sauvages sur les routes : http://www.pc.gc.ca/pn-np/ab/banff/docs/routes/chap3/sec4/routes3d_e.asp ;
- Les aménagements de passages sous les routes réduisent les morts d'animaux : <http://www.fhwa.dot.gov/environment/wildlifecrossings/index.htm> ;
- L'interaction des oiseaux avec les structures comme les éoliennes et les grandes antennes émettrices (EPRI's Destinations 2005) : <http://www.epri.com/destinations/product.aspx?id=309> ;
- Les barrages sont retirés pour sauver le saumon : <http://www.wildsalmon.org/library/lib-detail.cfm?docID=300>.

Bois d'oeuvre

La sélection des espèces végétales résistant aux termites et utilisables dans le bâtiment, les traverses de chemin de fer, les ponts, les clôtures et les poteaux électriques, nécessite des recherches.

Exemples :

- Termites et bâtiment : <http://www.ces.ncsu.edu/depts/ent/notes/Urban/termites/termites.htm> ;
- Des espèces d'eucalyptus sont utilisées en Australie pour fabriquer des meubles, des traverses de chemin de fer, pour construire des ponts, pour recouvrir des sols, etc : http://www.tpcvic.org.au/page_timber_info.htm ;
- Espèces acceptables pour la fabrication de poteaux électriques en Australie : <http://www.daleandmeyers.com.au/species.html> ;
- L'identification erronée de termites peut coûter cher : http://www.bionet-intl.org/case_studies/case20.htm.

Biodiversité aquatique et marine

La biodiversité marine et aquatique a été largement traitée ci-dessus dans d'autres rubriques ; toutefois certains systèmes d'information particuliers sont traités ici.

Exemples :

- Système d'information biogéographique sur les océans (en anglais, « Ocean Biogeographic Information System » : OBIS) : <http://www.coml.org/descrip/obis.htm> ;
- Système d'information et atlas biogéographiques du golfe du Maine (en anglais, « Gulf of Maine Biogeographic Information System Atlas » : GMBIS) : <http://gmbis.marinebiodiversity.ca/aconw95/aconscripts/gmbis.html> ;
- Les aires protégées aquatiques : protection des espèces, des communautés ou des processus dans les écosystèmes ? (Koehn 2003) ;
- Le programme « Recensement de la vie marine » (en anglais, « Census of Marine Life ») est « un réseau mondial de chercheurs qui monte en puissance dans plus de 70 pays et engagé dans une initiative de dix ans pour évaluer et expliquer la diversité, la distribution, et l'abondance de la vie marine dans les océans dans le passé, le présent et le futur » : <http://www.coml.org/coml.htm>.

Conclusion

Comme cela est apparu tout au long de ce document, les usages des données primaires d'occurrence d'espèces sont innombrables et touchent à peu près tous les domaines de la l'activité humaine, et toutes les régions du monde. Les domaines d'utilisation vont de l'alimentation et de l'habitat, jusqu'aux activités de loisir, à l'éducation et à la formation. La plupart d'entre nous utilisent ces données sans même y penser ou savoir qu'elles existent. Mais sans elles, qu'elles soient hébergées dans des muséums ou des herbiers, dans des bases de données d'observation d'oiseaux ou dans des bases de données d'inventaires détenues par des Universités, des particuliers ou des sociétés, nous ne pourrions pas comprendre la biodiversité comme nous la comprenons aujourd'hui, et notre survie serait encore plus menacée qu'elle ne l'est déjà.

Nous devons faire le meilleur usage de ces données pour encore mieux comprendre notre biodiversité et notre planète – pour mesurer et contrôler les changements de notre environnement, pour améliorer, préserver et utiliser durablement les ressources qui nous sont indispensables et pour éduquer et former les générations futures afin qu'elles apprécient et comprennent la biodiversité que recouvrent ces données.

Ce document a certainement omis de nombreux usages, et il n'est pas possible de citer tous les exemples. Nous espérons que ce document peut être rendu « vivant » sous un format qui lui permette d'être tenu à jour et enrichi de nouveaux usages, peut-être par ceux-là mêmes qui utilisent les données en ligne.

Remerciements

Texte

Références

- Akeroyd, J. and P. Wyse-Jackson (comps.). 1995. *A handbook for botanic gardens on the reintroduction of plants to the wild*. London: Botanic Gardens & Conservation International. 31 pp.
- Alcorn, J.B. (ed.). 1993. *Papua New Guinea Conservation Needs Assessment*. Washington: Conservation International.
- Almeida, A.C., Maestri, R., Landsberg, J.J., Scolforo, J.R.S., 2003. Linking process-based and empirical forest models in Eucalyptus plantation in Brazil **in** Amaro, A. and Tomé, M. (eds.), *Modelling Forest Systems*. CABI, Portugal, pp. 63-74.
- Amaral, A.C.Z. and Nallin, S.A.H. 2004. *Catálogo das espécies dos Annelida Polychaeta da Costa brasileira*. http://www.ib.unicamp.br/pesquisa/projetos/biota/bentos_marinho/7.htm. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Amaro, A. and Soares, P. 2003. *Modelling Forest Systems*. CABI Publishing.
- Andrade, I., Morais, H.C., Diniz, I.R. and van den Berg, S. 1999. Richness and abundance of caterpillars on Byrsonima (Malpighiaceae) species in an area of cerrado vegetation in Central Brazil. *Rev. Biol. Trop. dic.* 47(4): 691-695. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441999000400005&lng=es&nrm=iso [Accessed 15 Apr. 2005].
- Asher, J., Warren, M., Fox, R., Harding, P., Jeffcoate, G. and Jeffcoate, S. 2001. *The Millenium Atlas of Butterflies in Britain and Ireland*. Oxford: Oxford University Press. <http://www.butterfly-conservation.org/index.html?/bnm/atlas/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Austin, M.P. 2002. Case Studies of the Use of Environmental Gradients in Vegetation and Fauna Modeling: Theory and Practice in Australia and New Zealand pp. 73-82 **in** Scott, M.J. *et al.* eds. *Predicting Species Occurrences. Issues of Accuracy and Scale*. Washington: Island Press.
- Barrett, G., Silcocks, A., Barry, S., Cunningham, R. and Poulter, R. 2003. *The New Atlas of Australian Birds*. Melbourne, Australia, CSIRO Publishing. <http://birdsaustralia.com.au/atlas/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Basset, Y., Novotny, V., Miller, S.E. and Pyle, R. 2000. Quantifying Biodiversity: Experience with Parataxonomists and Digital Photography in Papua New Guinea and Guyana. *BioScience* 50(10): 899-908.
- Basson, M., Gordon, J.D.M., Large, P., Lorange, P., Pope, J and Rackham, B. 2002. The effects of fishing on deep-water fish species to the west of Britain. *JNCC Report No 324*, 150 pp.
- Bauer, F., Stearn, W.T. and Blunt, W. 1976. *Australian Flower Paintings of Ferdinand Bauer* London: Basilisk Press
- Belbin, L. 1993. Environmental representativeness, regional partitioning and reserve selection. *Biological Conservation* 66: 223-230.
- Belbin, L. 1994. *PATN: Pattern analysis package technical reference*. Canberra: CSIRO Division of Wildlife and Ecology.
- Benkendorff, K. 1999. *Bioactive molluscan resources and their conservation: Biological and chemical studies on the egg masses of marine molluscs*. Thesis, University of Wollongong <http://www.library.uow.edu.au/adt-NWU/public/adt-NWU20011204.154039/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Berenbaum, M.R. and Zangerl, A.R. 1998. Chemical phenotype matching between a plant and its insect herbivore. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 95, 13743-13748. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=24890> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Berners-Lee, T. 1999. *Weaving the Web*. San Francisco, CA: Harper.
- Bickford, S.A., Laffan, S.W., de Kok, P.J. and Orthia, L.A. 2004. Spatial analysis of taxonomic and genetic patterns and their potential for understanding evolutionary histories. *J. Biogeogr.* 31: 1-23.
- BioCASE. 2003. *Biological Collection Access Service for Europe*. <http://www.biocase.org> [Accessed 12 Apr. 2005].
- Birds Australia. 2003. *Integrating Biodiversity into Regional Planning – The Wimmera Catchment Management Authority Pilot Project*. Canberra: Environment Australia. <http://www.deh.gov.au/biodiversity/publications/wimmera/methods.html>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Blakers, M., Davies, S.J.J.F. and Reilly, P.N. 1984. *The Atlas of Australian Birds*. Melbourne: Melbourne University Press.
- Booth, T.H. 1996. Matching Trees and Sites. Proceedings of an international workshop held in Bangkok, Thailand, 27-30 March 1995, *ACIAR Proceedings No. 63*.
- Boston, T and Stockwell, D. 1995. Interactive species distribution reporting, mapping and modelling using the World Wide Web. *Computer Networks and ISDN Systems* 28: 239-245.
- Bourque, D., Miron, G. and Landry, T. 2002. Predator-prey relationships between the nemertean *Cerebratulus lacteus* and the soft-shell clam, *Mya arenaria*: surface-exploration activity and qualitative observations on feeding behaviour. *Can. J. Zool.* 80(7): 1204-1211. [Accessed 19 Aug. 2004].
- Braby, M. 2000. *Butterflies of Australia. Their Identification, Biology and Distribution*. Melbourne: CSIRO Publishing.
- Breiman L. 1984. *Classification and regression trees*. Pacific Grove, CA: Wadsworth.

- Brooks, D.R. 2002. *Database for Inventory of Eukaryotic Parasites of Vertebrates of the Area de conservación Guanacaste, Costa Rica*. http://brooksweb.zoo.utoronto.ca/FMPro?-DB=CONTENT.fp5&-Format=intro.html&-Lay=Layout_1&-Error=err.html&content_id=1&-Find [Accessed 15 Apr. 2005].
- Brooks, D.R. and Hoberg, E.P. 2000. Triage for the biosphere: The need and rationale for taxonomic inventories and phylogenetic studies of parasites. *Comp. Parasitol.* 68: 1-25
- Brooks, T. 2001. Toward a blueprint for conservation in Africa. *BioScience* 51(8): 613-624.
- Bryant V.M. and Mildenhall, D.C. 2004. Forensic Palynology: A New Way To Catch Crooks. *Crimes and Clues. The Art and Science of Criminal Investigations*. <http://www.crimeandclues.com/pollen.htm>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Burrage, D.D., Branstetter, S.G., Graham, G. and Wallace, R.K. 1997. Development and Implementation of Fisheries Bycatch Monitoring Programs in the Gulf of Mexico. *Miss. Agric. Forest. Exper. Sta. Information Bulletin* 324: 103 pp. <http://www.rsca.org/docs/ib324.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Burton, H. 2001. Annual population estimates of Southern Elephant Seals at Macquarie Island from censuses made annually on October 15th., *Australian Antarctic Data Centre - SnoWhite Metadata* <http://www.aad.gov.au/default.asp?casid=3802> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Busby, J.R. 1979. *Australian Biotaxonomic Information System. Introduction and Data Interchange Standards*. Canberra: Australian Biological Resources Study. 25pp.
- Busby, J.R. 1984. *Nothofagus cunninghamii* (Southern Beech) Vegetation in Australia. *Australian Flora and Fauna Series* No. 1. Canberra: Australian Biological Resources Study.
- Busby, J.R. 1991. BIOCLIM – a bioclimatic analysis and prediction system. pp. 4-68 **in** Margules, C.R. and Austin, M.P. (eds) *Nature Conservation: Cost Effective Biological Surveys and data Analysis*. Melbourne: CSIRO.
- Butchart, S.H.M., Stattersfield, A.J., Bennun, L.A., Shutes, S.M., Akçakaya, H.R., Baillie, J.E.M., Stuart, S.N., Hilton-Taylor, C. and Mace, G.M. 2004. Measuring global trends in the status of biodiversity: Red List Indices for birds. *PLoS Biol* 2 (12): e383. <http://biology.plosjournals.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1371/journal.pbio.0020383>. [Accessed 14 Apr. 2005].
- Campbell, R.J. 1996. South American fruits deserving further attention. pp. 431-439. **in** Janick, J. (ed.) *Progress in new crops*. Arlington, VA: ASHS Press.
- Camino, A. 2002. An untapped potential for cooperation in science and technology for mountain conservation and sustainable development: the case of the Andes and the Himalayas *International Seminar on Mountains (ISM), Kathmandu, Nepal*. <http://www.mtnforum.org/resources/library/camia02a.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Cannell, M.G.R., Grace, J. and Booth, A. 1989. Possible impacts of climatic warming on trees and forests in the UK: a review. *Forestry* 62: 337-364.
- Carpenter, G., Gillison, A.N. and Winter, J. 1993. DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2: 667-680.
- Catard, A.; Weimerskirch, H. 1998. Satellite tracking of petrels and albatrosses: from the tropics to Antarctica *Proceedings of the 22nd Ornithological Congress, Durban* 69(1-2): 152pp.
- CBD. 2004. *Alien Species*. Convention on Biological Diversity Secretariat. <http://www.biodiv.org/programmes/cross-cutting/alien/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- CHAH 2002. *AVH - Australian's Virtual Herbarium*. Australia: Council of Heads of Australian Herbaria. <http://www.chah.gov.au/avh/avh.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Chapman, A.D. 1999. Quality Control and Validation of Point-Sourced Environmental Resource Data pp. 409-418 **in** Lowell, K. and Jatón, A. eds. *Spatial accuracy assessment: Land information uncertainty in natural resources*. Chelsea, MI: Ann Arbor Press.
- Chapman, A.D. 2005a. *Principles of Data Quality*. Report for Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen.
- Chapman, A.D. 2005b. *Principles and Methods of Data Cleaning*. Report for Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen..
- Chapman, A.D. and Busby, J.R. 1994. Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate and environmental monitoring 177-195 **in** Miller, R.I. (ed.). *Mapping the Diversity of Nature*. London: Chapman and Hall.
- Chapman, A.D. and Milne, D.J. 1998. *The Impact of Global Warming on the Distribution of Selected Australian Plant and Animal Species in relation to Soils and Vegetation*. Canberra: Environment Australia
- Chapman, A.D., Bennett, S., Bossard, K., Rosling, T., Tranter, J. and Kaye, P. 2001. Environment Protection and Biodiversity Conservation Act, 1999 – Information System. *Proceedings of the 17th Annual Meeting of the Taxonomic Databases Working Group, Sydney, Australia 9-11 November 2001*. Powerpoint: http://www.tdwg.org/2001meet/ArthurChapman_files/frame.htm [Accessed 15 Apr. 2005].
- Chapman, A.D., Muñoz, M.E. de S. and Koch, I. (2005). Environmental Information: Placing Biodiversity Phenomena in an Ecological and Environmental Context, *Biodiversity Informatics* 2: 24-41.
- Clements, M.A. and Ellyard, R.K. 1979. The symbiotic germination of Australian terrestrial orchids. *Amer. Orchid Soc. Bull.* 48: 810-815.

- CNLBSC. 2003. *Closure of Cod Fisheries – Action Plan*. Canada/Newfoundland and Labrador Business Service Centre, Government of Newfoundland and Labrador. http://www.cbcs.org/nf/search/display.cfm?Code=6145&coll=NF_PROVBIS_E [Accessed 15 Apr. 2005].
- Coates, D. 1995. Inland capture fisheries and enhancement: status, constraints and prospects for food security. KC/FI/95/TECH/3. 82 p. *Contribution to the International Conference on the Sustainable Contribution of Fisheries to Food Security, Kyoto, Japan, 4-9 December 1995*, organized by the Government of Japan, in collaboration with the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Cohn, J.P. 1995. Connecting by computer to collections. *BioScience* 45(8): 518-521.
- Colwell, R.K. 2000. *EstimateS. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Colwell, R.K. and Lees, D.C. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *TREE* 15:70–76.
- CONABIO. 2002. *Red Mundial de Información sobre Biodiversidad*. Mexico City: Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html [Accessed 13 Apr. 2005].
- Conn, B.J. (ed.). 1996. *HISPID3. Herbarium Information Standards and Protocols for Interchange of Data*. Version 3 (Draft 1.4). Sydney: Royal Botanic Gardens. <http://www.bgbm.org/TDWG/acc/hispid30draft.doc> [Accessed 12 Apr. 2005].
- Conn, B.J. (ed.). 2000. *HISPID4. Herbarium Information Standards and Protocols for Interchange of Data*. Version 4 – Internet only version. Sydney: Royal Botanic Gardens. <http://plantnet.rbg Syd.nsw.gov.au/Hispid4/> [Accessed 30 Jul. 2003].
- Coppack, T. and Both, C. 2003. Predicting life-cycle adaptation of migratory birds to global climate change. *Ardea* 90(3), special Issue: 367-378 <http://www.rug.nl/biologie/onderzoek/onderzoekgroepen/dierOecologie/publications/803Pdf.pdf>. [Accessed 15 Apr. 2005]
- Costanza, R., Norton, B. and Haskell, B. (eds). 1992. *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management*. Island Press, Washington, D.C.
- Croft, J.R. (ed.). 1989. *HISPID – Herbarium Information Standards and Protocols for Interchange of Data*. Canberra: Australian National Botanic Gardens.
- CRIA. 2002. *speciesLink*. Campinas: Centro de Referência em Informação Ambiental. <http://slink.cria.org.br/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Crosbie, J.C. 1992. *Crosbie Announces First steps in Northern Cod Recovery Plan*. Press Release from Minister of Fisheries and Oceans, Canada. 1992. <http://www.stemnet.nf.ca/cod/announce.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Croxall, J.P., Briggs, D.R. and Prince, P.A. 1993. Movements and interactions of the Wandering Albatrosses: the roles of satellite tracking and direct observations *Sea Swallow* 42: 41-44
- Csuti, B., Polasky, S., Williams, P.H., Pressey, R.L., Camm, J.D., Kershaw, M., Kiester, A.R., Downs, B., Hamilton, R., Huso, M. and Sahr, K. 1997. A comparison of reserve selection algorithms using data on terrestrial vertebrates in Oregon. *Biological Conservation* 80: 83-97.
- Cunningham, D., Walsh, K. and Anderson, E. 2001. *Potential for Seed Gum Production from Cassia brewsteri*. RIRDC Project No. UCQ-12A. Kingston, ACT: Rural Industries Research and Development Corporation. <http://www.rirdc.gov.au/reports/NPP/UCQ-12A.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Dallwitz, M.J. & T.A. Paine (1986). Users guide to the DELTA system. CSIRO Division of Entomology Report No. 13, pp. 3-6. *TDWG Standard*. (Periodic updates of this guide have been published.) <http://delta-intkey.com/>. [Accessed 14 Mar. 2005].
- Day, M.D. and Neser, S. 2000. Factors Influencing the Biological Control of *Lantana camara* in Australia and South Africa. *Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds* 4-14 July 1999. Montana, USA. <http://www.ppru.cornell.edu/weeds/Symposium/proceed/13pg897.pdf> [Accessed 18 Aug. 2004].
- Debach, P. 1974. Biological control by natural enemies. pp. 323. Vambridge: Cambridge University Press.
- DEH. 2000. *Environment Protection and Biodiversity Conservation (EPBC) Act 1999*. Canberra, Department of the Environment and Heritage. <http://www.deh.gov.au/epbc/index.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- DEH. 2004. *Threatened Ecological Communities*. Canberra: Department of the Environment and Heritage. <http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/communities/index.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Dexter, E.D., Chapman, A.D. and Busby, J.R. 1995. *The Impact of Global Warming on the Distribution of Threatened Vertebrates (ANZECC 1991)*. Report to Department of Environment Sport and Territories, Canberra. 163 pp
- Dimijiam, G.G. 1999. Pathogens and parasites: insights from evolutionary biology. *BUMC Proceedings* 12: 175-187. http://www.baylorhealth.edu/proceedings/12_3/12_3_dimijian.html [Accessed 15 Apr. 2005].
- Dove, C., Laybourne, R. Heacker-Skeans, M. 2003. Bird Identification. <http://wildlife.pr.erau.edu/BirdIdentification.htm> [Accessed 13 Apr. 2005].
- Duckworth, W.D., Genoways, H.H. and Rose, C.L. (1993). *Preserving Natural Science Collections: Chronicle of our Environment Heritage*. Washington, DC: National Institute for the Conservation of Cultural Property 140pp.

- Dunn, P.O. and Winkler, D.W. 1999. Climate change has affected the breeding date of tree swallows throughout North America. *Proc. R. Soc. London B. Biol. Sci.* 266(1437): 2487-2490
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?holding=npg&cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=10693819&dopt=Abstract [Accessed 15 Apr. 2005].
- Dynes, R.A. and Schlink, A.C. 2002. Livestock potential of Australian species of *Acacia*. *Conservation Science W. Aust.* 4(3): 117-124.
<http://science.calm.wa.gov.au/cswajournal/4-3/117-124.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Edwards, J.L. 2004. Research and Societal Benefits of the Global Biodiversity Information Facility. *BioScience* 54(6): 485-486.
- Elkins, N., Reid, J. Brown, A. Robertson, D. and Smout, A.-M. 2003. The Fife Bird Atlas. Fife, UK. Fife Ornithological Atlas Group.
http://www.the-soc.fsnet.co.uk/fife_bird_atlas.htm [Accessed 15 Apr. 2005].
- Englander, C. and Hoehn, P. 2004. *Checklist of Online Vegetation and Plant Distribution Maps*. Berkeley, CA: University of Berkeley Library <http://www.lib.berkeley.edu/EART/vegmaps.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Faith, D.P. and Nicholls, A.O. 1996. *BioRap Volume 3: Tools for Assessing Biodiversity Priority Areas*. Canberra: The Australian BioRap Consortium.
- Faith, D.P. and Walker, P.A. 1996. Integrating conservation and development: effective trade-offs between biodiversity and cost in the selection of protected areas. *Biodiver. Conserv.* 5, 417-429.
- Faith, D.B. and Walker, P.A. 1997. Role of trade-offs in biodiversity conservation planning local management, regional planning and global conservation efforts. *Journal of Biosciences* 27(4): 393-407. <http://www.ias.ac.in/jbiosci/jul2002/393.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Faith, D.P., Walker, P.A., Ive, J., and Belbin, L. 1996. Integrating conservation and forestry production: Exploring trade-offs between biodiversity and production in regional land-use assessment. *Forest Ecology and Management* 85: 251-260.
- Faith, D.P., Walker, P.A., Margules, C.R., Stein, J. and Natera, G. 2001. Practical application of biodiversity surrogates and percentage targets for conservation in Papua New Guinea. *Pacific Conservation Biology* 6: 289-303
http://wwwscience.murdoch.edu.au/centres/others/pcb/toc/pcb_contents_v6.html [Accessed 15 Apr. 2005].
- Faith, D.P., Carter, G. Cassis, G. Ferrier, S. and Wilkie, L. 2003. Complementarity, biodiversity viability analysis, and policy-based algorithms for conservation. *Environmental Science and Policy* 6: 311-328.
http://www.amonline.net.au/systematics/pdf/faith_esap.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Falush, D. plus 17 other authors. 2003. Traces of human migrations in *Helicobacter pylori* populations. *Science* 299: 1582-1585
- Feller, A.E. and Hedges, S.B. 1998. Molecular Evidence for the Early History of Living Amphibians. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 9(3): 509-516. <http://evo.bio.psu.edu/hedgeslab/Publications/PDF-files/101.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Ferguson, N.M. and Anderson, R.M. 2002. Predicting evolutionary change in the influenza A virus. *Nat. Med.* 8(6): 562-3.
- Fjeldsa, J., Rahbek, C. 1997. Species richness and endemism in South American birds: Implications for the design of networks of nature reserves. pp. 466-482 in Laurence, W.L., Bierregaard, R. Jr., (eds) *Tropical Forest Remnants*. Chicago: Chicago University Press.
- Ferrier, S., Drielsma, M. Manion, G. and Watson, G. 2002. Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeastern new South Wales. II. Community-level modelling. *Biodiversity and Conservation*. 11(12): 2309-2338.
- Fitzgerald, R.W. and Lees, B.G. 1992. The application of Neural Networks to the floristic classification of remote sensing and GIS data in complex terrain (I). *Proceedings 6th Australian Remote Sensing Conf., Wellington, N.Z.* V3; 2-10.
- Franke, J. 1999. *Costa Rica's National Parks and Preserves: a visitors guide*. Seattle, WA: The Mountaneers.
- Frith, C.B. and Beehler, B.M. 1998. *The Birds of Paradise*. Oxford, UK: Oxford University Press. 613pp.
- Gaston, K.J., Pressey, R.L. and Margules, C.R. 2002. Persistence and vulnerability: retaining biodiversity in the landscape and in protected areas. *J. Biosc. (Suppl. 2)* 27(4): 361-384.
- GBIF. 2004. *Data Portal*. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.net/portal/index.jsp>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Gillison, A.N. 2001. *Does biodiversity play a significant role in ecosystem function?* in Alternatives to Slash and Burn (ASB) Global Partnership ,Proceedings of Workshop Bringing the Landscape into Focus ,Developing a Conceptual Framework and Identifying Methods for ASB Work at the Landscape Scale Chiang Mai, Thailand <http://www.asb.cgiar.org/docs/SLUM%5C05-Ecological%20functions%20of%20biodiversity%5C05-2%20Does%20biodiversity%20play%20a%20significant.ppt> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Gillison, A.N. and Carpenter, G. 1994. *A Generic Plant Functional Attribute Set and Grammar for Vegetation Description and Analysis*. Working Paper No. 3. Jakarta, Indonesia: CIFOR. http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/WPapers/WP-03n.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Glasby, C.J. and Fauchald, K. 2003. *PolLiKEY. An information system for polychaete families and higher taxa version 2*. Canberra: ABRS.
<http://www.deh.gov.au/biodiversity/abrs/online-resources/polikey/index.html> [Accessed 15 Apr. 2005].

- Gómez-Pompa. 2004. The Role of Biodiversity Scientists in a Troubled World. *BioScience* 54(3):217-225.
- Goodchild, M.F., Rhind, D.W. and Maguire, D.J. 1991. Introduction pp. 3-7 In: Maguire D.J., Goodchild M.F. and Rhind D.W. (eds) *Geographical Information Systems Vol. 1, Principals*: Longman Scientific and Technical.
- Green, R.E. and Scharlemann, J.P.W. 2003. Egg and skin collections as a resource for long-term ecological studies. *Bull. British Ornithologists' Club*. 123A: 165-176
<http://www.boc-online.org/PDF/124GreenEggAndSkin.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Güntsch, A. 2004. The ENHSIN Pilot Network – Implementation issues. Freie Universität Berlin, Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem. <http://www.bgbm.org/BioDivInf/projects/ENHSIN/PilotImplementation.htm> [Accessed 13 Apr. 2005].
- Harle, K.J., Hiodgson, D.A. and Tyler, P.A. 1999. Palynological evidence for Holocene palaeoenvironments from the lower Gordon River valley, in the World Heritage Area of southwest Tasmania. *The Holocene* 9(2): 149-162.
- Hambly, H. and Angura, T.O. 1996. Grassroot Indicators for Desertification. Experience and Perspectives from Eastern and Southern Africa. 180pp.
- Härmä, A. 2003. Automatic identification of bird species based on sinusoidal modelling of syllables *IEEE Int. Conf. Acoust. Speech and Signal Processing (ICASSP'2003)*, Hong Kong. <http://www.acoustics.hut.fi/~sfagerlu/project/pubs/icassp03.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Harris, W. 1994. Preliminary investigation of the suitability of *Cordyline australis* (Asphodeliaceae) as a crop for fructose production. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 22: 439-451.
- Hastie, T.J. and Tibshirani, R.J. 1990. *Generalized Additive Models*, New York: Chapman and Hall
- Hausler, N and Strasdas, W. 2003. *Training Manual for Community-based Tourism*. Zschortau, Germany: Capacity-Building International.
- Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S.L. and deWaard, J.R. 2003. Biological Identifications through DNA barcodes. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270, 313-322.
- Higgins, D. and Taylor, W. 2000. *Bioinformatics: Sequence, Structure and Databanks – A Practical Approach*. Oxford University Press.
- Hijmans, R.J., Cameron, S., Para, J., Jones, P., Jarvis, A. and Richardson, K. (2004.). *Worldclim Version 1.2*. Berkeley, CA: Museum of Vertebrate Zoology. <http://biogeo.berkeley.edu/worldclim/worldclim.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Hindmarsh, R. 2003. *Natural Resource Management Plan for the Brockman River Catchment*. Perth: Water and Rivers Commission. http://portal.environment.wa.gov.au/pls/portal/docs/PAGE/DOE_ADMIN/TECH_REPORTS_REPOSITORY/TAB1019581/WRM33.PDF [Accessed 15 Apr. 2005].
- Hnatiuk, R.J. 1990. Census of Australian Vascular Plants. *Australian Flora and Fauna Series No. 11*. Canberra: Australian Biological resources Study.
- Hoberg, E.P. 2002. Foundations for an integrative parasitology: collections archives and biodiversity informatics. *Comparative Parasitology* 69(2): 124-131.
- Hoffmeister, A.R., Fitzgerald, C.C., Ribot, E., Mayer, L.W. and Popovic, T. 2002. Molecular Subtyping of *Bacillus anthracis* and the 2001 Bioterrorism-Associated Anthrax Outbreak, United States. *Emerging Infectious Diseases* 8(10): 1111-1116. <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/vol8no10/02-0394.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Howden, M., Hughes, L., Dunlop, M. Zethoven, I., Hilbert, D. and Chilcott, C. 2003. *Climate change impacts on biodiversity in Australia*. Canberra: CSIRO Sustainable Ecosystems. <http://www.deh.gov.au/biodiversity/publications/greenhouse/index.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Hunt, K. 2001. Evolution and Mass Extinction in Freeman, S. and Herron, J.C. *Evolutionary Analysis*, 2nd edn. Prentice Hall.
- Iwu, M.M. 1996. Biodiversity prospecting in Nigeria: seeking equity and reciprocity in intellectual property rights through partnership arrangements and capacity building. *Journal of Ethnopharmacology* 51: 209-219.
- Janssen, D.L., Oosterhuis, J.E., Allen, J.L., Anderson, M.P., Kelts, D.G. and Wiemeyer, S.N. 1986. Lead poisoning in free-ranging California Condors. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 155: 1052-1056.
- Janzen, D.H. 1998. Gardenification of wildland nature and the human footprint. *Science* 279:1312-1313.
- Janzen, D.H. 2000. How to grow a wildland: the gardenification of nature pp. 521-529 in Raven, P.H. and Williams, T. (eds) *Nature and Human Society*. Washington, DC: National Academy Press.
- Janzen, D.H., Hallwachs, W., Jimenez, J., and Gamez R. 1993. The role of parataxonomists, inventory managers, and taxonomists in Costa Rica's national biodiversity inventory in Reid, V.W. et al. (eds). *Biodiversity Prospecting: Using Generic Resources for Sustainable Development*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Kerry, K. 1999. *Satellite Tracking of Adelie Penguins Around Casey Station Antarctica*, Australian Antarctic Data Centre - SnoWhite Metadata <http://www.aad.gov.au/default.asp?casid=3802> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Khan, Z.R., Ampong-Nyarko, K., Chiliswa, P., Hassanali, A., Kimani, S., Lwande, W., Overholt, W.A., Pickett, J.A., Smart, L.E., Wadhams, L.J. and Woodcock, C.M. 1997. Intercropping increases parasitism of pests. *Nature* 388: 631-632.

- King, K.S. 1998. *Museum School Partnership*. Doctoral Dissertation Indiana University. <http://home.iag.net/~ksking/muslearn.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Koch, I. 2003. *Coletores de plantas brasileiras*. Campinas: Centro de Referência em Informação Ambiental. http://splink.cria.org.br/collectors_db [Accessed 15 Apr. 2005].
- Koehn, J. 2003. Riverine aquatic protected areas: protecting species, communities or ecosystem processes? *Australian Society for Fish Biology*. http://www.asfb.org.au/research/mp/jk_aq_prot_areas.htm [Accessed 15 Apr. 2005].
- Komar, O., Robbins, M.B., Klenk, K., Blitvich, B.J., Marlenee, N.L., Burkhalter, K.L., Gubler, D.J., Gonzálvez, G., Peña, C.J., Peterson, A.T. and Komar, N. 2003. West Nile Virus Transmission in Resident Birds, Dominican Republic. *Emerging Infectious Diseases* 9(10): 1299-1302. http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/Ketal_EID_2003.pdf [Accessed 13 Apr. 2005].
- Krishtalka, L. and Humphrey, P.S. 2000. Can Natural History Museums Capture the Future. *BioScience* 50(7): 611-617.
- Kristula, D. 2001. *The History of the Internet*. <http://www.davesite.com/webstation/net-history.shtml> [Accessed 13 Apr. 2005].
- Lane, M.A., Anderson, L.C., Barkley, T.M., Bock, J.H., Gifford, E.M., Hall, D.W., Norris, D.O., Rost, T.L. and Stern, W.L. 1990. Forensic Botany: Plants, perpetrators, pests, poisons and pot. *BioScience* 40: 34-39.
- Lee, J. 1997. *Floral Gems Coming to D.C.: Flower Power Saves South African Ecosystems*. USDA Agricultural Research Service News and Events <http://www.ars.usda.gov/is/pr/1997/971010.2.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Lawton, J.H., Bignell, D.E., Bolton, B., Bloemers, G.F., Eggleton, P., Hammond, P.M., Hodda, M., Holt, R.D., Larsen, T.B., Mawdsley, N.A., Stork, N.E., Srivastava, D.S. and Watt, A.D. 1998. Biodiversity indicators, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391: 72-76 <http://invertebrates.ifas.ufl.edu/LawtonEtal.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Lindenmayer, D.B. and Possingham, H.P. 1995. Modelling the impacts of wildfire on the metapopulation behaviour of the Australian arboreal marsupial, Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri*. *Forest Ecology and Management* 74:197-222
- Lindenmayer, D.B. and Possingham, H.P. 2001. *The risk of extinction: ranking management options for Leadbeater's Possum using population viability analysis*. Canberra: CRES, Australian National University 204 pp.
- Lindenmayer, D.B. and Taylor, M. 2001. *The Leadbeater's Possum Page*. Canberra: Australian National University <http://incres.anu.edu.au/possum/possum.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Lister, P.R., Holford, P., Haigh, T. and Morrison, D.A. 1996. *Acacia in Australia: Ethnobotany and potential food crop*. p. 228-236 in Janick, J. (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-228.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Litman, T. 1995. Land use impact costs of transportation. *World Transport Policy and Practice* 1(4): 9-16. http://www.agenda21.ee/english/transport/landuse_costs_extern.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Lourie, S.A., Pritchard, J.C., Casey, S.P., Truong, S.K., Hall, H.J. and Vincent, C.J. 1999. The taxonomy of Vietnam's exploited seahorses (family Syngnathidae). *Biological J. Linn. Soc.* 66: 231-256. http://seahorse.fisheries.ubc.ca/pubs/Lourie_etal_vietnam.pdf [Accessed 13 Apr. 2005].
- Longmore, R. (ed.) (1986). *Atlas of Elapid Snakes of Australia*. *Australian Flora and Fauna Series No. 7*. Canberra: Australian Government Publishing Service.
- Lu, B.-R. 2004. Gene Flow from Cultivated Rice: Ecological Consequences. *IBS News Report* <http://www.isb.vt.edu/articles/may0402.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Lundmark, C. 2003. BioBlitz: Getting into Backyard Biodiversity. *BioScience* 53(4): 329.
- Lyne, A.M. 1993. *Leptospermum namadgiensis* (Myrtaceae), a new species from the Australian Capital Territory – New South Wales border area. *Telopea* 5(2): 319-324. <http://www.anbg.gov.au/projects/leptospermum/leptospermum-namadgiensis.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Mackinnon, J. and De Wulf, R. 1994. Designing protected areas for giant pandas in China 127-142 in Miller, R.I. (ed.). *Mapping the Diversity of Nature*. London: Chapman and Hall.
- Majer, J., Shattuck, S.O., Anderson A.N. and Beattie, A.J. 2004. Australian ant research: fabulous fauna, functional groups, pharmaceuticals, and the Fatherhood. *Australian Journal of Entomology* 43(3): 235
- MaNIS. 2001. *The Mammal Networked Information System*. <http://manisnet.org/manis> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Margules, C.R. and Pressey, R.L. 2000. Systematic Conservation Planning. *Nature* 405: 243-253.
- Margules, C.R., and Redhead, T.D. 1995. *BioRap: guidelines for using the biorap methodology and tools*. Canberra: CSIRO. 70pp.
- Margules, C.R., Nicholls, A.R. and Pressey, R.L. 1988. Selecting networks of reserves to maximise biodiversity. *Biological Conservation* 43: 63-76.
- Margules, C.R., Pressey, R.L. and Williams, P.H. 2002. Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. *J. Biosci.* 27(4): 309-326.

- Marshall, T.C., Sunnocks, P., Spalton, J.A., Greth, A. and Pemberton, J.M. 1999. Use of genetic data for conservation management: the case of the Arabian oryx. *Animal Conservation* 2: 269-278.
<http://www.latrobe.edu.au/genetics/staff/sunnocks/homepage/papers/AnimalCons/Marshalletal98.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- McKenzie, G.M. and Busby, J.R. 1992. A quantitative estimate of Holocene climate using a bioclimatic profile of *Nothofagus cunninghamii* (Hook.) Oerst. *Journal of Biogeography* 19: 531-540.
- McKenzie, N.L. and Burbidge, A.L. 2002. *Australian Mammal Audit*. A Component of the National Land and Water Resources Biodiversity Audit.
- McPherson, E.G. 2003. A benefit-cost analysis of ten street tree species in Modesto, California, U.S. *Journal of Arboriculture* 29(1): 1-8
- Meisenheimer, P. 1998. *What is the Problem with Cod?* Guelph, ON: International Marine Mammal Association. 1998.
<http://www.imma.org/codvideo/whatproblemcod.html> [Accessed: 15 Apr. 2005].
- Michelmore, F. 1994. Keeping elephants on the map: Case studies of the application of GIS for conservation pp. 107-123 in Miller, R.I. (ed.). *Mapping the Diversity of Nature*. London: Chapman and Hall.
- Miller, S.E. 1991. Entomological collections in the United States and Canada: current status and growing needs. *American Entomologist* 37(2): 77-84.
- Miller, SE. and Rogo, L.M. 2001. Challenges and opportunities in understanding and utilisation of African species diversity. *Cimbebasia* 17: 197-218.
- Mills, J.N. and Childs, J.E. 1998. Ecologic Studies of Rodent Reservoirs: Their Relevance for Human Health. *Emerging Infectious Diseases* 4(4): 529-537. <http://www.cdc.gov/ncidod/eid/vol4no4/mills.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Mittermeier, R.A., Myers, N. and Mittermeier, C.G. 2000. *Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. 430 pp. Chicago, IL: University of Chicago Press
- Monteiro, L.R. and Furness, R.W. 1998. Accelerated increase in mercury contamination in North Atlantic mesopelagic food chains as indicated by time series of seabird feathers. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(12): 2489-2493.
- Munro, R.K. and Williams, R.T. (eds). 1994. *Rabbit Haemorrhagic Disease: Issues for Biological Control*. Canberra: Bureau of Resource Sciences.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Kent, J. and Fonseca, G.A.B. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Narosky, T. and Yzurieta, D. 2003. *Birds of Argentina and Uruguay. A Field Guide* 15th edn. Argentina: Vazquez Mazzini Editores.
- Nash, S. 2001. New Tools, Moon Tigers, and the Extinction Crisis. *BioScience* 51(9) 6.
- Nassar, N.M.A. 2003. Gene flow between cassava, *Manihot esculenta* Crantz, and wild relatives. *Genet. Mol. Res.* 2(4): 334-347.
http://www.funpecrp.com.br/gmr/year2003/vol4-2/gmr0047_full_text.htm [Accessed 15 Apr. 2005].
- Navarro-Sigüenza, A.G., Peterson, A.T. and Godillo-Martínez. 2003. Museums working together: The atlas of the birds of Mexico. *Bull. British Ornithologists' Club* 123A: 207-225
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/NPG_BBOC_2003.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Negrin, R.E.S., Moro, F.F., Alonso, G., Fernández, J.M.G. and Rodríguez, N.M.U. (eds). 2003. *Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en la República de Cuba*. Havana, Cuba: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
<http://www.unccd.int/actionprogrammes/lac/national/2003/cuba-spa.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Neldner, V.J., Crossley, D.C. and Cofinas, M. 1995. Using Geographic Information Systems (GIS) to Determine the Adequacy of Sampling in Vegetation Surveys. *Biological Conservation* 73: 1-17
- Newton-Fisher, N.E. 1999. The diet of chimpanzees in the Budongo Forest reserve, Uganda. *Afr. J. Ecol.* 37: 344-354
http://www.budongo.org/nen1000/reprints/NewtonFisher_1999_diet.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Nghia, N.H. and Kha, L.D. 1996. Acacia species and provenance selection for large-scale planting in Vietnam. *Proceedings of 1996 QFRI – IUFRO Conference, Tree Improvement for Sustainable Tropical Forestry*, Caloundra, Queensland.
<http://www.forests.qld.gov.au/resadv/research/qfriconf/qfri6.htm> [Abstract accessed 15 Apr. 2005].
- Nicholls, N. 1997. Increased Australian wheat yield due to recent climate trends. *Nature* 387: 484-485.
- Nicholls, O.W., Provan, D.J.M., Cole, M.M. and Tooms, J.S. 1965. Geobotany and geochemistry in mineral exploration in the Dugald River Area, Cloncurry District, Australia. *Trans. Inst. Mining and Metallurgy* 74: 695-799.
- NISO. 2002. *Z39.50 Resource Page*. Bethesda, MD: National Information Standards Organization.
<http://www.niso.org/z39.50/z3950.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Nix, H.A. 1986. A biogeographic analysis of Australian elapid snakes in Longmore, R.C. (ed). Atlas of Australian elapid snakes. *Australian Flora and Fauna Series No. 7*: 4-15. Canberra: Australian Government Publishing Service.
- Nix, H.A. and Switzer, M. (eds). 1991. Rainforest Animals: Atlas of Vertebrates Endemic to Australia's Wet Tropics. *Kowari* 1 Canberra: Australian National Parks and Wildlife Service.

- Nix, H.A.; Faith, D.P.; Hutchinson, M.F.; et al. 2000. *The BioRap Toolbox: A National Study of Diversity Assessment and Planning for Papua New Guinea*. Canberra: CRES, Australian National University.
- Norris, D.O. and Bock, J.H. 2001. Method for examination of fecal material from a crime scene using plant fragments. *Journal of Forensic Investigation* 51: 367-377.
- NRC. 2003. *Countering Agricultural Bioterrorism*. National Research Council (NRC). Washington, DC: National Academy Press.
- NSW National Parks and Wildlife Service. 2003. *Draft NSW and National Recovery Plan for the Tarengo Leek Orchid (Prasophyllum petilum)* Hurstville, NSW: NSW National Park and Wildlife Service.
- Ntiama-Baidu, Y. 1997. Wildlife and food security in Africa. *FAO Conservation Guide* 33. <http://www.fao.org/docrep/W7540E/w7540e00.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Odhambo, T.R. 1977. Entomology and the problems of the tropical world (pp. 52-59) in *Proceedings of the XV International Congress of Entomology*. College Park, Maryland: Entomological Society of America. 824 pp.
- OECD. 1999. *Final Report of the Megascience Forum Working Group on Biological Informatics*. Paris: OECD.
- Olesen, J.E. 2001. Climate Change and Agriculture in Denmark in Jørgensen, A.M.K.; Fenger, J.; Halsnæs, K. (eds), *Danish contributions*. Copenhagen: Danish Meteorological Institute pp. 191-206 <http://glwww.dmi.dk/f+u/publikation/dkc-publ/klimabog/CCR-chap-12.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Oliver, I., Pik, A., Britton, D., Dangerfield, M.J., Colwell, R.K. and Beattie, A.J. 2000. Virtual Biodiversity Assessment Systems. *BioScience* 50(5): 441-450.
- Omasa, K., Saji, H., Youssefian, S. and Kondo, N. 2002. *Air Pollution and Plant Biotechnology – Prospects for Phytomonitoring and Phytoremediation*. Springer Verlag 455 pp.
- Page, L., Funk, V., Jeffords, M., Lipscomb, D., Mares, M. and Prather, A. (eds). 2004. Workshop to Produce a Decadal Vision for Taxonomy and Natural History Collections. *Report to the U.S. National Science Foundation Biodiversity Surveys and Inventories Program*. http://www.flmnh.ufl.edu/taxonomy_workshop/NSF_Workshop_Report_3-08-04.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Panetta, F.D. and Mitchell, N.D. 1991. Bioclimatic prediction of the potential distribution of some weeds prohibited entry to New Zealand N.Z. *J. Agric. Res.* 34: 341-350.
- Parmesan, C., Rurholm, N., Stefanescu, C., Hill, J.K., Thomas, C.D., Descimon, H., Huntley, B., Kaila, L., Kullberg, J., Tammaru, T., Tennent, W.J., Thomas, J.A. and Warren, M. 1999. Poleward shift of butterfly species' ranges associated with regional warming. *Nature* 399: 579-583 http://www.biosci.utexas.edu/IB/faculty/parmesan/pubs/Parm_Ntr_99.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pereira, R.S. 2002. *Desktop Garp*. Lawrence, Kansas: University of Kansas Center for Research. <http://beta.lifemapper.org/desktopgarp/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pergams, O.R.W. and Nyberg, D. 2001. Museum collections of mammals corroborate the exceptional decline of prairie habitat in the Chicago region. *Journal of Mammalogy* 82(4): 984-992 <http://home.comcast.net/~oliver.pergams/ratio.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Perkins L. and Swayne, D. 2002. Susceptibility of Laughing Gulls (*Larus atricilla*) to a H5N1 and a H5N3 Highly Pathogenic Avian Influenza Virus. *Avian Diseases* 46(4): 877-885.
- Perring, F.H. and Walters, S.M. eds. 1962. *Atlas of the British Flora*, London: Nelson - for Botanical Society of the British Isles
- Peters, D. and Thackway, R. 1998. *A New Biogeographic Regionalisation for Tasmania*. Hobart: Parks and Wildlife Service <http://www.gisparks.tas.gov.au/dp/newibra/Title&Background.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Peterson, A.T. 2003. Predicting the Biogeography of species Invasions via Ecological Niche Modeling. *Quarterly Rev. Biol.* 78(4): 419-433. http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/P_QRB_2003.pdf [Accessed 13 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Navarro-Sigüenza, A.G. and Benitez-Diaz, H. 1998. The need for continued scientific collecting: A geographic analysis of Mexican bird specimens. *Ibis*, 140:288-294.
- Peterson, A.T., and Vieglais, D.A. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling. *BioScience* 51: 363-371 http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/PV_B_2001.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Ortega-Huerta, M.A., Bartley, J., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J., Buddemeier, R.H. and Stockwell, D.R.B. 2002a. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629. http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/Petal_N_2002.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Ball, L.G. and Cohoon, K.P. 2002b. Predicting distributions of Mexican birds using niche modelling methods. *Ibis* 144: e27-e32. http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/NPG_BBOC_2003.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Scachetti-Pereira, R. and Kluza, D.A. 2003a. Assessment of Invasive Potential of *Homalodisca coagulata* in Western North America and South America. *Biota Neotropica* 3(1). <http://www.biotaneotropica.org.br/v3n1/en/download?article+BN00703012003+item> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Vieglais, D.A. and Andreasen, J. 2003b. Migratory birds as critical transport vectors for West Nile Virus in North America. *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, 3:39-50. http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/PVA_VBZD_2003.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].

- Peterson, A.T., Scachetti-Pereira, R. and Hargrove, W.W. 2004. Potential geographic distribution of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in North America. *American Midland Naturalist* 151: 170-178.
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/PSH_AMN_2004.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pettitt, C. 1991. What Price Natural History Collections, or 'Why de we need all these bloody mice?' *Mus. Journal* 91(8): 25-28.
<http://fenscore.man.ac.uk/Uses/cwpmusjap.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pimentel, D. (ed.). 2002. *Biological Invasions: Economic and Environmental Costs of Alien Plant, Animal, and Microbe Species*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Pimentel, D.; Lach, L.; Zunigar, R.; and Morrison, D. 1999. *Environmental and Economic Costs Associated with non-Indigenous Species in the United States*. Ithaca, NY: College of Agricultural and Life Sciences, Cornell University. 1999.
http://www.news.cornell.edu/releases/Jan99/species_costs.html [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pimentel, D.; Lach, L.; Zunigar, R.; and Morrison, D. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience* 50(1): 53-65.
- Platt, T.R. 2000. *Neopolystoma fentoni* n. sp. (Monogenea: Polystomatidae) a parasite of the conjunctival sac of freshwater turtles in Costa Rica. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 95: 833-837.
<http://brooksweb.zoo.utoronto.ca/pdf/Neopolystoma%20fentoni.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pouliquen-Young, O. and Newman, P. (1999). *The Implications of Climate Change for Land-Based Nature Conservation Strategies*. Final Report 96/1306, Australian Greenhouse Office, Environment Australia, Canberra, and Institute for Sustainability and Technology Policy, Murdoch University, Perth, Australia, 91 pp.
- Pujari, G.N. and Shrivastava, J.P. 2001. High bioassay values in *Terminalia alata* leaves: indication of Cu mineralisation in Malanjkhand Granitoid, Central India. *Chemical Speciation and Bioavailability* 13(4): 97-111.
- Purvis, A., Gittleman, J.L., Cowlshaw, G. and Mace G.M. 2000. Predicting extinction risk in declining species. *Proc. Roy. Soc. Lond. B* 267: 1947-1952.
- Queensland Museum. 2004. *Saving Lives: Queensland Museum Collections*.
<http://www.qmuseum.qld.gov.au/features/snakes/saving.asp> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Raina, S.K. (ed). 2000. *The economics of apiculture and sericulture modules for income generation in Africa*. Nairobi: ICIPE Science Press. 86 pp.
- Ratcliffe, D.A. 1967. Decrease in eggshell weight in certain birds of prey. *Nature*. 215: 208-210.
- Raxworthy, C.J., Martinez-Meyer, E., Horning, N., Nussbaum, R.A., Schneider, G.E., Oregre-Huerta, M.A. and Peterson, A.T. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*. 426: 837-841.
- Redhead, T., Mummery, J. and Kenchington, R. (eds). 1994. *Options for a National Program on Long-Term Monitoring of Australian Biodiversity*. Canberra: CSIRO & Department of Environment, Sport and Territories.
- Ridgely, R.S. and Gwynne, J.A. 1989. *A Guide to the Birds of Panama* 2nd edn. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Rivas, M., Warner, J., Bermúdez, M. 1998. Presencia de micorrizas en orquídeas un jardín botánico neotropical *Rev. biol. Trop.* 46(2):
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77441998000200004&script=sci_arttext&tlng=es
- Robinson, T.P., Rogers, D.J. and Williams, B.G. 1997. Mapping tsetse habitat suitability in the common fly belt of southern Africa using multivariate analysis of climate and remotely sensed vegetation data. *Medical and Veterinary Entomology* 11, 235-245.
- Rodgers, J. A. 1990. Breeding chronology and clutch information for the wood stork from museum collections. *J. Field Orn.* 61: 47-53.
- Schell, D. 2000. Declining carrying capacity in the Bering Sea: Isotopic evidence from whale baleen. *Limnology and Oceanography* 43: 459-462.
- Schmitt, C.J. and Bunck, C.M. 1995. *Persistent Environmental Contaminants in Fish and Wildlife*. USGS.
<http://biology.usgs.gov/s+t/noframe/u208.htm> [Accessed 14 Aug. 2004].
- Sekhran, N. and Miller, S. 1995. *Papua New Guinea Country Study on Biological Diversity*. Port Moresby: Department of Environment and Conservation.
- Shalk, P.H. and Heijman, P. 1996. ETI's Taxonomic *Linnaeus II* Software. A New Tool for Interactive Education. *Uniserve-Science News* 3: <http://science.uniserve.edu.au/newsletter/vol3/schalk.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Shapiro, B. and Cooper, A. 2003. Beringia as an Ice Age genetic museum. *Quaternary Research* 59: 94-100.
- Shiemo, P.N. 2002. The sustainability of Eru (*Gnetum africanum* and *Gnetum buchholzianum*) an exploited non-wood forest production from the forests of Central Africa in *RATTAN Current research Issues and Prospects for Conservation and Development*. FAO. <http://www.fao.org/docrep/X2161E/x2161e06.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Schulze, R., Meigh, J. and Horan, M. 2001. Present and potential future vulnerability of eastern and southern Africa's hydrology and water resources. *South African Journal of Science* 97: 150-160.
- Short, P.S. (ed.). 1990. *History of systematic botany in Australia*. Proceedings of a symposium held at the University of Melbourne 25-27 May 1988. South Yarra, Vic.: Australian Systematic Botany Society. 326 pp.

- Siddall, M.E. 1997. The AID Pandemic is New, but is HIV **Not** New? *Cladistics* 13: 266-273.
<http://research.amnh.org/~siddall/HIV.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Siqueira, M.F. de, and Peterson, A.T. 2003. Global climate change consequences for cerrado tree species. *Biota Neotropica*, 3(2):
<http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/en/download?article+BN00803022003+item> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Soberón, J. 2004. *The National Biodiversity Information System of Mexico*
http://circa.gbif.net/Public/irc/gbif/pr/library?l=power_point/presentations/assembly/4_soberon_pps/ [Accessed 23 Aug 2004].
- Soberón, J., Golubov, J. and Sarakhán, J. 2000. Predicting the Effects of *Cactoblastis cactorum* Berg on the *Platyopuntia* of Mexico: A Model on the Route of Invasion pp. 95-97 in *Assessment and Management of Alien Species that Threaten Ecosystems, Habitats and Species*. CBD Technical Series No. 1. Montreal, Canada: Convention on Biological Diversity. . Copenhagen: GBIF. Powerpoint presentation (17 Mb) <http://www.biodiv.org/doc/publications/cbd-ts-01.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Soberón, J., Golubov, J. and Sarakhán, J. 2001. The Importance of *Opuntia* in Mexico and Routes of Invasion and impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist* 84(4): 486-492.
- Soberón, J. Huerta-Ocampo, E., Arriaga-Cabrera, L. 2002. The Use of Biological Databases to Assess the Risk of Gene Flow: The Case of Mexico in *LMOS and the Environment*, OECD. <http://www.oecd.org/dataoecd/40/56/31526579.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Sondström, O., Larsson, Å., Andersson, J., Appelberg, M., Bignert, A., Ek, H., Förlin, L. and Olsson, M. 2004. *Integrated fish monitoring in Sweden*. Helsinki: Helcom Monas Coastal Fish Monitoring
[http://www.helcom.fi/dps/docs/documents/Monitoring%20and%20Assessment%20Group%20\(MONAS\)/MONAS%20Coastal%20Fish%20Monitoring%201.%202004/3-4.pdf](http://www.helcom.fi/dps/docs/documents/Monitoring%20and%20Assessment%20Group%20(MONAS)/MONAS%20Coastal%20Fish%20Monitoring%201.%202004/3-4.pdf) [Accessed 15 Apr. 2005].
- Sonnekus, I.P. and Breytenbach, G.J. 2001. Conservation business: sustaining Africa's future. *Koedoe* 44: 105-123.
- SourceForge. 2004. *Distributed Generic Information Retrieval (DiGIR)*. <http://digir.sourceforge.net/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Southwell, C., Meyer, L. 2003. The utility of satellite remote sensing for identifying the location and size of penguin breeding sites in Antarctica: a review of previous work and specifications of some current satellite sensors. *CCAMLR Scientific Abstracts*. WG-EMM-03/51 19
http://cs-db.aad.gov.au/proms/public/report_project_public.cfm?project_no=2205 [Accessed 15 Apr. 2005].
- Stace, P. 1995. Winbreak trees for economic biodiversity: a habitat for pests, predators and crop pollinators ACOTANC – 95. *The Sixth Conference of the Australian Council on Tree and Nut Species, Lismore, Australia*
<http://www.newcrops.uq.edu.au/acotanc/papers/stace.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Stadler, J., Mungai, G. and Brandl, R. 1998. Weed invasion in East Africa: insights from herbarium records. *African Journal of Ecology* 36: 15-22.
- Stadler, M. and Hellwig, V. 2005. PCR-based Data and Secondary Metabolites as Chemotaxonomic Markers in High-Throughput Screening for Bioactive Compounds from Fungi. In *Handbook of Industrial Mycology* (Z. An, ed.) New York: Marcel Dekker. 269pp.
- Stattersfield, A.J., Crosby, M.J., Long, A.J. and Wege, D.C. 1998. *Endemic bird areas of the world: priorities for biodiversity conservation*. Birdlife International.
- Stockwell, D. and Peters, D. 1999. "The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction." *International Journal of Geographical Information Science* 13(2): 143-158.
- Strasdas, W. 2002. *The Ecotourism Training Manual for Protected Area Managers*. Zschortau, Germany: German Foundation for International Development.
- Suarez, A.V., Holway, D.A. and Case, T.J. 2001. Patterns and spread in biological invasions dominated by long-distance jump dispersal: Insights from Argentine ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98: 1095-1100.
- Suarez, A.V. and Tsutsui, N.D. 2004. The Value of Museum Collections for Research and Society. *BioScience* 54(1): 66-74.
- Swaney, D. 1999. *Zimbabwe, Botswana & Namibia. Third edition*. Hawthorn, Australia : Lonely Planet. 817 pp
- Taylor, J.E., Yunez-Naude, A., Dyer, G.A., Stewart, M. and Ardila, S. 2002. *The Economics of "Eco Tourism:" A Galapagos Island Economy-wide Perspective*. University of California, Davis. http://www.reap.ucdavis.edu/working_papers/jet-galapagos.pdf [15 Apr. 2005].
- TDWG 2004. ABCD Schema – Task Group on Access to Biological Collection Data. <http://bgbm3.bgbm.fu-berlin.de/TDWG/CODATA/default.htm> [Accessed 13 Apr. 2005].
- Thackway, R. and Cresswell, I. (eds). 1995. *An Interim Biogeographic Regionalisation for Australia: A Framework for Setting Priorities in the National Reserves System Cooperative Program*. (Version 4.0) Canberra: Australian Nature Conservation Agency. <http://www.ea.gov.au/parks/nrs/ibra/version4-0/index.html>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Thomas, C.D., Cameron, A., Gree, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L. and Williams, S.E. 2004. *Nature* 427: 145-148.
- Thompson, D.R., Furness, R.W. and Monteiro, L.R. 1998. Seabirds as biomonitors of mercury inputs to epipelagic and mesopelagic marine food chains. *Science of the Total Environment* 213: 299-305.

- Torto, B. & Hassanali, A. 1997. Progress in the search for anti-arthropod botanicals. *Recent Research Developments in Phytochemistry* 1: 475-488.
- Tsontos, V.M. and Kiefer, D.A. 2000. Development of a dynamic biogeographic information system for the Gulf of Maine. *Oceanography* 13(3): 25-30. <http://iobis.org/Plone/about/2000Tson.pdf>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- University of Queensland. 2004. *Welcome to Lucidcentral*. Centre for Biological Information Technology, University of Queensland. <http://www.lucidcentral.org/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- UTU-Biota. 2004. *GBIF Demonstration project 2003*. Biota BD Ltd and University of Turku. <http://gbifdemo.utu.fi/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Vallance, T.G., Moore, D.T. and Froves, E.W. 2001. *Nature's Investigator: The Diary of Robert Brown in Australia 1801-1805*. Canberra: ABRIS.
- van Staden, V., Erasmus, B.F.N., Wingfield, M.J. and van Jaarsveld, A.S. 2004. Modelling the spatial distribution of two important South African plantation forestry pathogens. *Forest Ecology and Management* 187(1): 61-73.
- Ved, D.K. 1998. Regulating export of endangered medicinal plant species – Need for scientific rigour *Current Science* 75(4): 341-343 <http://www.ias.ac.in/currsci/aug/articles8.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Vieglais, D. 1999. The Species Analyst. Integrating Disparate Biodiversity Resources using Information Retrieval Standards (Z39.50). Powerpoint presentation. <http://www.tdwg.org/daveTDWG.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Vieglais, D. 2003a. *Species Analyst Revision 1.6*. Lawrence, KA: University of Kansas Natural History Museum and Biodiversity Research Center. <http://speciesanalyst.net/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Vieglais, D. 2003b. *The Darwin Core. Revision 1.5*. Lawrence, KA: University of Kansas Natural History Museum and Biodiversity Research Center. <http://speciesanalyst.net/docs/dwc/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Wake, D.B. 2004. *Biodiversity Informatics Approaches to Taxon-Based Studies – The Amphibia as an Exemplar*. Copenhagen: GBIF. Powerpoint presentation (10 Mb). http://circa.gbif.net/Public/irc/gbif/pr/library?l=/power_point/presentations_assembly/6_wake_pps/EN_1.0_&a=d [Accessed 16 Aug. 2004].
- Wannenburgh, A. and Mabena, S. 2002. National Indigenous Forest Inventory. *National Forests and Woodlands Symposia III*. Pretoria: Department of Water Affairs and Forestry. http://www.dwaf.gov.za/Forestry/FTIS/symp2002/inventory_doc [Accessed 15 Apr. 2005].
- Warman, L.D., Sinclair, A.R.E., Scudder, G.G.E., Klinkenberg, B. and Pressey, R.L. 2004. Sensitivity of Systematic Reserve Selection to Decisions about Scale, Biological Data, and Targets: Case Study from Southern British Columbia. *Conservation Biology* 18(3): 655-666.
- Wassenaar, L. and Hobson, K. 1998. Natal Origins of Migratory Monarch Butterflies at Wintering Colonies in Mexico: New Isotopic Evidence. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95: 15436-15439.
- Watson, J.P. 1974. Termites in relation to soil formation, groundwater, and geochemical prospecting. *Soils and Fertilizers* 37: 111-114.
- Weiss, C. and Eisner, T. 1998. Partnerships for value-added through bioprospecting. *Technology in Society* 20: 481-498.
- Wells, F., Metzeling, L. and Newall, P. 2002. Macroinvertebrate Regionalisation for use in the Management of Aquatic Ecosystems in Victoria, Australia. *Environmental Monitoring and Assessment* 74(3): 271-294.
- West, J.G. and Whitbread, G.H. 2004. *Australian Botanical Informatics serving Science and Society*. Copenhagen: GBIF. Powerpoint presentation (14 Mb) http://circa.gbif.net/Public/irc/gbif/pr/library?l=/power_point/presentations_assembly/5_west_pps/EN_1.0_&a=d [Accessed 16 Aug. 2004].
- Wheeler, Q.D., Raven, P.H. and Wilson, E.O. 2004. Taxonomy: Impediment or expedient? *Science* 303: 285.
- Williams, P., Gibbons, Margules, D., Rebelo, C., Humphries, A. and Pressey, R. 1996. A comparison of richness hotspots, rarity hotspots and complementary areas for conservation diversity using British birds. *Conservation Biology* 10: 155-174.
- Wiltshire, P.E.J. 2001. *Environmental Profiling and Forensic Palynology. Background and potential value to the criminal investigator* British Association for Human Identification. http://www.bahid.org/docs/NCF_Env%20Prof.html [Accessed 15 Apr. 2005].
- Winker, K. 2004. Natural History Museums in a Postbiodiversity Era. *BioScience* 54(5): 455-459.
- World Resources. 1992. [Global Biodiversity Strategy: Guidelines for action to save, study and use Earth's biotic wealth sustainably and equitably](http://www.wri.org/pubs_content.cfm?PubID=2550). WRI, IUCN, UNEP, FAO, UNESCO. http://biodiv.wri.org/pubs_content.cfm?PubID=2550 [Accessed 13 Apr. 2005].
- Zak, D.R., Holmes, W.E., White, D.C., Peacock, A.D. and Tilman, D. 2003. Plant Diversity, Soil Microbial Communities, and Ecosystem Function: Are there any links? *Ecology* 84(8): 2042-2050. <http://www.bio.psu.edu/ecology/calendar/Zak.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Zhou, Z.; and Pan, W. 1997. Analysis of the viability of a giant panda population. *Journal of Applied Ecology*; 34(2): 363-374.

Zwick, P. 2003. Shapes and patterns of wingpad development in the Plecoptera, **in** Gaino, E. (ed.) *Research update on Ephemeroptera and Plecoptera*; University of Perugia, pp. 477- 483.
<http://www.unipg.it/maystone/PDF%202001%20proc/ZWICK2%20IJM%20proceedings.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].

Index

A

abeilles,19
 abondance,27
 aborigènes,58,89
Acacia,59,64,91
 Afrique,12,18,22,23,27,28,29,33,36,38,41,47,48,52,54,55,56,58,59,60,61,62,63,72,73,83,84,87,92,95
 Afrique du Sud,84
 agricole,40,57,60,85
 agriculture,7,11,33,42,56,57,58,60,61,79
 agro-alimentaire,57,58,59,79
Ailuropoda melanoleuca,28
 aires protégées,52
 albatros,32,39
 aménagement,95,96
 Andes,89,100
 animaux de compagnie,33,58,66,67,80
 Anthropologie,91
 aquatique,98
 Arbre de la Vie,13,19,85
 Argentine,16,34,72,84,109
 art,5,87,88,89
 artisanat,89
 atlas,21,22,27,42,90,98,99,102,106
 Audubon,95
 Australie,8,9,14,15,16,17,18,21,22,23,24,25,26,27,29,31,32,33,34,35,36,37,39,40,42,44,45,48,49,53,54,55,56,58,59,61,62,63,65,72,74,75,80,81,82,83,84,85,86,88,89,90,91,93,94,95,96,97

B

bambous,89
 Biélorussie,93
 biogéographiques,6,7,9,12,20,21,48,49,50,64,98
 bioprospection,11,73,74
 Biota,9,73,90,107,108,110
 blaireaux,20
 Brésil,14,27,33,34,40,58,60,63,68,73,88,90,92,93

C

Cactoblastis cactorum,36
Caesalpinia bonduc,89
 Canada,13,29,32,35,45,49,53,65,71,77,95,97,101,105,108
Canna indica,89
 champignons,12,13,57,61,62,74,81
 charançons,36
 chasse,93
 Checklist,18,42
 chimio-taxonomie,74
 Chine,28,52,55,56,63,81
 Cicadas,12
 cigales,19
 CITES,78,79
 cladogramme,15
 clés interactives,16

climat,10,20,23,40,41,44,48,57
 cochenilles,36
 commerce,60,75,77,78,79,80
 conservation,50
 contrôle biologique,36
 Convention sur la Biodiversité,33,34,57,92
 coquillages,64,89
 Costa Rica,18,19,29,54,67,73,82,87,100,103,104,107
 crapauds buffles,82
 criquets,19
 cyclone,96,97

D

distribution,6,9,11,14,15,16,18,20,21,22,23,24,26,29,33,34,37,39,40,42,52,61,62,64,65,67,69,72,73,74,98
 douanes,78
 drogues,75,78,79
 dunes,96

E

ECat,13
 écorces,89
 écotourisme,11,85,86,87
 Elapidae,20,22,23,24
 Equateur,79,89,95
 ethnobotanistes,91
 ethnozoologistes,91
 exploitation minière,57,68,74

F

Fidji,90
 films,94
 forêt amazonienne,74
 fourmis,18,34,74

G

Galápagos,79
 Grande Barrière de Corail,93
 Guanacaste,19,29,54,82
 guides de terrain,11,15,16,95

H

herbier virtuel d'Australie,15
 Himalaya,89
 hippocampe,12
 histoire,87
 horticulture,94
 Hymalaya,89
 Hymenoptera,12

I

ICLARM,12
identification automatisée,19
ignames,60,89
Inbio,73,82
instruments de musique,89
IntKey,17
IPNI,13
Iran,60,76
ITIS,13
ivoire,78

J

jardinage,94
jardins botaniques,87

K

Kirghizstan,90

L

laine,78,89
langage Delta,17
lapins,36
loisirs,93

M

Macropus eugenii,75
médecine légale,47,74,75,76,77
médicaments,73,74
Mexique,9,18,22,23,34,36,37,38,40,66,80,84,86,92
Missouri Botanical Garden,13
modélisation environnementale,5,9,20,23
mouche domestique,76,77

N

Nothofagus cunninghamii,20,45,100,105
Nouvelle-Zélande,93

O

OBIS,98
observation des oiseaux,93,95
oiseau de paradis,89
Opuntia,36
orchidées,67,78
ornement,59,89
orthoptères,84
Ouzbékistan,82

P

Panama,86,108
Papouasie Nouvelle Guinée,29,50,51,52,82,89,91
Paraná,93
parataxonomie,91

parataxonomistes,19
parcs naturels,87
pathogènes,47,57,60,61,62,69,72,79,80
paysager,96
pêche,7,11,38,56,57,64,65,66,79,90,93
peintures,88
pétrels,32,39
pharmaceutique,74
photographie,94
phylogénie,12,19
pingouin,38
plantes médicinales,79
plumes,71,89
poissons migrateurs,97
politique,90
pollen,45,76,100
pollinisateurs,60,82
Polychaetes,16
Pultenaea,15,19

R

randonnée,95
rapatriement de l'information,92
requin,79
réseaux de neurones,20
rhinocéros,74,75

S

savoirs locaux,91
serpents venimeux,20,24
Singapour,87
Solenopsis invicta,32
Species 2000,13

T

taxonomie,12
timbres,90,94
tornade,96
tortues,29,31,38,66,78
Tree of Life,13,19
trek,95
Tropicos,13

U

Uruguay,16,106

V

vannerie,89

W

wallabies,75

X

Xylariaceae,74



Yémen,74