

INTÉRÊT DES HERBIERS POUR LA CONNAISSANCE DES DYNAMIQUES SPATIO-
TEMPORELLES DES INVASIONS BIOLOGIQUESSerge MULLER¹

¹ Institut de Systématique, Évolution et Biodiversité (ISYEB), UMR 7205 - CNRS, MNHN, UPMC, EPHE. Muséum national d'Histoire naturelle, Sorbonne Universités, 57 rue Cuvier, CP 39. F-75005 Paris. E-mail: serge.muller@mnhn.fr

SUMMARY.— *Relevance of herbaria for the knowledge of the spatiotemporal dynamics of the biological invasions.*— Herbaria, which are collections of dried plants, represent the 'memory' of the vegetation at the date and in the location of where they were collected. They therefore constitute very interesting tools for studying the modalities of the arrival and extension of invasive plants on a given area. This information can be used for several objectives: (1) reconstructing the history of discovery of new invasive species in particular places, (2) studying the speed of the colonization by invasive plants, (3) characterizing the habitats of the invasive species in the zone of introduction and possible modifications of these environments, (4) analysing the comparison of the genetic variability of the populations of invasive species in their native ranges and in areas where they have become naturalized, and (5) evaluating the importance of invasive species compared with native species in the floristic composition and its temporal modification. Despite the potential bias linked to spatial and temporal heterogeneity in sampling, numerous studies using data from herbaria have been carried out on the history of biological invasions, highlighting the different phases of the colonization, from acclimation, often followed by a lag phase of varying length and naturalization, to the exponential expansion of a certain number of species. Herbaria can also serve as essential tools for reconstructing the origin and dynamics of invasive pathogens or pests that are present with or in herbarium specimens.

RÉSUMÉ.— Les herbiers, collections de plantes séchées, représentent la mémoire des plantes présentes à la date et au lieu de leur récolte. Ils constituent ainsi des outils très intéressants pour étudier les modalités d'arrivée et d'extension de plantes exotiques sur un territoire. Ces informations peuvent être utilisées pour plusieurs objectifs : (1) la reconstitution de l'historique de la découverte d'espèces exotiques nouvelles dans des territoires, (2) l'étude de la cinétique des colonisations par les plantes exotiques, (3) la caractérisation des habitats des espèces exotiques dans les zones d'introduction et des modifications éventuelles de ces habitats, (4) l'analyse et la comparaison de la variabilité génétique des populations d'espèces exotiques introduites dans les territoires d'origine et de naturalisation, (5) l'évaluation de l'importance des espèces exotiques par rapport aux espèces indigènes dans les cortèges floristiques et leurs modifications temporelles. Malgré les biais potentiels d'interprétation liés à des hétérogénéités spatiales et temporelles d'échantillonnage, de nombreux travaux ont ainsi été réalisés à l'aide de données d'herbiers sur l'histoire des invasions biologiques, permettant de mettre en évidence les différentes phases de la colonisation, depuis l'acclimatation, souvent suivie d'une phase plus ou moins longue de latence, puis la naturalisation jusqu'à l'expansion exponentielle d'un certain nombre d'espèces. Les herbiers peuvent également être des outils essentiels pour la reconstitution de l'origine et de la dynamique de pathogènes et consommateurs invasifs présents sur les échantillons d'herbier.

Des herbiers, collections de plantes séchées, ont été réalisés à partir du 16^e siècle. Ils ont connu un important développement au cours des 18^e et 19^e siècles en Europe et dans l'est de l'Amérique du Nord et représentent ainsi des sources d'information très précieuses sur la flore et l'environnement des territoires aux périodes de collecte (Pyke & Ehrlich, 2010). Les botanistes ont récolté les espèces indigènes, mais également les espèces introduites et naturalisées dans les territoires de prospection, qui suscitaient leur intérêt. Ainsi les herbiers constituent-ils une source d'informations essentielle sur l'histoire des invasions biologiques.

Dans la revue bibliographique récemment publiée par Lavoie (2013) sur l'utilisation des herbiers pour des études biogéographiques et environnementales, les invasions végétales

apparaissent comme le sujet qui a fait l'objet du plus grand nombre d'articles publiés (98 publications parues entre 1966 et 2012).

Cette utilisation des herbiers correspond à différentes thématiques d'étude des invasions biologiques, qui sont analysées dans les paragraphes qui suivent.

HISTORIQUE DES DONNÉES SPATIO-TEMPORELLES DE DÉCOUVERTE D'ESPÈCES EXOTIQUES NOUVELLES DANS DES TERRITOIRES

Les herbiers abritent souvent des récoltes d'échantillons correspondant aux premières découvertes d'espèces exotiques nouvelles dans un territoire d'introduction. Ils permettent ainsi d'attester des lieux et dates de ces observations. Ainsi les recherches faites dans les herbiers de France et des pays voisins par Chauvel *et al.* (2006) ont permis d'attester qu'*Ambrosia artemisiifolia* a d'abord été observé en France dans trois jardins botaniques au 18^{ème} siècle, puis dans cinq autres au cours de la première moitié du 19^{ème} siècle, avant la première récolte de l'espèce en milieu naturel en 1863 dans le Massif central. Les auteurs ont toutefois établi qu'il n'y avait pas de lien entre les présences de l'espèce dans les jardins botaniques et en milieu naturel. Csontos *et al.* (2010) ont de même recherché dans les herbiers les populations fondatrices de l'expansion de cette même espèce en Europe centrale et orientale. Ils ont ainsi montré que cette colonisation ne datait que du début du 20^e siècle et était donc bien postérieure à celle de l'Europe de l'Ouest.

En Amérique du Nord, Austin (2000) a identifié, sur la base d'échantillons d'herbiers, les premiers sites et dates d'introduction sur ce continent de *Convolvulus arvensis*, qui était considéré au 18^e et début du 19^e siècle comme une plante médicinale. De même, Salo (2005) a recherché dans les herbiers les premiers sites de découverte de *Bromus rubens* subsp. *madritensis* en Amérique du Nord et a identifié à partir de ces données trois origines et voies possibles d'introduction précoce de l'espèce en Californie, celle de la vallée centrale par les cultures de blé, celle du Sud par les bateaux et celle du Nord par les troupeaux d'ovins.

En Europe, l'historique de la colonisation d'*Heracleum mantegazzianum* en République tchèque a été étudié à l'aide d'échantillons d'herbiers par Pyšek (1991). Il en a été de même pour *Impatiens glandulifera* dans ce territoire par Pyšek & Prach (1995). Sur la base des mêmes méthodes, Mandák *et al.* (2004) ont ensuite étudié l'histoire des colonisations en République tchèque des différents taxons de *Reynoutria* (= *Fallopia*) introduits en provenance de l'Est de l'Asie. Ils ont pu mettre en évidence une dynamique de colonisation plus rapide de l'hybride *R. ×bohemica* par rapport aux parents *R. japonica* et *R. sachalinensis*.

Les herbiers peuvent également apporter des informations très précieuses sur l'histoire d'invasions d'organismes pathogènes ou ravageurs de végétaux. Ainsi dès 1933, Jenkins et Fawcett ont utilisé des échantillons d'herbier de *Citrus* conservés dans des herbiers anglais et américains pour établir que les plus anciennes infestations de citronniers par la bactérie *Pseudomonas citri* datent des années 1830 (Fawcett & Jenkins, 1933 ; Jenkins & Fawcett, 1933). De même, l'examen de plus de 500 échantillons d'herbier de deux espèces d'*Eucalyptus* a été effectué par Abbott *et al.* (1999) en Australie pour y détecter et étudier l'historique de la dissémination de papillons ravageurs du genre *Perthida*. Plus récemment, Lees *et al.* (2011) ont pu localiser dans les Balkans le territoire d'origine de la mineuse du marronnier (*Cameraria ohridella*) grâce à la découverte de chenilles du papillon conservées dans des échantillons d'herbiers collectés en 1879 dans ce territoire.

Comme pour les informations figurant dans des publications écrites (flores, catalogues, articles), les limites et biais potentiels de ces données d'herbiers résultent des manques de précision des informations et des intensités variables des prospections par les botanistes. Une

meilleure prise en compte de l'histoire et des modalités des explorations botaniques doit permettre de séparer ce qui relève de l'absence de connaissance et de l'absence de présence effective des espèces (Delisle *et al.*, 2003).

CINÉTIQUE DES COLONISATIONS PAR LES ESPÈCES EXOTIQUES

Un autre intérêt des herbiers est de documenter les cinétiques d'expansion des espèces introduites, de les comparer entre elles et de mettre en évidence d'éventuelles phases de latence, puis d'expansion plus ou moins exponentielle. Pyšek & Prach (1993) ont ainsi établi les courbes d'expansion de quatre espèces exotiques envahissantes des zones alluviales en république tchèque (*Heracleum mantegazzianum*, *Impatiens glandulifera*, *Reynoutria japonica* et *R. sachalinensis*) et mis en évidence la croissance exponentielle du nombre de localités après une phase de latence. De la même manière, Weber (1998) a comparé, sur la base d'échantillons d'herbier, la dynamique de colonisation en Europe des trois espèces exotiques de *Solidago* (*S. altissima*, *S. gigantea* et *S. graminifolia*) introduites sur ce continent, en mettant en évidence les grandes différences entre *S. altissima* et *S. gigantea* d'une part, qui ont connu une expansion très forte, et *S. graminifolia*, dont la dynamique est demeurée beaucoup plus faible.

De manière similaire, Petřík (2003) a reconstitué, sur la base d'échantillons d'herbier, la cinétique d'invasion en Europe de *Cyperus eragrostis*, une espèce originaire d'Amérique du Sud, observée pour la première fois en Europe à Hambourg en 1854. La dynamique d'expansion d'*Ageratina adenophora* dans le Yunan et d'autres régions de Chine a de même, été étudiée par Wang & Wang (2006). Barney (2006) a également analysé les historiques et dynamiques de colonisation en Amérique du Nord d'*Artemisia vulgaris* et *Fallopia japonica*, alors que Shih & Finkelstein (2008) ont comparé sur la base d'échantillons d'herbier les vitesses d'expansion dans les zones humides de l'Est de l'Amérique du Nord de deux massettes, *Typha latifolia* et *T. angustifolia*, introduits à partir du début du 19^e siècle. Miller *et al.* (2009) ont également analysé les dynamiques spatio-temporelles d'invasion de trois espèces exotiques des zones humides d'Amérique du Nord (*Phragmites australis*, *Lythrum salicaria* et *Rorippa nasturtium-aquaticum*), en combinant les informations d'herbiers et l'utilisation de systèmes d'information géographiques. Ils ont montré des dynamiques d'expansion assez similaires pour ces trois espèces dans les territoires du Sud-Est des États-Unis. De nombreux autres exemples d'études du même type pourraient encore être citées (voir Lavoie, 2013, pour une liste plus complète).

La même approche a également été utilisée pour étudier les dynamiques de colonisation de mycètes, par exemple le champignon ectomycorrhizien *Amanita phalloides* en Amérique du Nord (Wolfe *et al.*, 2010), pour laquelle les données des herbiers ont permis de compléter les informations des bases de données.

Toutefois ces interprétations peuvent souffrir d'importants biais dus aux méthodes de prospection et d'échantillonnage employées. Cela a été bien mis en évidence au Québec par Delisle *et al.* (2003), qui ont identifié des périodes d'intenses prospections botaniques dans cette province et donc de récoltes importantes de plantes, liées aux activités de certains botanistes. Afin de pallier ce biais d'échantillonnage, ces auteurs ont proposé de comparer les intensités de récoltes pendant les mêmes périodes et sur les mêmes territoires d'espèces exotiques et d'espèces natives, afin d'estimer de manière relative les variations dans le temps de l'importance des récoltes d'espèces exotiques (qui deviennent de plus en plus abondantes au fur et à mesure que progressent les invasions) par rapport à celles des espèces natives (qui normalement demeurent stables au fil du temps). La même démarche a ensuite été utilisée avec succès par Miller *et al.* (2009), ainsi que par Crawford & Hoagland (2009), dans d'autres territoires d'Amérique du Nord.

CARACTÉRISATION DES HABITATS DES ESPÈCES EXOTIQUES DANS LES ZONES D'INTRODUCTION ET LEURS MODIFICATIONS ÉVENTUELLES

Les échantillons d'herbier peuvent être accompagnés d'indications plus ou moins précises sur les milieux et caractères écologiques des sites de collecte des plantes, permettant d'avoir des informations sur les habitats de développement de ces espèces. Ainsi Pyšek & Prach (1993) ont mis en évidence la diversification progressive des habitats de *Heracleum mantegazzianum*, *Impatiens glandulifera*, *Reynoutria japonica* et *R. sachalinensis* en Europe centrale entre les phases de latence et les phases d'expansion de ces espèces.

De la même manière, Lavoie *et al.* (2007) ont montré, sur la base de données d'herbier, que l'espèce *Ambrosia artemisiifolia* avait diversifié ses habitats au Québec depuis les premières récoltes du 19^e siècle, avec une dissémination d'abord par des corridors aquatiques au début du 20^e siècle, puis dans des champs et ensuite des routes et voies ferrées à partir des années 1930. Essl *et al.* (2009) ont analysé de même les changements des habitats de cette espèce en Autriche, montrant une évolution depuis des habitats rudéraux dominants dans les années 1950 vers des bordures de routes et des cultures à partir des années 1970.

La même démarche d'analyse des habitats colonisés a permis à Biganzoli *et al.* (2013) de prédire, sur la base des données d'herbiers, la distribution potentielle de l'espèce *Bromus tectorum*, invasive dans le Sud de l'Amérique du Sud.

VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS D'ESPÈCES EXOTIQUES INTRODUITES DANS LES TERRITOIRES D'ORIGINE ET DE NATURALISATION

Les récoltes plus ou moins anciennes d'échantillons d'espèces exotiques peuvent également être utilisées pour réaliser des analyses génétiques, permettant d'appréhender la diversité génétique et la variabilité des provenances des populations introduites dans un territoire. Ainsi Saltonstall (2002) a mis en évidence l'introduction en Amérique du Nord d'un génotype nouveau de *Phragmites australis*, différent des génotypes indigènes et qui tend à se substituer à eux. De la même manière, Provan *et al.* (2008) ont montré, grâce à des analyses moléculaires d'ADN sur des échantillons d'herbier de l'algue verte *Codium fragile*, l'invasion par un haplotype introduit de cette espèce.

L'étude génétique comparative, à partir d'échantillons d'herbiers, de populations natives en Amérique du Sud et introduites en Amérique du Nord et Nouvelle-Zélande de *Cortaderia jubata* a permis à Okada *et al.* (2009) d'identifier l'origine du clone introduit et de mettre en évidence l'homogénéité génétique et donc l'origine horticole (en provenance d'un seul clone) de ces populations introduites, alors que 14 clones ont été détectés dans les populations natives d'Amérique du Sud. Pour *Ambrosia artemisiifolia*, Chun *et al.* (2010) ont montré au contraire, grâce à des prélèvements réalisés sur des échantillons d'herbier, la diversité génétique et donc les origines diverses des introductions de cette espèce en France.

Les échantillons d'herbier peuvent également permettre d'étudier la variabilité génétique des pathogènes des plantes récoltées. Le cas le plus célèbre est sans doute celui de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*), dont l'oomycète parasite (*Phytophthora infestans*) à l'origine de la famine irlandaise a pu être clairement identifié sur le plan génétique grâce à des analyses réalisées sur 28 échantillons d'herbier collectés entre 1845 et 1847 en Irlande (Ristaino *et al.*, 2001 ; May & Ristaino, 2004). De la même manière, la diversité génétique et l'origine du chancre bactérien des agrumes causé par la bactérie *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* ont été étudiées sur des échantillons d'herbier de ces agrumes (Li *et al.*, 2007).

Ainsi les échantillons d'herbier apparaissent comme une source de renseignements très importante pour analyser la diversité génétique historique des espèces dans leurs zones d'indigénat et la comparer avec la situation actuelle dans les territoires d'introduction et d'invasion.

ÉVALUATION DE LA PROPORTION DES ESPÈCES EXOTIQUES PAR RAPPORT AUX ESPÈCES INDIGÈNES DANS LES CORTÈGES FLORISTIQUES DE TERRITOIRES ET LEURS MODIFICATIONS TEMPORELLES

Les inventaires de la flore de territoires identifiés (unités administratives, espaces protégés, mais également îles, forêts ou zones humides, etc.) peuvent permettre d'estimer l'importance des espèces exotiques dans les cortèges floristiques globaux et leurs dynamiques temporelles. De nombreux inventaires d'espèces exotiques ont ainsi été réalisés, basés en grande partie sur des données d'herbier.

Ainsi Sorrie (2005) a étudié la flore exotique de l'État du Massachusetts à partir des données d'herbiers et a inventorié 1317 espèces non natives, représentant environ 30 % de la flore de cet État. Sur un territoire bien plus restreint (Central Park à New York City, d'une superficie de 340 ha), DeCandido *et al.* (2007) ont mis en évidence que 70 % de la flore native présente au 19^e et au début du 20^e siècle (soit 178 des 255 espèces natives) a été éliminée au cours du 20^e siècle, remplacée par des espèces non natives (217 espèces présentes actuellement sur 362 espèces au total). Dolan *et al.* (2011) ont de même étudié l'effet de l'urbanisation sur la flore dans le comté de Marion (État de l'Indiana, USA) et mis en évidence la substitution progressive des espèces indigènes par des espèces exotiques, consécutive aux modifications de l'usage des terres et à l'urbanisation croissante.

La même approche a été mise en œuvre pour des espaces protégés. Ainsi Lavoie & Saint-Louis (2008) ont utilisé les données des herbiers, en plus de celles des publications, rapports et notes floristiques, pour analyser l'évolution de la flore du parc national du Bic (19 km²) au Québec et mis en évidence une augmentation significative des espèces exotiques, dont la proportion est passée de 16 à 25 % depuis la création du parc en 1984. Bourdages & Lavoie (2011) ont utilisé la même démarche pour étudier l'évolution depuis 1971 de la flore du parc national québécois de l'île Bonaventure (4 km²) ; ils ont mis en évidence la relative efficacité de la protection insulaire et de la réglementation appliquée (visite de l'île uniquement par des bateaux-opérateurs et restriction des activités autorisées), permettant de limiter l'appauvrissement de la flore native et en même temps l'introduction d'espèces exotiques.

Les biais possibles apparaissent moindres pour ce type d'études, dans la mesure où les inventaires réalisés sont davantage homogènes et exhaustifs. Il convient toutefois de bien vérifier que les espèces exotiques ont été prises en compte de manière similaire aux espèces indigènes.

CONCLUSION

Les herbiers constituent ainsi des outils très précieux pour reconstituer les lieux et périodes des premières introductions d'espèces exotiques dans des territoires nouveaux pour elles, puis leurs modalités et rapidités d'expansion. Il est toutefois indispensable d'être attentif aux biais éventuels dans l'interprétation des données par la prise en compte de l'histoire et des modalités des prospections botaniques dans les territoires au cours des siècles.

Les échantillons d'herbiers des espèces exotiques permettent en outre, grâce au développement des outils moléculaires, de réaliser des analyses génétiques précises des diversités des populations d'introduction et de provenance de ces espèces exotiques.

La numérisation achevée de l'herbier de plantes vasculaires du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris et celle en cours de nombreux herbiers régionaux de France, ainsi que dans d'autres pays, devraient permettre de valoriser encore davantage cet outil pour l'étude des invasions biologiques. Le rôle des chargés de conservation des herbiers reste toutefois essentiel pour la vérification de l'identification des espèces et parfois aussi le déchiffrement des étiquettes d'herbier.

REMERCIEMENTS

Je remercie chaleureusement Claude Lavoie, professeur à l'Université Laval à Québec, ainsi que deux évaluateurs anonymes, pour leurs commentaires sur des versions antérieures de ce texte, qui m'ont permis de l'améliorer.

RÉFÉRENCES

- ABBOTT, I., WILLS, A. & BURBIDGE, T. (1999).— Historical incidence of *Perthida* leafminer species (Lepidoptera) in southwest Western Australia based on herbarium specimens. *Austral. J. Ecol.*, 24: 144-150.
- AUSTIN, D.F. (2000).— Bindweed (*Convolvulus arvensis*, *Convolvulaceae*) in North America -From medicine to menace. *J. Torrey Bot. Soc.*, 127: 172-177.
- BARNEY, J.N. (2006).— North American history of two invasive plant species: phytogeographic distribution, dispersal vectors, and multiple introductions. *Biol. Invasions*, 8: 703-717.
- BIGANZOLI, F., LARSEN, C. & ROLHAUSER, A.G. (2013).— Range expansion and potential distribution of the invasive grass *Bromus tectorum* in southern South America on the base of herbarium records. *J. Arid Envir.*, 97: 230-236.
- BOURDAGES, M. & LAVOIE, C. (2011).— Plant introduction and extirpation in a small island park: Natural and anthropogenic rates. *Ecoscience*, 18: 89-97.
- CHAUVEL, B., DESSAINT, F., CARDINAL-LEGRAND, C. & BRETAGNOLLE, F. (2006).— The historical spread of *Ambrosia artemisiifolia* in France from herbarium records. *J. Biogeogr.*, 33: 665-673.
- CHUN, Y.J., FUMANAL, B., LAITUNG, B. & BRETAGNOLLE, F. (2010).— Gene flow and population admixture as the primary post-invasion processes in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) populations in France. *New Phytologist*, 185: 1100-1107.
- CRAWFORD, P.H.C. & HOAGLAND, B.W. (2009).— Can herbarium records be used to map alien species invasion and native species expansion over the past 100 years? *J. Biogeogr.*, 36: 651-661.
- CSONTOS, P., VITALOS, M., BARINA, Z. & KISS, L. (2010).— Early distribution and spread of *Ambrosia artemisiifolia* in Central and Eastern Europe. *Botanica Helvetica*, 120: 75-78.
- DECANDIDO, R., CALVANESE, N., ALVAREZ, R.V., BROWN, M.I. & NELSON, T.M. (2007).— The naturally occurring historical and extant flora of Central Park, New York City, New York 1857-2007. *J. Torrey Bot. Soc.*, 134: 552-569.
- DELISLE, F., LAVOIE, C., JEAN, M. & LACHANCE, D. (2003).— Reconstructing the spread of invasive plants: taking into account biases associated with herbarium specimens. *J. Biogeogr.*, 30: 1033-1042.
- DOLAN, R.W., MOORE, M.E. & STEPHENS, J.D. (2011).— Documenting effects of urbanization on flora using herbarium records. *J. Ecol.*, 99: 1055-1062.
- ESSL, F., DULLINGER, S. & KLEINBAUER, I. (2009).— Changes in the spatio-temporal patterns and habitat preferences of *Ambrosia artemisiifolia* during its invasion of Austria. *Preslia*, 81: 119-133.
- FAWCETT, H.S. & JENKINS, A.E. (1933).— Records of citrus canker from herbarium specimens of the genus *Citrus* in England and the United States. *Phytopathology*, 23: 820-824.
- JENKINS, A.E. & FAWCETT, H.S. (1933).— Records of citrus scab mainly from herbarium specimens of the genus *Citrus* in England and the United States. *Phytopathology*, 23: 475-482.
- LAVOIE, C. (2013).— Biological collections in an ever changing world: Herbaria as tools for biogeographical and environmental studies. *Perspect. Plant Ecol., Evol., Syst.*, 15: 68-76.
- LAVOIE, C., JODOIN, Y. & GOURSAUD DE MERLIS, A. (2007).— How did common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) spread in Quebec? A historical analysis using herbarium records. *J. Biogeogr.*, 34: 1751-1761.
- LAVOIE, C. & SAINT-LOUIS, A. (2008).— Can a small park preserve its flora? A historical study of Bic National Park, Quebec. *Botany*, 86: 26-35.

- LEES, D.C., LACK, H.W., ROUGERIE, R., HERNANDEZ-LOPEZ, A., RAUS, T., AVTZIS, N.D., AUGUSTIN, S. & LOPEZ-VAAMONDE, C. (2011).— Tracking origins of invasive herbivores through herbaria and archival DNA: the case of the horse-chestnut leaf miner. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9: 322-328.
- LI, W., SONG, Q., BRLANSKY, R.H. & HARTUNG, J.S. (2007).— Diversity of citrus bacterial canker pathogens preserved in herbarium specimens. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 104: 18427-18432.
- MANDAK, B., PYŠEK, P. & BIMOVA, K. (2004).— History of the invasion and distribution of *Reynoutria* taxa in the Czech Republic: a hybrid spreading faster than its parents. *Preslia*, 76: 15-64.
- MAY, K.J. & RISTAINO, J.B. (2004).— Identity of the mtDNA haplotype(s) of *Phytophthora infestans* in historical specimens from the Irish Potato Famine. *Mycol. Res.*, 108: 471-479.
- MILLER, R. J., CARROLL, A. D., WILSON, T.P. & SHAW, J. (2009).— Spatiotemporal analysis of three common wetland invasive plant species using herbarium specimens and geographic information systems. *Castanea*, 74: 133-145.
- OKADA, M., LYLE, M. & JASIENIUK, M., (2009).— Inferring the introduction history of the invasive apomictic grass *Cortaderia jubata* using microsatellite markers. *Divers. and Distrib.*, 15: 148-157.
- PETŘÍK, P. (2003).— *Cyperus eragrostis* – a new alien species for the Czech flora and the history of its invasion of Europe. *Preslia*, 75: 17-28.
- PROVAN, J., BOOTH, D., TODD, N.P., BEATTY, G.E. & MAGGS, C.A. (2008).— Tracking biological invasions in space and time: elucidating the invasive history of the green alga *Codium fragile* using old DNA. *Divers. and Distrib.*, 14: 343-354.
- PYKE, G.H. & EHRlich, P.R. (2010).— Biological collections and ecological / environmental research: a review, some observations and a look to the future. *Biol. Rev.*, 85: 247-266.
- PYŠEK, P. (1991).— *Heracleum mantegazzianum* in the Czech Republic: dynamics of spreading from the historical perspective. *Folia Geobot. Phytotax.*, 26: 439-454.
- PYŠEK, P. & PRACH, K. (1993).— Plant invasions and the role of riparian habitats: A comparison of four species alien to Central Europe. *J. Biogeogr.*, 20: 413-420.
- PYŠEK, P. & PRACH, K. (1995).— Invasion dynamics of *Impatiens glandulifera*. A century of spreading reconstructed. *Biol. Conserv.*, 74: 41-48.
- RISTAINO, J.B., GROVES, C.T. & PARRA, G.R. (2001).— PCR amplification of the Irish potato famine pathogen from historic specimens. *Nature*, 411: 695-697.
- SALO, L.F. (2005).— Red brome (*Bromus rubens* subsp. *madritensis*) in North America: possible modes for early introductions, subsequent spread. *Biol. Invasions*, 7: 165-180.
- SALTONSTALL, K. (2002).— Cryptic invasion by a non-native genotype of the common reed, *Phragmites australis*, into North America. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 99: 2447-2449.
- SHIH, J. G. & FINKELSTEIN, S.A. (2008).— Range dynamics and invasive tendencies in *Typha latifolia* and *Typha angustifolia* in eastern North America derived from herbarium and pollen records. *Wetlands*, 28: 1-16.
- SORRIE, B.A. (2005).— Alien vascular plants in Massachusetts. *Rhodora*, 107 (931): 284-329.
- WANG, R. & WANG, Y.Z. (2006).— Invasion dynamics and potential spread of the invasive alien plant species *Ageratina adenophora* (Asteraceae) in China. *Divers. and Distrib.*, 12: 397-408.
- WEBER, E. (1998).— The dynamics of plant invasions: a case study of three exotic goldenrod species (*Solidago* L.) in Europe. *J. Biogeogr.*, 25: 147-154.
- WOLFE, B.E., RICHARD, F., CROSS, H.B. & PRINGLE, A. (2010).— Distribution and abundance of the introduced ectomycorrhizal fungus *Amanita phalloides* in North America. *New Phytol.*, 185: 803-816.