



**HAL**  
open science

# Des plantations d'arbres sentinelles européens en Chine pour détecter de manière précoce les insectes et pathogènes potentiellement envahissants en Europe

Annie Yart, Alain Roques, Béatrice Courtial

## ► To cite this version:

Annie Yart, Alain Roques, Béatrice Courtial. Des plantations d'arbres sentinelles européens en Chine pour détecter de manière précoce les insectes et pathogènes potentiellement envahissants en Europe. 3. AFPP. Conférence sur l'Entretien des Espaces Verts, Jardins, Gazons, Forêts, Zones Aquatiques et Autres Zones Non Agricoles, Oct 2013, Toulouse, France. 7 p. hal-02811288

**HAL Id: hal-02811288**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02811288v1>**

Submitted on 6 Jun 2020

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

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

**AFPP – 3<sup>e</sup> CONFÉRENCE SUR L'ENTRETIEN DES ESPACES VERTS, JARDINS,  
GAZONS, FORÊTS, ZONES AQUATIQUES ET AUTRES ZONES NON AGRICOLES  
TOULOUSE – 15, 16 ET 17 OCTOBRE 2013**

**DES PLANTATIONS D'ARBRES SENTINELLES EUROPEENS EN CHINE POUR  
DETECTER DE MANIERE PRECOCE LES INSECTES ET PATHOGENES  
POTENTIELLEMENT ENVAHISSANTS EN EUROPE**

A. YART, A. ROQUES, B. COURTIAL  
INRA, UR 633 Zoologie Forestière, F-45075 Orléans, France

**RESUME**

Partant du constat que la majorité des espèces exotiques d'insectes introduites en Europe viennent désormais d'Asie, l'INRA a testé dans le cadre de plusieurs projets européens l'intérêt de plantations « sentinelles » d'arbres européens sur deux sites en Chine. La colonisation de ces arbres « sentinelles », appartenant à sept essences communes des forêts d'Europe, par les ravageurs indigènes chinois a été surveillée de 2008 à 2012. Plus d'une centaine d'espèces d'insectes phytophages ont ainsi été observées et 39 d'entre elles constituent une menace potentielle, en particulier pour les chênes pédonculés. La généralisation d'une telle méthode, alliée à la mise en place de diagnostics moléculaires permettant d'identifier les espèces au stade œuf ou larve, pourrait constituer un outil d'identification précoce des espèces potentiellement dangereuses pour les forêts européennes.

Mots-clés : Invasions, Arbres sentinelles, Insectes, Chine, Arbres forestiers.

**ABSTRACT**

Because most alien insect species introduced to Europe nowadays originate from Asia, INRA established sentinel plantings of European trees in two locations of China in order to test their potential for an early warning of future invaders. In the course of several EU projects, the colonization by native Chinese insects of these sentinel trees, which belonged to seven widespread species of European forests, was surveyed from 2008 to 2012. More than one hundred phytophagous insect species were observed of which 39 may constitute a potential threat especially for pedunculate oak. This method, associated to the definition of diagnostic molecular markers allowing an identification of species at immature stages of development (egg, larva), may constitute a valuable tool for an early identification of potential pest invaders susceptible to threaten European forests.

Keywords: Invasions, Sentinel trees, Insects, China, Forest trees.

## INTRODUCTION

La mondialisation, l'augmentation de l'intensité du commerce international et le changement climatique sont autant de facteurs qui contribuent à un mouvement international accéléré et à l'établissement d'organismes invasifs, ceux-ci pouvant ainsi surmonter les barrières géographiques limitant leur aire naturelle (Hulme et al. 2008, Walther et al. 2009). Désormais, les introductions non intentionnelles typiquement liées aux activités économiques ont largement dépassé, aussi bien dans le domaine animal que végétal, les introductions délibérées pour les usages humains (Daisie 2009). En Europe par exemple, l'arrivée d'arthropodes terrestres exotiques a augmenté de façon exponentielle pendant la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, principalement à cause d'insectes phytophages transportés par inadvertance en même temps que leurs hôtes avec le commerce des plantes ornementales (Roques 2010a ; Liebhold et al., 2012). De plus, des espèces peuvent être transportées avec des marchandises sans rapport avec leurs plantes- hôtes (*hitchhikers* ; Work et al. 2005, McCullough et al. 2006, Westphal et al. 2008). Cette tendance n'est pas prévue pour diminuer dans un futur proche. Ainsi, Aukema et al. (2010) ont montré que les insectes ravageurs et les organismes pathogènes des plantes continuaient à s'établir aux Etats Unis bien que le pays ait mis en place des mesures de régulation pour réduire le taux d'introduction d'organismes invasifs.

Bien qu'une faible fraction des espèces introduites parviennent effectivement à s'établir et à devenir invasifs (Williamson and Fitter 1996), les invasions biologiques ont déjà engendré des coûts énormes en agriculture, en sylviculture, de même qu'elles peuvent être une menace pour la santé humaine et la biodiversité (Vilà et al. 2009, Kenis and Branco, 2010; Pimentel 2011). Un des meilleurs moyens pour réduire la probabilité d'invasions d'espèces exotiques est de prévenir leur établissement, mais cela dépend des possibilités d'identification de l'espèce invasive avant son établissement. Ainsi, prédire quel organisme, parmi les nombreux invasifs potentiels, a le plus de chances de s'établir dans une région particulière ou un pays est devenu un enjeu important tant pour les chercheurs que pour les agences gouvernementales. Pour cela plusieurs stratégies ont été proposées et, parmi elles, l'établissement de plantations d'arbres- sentinelles (Britton et al., 2010).

En effet, observer la colonisation des plantes par les insectes et les pathogènes natifs quand elles sont plantées sur d'autres continents peut être une méthode innovante pour détecter les invasifs potentiels avant leur introduction sur un nouveau continent, même lorsqu'ils ne sont pas connus en tant que ravageurs dans leur région d'origine. Les jardins botaniques et les arboreta constituent déjà d'excellents outils parce qu'ils existent partout dans le monde, regroupent un grand nombre d'espèces natives et introduites, et permettent ainsi la surveillance du passage possible des espèces phytophages des plantes natives vers les exotiques (Kirichenko et al., 2013). Cependant, ces dispositifs n'incluent généralement que quelques spécimens par espèce végétale, avec une variabilité génétique faible, et ne sont pas adaptées à l'analyse statistique des données. Une autre méthode consiste à installer dans une région donnée des plantations sentinelles d'espèces sélectionnées sur d'autres continents et à suivre le développement des dégâts causés par les organismes indigènes.

Prenant en compte qu'un grand nombre de ravageurs exotiques phytophages récemment établis en Europe sont d'origine asiatique (Roques, 2010a), plus particulièrement ceux qui sont liés aux plantes ligneuses (Roques, 2010b), et que le commerce avec l'Asie augmente très rapidement, nous avons décidé donc d'installer des plantations sentinelles d'arbres européens en Chine. Cette expérimentation avait pour but de tester les avantages et les inconvénients de telles plantations pour une détection précoce des invertébrés et des champignons pathogènes potentiellement invasifs. Nous avons surveillé régulièrement la colonisation et le développement des dégâts induits par les organismes natifs chinois dans le but de fournir un avertissement précoce pour les espèces susceptibles d'affecter les arbres européens dans un futur proche. La majorité des insectes exotiques liés aux plantes ligneuses étant apparemment introduits en Europe via les végétaux à planter (Lopez-Vaamonde et al., 2010), une des plantations a été installée dans une zone de pépinière tandis que la seconde était plantée dans une zone forestière. Cet article présente les premiers résultats concernant la colonisation de ces arbres-sentinelles européens par les insectes chinois, et n'abordera pas les organismes pathogènes.

## MATERIELS ET METHODES

### **Mise en place des dispositifs expérimentaux**

Sept espèces largement distribuées en Europe ont été plantées en tant qu'arbres sentinelles en Chine. Elles comprenaient cinq espèces de feuillus parmi lesquelles trois de chênes (*Quercus petraea*, *Q. suber*, *Q. ilex*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), et le charme (*Carpinus betulae*), ainsi que deux conifères dont le sapin pectiné (*Abies alba*) et le cyprès toujours verts (*Cupressus sempervirens*). Deux essais ont été installés en 2007-2008, le premier près de Pékin dans une zone de pépinière à la périphérie de la ville, et le second près de Hangzhou (Province du Zhejiang, Chine du sud-est), sur une petite parcelle agricole complètement entourée par une forêt mixte conifères-feuillus. A proximité se trouvaient également des champs cultivés, principalement des cultures de riz.

Un total de 100 plants a été utilisé par espèce d'arbre et par site. Les plants provenaient de pépinières commerciales françaises. La hauteur initiale des plants variait entre 1m et 1,5m selon l'espèce. Sur chaque site, ils ont été plantés par blocs de 25 plants par espèces disposés au hasard de façon à permettre les analyses statistiques. Tous les plants étaient identifiés individuellement avec des étiquettes plastifiées étanches.

### **Surveillance de la colonisation des arbres européens par les insectes chinois**

L'essai a été contrôlé tous les mois de mai à octobre entre 2007 à 2010 à Pékin, et toutes les 2 semaines pendant les mêmes mois entre 2008 à 2010 à Fuyang. A chaque visite tous les plants ont été inspectés individuellement afin de noter la présence d'insectes phytophages et/ou des dégâts. Puis, sur chaque plant, un frappage au-dessus d'un parapluie japonais a visé à collecter tous les organismes présents. Un morphotype des dégâts a été défini dès qu'un nouveau type de dégât était observé sur feuille, bourgeon, branche ou tronc, et sa description systématiquement complétée par une photographie. Les dégâts sur feuilles ont été estimés quantitativement sur chaque plant au travers d'un pourcentage de feuilles atteintes par morphotype. Les insectes adultes collectés ont été envoyés pour identification morphologique à des taxonomistes spécialistes de chaque groupe. Parce qu'il était impossible, d'identifier la plupart des larves collectées en l'absence de clés précises de détermination taxonomique, celles-ci ont été classées par « morpho-espèce ». Les dégâts sur feuilles ont été comparés entre espèces d'arbres en utilisant un test non-paramétrique de Kruskal-Wallis (Statistix®).

## RESULTATS

### **Dégâts sur arbres**

La plupart des plants ont survécu l'année qui a suivi la plantation. Cependant, une mortalité importante a été ensuite observée sur les deux sites, avec des différences significatives entre les espèces d'arbres. En novembre 2010, après trois ans d'expérimentation, seulement 99 des 400 plants initiaux de Pékin avaient survécu, tous les conifères étant morts mais seulement 50% des chênes (52% pour *Quercus ilex* et 45% pour *Q. suber*). A la même date, seulement 86 plants sur 700 survivaient à Fuyang après deux années d'expérimentation, la survie étant significative seulement pour *Quercus petraea* (42%). Après arrachage, environ un tiers (34%) des plants morts à Fuyang présentaient des dégâts sur racines dus à des larves appartenant au genre *Holotrichia* (Scarabaeidae). En revanche, aucun dégât de larves sur racines n'était observé sur les plants morts à Pékin.

Les dégâts d'insectes sur feuilles mesurés à l'automne ont affecté jusqu'à 85% du feuillage. La Figure 1 présente quelques exemples de morphotypes de dégâts. Ces dégâts foliaires ont été assez stables entre années mais ont significativement différé à la fois entre espèces d'arbres et entre sites. A Fuyang, les dégâts d'insectes étaient chaque année significativement plus importants sur *Quercus petraea* et *Q. suber* (>60%) que sur les autres espèces. A Pékin, les dégâts d'insectes étaient beaucoup moins importants sur le feuillage (<10%), qui était plutôt affecté par les pathogènes.

### **Colonisation par les insectes**

Un total de 572 spécimens d'insectes a été collecté pendant toute l'expérimentation, avec des différences très significatives entre sites (542 individus à Fuyang et 30 à Pékin). Au total, 105 espèces appartenant à 5 ordres et 30 familles ont été observées. Le nombre d'espèces notées à Fuyang (96 espèces) était bien plus important qu'à Pékin (9 espèces), et aucune espèce n'était commune aux deux localités. *Quercus petraea* a été beaucoup plus colonisée que les autres espèces, avec 71 espèces d'insectes collectées,

Les défoliateurs ont largement dominé (101 espèces) le cortège phytophage tandis que 4 espèces étaient des ravageurs des racines. Aucun xylophage n'a été observé sur troncs et branches. Les espèces ayant colonisé le feuillage comprenaient principalement des larves de Lépidoptères (38 morpho-espèces- Figure 2), des coléoptères adultes (33 espèces appartenant à 7 familles différentes avec une dominance des défoliateurs Chrysomelidae- Figure 1b), des punaises parasites des feuilles (27 espèces) et des tenthrèdes (2 espèces- Figure 1b).

Parmi ces espèces, 39 au total ont présenté plus de 5 colonisations pendant la durée de l'expérimentation, c'est-à-dire qu'elles ont attaqué plus de 5 plants sur au moins deux années différentes. Elles ont été observées principalement sur *Quercus petraea* (25 espèces), mais aussi de façon moins importante sur *Carpinus betulae* (7 espèces). Les dégâts de six de ces espèces ont été encore plus régulièrement notés sur les plants, dont ceux de chenilles d'un microlépidoptère Psychidae, *Pteroma* nr. *pendula* (Lepidoptera: Psychidae), de larves d'une tenthrède du genre *Caliroa* (Hymenoptera: Tenthredinidae- Figure 1b), de celles d'un charançon cigarier, *Compsapoderus continentalis* (Coleoptera: Attelabidae- Figure 1b), et celles de larves de trois espèces de ravageurs des racines du genre *Holotrichia* (Coleoptera: Scarabaeidae) capables de tuer les plants (Figure 1a).





Figure 1 : Quelques exemples a- de dégâts foliaires et racinaires causés par les insectes chinois sur les arbres-sentinelles européens (en haut à gauche larve du scarabéide des racines *Holotrichia* sp.), et b- d'insectes colonisateurs (de gauche à droite et de haut en bas : chenille de Lépidoptère Lymantriidae ; adulte de charançon cigarier, *Compsapoderus continentalis* ; larves de tenthrède *Caliroa*; adultes de chrysomélides)



Figure 2 : Larves de Lépidoptères chinois collectées sur les arbres-sentinelles européens avant leur séquençage pour identification moléculaire. En haut à gauche, fourreaux du Psychide *Pteroma* nr. *pendula*.

## DISCUSSION - CONCLUSION

Les plantations d'arbres sentinelles en Chine ont fourni une première liste d'insectes asiatiques qui pourraient constituer une menace potentielle pour les arbres européens. Toutes ces espèces n'ont jamais été interceptées par les services de quarantaine européens, ni considérées comme dangers potentiels car leurs dégâts étaient limités, voire inconnus, dans l'aire de répartition naturelle. Les espèces au nombre de 39 ayant montré plus de 5 colonisations sur les plants européens peuvent être considérées comme hautement susceptibles de passer des plants chinois aux arbres européens en cas d'introduction. Parmi celles-ci six ont été régulièrement observées pour leurs dégâts conséquents sur plants. La prochaine étape sera de vérifier les capacités de toutes les espèces de la liste à survivre à un transport vers l'Europe et de soumettre les six espèces principales à une évaluation du risque phytosanitaire. Cela pourrait amener à concevoir ensuite des programmes de piégeage pour une détection précoce à l'arrivée. Des tests préliminaires pratiqués en laboratoire de quarantaine en France ont déjà confirmé que les larves du Psychidae, *Pteroma nr. pendula*, qui se développent à l'intérieur de fourreaux caractéristiques (Figure 2), pouvait causer d'importants dégâts sur le feuillage de la plupart des espèces de feuillus européens.

Un avantage majeur de cette méthode « arbres sentinelles » par rapport aux observations effectuées en arboretum est le nombre relativement plus élevé d'arbres de la même espèce utilisés dans l'expérience. Cet échantillon, pouvant inclure une certaine variabilité génétique, permet d'une part de procéder à une analyse statistique comparative des variations de colonisation et de dégâts entre espèces forestières, et d'autre part d'apprécier des différences possibles de sensibilité aux ravageurs entre arbres. Cependant, ces dispositifs d'arbres sentinelles sont surtout adaptés à l'étude des ravageurs sur jeunes plants, à moins que les plantations ne soient maintenues suffisamment longtemps pour obtenir des arbres matures. Par conséquent, ils sont plus attractifs pour les ravageurs du feuillage et des racines que pour les xylophages ou les ravageurs des cônes et graines. Les problèmes de reprise des arbres suite au transport vers la Chine posent aussi la question de savoir si leur attractivité pour les insectes est liée ou non à l'état de stress de ces plantations.

Un autre problème majeur est l'identification taxonomique au niveau de l'espèce, certains des spécimens collectés restant encore inconnus pour la Science. De plus, la majorité des individus collectés sur site sont à des stades immatures (œufs, larves, chrysalides- Figure 2) à l'instar de la plupart de ceux qui arrivent avec les végétaux à planter lors d'importations. Vu la difficulté d'identifier ces spécimens au stade immature ou de les élever jusqu'au stade adulte, le développement des outils moléculaires est essentiel pour caractériser les morpho-espèces définies lors des collectes, avec la construction d'une base de données de séquences permettant le diagnostic.

Enfin, la mise en œuvre des plantations d'arbres sentinelles doit faire face à des difficultés logistiques importantes. Les autorisations pour planter des essences européennes en Chine n'ont pas été faciles à obtenir et ont nécessité de solides collaborations locales et un appui efficace des partenaires chinois. Avec le durcissement actuel de la législation, il pourrait devenir de plus en plus difficile de concevoir de telles expérimentations dans le futur.

## REMERCIEMENTS

Ce projet a été financé par les projets européens ALARM (*Assessing large-scale environmental risks with tested methods* – GOCE-CT-2003-506675), PRATIQUE (Enhancements of pest risk analysis techniques; KBBE-2007-212459), ISEFOR (*Increasing Sustainability of European Forests: Modelling for Security Against Invasive Pests and Pathogens under Climate Change* – collaborative project 245268), et COST PERMIT (Pathway Evaluation and pest Risk Management In Transport-FP1002-181110-06882).

## BIBLIOGRAPHIE

Aukema J.E., McCullough D.G., Von Holle B., Liebhold A.M., Britton K. and Frankel S.J., 2010 - Historical Accumulation of Non-indigenous Forest Pests in the Continental United States. *BioScience* 60:886-897.

- Britton K.O., White P., Kramer A., Hudler G., 2010 - A new approach to stopping the spread of invasive insects and pathogens: early detection and rapid response via a global network of sentinel plantings. *New Zealand Journal of Forestry*, suppl 40: 109-114.
- Daisie (ed), 2009 -. Handbook of alien species in Europe. Springer Science + Business Media B.V.
- Hulme P.E., Bacher S., Kenis M., Klotz S., Kühn I., Minchin D., Nentwig W., Olenin S., Panov V., Pergl J., Pyšek P., Roques A., Sol D., Solarz W., Vilà M., 2008 -. Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology* 45: 403–414.
- Kenis M., Branco M., 2010 - Impact of alien terrestrial arthropods in Europe. Chapter 5. In: Roques A et al. (Eds) *Alien terrestrial arthropods of Europe*. *BioRisk* 4(1): 51–71.
- Kirichenko N., Péré C., Baranchikov Y., Schaffner U. Kenis M., 2013. Do alien plants escape from natural enemies of congeneric residents? Yes but not from all. *Biological Invasions*, online, DOI 10.1007/s10530-013-0436-9.
- Lopez-Vaamonde C., Glavendekic M. & Paiva M.R., 2010 - Invaded habitats. Chapter 4. In: Roques A et al. (Eds) *Alien terrestrial arthropods of Europe*. *BioRisk* 4(1): 45–50.
- Liebholt A.M., Brockerhoff E.G., Garrett L.J., Parke J.L., Britton K.O., 2012 - Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US. *Front Ecol Environ* 10: 135–143.
- McCullough D.G., Work T.T., Cavey J. F., Liebholt A.M., & Marshall D., 2006 -Interceptions of nonindigenous plant pests at US ports of entry and border crossings over a 17 year period. *Biological Invasions*, 8, 611-630. Pimentel D. (Ed.), 2011. *Biological Invasions. Economic and Environmental Costs of Alien Plant, Animal and Microbe Species*, 2<sup>nd</sup> edition. CRC Press, Boca Raton, New York & London. 449 pp.
- Roques A., 2010a - Taxonomy, time and geographic patterns. Chapter 2. In: Roques A et al. (Eds) *Alien terrestrial arthropods of Europe*. *BioRisk* 4(1): 11–26.
- Roques A., 2010b - Alien forest insects in a warmer world and a globalized economy: Impacts of changes in trade, tourism and climate on forest biosecurity . *New Zealand Journal of Forestry*, suppl 40: 77-94.
- Vilà M., Basnou C., Pyšek P., Josefsson M., Genovesi P., Gollasch S., Nentwig W., Olenin S., Roques A., Roy D., Hulme P.E. and DAISIE partners, 2009 - How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European cross-taxa assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8 (3): 135-144.
- Walther G.R., Roques A., Hulme P.E., Sykes M.T., Pyšek P., Kühn I., Zobel M., and members of the ALARM Climate Change – Biological Invasions Working Group. 2009 - Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 686-692.
- Westphal M., Browne M., McKinnon K., & Noble I., 2008 - The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. *Biological Invasions*, 10, 391-398.
- Williamson M.H., Fitter A., 1996 - The characters of successful invaders. *Biological Conservation* 78: 163-170.
- Work T.T., McCullough D.G., Cavey J. F., Komsa R. 2005 - Arrival rate of nonindigenous insects species into the United States through foreign trade. *Biological Invasions*, 7, 323-332.