



Le concept de plantations sentinelles pour identifier les futurs insectes exotiques envahissants

Alain ROQUES
INRA Zoologie Forestière Orléans



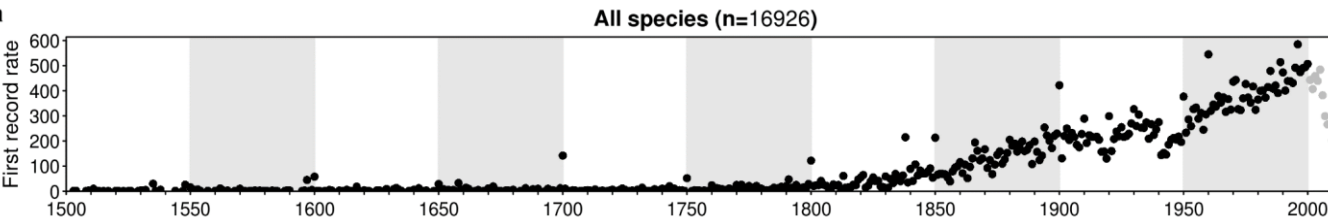
Mondialisation

Des organismes non-indigènes sont transportés plus rapidement que jamais dans toutes les directions à travers le monde



Evans, 2008

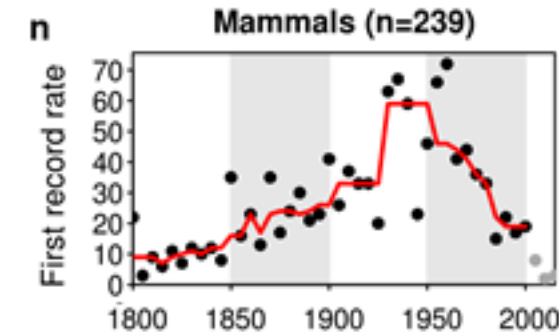
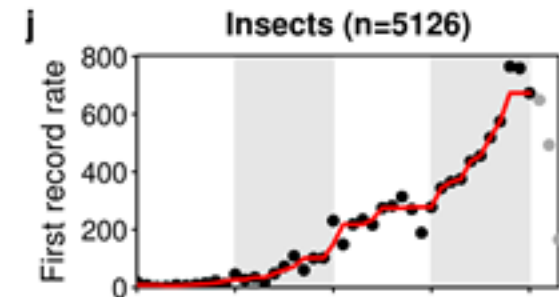
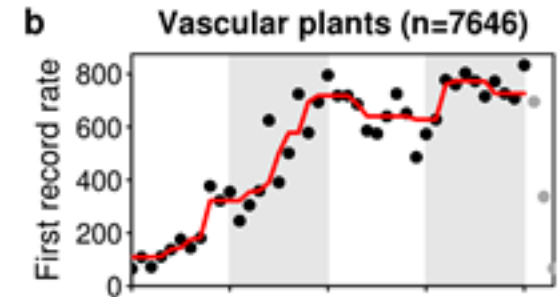
Aucune saturation au niveau mondial dans l'établissement de nouvelles espèces exotiques



Mais différences entre taxons

Accroissement exponentiel pour les insectes
vs.
baisse mammifères et stabilité relative plantes

**Changement dans le mode d'introduction:
Prédominance des introductions accidentelles
vs. volontaires**



Received 16 Feb 2016 | Accepted 28 Dec 2016 | Published 15 Feb 2017

DOI: [10.1038/ncomms14435](https://doi.org/10.1038/ncomms14435)

OPEN

No saturation in the accumulation of alien species worldwide

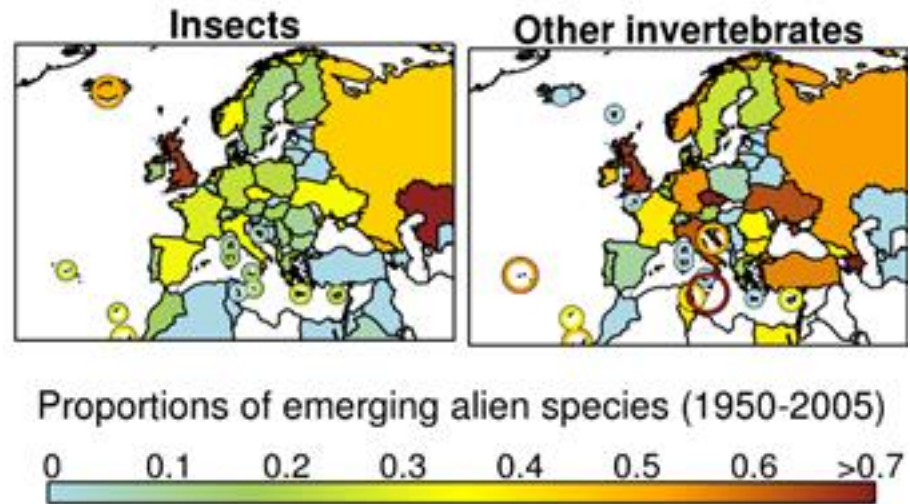
Hanno Seebens et al.[#]

Une autre caractéristique-clé

La proportion croissante d'espèces dites « émergentes »

Par espèces "émergentes", on désigne des espèces qui n'ont jamais été précédemment observées comme introduites sur un continent autre que celui d'origine:

Le capricorne asiatique (*Anoplophora glabripennis*) était un espèce émergente lors de son introduction primaire aux USA à la fin des années 1990; idem pour la pyrale du buis signalée en Allemagne en 2006

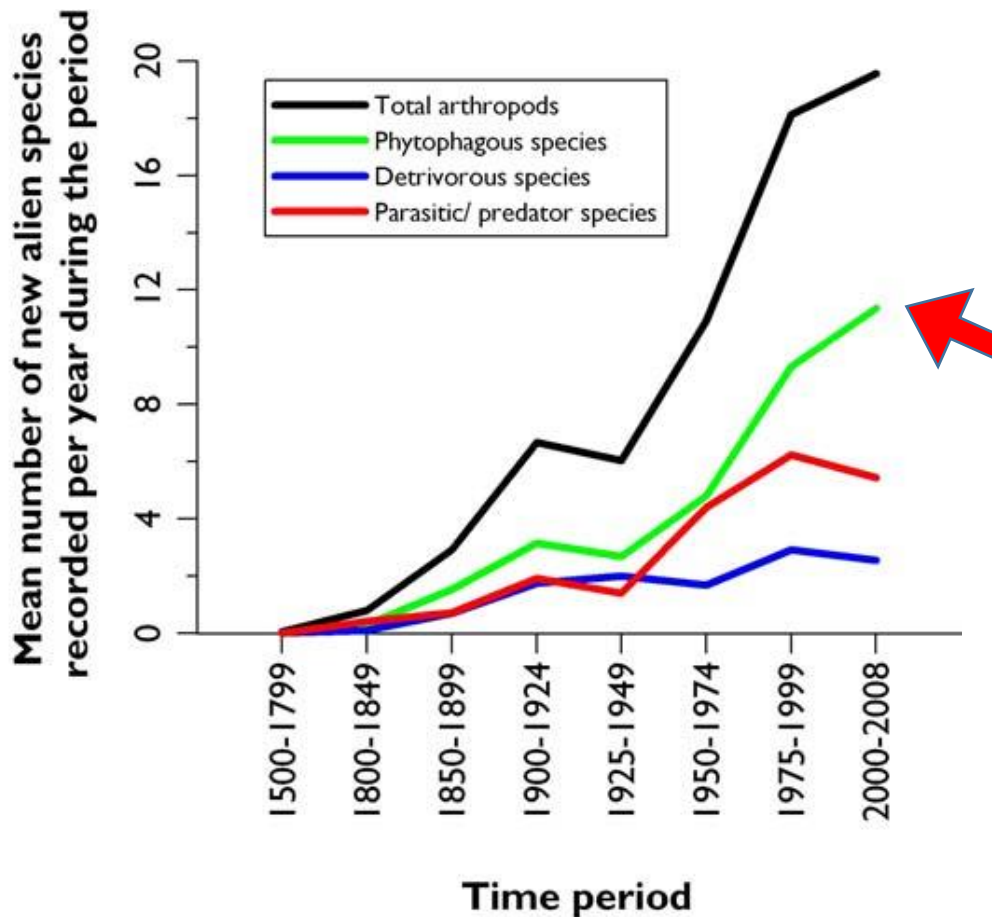


PNAS
2018

Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools

Hanno Seebens^{a,b,1}, Tim M. Blackburn^{c,d,e}, Ellie E. Dyer^{c,d}, Piero Genovesi^{f,g}, Philip E. Hulme^h, Jonathan M. Jeschke^{i,j,k}, Shyama Pagad^l, Petr Pyšek^{m,n}, Mark van Kleunen^{o,p}, Marten Winter^q, Michael Ansong^r, Margarita Arjanoutsova^s

Quel type d'espèces a bénéficié de la mondialisation ?



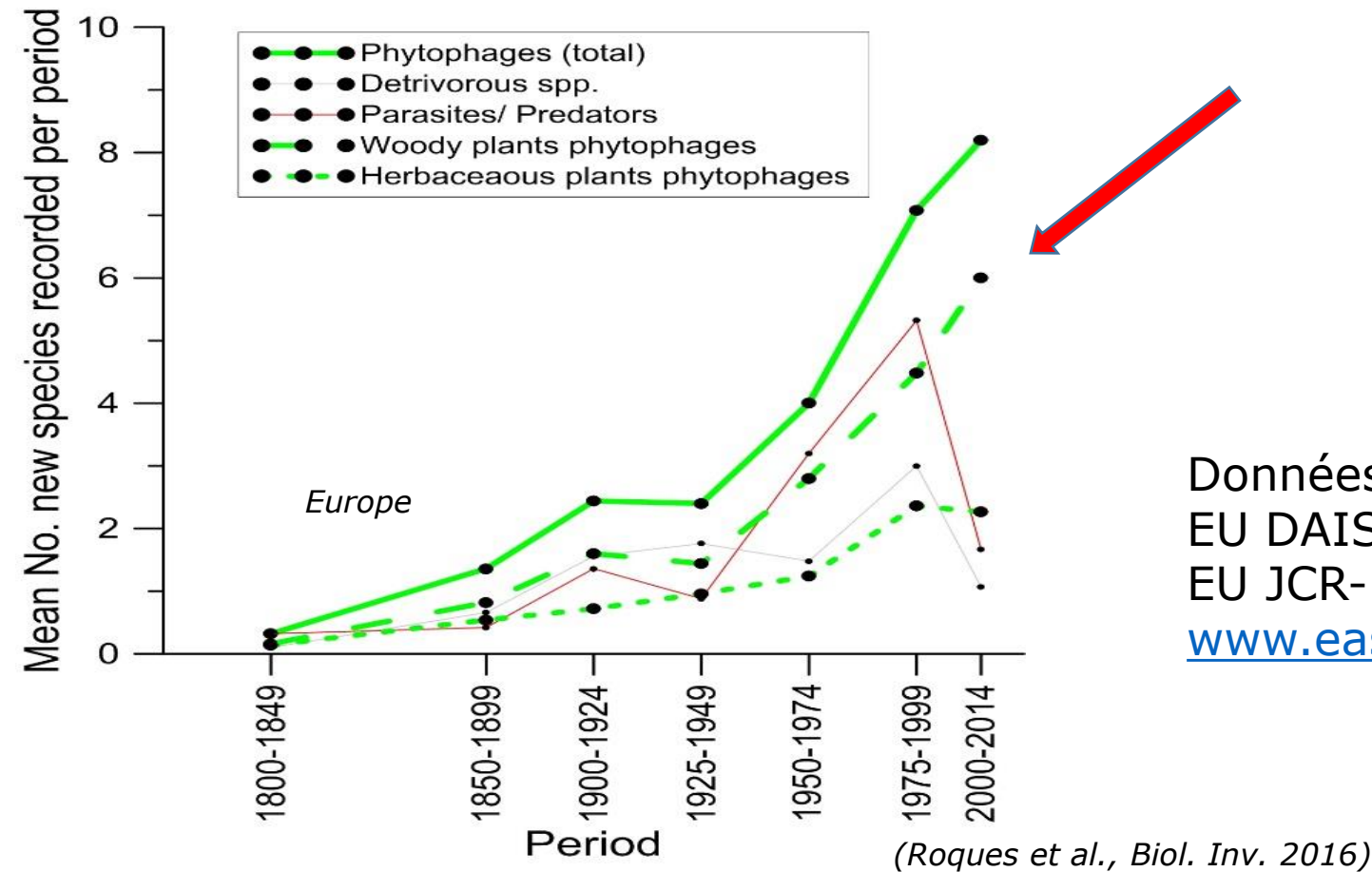
L'accélération exponentielle de l'établissement d'insectes exotiques en Europe est essentiellement due à l'arrivée d'espèces phytophages alors que celle des autres groupes diminue

11.5 nouvelles espèces phytophages par an depuis le début des années 2000s (4.5 durant 1950-1975)

Données:
EU DAISIE 2005- 2008
Update:
EU JCR- EASIN 2017
www.easin.org

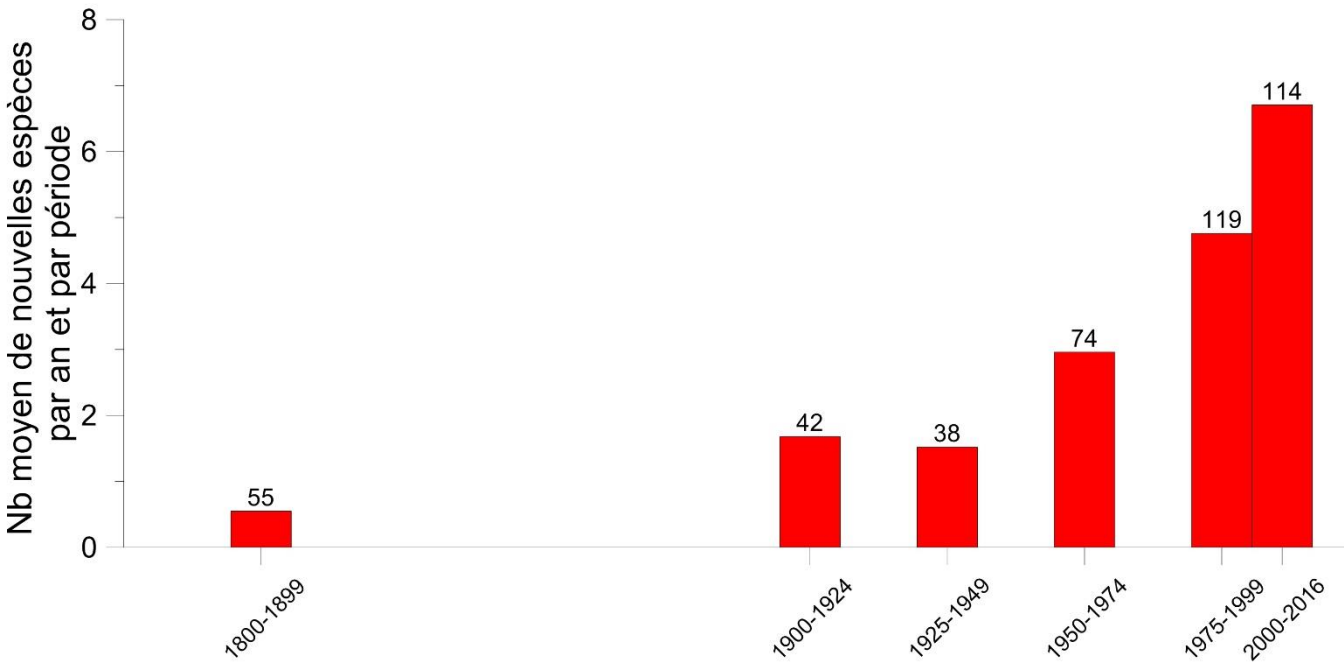
Roques, 2010 Biorisks, updated

L'accroissement en phytophages exotiques dû aux espèces liées aux plantes ligneuses plus qu'aux herbacées et grandes cultures



Données
EU DAISIE 2005- 2008
EU JCR- EASIN 2017
www.easin.org

2,3 fois plus d'établissements d'arthropodes liés aux ligneux que durant la période 1950- 1975 6.7 vs. 2.9 espèces par an



542 arthropodes
phytophages
exotiques liés aux
ligneux établis en
Europe en 2017

- 466 insectes
- 60 acariens
- 16 nématodes

(Roques, 2010 NZJF updated EASIN 2017)

Quelques espèces notables récemment arrivées révélatrices de la diversité des groupes invasifs



Contarinia pseudotsugae
Pityophthorus juglandis
Thaumastocoris peregrinus

Xylosandrus compactus
Platynota stultana
Batrachedra enormis
Lopholeucaspis japonica

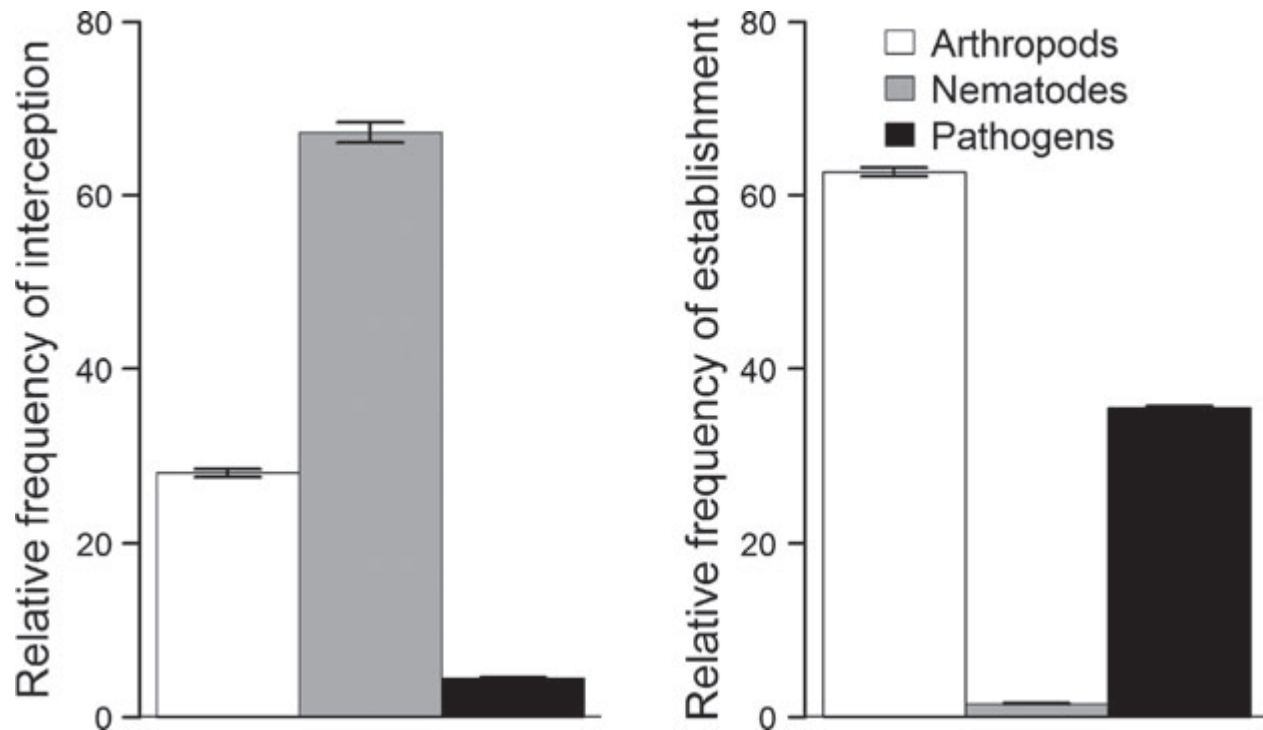
Aromia bungii
Trichoferus campestris
Popilia japonica

Octodonta nipae
Trachymela sloanei
Nematus lipovskyi
Neophyllaphis podocarpi

S'appuyer sur les interceptions pour prédire les arrivées ?

Comparaison des données d'interception 1995- 2012 d'insectes exotiques liés aux ligneux (EPPO, Europhyt) par rapport aux établissements dans la même période

7 espèces interceptées pour 117 établies !



(Eschen, Roques & Santini, 2014, Div & Dist.)

Problèmes:

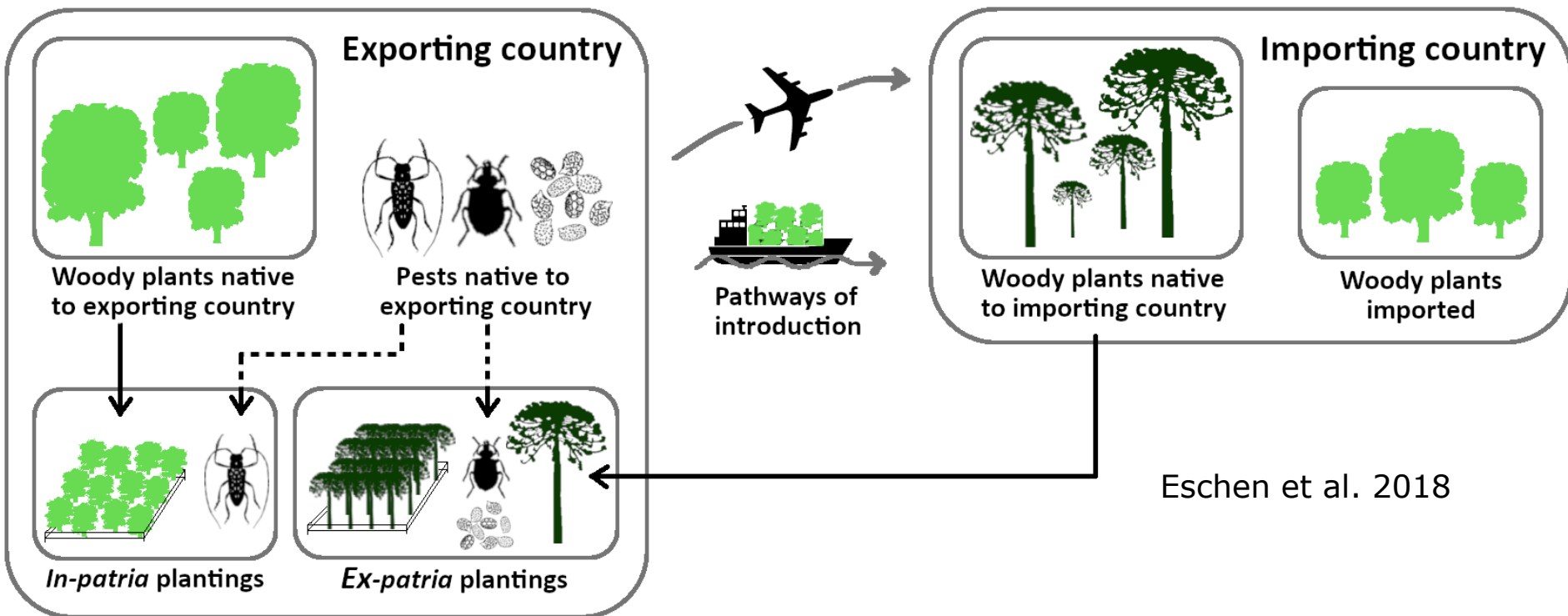
- Seuls les ravageurs sur les listes de quarantaine OEPP sont ciblés
- La plupart des nouvelles espèces ne sont pas des ravageurs dans leurs zones natives (cf Agrile du frêne)
- Des espèces émergentes, voire inconnues pour la Science arrivent en relation avec les nouvelles routes commerciales

Comment identifier les prochaines arrivées d'insectes exotiques le plus souvent inconnus, et les prévenir en amont ?

Des projets Européens et Français pour de nouvelles stratégies

- Plantations sentinelles d'arbres européens dans d'autres continents
- Pépinières sentinelles sur d'autres continents avec des plants promis à importation en Europe
- Surveillance des arboretums avec des arbres européens
- **Projets EU PRATIQUE, ISEFOR & PERMIT, COST 'GLOBAL WARNING'- terminés**
- **Projet H2020 HOMED depuis 1/10/2018**
- **Laboratoire conjoint franco-chinois IFOPE INRA- Université forestière de Pékin depuis 15/10/2018**

Deux types de plantes sentinelles, définies par l'origine des plantes et les objectifs recherchés



Plantations *Ex-patria* (= **Plantations sentinelles**; ex: arbres européens en Chine): Capacité de colonisation et impact potentiel des insectes exotiques s'ils sont introduits

Plantations *In-patria* (= **Pépinières sentinelles**; ex: arbres chinois plantés en Chine avant exportation en Europe): Probabilité d'introduction des espèces d'insectes dans le pays d'importation

Tests en China

de la stratégie d'arbres sentinelles

- ❑ La China étant devenue la source principale des introductions d'insectes en Europe
- ❑ 1ère expérience: **Plantations sentinelles** avec des plants de 7 espèces ligneuses Européennes sur 2 sites (2008-2011): *Abies alba*, *Cupressus sempervirens*, *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Quercus ilex*, *Q. petraea*, *Q. suber*. Suivi de la colonisation par les insectes et pathogènes Chinois sur 3 ans
- ❑ 2ème expérience: **Pépinières sentinelles** sur 2 sites en Avril 2012, prenant en compte le rôle du commerce ornemental (2012- 2017): Sélection des 6 espèces ligneuses les plus importées de Chine en Europe durant 2008-2011: *Buxus microphylla*; *Acer palmatum*; *Fraxinus chinensis*; *Ilex cornuta*; *Zelkova schneideriana*. Pas de traitements phytosanitaires pour suivre leur colonisation par insectes et pathogènes. Surveillance intensive durant les 2 premières années, puis moins intensive durant les 4 années suivantes

Les sites chinois pour les deux expériences










Beijing
suburbain/pépinières
Conditions continentales

Fuyang, nr. Hangzhou
Subtropical
Lisière forêt pins- bambous

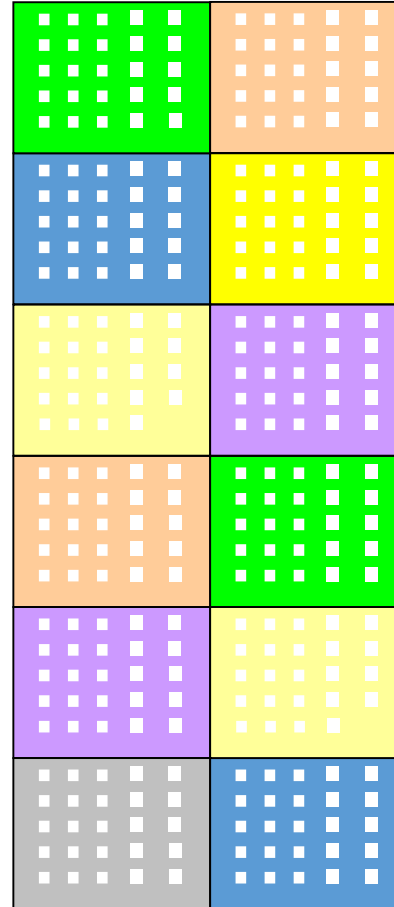


Plantations Ex-Patria d'arbres Européens en Chine

-  *Abies alba*
-  *Quercus suber*
-  *Cupressus sempervirens*
-  *Quercus petraea*
-  *Fagus sylvatica*
-  *Quercus ilex*
-  *Carpinus betulus*



Tous les plants individualisés



Traitement statistique possible

100 plants par espèce et par site en 4 blocs séparés de 25 plants

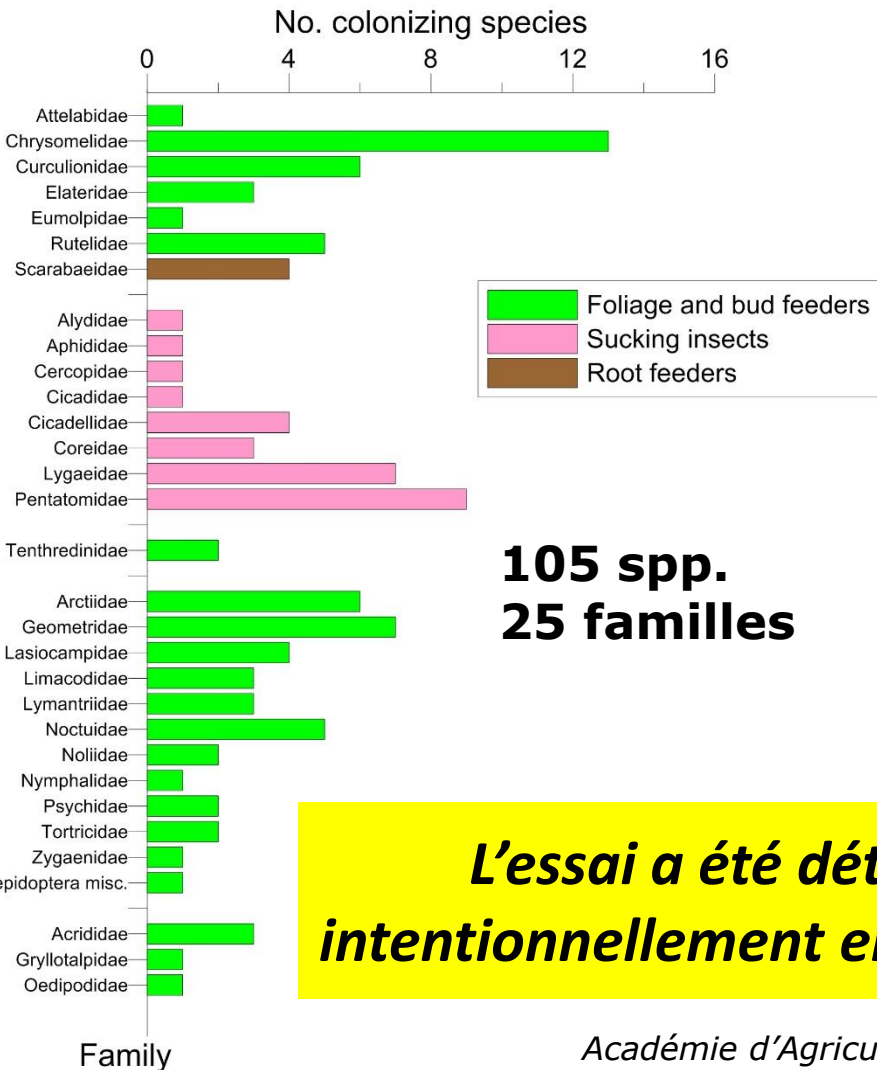
Colonisation par les insectes Chinois

Identifier des morphotypes de dégâts puis les relier à des espèces n'est pas très aisé !



Une faune très diverse colonisant les plants

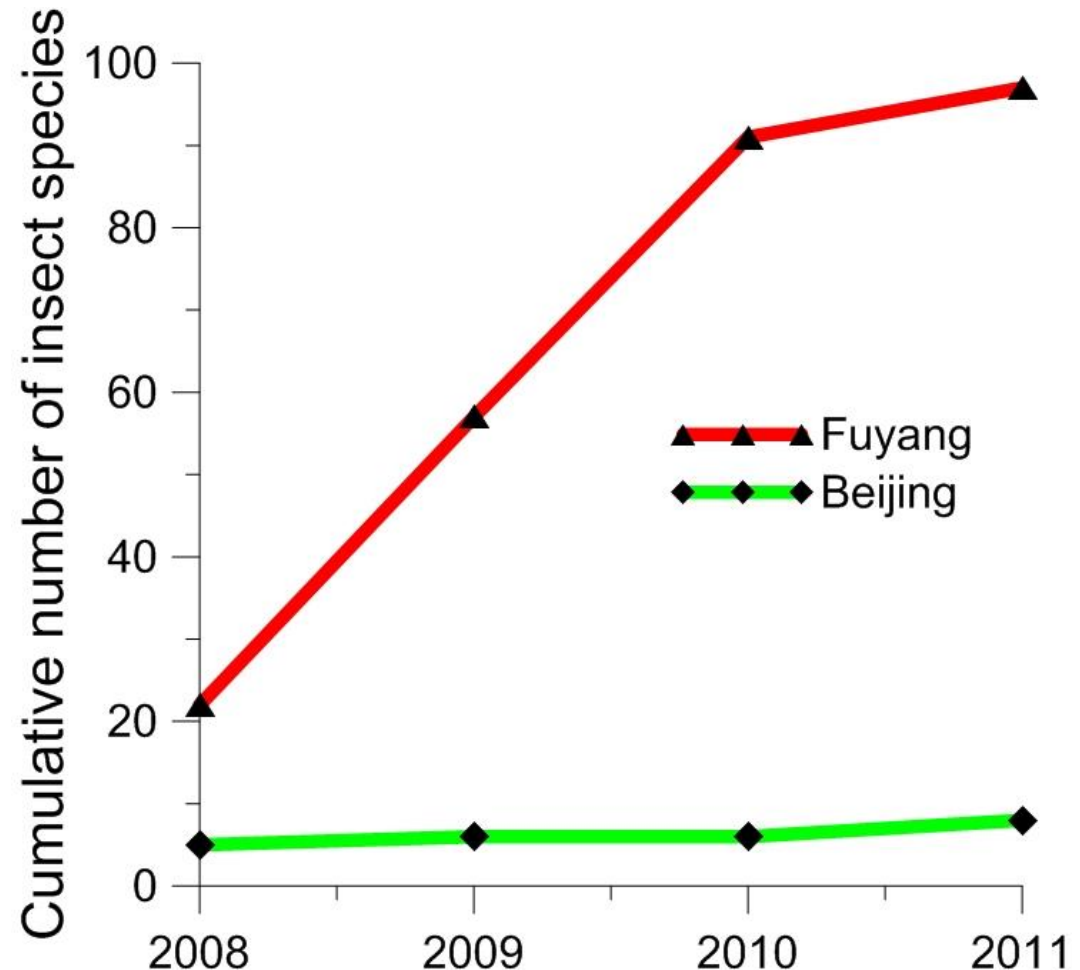
Un écueil: quasiment que des défoliateurs et pas de xylophages



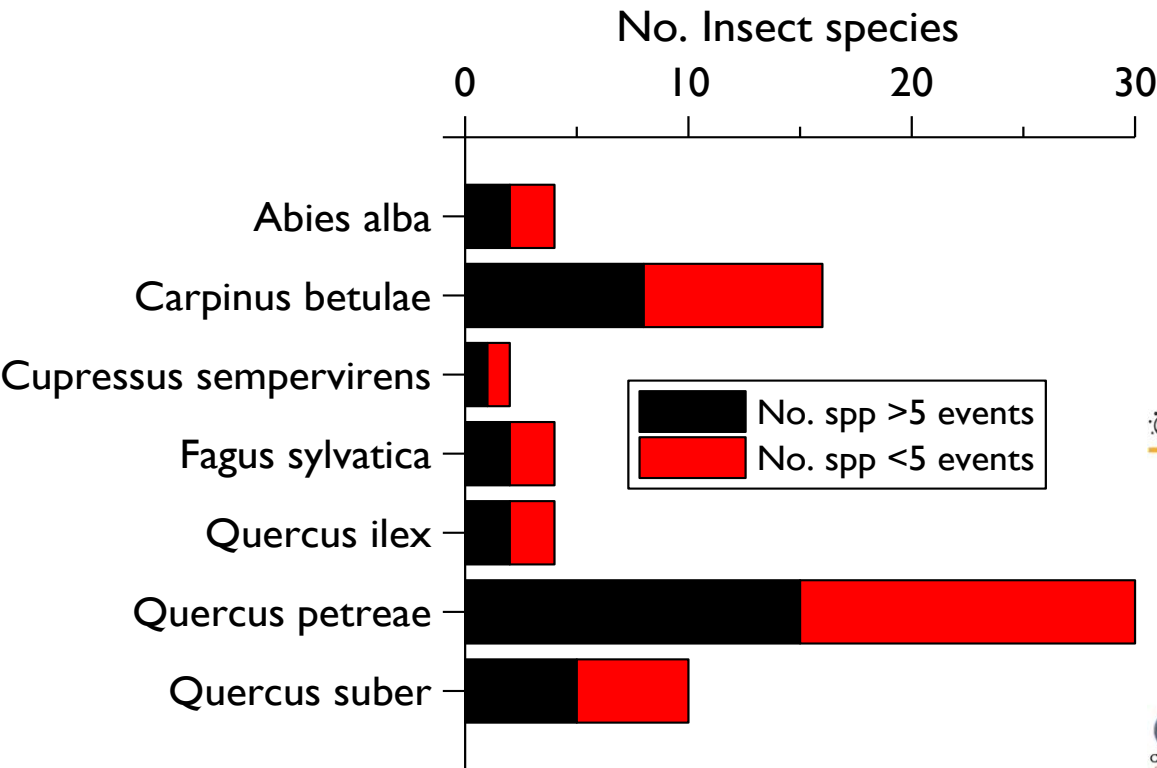
L'essai a été détruit non intentionnellement en 4ème année

3 années suffisent pour apprécier le recrutement des défoliateurs et des espèces s'attaquant aux racines

- Grandes différences entre sites (97 espèces à Fuyang vs. 8 à Beijing)
- Pas d'espèces communes aux 2 sites
- Taux d'accumulation de nouvelles espèces important en année 2 et 3, puis tend vers un plateau



Quelles espèces sont accidentelles ? Quelles sont celles capables de passer réellement sur les ligneux Européens



Quercus petraea
significativement
plus colonisé
colonized

PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

Planting Sentinel European Trees in Eastern Asia as a Novel Method to Identify Potential Insect Pest Invaders

Alain Roques^{1*}, Jian-ting Fan², Béatrice Courtial¹, Yan-zhuo Zhang³, Annie Yart¹, Marie-Anne Auger-Rozenberg⁴, Olivier Denux¹, Marc Kenis⁵, Richard Baker⁵, Jiang-hua Sun³

¹ INRA UR 633 Zoologie Forestière, Orléans, France, ² School of Forestry and Bio-technology, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an, China, ³ State key laboratory of Integrated Management of pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, ⁴ CABI, Delémont Switzerland, ⁵ Department for Environment Food and Rural Affairs, Sand Hutton, York, United Kingdom

* alain.roques@orleans.inra.fr



Espèces > 5 évènements de colonisation: une liste de 39 menaces potentielles pour l'Europe

Les 4 espèces majeures avec > 15 occurrences



Holotrichia titanis

Holotrichia diomphalia



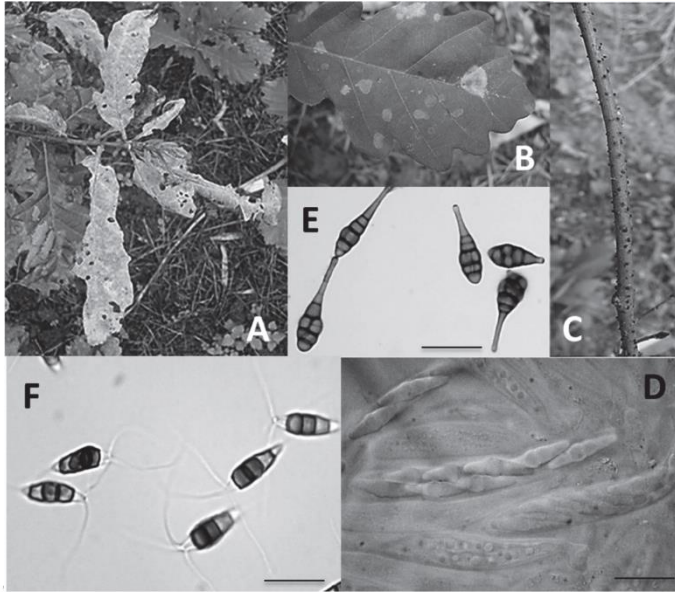
Pteroma nr. pendula (testé sous conditions de quarantaine) à l'INRA: capable de defeuiller tous les feuillus!



Compsapoderus continentalis

- Prouver qu'un cycle complet de l'oeuf à une nouvelle generation peut de dérouler sur l'hôte Européen
- Déterminer si l'espèce peut survivre au transport en fonction des conditions du commerce (saison d'exportation, stade phénologique, visibilité, etc...)
- Analyse de risque

La méthode aussi valable pour les pathogènes



RESEARCH ARTICLE

Planting Sentinel European Trees in Eastern Asia as a Novel Method to Identify Potential Insect Pest Invaders

Alain Roques^{1*}, Jian-ting Fan², Béatrice Courtial¹, Yan-zhuo Zhang³, Annie Yart¹, Marie-Anne Auger-Rozenberg¹, Olivier Denux¹, Marc Kenis⁴, Richard Baker⁵, Jiang-hua Sun³

1 INRA UR 633 Zoologie Forestière, Orléans, France, **2** School of Forestry and Bio-technology, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an, China, **3** State key laboratory of Integrated Management of pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, **4** CABI, Delémont, Switzerland, **5** Department for Environment Food and Rural Affairs, Sand Hutton, York, United Kingdom

* alain.roques@orleans.inra.fr

Mais en étant sûr
que des endophytes
européens n'étaient
pas présents mais
non exprimés avant
la plantation
Besoin préalable de
séquençage NGS!

RESEARCH ARTICLE

Sentinel Trees as a Tool to Forecast Invasions of Alien Plant Pathogens

AnnaMaria Vettrano¹, Alain Roques², Annie Yart², Jian-ting Fan³, Jiang-hua Sun⁴, Andrea Vannini^{1*}

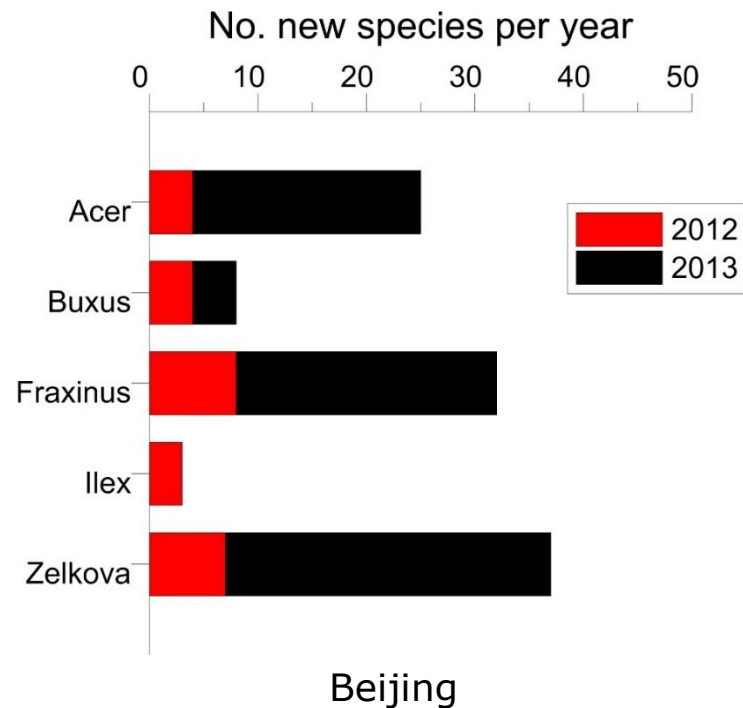
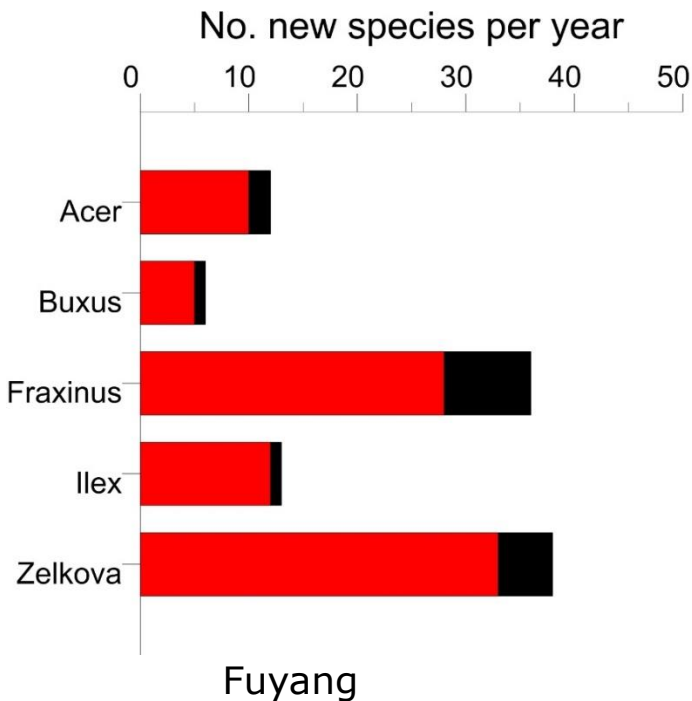
1 DIBAF, University of Tuscia, Viterbo, Italy, **2** INRA-UR633, Zoologie Forestière, Centre de recherche d'Orléans, Orléans, France, **3** School of Forestry and Bio-technology, Zhejiang A & F University, Lin'an, China, **4** State key laboratory of Integrated Management of pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

* vannini@unitus.it

Académie d'Agriculture, Paris 28 Novembre 2018



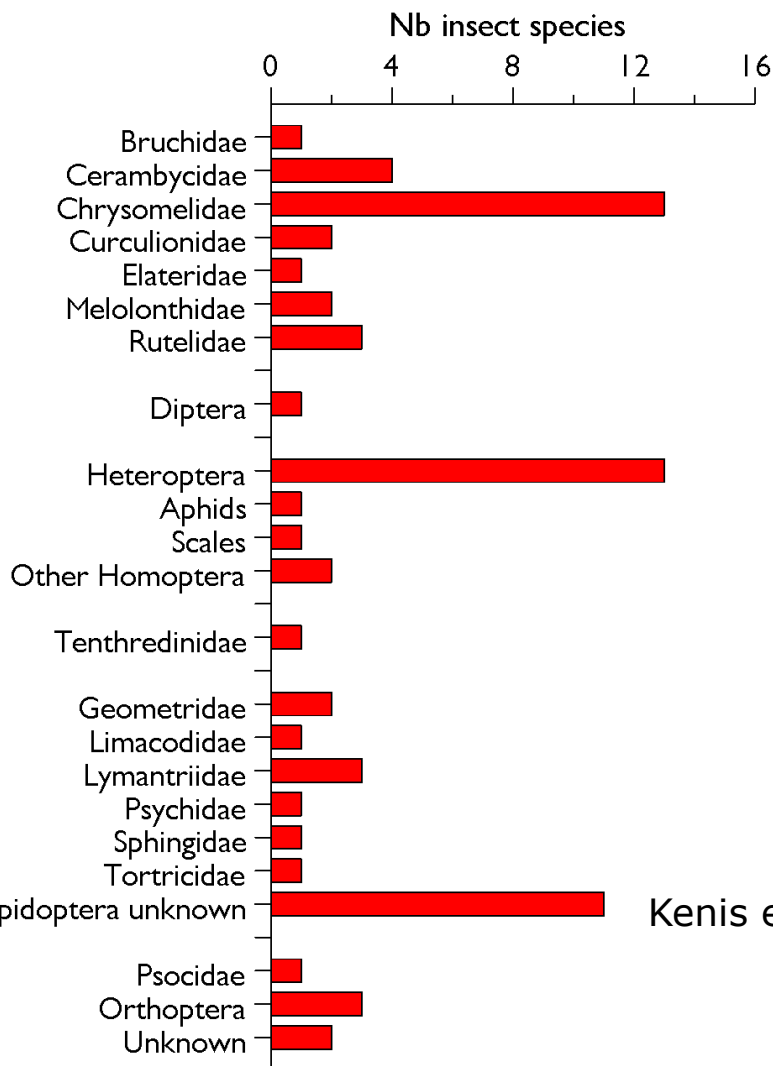
Plantations In-Patria : Pépinières sentinelles utilisant les ligneux les plus exportés de Chine vers l'Europe



Grandes différences entre espèces dans le recrutement d'insectes sur les 2 premières années

Kenis et al., *Scientific Reports* 2018

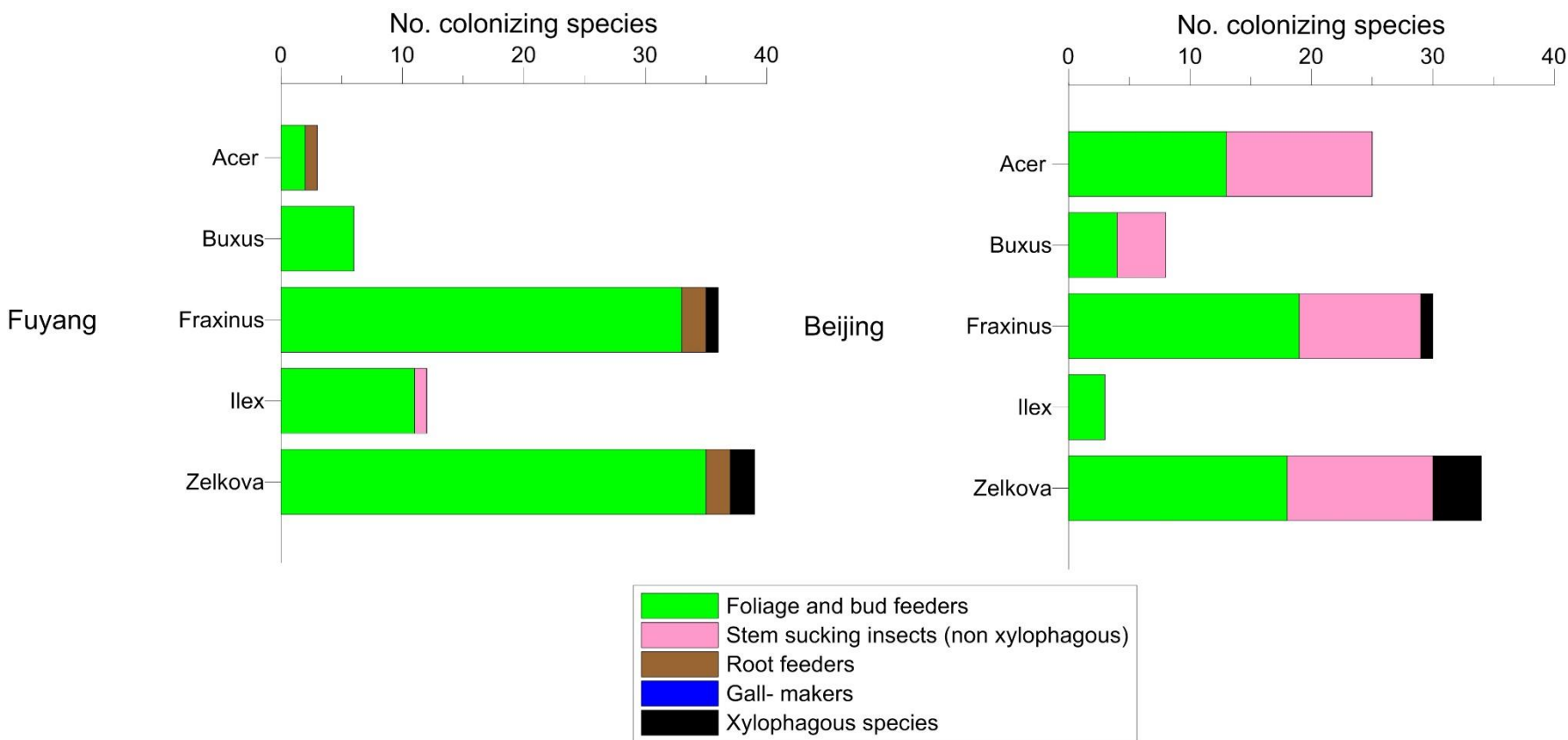
Détection de 105 associations espèce d'insecte x hôte ! 90% nouvelles !



La Pyrale du buis
*Cydalima
perspectalis*
aurait pu être
détectée avant
son arrivée en
Europe !

Kenis et al., *Scientific Reports* 2018

Sur les deux premières années dominance des espèces liées au feuillage



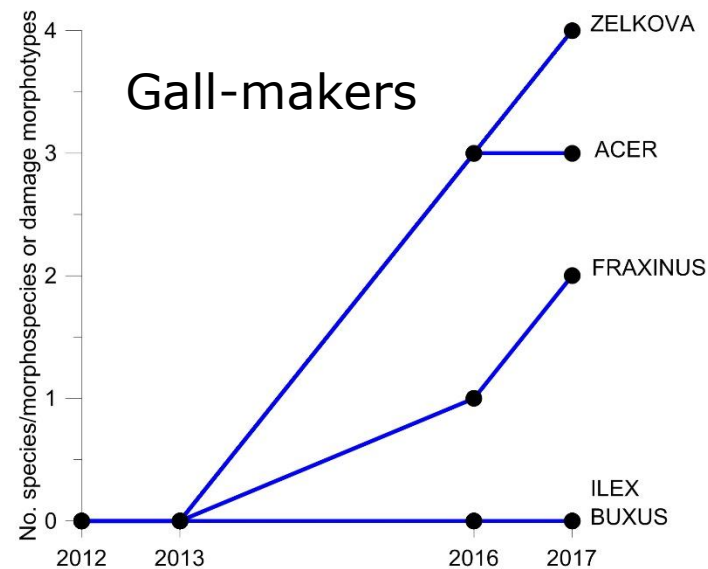
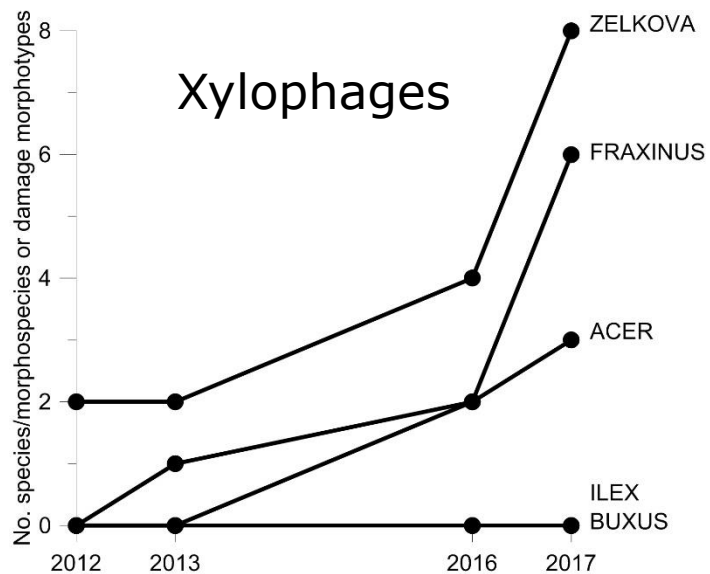
2016- 2017

5-6 après la plantation à Fuyang



Hauteur des
plants de
0.5m (*Buxus*,
Ilex) à plus
de 3m
(*Zelkova*,
Fraxinus,
Acer), et
diamètre de 3
cm à 15 cm

Un accroissement significatif de la colonisation par les xylophages et galligènes pour les essences à croissance rapide *Acer*, *Fraxinus* et *Zelkova*



L'identification taxonomique un problème majeur !

Dans la 1^{ère} expérience, seulement 15 des 39 espèces menaçantes ont pu être identifiées morphologiquement

Pas de clés d'identification pour la plupart des larves, certaines nouvelles pour la Science



- Toutes les larves séquencées (COI mtDNA gène barcode + ITSs nucléaires)
- Tentative d'identification par les bases de données génétiques (GeneBank et autres)
- A permis d'identifier 10 espèces supplémentaires avec > 99% match
- Relativement bon pour les lépidoptères, nettement moins pour les autres taxa moins séquencés!

Des méthodes désormais standardisées pour la surveillance des plantations sentinelles



Field Guide for the Identification of Damage on Woody Sentinel Plants

Edited by Alain Roques, Michelle Cleary, Iryna Matsiakh and René Eschen



Field Guide for the Identification of Damage on Woody Sentinel Plants

Edited by Alain Roques, Michelle Cleary, Iryna Matsiakh and René Eschen

This book is a heavily-illustrated, internationally applicable, practical guide for the identification of likely causal agents of damage to trees and woody shrubs. It is intended for use in sentinel plantings – a new tool to identify pests in the country of origin, used to inform pest risk analysis and risk mitigation measures – where agents often may not be known and only damage visible.

Field Guide for the Identification of Damage on Woody Sentinel Plants:

- Aids the identification of the type of agent that may have caused observed damage, including pathogens, invertebrates and abiotic factors.
- Explains how to take and preserve samples and how to proceed to obtain a more definitive identification of pests.
- Includes a general damage chapter in addition to specific chapters on damage to leaves, buds and shoots, roots, trunk, and flowers, fruits and seeds.
- Contains 800 full colour, high-quality photographs to aid analysis.

This is an essential guide for plant health professionals, including inspectors for plant protection organizations, foresters and nursery managers, in addition to students of forest entomology and pathology.

CABI improves people's lives worldwide by providing information and applying scientific expertise to solve problems in agriculture and the environment.

For more information visit us at www.cabi.org



Front cover photos: (top) Walnut catkin internally infested by geometrid moth larvae, Marcoliac, France (Alain Roques); (bottom) Survey of sentinel plantings at Fuyang, Zhejiang, China (Fan Jian-ling).

Space for bar code with ISBN included

Le project COST project "Global Warning", associant entomologistes and pathologistes vient de publier un guide de terrain proposant des procédures standard pour identifier et estimer la colonisation des plantations sentinelles

Gratuit !

<http://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20173265430>

Académie d'Agriculture, Paris 28 Novembre 2018

Messages à retenir

- Les plantations sentinelles servent à détecter les espèces susceptibles de changer d'hôte et de passer sur les ligneux du pays d'introduction
- Les pépinières sentinelles servent à détecter les espèces pouvant être introduites avec leurs plantes-hôtes lors de l'exportation.
- Les pépinières sentinelles sont plus aisées à réaliser car soumises à moins de règlements concernant l'introduction de plantes exotiques au pays
- Les arboretums intégrant des ligneux exotiques peuvent jouer le rôle de plantations sentinelles pour détecter les changements d'hôtes mais ne peuvent généralement permettre des tests statistiques, ni prendre en compte la diversité génétique des plantes-hôtes
- L'identification des défoliateurs est effective après 2 ans, seules quelques espèces supplémentaires sont observées 4 ans plus tard.
- 5 à 6 ans après la plantation (c'est-à-dire des arbres âgés de 7 à 8 ans) semble suffisant pour identifier les espèces xylophages sur essences à croissance rapide. Cette identification nécessitera plus de temps chez les espèces à croissance lente
- Les galligènes sont apparus au même moment que les xylophages
- Aucun insecte des fruits ou graines n'a pu être observé car les arbres ne fleurissaient toujours pas après 8 ans
- Des financements ponctuels sur des périodes plus longues que la durée habituelle de quatre ans des projets européens sont essentiels mais pas si faciles à obtenir!

Perspectives

- Le laboratoire associé franco-chinois IFOPE (INRA-BFU) a l'objectif de développer à une grande échelle des plantations sentinelles en Chine, en s'appuyant en particulier sur le projet européen H2020 HOMED (*HOListic Management of Emerging forest pests and Diseases*)
- 4 plantations sentinelles sont prévues au printemps 2019 sur des sites chinois distants, avec 3 essences européennes en commun: 1 conifère (*Pinus nigra*), 1 feuillu (*Fagus sylvatica*), et 1 arbuste (*Ilex aquifolium*), et 3 autres espèces dépendant des conditions climatiques du site.
- Ce dispositif doit être étendu à l'Afrique du Sud et aux USA avec les mêmes essences européennes
- En réciprocité, une plantation sentinelle avec 6 essences chinoises est prévue sur le site INRA d'Orléans
- Deux pépinières sentinelles sont prévues dans le même temps en Suisse (arbres européens exportés vers la Chine) et en Chine du Nord (arbres Chinois exportés vers l'Europe)



24.

Merci pour votre attention !

2017 0