

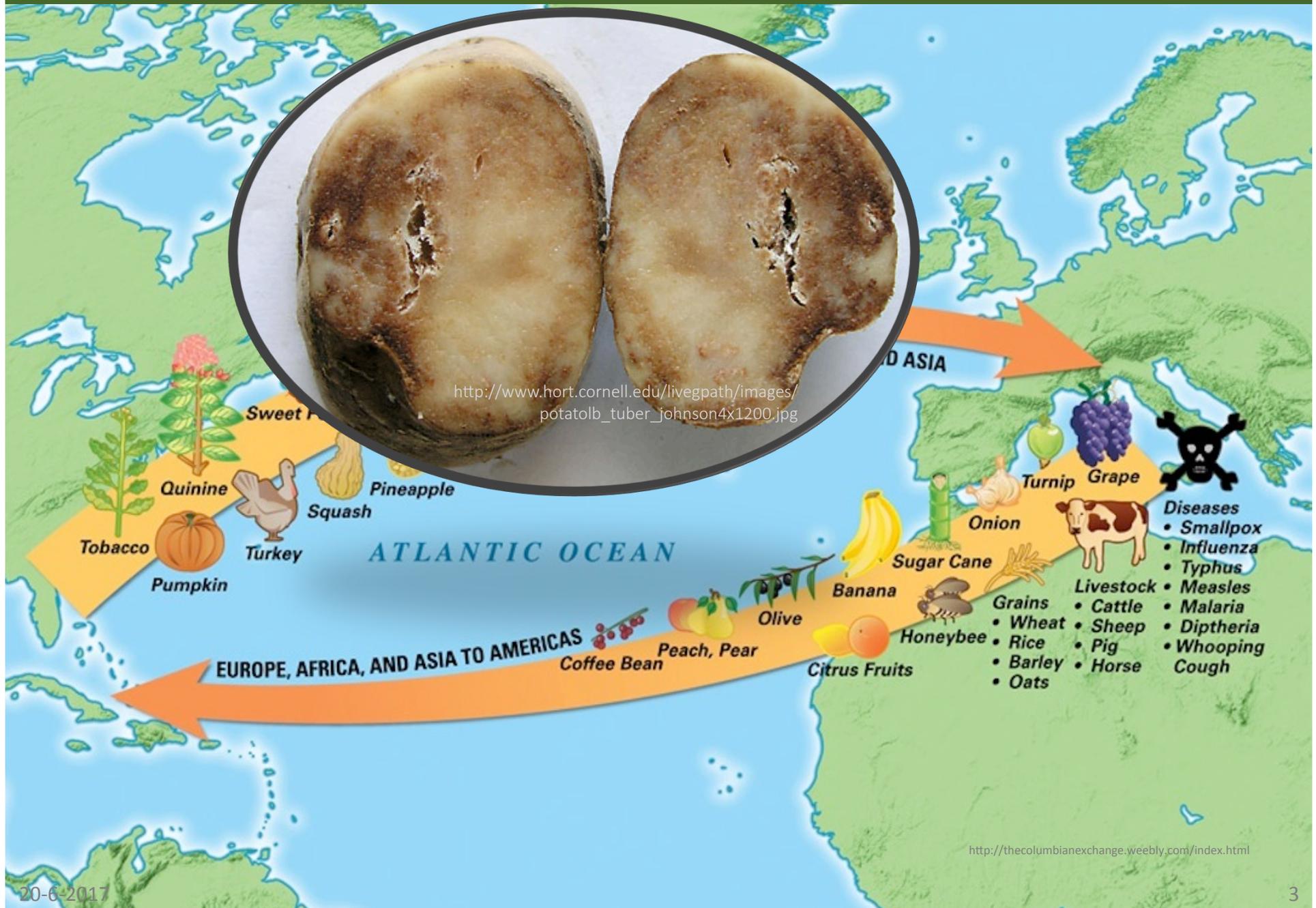
Comparaison des introductions d'insectes en Europe et en Amérique du Nord Quel rôle joue l'effet Allee ?

Jean-Claude Grégoire
Université Libre de Bruxelles

Plan de cet exposé

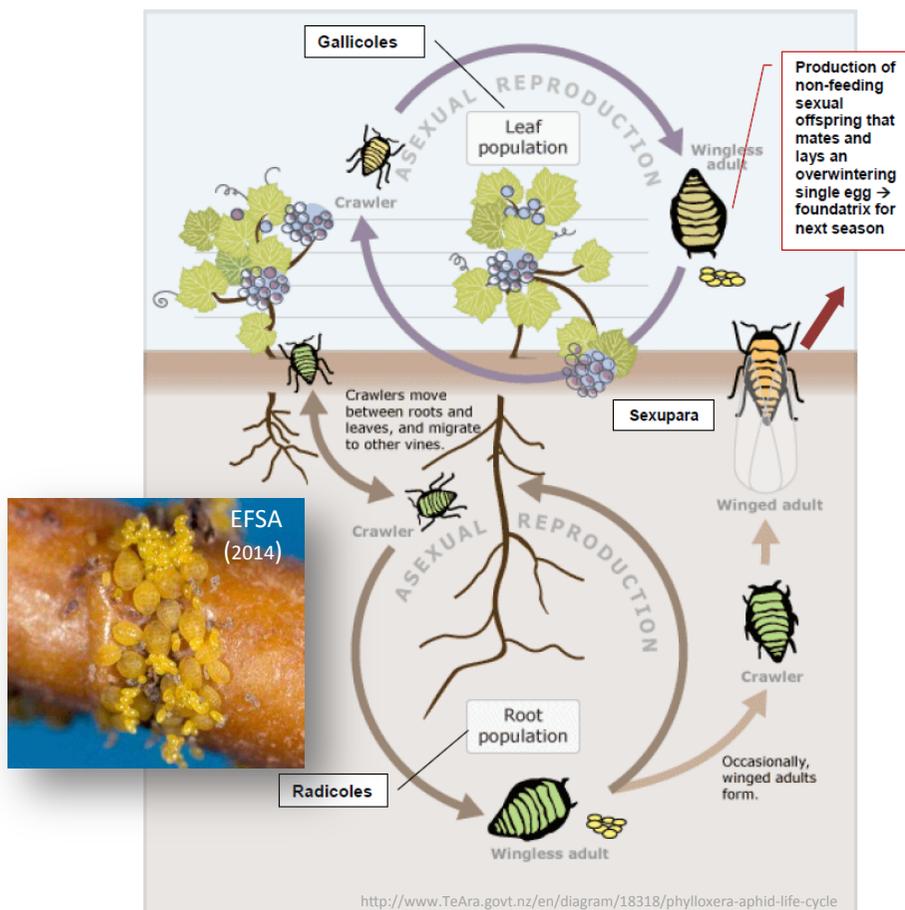
- La découverte de l'Amérique et ses implications phytosanitaires
 - Echanges agricoles
 - Ravageurs et maladies
- Echanges asymétriques ?
- Filières d'introduction
 - Flux commerciaux en général
 - Plantes vivantes
 - Bois et bois d'emballage
- Introductions de ravageurs exotiques – le cas des scolytines
 - Jordal et al. 2001
 - Kirkendall & Faccoli 2010
 - *Ips* spp. en Grande-Bretagne
 - Scolytines en Australie, Nouvelle-Zélande et Afrique du Sud
 - *Dendroctonus valens* en Chine
- L'effet Allee, un déterminant fort des risques d'introduction
- Quelques exemples européens
 - *Dendroctonus micans*
 - *Ips typographus*
 - *Xylosandrus compactus*
 - *Pityophthorus juglandis*

1492 – Découverte de l'Amérique...



"Nous" avons introduit le phylloxéra

- Introduction en 1863 (Gard).
- En 15 ans, il envahit les vignobles français, italiens, espagnols, algériens.
- Vitesse de propagation moyenne: 19 km/an.
- Les plantes meurent à cause des galles racinaires.
- Les 2/3 du vignoble européen détruits à la fin du 19^{ème} siècle.



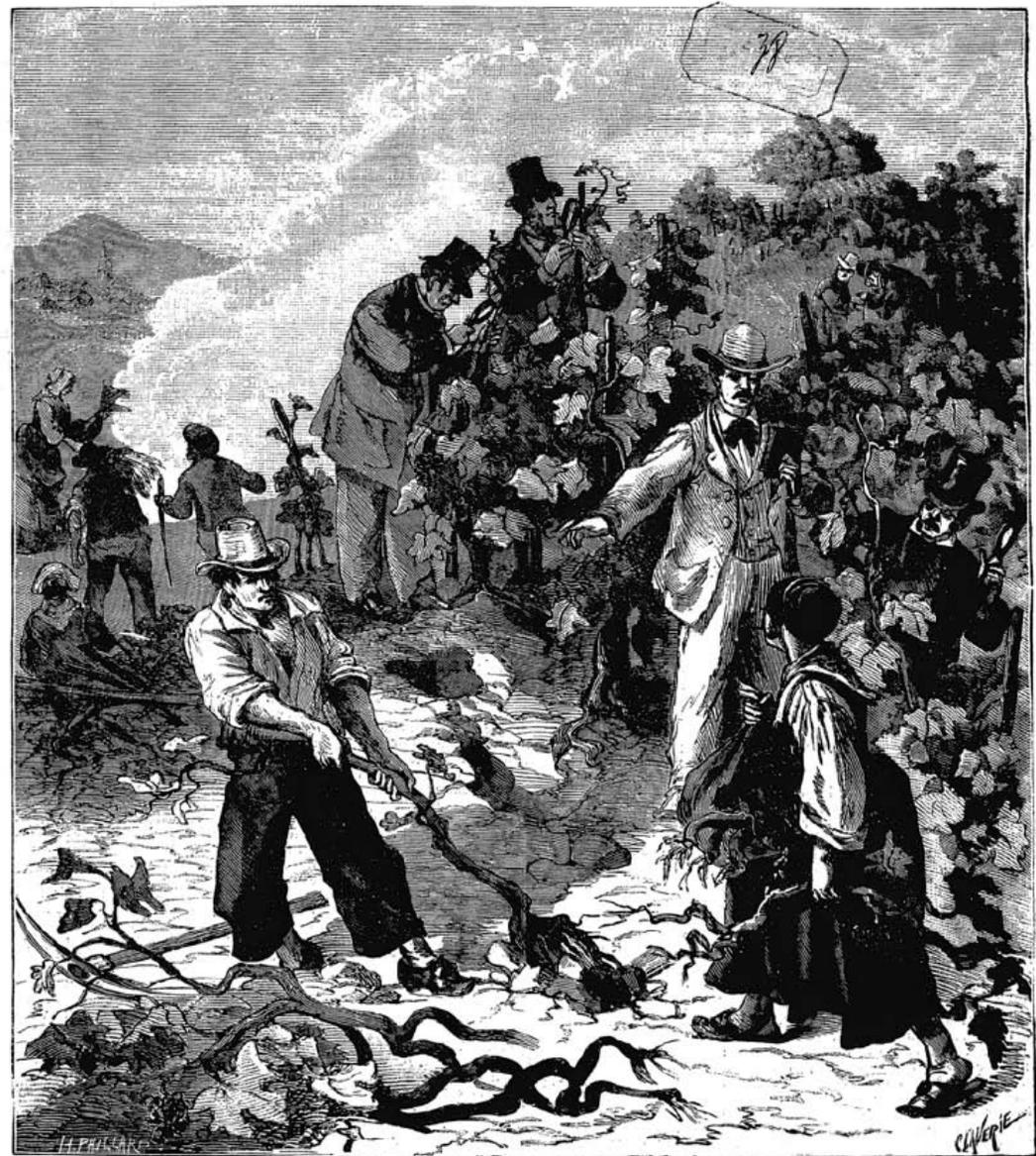
"Nous" avons introduit le phylloxéra



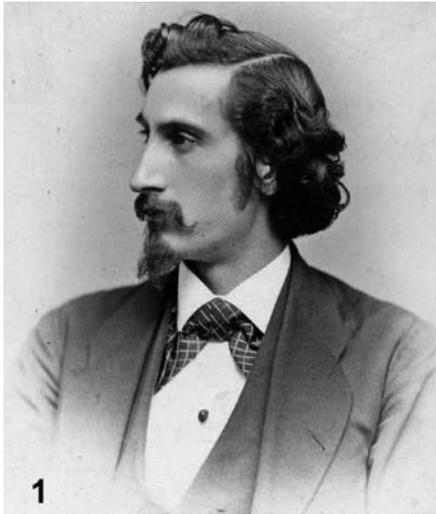
Sources: Carton *et al.* (2007); Sorensen *et al.* (2008)

Multiples essais de lutte:

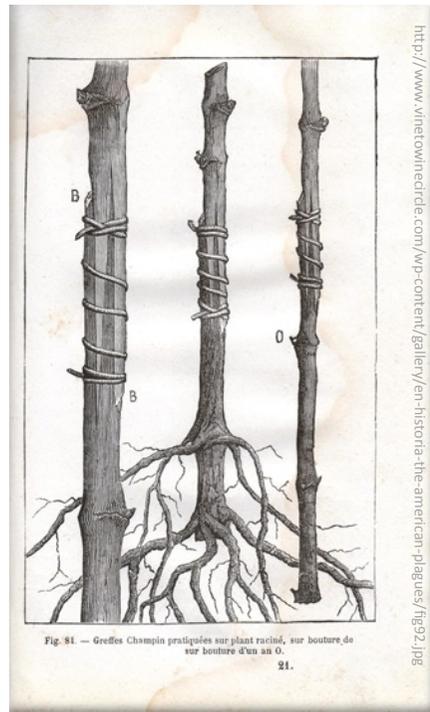
- Injections d'eau
- Remplacement du sol par du sable
- Sels d'arsenic, pyrèthre, huiles minérales, disulfure de carbone
- ...



"Nous" avons introduit le phylloxéra



Charles Riley (USA) et Jules Planchon (FR) (ou vice versa) greffent les vignes européennes sur des porte-greffes nord-américains



Sources: Carton *et al.* (2007); Sorensen *et al.* (2008)

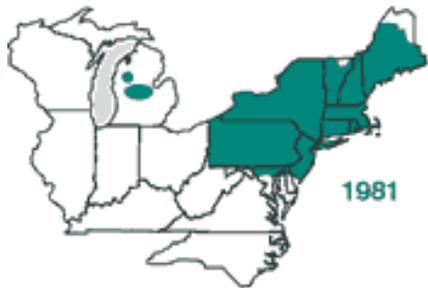
"Ils" ont importé le bombyx disparate



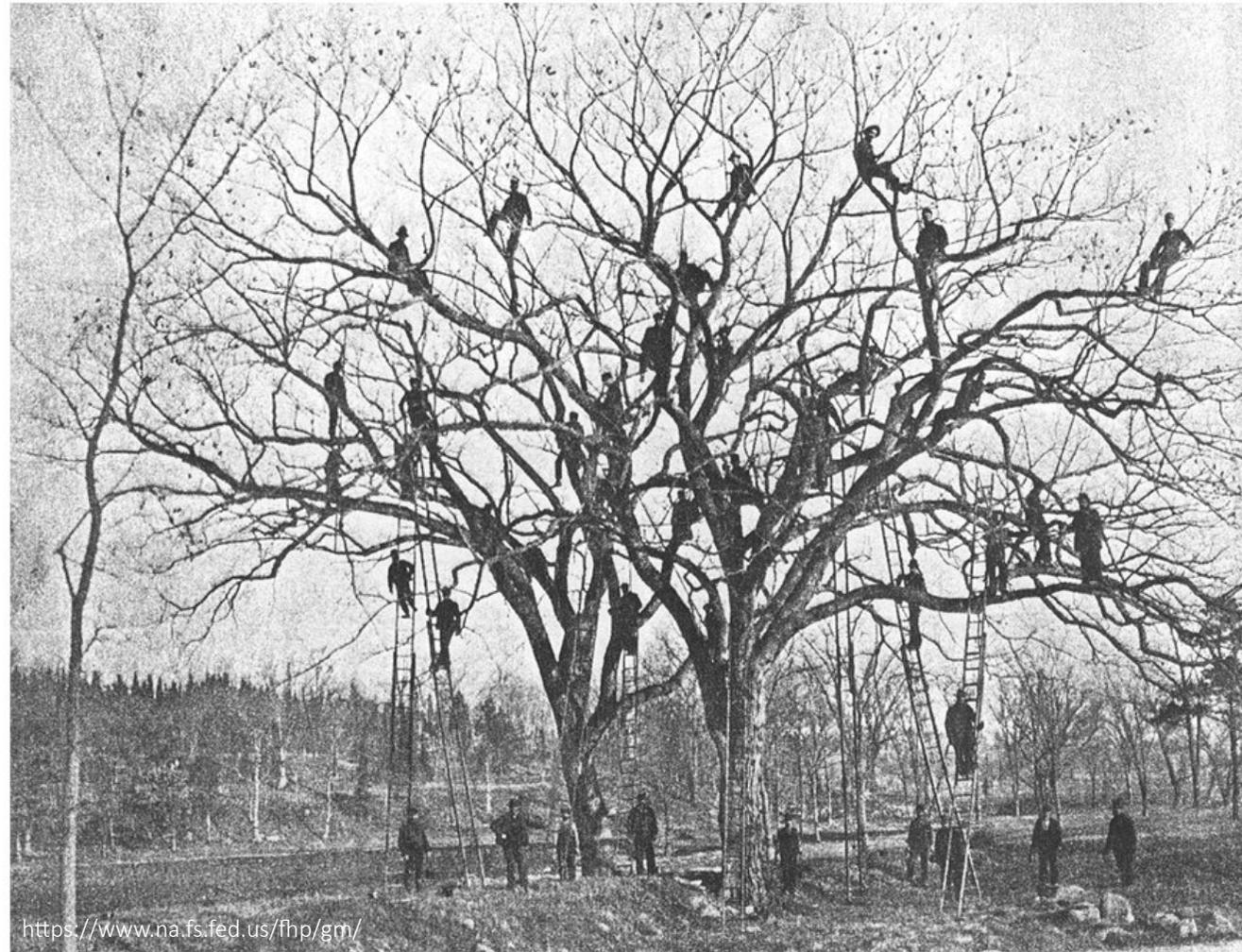
- En 1865, Léopold Trouvelot développe un élevage important à Medford dans le Massachussets, en vue de produire de la soie.
- En 1869, quelques chenilles s'échappent.
- En 1889, la population explose à Medford, des millions de larves défolient tous les feuillus de la ville.



"Ils" ont importé le bombyx disparate



http://www.gypsymothalert.com/gimages/gypsy_map01_175.gif



En dépit de très gros efforts, le ravageur continue actuellement à se propager en Amérique du Nord.

Echanges asymétriques ?

BioScience (1996), 46(10), 741-753.

Invasion of North American Forests by European Phytophagous Insects

Legacy of the European crucible?

Pekka Niemelä and William J. Mattson

Biol Invasions (2007) 9:957-974
DOI 10.1007/s10530-007-9096-y

ORIGINAL PAPER

Few immigrant phytophagous insects on woody plants in Europe: legacy of the European crucible?

William Mattson · Henri Vanhanen ·
Timo Veteli · Sanna Sivonen · Pekka Niemelä

A la fin du XX^{ème} siècle:

- ~300 insectes forestiers européens installés en Amérique du Nord
- 57 espèces d'Amérique du Nord installées en Europe
- Pourtant: richesse spécifique équivalente sur les deux continents (~100.000 espèces)
- "*European crucible*" ("*creuset européen*"): depuis les glaciations, la flore européenne est nettement plus fragmentée et plus pauvre en espèces que la flore nord-américaine, rendant le terrain moins propice aux invasions.

Filières d'introduction – marchandises en général

Porte-conteneurs géant (2013) - capacité: 18,000 conteneurs de 6 m
(~ 30 trains de 1,5 km de long, avec 2 conteneurs par wagon)



Filières d'introduction – marchandises en général

Porte-conteneurs géant (2013) - capacité: 18,000 conteneurs de 6 m (~ 72 trains de 750 m de long, avec 2 conteneurs par wagon)



Filières d'introduction – marchandises en général



Des masses d'oeufs de bombyx disparate sont aisément transportées sur des marchandises ou des véhicules



- Bombyx disparate
- Frelon asiatique
- Chrysomèle du maïs
- Coccinelle asiatique
- ...

Filières d'introduction – Plantes vivantes

Importations vers l'UE (EUROSTAT - 2012)

- Fleurs coupées et feuillage (74,9%) = 303.589 T
- Plantes en pots (18,8%) = 76.287 T
- Conifères et plantes perennes (1,8%) = 7.449 T
- Bulbes (4,5%) = 18.220 T

Il est actuellement possible de transporter des arbres de plus de 15 m, avec une motte de 2 à 3 m³ de terre



Filières d'introduction – Plantes vivantes



Filières d'introduction – Plantes vivantes



<http://ephytia.inra.fr/fr/l/27813/Ponte->

Processionnaire du pin



Gyorgy Csoka, Hungary Forest Research Institute, Bugwood.org

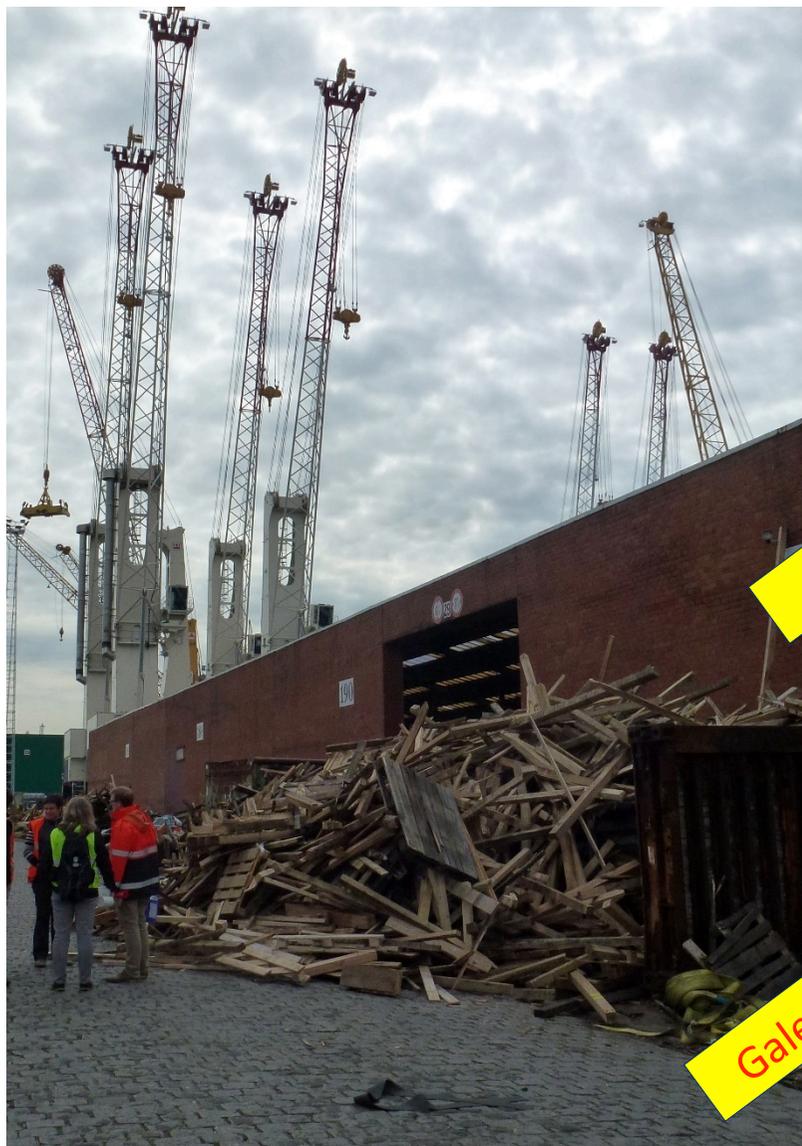
Cheimatobie hivernale



Gyorgy Csoka, Hungary Forest Research Institute, Bugwood.org

Processionnaire du chêne

Filières d'introduction – Bois d'emballage



Marque ISPM 15

Galeries d'insectes

Ecorce résiduelle

Introductions de Scolytinae dans le monde - 1

Global Ecology & Biogeography (2001) **10**, 345–357

RESEARCH ARTICLE



Breaking taboos in the tropics: incest promotes colonization by wood-boring beetles

BJARTE H. JORDAL^{1*}, ROGER A. BEAVER² and LAWRENCE R. KIRKENDALL¹

- Analyse des proportions de scolytines (introduites) dans 45 îles tropicales du Pacifique et de l'Ancien Monde, ainsi que dans deux sites sur le continent adjacent
- Les petites populations d'introduction récente passent nécessairement par une période **d'endogamie sévère**, susceptible d'affecter plus fortement les espèces exogames (**dépression de consanguinité**)
- En outre, les exogames ont plus de mal à **trouver des partenaires sexuels**

(Remarque sur la dépression de consanguinité)

Evolution, 59(2), 2005, pp. 317–323

OUTBREEDING DEPRESSION, BUT NO INBREEDING DEPRESSION IN HAPLODIPLOID AMBROSIA BEETLES WITH REGULAR SIBLING MATING

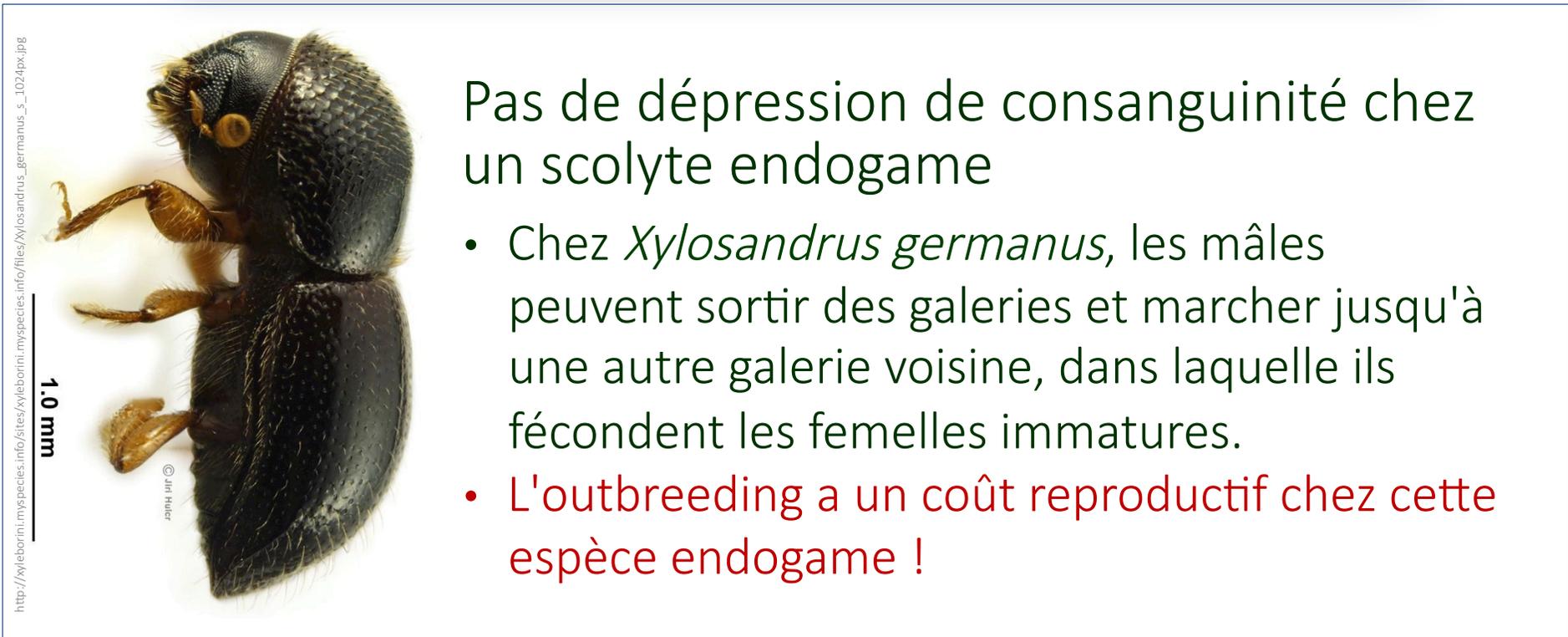
KATHARINA PEER¹ AND MICHAEL TABORSKY^{1,2}

¹*Department of Behavioural Ecology, Institute of Zoology, University of Bern, Wohlenstrasse 50A, CH-3032 Hinterkappelen, Switzerland*

²*E-mail michael.taborsky@esh.unibe.ch*

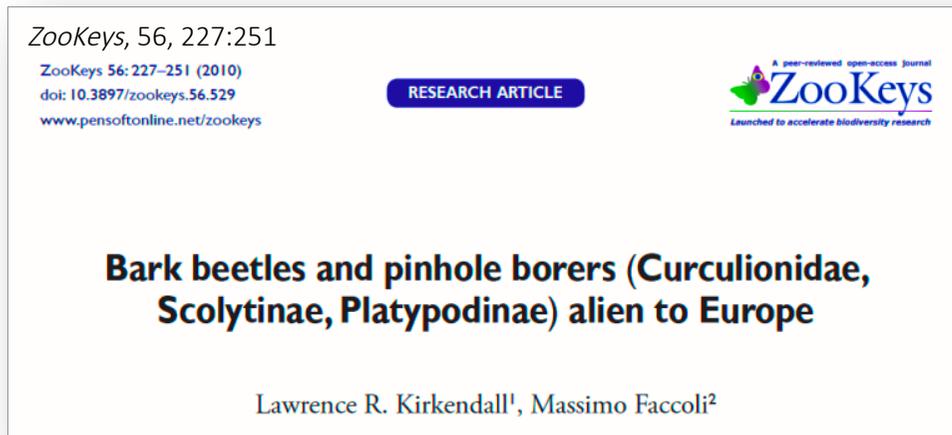
Pas de dépression de consanguinité chez un scolyte endogame

- Chez *Xylosandrus germanus*, les mâles peuvent sortir des galeries et marcher jusqu'à une autre galerie voisine, dans laquelle ils fécondent les femelles immatures.
- L'outbreeding a un coût reproductif chez cette espèce endogame !



Introductions de Scolytinae dans le monde - 2

Introductions en Europe



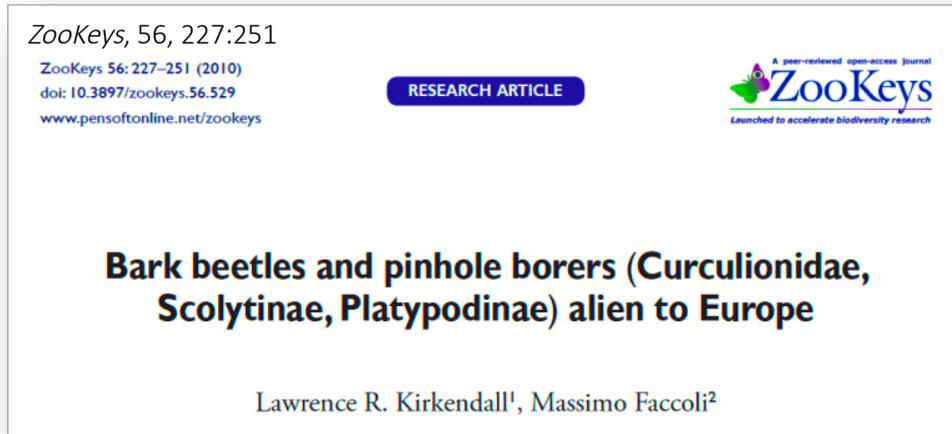
http://idtools.org/id/wbb/xyleborini/fs_images/home_01_large.jpg

Xylosandrus crassiusculus

- *Ambrosiodmus rubricollis*
- *Ambrosiophilus atratus*
- *Coccotrypes dactyliperda*
- *Cyclorhipidion bodoanum*
- *Dactylotrypes longicollis*
- *Dryocoetes himalayensis*
- *Gnathotrichus materiarius*
- *Hypocryphalus scabricollis*
- *Hypothenemus eruditus*
- *Monarthrum mali*
- *Phloeosinus rudis*
- *Phloeotribus liminaris*
- *Xyleborinus attenuatus*
- *Xyleborus affinis*
- *Xyleborus pfeilii*
- *Xylosandrus crassiusculus*
- *Xylosandrus germanus*
- *Xylosandrus morigerus*
- *Xylosandrus compactus*
- *Pityophthorus juglandis*

Introductions de Scolytinae dans le monde - 2

Introductions en Europe



- 18 (20) scolytines exotiques (de toutes origines) établis en Europe
- 12 espèces endogames
- 15 espèces polyphages



Xylosandrus crassiusculus

Introductions de Scolytinae dans le monde - 3

Scolytinae en Grande-Bretagne – liste non exhaustive (Angleterre, Pays de Galles, Ecosse)

<i>Ips cembrae</i>	<ul style="list-style-type: none"> • PRESENT depuis 1955 (Crooke & Bevan 1957) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres abattus
<i>Ips sexdentatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • PRESENT (Munro 1926) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres abattus
 <i>Ips typographus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ABSENT (EPPO Global Database) • NB - Intercepté régulièrement ! 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres vivants
<i>Ips amitinus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ABSENT (EPPO GD) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres abattus
<i>Ips acuminatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ABSENT (EPPO GD) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres abattus
<i>Ips duplicatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ABSENT (EPPO GD) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres abattus
 <i>Dendroctonus micans</i>	<ul style="list-style-type: none"> • PRESENT (Bevan & King 1983) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres vivants
<i>Tomicus piniperda</i>	<ul style="list-style-type: none"> • PRESENT (Munro 1926) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres abattus
<i>Hylastes</i> spp.	<ul style="list-style-type: none"> • PRESENT (Munro 1926) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres abattus
<i>Hylurgops palliatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • PRESENT (Munro 1926) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres abattus
<i>Dryocoetes autographus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • PRESENT (Munro 1926) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbres morts

Introductions de Scolytinae dans le monde - 4

Scolytinae introduits en Nouvelle Zélande, Australie et Afrique du Sud et aux USA (données non exhaustives)

Nouvelle Zélande	<ol style="list-style-type: none">1. <i>Hylastes ater</i>2. <i>Hylurgus ligniperda</i>3. <i>Xyleborinus saxeseni</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Conifères abattus ou affaiblis; racines2. Conifères abattus ou affaiblis3. Feuillus abattus ou affaiblis
Australie	<ol style="list-style-type: none">1. <i>Hylastes ater</i>2. <i>Hylurgus ligniperda</i>3. <i>Xyleborinus saxeseni</i>4. <i>Ips grandicollis</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Conifères abattus ou affaiblis; racines2. Conifères abattus ou affaiblis3. Feuillus abattus ou affaiblis4. Conifères abattus ou affaiblis
Afrique du Sud	<ol style="list-style-type: none">1. <i>Hylurgus ligniperda</i>2. <i>Xyleborinus saxeseni</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Conifères abattus ou affaiblis2. Feuillus abattus ou affaiblis
USA	<ol style="list-style-type: none">1. <i>Hylurgus ligniperda</i>2. <i>Xyleborinus saxeseni</i>3. <i>Tomicus piniperda</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Conifères abattus ou affaiblis2. Feuillus abattus ou affaiblis3. Conifères abattus ou affaiblis

Introductions de Scolytinae dans le monde - 5

Dendroctonus valens introduit en Chine

- Originaire d'Amérique du Nord
- Filière probable: bois d'emballage
- Province du Shanxi en 1999
- Sur *Pinus tabulaeformis* sains
- Arbres tués en quelques mois
- Le ravageur s'étend rapidement: Shaanxi, Henan, Hebei
- 300,000 ha⁺; ~ 350 millions d'arbres attaqués (début 2000s)



Introductions de Scolytinae dans le monde - 5

Dendroctonus valens introduit en Chine

- Attaques **solitaires**
- Résiste aux défenses de l'hôte ("*terpentine beetle*")
- Exogame
- Larves grégaires => possibilités de **reproduction endogame**



Grandes tendances - essai de synthèse

Traits observés:

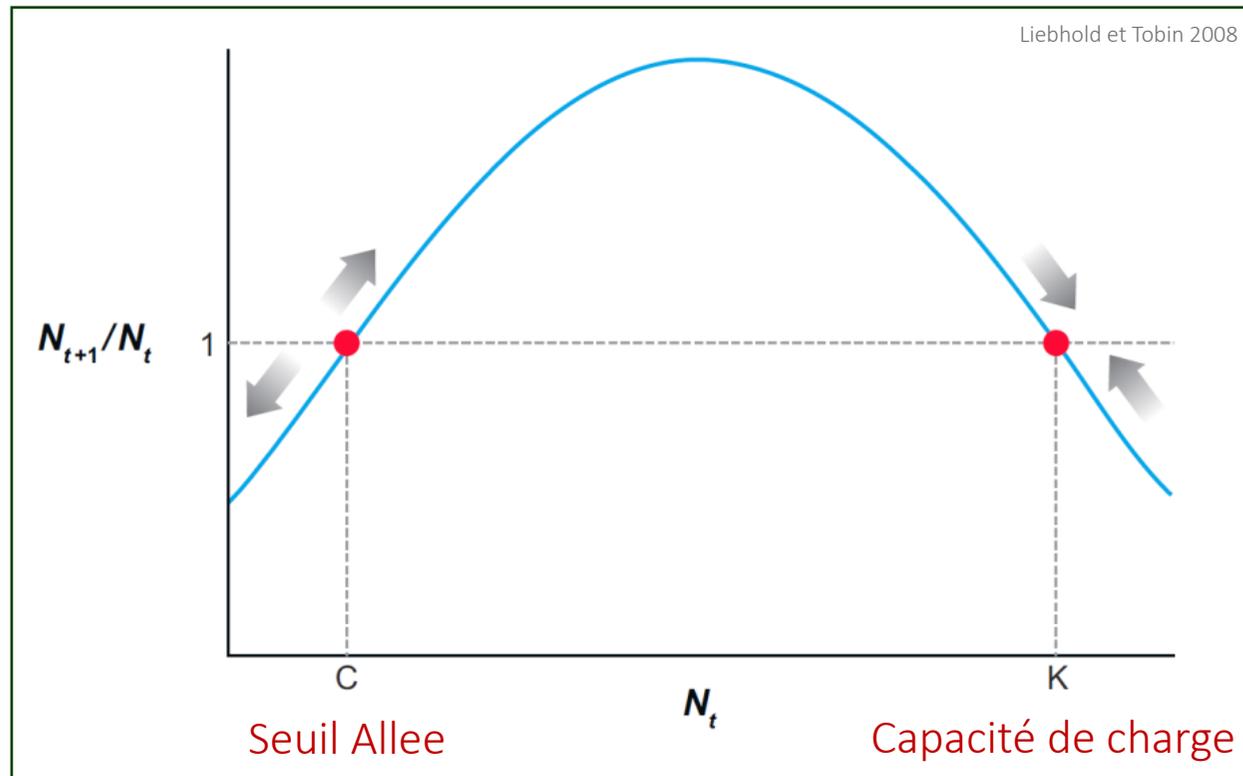
- Endogamie
- Polyphagie
- Attaque d'arbres abattus ou affaiblis
- Attaque solitaire d'arbres vivants

Corollaires

- **Endogamie:** l'inoculum initial peut-être réduit
- **Polyphagie:** la recherche d'un hôte favorable est facilitée
- **Attaque d'arbres abattus ou affaiblis:** les deux avantages précédents
- **Attaque solitaire d'arbres vivants:** choix d'hôtes plus large; l'inoculum initial peut être réduit



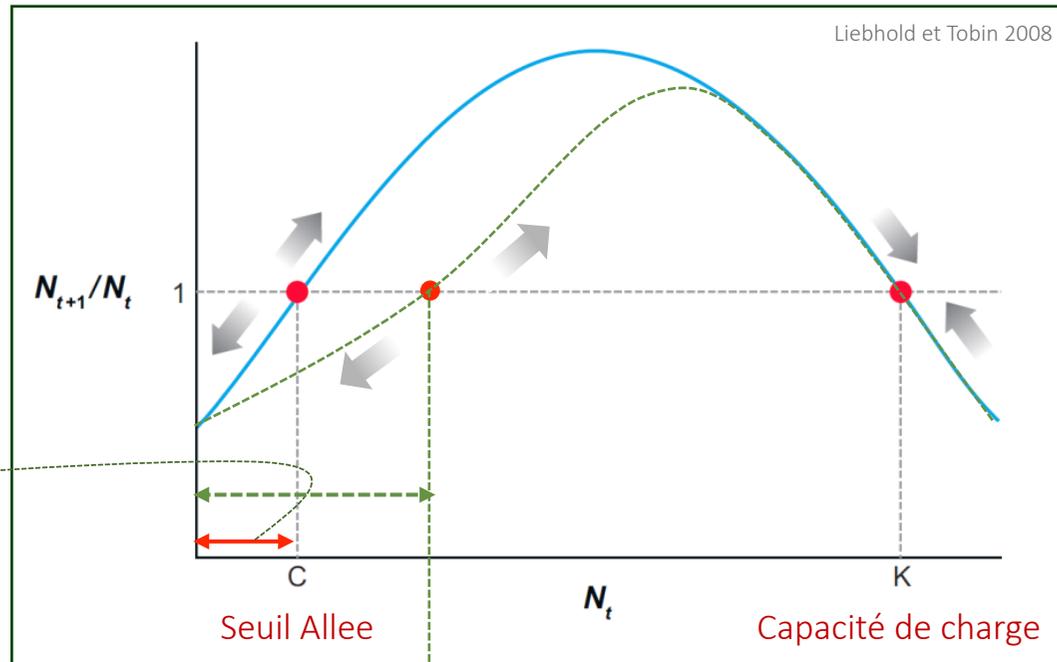
Effet Allee



Seuil Allee:

Densité de population en deçà de laquelle la population décroît (taux de croissance $N_{t+1}/N_t < 1$)

Effet Allee et invasions biologiques



Densités de population sous le seuil Allee:

- Probabilité faible/nulle de rencontre d'un partenaire sexuel
- Dépression de consanguinité
- Impossibilité de prospection ou d'attaque collective
- Incapacité à amener les prédateurs à satiété
- **Le seuil Allee est aussi relevé si grande dispersion à l'émergence !!**

Effet Allee et invasions biologiques

Densités sous le seuil Allee

- Probabilité faible/nulle de rencontre d'un partenaire sexuel
- Dépression de consanguinité
- Impossibilité de prospection ou d'attaque collective
- Incapacité à amener les prédateurs à satiété

Seuil Allee relevé

- Forte dispersion à l'émergence

Introductions d'invasifs facilitées:

- **Endogamie:** l'inoculum initial peut-être réduit; pas nécessairement de dépression de consanguinité
- **Polyphagie:** la recherche d'un hôte favorable est facilitée
- **Attaque d'arbres abattus ou affaiblis:** l'inoculum initial peut être réduit
- **Attaque solitaire d'arbres vivants:** choix d'hôtes plus large; l'inoculum initial peut être réduit

Effet Allee et invasions biologiques

Espèces jouissant d'un faible seuil Allee:

- Probabilité faible/nulle de rencontre d'un partenaire sexuel
=> Reproduction endogame ou parthénogénétique
- Dépression de consanguinité
=> Dépression d'exogamie
- Impossibilité de prospection ou d'attaque collective
=> Attaques en solitaire
- Incapacité à amener les prédateurs à satiété
=> protection par l'arbre-hôte qui reste vivant
- Dispersion faible à l'émergence (pas de prospection collective)
=> Maintien de populations élevées près du point d'entrée

Ce que nous apprennent les scolytes européens

Etudes de cas

Connaître nos indigènes pour comprendre les (futurs) exotiques

- *Ips typographus*
- *Dendroctonus micans*

Des exotiques bien établis

- *Xylosandrus compactus* en Europe
- *Pityophthorus juglandis* en Italie

Etudes de cas: connaître nos indigènes



Dendroctonus micans

- Résistant aux monoterpènes
- Endogamie généralisée
- Colonisation solitaire
- L'arbre survit aux attaques
- Peu de compétition
- Peu d'ennemis naturels
- Ressources stables dans le temps



Ips typographus

- Sensible aux monoterpènes
- Echanges génétiques
- Colonisation collective
- L'arbre meurt obligatoirement
- Compétition intense
- Nombreux ennemis naturels
- Ressources en dégradation rapide

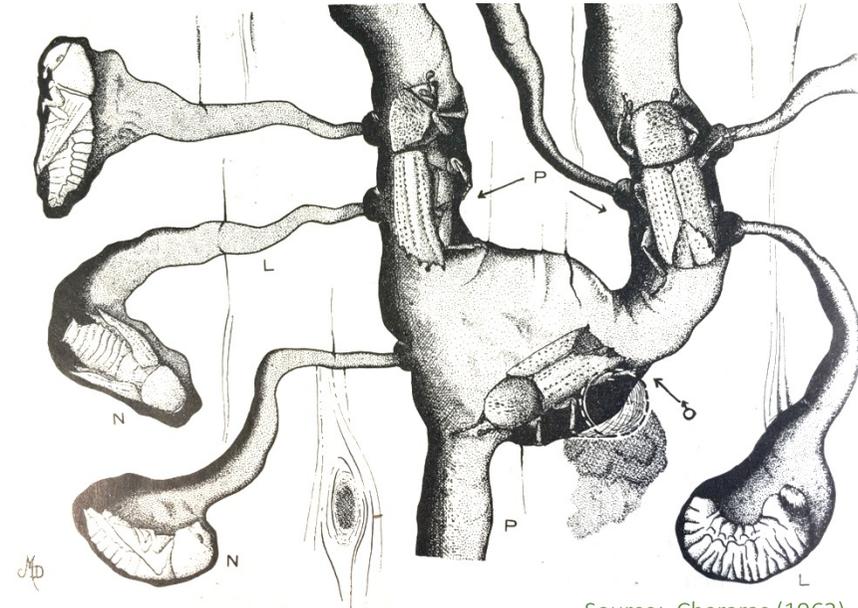
Etudes de cas: connaître nos indigènes

Dendroctonus micans



Accouplements endogames
dans la chambre natale

Ips typographus



Source: Chararas (1962)

Accouplements exogames
systématiques dans les galeries
de ponte

Etudes de cas: connaître nos indigènes

Dendroctonus micans



Attaques solitaires; l'hôte survit généralement

Ips typographus



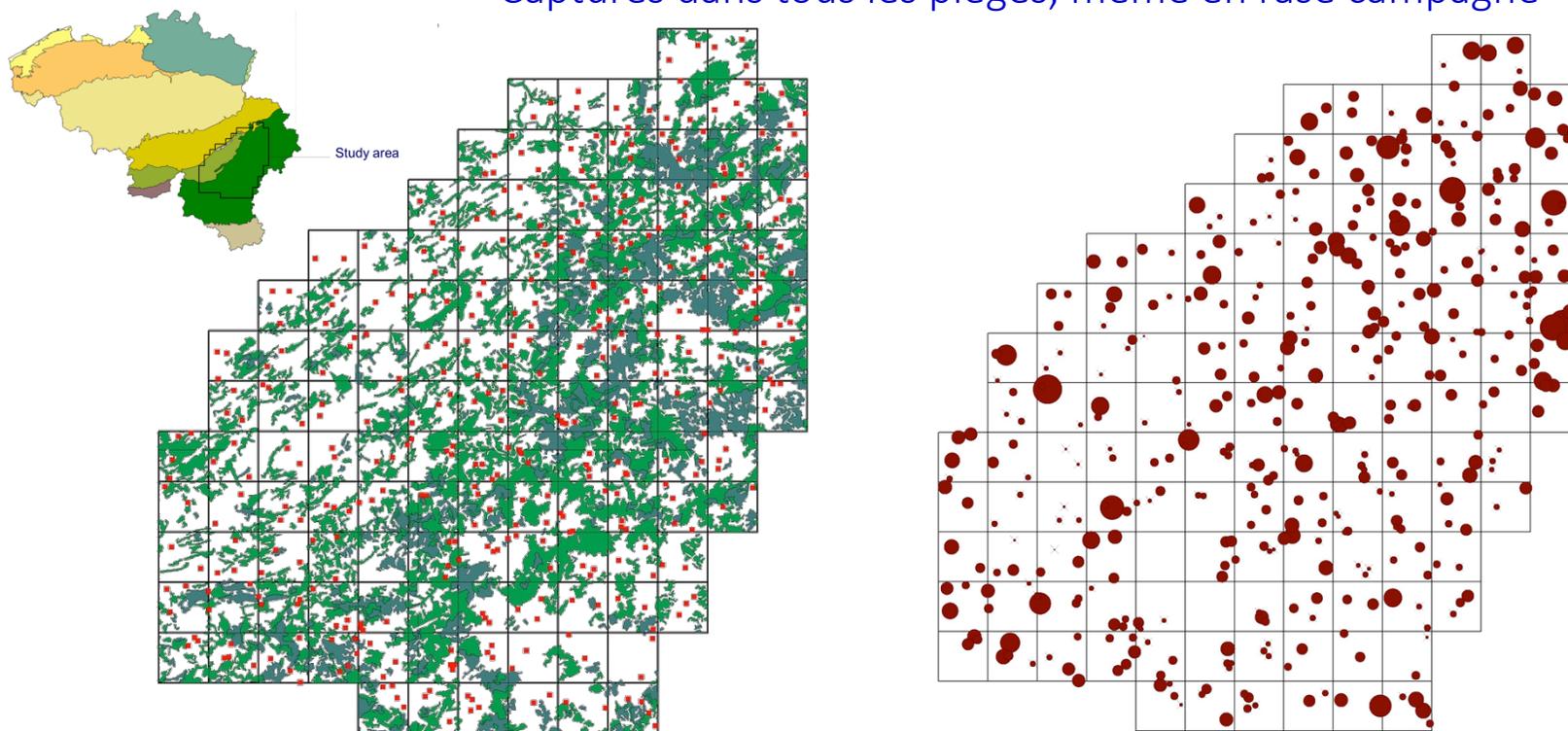
Prospection collective et attaques massives; l'hôte meurt nécessairement

Etudes de cas: connaître nos indigènes

Ips typographus: une dispersion considérable à l'émergence
Lâchers-recaptures, expériences en moulins de vol, modèles,
réseaux de pièges; études phylogéographiques convergent
pour indiquer une dispersion massive à l'émergence.

400 pièges sur 300.000 ha:

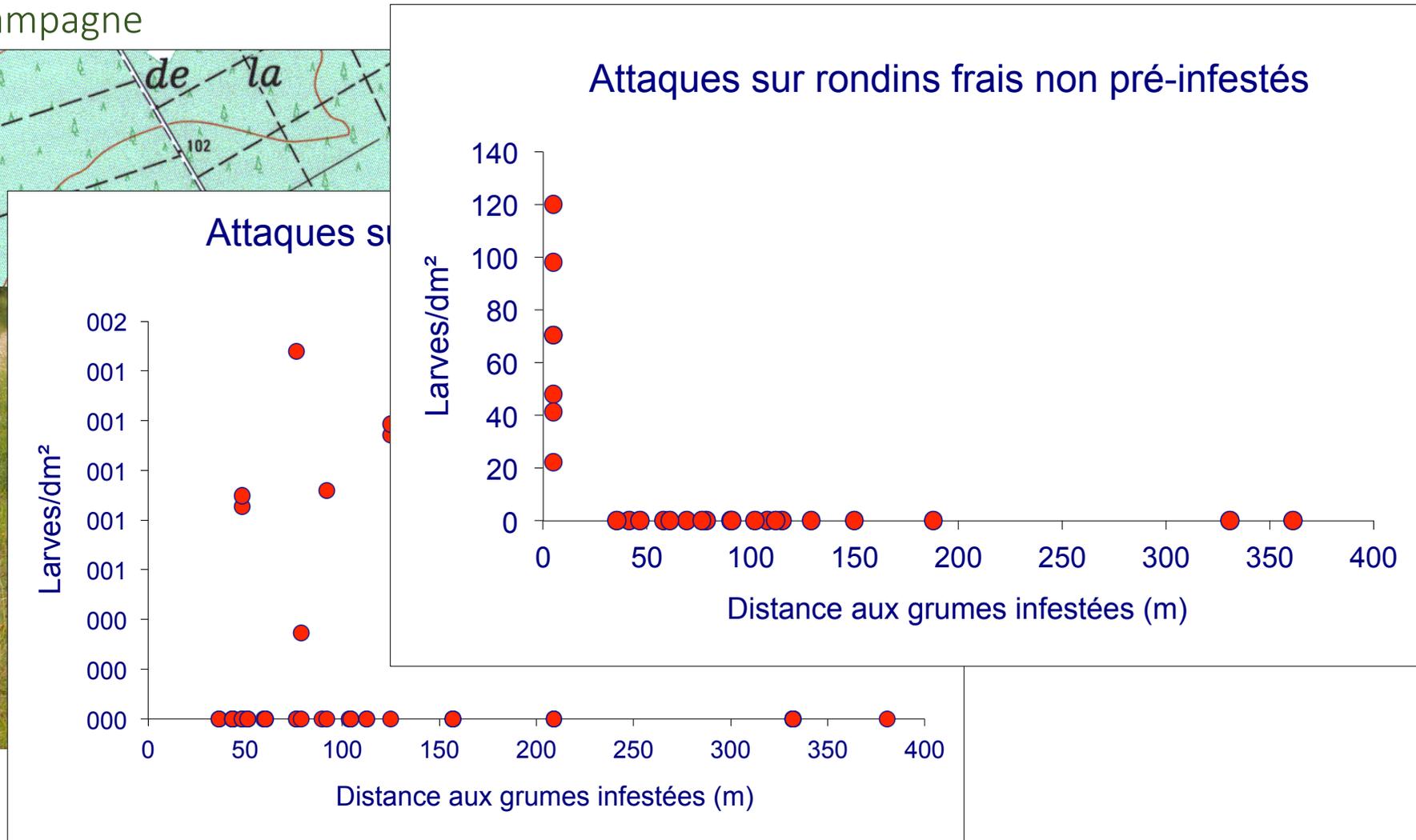
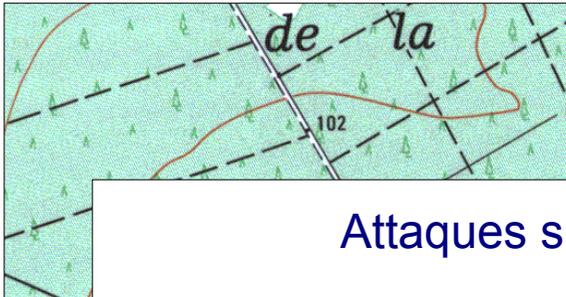
Captures dans tous les pièges, même en rase campagne



Etudes de cas: connaître nos indigènes

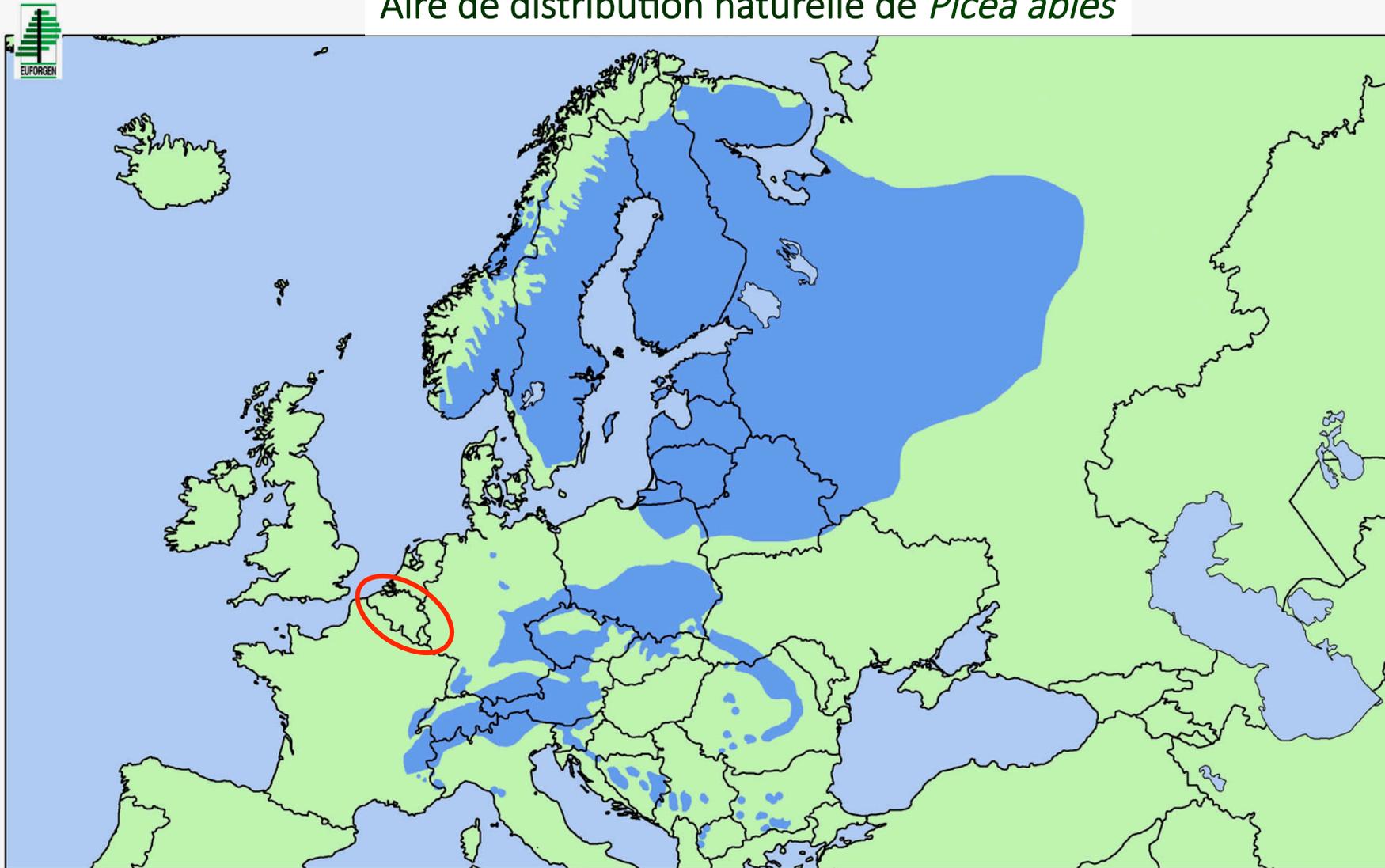
Ips typographus: une dispersion considérable à l'émergence

Invasion biologique provoquée: un camion de grumes infestées envoyé en Champagne



Etudes de cas: connaître nos indigènes

Aire de distribution naturelle de *Picea abies*



The distribution map was compiled by members of the EUFORGEN Conifers Network based on an earlier map published by H. Schmidt-Vogt in 1977 (Die Fichte, Verlag Paul Parey, Hamburg and Berlin, p.647).

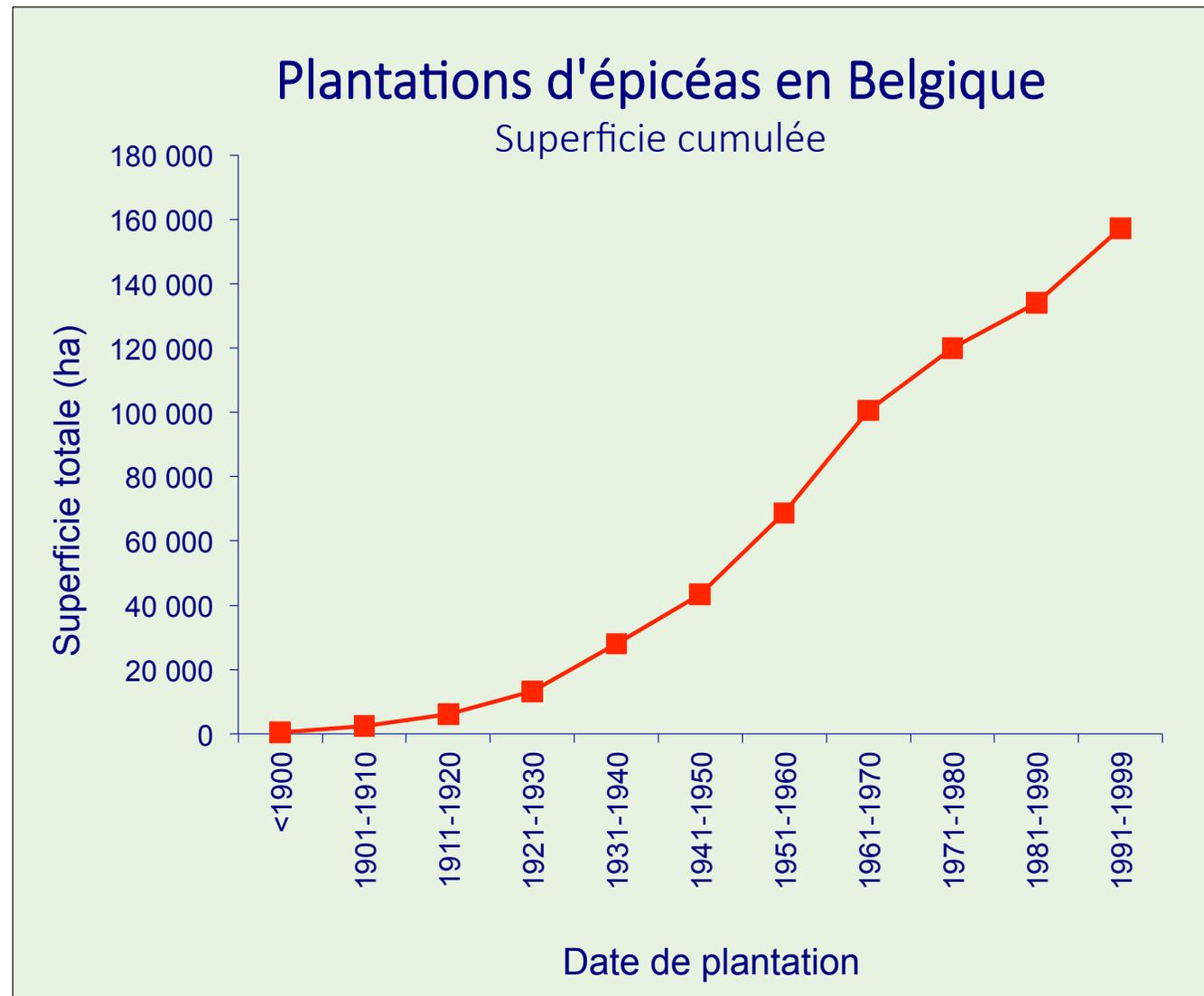
and was published in:

Skrøppa, T.. 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Norway spruce (*Picea abies*).

International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 pages

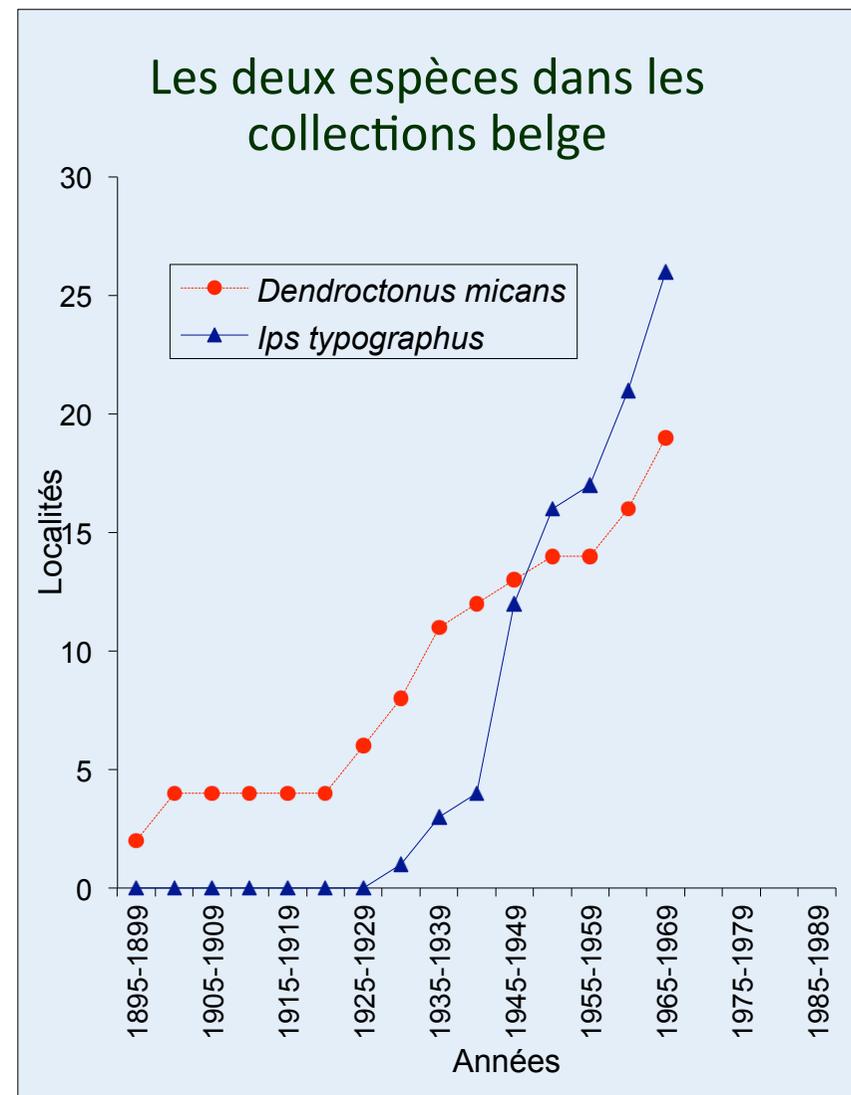
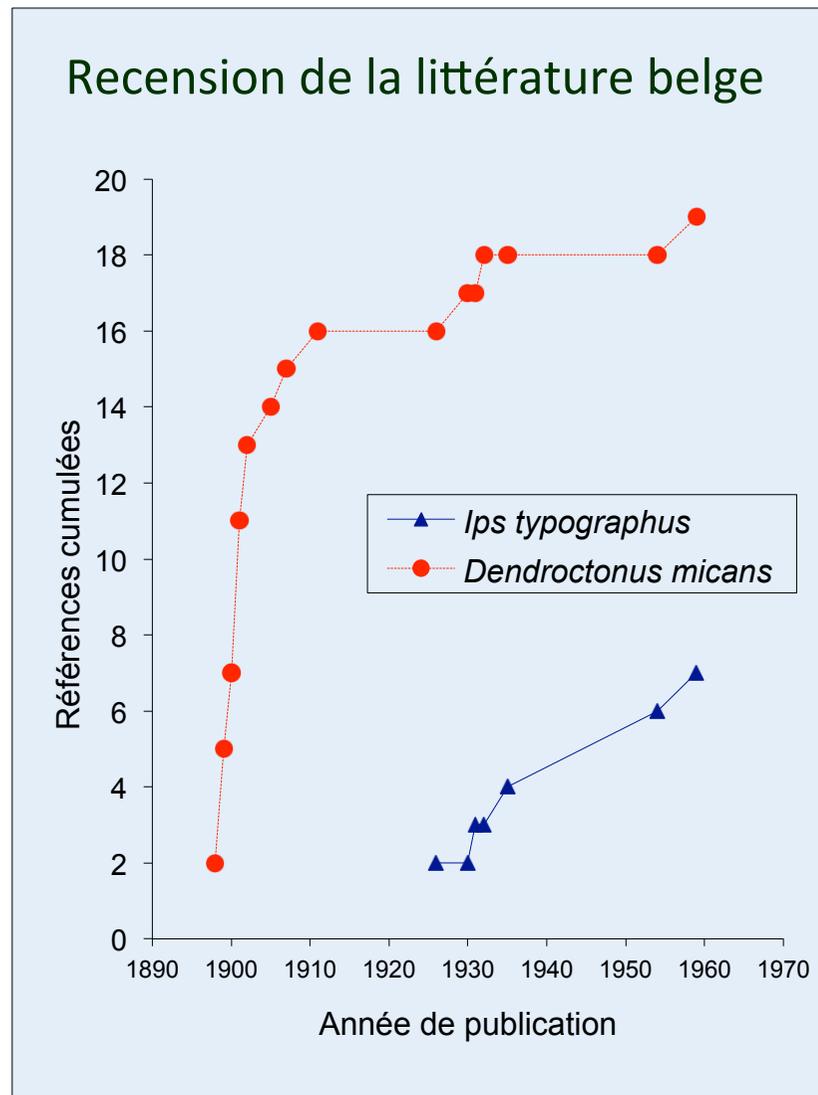
Etudes de cas: connaître nos indigènes

Picea abies introduit pour la première fois en Belgique
entre 1880 et 1895



Etudes de cas: connaître nos indigènes

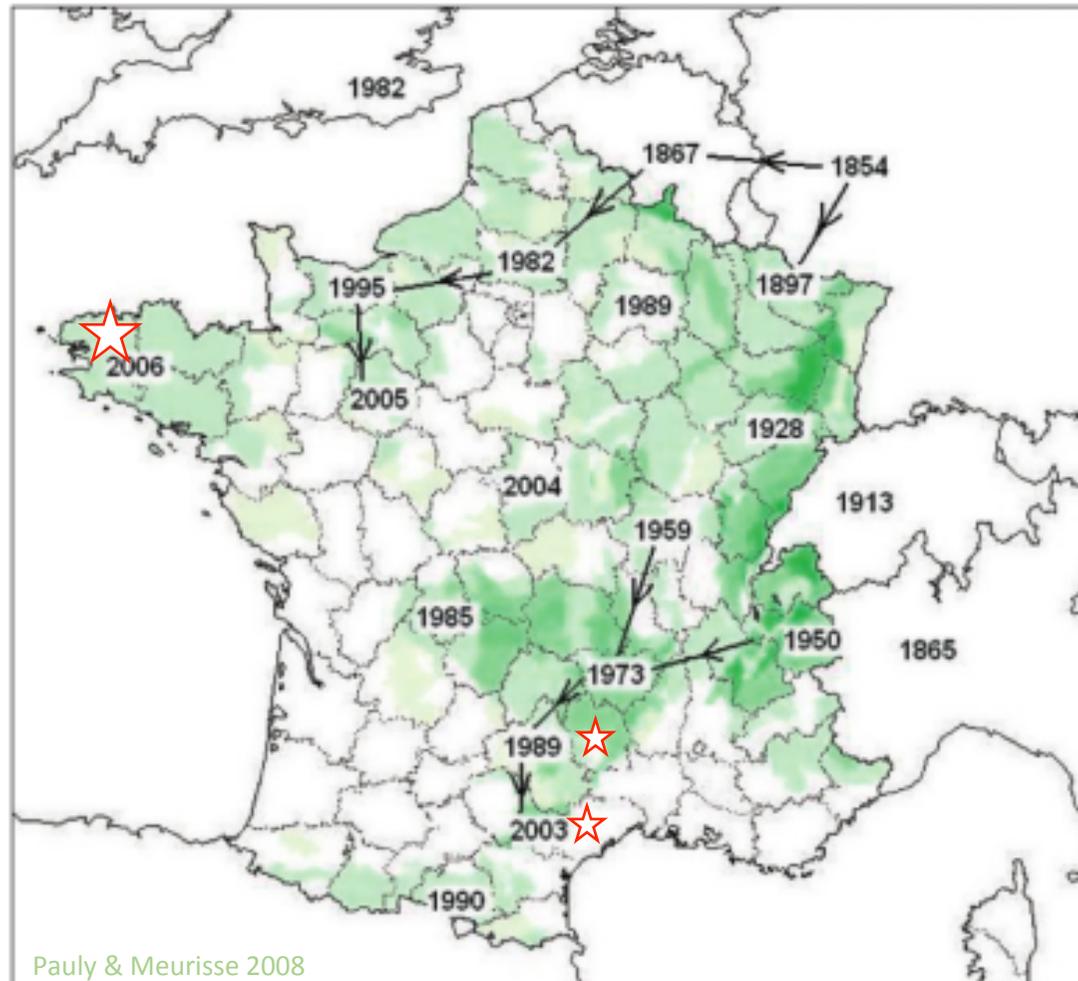
La progression de *D. micans* en Belgique a été beaucoup plus rapide que celle d'*Ips typographus*



Etudes de cas: connaître nos indigènes

La même observation peut se faire en France...

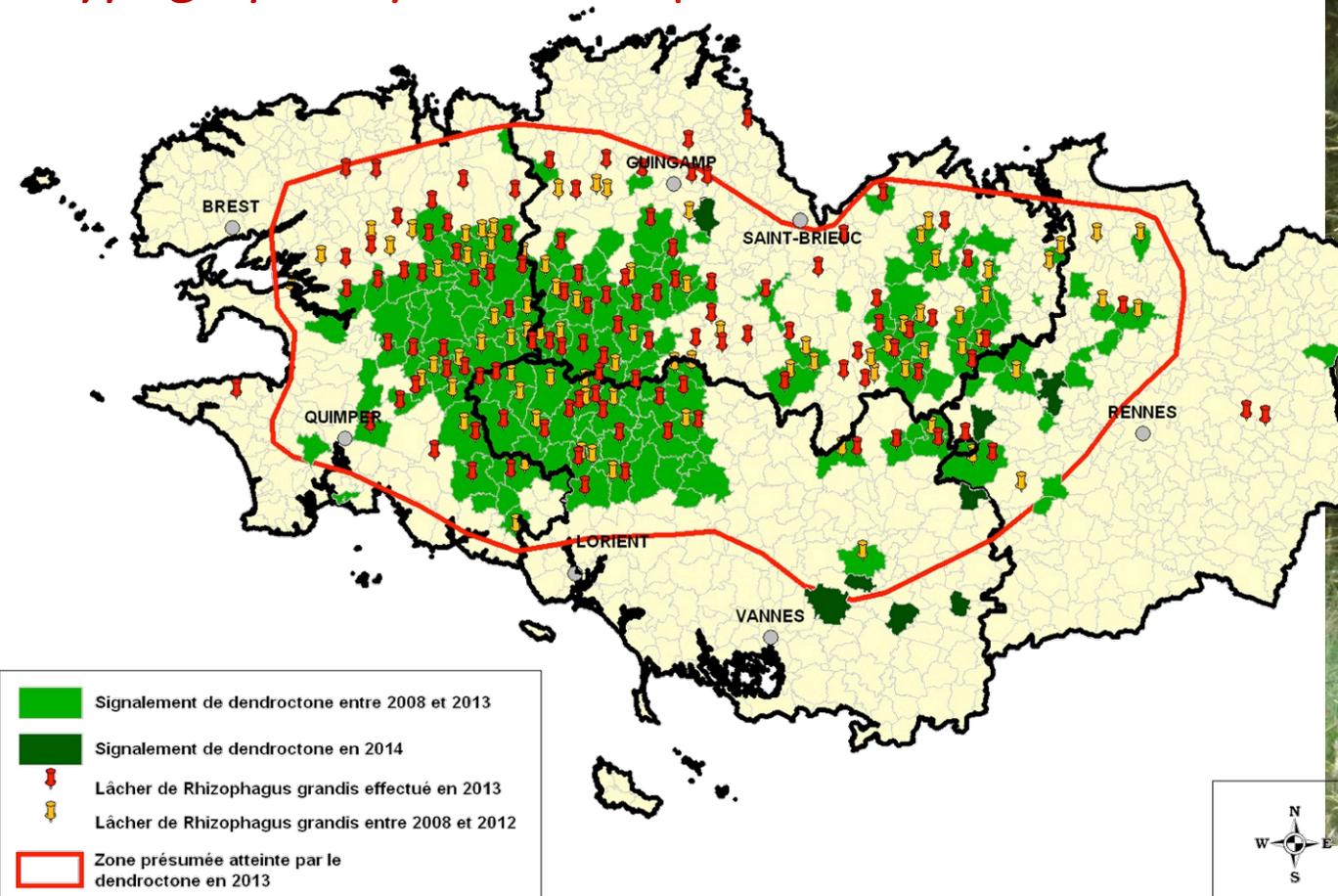
Progression de *D. micans* en France



Etudes de cas: connaître nos indigènes

La même observation peut se faire en France...

D. micans est bien installé en Bretagne depuis 2006;
I. typographus y a tué son premier arbre en 2014



Succès variable de colonisation de la Grande-Bretagne

Scolytinae en Grande-Bretagne – liste non exhaustive (Angleterre, Pays de Galles, Ecosse)

<i>Ips cembrae</i>	<ul style="list-style-type: none"> PRESENT depuis 1955 (Crooke & Bevan 1957) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres abattus
<i>Ips sexdentatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> PRESENT (Munro 1926) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres abattus
 <i>Ips typographus</i>	<ul style="list-style-type: none"> ABSENT (EPPO Global Database) NB - Intercepté régulièrement ! 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres vivants
<i>Ips amitinus</i>	<ul style="list-style-type: none"> ABSENT (EPPO GD) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres abattus
<i>Ips acuminatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> ABSENT (EPPO GD) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres abattus
<i>Ips duplicatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> ABSENT (EPPO GD) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres abattus
 <i>Dendroctonus micans</i>	<ul style="list-style-type: none"> PRESENT (Bevan & King 1983) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres vivants
<i>Tomicus piniperda</i>	<ul style="list-style-type: none"> PRESENT (Munro 1926) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres abattus
<i>Hylastes</i> spp.	<ul style="list-style-type: none"> PRESENT (Munro 1926) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres abattus
<i>Hylurgops palliatus</i>	<ul style="list-style-type: none"> PRESENT (Munro 1926) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres abattus
<i>Dryocoetes autographus</i>	<ul style="list-style-type: none"> PRESENT (Munro 1926) 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres morts

Etudes de cas: des exotiques bien établis

Les *Xylosandrus* spp. installés en Europe

(*X. morigerus*: 1916; *X. germanus*: 1950; *X. crassiusculus*: 2003; *X. compactus*: 2011)



X. crassiusculus



X. germanus



X. compactus



Etudes de cas: des exotiques bien établis

Les *Xylosandrus* spp. installés en Europe

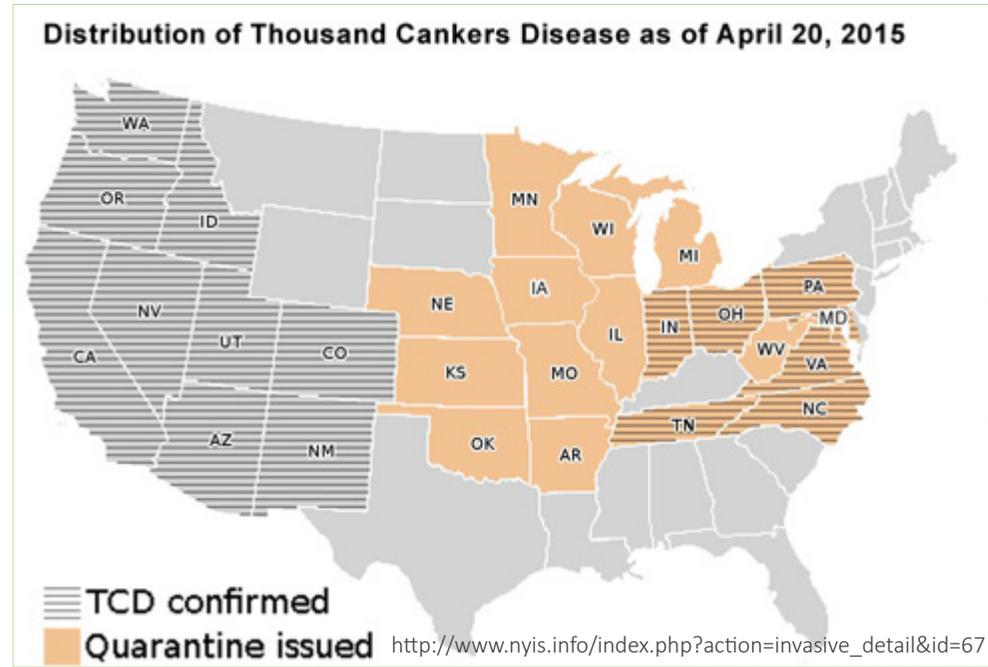
(*X. morigerus*: 1916; *X. germanus*: 1950; *X. crassiusculus*: 2003; *X. compactus*: 2011)



Reproduction haplo-diploïde; sex ratio très biaisé; les femelles sont fécondées par leur frère. Chaque femelle creuse, seule, une nouvelle galerie de ponte. Nombreux hôtes possibles; des champignons symbiotiques servent d'interfaces avec l'hôte.

Etudes de cas: des exotiques bien établis

Pityophthorus juglandis: un contre-exemple ?



Association d'un scolyte (*P. juglandis*) et d'un pathogène (*Geosmithia morbida*). Attaque *Juglans nigra*. L'épidémie se déclenche aux USA en 2010 et envahit le pays. Arrive en Italie en 2013.

Merci !

Anne Chandelier; Anne Franklin; David Delplace;
Evelyne Hougardy; François Mayer; Frédéric Piel;
Gérard Cariaux; Hubert Pauly; Hubert Schmuck;
Jean-Louis Deneubourg; Jean-Marc Molenberg;
Jean-Michel Letz; Joël Merlin; Louis-Michel Nageleisen;
Marceau Louis; Marianne Baisier; Marius Gilbert;
Michel De Proft; Nathalie Warzée; Nicolas Meurisse;
Olivier Brahy; Séverine Hasbroucq; Sophie Schmitz;
Xavier Grenié...