




Des solutions naturelles pour faire face aux crises du climat et de la biodiversité dans nos forêts



Prof. Christian Messier, ing. f., *Université du Québec à Montréal (UQAM) et (UQO), Chaire du Canada sur la résilience des forêts face aux changements globaux et Chaire HQ sur le contrôle de la croissance des arbres*



Institut des Sciences
de la Forêt tempérée

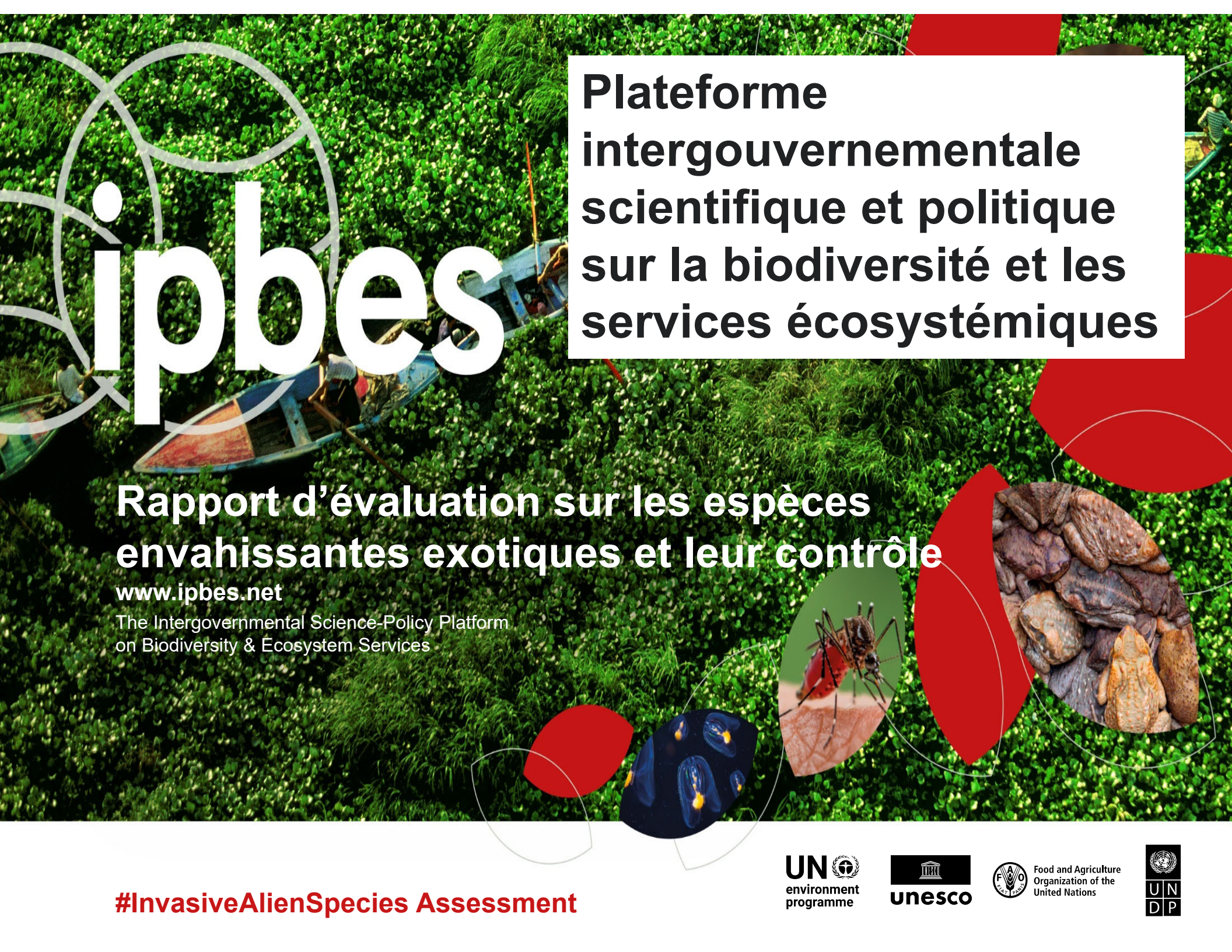
UQÀM
Université du Québec à Montréal

UQO

cef
Centre d'étude de la forêt

La forêt menacée





Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques

Rapport d'évaluation sur les espèces envahissantes exotiques et leur contrôle

www.ipbes.net

The Intergovernmental Science-Policy Platform
on Biodiversity & Ecosystem Services



#InvasiveAlienSpecies Assessment



Quels sont les impacts des espèces exotiques envahissantes sur la nature?



Quelques chiffres sur les impacts

60%

des **extinctions** d'**espèces** à l'échelle mondiale ont été causées, uniquement ou en partie par des espèces exotiques envahissantes

>\$423
milliards

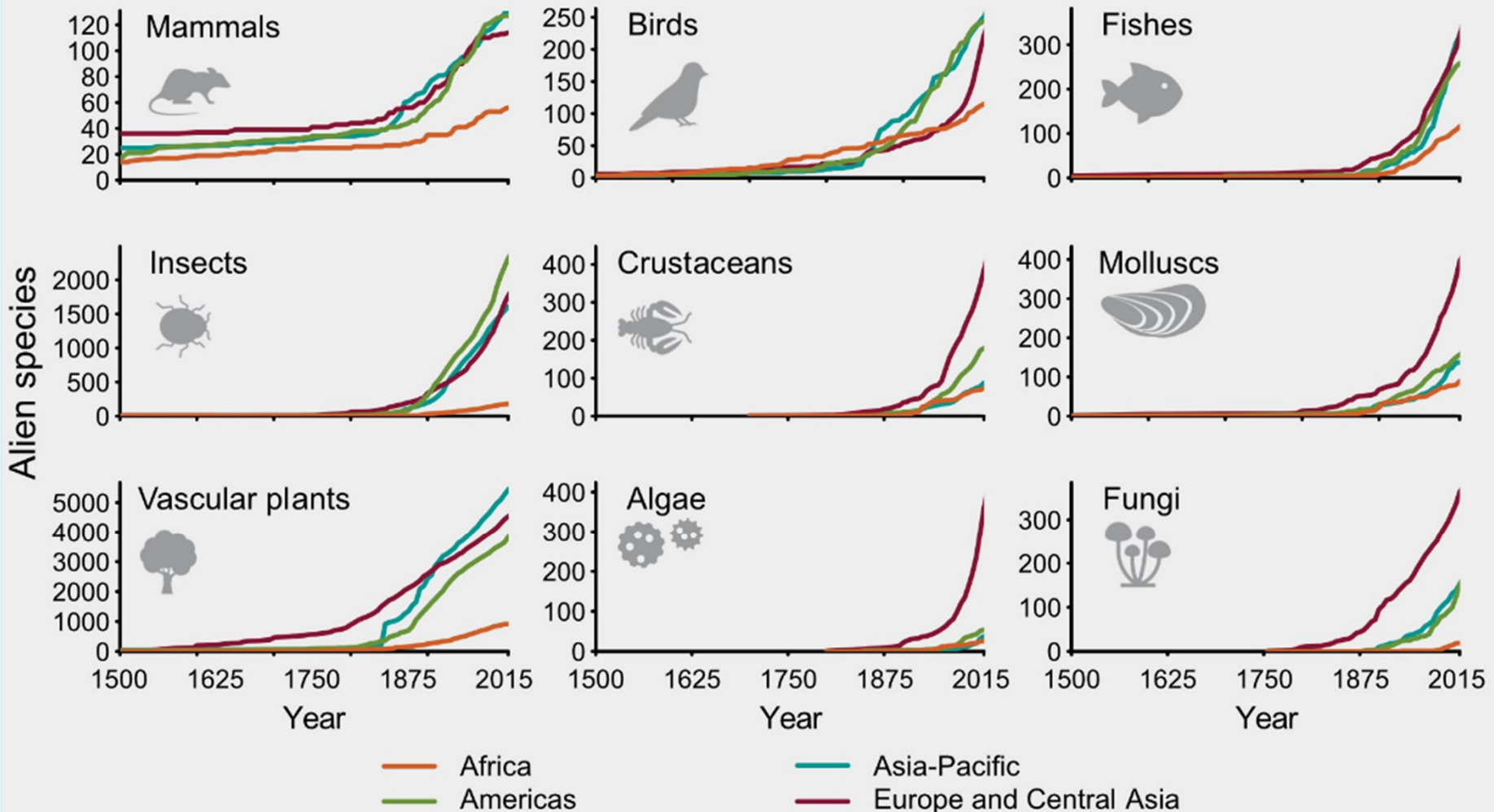
est l'estimation des **coûts annuels** **mondiaux** des invasions biologiques en 2019

85%

des impacts sur la **nature** et la **bonne** **qualité de vie** sont **négatifs**

B

Temporal trends in the number of established alien species across taxa



Les menaces posées par les espèces exotiques envahissantes augmentent considérablement dans toutes les régions du monde, mais particulièrement en Amérique, Europe et Asie

Les effets sur nos arbres

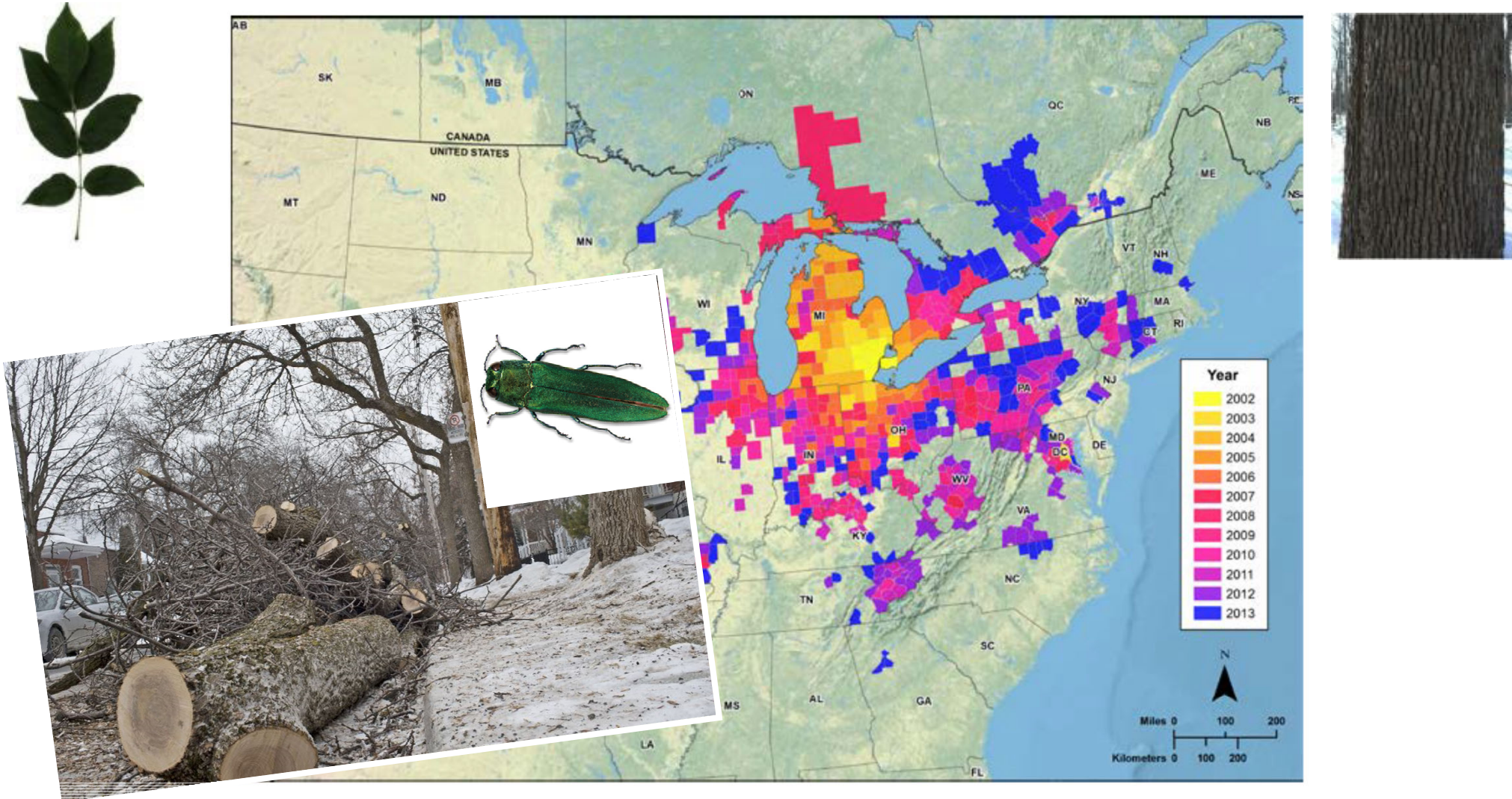


Figure 14. (top) Annual spread of EAB in North America from 2002 through 2013 as determined by year of first detection. Service layer credits: US National Park Service. Data sources: USDA Animal & Plant Health Inspection Service (APHIS), Canadian Food Inspection Agency (CFIA), and Canadian Forest Knowledge Management (T. Lu).

Nos frênes sont en train de tous y passer: l'agrile



La lente disparition du hêtre: la maladie corticale du hêtre

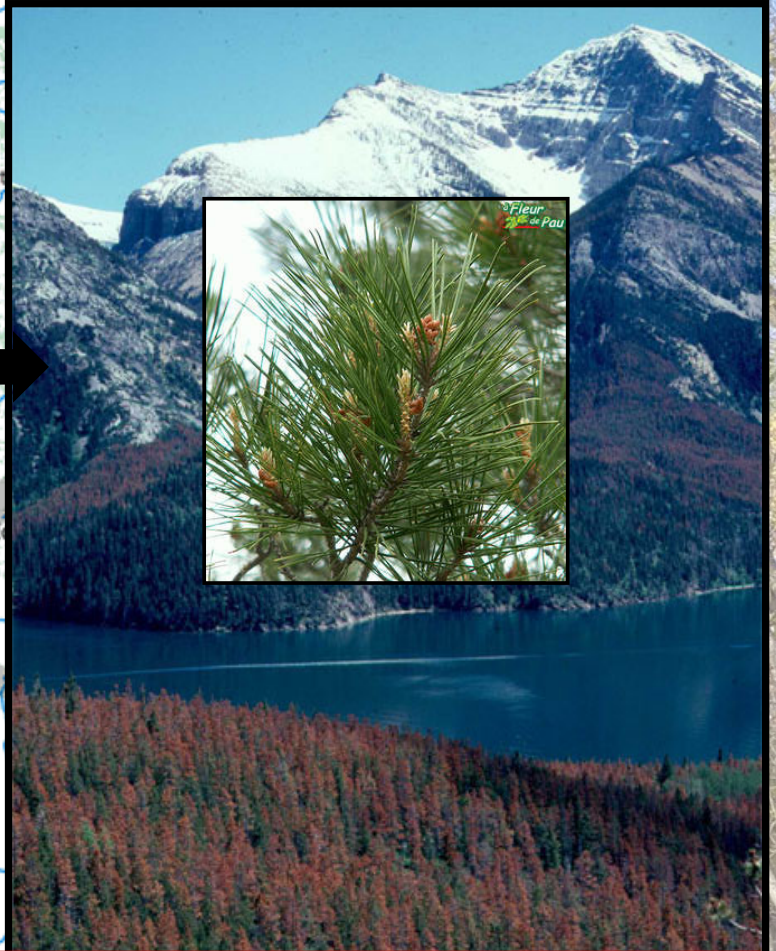


UGA1346068

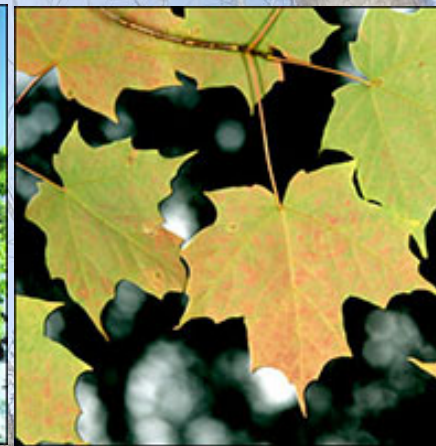


**La mort annoncée de la pruche:
le puceron lanigère de la pruche**



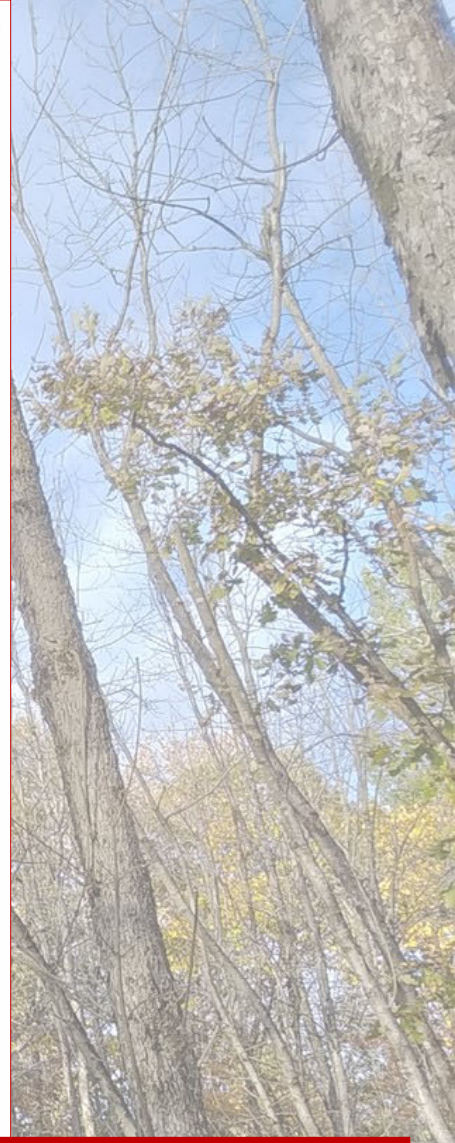
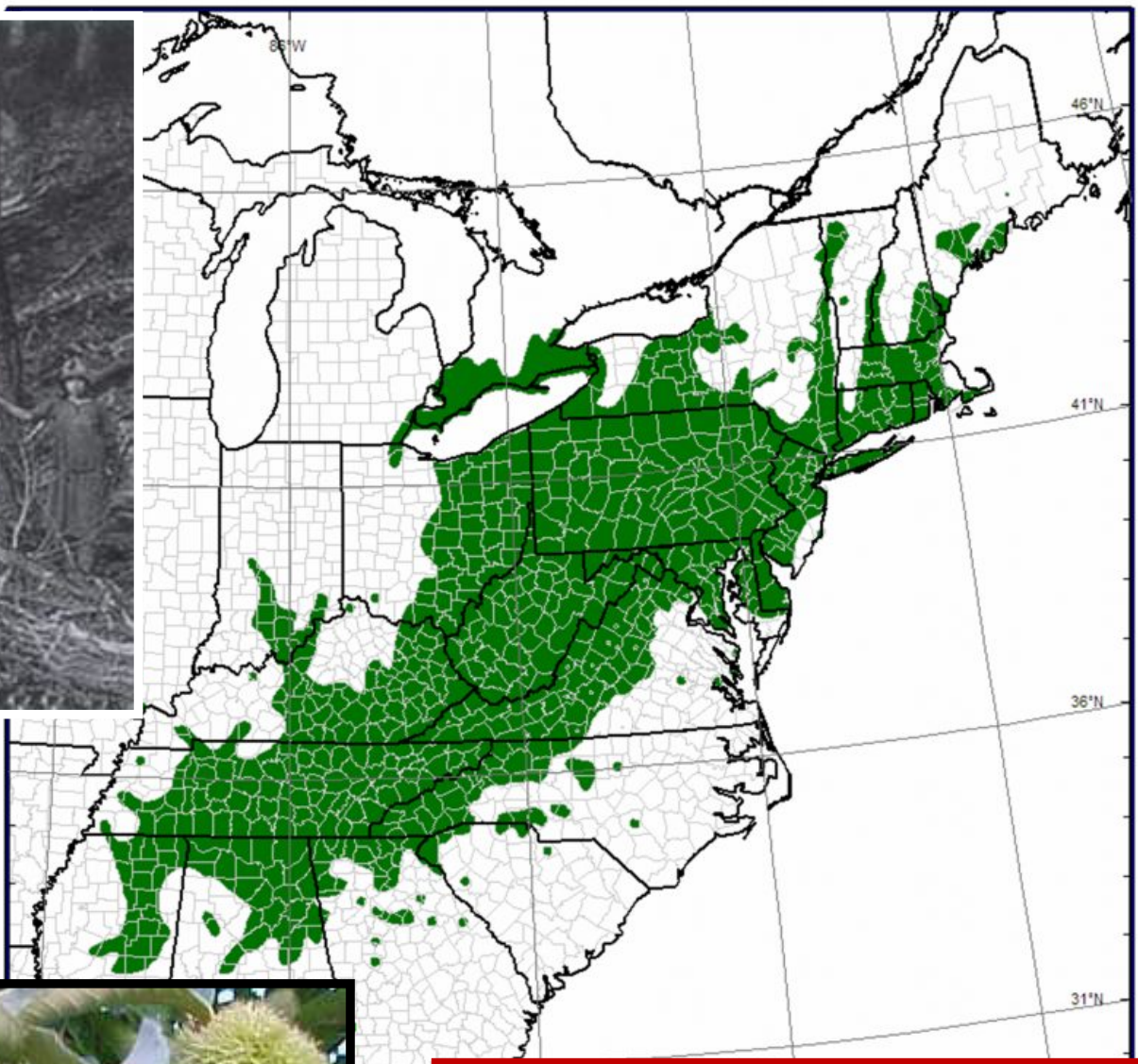


La menace qui vient de l'Ouest: le dendroctone du pin



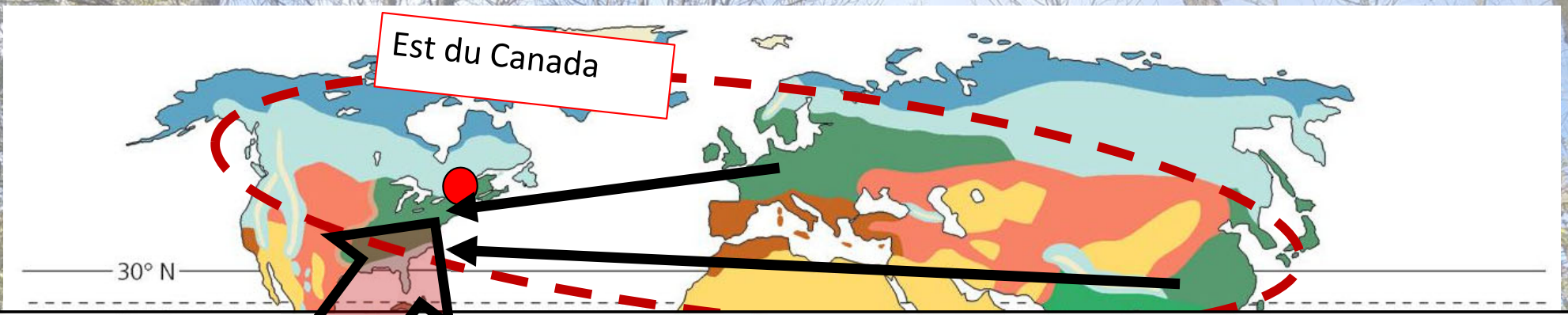
Ce n'est pas possible, vous direz!

**La menace du longicorne asiatique:
un risque pour nos érables**



La disparition du chataîgnier (*Castanea dentata*) par un champignon venant d'Asie apparu en 1904

La menace des insectes et maladies exotiques



Ecological Applications, 16(5), 2006, pp. 1437–1455

© 2016 The Authors *Ecological Applications* published by Wiley Periodicals, Inc. on behalf of Ecological Society of America

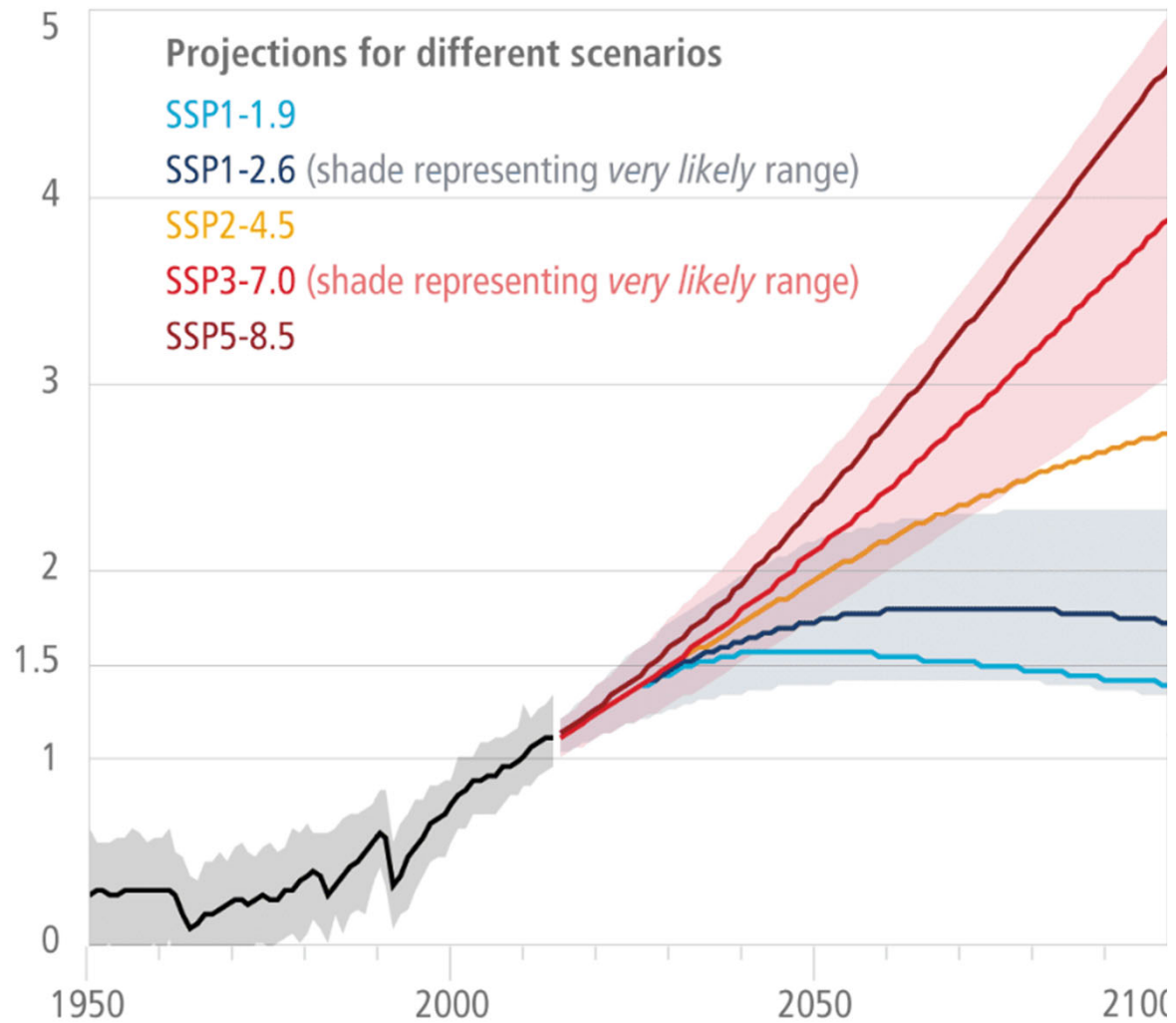
This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License, which permits use and distribution in any medium, provided the original work is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

Nonnative forest insects and pathogens in the United States: Impacts and policy options

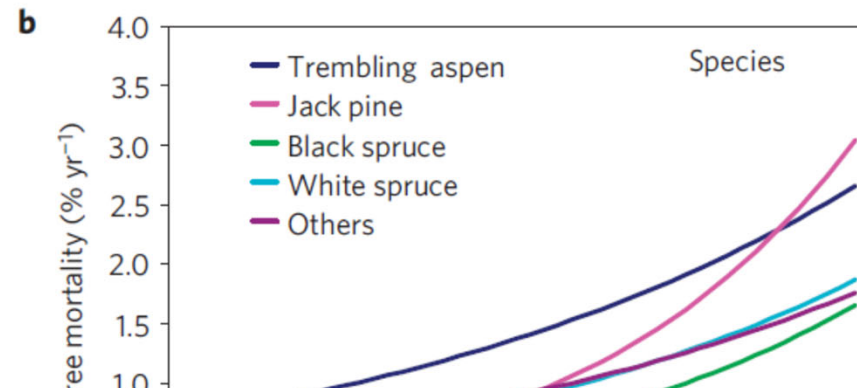
GARY M. LOVETT,^{1,12} MARISSA WEISS,^{2,3} ANDREW M. LIEBHOLD,⁴ THOMAS P. HOLMES,⁵ BRIAN LEUNG,⁶
KATHY FALLON LAMBERT,^{2,3} DAVID A. ORWIG,³ FAITH T. CAMPBELL,⁷ JONATHAN ROSENTHAL,⁸ DEBORAH G. MCCULLOUGH,⁹
RADKA WILDOVA,⁸ MATTHEW P. AYRES,¹⁰ CHARLES D. CANHAM,¹ DAVID R. FOSTER,³ SHANNON L. LADEAU,¹ AND
TROY WELDY¹¹

Plus de 25 insectes et maladies exotiques sont présents et risquent de fortement affecter plus de 30 espèces d'arbres du Québec dans les 50 prochaines années

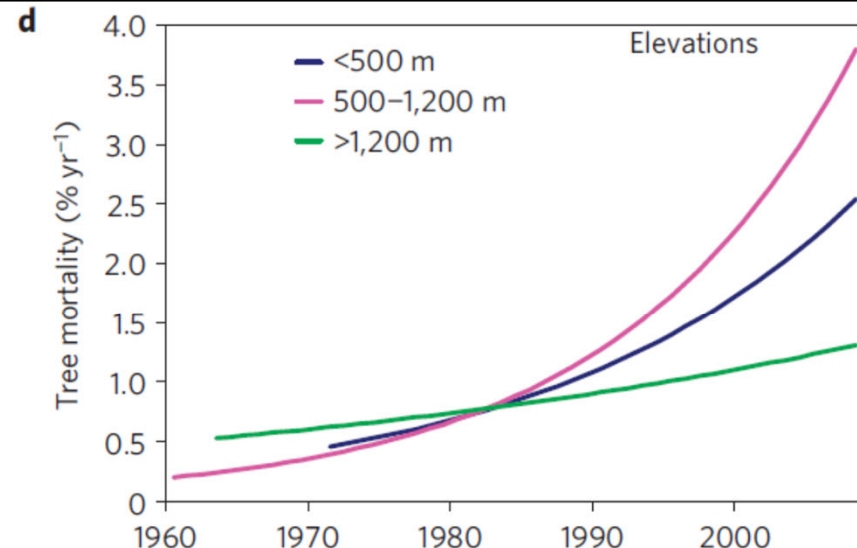
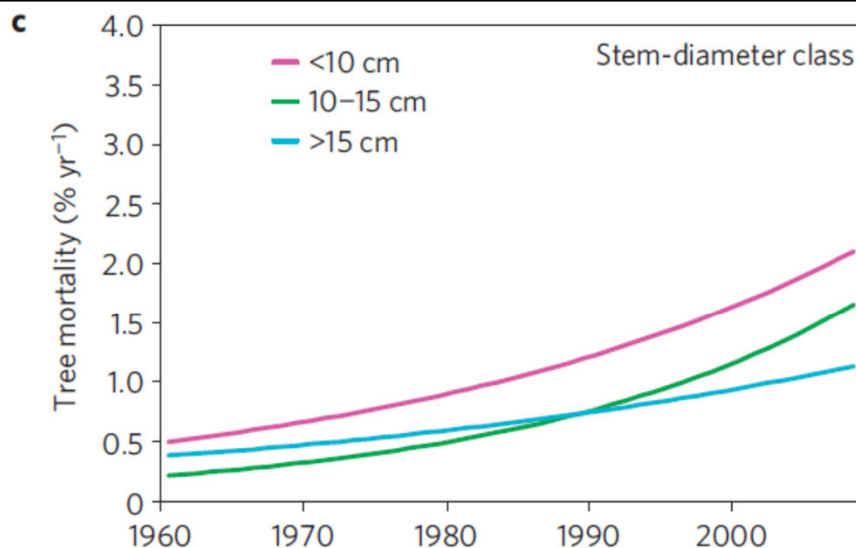
Changements climatiques



Grande zone d'incertitude, selon les scénarios envisagés



Le taux de mortalité des arbres est en **augmentation PARTOUT** au **Canada et pour TOUTES** les espèces depuis les années 70-80



represent, respectively, Canada's boreal and hemiboreal regions. Of these plots, 70 were located in western Canada including Alberta (AB), Saskatchewan (SK) and Manitoba (MB), and 26 were located in eastern Canada including Ontario (ON) and Quebec (QC).

RESEARCH ARTICLE

Significant increase in natural disturbance impacts on European forests since 1950

Marco Patacca^{1,2}  | Marcus Lindner³  | Manuel Esteban Lucas-Borja⁴  |
Thomas Cordonnier⁵  | Gal Fidej⁶  | Barry Gardiner^{7,8}  | Ylva Hauf⁹ |
Gediminas Jasinevičius¹⁰  | Sophie Labonne⁵ | Edgaras Linkevičius¹¹  |
Mats Mahnken^{9,12}  | Slobodan Milanovic^{13,14}  | Gert-Jan Nabuurs^{1,2}  |
Thomas A. Nagel⁶  | Laura Nikinmaa^{3,15}  | Momchil Panyatov¹⁶  |
Roman Bercak¹⁷  | Rupert Seidl^{18,19}  | Masa Zorana Ostrogović Sever²⁰  |
Jaroslaw Socha²¹  | Dominik Thom^{16,22}  | Dijana Vuletic²⁰  | Sergey Zudin³ |
Mart-Jan Schelhaas¹ 



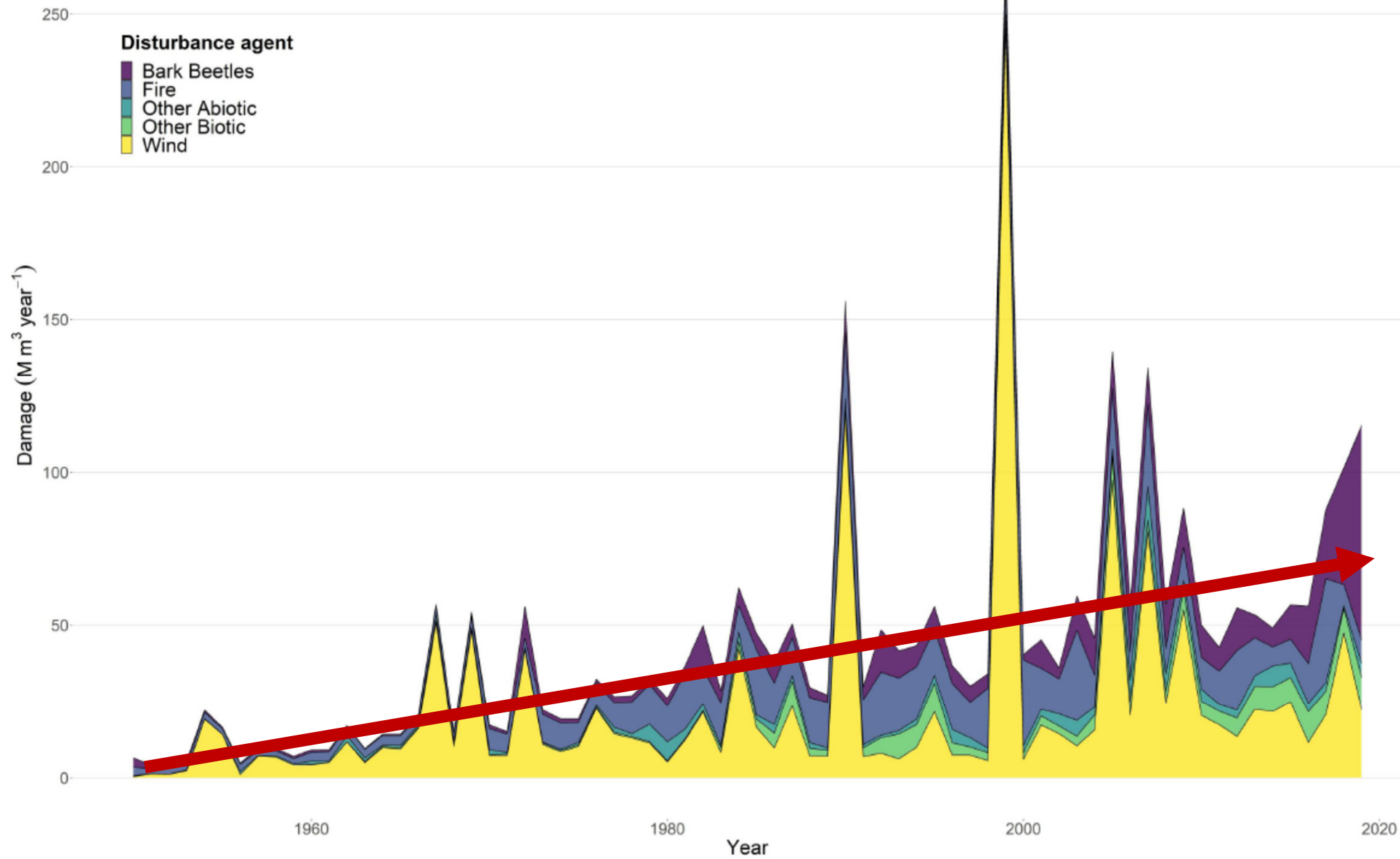
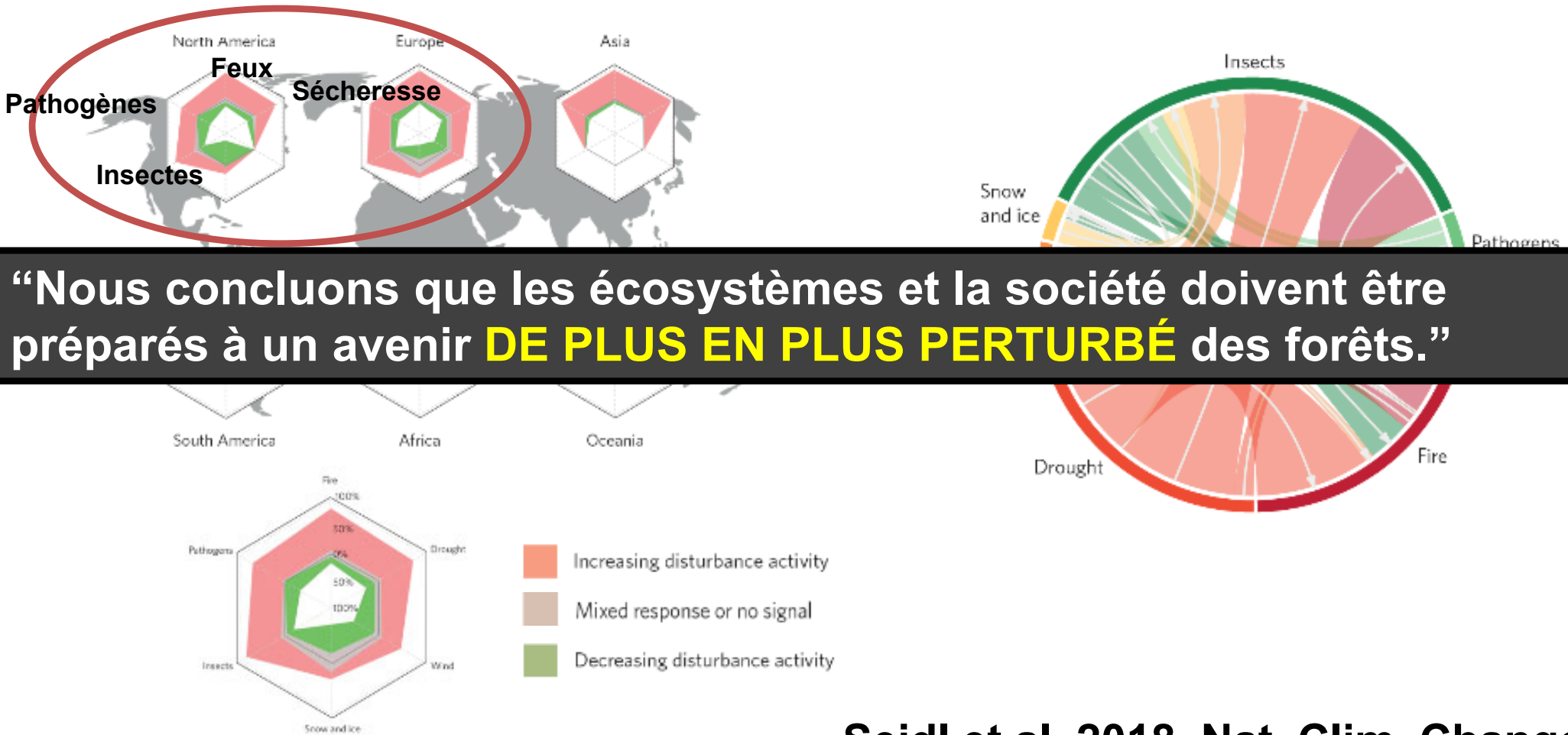


FIGURE 3 Total reported damage caused by natural disturbance in Europe between 1950 and 2019.

Intensification des perturbations forestières et interactions avec le changement climatique

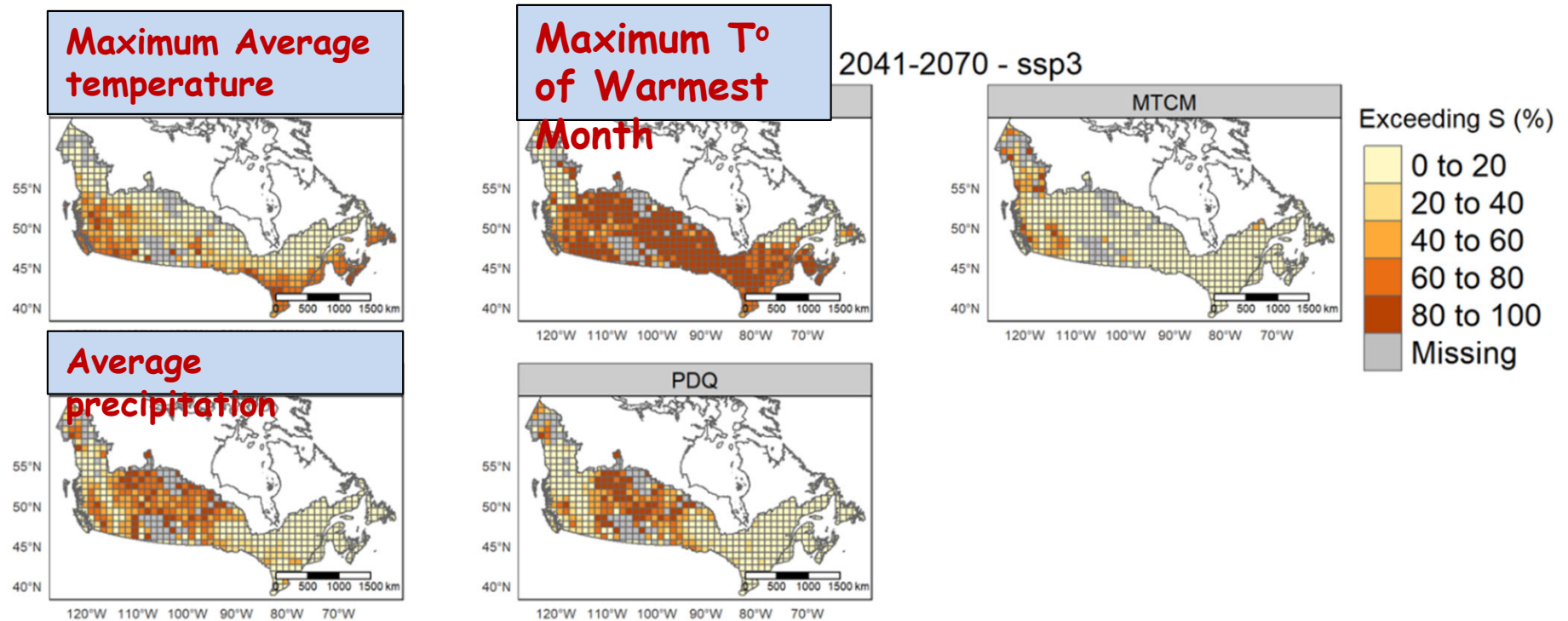


“Nous concluons que les écosystèmes et la société doivent être préparés à un avenir **DE PLUS EN PLUS PERTURBÉ** des forêts.”

Seidl et al. 2018. Nat. Clim. Change

Identifying Suitable Tree Species

Proportion of current species exceeding climate safety margins (preliminary results)





On rentre dans une zone de “**haute turbulence et d’incertitude**”, y-a-t’il des solutions?



Concept de nouvel écosystème

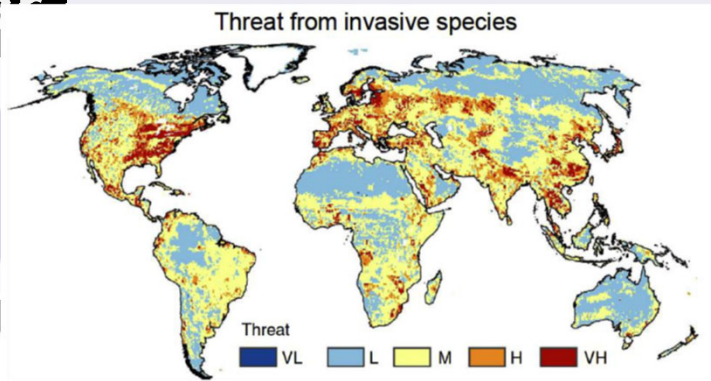
Management of novel ecosystems: are novel approaches required?

Timothy R Seastedt^{1*}, Richard J Hobbs², and Katharine N Suding³

Hier

Aujourd'hui &
demain

**Nouvel
écosystème**



nos interventions

On ne a forestières seulement sur nos connaissances du passé, mais **AUSSI selon les conditions futures changeantes et incertaines**

Historical

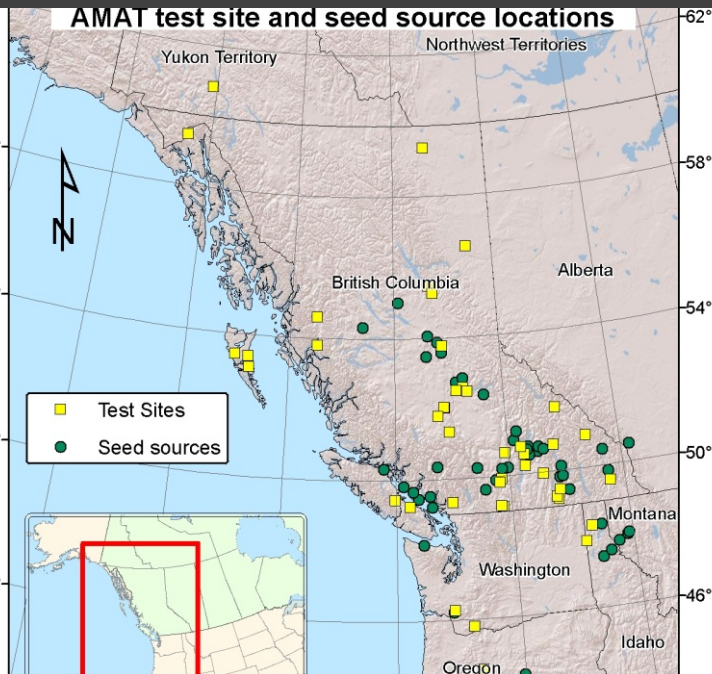
Altered

H

Environmental conditions

Environmental conditions

Concept de migration assistée



- *On peut adapter nos forêts pour le future en **ENRICHISSANT** la composition génétique (provenance) et spécifique (nouvelles espèces) de celles-ci*

climate, one forester in British Columbia is already doing it. Emma Marris reports.



at a research station in the Okanagan valley in British Columbia, a few kilo-

and premature. Plants moved by humans may become invasive in their new haunts or just fail

important trees and moving them south, forcing them to endure a warmer climate, quickly simu-

The portfolio concept in ecology and evolution

Daniel E Schindler^{1*}, Jonathan B Armstrong², and Thomas E Reed³

Biological systems have similarities to efficient financial portfolios; the emergent properties of aggregate systems are often less volatile than the dynamics of system components. The “portfolio” concept provides insights into how ecosystems are organized, but it is not appropriate scales for development. It also helps identify appropriate scales for development. It also helps identify appropriate scales for development. It also helps identify appropriate scales for development.



statistical averaging across the components of a system. It also helps identify appropriate scales for development. It also helps identify appropriate scales for development. It also helps identify appropriate scales for development.

Front Ecol Environ 2015; 13(3)

certain emergent properties of ecosystems. It also helps identify appropriate scales for development. It also helps identify appropriate scales for development. It also helps identify appropriate scales for development.

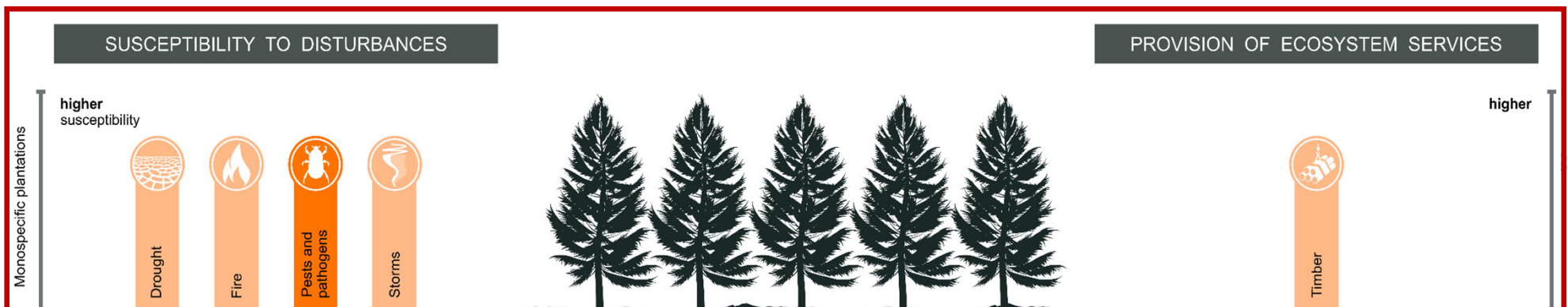
diversification. It also helps identify appropriate scales for development. It also helps identify appropriate scales for development. It also helps identify appropriate scales for development.



- Comme pour vos investissements, on peut **DIVERSIFIER intelligemment les espèces d'arbres** dans nos forêts pour **réduire les risques**

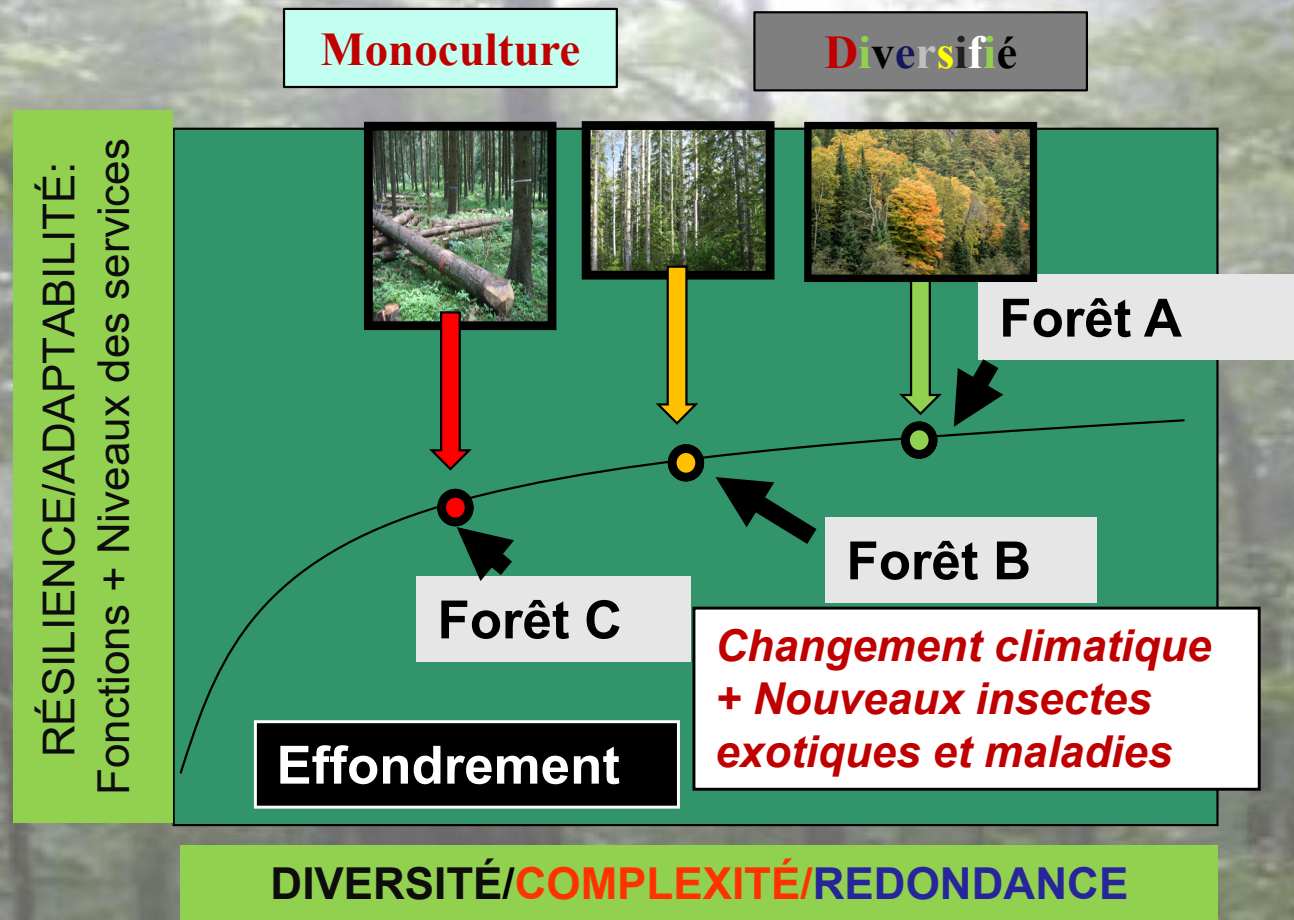
PERSPECTIVE

For the sake of resilience and multifunctionality, let's diversify planted forests!



- *En **diversifiant** nos forêts, on **diminue** la susceptibilité aux perturbations et on **augmente** la production des services écosystémiques*

Relations diversité/complexité et résilience



Adapted from: Loreau, M., S. Naeem, and M. Hector. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: synthesis and perspectives. *Journal of Ecology* 89: 142-170.

CONCEPTS AND QUESTIONS

Avoiding ecosystem collapse in managed forest ecosystems

Front Ecol Environ 2016; 14(10): 561-568,

561

David Lindenmayer^{1*}, Christian Messier^{2,3}, and Chloe Sato¹



Ouf, ok, mais on fait comment sur le terrain?



Qu'est-ce que la résilience?

La capacité d'un système à résister, recupérer rapidement ou s'adapter suite à une ou des perturbations ou stress de façon à ce que le système conserve sa structure et ses fonctions. (adapté de Gunderson & Holling 2002).



LA SOLUTION: *en diversifiant*
INTELLIGEMMENT et EFFICACEMENT



On favorise la diversité et connectivité fonctionnelle

Messier *et al.* *Forest Ecosystems* (2019) 6:21
<https://doi.org/10.1186/s40663-019-0166-2>

Forest Ecosystems

DISCUSSION

Messier *et al.* *Forest Ecosystems* (2019) 6:21
<https://doi.org/10.1186/s40663-019-0166-2>

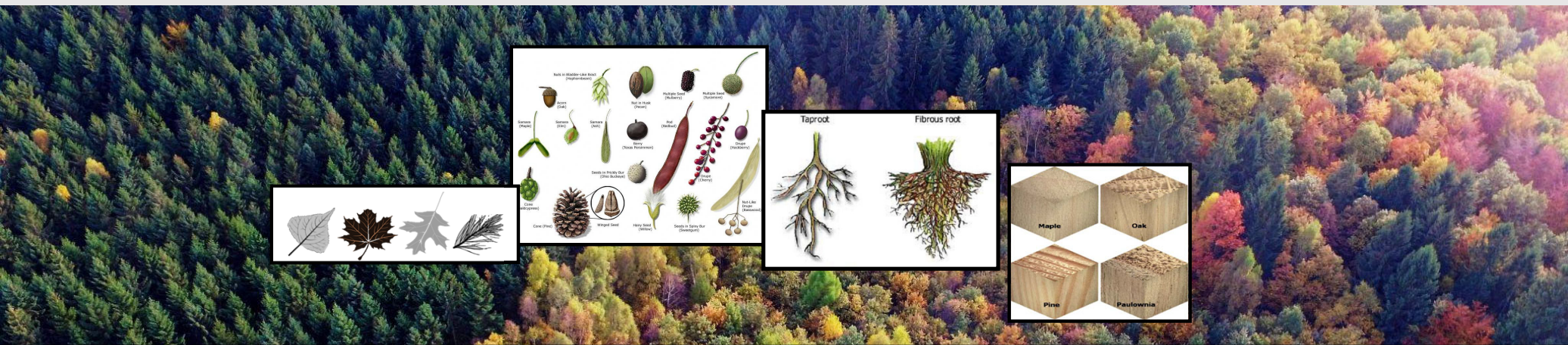
Open Access

The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes



Christian Messier^{1,2*}, Jürgen Bauhus³, Frederik Doyon¹, Fanny Maure², Rita Sousa-Silva¹, Philippe Nolet¹, Marco Mina^{2,4}, Núria Aquilué², Marie-Josée Fortin⁵ and Klaus Puettmann⁶

DIVERSITÉ DES TRAITS FONCTIONNELS: Une meilleure façon de caractériser la diversité des arbres



➤ *Ou comment différentes espèces **AGISSENT** dans l'écosystème et **RÉAGISSENT** aux perturbations*

- ❖ Propriétés des feuilles
- ❖ Méthode de dispersion
- ❖ Profondeur d'enracinement

- ❖ Type de mycorhizes
- ❖ Densité du bois
- ❖ Épaisseur de l'écorce
- ❖ Capacité de germination

REGROUPER LES ESPÈCES D'ARBRES EN GROUPES FONCTIONNELS:

~~pour aider à diversifier efficacement~~

Urban Forestry & Urban Greening 62 (2021) 127157



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

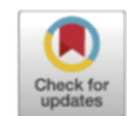
Urban Forestry & Urban Greening

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ufug

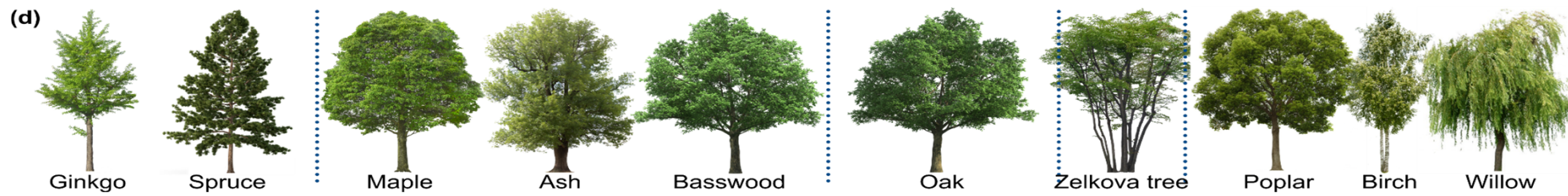


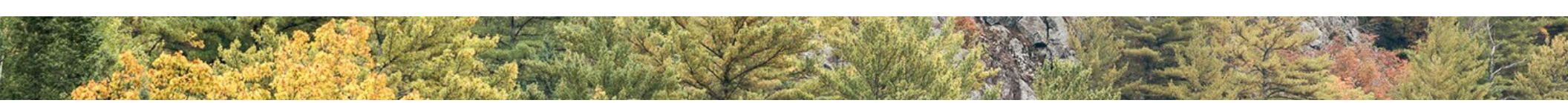
Short communication

Praise for diversity: A functional approach to reduce risks in urban forests



Alain Paquette^{a,*}, Rita Sousa-Silva^a, Fanny Maure^a, Elyssa Cameron^a, Michaël Belluau^a,
Christian Messier^{a,b}





Resilience

Change in composition?

no

yes

Reassembly

Change in structure?
no
yes

Restructuring

C'est ici que nous pouvons intervenir pour diversifier la forêt intelligemment et efficacement

Replacement

Réorganisation

Reorganization

Mature forest

Si la forêt NE PEUT PAS s'adapter à de nouvelles conditions, elle pourrait s'effondrer

Expansion

Exploitation

Perturbation

Regime shift

forêt dégradée



CONNECTIVITÉ FONCTIONNELLE ET CENTRALITÉ : *une façon d'optimiser notre intervention*

CONNECTIVITÉ FONCTIONNELLE: Niveau possible d'échange de propagules d'arbres (mesuré en termes de traits fonctionnels qui peuvent être transférés) entre les peuplements et les propriétés forestières

CENTRALITÉ: Le niveau d'influence ou de connectivité des nœuds dans un réseau. Il permet de déterminer les nœuds les plus influents.

Connectivity

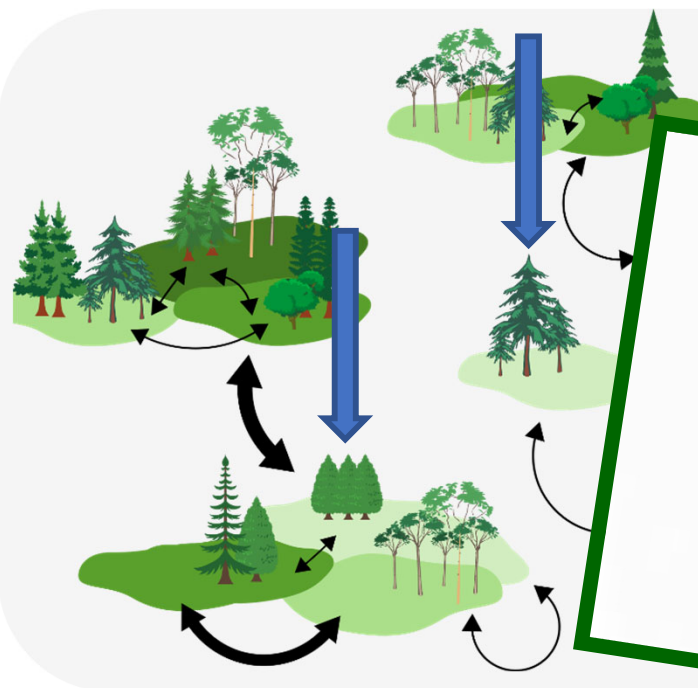
Complex network



Bunn et al. 2000

Voici un exemple

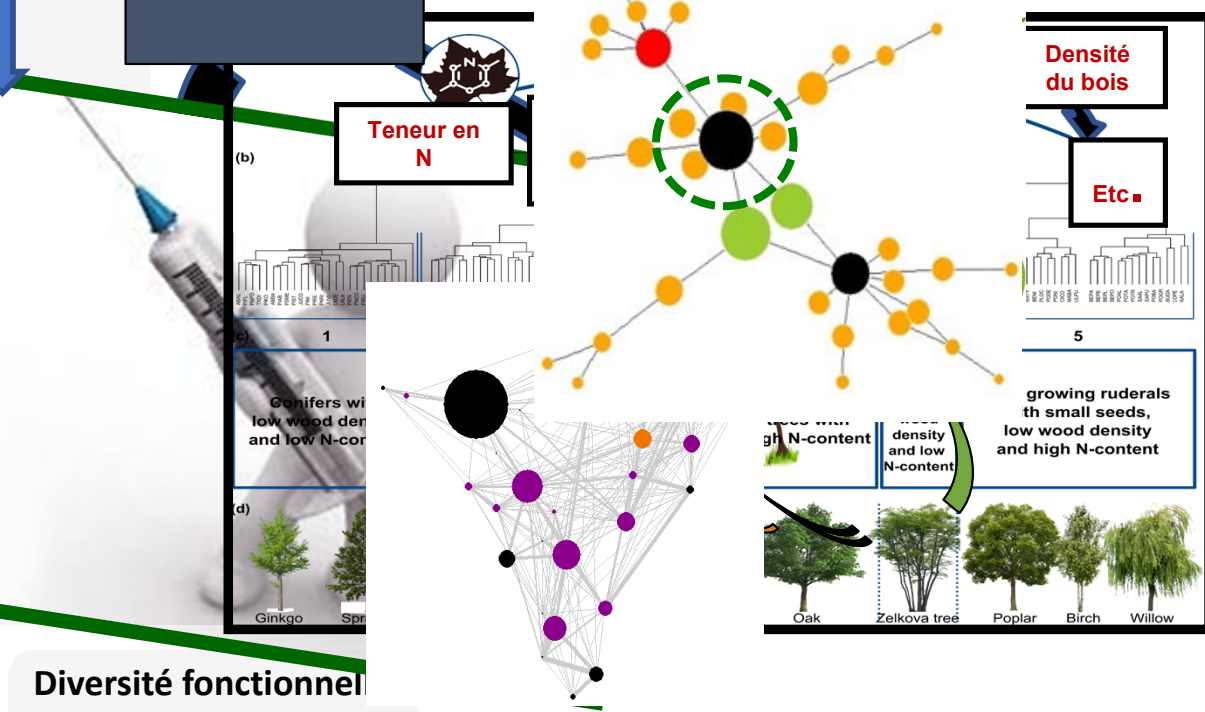
Avant intervention



$$\begin{matrix} D_{\text{iversité}} & F_{\text{onctionnelle}} & = & 2,7 \\ C_{\text{onnectivité}} & F_{\text{onctionnelle}} & = & 1,8 \end{matrix}$$



Après intervention



Diversité fonctionnelle
Faible Forte

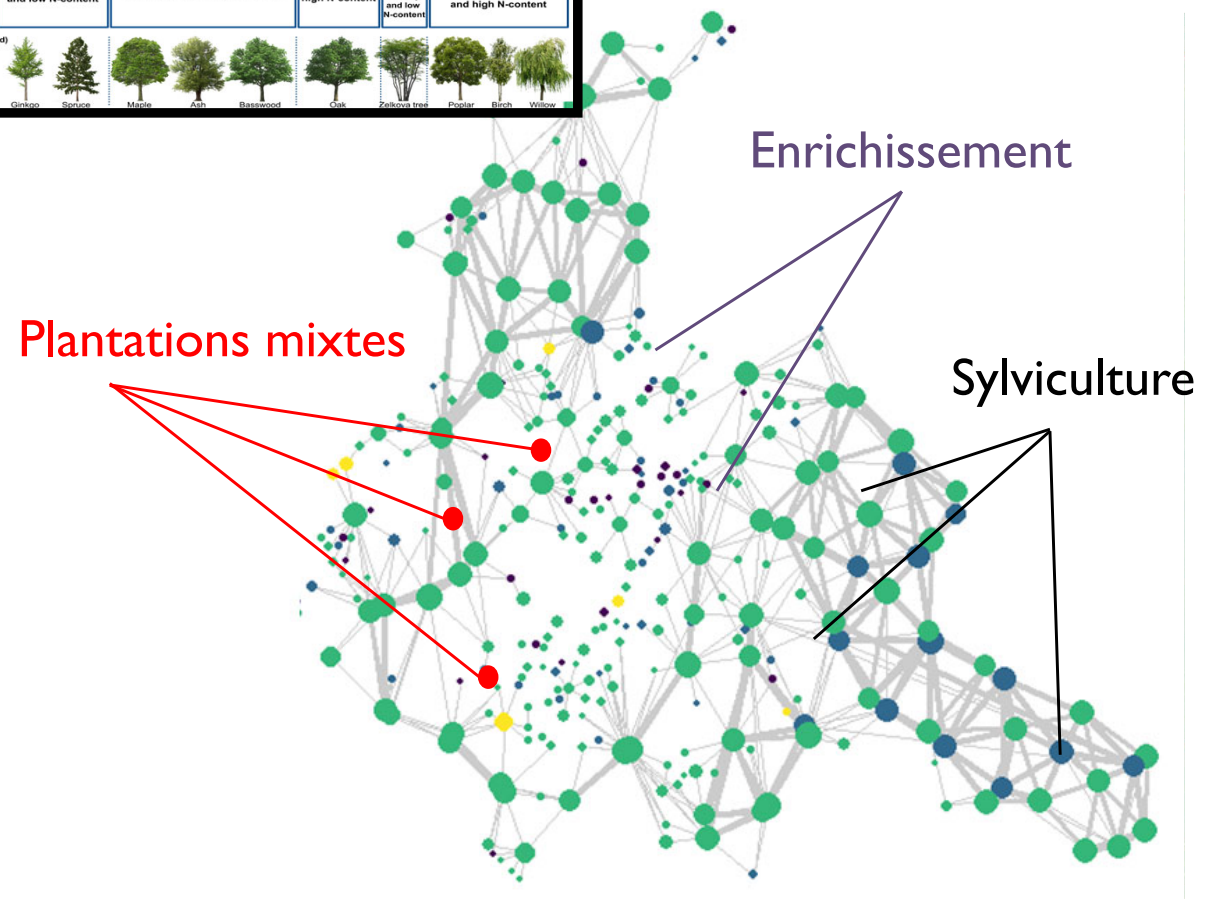
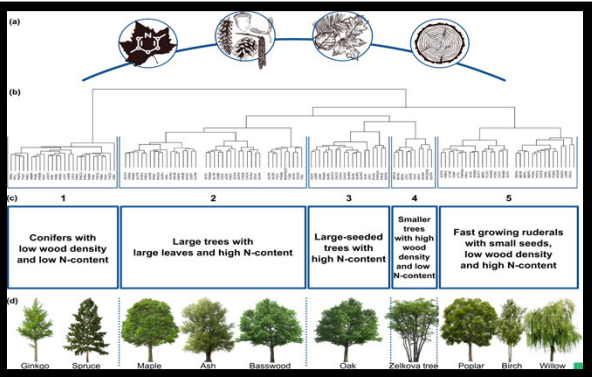
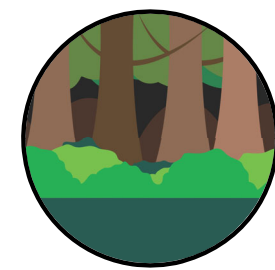
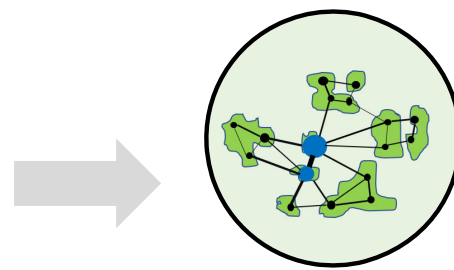
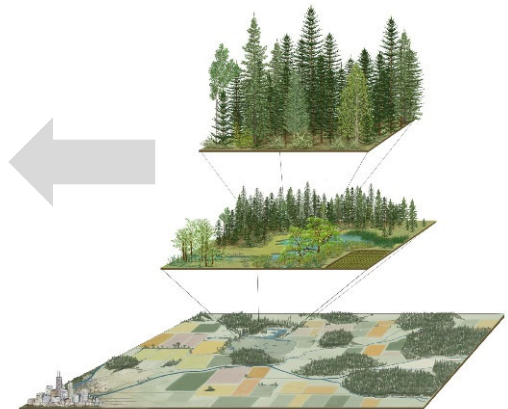
(4) On plante/favorise la régénération de groupes fonctionnels manquants

RESEARCH ARTICLE

Managing for the unexpected: Building resilient forest landscapes to cope with global change

Marco Mina^{1,2}  | Christian Messier^{1,3} | Matthew J. Duveneck^{4,5} | Marie-Josée Fortin⁶ |
Núria Aquilué^{1,7} 





Functional Diversity



Connectivity fonctional



DISCUSSION Open Access

The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes

Christian Messier^{1,2*}, Jürgen Bauhus³, Frederik Doyon¹, Fanny Maure², Rita Sousa-Silva¹, Philippe Nolet¹, Marco Mina^{2,4}, Núria Aquilué², Marie-Josée Fortin³ and Klaus Puettmann⁶

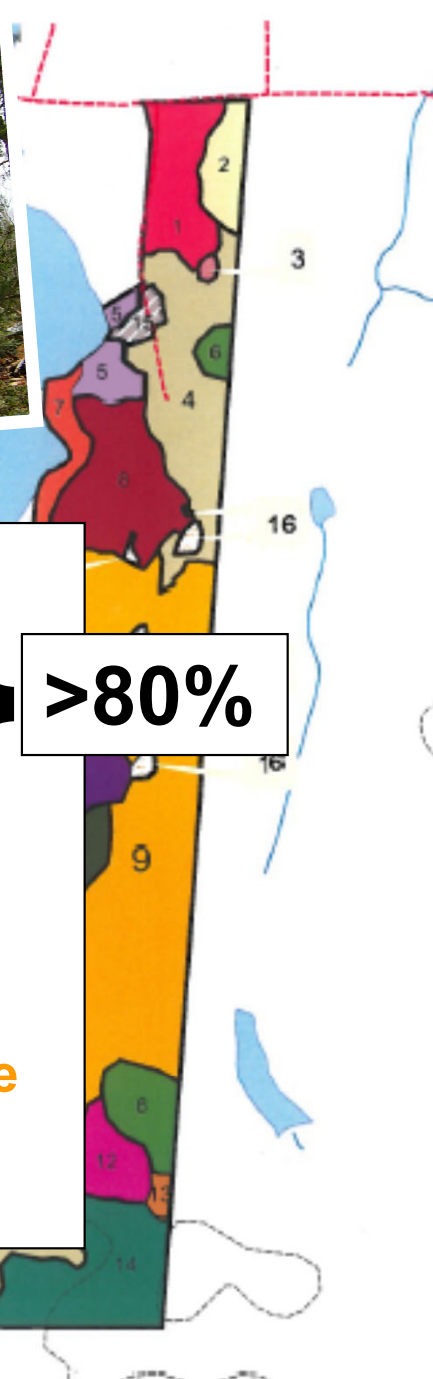




CARTOGRAPHIE

Numéro de la carte forestière : 31 G15 NO

Échelle : 1 cm : 80 m 1 po : 667 pl



- Sapin
- Peupliers
- Érable à sucre
- Érable rouge
- Bouleau jaune
- Bouleau blanc
- Tilleul
- Pruche
- Cerisier d'automne
- Pin blanc
- Chêne rouge

>80%

Application: *iForêt*

Cet outil permet de déterminer:

- La diversité fonctionnelle des peuplements
- La connectivité fonctionnelle entre les peuplements
- Le niveau de vulnérabilité des forêts/peuplements
- Le niveau de résilience des écosystèmes

Groupes 2, 3 & 4



Il propose d'intervenir pour maximiser la résilience au moindre coût.



Bureau du forestier en chef Québec

Ressources naturelles et Forêts Québec



Alberta Government

NOVA SCOTIA



Ontario Nawiinginokiima Forest Management Corporation



Agence Forestière des Bois-Francis



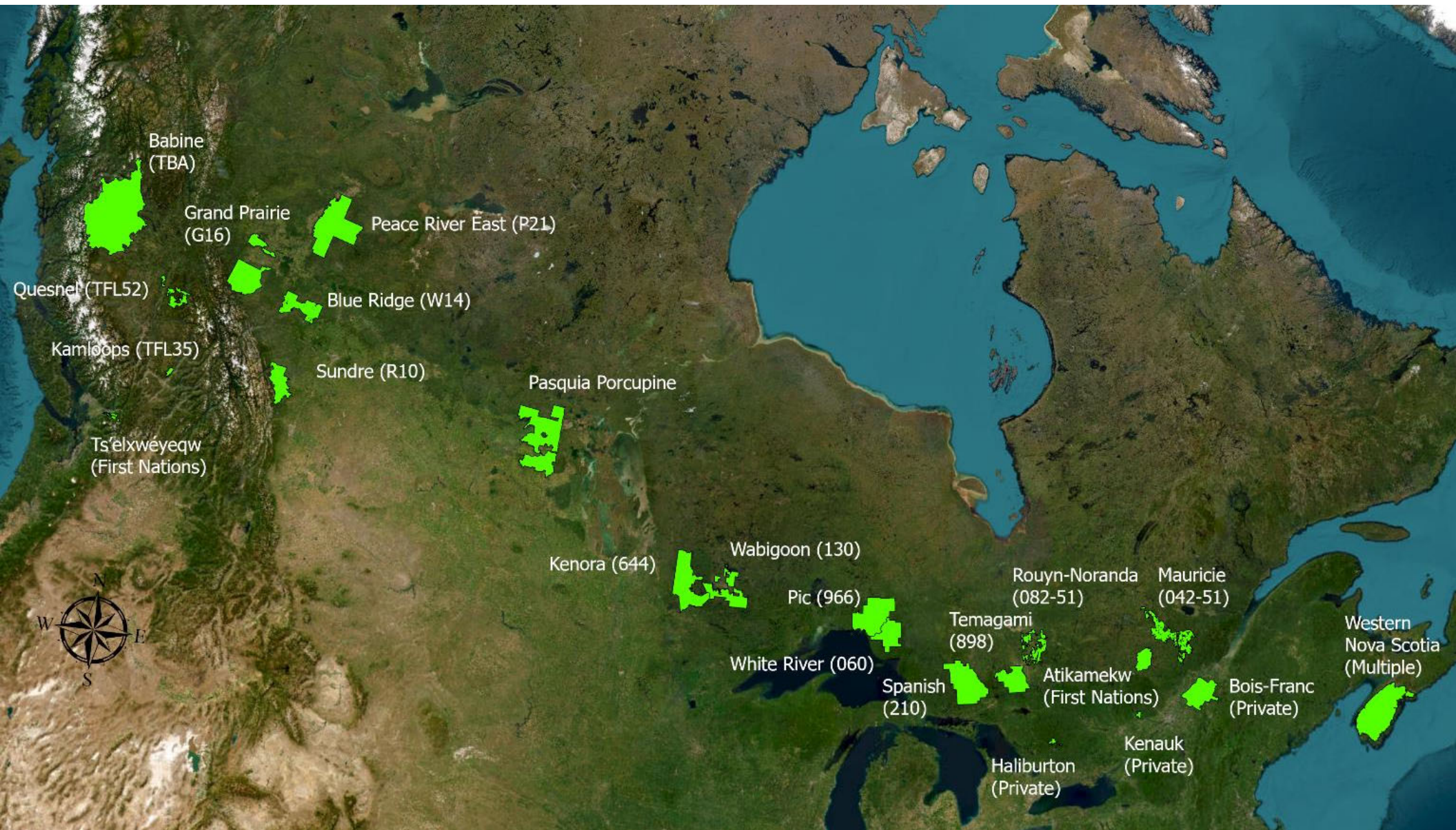
DIVERSE

Adapter les forêts aux changements globaux



The University of Vermont





Merci

