

Rendez-vous de la connaissance en aménagement
forestier durable – Silva21; observer, prévoir, s'adapter

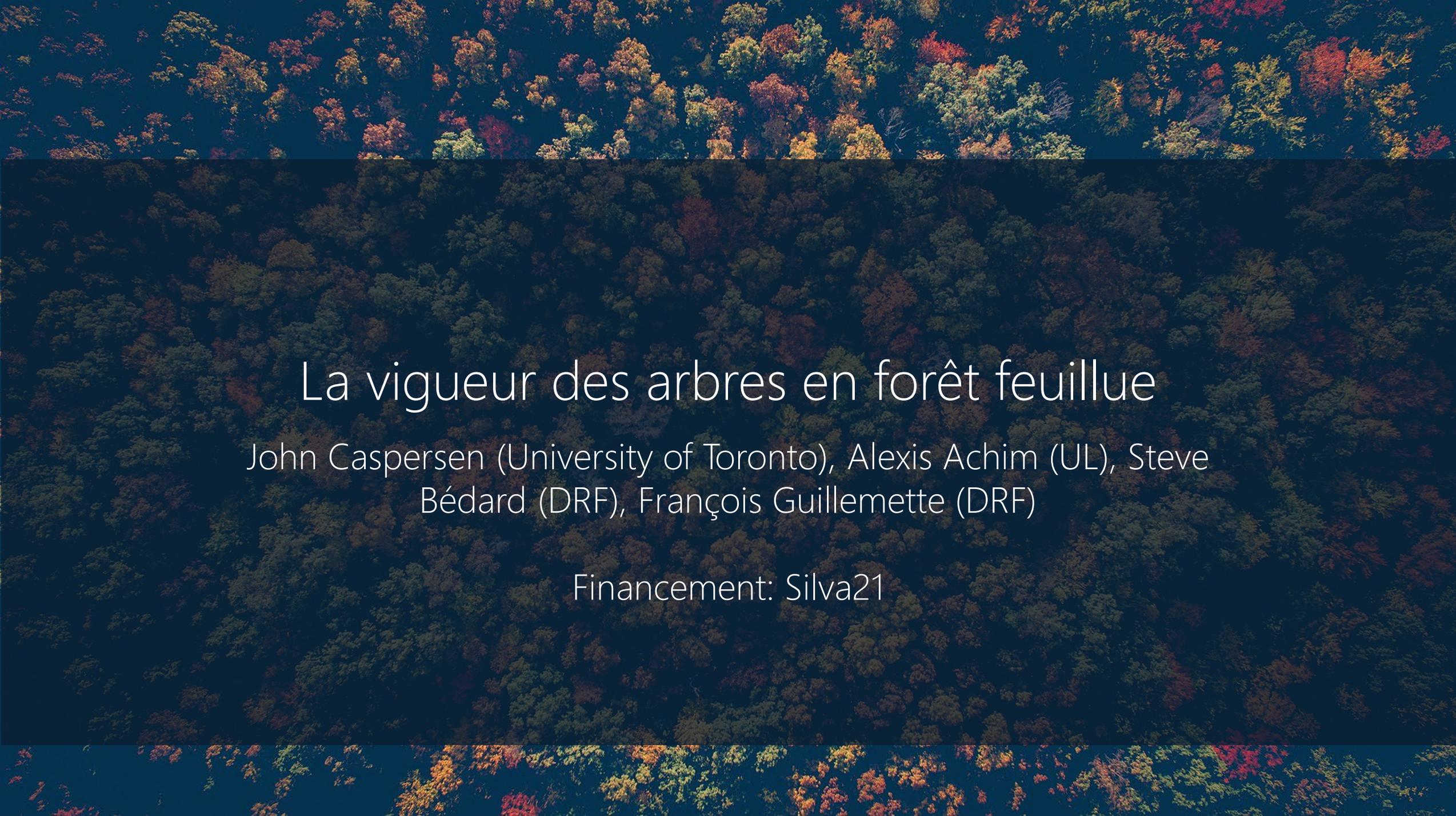
22 octobre 2024

GUILLAUME MOREAU Ph.D
Professeur adjoint



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté de foresterie, de géographie
et de géomatique

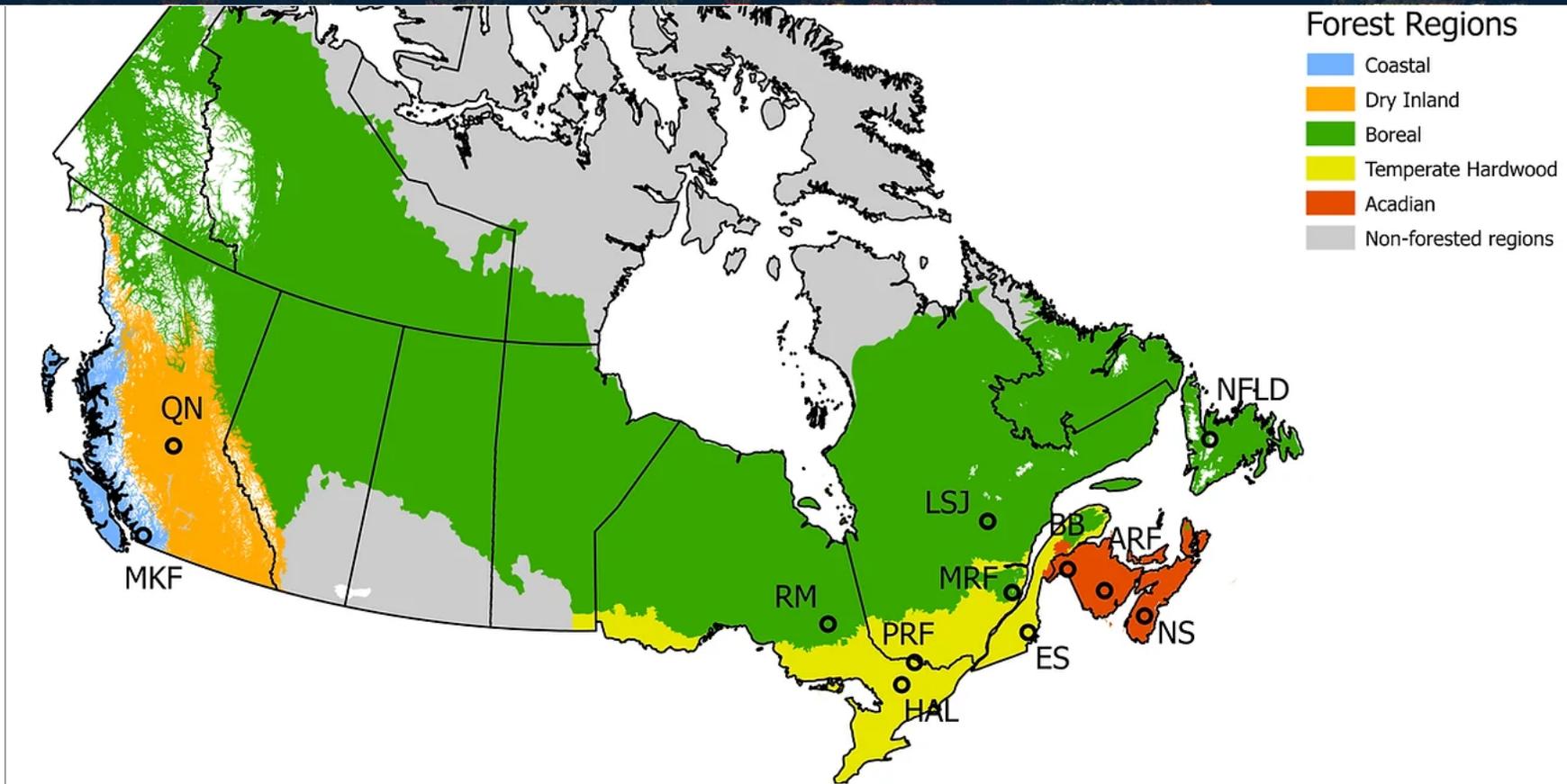


La vigueur des arbres en forêt feuillue

John Caspersen (University of Toronto), Alexis Achim (UL), Steve Bédard (DRF), François Guillemette (DRF)

Financement: Silva21

SILVA21 – LA FORÊT FEUILLUE



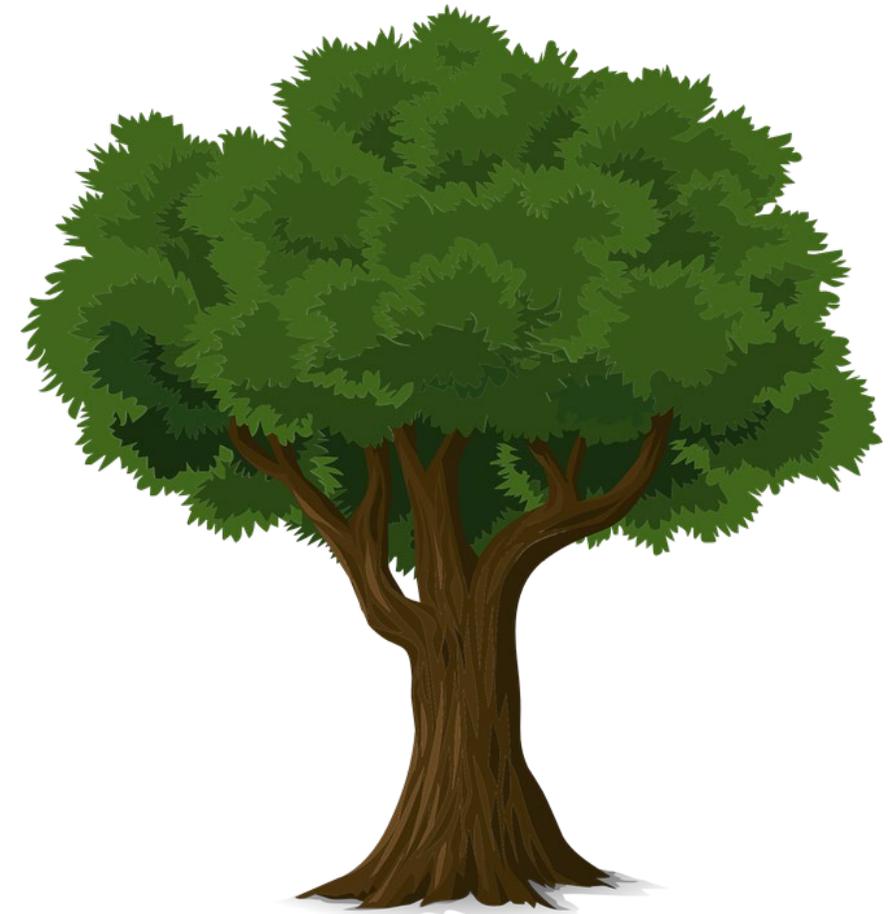
LA COMMISSION COULOMBE

Au Québec, un **declin de la qualité et la vigueur** en forêt feuillue depuis les années 90s

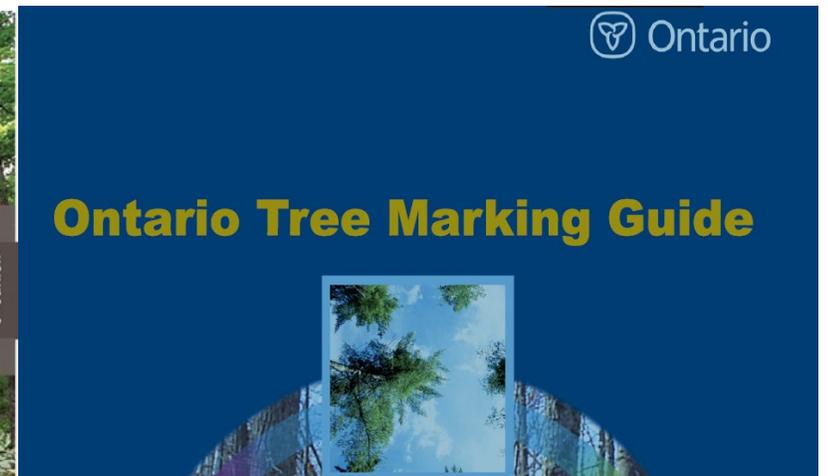
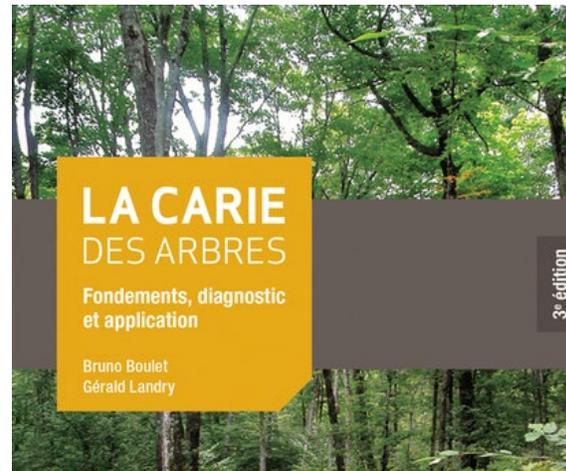
Tableau 6.2 Évolution des volumes (m³) de feuillus durs récoltés par les entreprises de déroulage et de sciage, de 1998 à 2003, selon la qualité des billes

QUALITÉ DES BILLES	1998	1999	2000	2001	2002	2003
A (déroulage)	18 570	19 561	16 424	14 355	14 846	12 745
B (sciage +)	725 571	679 277	559 601	503 560	475 718	402 765
C (sciage)	426 200	400 755	471 720	443 560	421 161	418 159
D (pâte)	488 955	557 986	605 736	582 304	719 854	756 369
Total	1 659 296	1 657 579	1 653 481	1 543 779	1 631 579	1 590 038

L'effet boule de neige

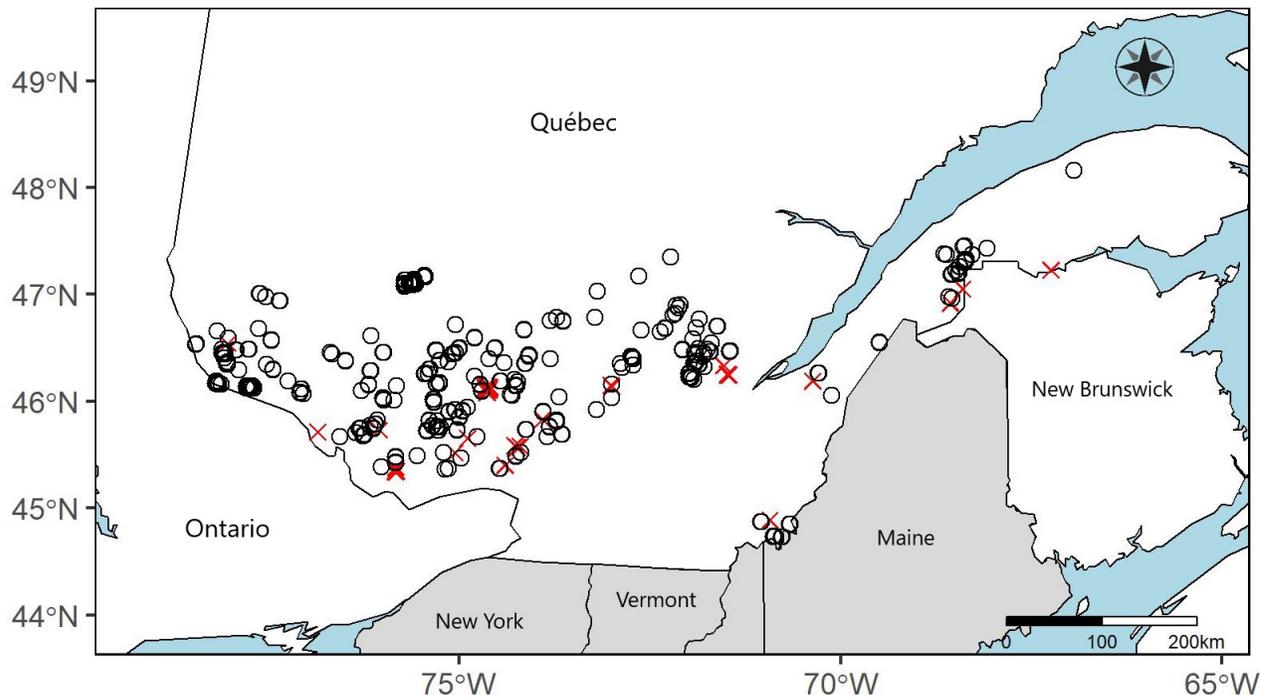


LES COUPES PARTIELLES – CHOIX DES TIGES



A Tree Classification System for
New Brunswick

LA VIGUEUR



Species	Sugar maple				Yellow birch			
	[20-29]	[30-39]	[40-49]	[50-60]	[20-29]	[30-39]	[40-49]	[50-60]
DBH (cm)								
Crown dieback	593	411	214	120	56	81	55	17
Fungus	240	153	62	46	21	26	12	12
Canker	268	116	74	44	7	14	10	6
Crack	644	557	379	186	69	75	68	30
Form	1898	1068	525	188	300	250	126	41
Deformity	2460	1245	556	173	154	139	63	25
Branch	1247	519	210	70	219	189	97	26
Wound of biological origin	394	199	75	27	7	17	7	9
Wound of mechanical origin	583	305	137	50	59	66	28	12
Decay	1210	652	363	134	195	177	101	33
Roots injury	100	67	48	24	13	17	8	4
Uprooting	151	82	19	2	15	12	10	4
Any defect	3219	1765	855	320	374	344	187	76
No defect	1626	924	472	157	160	103	54	18
Total of trees	4845	2689	1327	477	534	447	241	94

LA VIGUEUR



© Gouvernement du Québec, 2014

La mortalité en cime est de loin le meilleur indicateur de la vigueur, suivi des chancres et sporophores.

LA VIGUEUR



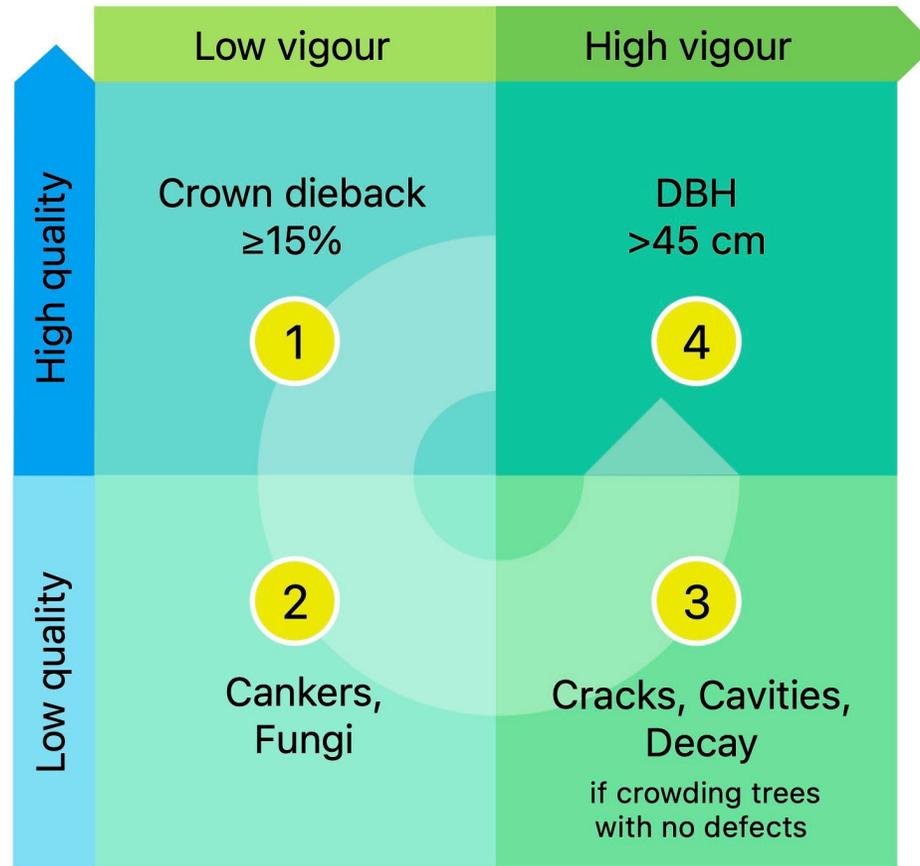
© Gouvernement du Québec, 2014

La mortalité en cime augmente le risque de développer des chancres, sporophores et de la pourriture profonde et des cavités.



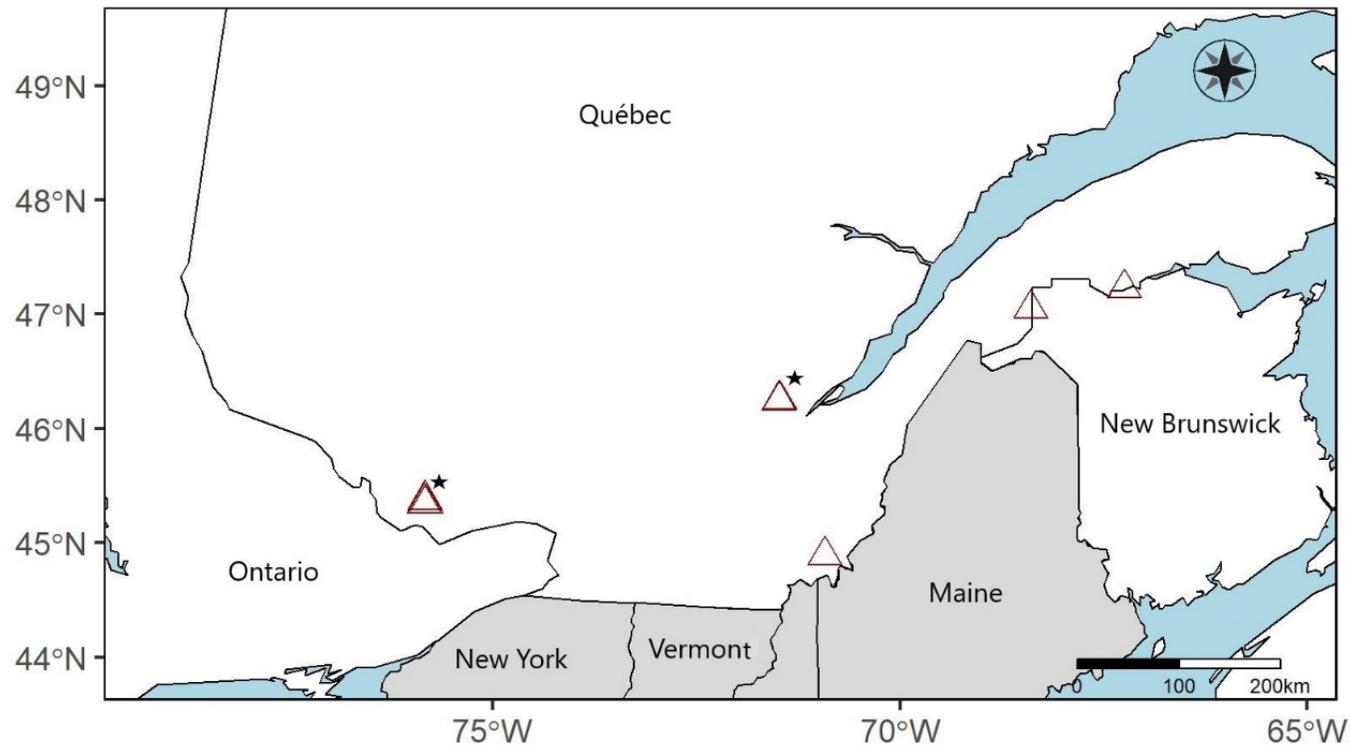
UNE NOUVELLE MÉTHODE DE MARTELAGE

SYSTÈME DE CLASSIFICATION



 Harvest priority

SIMULATIONS DE MARTELAGE



Comparer le martelage pour différentes prescriptions:

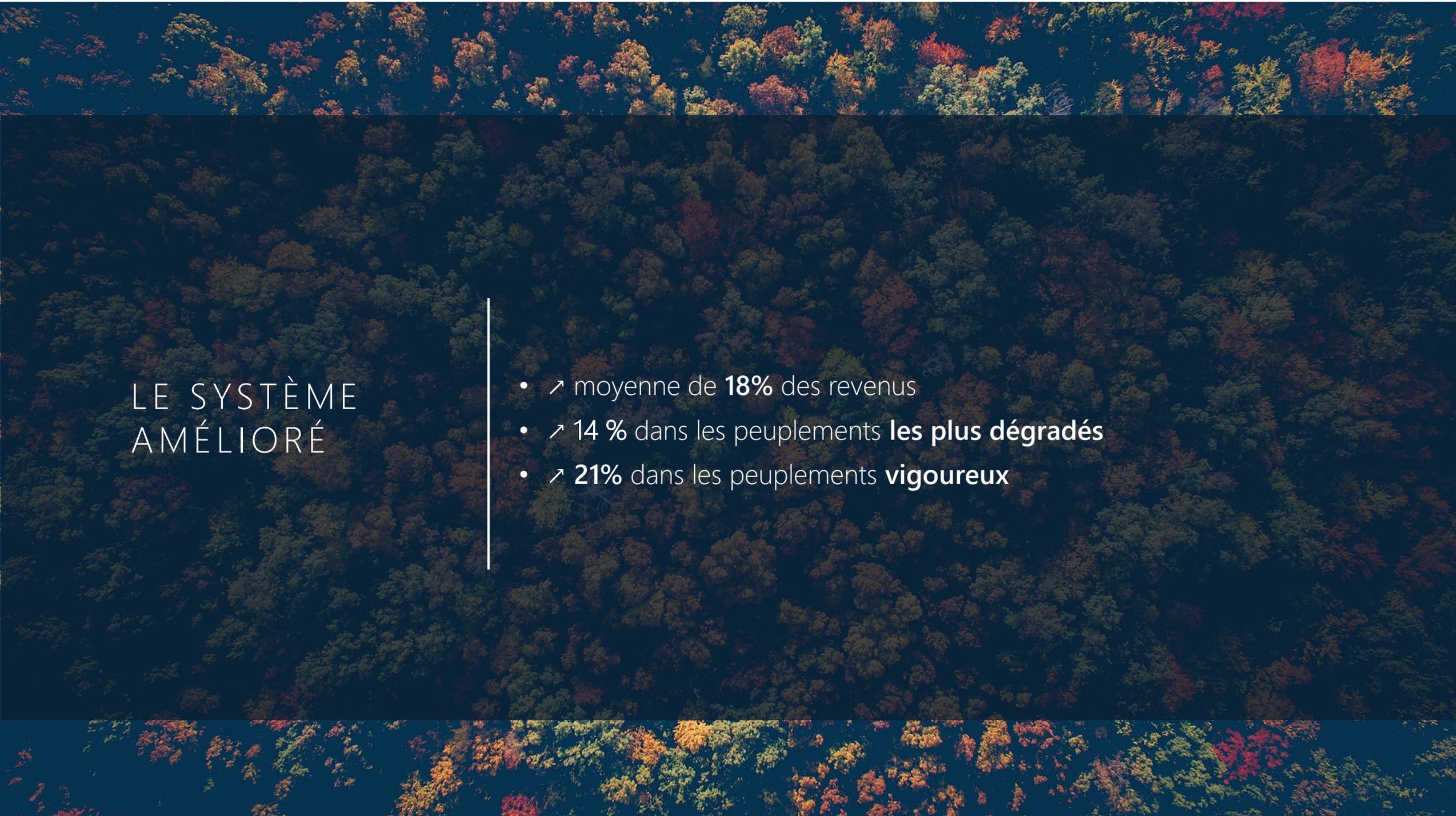
1. Hybride (Zoran Macjen)
2. **MSCR**
3. **Systeme simplifié**

14 Placettes de 0,5 ha



LE SYSTÈME AMÉLIORÉ

- **Constat:** 70% des arbres avec de la mortalité en cime (non-vigoureux, 1er priorité) avait encore de la qualité
- **Résultat:** Augmentation de la récolte des arbres non-vigoureux mais de qualité

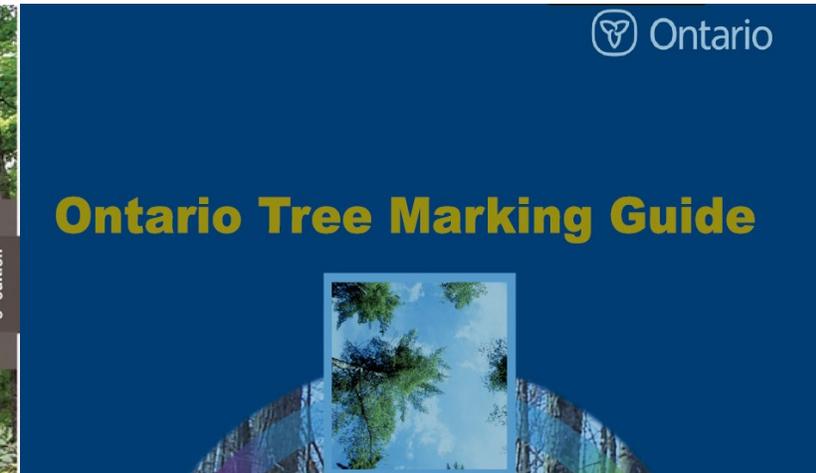
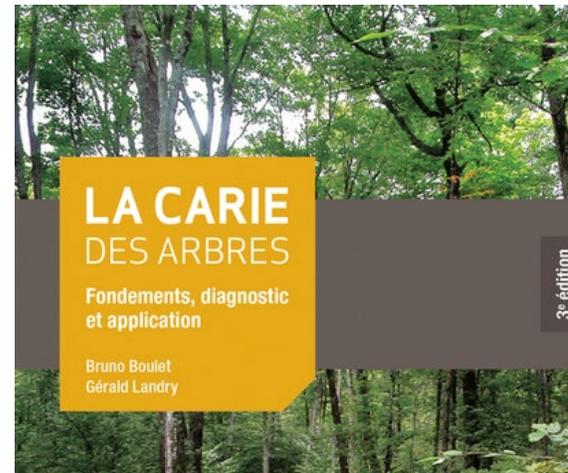


LE SYSTÈME AMÉLIORÉ

- ↗ moyenne de **18%** des revenus
- ↗ **14 %** dans les peuplements **les plus dégradés**
- ↗ **21%** dans les peuplements **vigoureux**

LES FAIBLESSES DES SYSTÈMES ACTUELLES

1. MSCR accorde la plus haute priorité de récolte aux arbres présentant des défauts du tronc, qui réduisent beaucoup la qualité, mais très peu la vigueur, **à l'inverse de la mortalité en cime.**
2. Les arbres **vigoureux** sont souvent classés à tort comme **non-vigoureux** en raison de défauts du tronc comme les fentes, les blessures mécaniques et les déformations du tronc qui **sont peu en lien avec la vigueur**
3. MSCR utilise un seuil trop permissif pour le % de cime morte **(50%)**



**A Tree Classification System for
New Brunswick**

LA SUITE: LA VALIDATION DANS UN CONTEXTE OPÉRATIONNEL

Validation avec du vrai martelage (Ontario)



Dispositifs sylvicoles dans un contexte opérationnel (Québec)

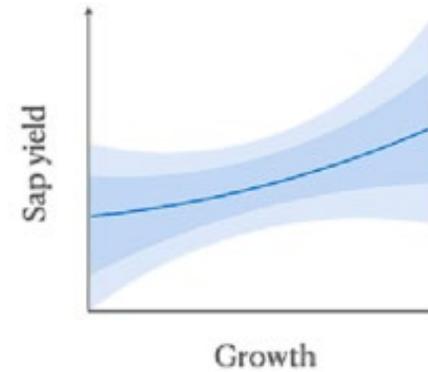


LA SUITE: L'ACÉRICULTURE

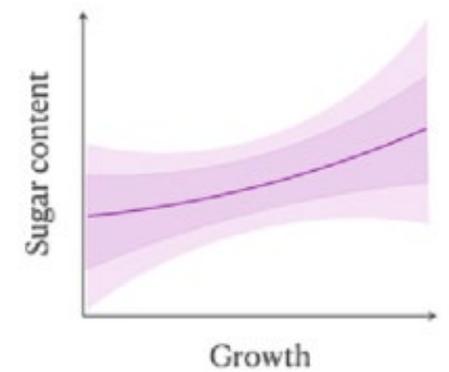


© Gouvernement du Québec, 2014

c



d

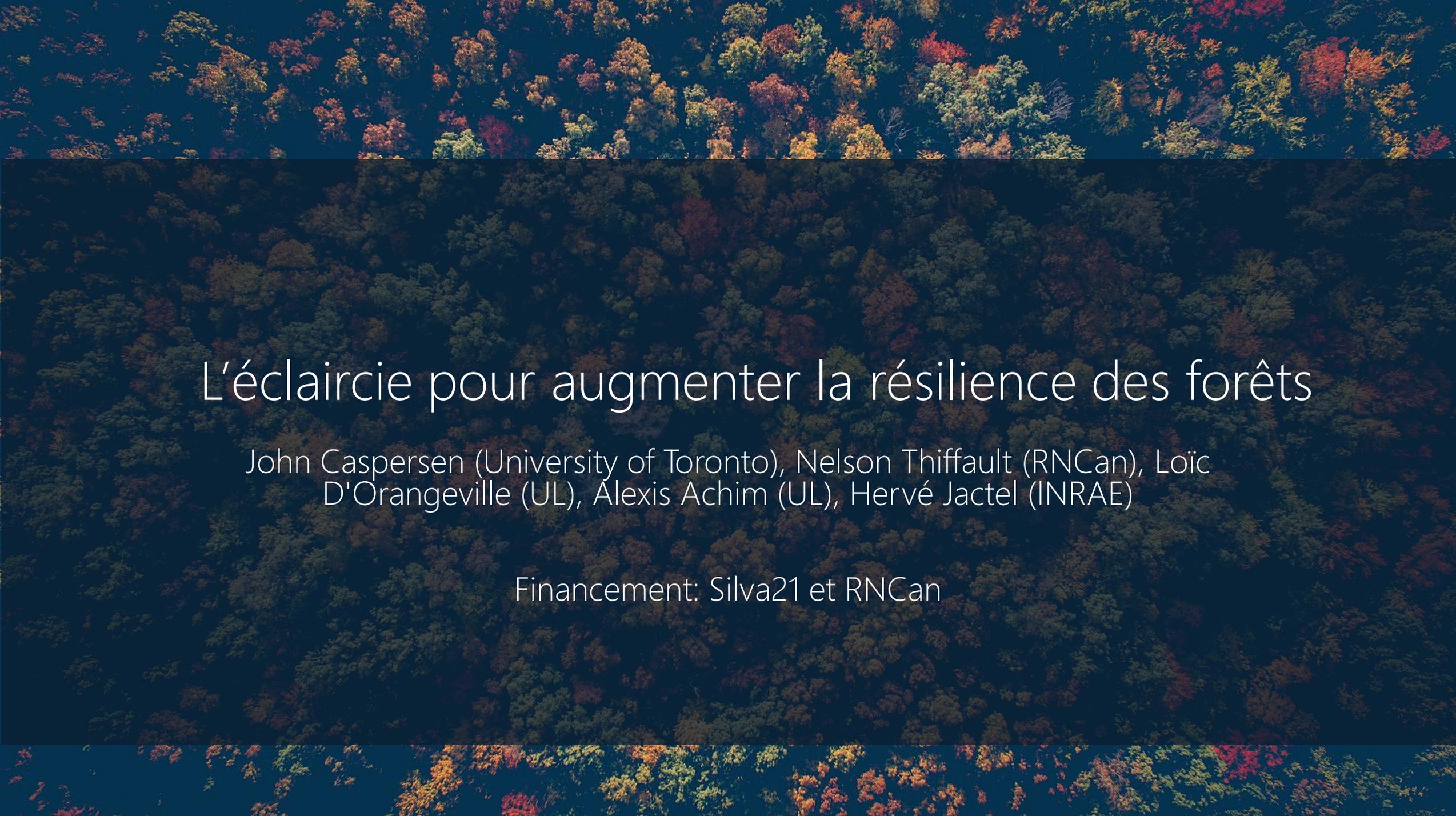


Rademacher et al. 2023



Café conférence OIFQ Guillaume Moreau

https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=oFnpX4r_56k&ab_channel=OIFQ



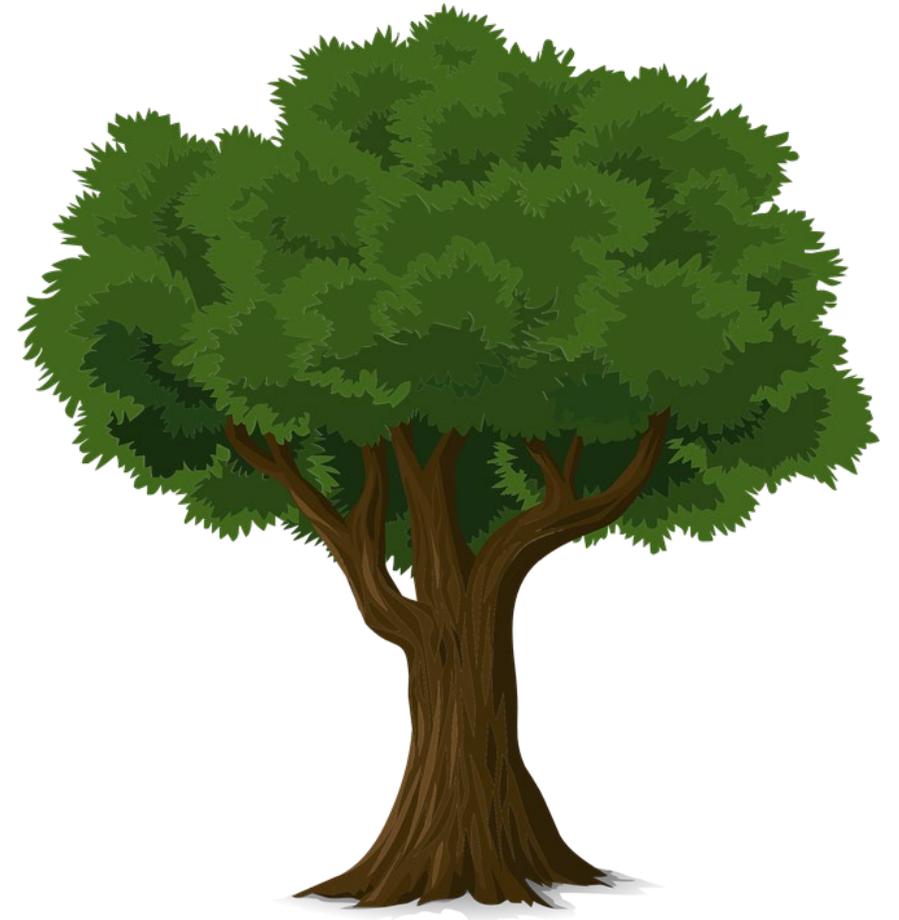
L'éclaircie pour augmenter la résilience des forêts

John Caspersen (University of Toronto), Nelson Thiffault (RNCAN), Loïc D'Orangeville (UL), Alexis Achim (UL), Hervé Jactel (INRAE)

Financement: Silva21 et RNCAN

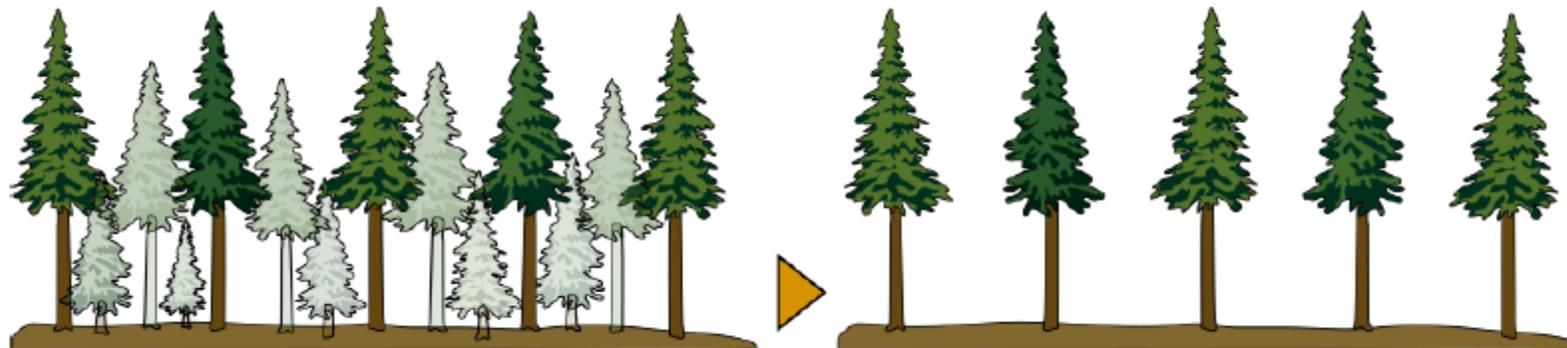
SYLVICULTURE CHANGEMENTS GLOBAUX

1. ↗ de la fréquence et sévérité des perturbations
2. Grande incertitude
3. Le besoin de stratégies sylvicoles qui adopte une **approche multirisque**, dans laquelle les traitements sylvicoles sont conçus pour **minimiser simultanément** les risques liés à plusieurs types de perturbations.



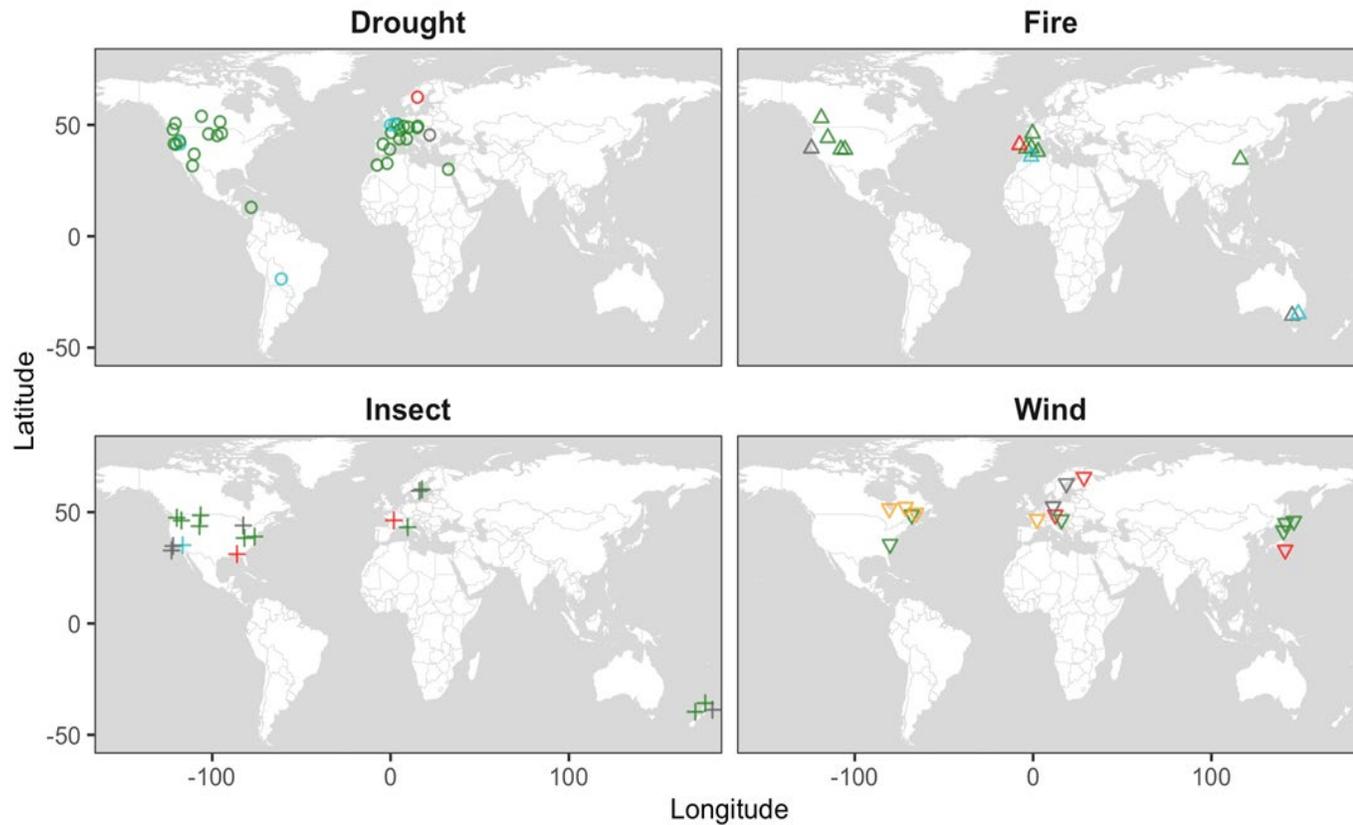
ÉCLAIRCIE CHANGEMENTS GLOBAUX

Est-ce que l'éclaircie pourrait faire partie de ces stratégies sylvicoles ?



Achim et al. (2024)

ÉCLAIRCIE REVUE DE LA LITTÉRATURE



Forestry *An International Journal of Forest Research*



Forestry 2022; 1–21, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpac010>

Opportunities and limitations of thinning to increase resistance and resilience of trees and forests to global change

Guillaume Moreau^{1,2}, Catherine Chagnon¹, Alexis Achim¹, John Caspersen², Loïc D'Orangeville³, Martina Sánchez-Pinillos^{3,4} and Nelson Thiffault^{5,*}

Une centaine d'articles



COUPES PARTIELLES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Quelle est la place des éclaircies dans le contexte des changements globaux?

Un outil efficace à court et moyen terme pour **augmenter la résilience** des forêts à de multiples perturbations.

Créer **une fenêtre d'opportunités** pour mettre en œuvre des stratégies d'aménagement **adaptatives à plus long terme.**

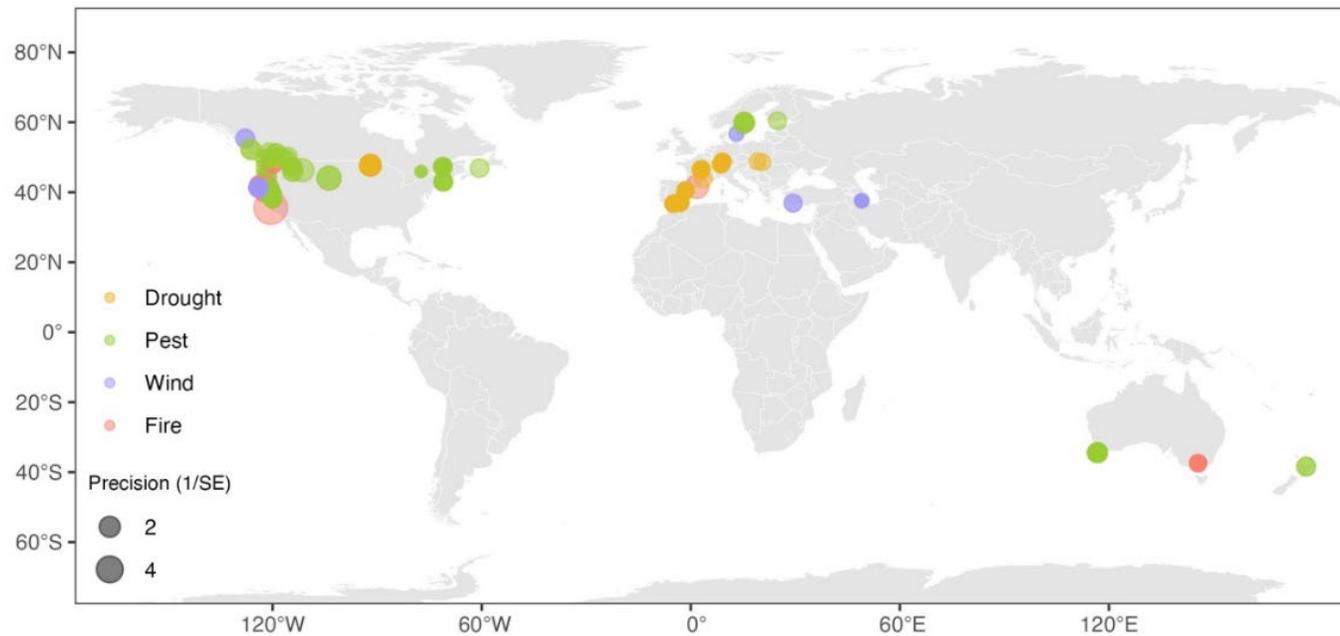


ÉCLAIRCIE MÉTA-ANALYSE - MÉTHODE

Les études devaient répondre aux critères suivants :

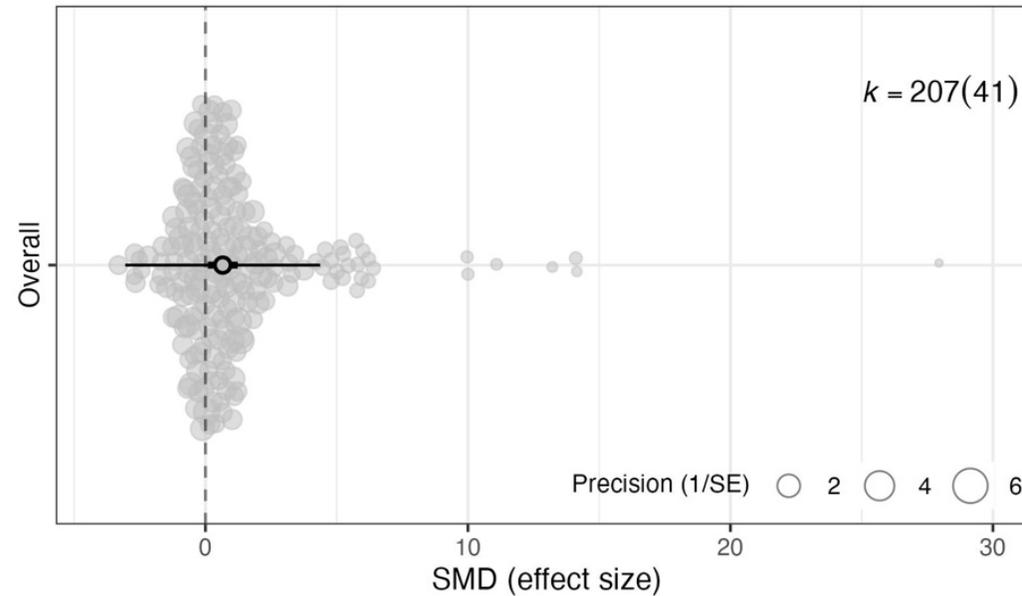
- (1) Étude empirique menée sur le terrain (pas de modélisation)
- (2) Évaluation directe des effets de l'éclaircie sur la résilience et résistance des peuplements aux perturbations à l'aide d'indices quantitatifs → **croissance, survie, indice de résistance (% d'arbres infectés/brûlés/renversés)**
- (3) Comparaison entre au moins un traitement et un témoin (peuplement non éclairci), avec des répétitions de chaque traitement ($n \geq 2$)
- (4) Informations statistiques nécessaires pour réaliser une méta-analyse

ÉCLAIRCIE MÉTHODE



207 études de cas provenant de 41 études

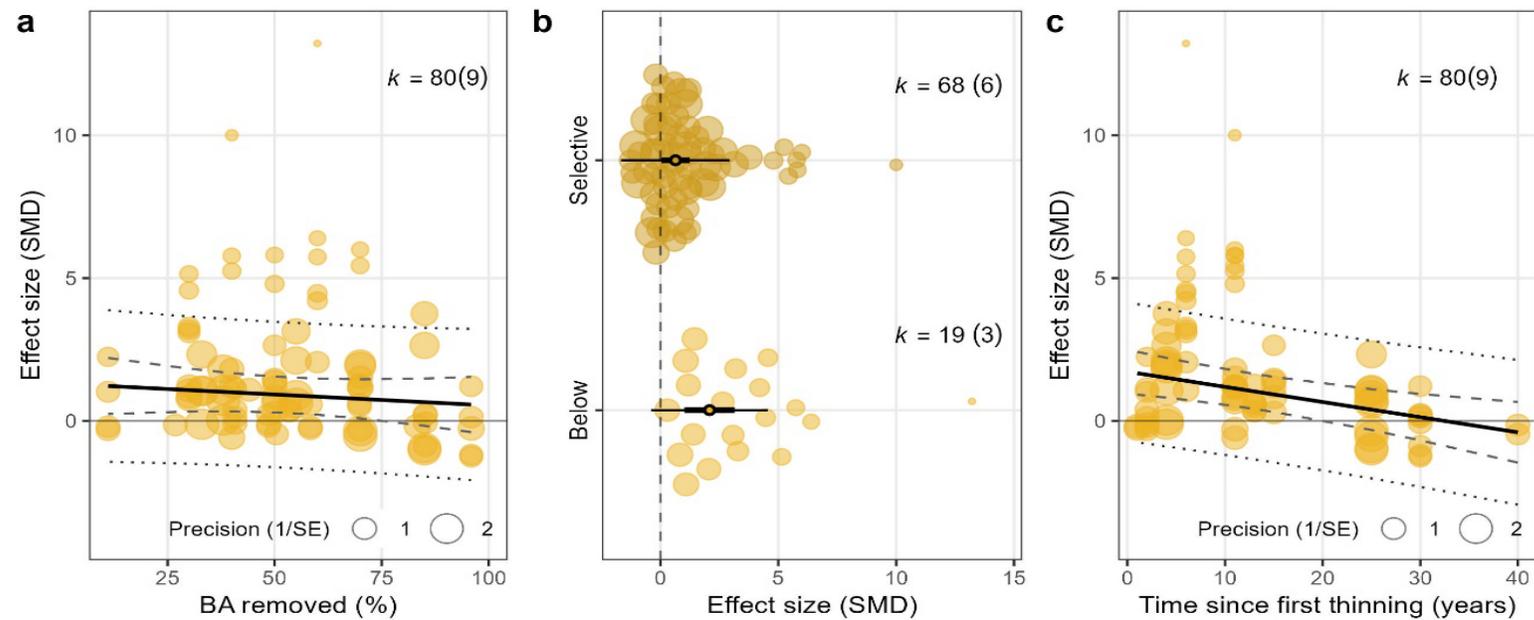
ÉCLAIRCIE EFFET GLOBAL



The open black dot shows the mean estimate, the thin horizontal line represents the prediction interval, and the bold horizontal line represents the 95% confidence interval on the standardised mean difference (SMD) scale.

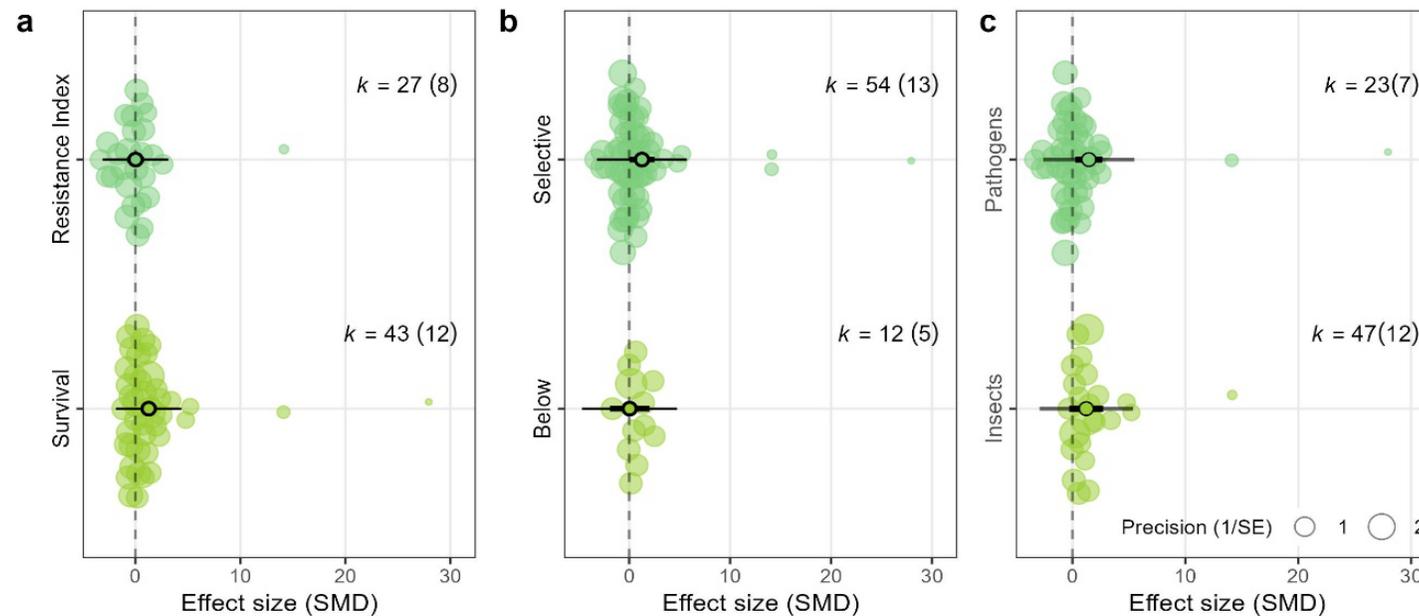
ÉCLAIRCIE SÉCHERESSE

H1: L'éclaircie a un effet positif sur la résilience, particulièrement lorsque de fortes intensités et par le bas, mais l'effet diminue avec le temps



ÉCLAIRCIE INSECTES ET PATHOGÈNES

H2: L'éclaircie sélective augmente la résilience des peuplements traités, tandis que l'éclaircie par le bas ou par le haut n'a pas d'effet.

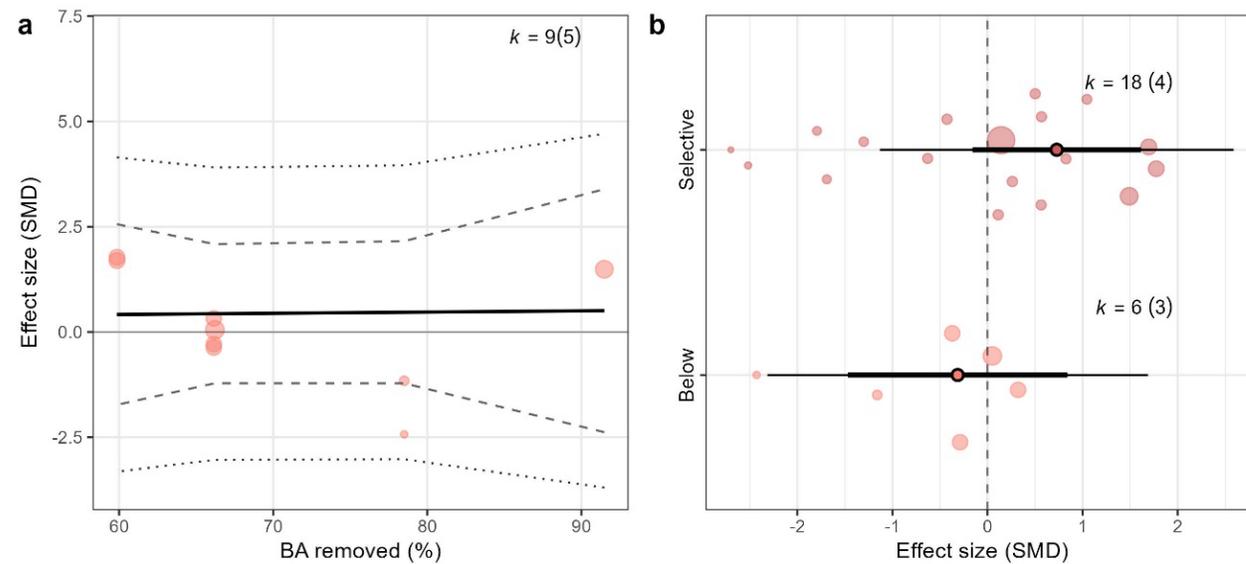


Beetles +
Spruce budworm outbreaks +
Foliar fungal pathogens +
Tomentosus root rot +

Armillaria root rot +-
-

ÉCLAIRCIE FEU ET TEMPÊTE DE VENT

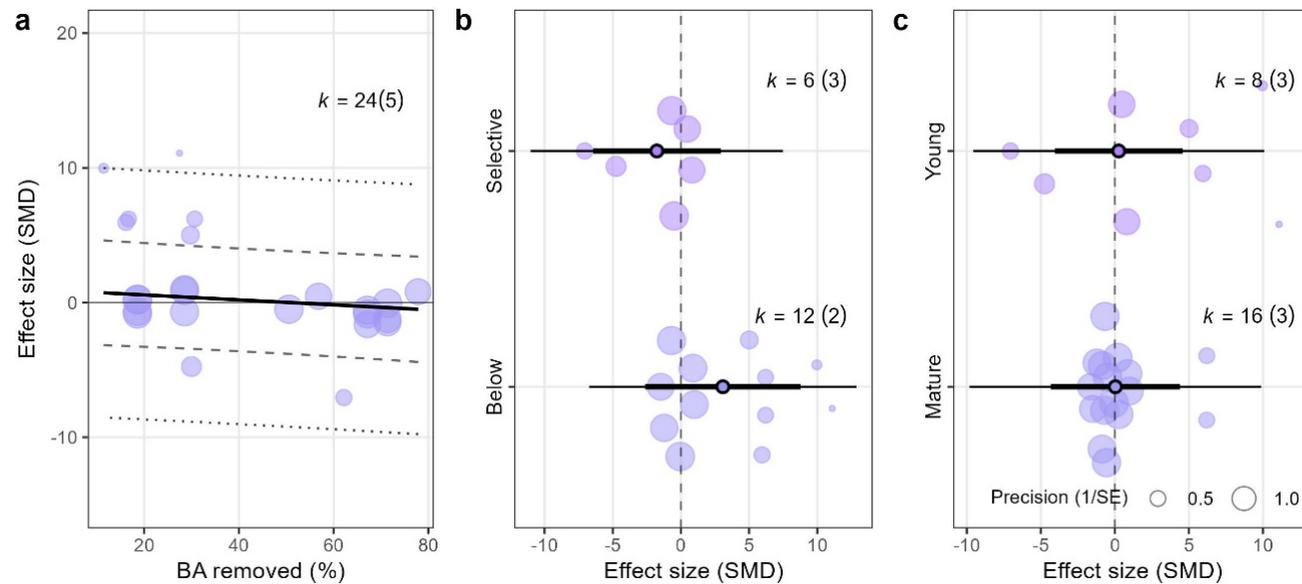
H3: seules les éclaircies de fortes intensités et les éclaircies par le bas sont efficaces pour accroître la résilience aux incendies



Effet global non significatif
Manque de données empiriques

ÉCLAIRCIE TEMPÊTE DE VENT

H4: l'éclaircie réduit la résistance aux dommages causés par le vent et cet effet négatif augmente avec l'intensité du traitement et l'âge du peuplement



Effet global non significatif



COUPES PARTIELLES CHANGEMENTS GLOBAUX

Quelle est la place des éclaircies dans le contexte des changements globaux?

Un outil efficace à court et moyen terme pour **augmenter la résilience** des forêts à de multiples perturbations.

Créer **une fenêtre d'opportunités** pour mettre en œuvre des stratégies d'aménagement **adaptatives à plus long terme.**

LA SUITE: LA VALORISATION DES DISPOSITIFS DU QUÉBEC

La réanalyse de dispositifs sylvicoles en utilisant un angle nouveau afin d'identifier les attributs clés des peuplements qui leur confèrent une forte résistance et résilience.

Une approche combinant la **dendrochronologie**, les **suivis temporels** et la **téledétection** pour reconstruire les dynamiques forestières passées. Un beau potentiel avec les dispositifs de la DRF.



MNRF



NASA



SILVA21



Merci !



Authors	Year	Biome	Species	Phylogeny	T.Type	T.Intensity	Stand	Response	Pest
Filip et al.	2015	Subtropical	Pseudotsuga menziesii; Abies procera	Conifer	Selective	High	Planted	Survival	Armillaria ostoyae; Heterobasidion occidentale
Filip et al.	2009	Subtropical	Pinus ponderosa	Conifer	Selective	Moderate	Natural	Survival	Armillaria ostoyae
Hood and Kimberley	2018	Temperate	Pinus strobus	Conifer	Selective	Low	Natural	Resistance Index	White Pine Needle Damage complex (individual pathogens not specified)
Robinson	2003	Subtropical	Eucalyptus diversicolor	Broadleaf	Selective	High	Natural	Survival; Resistance Index	Armillaria luteobubalina
Jackson et al.	2016	Temperate	Larix occidentalis	Conifer	Selective	High	Natural	Resistance Index	Arceuthobium laricis
Woodruff et al.	2019	Temperate	Pinus ponderosa; Pinus jeffreyi	Conifer	Below	High	Natural	Survival	Leptographium wageneri; Verticicladiella wageneri
Sturdevant et al.	2022	Temperate	Pseudotsuga menziesii	Conifer	Below	High	Natural	Survival	Dendroctonus pseudotsugae
Fettig et al.	2012	Temperate	Pinus jeffreyi	Conifer	Below	High	Natural	Survival	Dendroctonus brevicomis
Fuentealba 2012	2012	Temperate	Abies balsamea	Conifer	Selective	Low	Natural	Resistance Index	Choristoneura fumiferana
Ostaff et al.	2006	Temperate	Abies balsamea	Conifer	Selective	High	Natural	Resistance Index	Neodiprion abietis
Negron et al.	2017	Temperate	Pinus ponderosa	Conifer	Above	High	Natural	Survival	Dendroctonus ponderosae
Smirnova et al.	2021	Temperate	Pinus ponderosa	Conifer	Selective	Moderate	Natural	Survival	Elytroderma deformans
Hood and Kimberley	2009	Temperate	Pinus radiata	Conifer	Selective	High	Planted	Resistance Index	Armillaria novae-zelandiae
Whitney	1993	Temperate	Picea glauca	Conifer	Selective	High	Planted	Survival	Inonotus tomentosus
Piri and Korhonen	2008	Subtropical	Picea abies	Conifer	Below	High	Natural	Resistance Index	Heterobasidion annosum
Egan et al.	2010	Subtropical	Abies concolor	Conifer	Selective	Moderate	Natural	Survival	Scolytus ventralis
Stark et al.	2013	Subtropical	Abies concolor	Conifer	Below	High	Natural	Survival	Dendroctonus brevicomis; D. ponderosae; D. valens; Ips paraconfusus
Oliva et al.	2010	Subtropical	Picea abies	Conifer	Selective	Moderate	Plantation	Resistance Index	Heterobasidion annosum
Knapp et al.	2021	Temperate	Abies concolor	Conifer	Selective	Moderate	Natural	Survival	Scolytus spp.
Morrison et al.	2022	Temperate	Pseudotsuga menziesii, Pinus contorta	Conifer	Selective	High	Natural	Survival	Armillaria ostoyae

Insects et pathogènes

Selective thinning was particularly effective against:

- Beetles (Egan et al. 2010; Knapp et al. 2021)
- Spruce budworm outbreaks (Fuentealba and Bause 2012)
- Foliar fungal pathogens such as the white pine needle damage complex (McIntire et al. 2018)
- Infection by *Tomentosus* root rot (Whitney 1993).

Although not incorporated in our meta-analysis, there is also evidence that selective thinning can help increase the resilience to woodwasp *Sirex noctilio* (Dodds et al. 2014) and to other defoliators such as spongy moths (Fajvan and Gottschalk 2012) and dothistroma needle blight (Bulman et al. 2016).

However, results for *Armillaria* root rot infections were less conclusive, with reports of positive effects (Filip et al. 2009; 2015; Hood and Kimberley 2009), but also non-significant (Hood and Kimberley 2018) and negative effects (Morrison et al. 2022).

Disturbance	Tested moderators	F	p	R²	QE	p
Drought	Response type	–	–	–	–	–
	Thinning intensity (%BA)	0.751	0.389	0.017	325.067	<0.001
	Thinning type	9.801	<0.001	0.223	317.606	<0.001
	Time since first treatment	10.080	0.002	0.172	283.048	<0.001
Pest	Response type	13.021	<0.001	0.140	206.883	<0.001
	Pest type	4.120	0.021	0.093	191.623	<0.001
	Thinning intensity (%BA)	1.608	0.210	0.095	188.512	<0.001
	Thinning type	4.011	0.023	0.094	200.695	<0.001
Wind	Response type	–	–	–	–	–
	Thinning intensity (%BA)	2.168	0.155	0.011	103.170	<0.001
	Thinning type	0.976	0.398	0.280	89.851	<0.001
	Age	0.012	0.988	0.001	106.60	<0.001
Fire	Response type	0.542	0.588	0.008	48.520	<0.001
	Thinning intensity (%BA)	0.003	0.959	0.000	24.750	<0.001
	Thinning type	1.609	0.223	0.254	48.047	0.001
	Age	0.728	0.496	0.203	31.544	0.035