

Diversité biologique et chimique associée aux écosystèmes forestiers intacts



© Bureau du Nionwentsiö

Fonds de recherche
Nature et
technologies

Québec 



NSERC
CRSNG


cef
Centre d'étude de la forêt



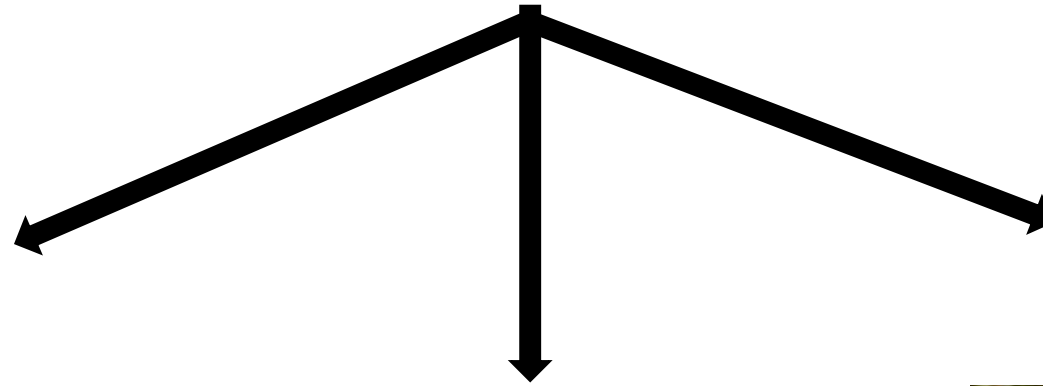
UNIVERSITÉ
LAVAL



Bureau du
Nionwentsiö

Diversité biologique et chimique associée aux écosystèmes forestiers intacts

Quelles différences entre forêts aménagées et non-aménagées ?



Lichens et bryophytes



Dolichousnea longissima



Schistostega pennata

Lichens et champignons calicioïdes



© Troy McMullin *Chaenotheca cinerea*

Bactéries et champignons du sol



Bacterial, fungal, and mycorrhizal communities in the soil differ between clearcuts and insect outbreaks in the boreal forest 50 years after disturbance

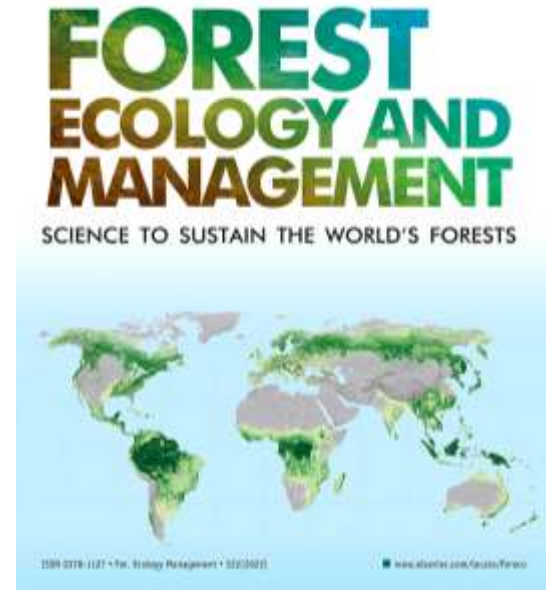
Philip Bell-Doyon^{a,b,d,*}, Virginie Bellavance^{a,b}, Louis Bélanger^{c,d}, Marc J. Mazerolle^{b,c,d}, Juan Carlos Villarreal A.^{a,b,d}

^a Université Laval, Département de Biologie, 1045 Avenue de la Médecine, Québec, QC G1V 0A6, Canada

^b Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes, Université Laval, 1030 Avenue de la Médecine, Québec, QC G1V 0A6, Canada

^c Université Laval, Département des Sciences du Bois et de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse, Québec, QC G1V 0A6, Canada

^d Centre d'Étude de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse, Québec, QC G1V 0A6, Canada



Highlights :

- Soil community composition varied with the nature of stand-replacing disturbance
- The composition of microbial communities did not vary with soil physicochemistry
- Fungal and mycorrhizal diversity were higher in stands reinitiated by clearcuts

Résumé de littérature

À court terme (< 15 ans), la récolte ligneuse en forêt boréale peut entraîner une baisse de la diversité des ectomycorhizes et une hausse de l'abondance des bactéries méthanogènes (compaction).

Frey *et al.* 2011. *Applied and Environmental Microbiology*, 77:6060–6068.

Hartmann *et al.* 2012. *The ISME Journal*, 6:2199–2218.

Hartmann *et al.* 2014. *The ISME Journal*, 8:226–244.

Il existe des alternatives à la coupe totale qui peuvent maintenir une communauté fongique très semblable aux peuplements non-aménagés.

Kim *et al.* 2021. *Forest Ecology and Management*, 480:118659.

Tomao *et al.* 2020. *Forest Ecology and Management*, 457:117678.

Peu d'information sur les effets à plus long terme et sur les différences entre coupes forestières et perturbations naturelles.



Dispositif de recherche

EL = Épidémie légère (>80 ans)
ES = Épidémie sévère (50 ans)
CT = Coupe totale (50 ans)

Sites de recherche

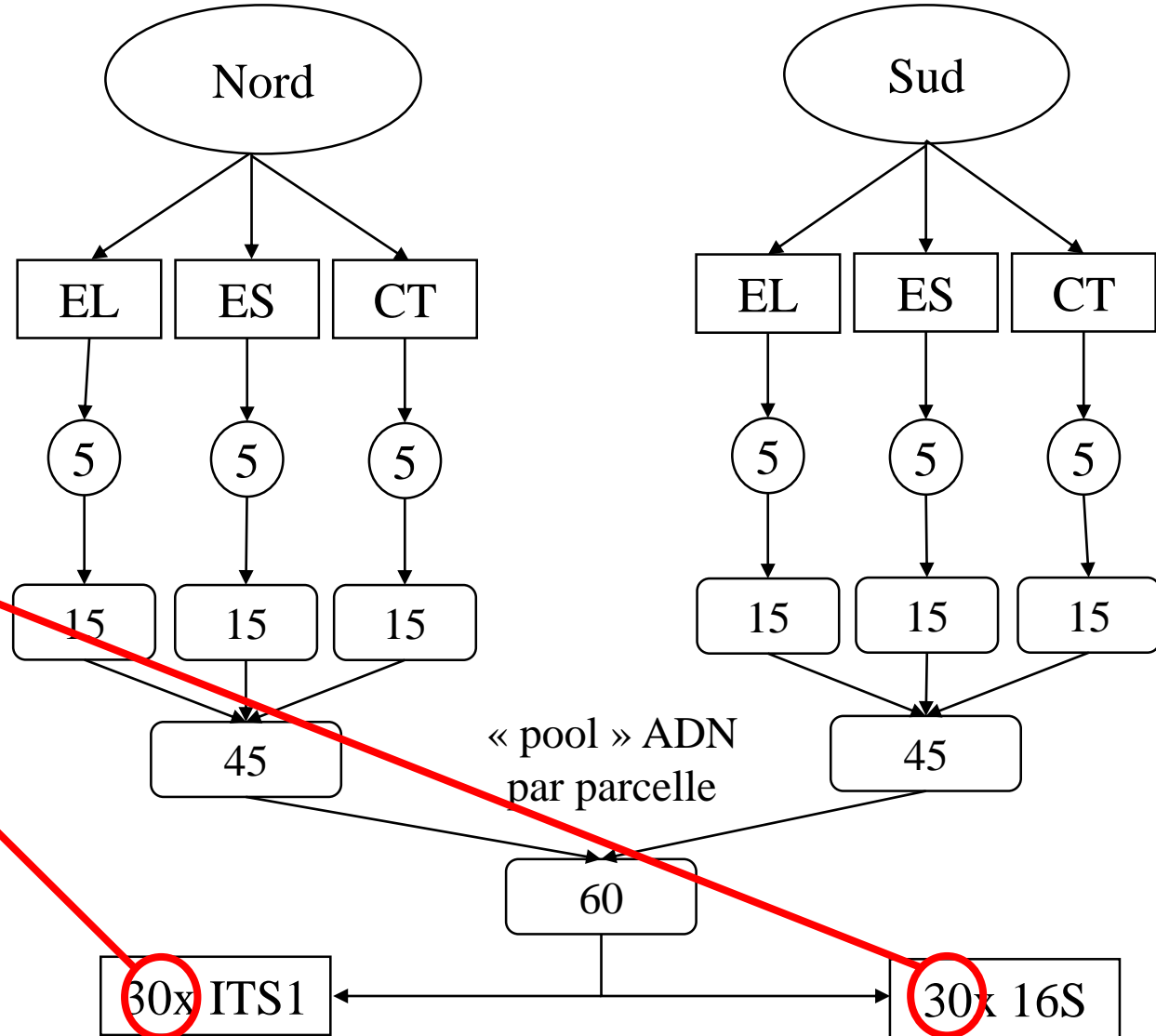
Type de peuplement

de parcelles

d'échantillons

d'extractions d'ADN

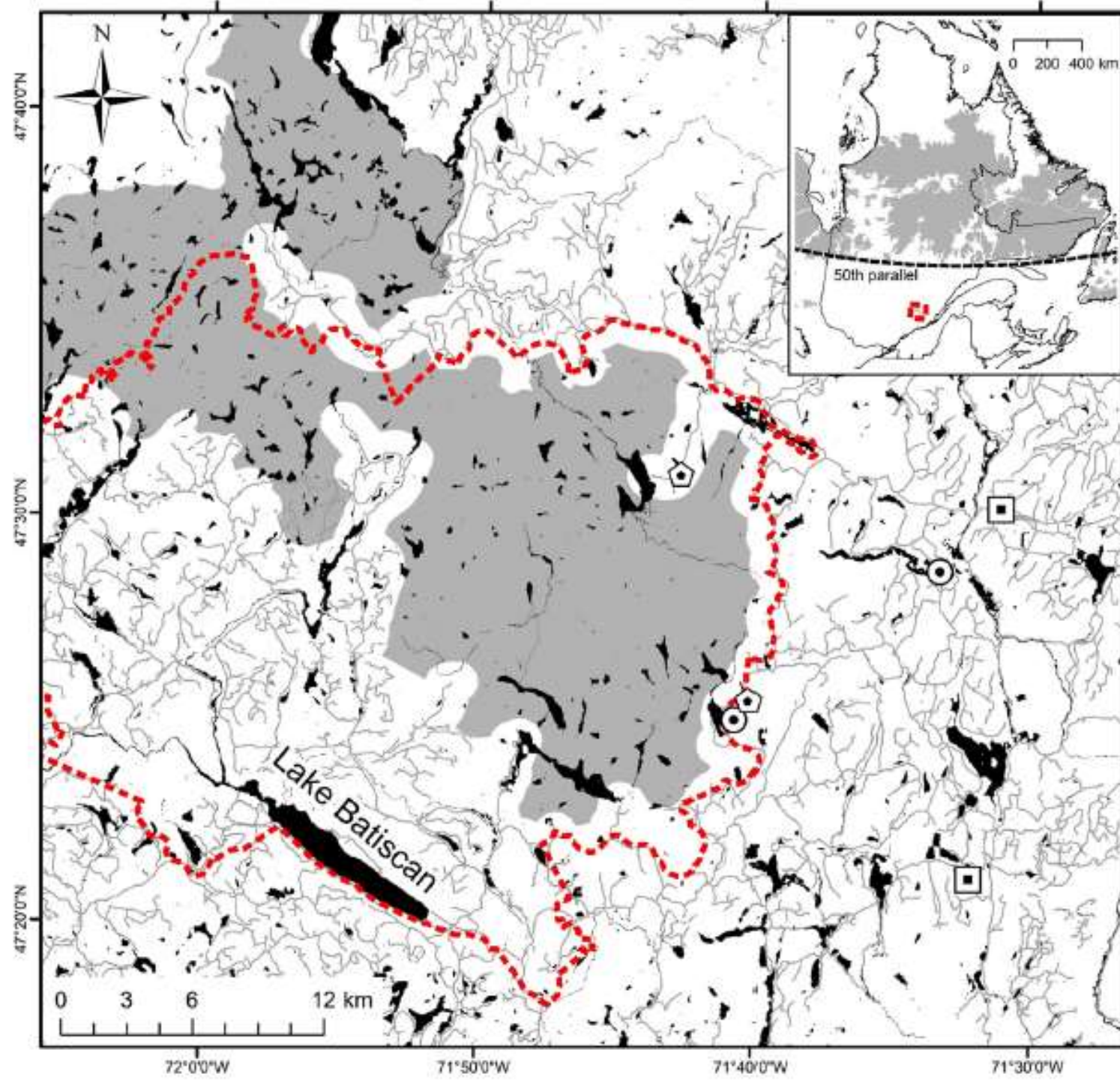
d'amplifications



Site de recherche

Aire protégée d'utilisation durable
Ya'nienhonhndeh

- ▣ Clearcut
- ⊙ Old-growth
- ⬠ Insect outbreak
- ▭ Ya'nienhonhndeh protected area
- Intact forest landscapes 2016
- Lakes and large rivers
- Forest roads



Méthodes

Échantillonnage et covariables

- Trois échantillons de sol forestier par parcelle; humus humique de type mor sur podzol
- Microsites à mi-pente, bien drainés et recouverts de *Pleurozium schreberi*
- Cryotubes sur glace puis azote liquide (max 4 h après récolte) et entreposage -80°C
- 100 g additionnels pour physicochimie : humidité, pH, C, N, S, P et matière organique
- Trois parcelles dendrométriques par peuplement selon les normes canadiennes

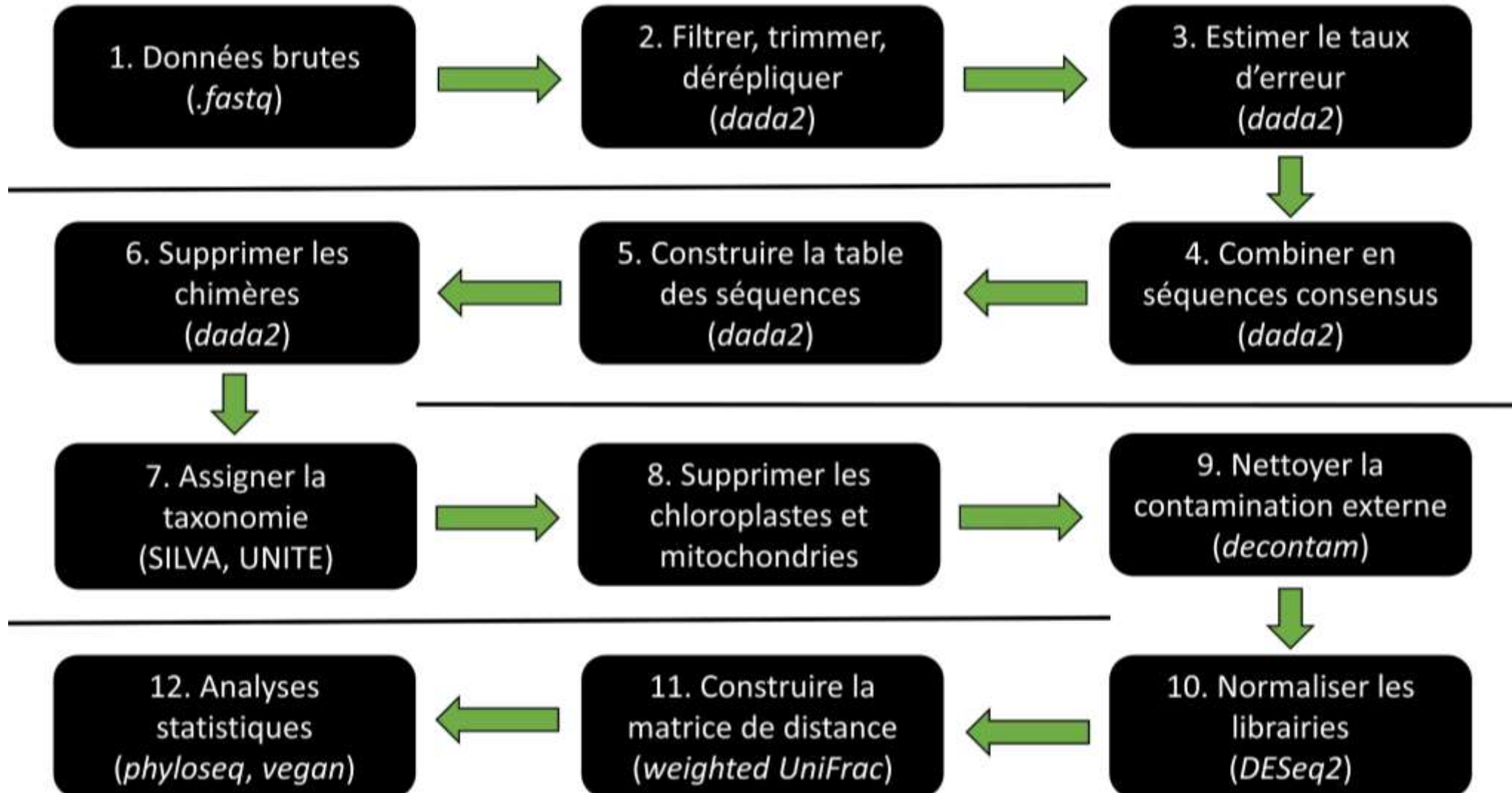
NFI. 2008. <https://tinyurl.com/yjsw4vb6>



Méthodes

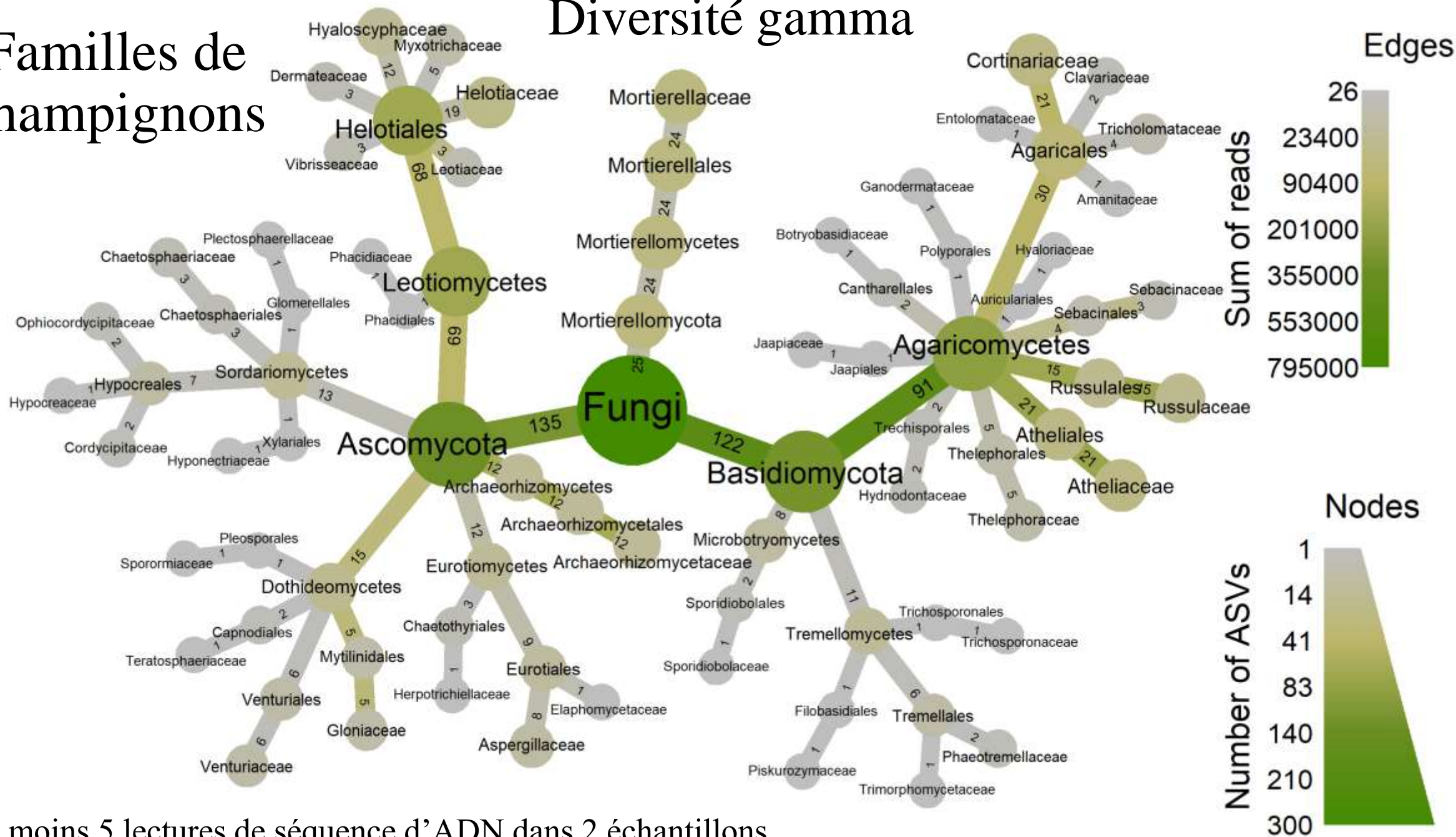
Bioinformatique et analyses statistiques

Système de
séquençage MiSeq



Familles de champignons

Diversité gamma



Au moins 5 lectures de séquence d'ADN dans 2 échantillons

Diversité beta : Analyse de variances permutationale multivariées (PERMANOVA)

Communauté réponse	Source	DL	SC	MC	F	R ²	P
Champignons (n = 295)	Type de peuplement	2	4.850	2.425	1.783	0.124	< 0.001
	Site	1	1.754	1.754	1.290	0.045	0.149
	Type de peuplement x Site	2	2.698	1.349	0.992	0.069	0.478
	Résidus	22	29.918	1.360		0.763	
Mycorhizes (n = 88)	Type de peuplement	2	8.542	4.271	1.522	0.105	0.036
	Site	1	4.275	4.275	1.524	0.052	0.084
	Type de peuplement x Site	2	6.950	3.475	1.239	0.085	0.159
	Résidus	22	61.721	2.806		0.757	
Bactéries (n = 1499)	Type de peuplement	2	0.345	0.172	1.555	0.102	0.022
	Site	1	0.123	0.123	1.111	0.036	0.269
	Type de peuplement x Site	2	0.268	0.134	1.209	0.079	0.151
	Résidus	24	2.660	0.111		0.783	

R² ≈ Proportion de la variabilité observée dans la composition d'une communauté réponse qui est expliquée par la source.

P ≈ Valeur qui indique les chances que l'effet observé ne soit pas lié au hasard (« statistiquement significatif » ; seuil = 0.05)

Diversité beta : Analyses de redondance basées sur la distance (dbRDA)

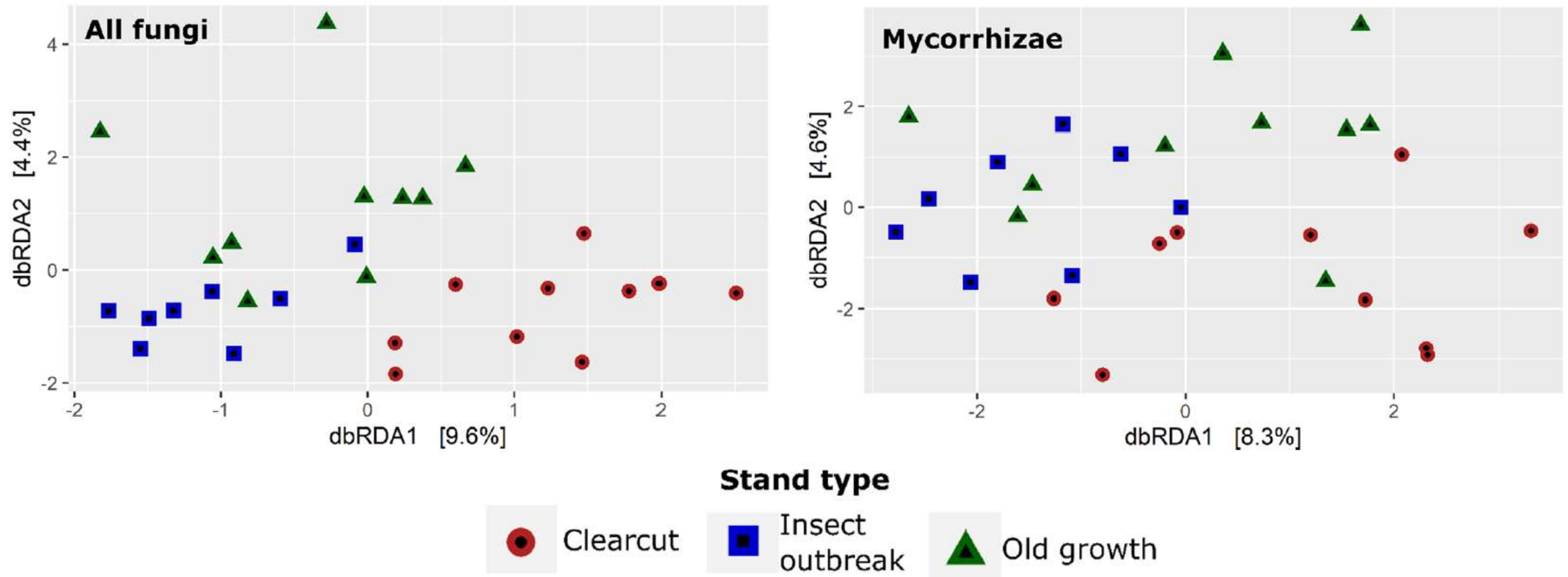
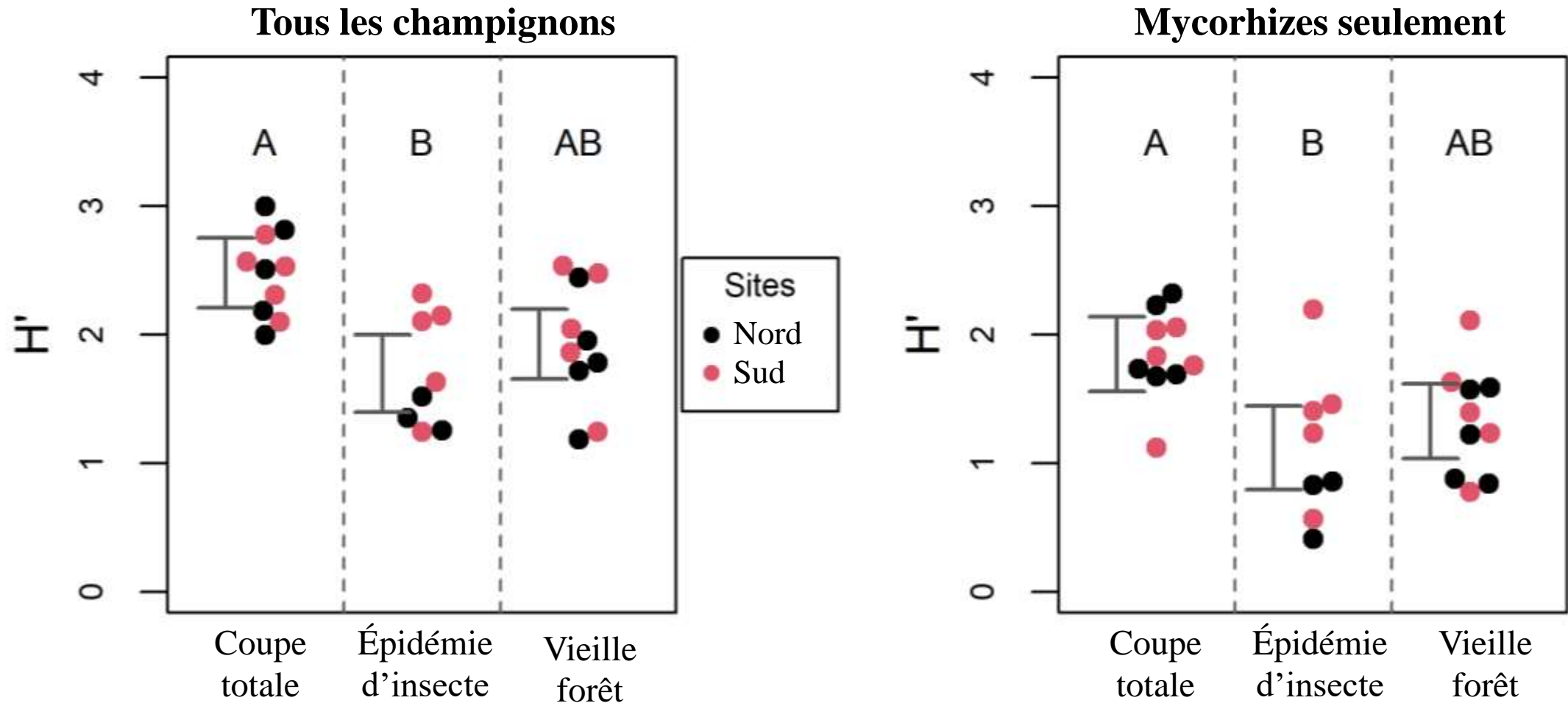


Fig. 2. Distance-based redundancy analysis ordination plots representing the results of the PERMANOVA for fungi and mycorrhizae. In both cases, only the first axis (dbRDA1) was statistically significant ($F > 2.37$; $P < 0.038$). Although the overall model was significant for bacteria, the individual ordination axes for this group were not and are not presented in the figure.

Diversité alpha : Indice de diversité de Shannon (H')



- => Signe encourageant de résilience de la biodiversité boréale face aux coupes totales.
- => MAIS, la composition des communautés diffère entre les types de peuplements.
- => Coexistence de plus d'espèces tolérantes à l'anthropisation au dépend de celles associées aux forêts intactes ?

Analyse d'espèces indicatrices

Les genres de champignon *Tolypocladium* ($IndVal = 0.760$, $P = 0.007$) et *Trichoderma* ($IndVal = 0.676$, $P = 0.023$) se sont révélés être des indicateurs de coupes totales. Ils sont annotés comme étant des parasites fongiques ou animaux.

Le genre de champignon *Amphinema* ($IndVal = 0.849$, $P = 0.036$), un genre annoté comme ectomycorhizien, serait un indicateur de forêts intactes (groupe « épidémie d'insecte + vieilles forêts »).



Merci

Juan Carlos Villarreal

Marc Mazerolle

Louis Lesage

Louis Bélanger

Nicole Fenton

Jean Gagnon

Denis Bastien

Béatrice Carrier

Émilie Gros-Louis

Maxime Picard

Aurélie Beaulieu-Laliberté

Louis-Félix Nothias

Emerson Ferreira Queiroz

Jean-Christophe Séguin

Jean-Luc Wolfender

Annie St-Louis

Kim Dambroise

Audrey Vézina-Lavergne

Virginie Bellavance

Steven Selva

Troy McMullin

Normand Villeneuve

Christian Hébert

Sébastien Dagnault

Olivier Jeffrey

Connie Lovejoy

Normand Voyer

Jean-Michel Béland

Claude Roy

Marta Alonso Garcia

Dennis Escolástico

Adriel Michel Sierra

Maryse Godin

Marie-Ève Beaulieu

Sandrine Toupin



© Bureau du Nionwentsio





© Bureau du Nionwentsio



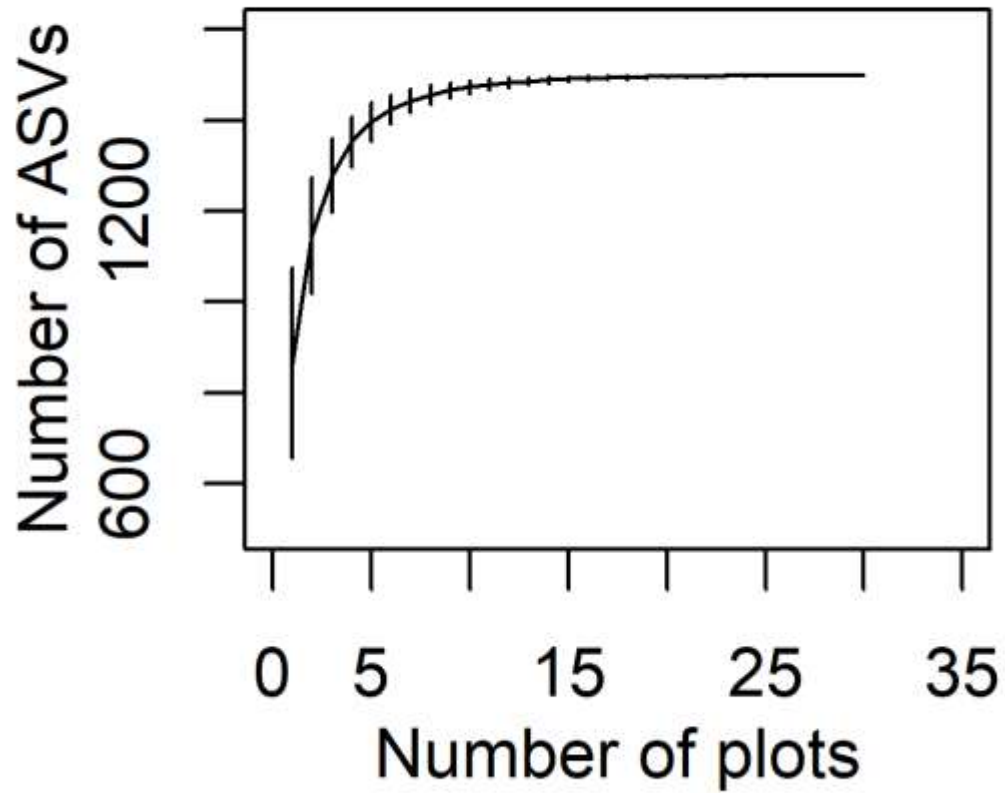
Questions ?



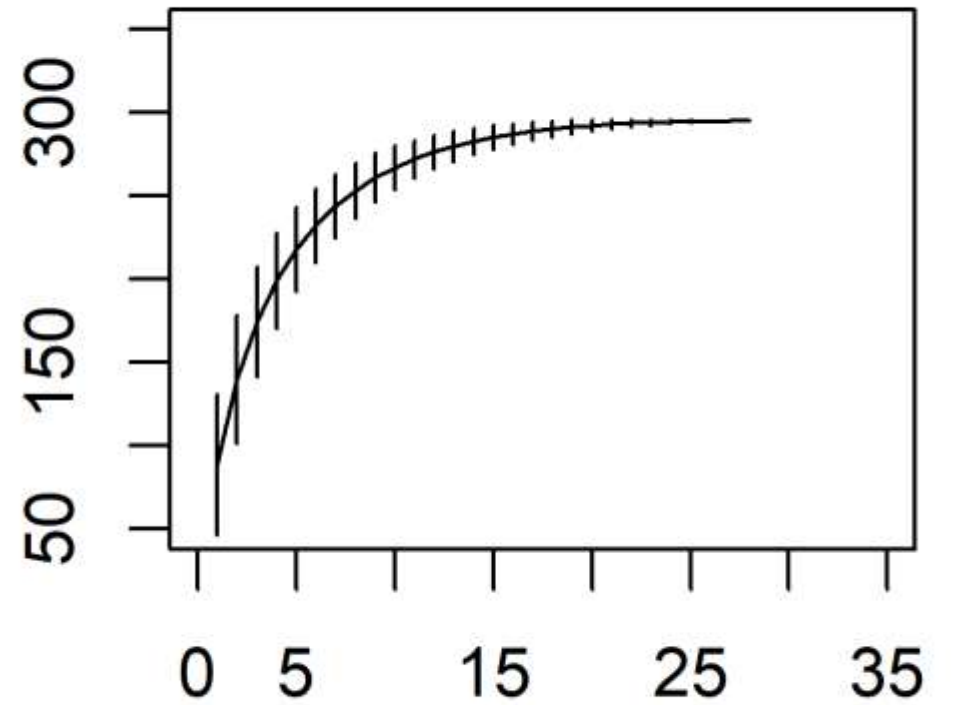
© Bureau du Nionwentsio

Courbes d'accumulation

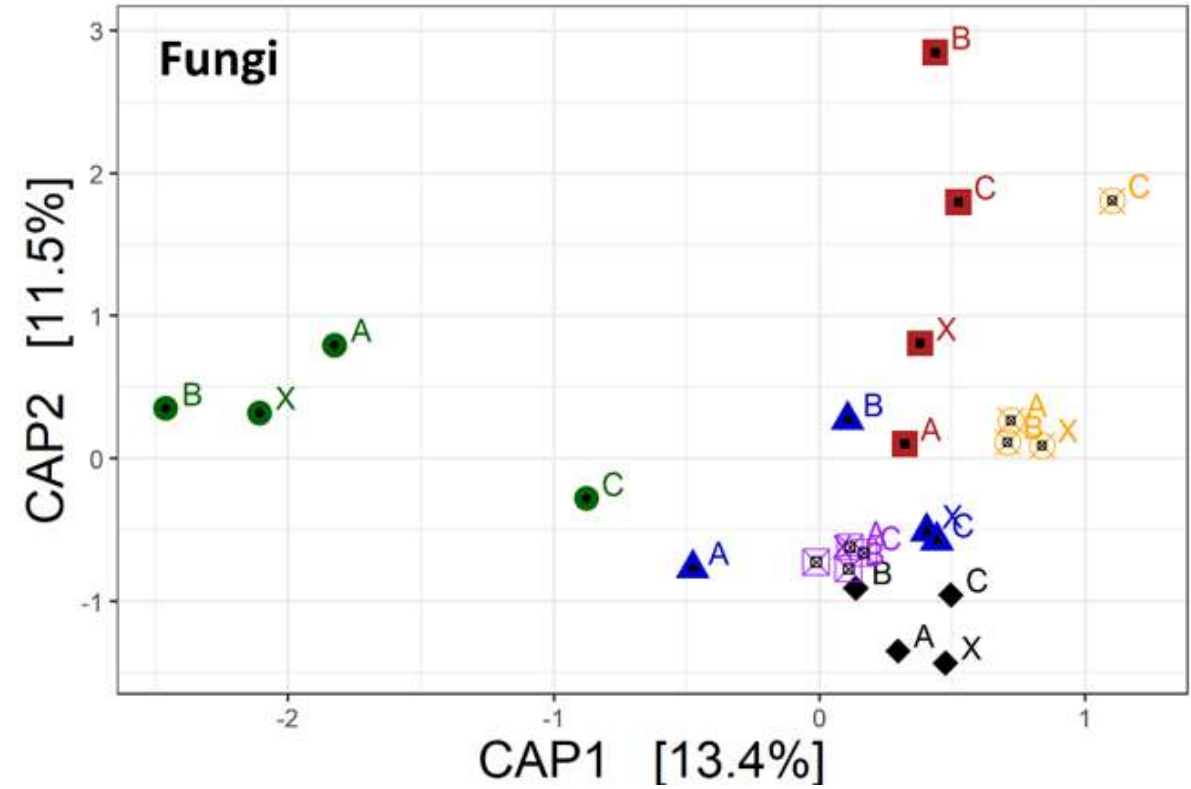
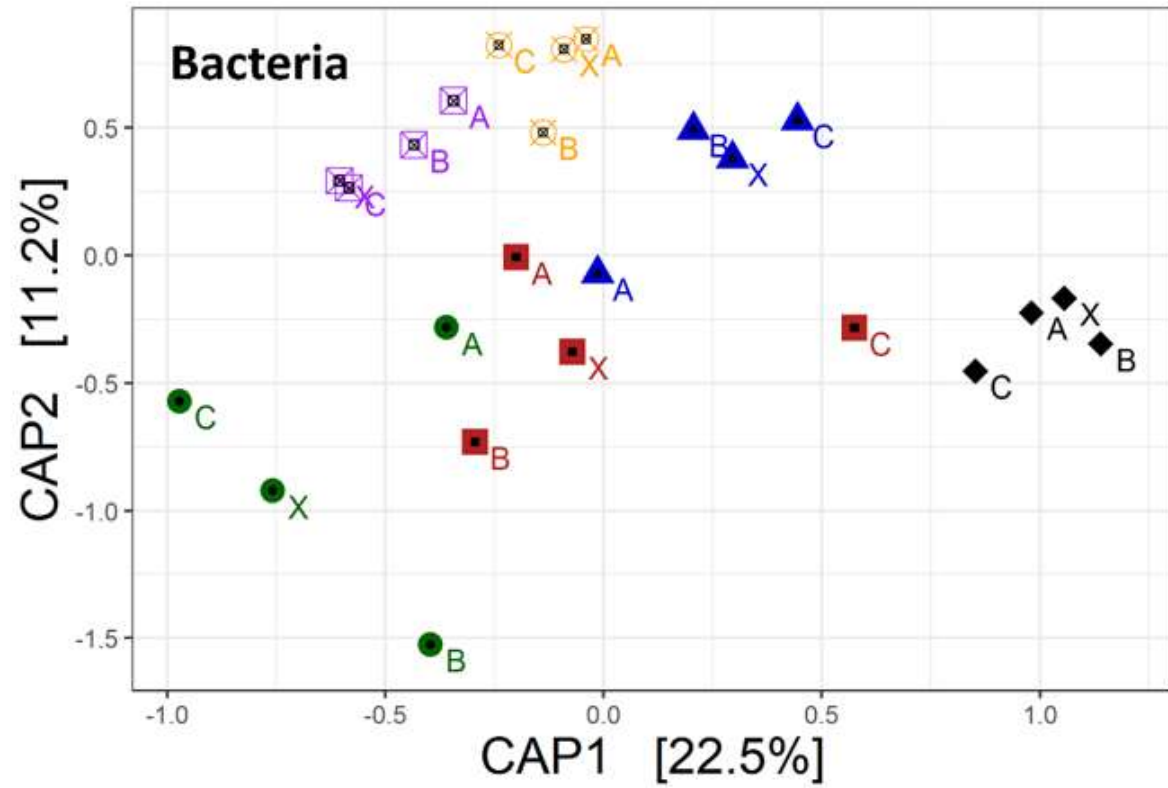
Bacteria



Fungi



Échantillons composés



Plots



LEMCT8



LEMEL6



LEMES4



MALCT4



MALEL4



MALES8

Qu'est-ce qui caractérise une « forêt intacte » ?

Perturbations naturelles et continuité écologique

Le maintien de la biodiversité boréale repose sur la **complexité** structurale et successionale qui émane de l'**accumulation** de perturbations naturelles d'intensité, de nature et de superficie variables

Kuuluvainen 2009. *Ambio*, 38:309–3015.

Martin et al. 2019. *Annals of Forest Science*, 76:108.

La continuité écologique peut être définie comme la période durant laquelle un site ou une région demeure inaffecté par des perturbations naturelles ou anthropiques majeurs.

McMullin et Wiersma 2019. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17:176–181.



Les legs biologiques assurent-ils la continuité des communautés biotiques après une épidémie sévère?

Écosystème ancien composé de jeunes forêts?



Écosystèmes forestiers intacts

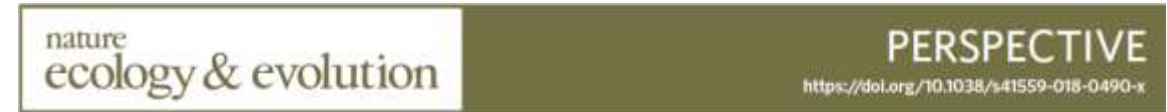
Définition conceptuelle

“Forêt naturelle libre d’activités humaines significativement dommageable”

Valeurs exceptionnelles:

- Cultures autochtones
- Séquestration du carbone
- Régulation de l’eau
- Conservation de la biodiversité

-
- Témoin pour l’aménagement des forêts
 - Intrinsèque



The exceptional value of intact forest ecosystems

James E. M. Watson^{1,2,15*}, Tom Evans^{2,15}, Oscar Venter³, Brooke Williams^{1,2}, Ayesha Tulloch^{1,2}, Claire Stewart¹, Ian Thompson⁴, Justina C. Ray⁵, Kris Murray⁶, Alvaro Salazar¹, Clive McAlpine¹, Peter Potapov⁷, Joe Walston², John G. Robinson², Michael Painter², David Wilkie², Christopher Filardi⁸, William F. Laurance⁹, Richard A. Houghton¹⁰, Sean Maxwell¹, Hedley Grantham^{1,2}, Cristián Samper², Stephanie Wang², Lars Laestadius¹¹, Rebecca K. Runting¹, Gustavo A. Silva-Chávez¹², Jamison Ervin¹³ and David Lindenmayer¹⁴



A review of the intact forest landscape concept in the Canadian boreal forest: its history, value, and measurement

L.A. Venier, R. Walton, I.D. Thompson, A. Arsenault, and B.D. Titus

Paysages forestiers intacts

Un exemple de définition opérationnelle

“Mosaïque continue de forêts et d'écosystèmes naturellement sans arbres où aucun signe d'activité humaine n'est détecté par satellite et dont la superficie minimum est de 500 km².”

Principales causes de réduction dans le monde :

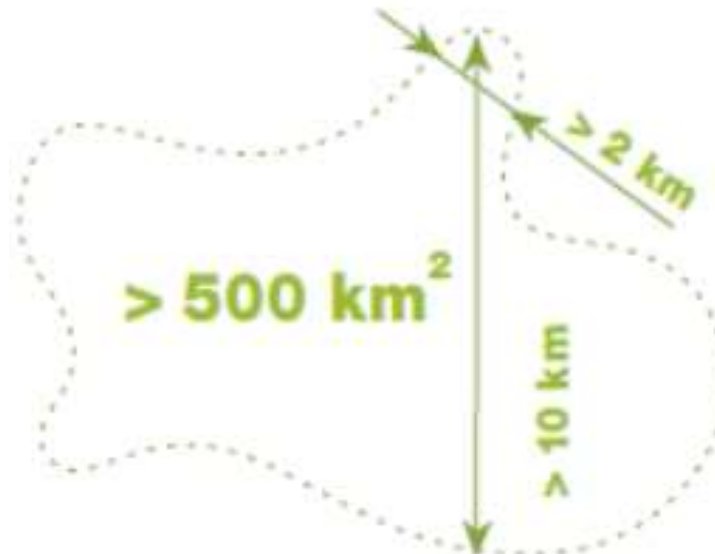
- Foresterie industrielle
- Expansion de l'agriculture
- Incendies d'origine anthropique
- Exploitation minière

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

CONSERVATION BIOLOGY

The last frontiers of wilderness: Tracking loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013

Peter Potapov,^{1*} Matthew C. Hansen,¹ Lars Laestadius,² Svetlana Turubanova,¹ Alexey Yaroshenko,³ Christoph Thies,⁴ Wynet Smith,⁵ Ilona Zhuravleva,³ Anna Komarova,³ Susan Minnemeyer,⁶ Elena Esipova⁷



<http://www.intactforests.org/>



<https://www.globalforestwatch.org/>

Paysages forestiers intacts au Québec

2016 :

189 581 km² au sud du 52^{ème} parallèle, **99,1%** desquels sont au **nord du 50^{ème}**

Entre **2000** et **2016** :

Perte de 10,13% à l'échelle de la province (la moyenne mondiale est de 9,35%)

Potapov *et al.* 2017. *Science Advances*, 3:e1600821.

