



Dorian M. GABORIAU PhD

Stagiaire postdoctoral

Institut de Recherche sur les Forêts

Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, QC, Canada

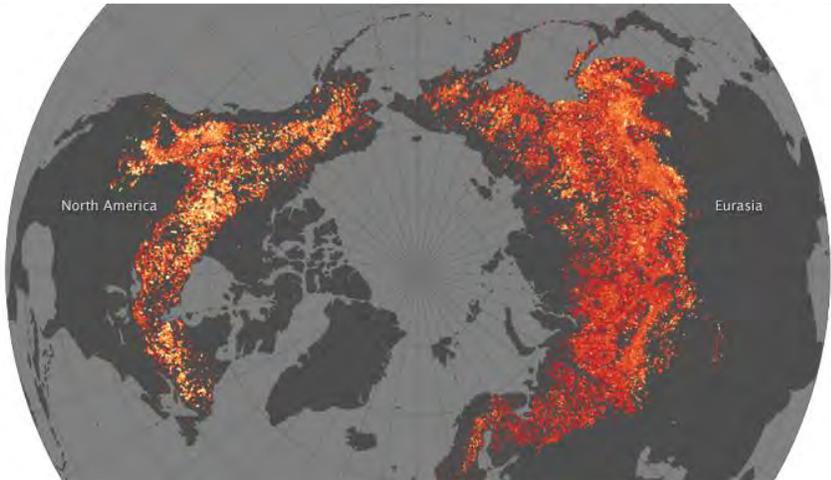
Laboratoire International de Recherche sur les Forêts Froides

dorian.gaboriau@uqat.ca



© Kyle Thomas

Convergence et divergence des taux de brûlage dans les forêts boréales d'Amérique du Nord



© NASA – Earth Observatory

Caractérisation du régime des feux des forêts boréales eurasiennes depuis 2000, à l'aide de l'imagerie satellitaire MODIS

2015



2017





UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER



Ressources naturelles
Canada



Régimes des feux holocène, contemporain et futur aux Territoires du Nord-Ouest, Canada



**Ecologie forestière
Paléoécologie
Modélisation**

2017

2021



- ❑ *Reconstitution paléoécologique de la dynamique des pinèdes aux parcs nationaux de la Mauricie et d'Opémican au Québec*



2021

Coordination
Développement de projets
Aide aux étudiants

- ❑ *Histoire postglaciaire de la végétation et des feux au parc national d'Aiguebelle*
- ❑ *Interactions feu-climat-végétation depuis 11,000 ans au sud de l'Ontario / Manitoba*

Convergence et divergence des taux de brûlage dans les forêts boréales d'Amérique du Nord

© Kyle Thomas



PUBLISHING

RESEARCH PAPER

<https://doi.org/10.1071/WF22090>

International Journal of
WILDLAND FIRE

International Association
of Wildland Fire



Converging and diverging burn rates in North American boreal forests from the Little Ice Age to the present

Raphaël D. Chavardès^{A,B,C#}, Victor Danneyrolles^{D,*.#}, Jeanne Portier^E, Martin P. Girardin^B,
Dorian M. Gaboriau^A, Sylvie Gauthier^B, Igor Drobyshev^F , Dominic Cyr^G, Tuomo Wallenius^H and
Yves Bergeron^{A,I}

<https://doi.org/10.1071/WF22090>

Table 1. Characteristics for the 16 fire-history study sites in North American boreal forests including mean burn rate (BR; % of study site area burned per year) estimates during the historical and modern periods.

Fire-history study site	Province, territory, or state	Area surveyed (km ²)	Source	Historical period (1700–1990)			Modern period (1980–2020)	
				Censored data	Record (calendar years)		Mean BR estimate (% per year)	Mean BR estimate (% per year)
					Start	End		
1: Gaspésie	QC	8669	Lauzon <i>et al.</i> (2007)	Y	1790	1990	1.06	0.09
2: Côte Nord	QC	15 515	Cyr <i>et al.</i> (2007)	Y	1720	1990	0.48	0.14
3: Lac-Saint-Jean	QC	7915	Bélisle <i>et al.</i> (2011)	Y	1700	1990	0.37	0.20
4: Central Québec	QC	3629	Lesieur <i>et al.</i> (2002)	Y	1720	1990	0.98	0.53
5: Waswanipi	QC	10 628	Le Goff <i>et al.</i> (2007)	Y	1720	1990	0.74	0.56
6: Eastern Abitibi	QC	3505	Kafka <i>et al.</i> (2001)	Y	1770	1990	0.77	0.49
7: Southeastern Abitibi	QC	13 319	Drobyshev <i>et al.</i> (2017)	Y	1800	1990	1.02	0.00
8: Northern Témiscamingue	QC	2943	Grenier <i>et al.</i> (2005)	Y	1740	1990	0.48	0.00
9: Western Abitibi	QC	16 051	Bergeron <i>et al.</i> (2004)	Y	1700	1990	0.85	0.06
10: Lake Abitibi	ON	10 182	Lefort <i>et al.</i> (2003)	Y	1730	1990	0.69	0.02
11: Central Ontario	ON	13 795	Senici <i>et al.</i> (2010)	Y	1750	1990	0.46	0.60
12: Prince Albert	SK	3827	Weir <i>et al.</i> (2000)	N	1760	1990	3.78	0.40
13: Rutledge Lake	NT	10	Johnson (1979)	N	1770	1970	5.54	0.00
14: Wood Buffalo	AB	41 231	Larsen (1997)	N	1700	1990	1.90	1.47
15: Northwestern Canada	AB, BC, NT	487 633	Wallenius <i>et al.</i> (2011)	N	1770	1990	2.37	0.77
16: Porcupine River	AK	36 000	Yarie (1981)	N	1790	1970	5.91	1.13

Feux de forêt en Amérique du Nord

- Perturbation majeure en forêt boréale
- Incendies de remplacement à haute sévérité dominant



© A.J. Casson, October North Shore 1929
Groupe des sept

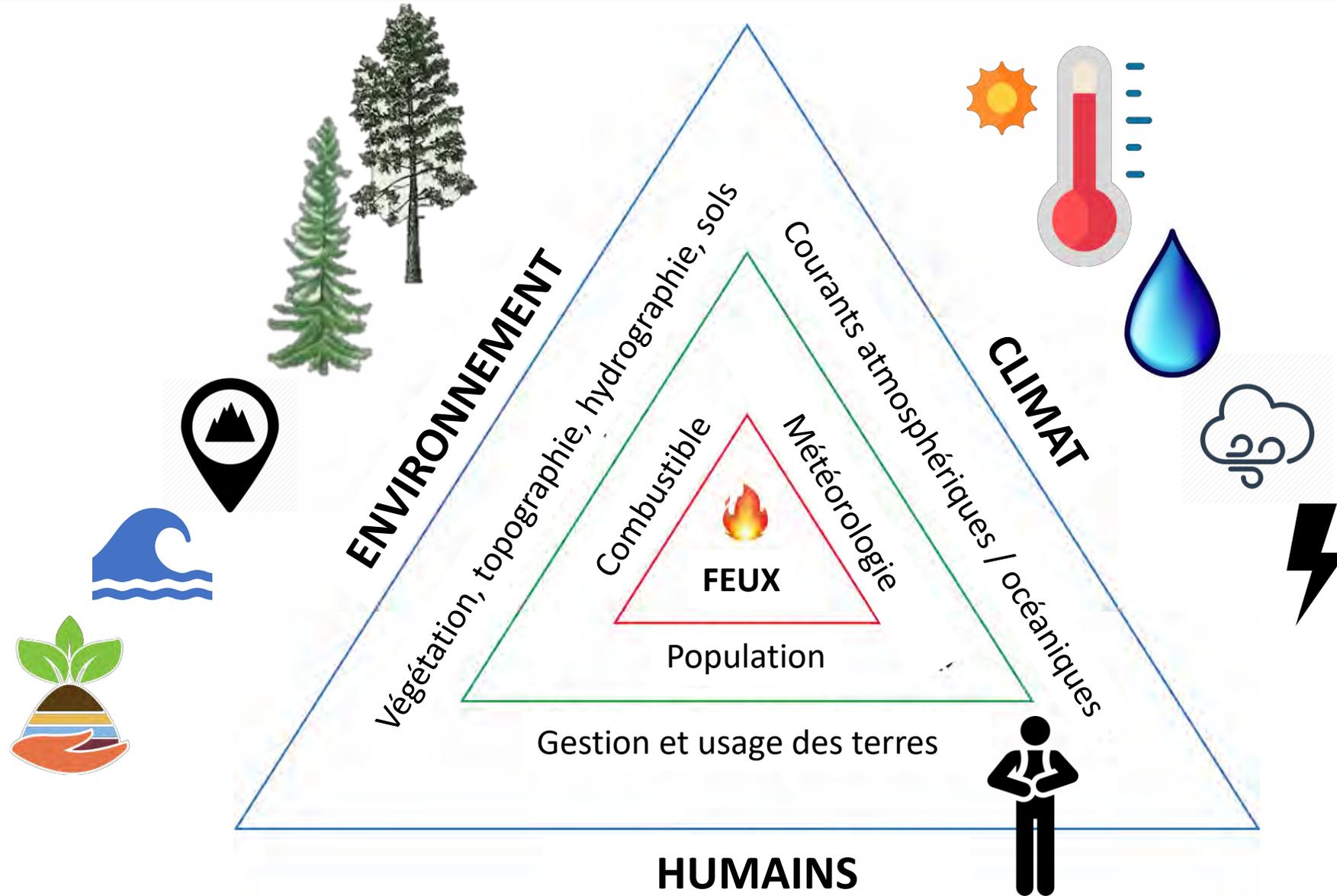


Sécheresse

Feux de forêt au Canada: l'état d'urgence déclaré dans d'Alberta, 122.000 hectares brûlés

📅 Publié le 7 mai 2023 à 18:28 | 🔄 Actualisé le 7 mai 2023 à 18:39

Feux de forêt en Amérique du Nord

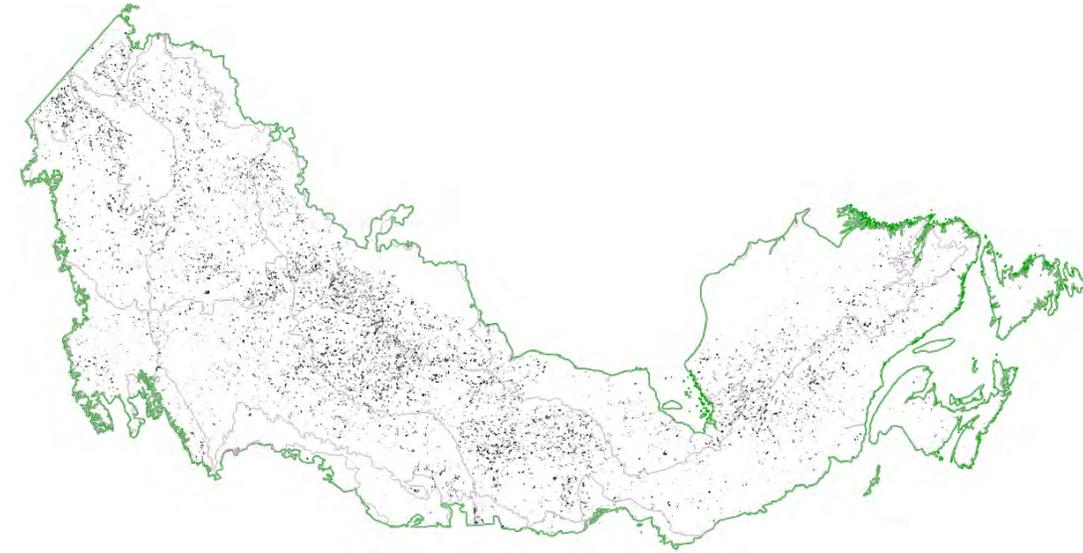
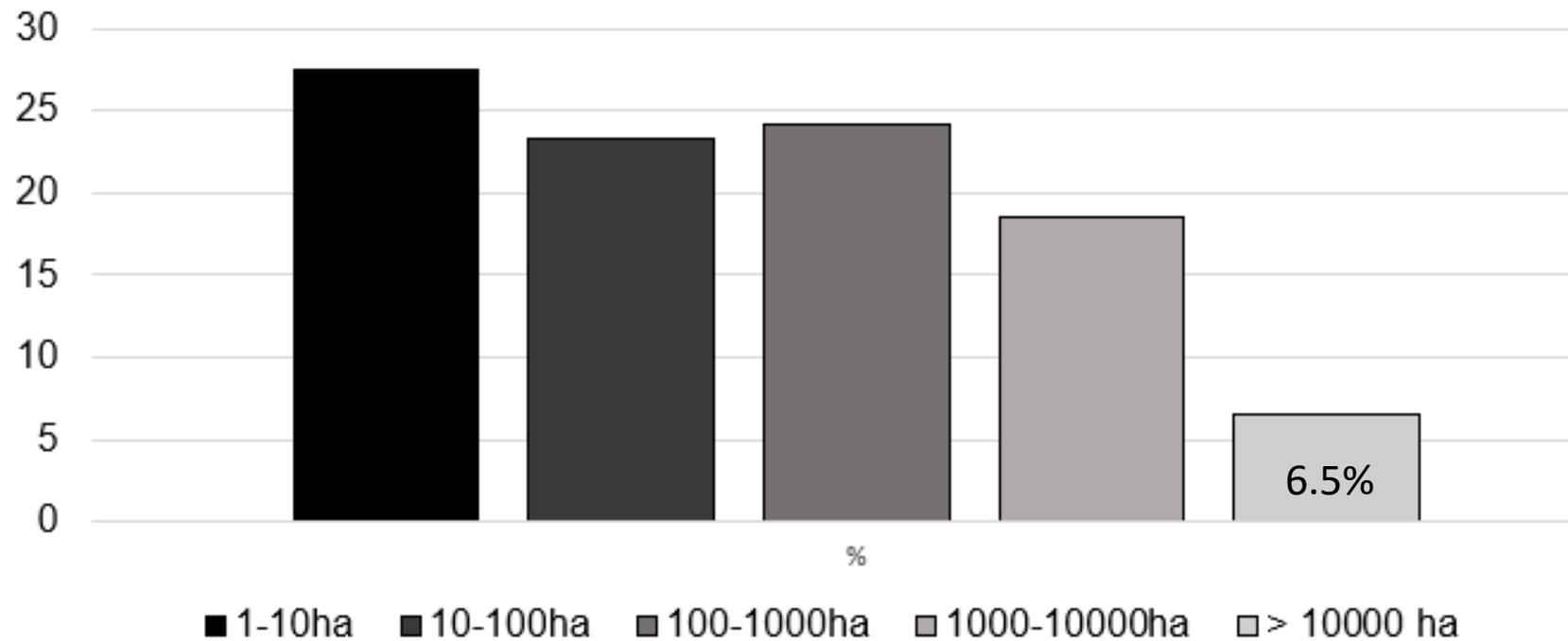


Distribution des feux au Canada selon leur taille

- Grand nombre de **petits feux** < 200 ha
- **Très grands feux** > 10,000 ha peu nombreux

% des occurrences de feux par classes de taille
(1984 à 2019)

Canadian National fire database



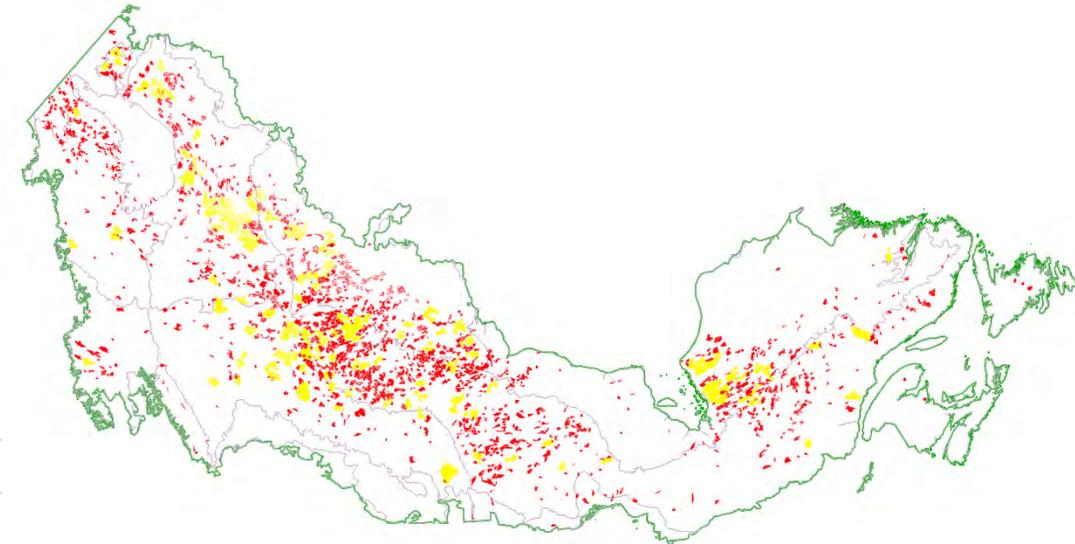
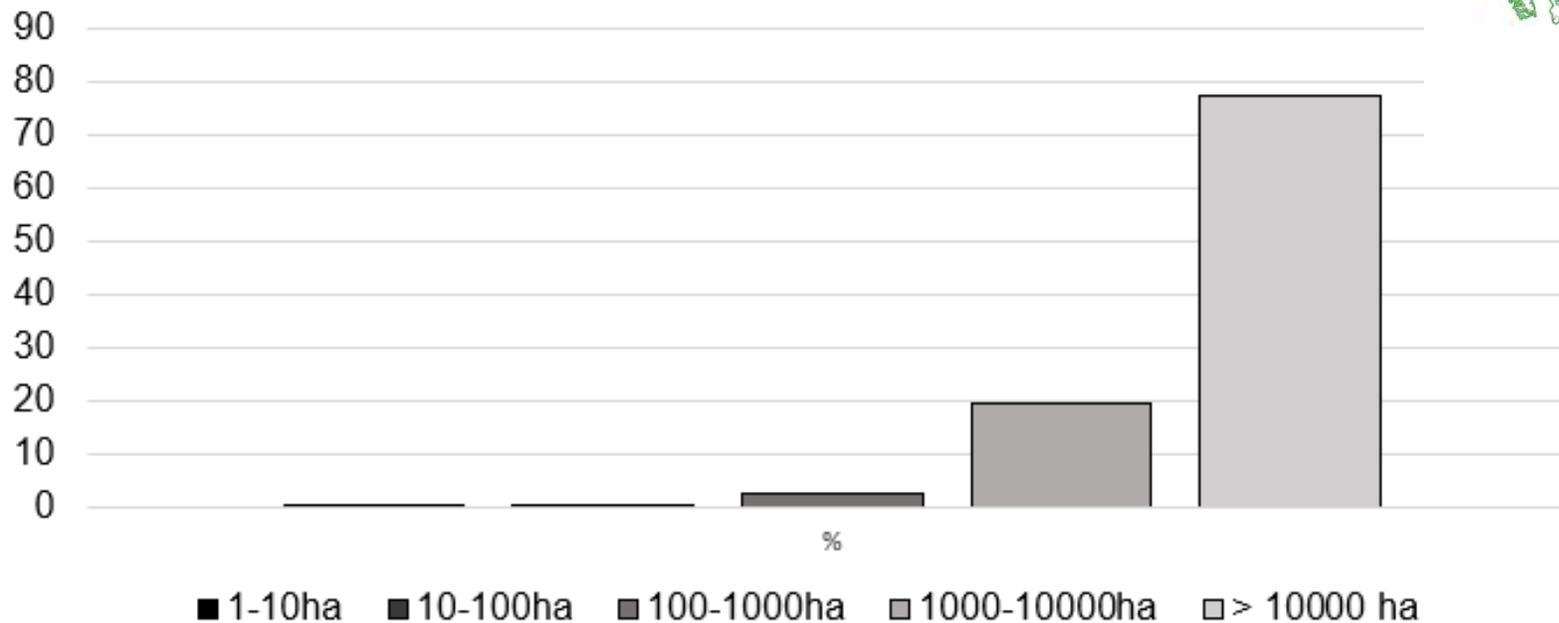
Feux de 1 à 10 000 ha
entre 1984 et 2019

Distribution des feux au Canada selon leur taille

- Bien que peu nombreux, les **grands incendies** représentent la **majorité des superficies brûlées**
- 3 à 4 feux > 100,000 ha par an en moyenne

% des superficies brûlées par classes de taille
(1984-2019)

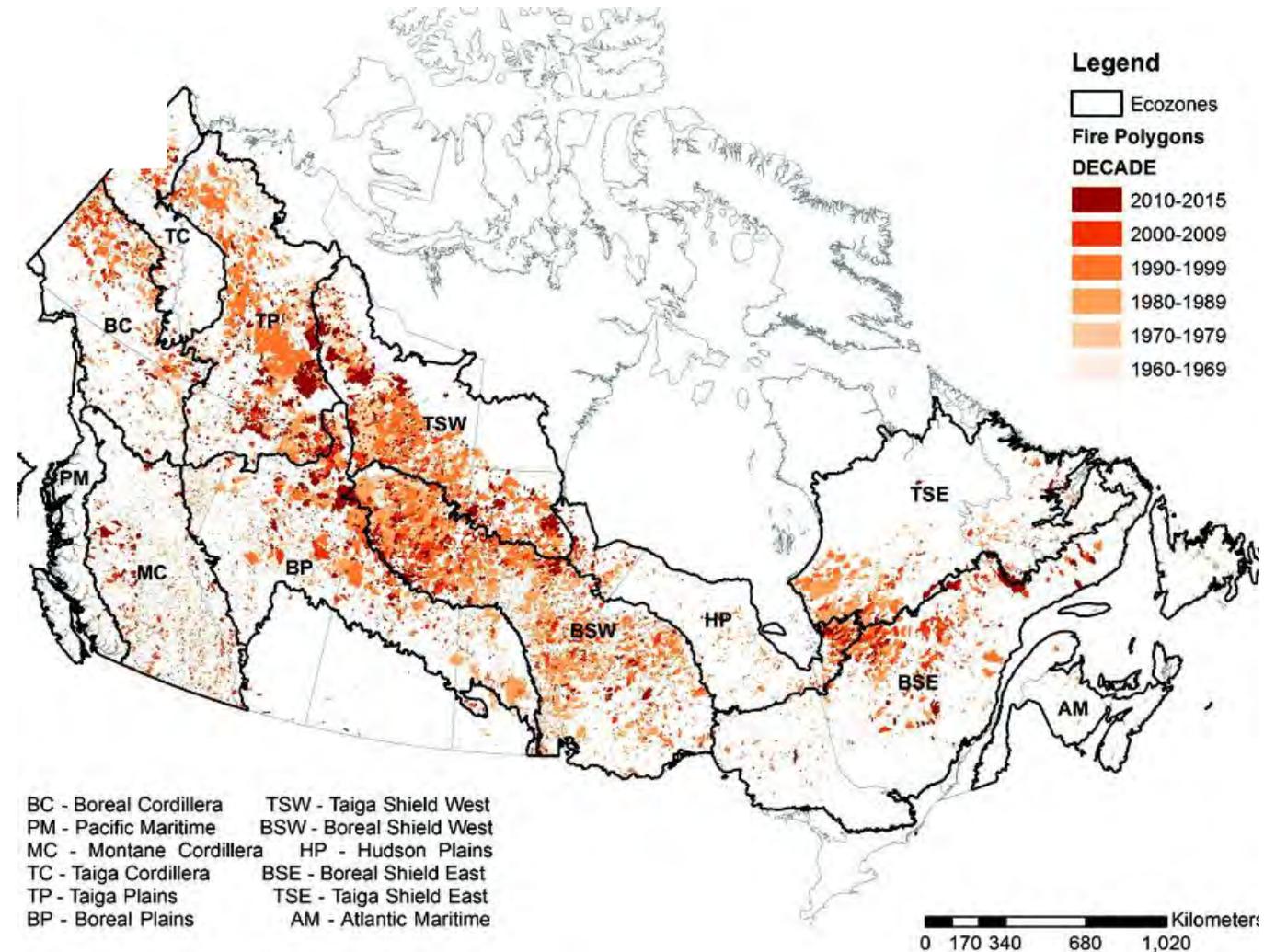
Canadian National fire database



Feux > 10 000 ha
et > 100,000 ha

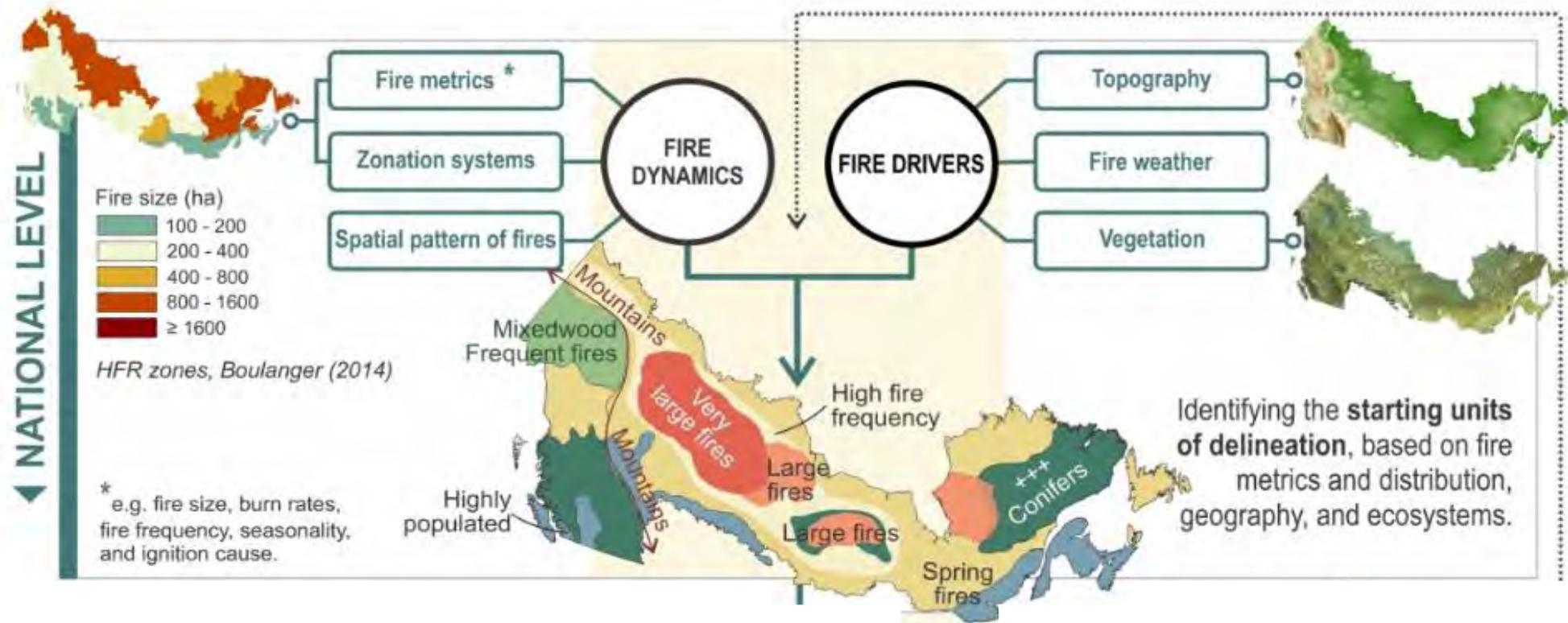
Feux de forêt : répartition spatiale

Répartition des feux (≥ 200 ha) de 1959 à 2015 au Canada



Feux de forêt : répartition spatiale

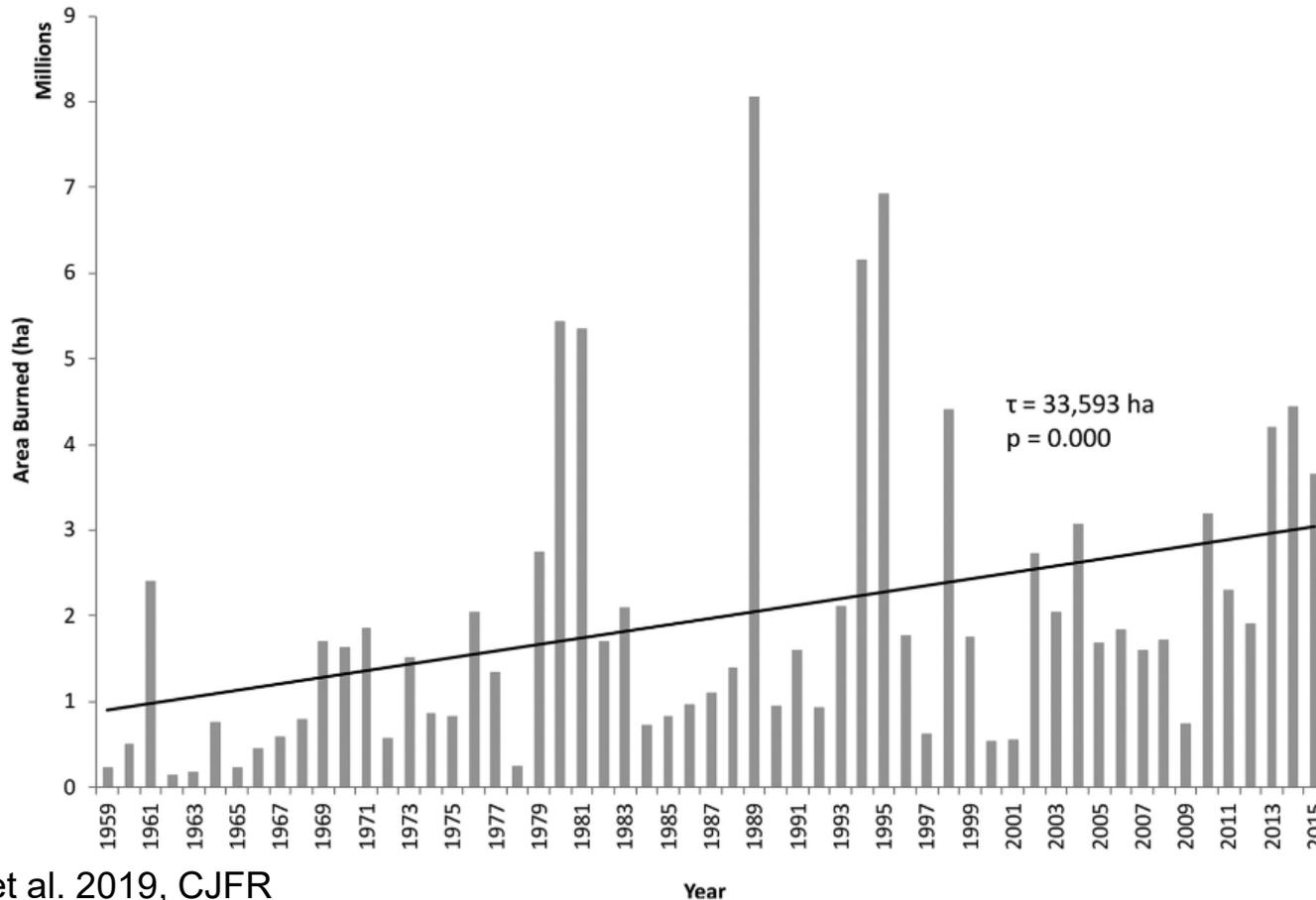
- **Zonage** du régime des feux: unités relativement homogènes
- **Indicateurs** : conditions météorologiques, types de combustibles, topographie, usage des terres, densité humaine



Feux de forêt : dynamique temporelle

- L'activité de feu varie aussi temporellement dans les forêts boréales nord-américaines

Évolution des superficies brûlées de 1959 à 2015 au Canada
Canadian National fire database



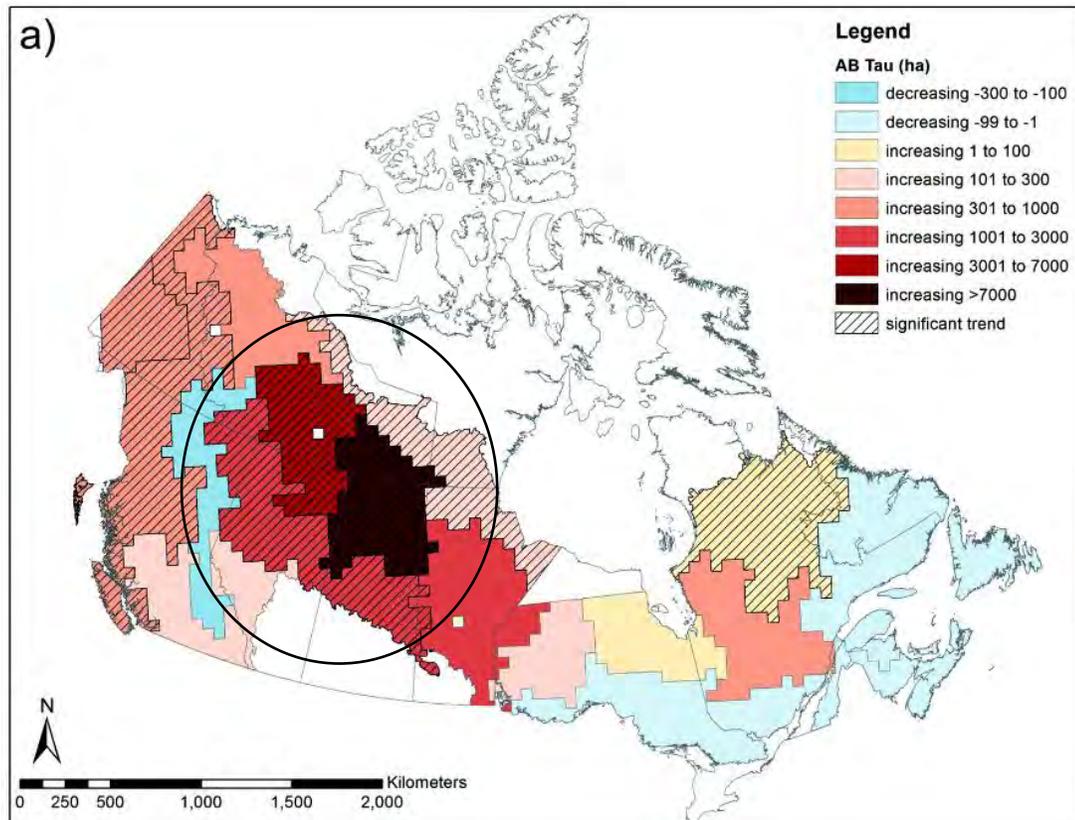
- Période courte
- ++ d'incertitude avant 1970
- Lié à l'augmentation de la taille des très grands feux

rappelez vous aux NWT en 2014,
3,4 millions d'hectares brûlés !!!

Feux de forêt : dynamique temporelle

- Des changements non homogènes à l'échelle continentale

Tendances des superficies brûlées par les grands incendies de 1959 à 2015



- **Ouest canadien**

augmentation significative des superficies brûlées depuis 1959 (grands feux provoqués par la foudre)

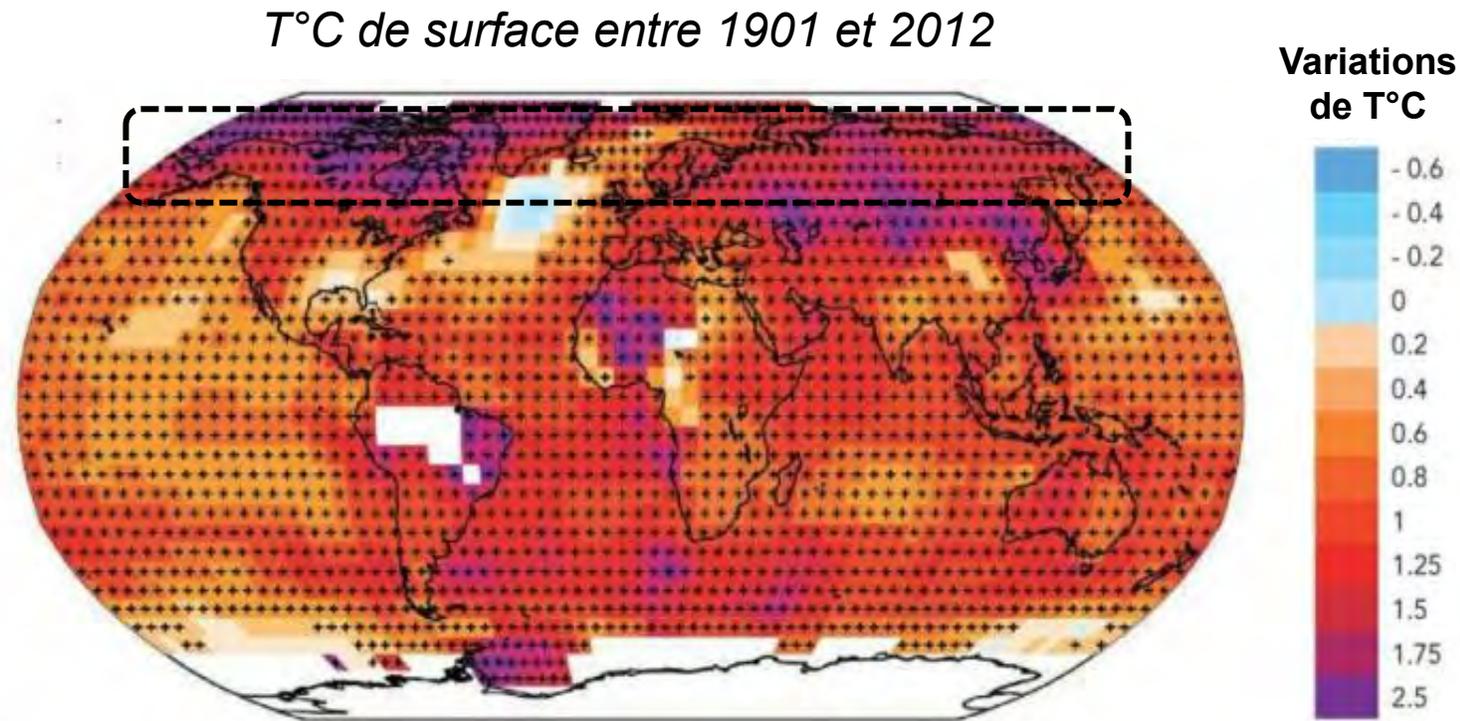
- **Zones centrales et orientales**

tendances stables ou en baisse

Facteurs de changement des dynamiques des feux de forêt

Les tendances du régime des incendies varient dans l'espace et fluctuent dans le temps

↪ changements climatiques naturels et anthropiques



+ 1,5°C to + 2,5°C

Facteurs de changement des dynamiques des feux de forêt

↪ interventions humaines (ignition, exclusion, aménagement des forêts, usage des terres, fragmentation du paysage)



© Sopfeu, 2020



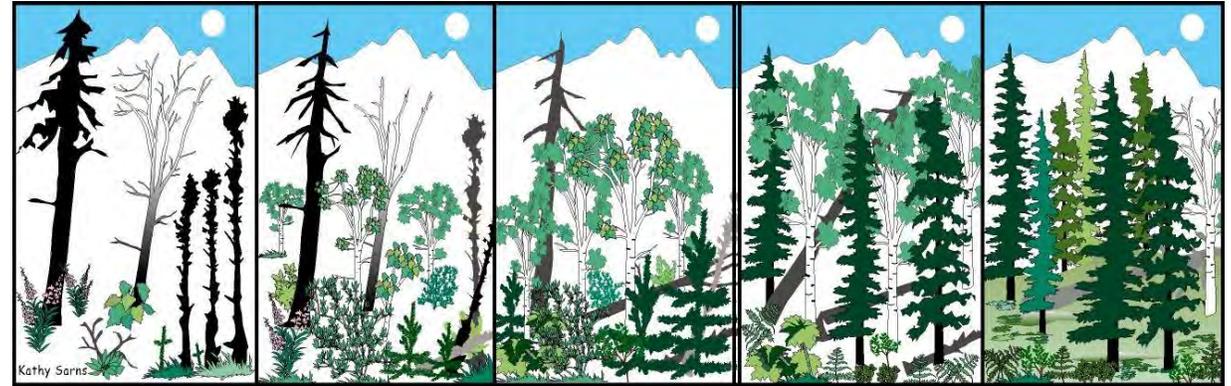
© Montembeault, 2019

Conséquences des changements de dynamiques de feux



Impacts sur les sociétés humaines

(Cuerrier et al., 2015; Dodd et al., 2018
Johnston et al., 2020; Morarin 2020)



Impacts sur la mosaïque paysagère, les sols, les ressources en eau

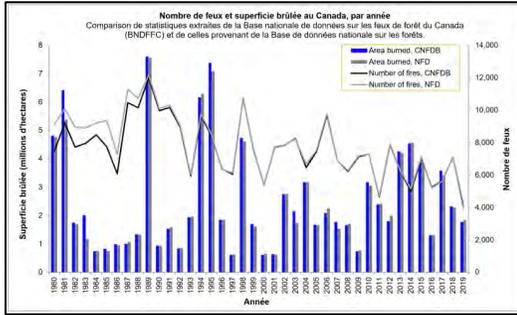
(Whitman et al., 2019; Erni et al., 2017; Pausas et al., 2008)



Conséquences sur l'albédo et le climat

(Randerson et al., 2006; Walker et al., 2019)

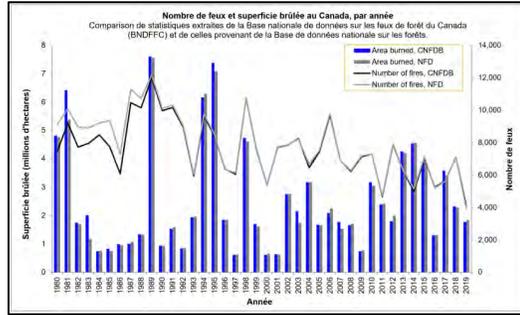
Étudier la dynamique du régime des feux



ARCHIVES
HISTORIQUES & DONNÉES
SATELLITAIRES

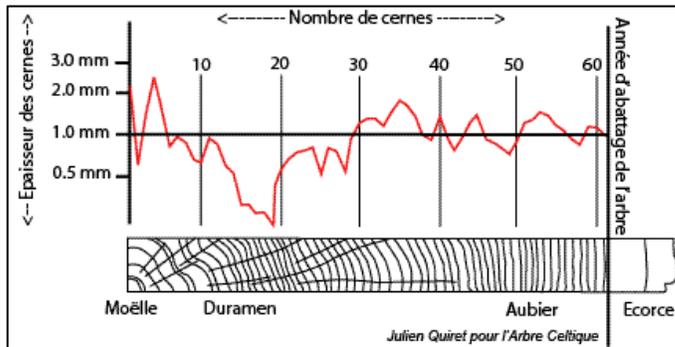
1950 -----> 2023

Étudier la dynamique du régime des feux



ARCHIVES
HISTORIQUES & DONNÉES
SATELLITAIRES

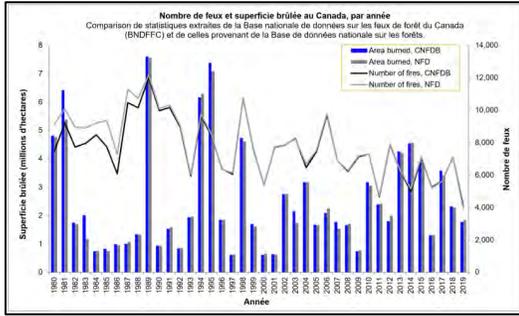
1950 -----> 2023



CERNES ANNUELS DE
CROISSANCE & CICATRICES

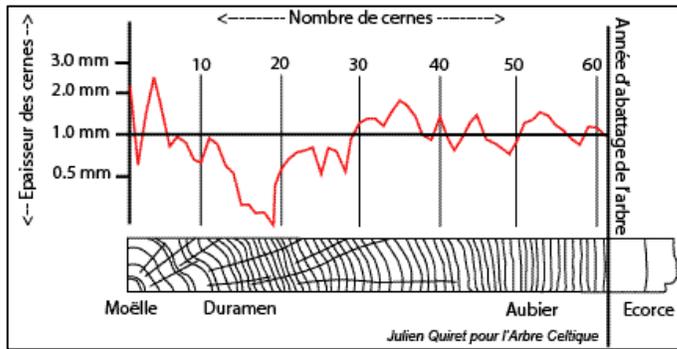
1500 -----> 2023

Étudier la dynamique du régime des feux



ARCHIVES
HISTORIQUES & DONNÉES
SATELLITAIRES

----->
1950 2023



CERNES ANNUELS DE
CROISSANCE & CICATRICES

----->
1500 2023



CHARBONS LACUSTRES
/ DE SOL

----->
-10 000 0 cal. BP

Converging and diverging burn rates in North American boreal forests from the Little Ice Age to the present

Raphaël D. Chavardès^{A,B,C,#}, Victor Danneyrolles^{D,*,#}, Jeanne Portier^E, Martin P. Girardin^B,
Dorian M. Gaboriau^A, Sylvie Gauthier^B, Igor Drobyshev^F, Dominic Cyr^G, Tuomo Wallenius^H and
Yves Bergeron^{A,I}

Variation des taux de brûlage période historique 1700 à 1990

Enregistrements de cohortes d'arbres

Datation dendrochronologique
(cicatrices + établissement du peuplement)



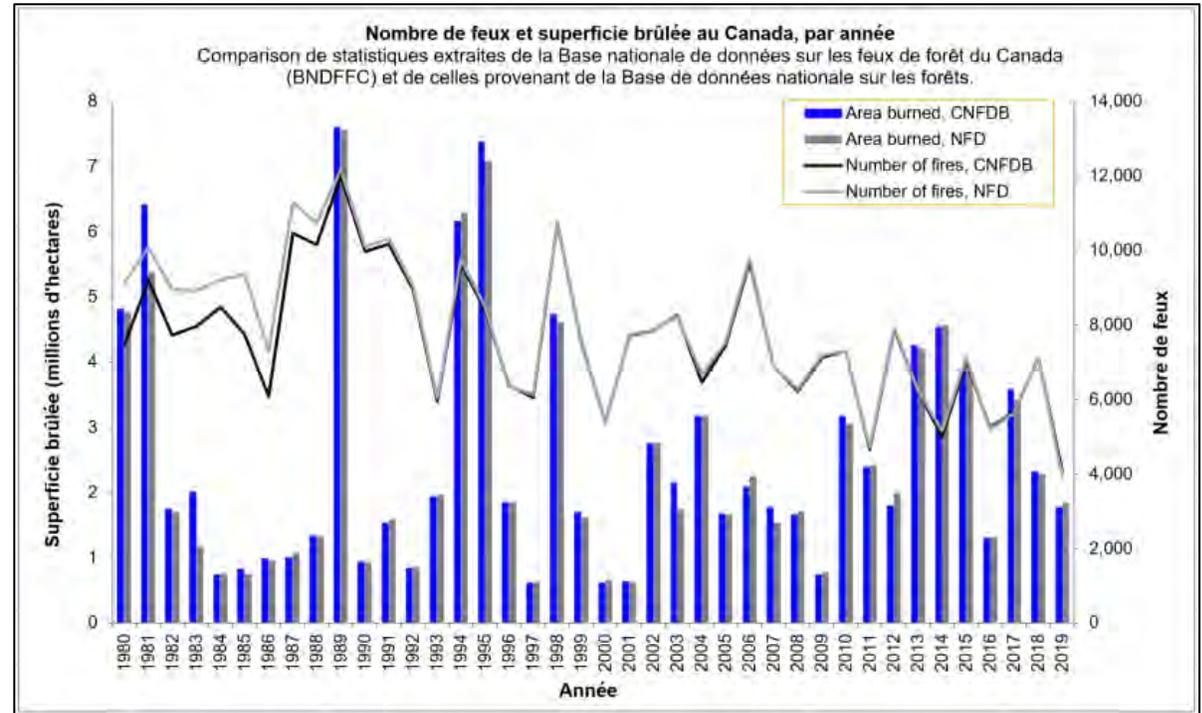
*Série temporelle des taux de brûlage historiques
avec une résolution de 10 à 20 ans*



Converging and diverging burn rates in North American boreal forests from the Little Ice Age to the present

Raphaël D. Chavardès^{A,B,C,#}, Victor Danneyrolles^{D,*,#}, Jeanne Portier^E, Martin P. Girardin^B,
Dorian M. Gaboriau^A, Sylvie Gauthier^B, Igor Drobyshev^F, Dominic Cyr^G, Tuomo Wallenius^H and
Yves Bergeron^{A,I}

Variation des taux de brûlage
période moderne
1980 à 2020



*Bases de données nationales canadiennes
et américaines*

Converging and diverging burn rates in North American boreal forests from the Little Ice Age to the present

Raphaël D. Chavardès^{A,B,C#}, Victor Danneyrolles^{D,*#}, Jeanne Portier^E, Martin P. Girardin^B,
Dorian M. Gaboriau^A, Sylvie Gauthier^B, Igor Drobyshev^F , Dominic Cyr^G, Tuomo Wallenius^H and
Yves Bergeron^{A,I}

- Comment les taux de brûlage historiques et modernes ont-ils variés pour chaque site?
 - Les taux de brûlage de la période moderne dépassent-ils la variabilité historique des 300 dernières années ?

Méthodologie

Méta-analyse: 16 études disponibles sur plusieurs siècles de l'Alaska à l'Est Canadien

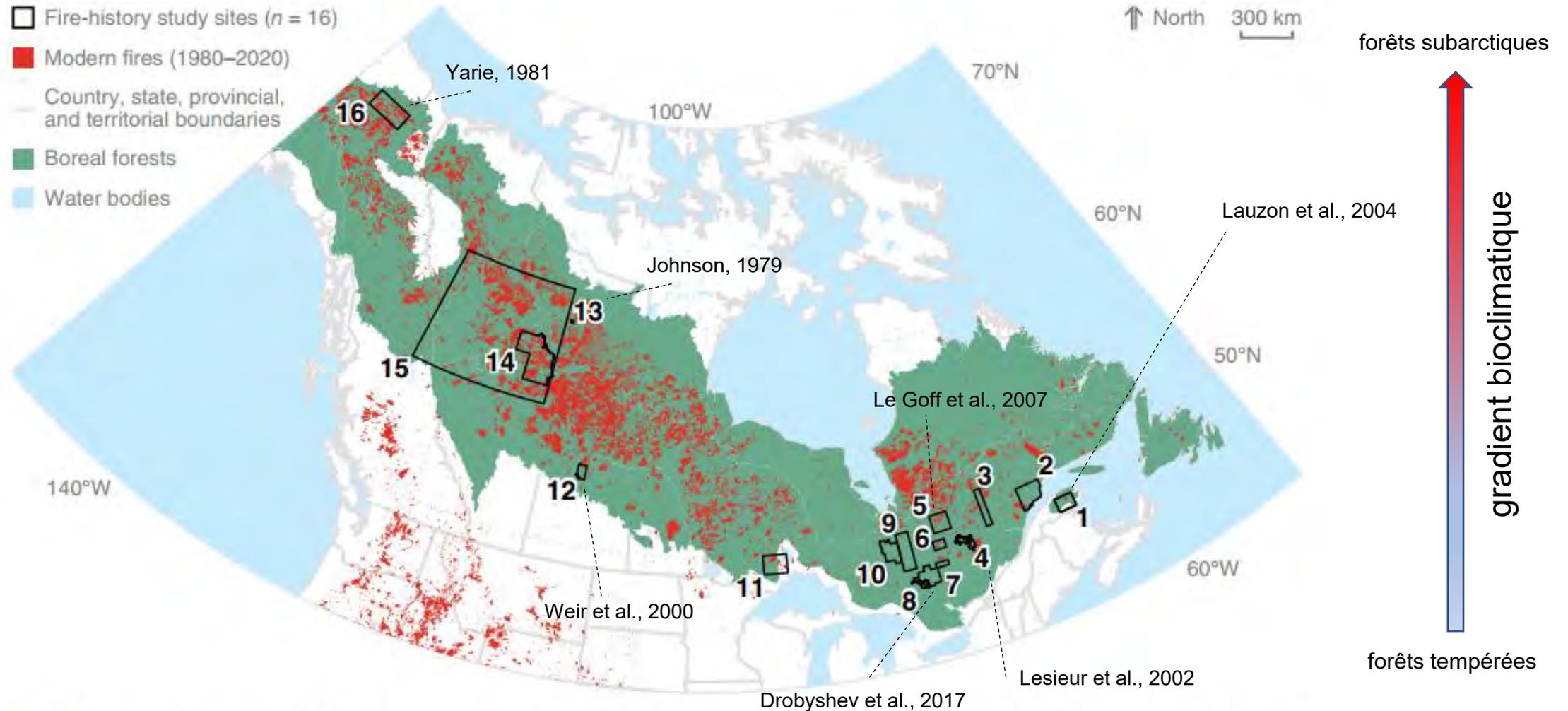
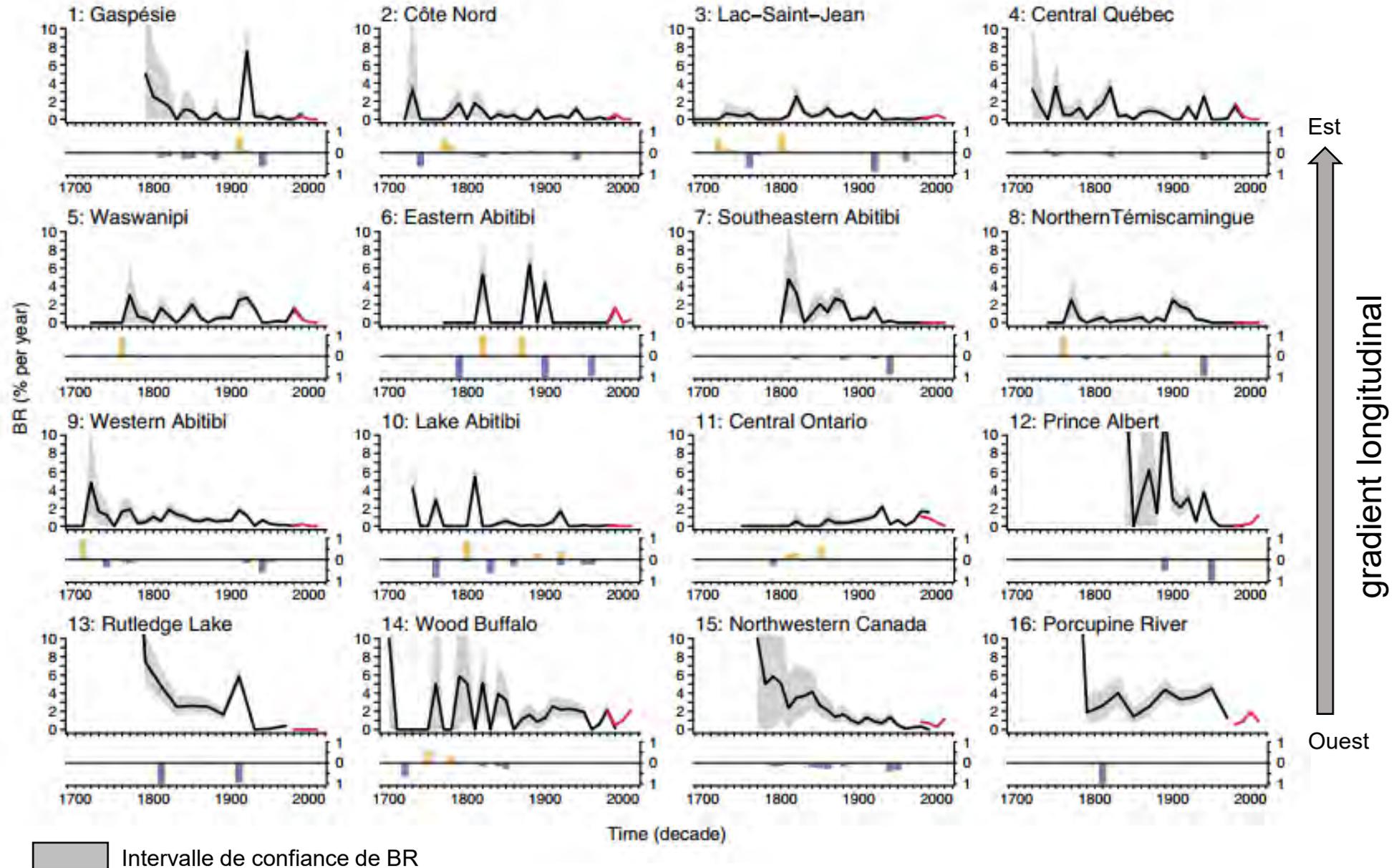


Fig. 1. Location of the 16 fire-history study sites in North American boreal forests and modern fires (1980–2020).

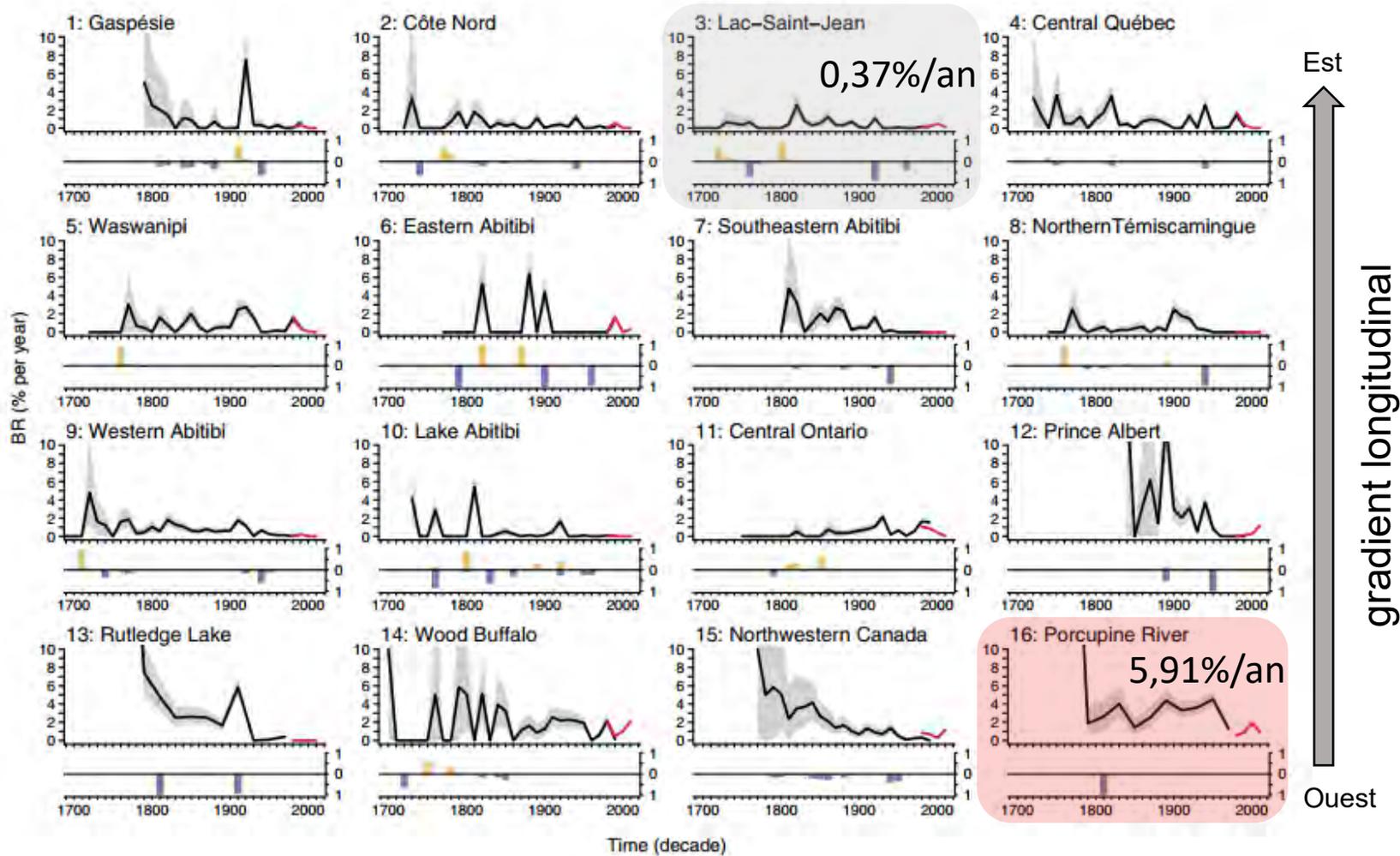
Variation des taux de brûlage historiques et modernes pour chaque site...

- Analyse des points de rupture : détection de changements dans les séries temporelles de taux de brûlage (BR)
- Méthode: Régression de Cox
- Ajustement d'une courbe de risque au taux de brûlage
- Cette courbe correspond à la probabilité du paysage d'avoir brûlé chaque décennie ou 20 ans

Taux de brûlage (BR) historiques et modernes

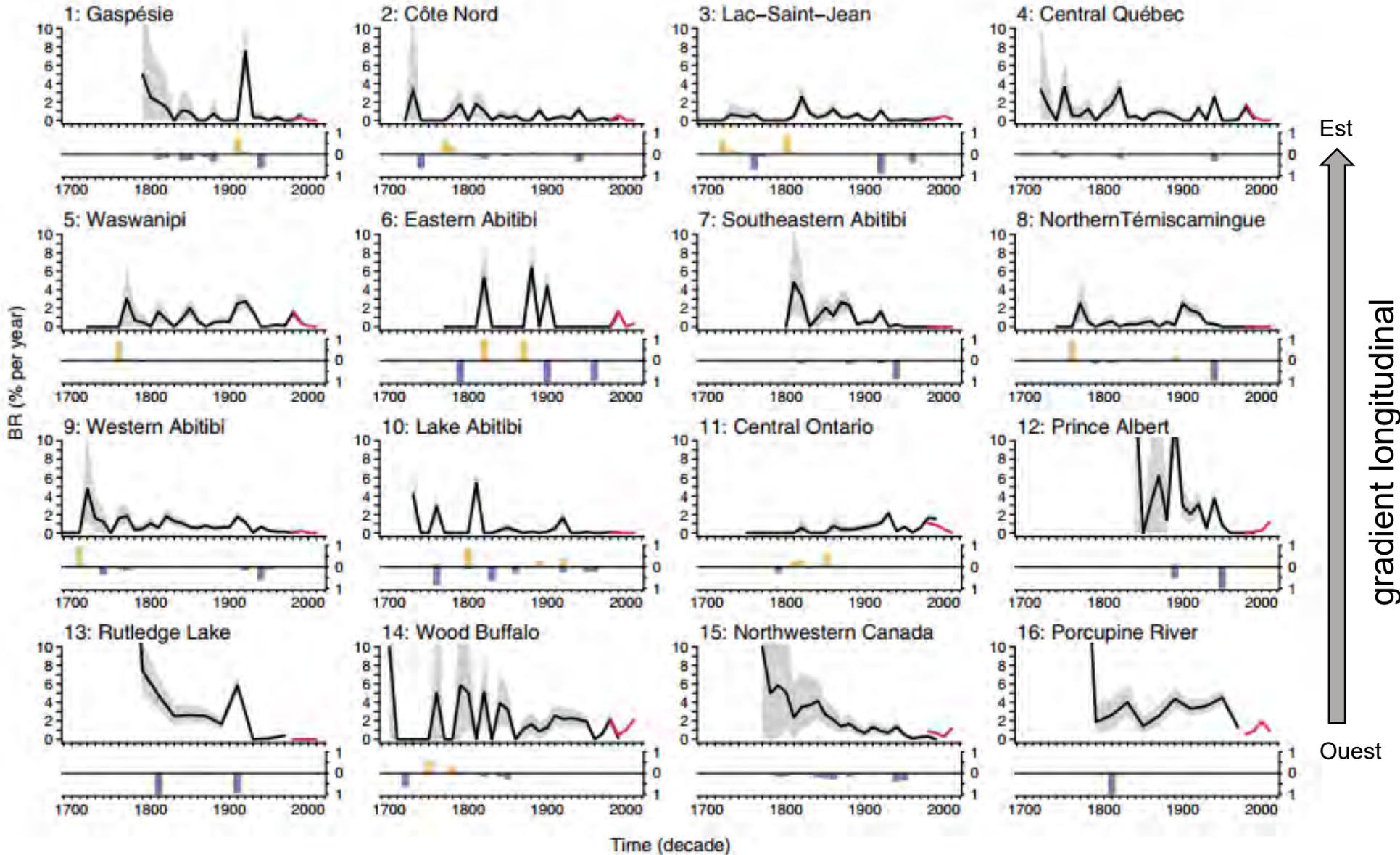


Taux de brûlage (BR)



- Variation dans le temps sur tous les sites, principalement durant la **période historique**
- Variation moindre durant la période **moderne** et inférieure à l'historique

Taux de brûlage (BR)

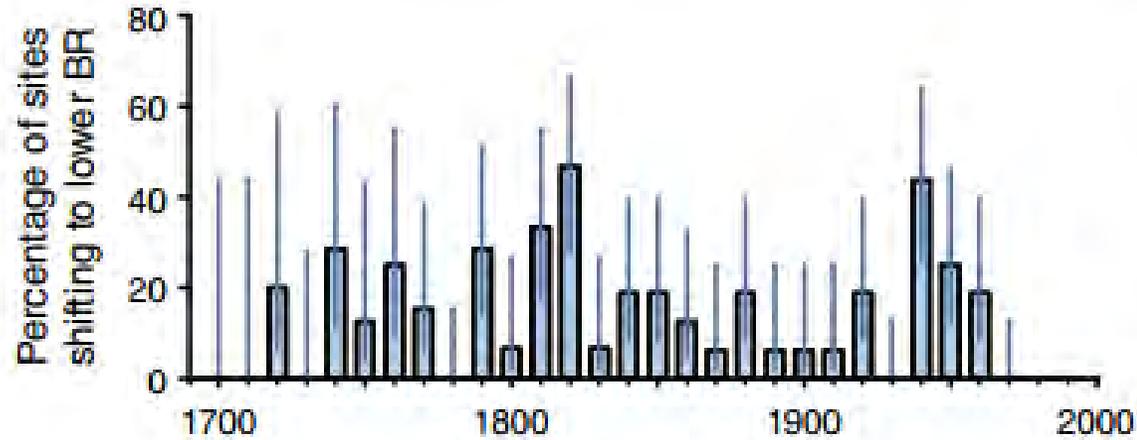


Tendances
Ouest/Est pour la
période moderne

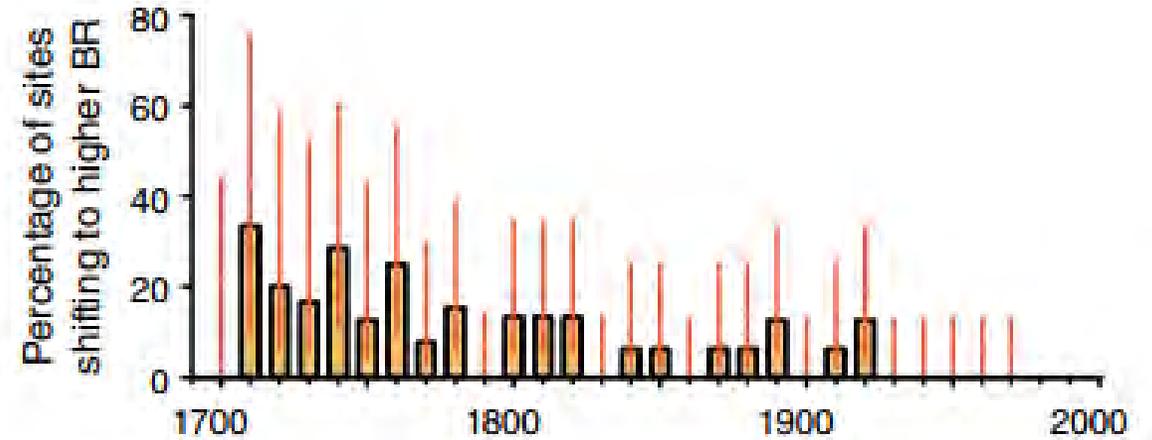
- **Nord-Ouest** :
hausse BR
moyens
- **Est**: BR moyens
stables ou plus
faibles ($\leq 0,20$ %
par an)

Regroupement des sites

% de sites passant à des taux de brûlage **inférieurs** ou **supérieurs** entre 1700-1990



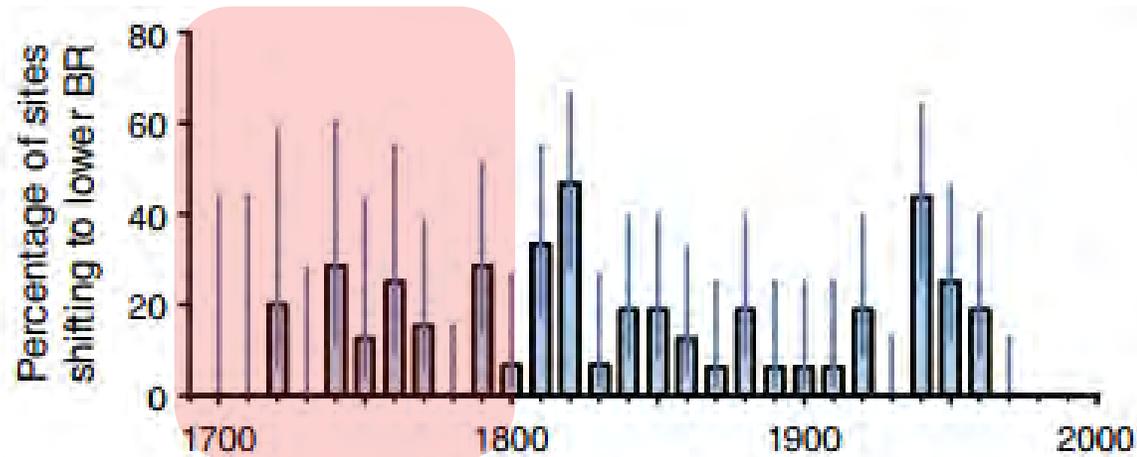
(BR) plus faibles



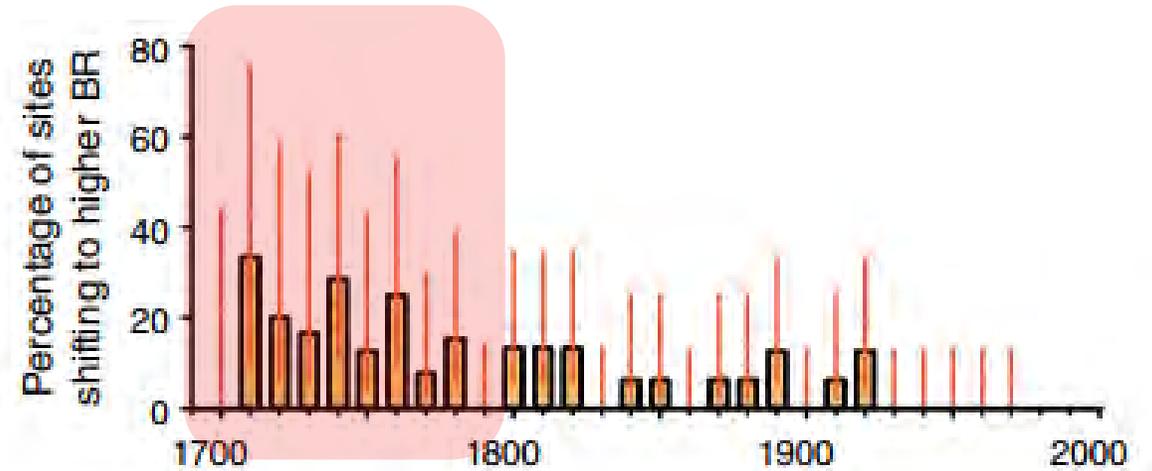
(BR) plus élevé

1700-1800

% de sites passant à des taux de brûlage **inférieurs** ou **supérieurs** entre 1700-1990



(BR) plus faibles

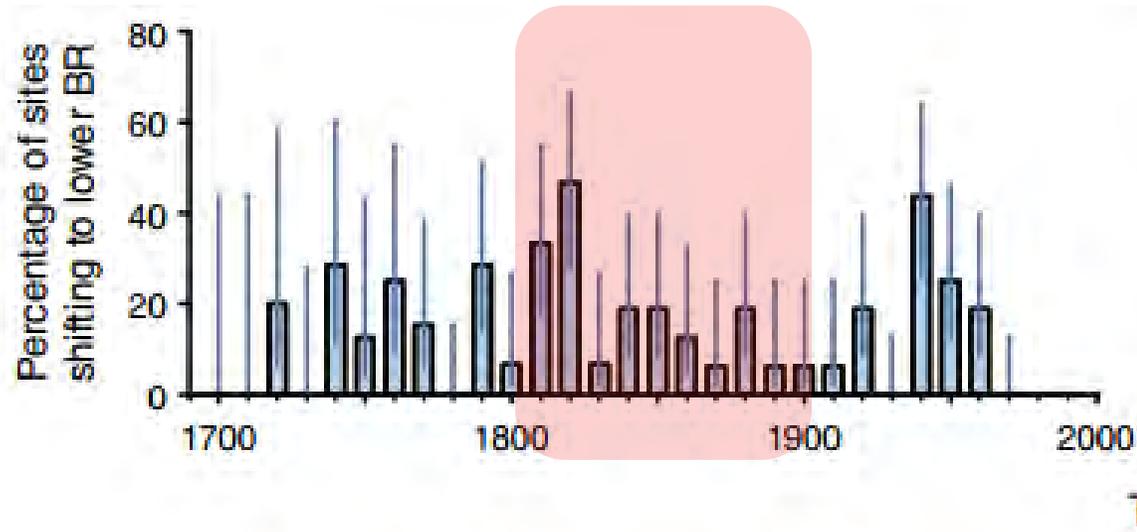


(BR) plus élevé

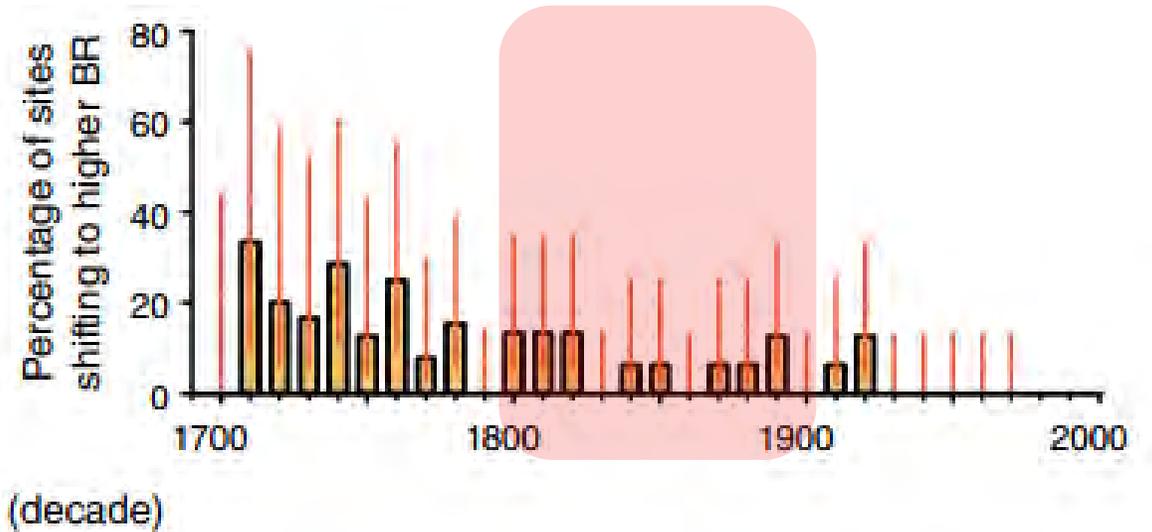
- Forte variabilité
- Absence de changements significatifs

1800-1900

% de sites passant à des taux de brûlage **inférieurs** ou **supérieurs** entre 1700-1990



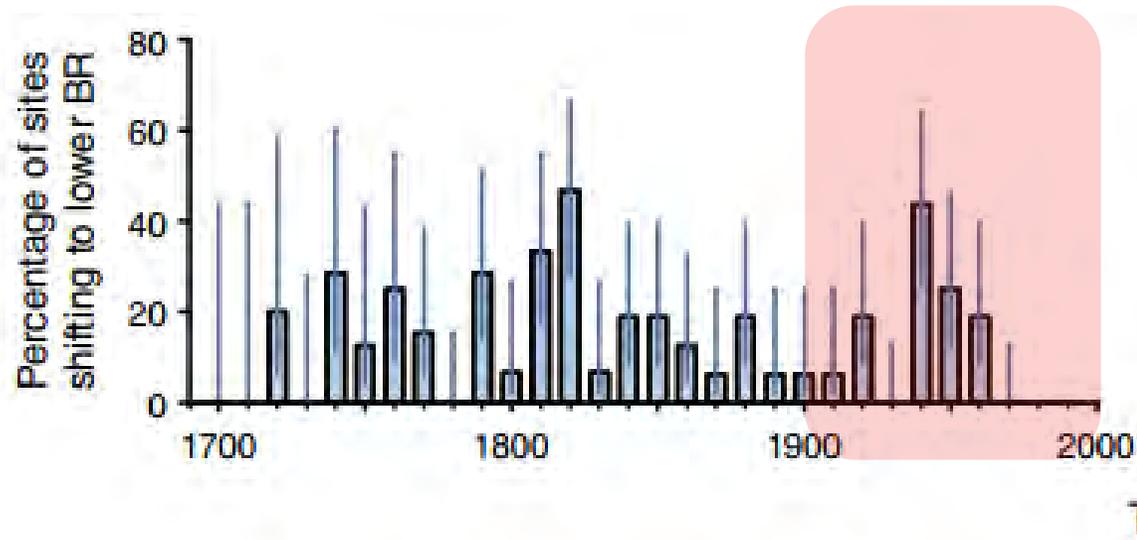
(BR) plus faibles



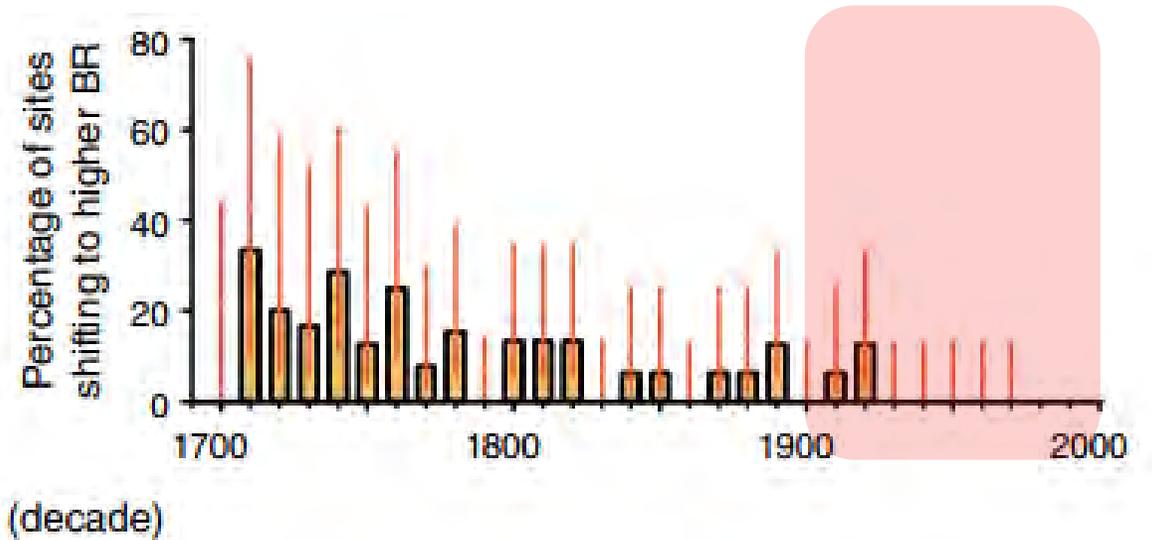
(BR) plus élevé

- Point de rupture négatif
- Évolution vers BR plus faibles pour de nombreux sites

1900-2000



(BR) plus faibles



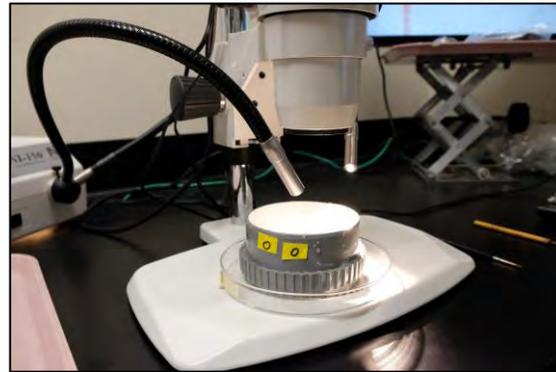
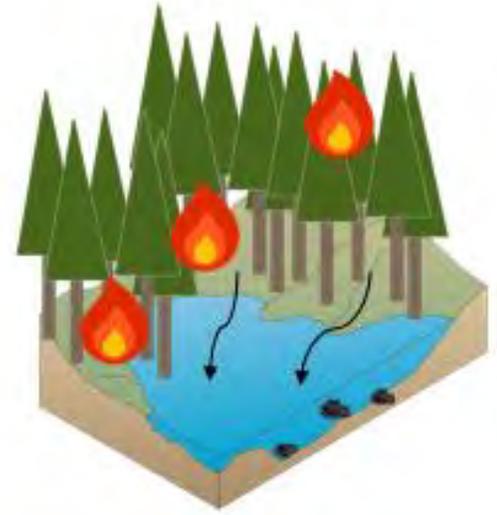
(BR) plus élevé

- Baisse de BR pour la plupart des sites
- Démarcation nette à partir de 1940 jusque 1970 : 1 site sur 2 présentant un point de rupture négatif
- Aucun site enregistrant un point de rupture positif

Points saillants

- Synchronisme d'une tendance à la baisse de BR – période historique (**1700-1990**) pour la plupart des sites d'études
- Moins de variabilité + faibles BR - période moderne (**1980-2020**)
- **Schémas spatiaux** distincts [**Ouest/Est**] pour la période moderne ne dépassant pas la variabilité historique

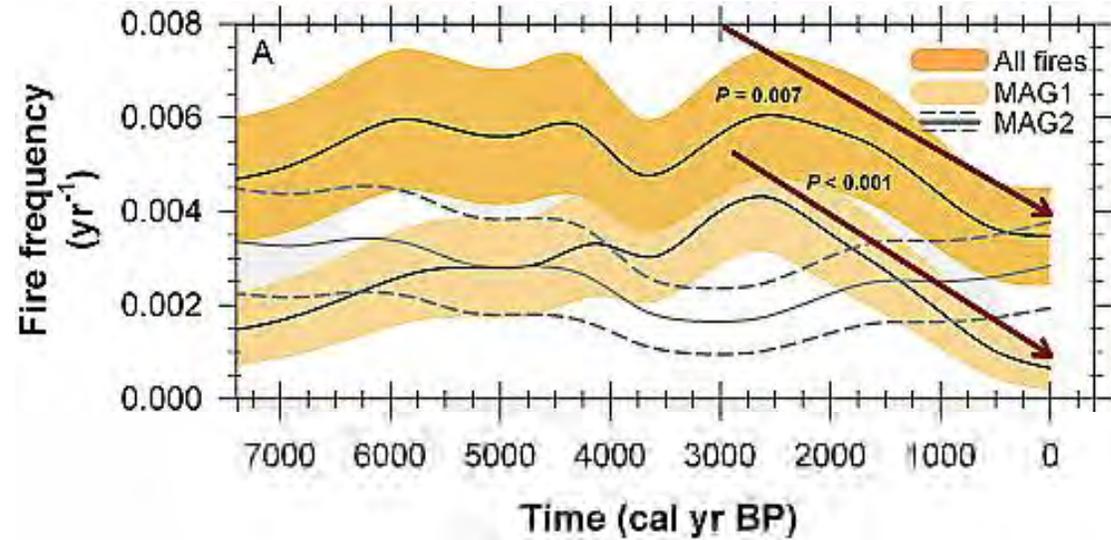
Qu'en disent les recherches en paléoécologie ?



Études paléoécologiques

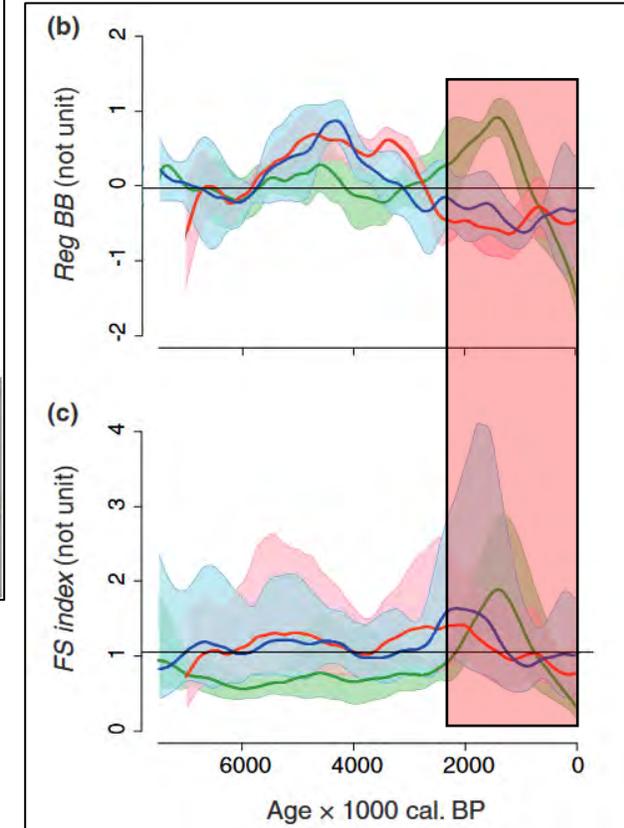
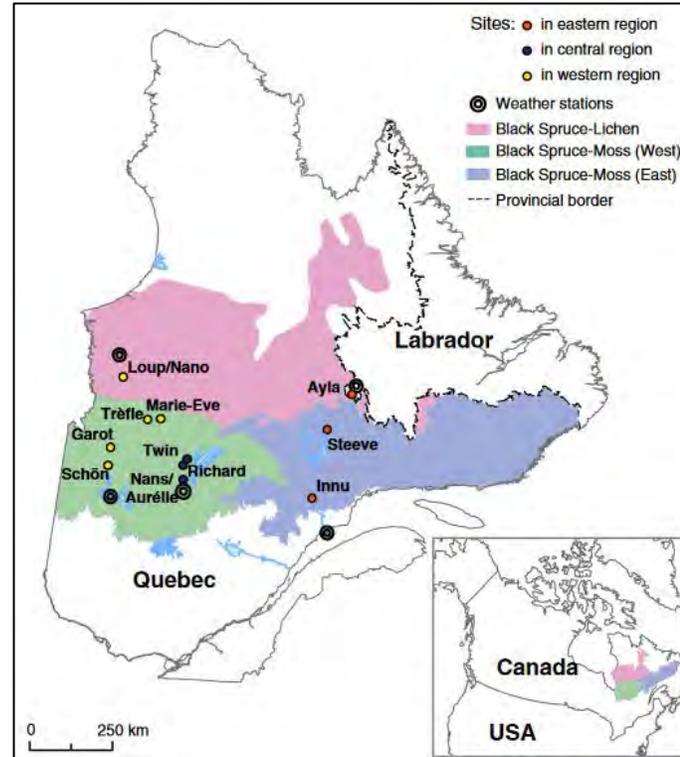
- Ouest du Québec

Hély et al., 2010, GRL



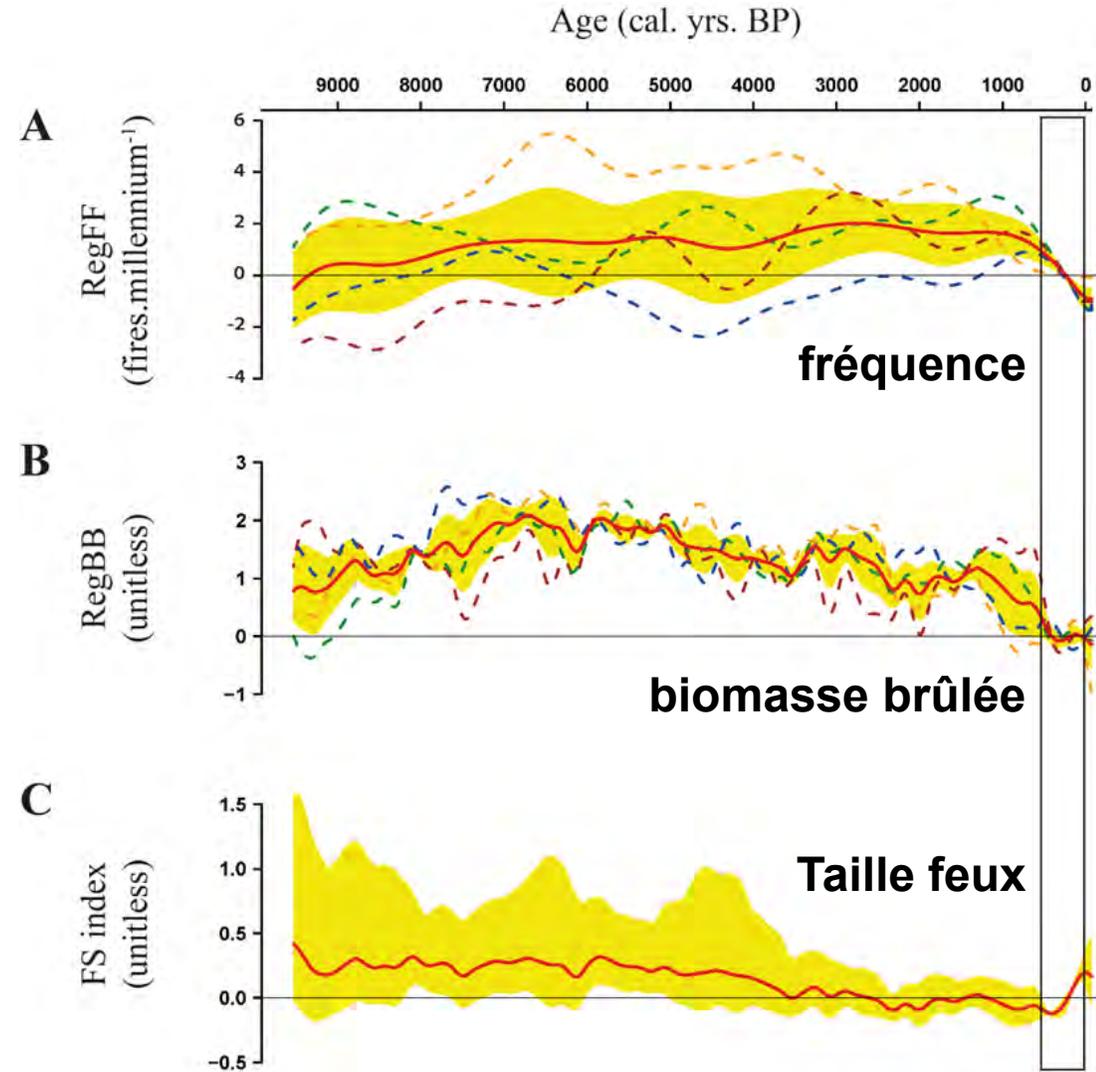
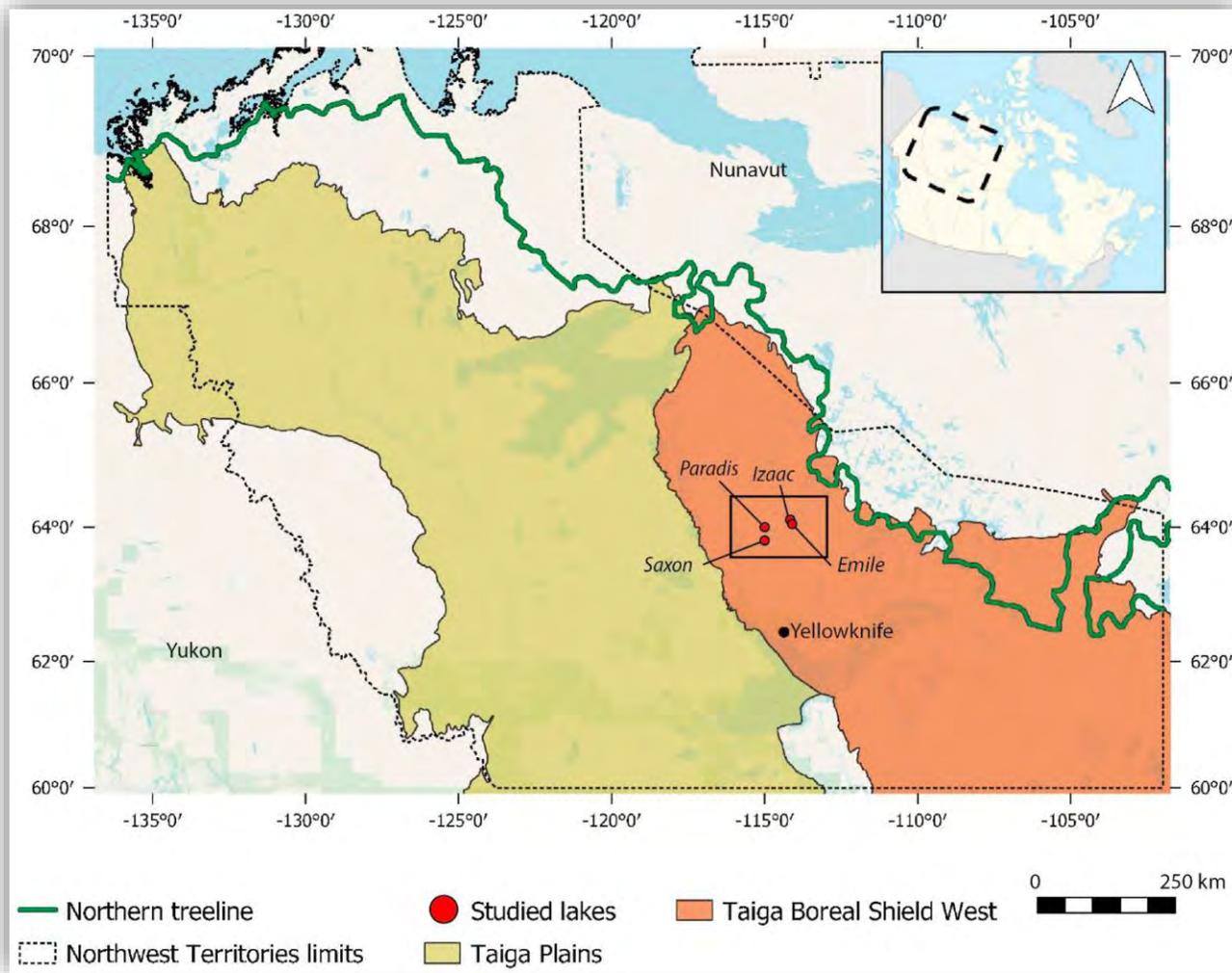
- Pessière à mousse et à lichen du Québec

Remy et al., 2018, ERL



Études paléoécologiques

- Territoires du Nord-Ouest



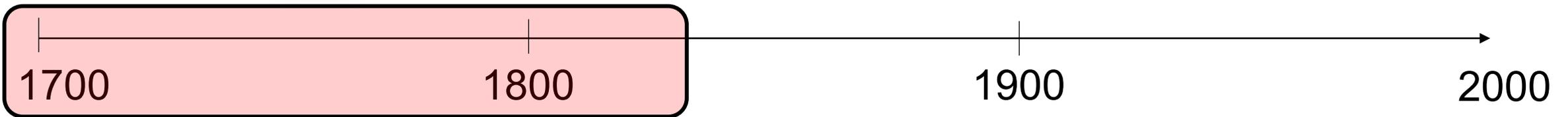
Gaboriau et al., 2020, QSR

Gaboriau et al., 2022, Ecoscience

Facteurs de changements: conditions atmosphériques



- vastes schémas spatiaux de conditions atmosphériques



- affaiblissement des crêtes de haute pression de l'ouest du Canada et du creux polaire de l'est canadien
- climat plus sec
- baisse de la teneur en eau des combustibles

Facteurs de changements: conditions atmosphériques

Synchronisme de la tendance à la baisse sur la plupart des sites (1700-1990)



- Renforcement du creux polaire de l'est du Canada limitant l'afflux d'air sec
- Hausse des précipitations (Est) / climat chaud et sec (Ouest) – schémas spatiaux distincts

Facteurs de changements: activités anthropiques

- **Avant 1900s**
 - utilisation du feu par les peuples autochtones
- **Après 1900**
 - déclin des populations dans les communautés et réduction des brûlages culturels
 - fragmentation du paysage via l'exploitation et changement de composition
- **Milieu et fin du 20e siècle**
 - Exclusion du feu
 - Modernisation des moyens de lutte

Cumming 2005
Hessburg et al. 2019

Feux et changements climatiques

- Climat plus chaud et éventuellement plus sec 
- Les projections de l'activité de feu dans l'Est, indiquent des augmentations statistiquement significatives d'ici 2061-2100 
- Jusqu'à quel point les PP compenseront la hausse des températures ?
- Quelle capacité à supprimer les incendies ?
- Reconvergence possibles des dynamiques
- Conséquences possibles : changements dans la composition des forêts et perte du couvert forestier



Merci !



UQAT
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE

cef
Centre d'étude de la forêt

Acfas Faire avancer
les savoirs