

Chaire institutionnelle UQAT- MFFP sur la Gestion du Carbone Forestier

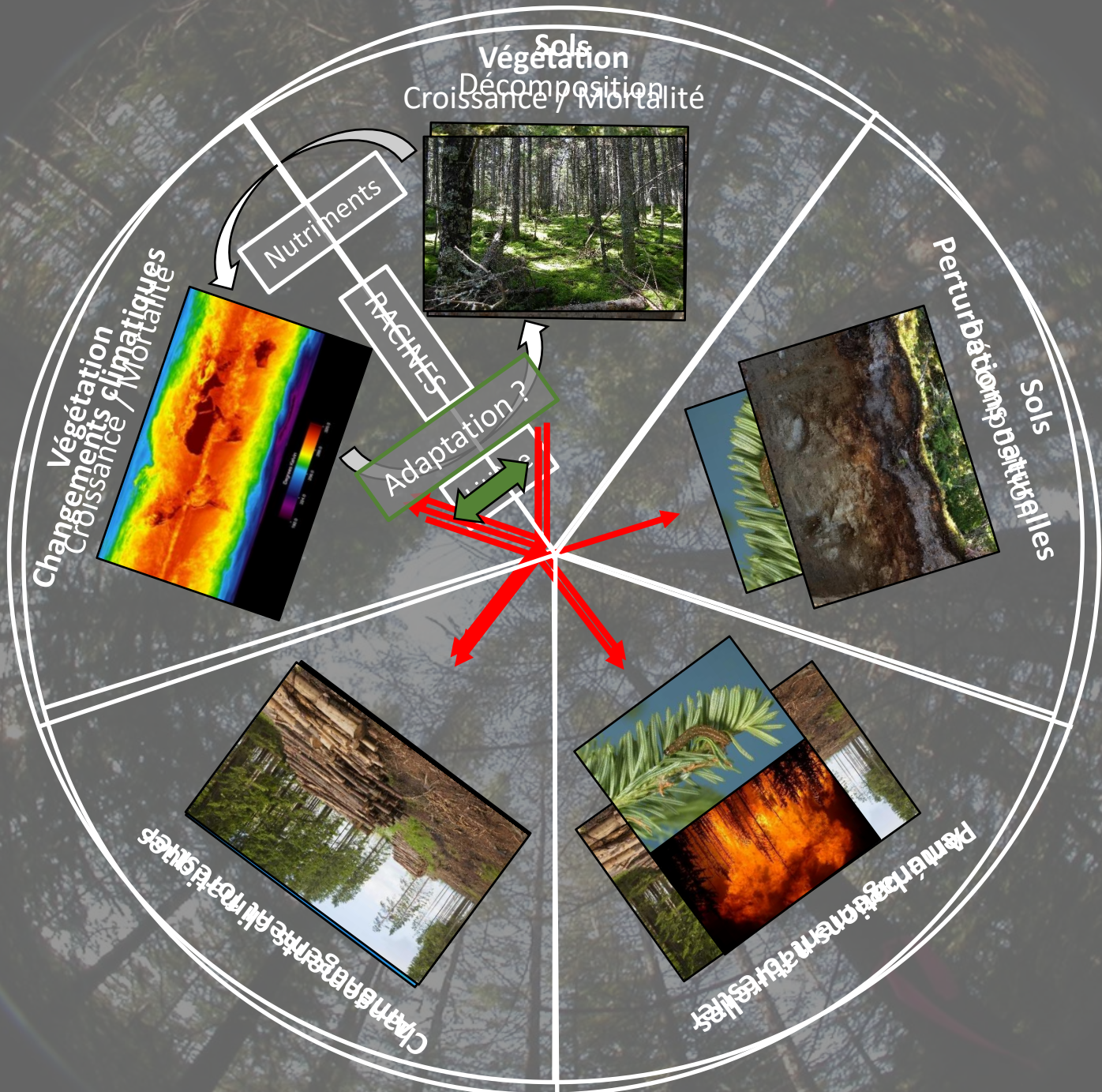
*Abderrahmane Ameray
Xavier Cavard*

*Rendez-vous de la connaissance en aménagement
forestier durable
20 avril 2021*

Objectif

Intégrer les connaissances et contribuer au développement d'outils permettant de :

- Prédire l'évolution des stocks de carbone forestier en fonction des scénarios d'aménagement et des facteurs biotiques et abiotiques ;
- Maintenir et optimiser la séquestration du carbone dans les forêts et les produits du bois sous le nouveau climat ;
- Développer le rôle de l'industrie forestière dans la lutte contre les changements climatiques (faciliter son introduction dans le marché du carbone ?).



*Intégrer l'écophysiologie et les modèles de
paysages forestiers afin de prédire les effets des
changements climatiques et des feux de forêts
sur la composition et les stocks de carbone de la
forêt boréale*

*Abderrahmane Ameray
Yves Bergeron
Xavier Cavard*

Plan

I

Introduction

II

Matériels et Méthodes

III

Résultats et Discussion

IV

Conclusion

1 Objectifs:

Objectif général du 1^{er} chapitre :

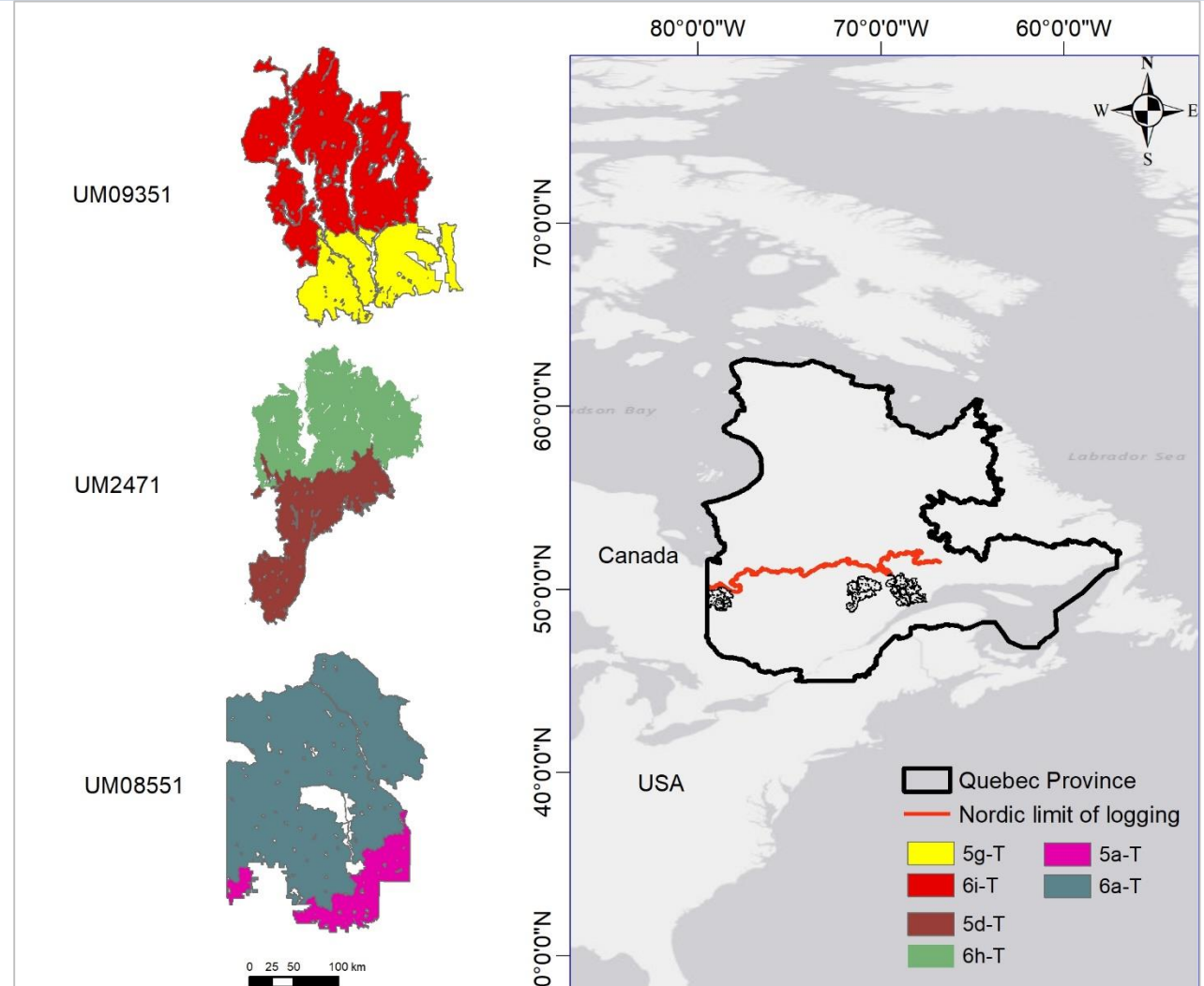
- La projection de la composition future (2010-2310) de la forêt boréale au Québec selon différents scénarios de changements climatiques et de feux de forêt ;
- La prédiction de la séquestration et du stock de carbone selon différents scénarios de changements climatiques et de feux de forêt.

1 **Zone d'étude**

-3 unités d'aménagement:

- Baie James - Nord du Québec (MU1)
- Saguenay lac-saint Jean (MU2)
- Côte-Nord (MU3)

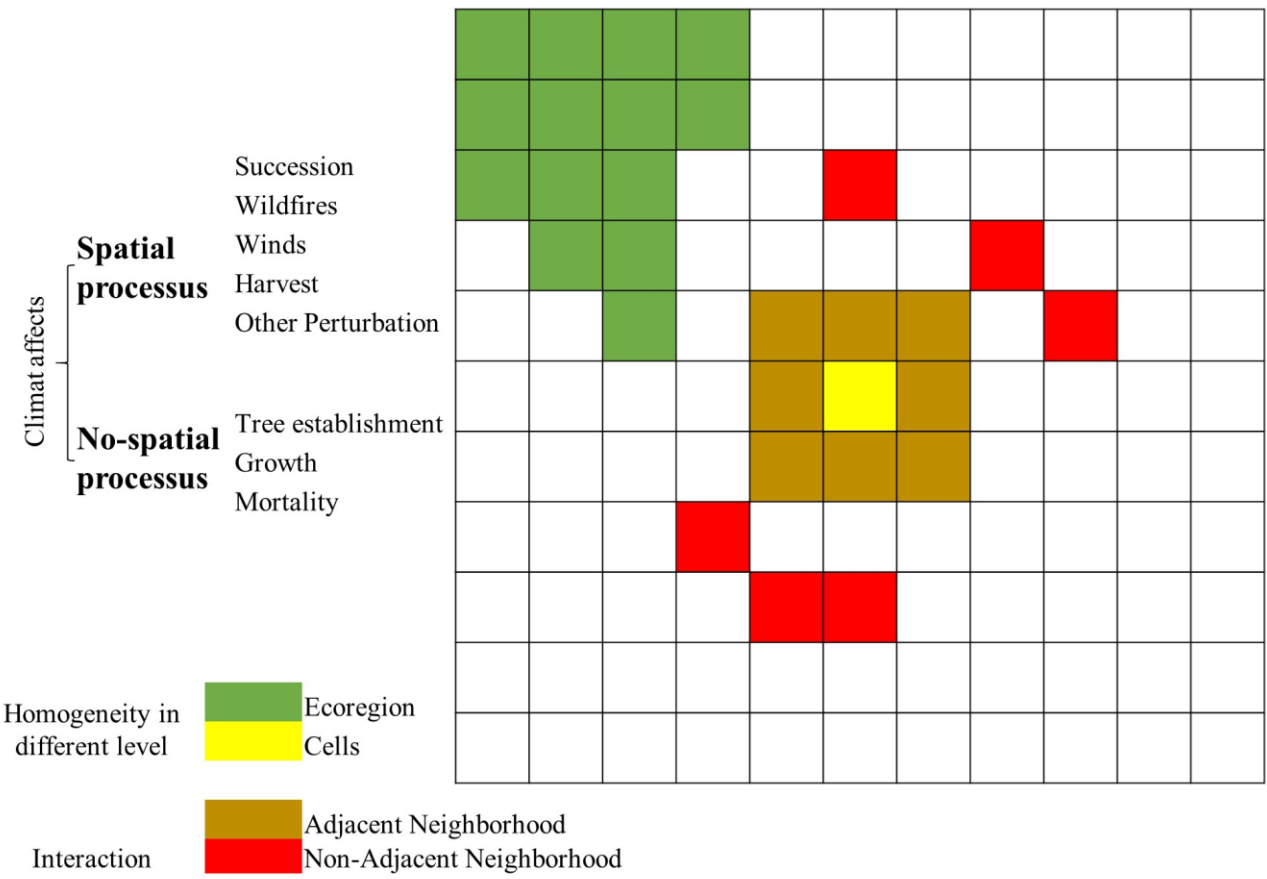
- ❖ Epinette noire
- ❖ Epinette blanche
- ❖ Pins gris
- ❖ Sapin baumier,
- ❖ Mélèze laricin
- ❖ Peuplier faux tremble
- ❖ Bouleau à papier,
- ❖ Bouleau jaune



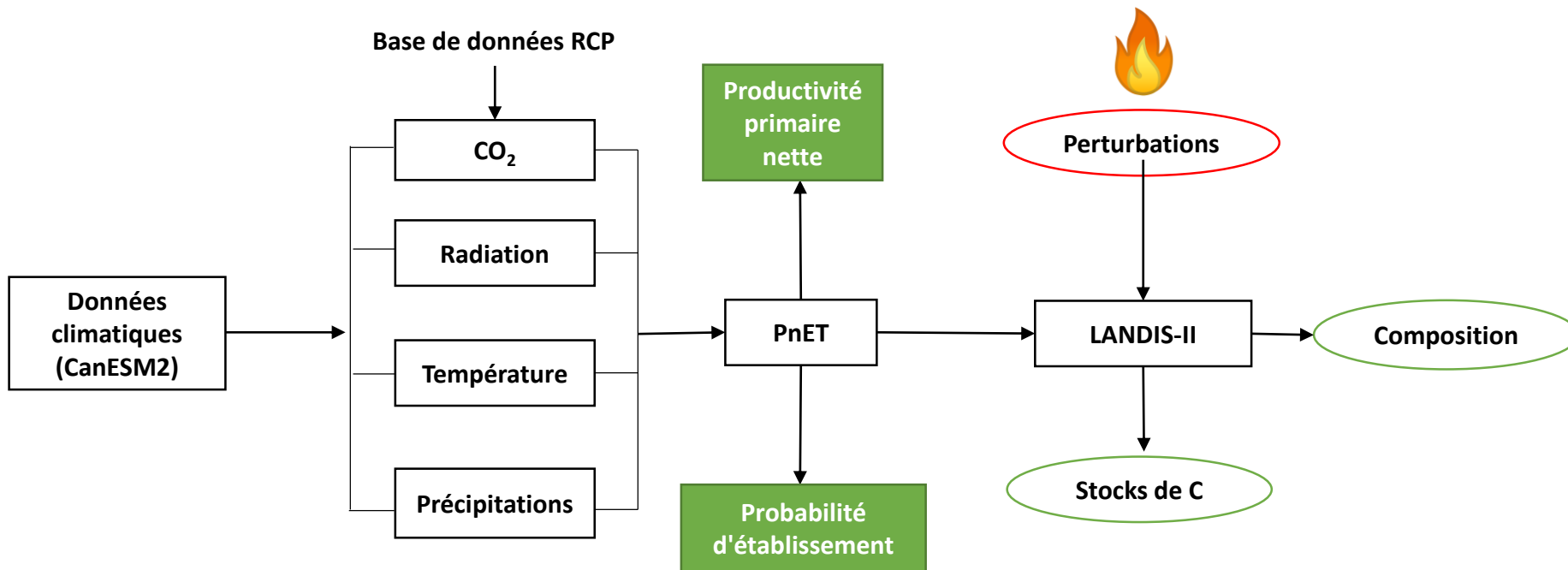
2 Modèles utilisés

- ❖ Landis-II: Modèle de paysage forestier spatialement explicite
- ❖ PnET succession extension
- ❖ Base fire extension

- Time step: 20 ans
- Duration : 300 ans (2010-2310)

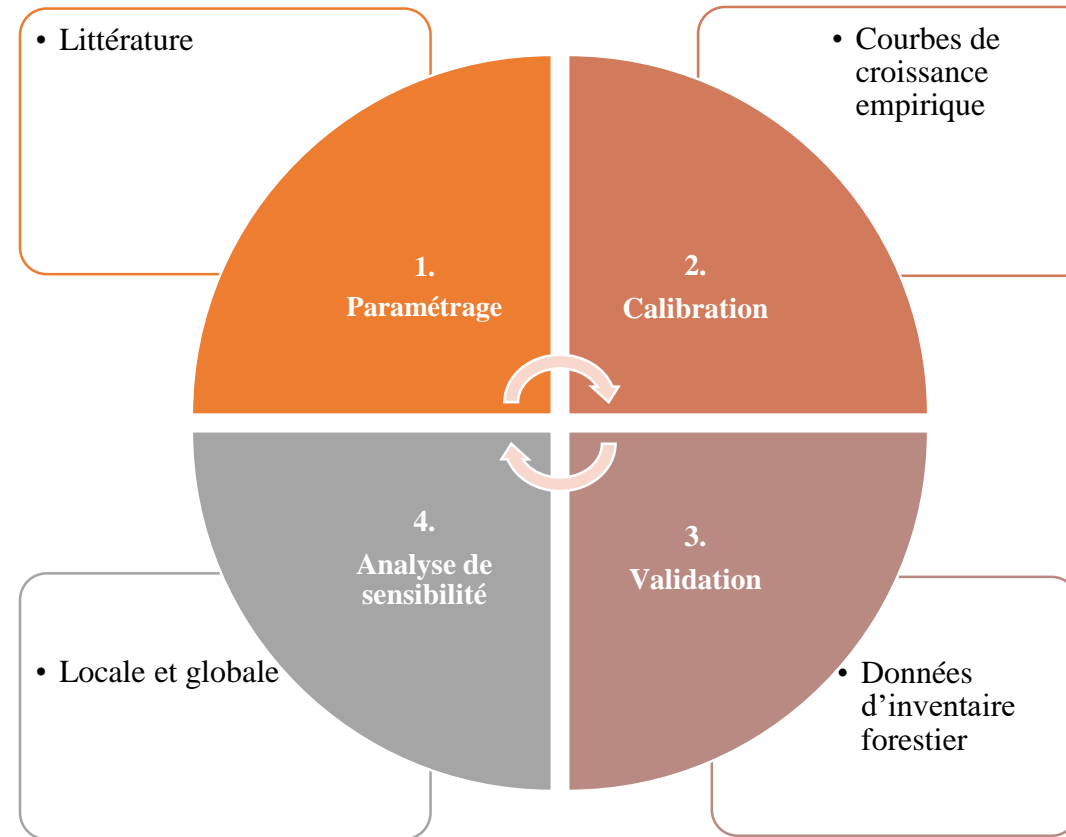


2 Modèles utilisés



2 Modèles utilisés

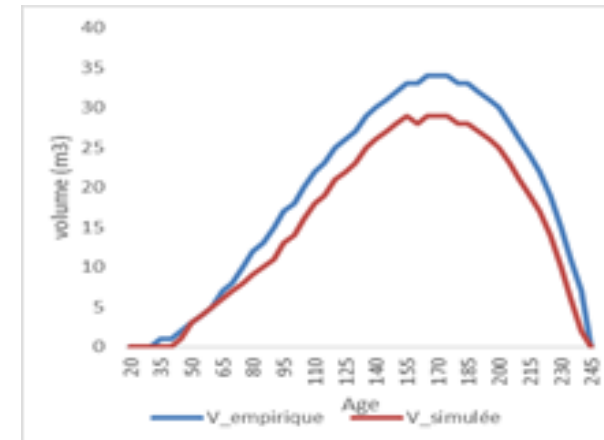
Un modèle est une représentation simplifiée de la réalité



2 Modèles utilisés

Paramétrage LANDIS-II

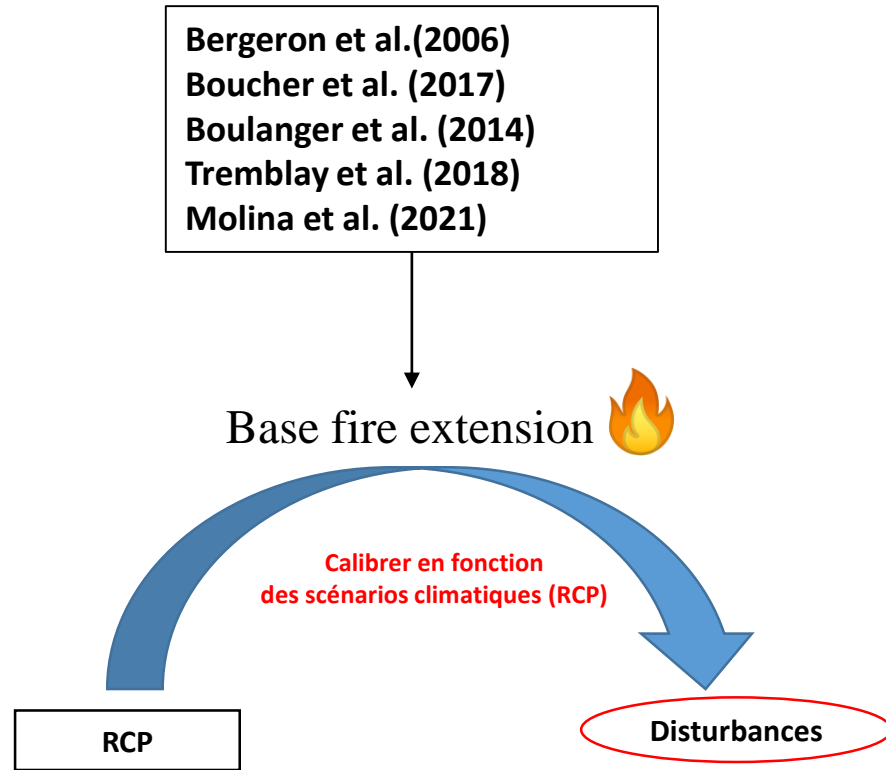
- ❖ Communautés de végétation initiale : données d'inventaire forestier 2010 (carte écoforestière de MFFP)
- ❖ Les attributs qui contrôlent la régénération et la dispersion des espèces (Boulanger et al., 2017)
- ❖ Les paramètres des écorégions: Sol, climat, profondeur des racines (mm), perte d'eau des précipitation (ruissellement)
- ❖ 36 paramètres pour model PnET:
 - les courbe de croissances des espèces ont été calibrées simultanément pendant 120 ans, sous un climat historique.
 - L'indice de surface foliaire (LAI) détermine la capacité de compétition d'une cohorte pour la lumière, donc il est aussi important de calibrer le LAI par rapport aux valeurs empiriques



2 Modèles utilisés

Paramétrage

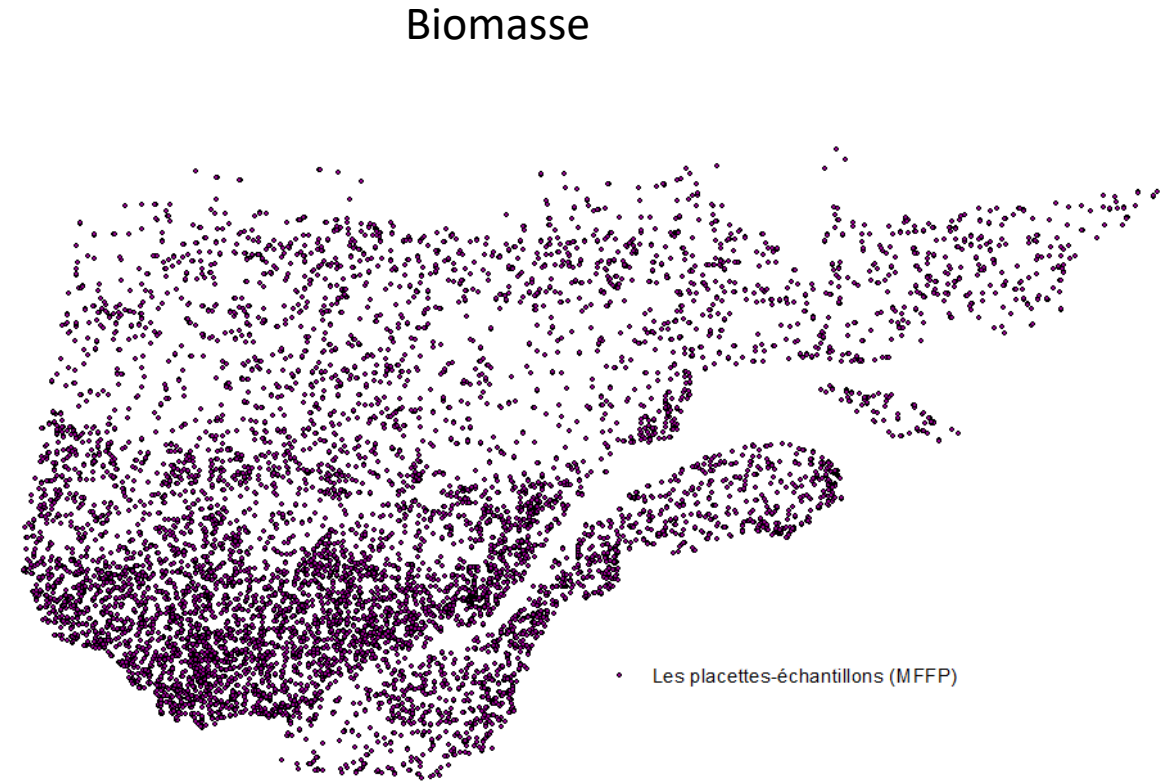
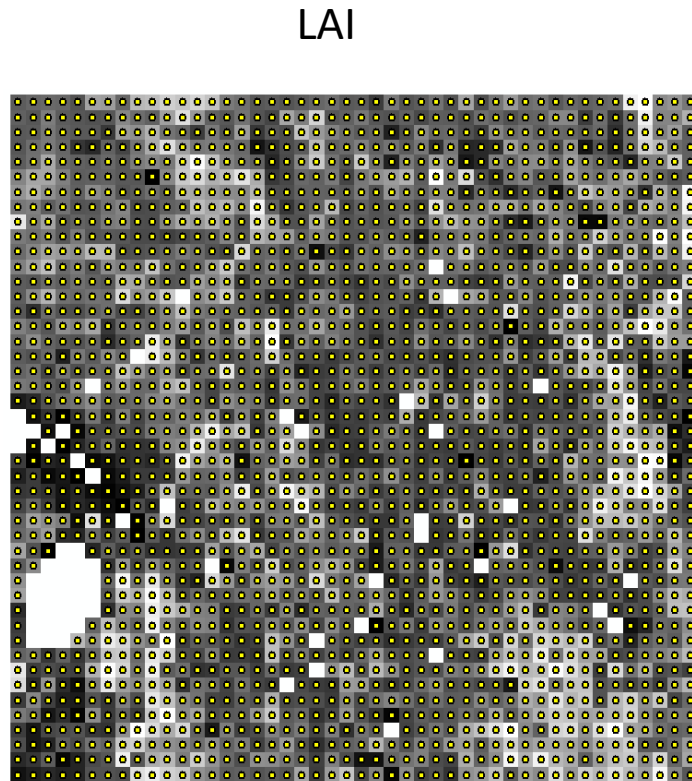
Base Fire



2 Modèles utilisés

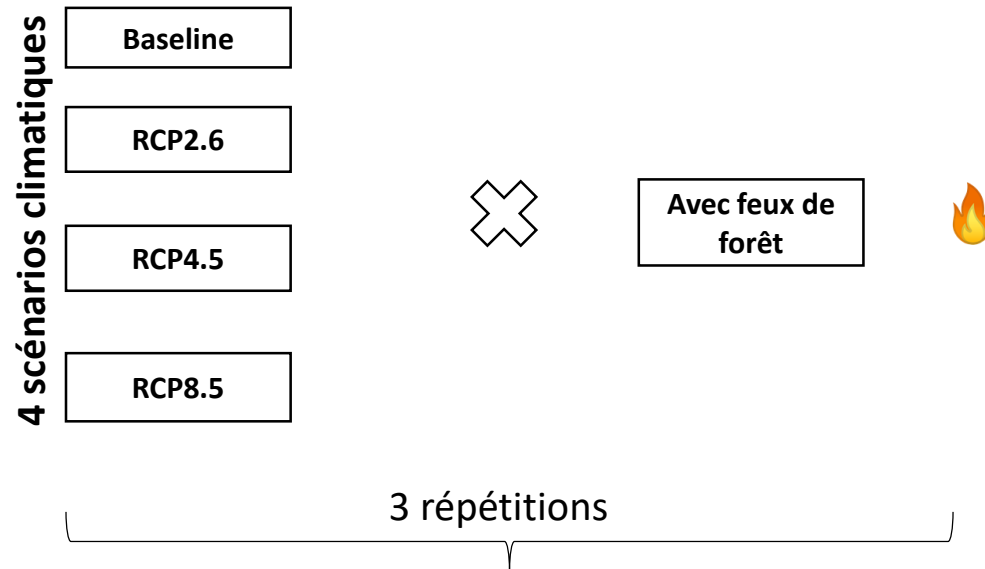
Validation

- Sentinel-2 (pendant la saison de croissance de 2020).
- Nous avons suivi plus de 2000 parcelles
- nous avons comparé les outputs en 2020 de PnET et Sentinel-2 à la littérature (Chen et al. 1997)



Les placettes-échantillons (600 parcelles)

3 Design des scénarios

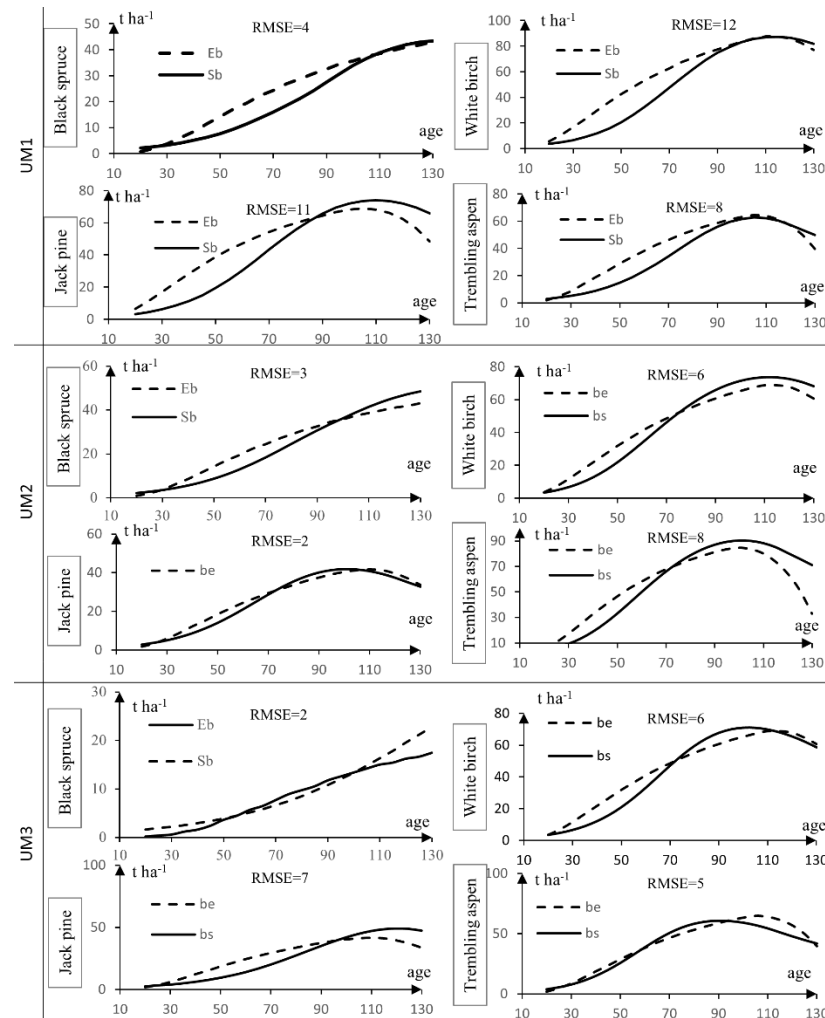


Nous avons suivi :

- ❖ Stock de carbone dans la biomasse vivante
- ❖ Stock de C du bois mort
- ❖ Pourcentage d'occupation de la composition des espèces à l'échelle du paysage

1 Calibration

- ❖ Les courbes calibrées reproduisent parfaitement les courbes empiriques de l'épinette noire, pin gris, sapin baumier, bouleau à papier, peuplier faux tremble (RMSE < 1 kg m⁻²), et modérément celles des autres espèces secondaires, principalement l'épinette blanche (1 < RMSE < 2,5 kg m⁻²).

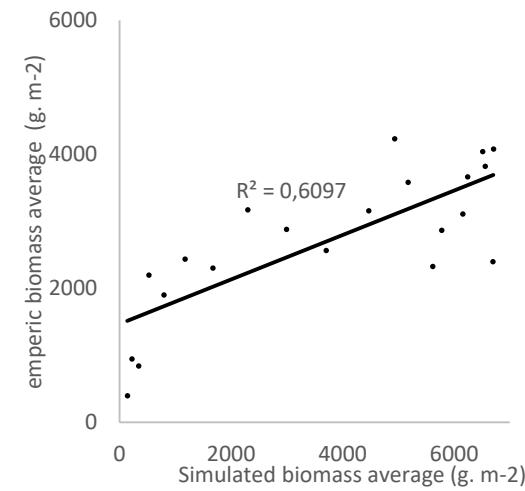
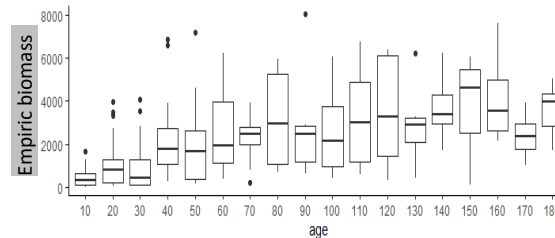
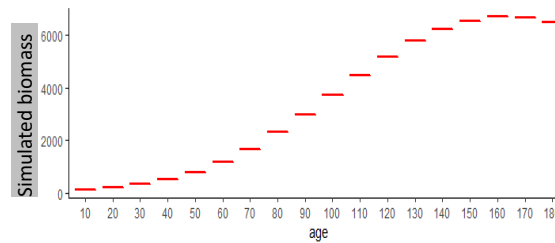
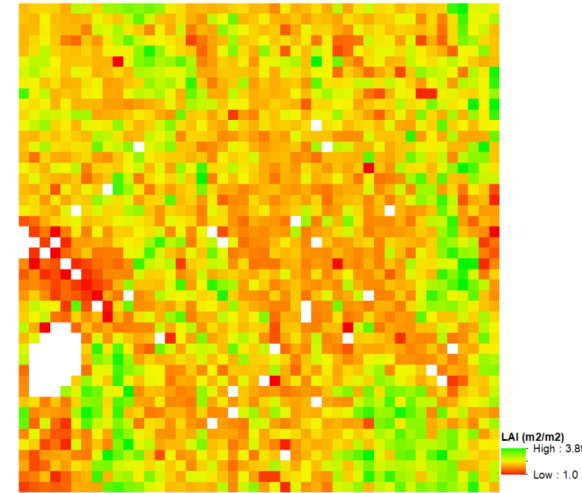
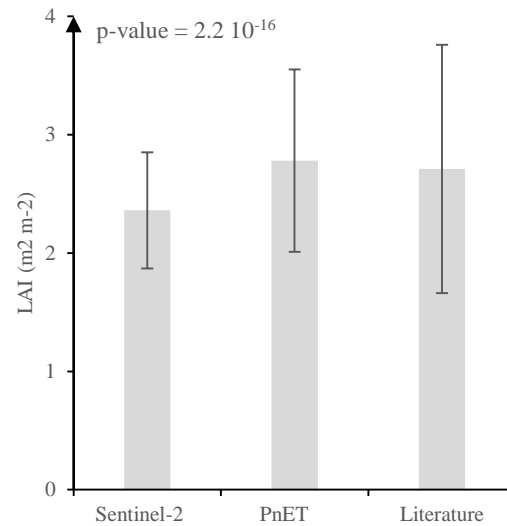


Exemple de calibrage de 4 espèces dominées dans les 3 UM

2

Validation

❖ il y a une différence significative entre la moyenne estimée par le modèle PnET et celle de sentinel-2 (*t. test*), mais les deux méthodes estiment des valeurs proches à celles de la littérature.

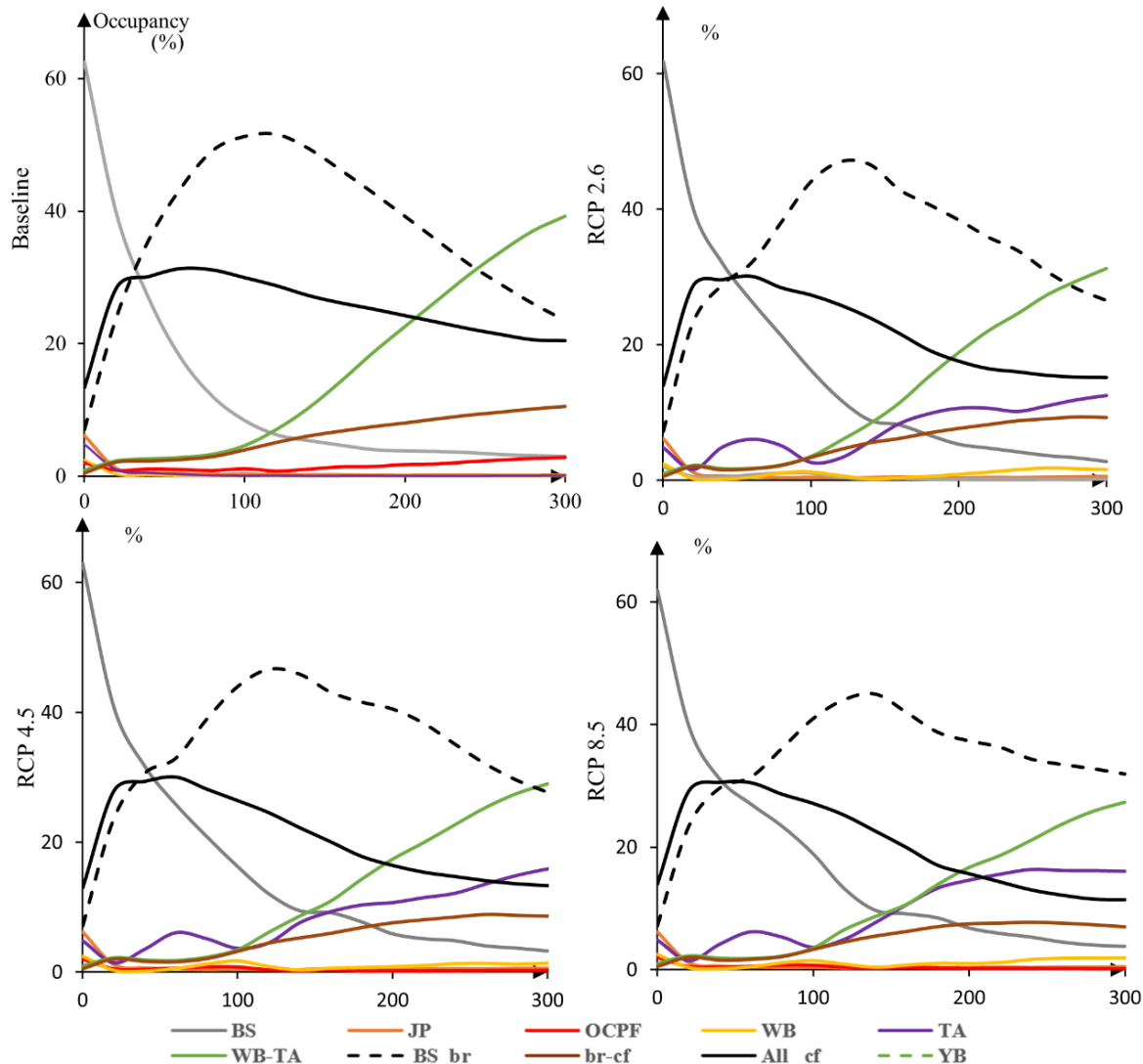


3 Projection de la composition

❖ La projection de la composition des forêts en Baie James - Nord du Québec (MU1 entre 2010 (année 0) et 2310 (année 300)).

Légende

- BS: Forêt pure d'épinette noire
- JP: Forêt pure de pin gris
- OCPF: Autre forêt pure de conifères
- WB: Bouleau blanc
- TA: Peuplier faux-tremble
- BS_br: Épinette noire mélangée avec des feuillus
- Br-cf: Forêt mixte de feuillus et de conifères
- All-CF: forêt mélangée de conifères

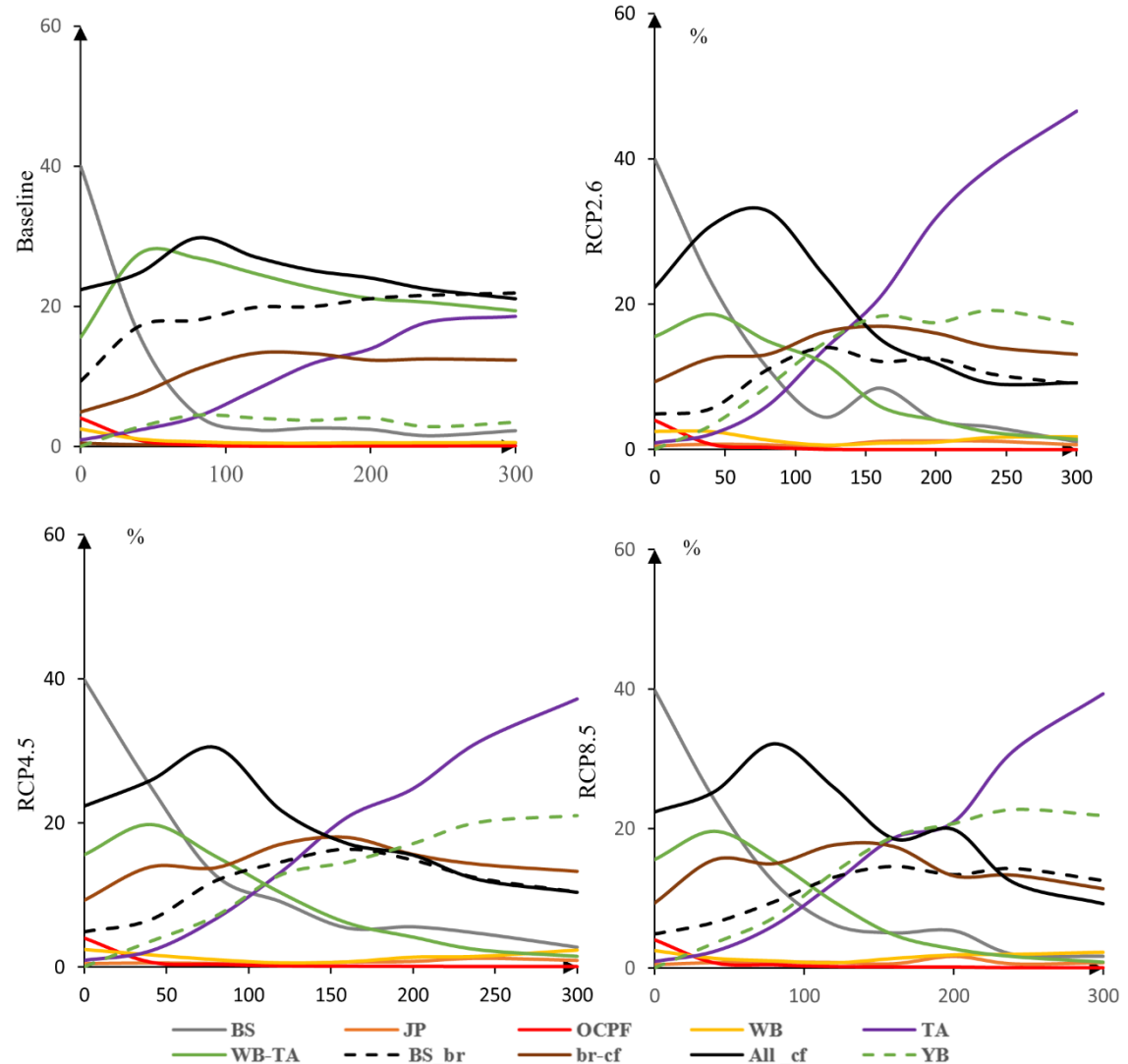


3 Projection de la composition

❖ La projection de la composition des forêts en Saguenay-Lac-Saint-Jean (MU2) entre 2010 (année 0) et 2310 (année 300).

Légende

- BS: Forêt pure d'épinette noire
- JP: Forêt pure de pin gris
- OCPF: Autre forêt pure de conifères
- WB: Bouleau blanc
- YB: Bouleau jaune
- TA: Peuplier faux-tremble
- BS_br: Épinette noire mélangée avec des feuillus
- Br-cf: Forêt mixte de feuillus et de conifères
- All-CF: forêt mélangée de conifères

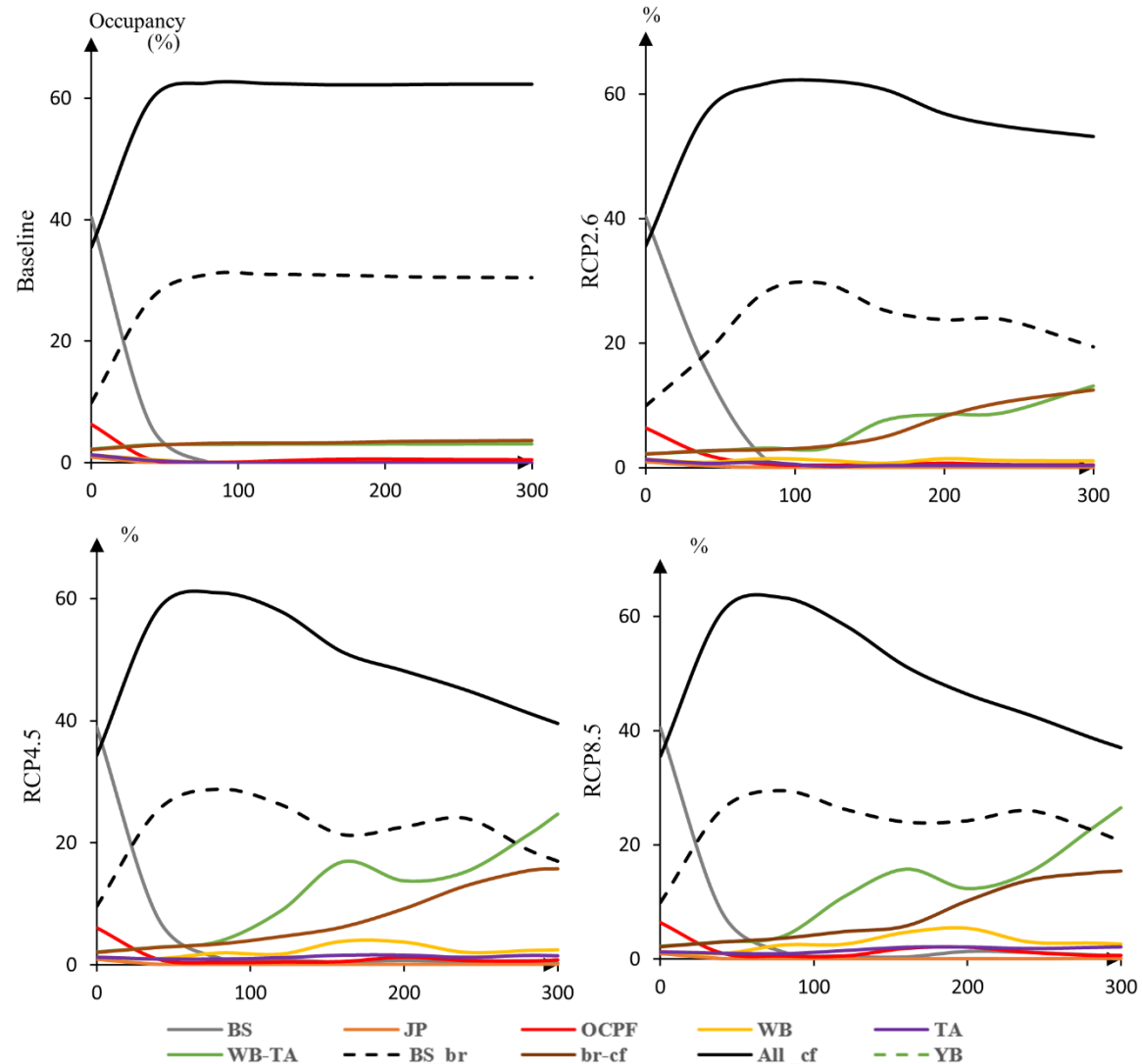


3 Projection de la composition

❖ La projection de la composition des forêts en Côte-Nord (MU3) entre 2010 (année 0) et 2310 (année 300).

Légende

- BS: Forêt pure d'épinette noire
- JP: Forêt pure de pin gris
- OCPF: Autre forêt pure de conifères
- WB: Bouleau blanc
- TA: Peuplier faux-tremble
- BS_br: Épinette noire mélangée avec des feuillus
- Br-cf: Forêt mixte de feuillus et de conifères
- All-CF: forêt mélangée de conifères

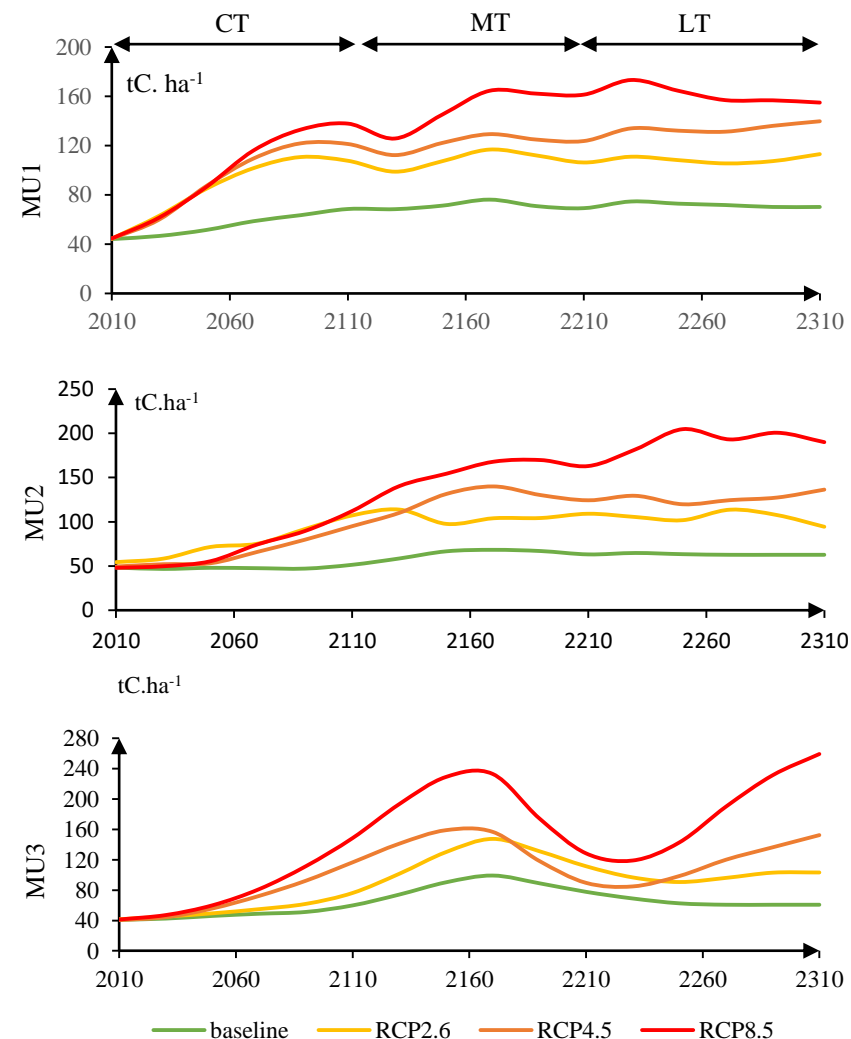


3 Projection de la composition

- ❖ Dans toute MU, nous constatons une diminution de la proportion d'occupation des espèces de conifères pure à l'échelle du paysage et une augmentation de la forêt mixte de feuillus, et le mélange des conifères. Molina et al., (2020) ont trouvé les même résultats en MU1 pour la forêt mixte de feuillus.
- ❖ La forêt mixte entre l'épinette noire et les feuillus augmente à court et à moyen terme, mais diminue à long terme, principalement pour RCP4.5 et RCP8.5 en raison de la mortalité des peuplements d'épinette noire.
- ❖ Les contraintes de croissance induites par le climat modifieront la composition des espèces vers des espèces plus thermophiles (Boulangier and Puigdevall, 2020).

3 Stock de carbone

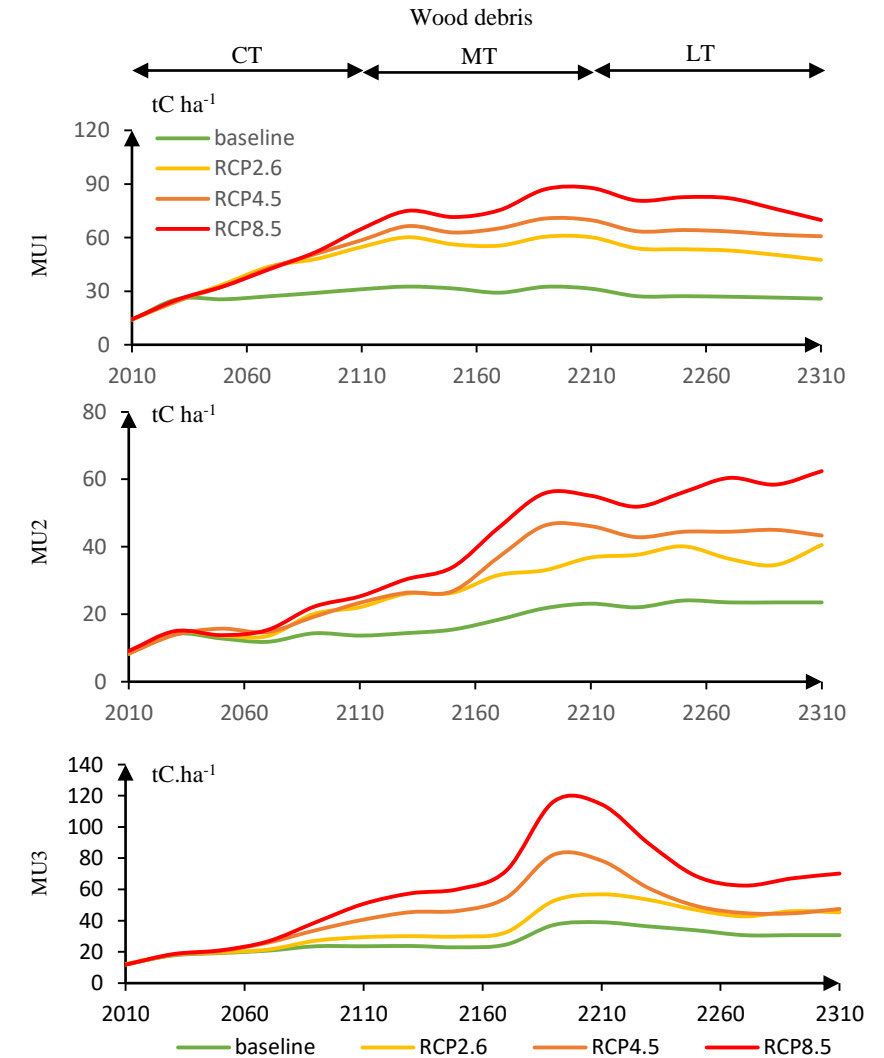
- ❖ Pour l'UM1, nous avons trouvé des résultats similaires (48 tC / ha) à ceux de Molina et al., (2020) (50 tC / ha), pour les valeurs initiales en 2010.
- ❖ Nos résultats sont similaires aux résultats rapportés par Zhu et al. (2012) dans la région boréale, des températures plus chaudes peuvent prolonger la saison de croissance et augmenter la productivité.
- ❖ Nous constatons que le réchauffement global peut augmenter la productivité globale de 2 à 3 fois pour les scénarios extrêmes par rapport au Baseline. Avec 2 ° C de réchauffement, D'Orangeville et al (2018) ont trouvé que la productivité globale de de la forêt peut augmenter de $13 \pm 3\%$.
- ❖ Boulanger et al (2016) déclarent des résultats contradictoires dans la zone de transition (boréale-tempérée).
- ❖ Nous soulignons que l'avenir de la biomasse résineuse sera réduit sous l'effet du changement climatique extrême (Boulanger and Puigdevall, 2020).



Effet cumulatif des incendies de forêt et du changement climatique sur le stockage du carbone de la biomasse

3 Stock de C de bois mort

- ❖ Augmentation de la mortalité dans les 3 MU, notamment pour les scénarios extrêmes (RCP4.5, RCP8.5) à court terme (CT), avec une stabilisation à moyen et long terme (MT et LT).
- ❖ La mortalité des arbres a temporairement augmenté avec le changement climatique ; accompagnée d'une croissance réduite pour les espèces des conifères.
- ❖ Peng et al (2011) ont déclaré que la tendance du taux de mortalité des arbres est à la hausse depuis 1960. Dans notre cas cette hausse est liée à la sécheresse (notamment chez les conifères) , et aussi à l'augmentation des feux principalement dans MU1 et MU2.





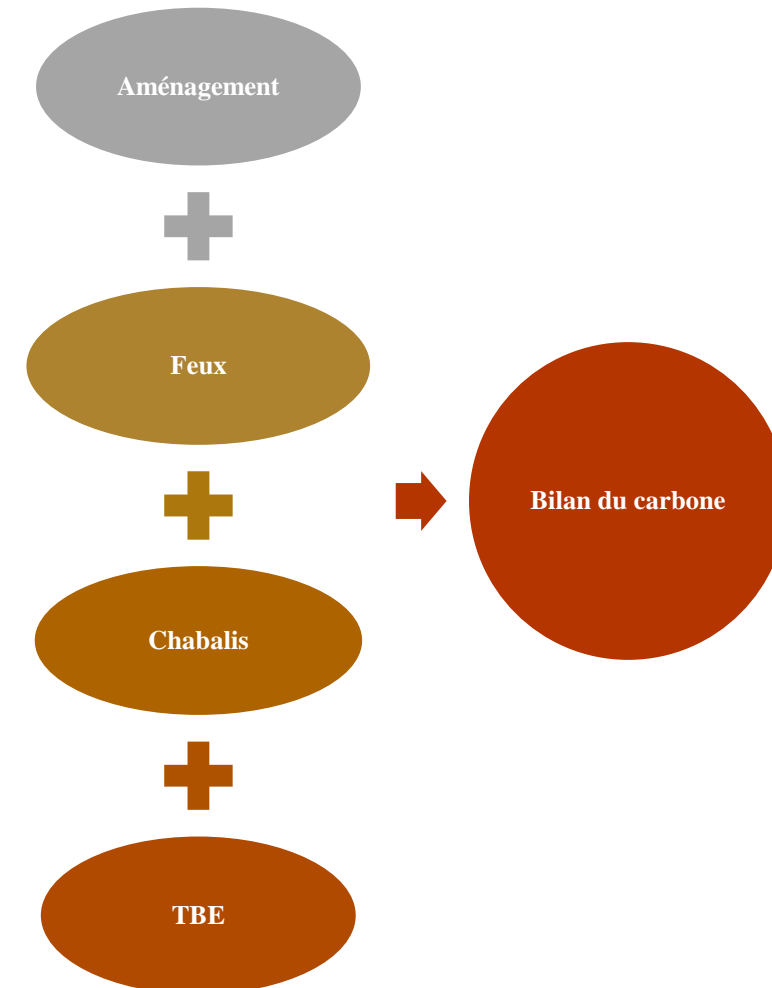
Conclusion

Près de la limite nordique d'exploitation forestière, il y aura une augmentation de:

- **La productivité et du stock du carbone** sous les différents scénarios de changement climatique, en raison de l'augmentation de la présence d'essences feuillues.
- **La proportion des forêts mixte :**
 - ❖ Forêts mixtes de feuillus : bouleau à papier et peuplier faux tremble
 - ❖ Forêts feuillus-conifères : L'épinette noire bouleau à papier et peuplier-faux tremble
 - ❖ Forêts conifères : l'épinette noire Pine gris et sapin baumier
- **La mortalité et de la quantité de bois mort**, donc il y aura une augmentation de la respiration hétérotrophe, ce qui pourrait conduire à une réduction de la productivité nette de l'écosystème.

Futures chapitres du projet:

- ❖ Traitement sylvicole : intensive vs extensive
- ❖ Autres Perturbations naturelles (Chablis et TBE)
- ❖ Plantation (e.g., EN, PG, ML)
- ❖ Modèle des sols



Forêts, Faune
et Parcs

Québec 



**CRSNG
NSERC**



**CHANTIERS
CHIBOUGAMAU**

RAYONIER 
Advanced Materials™

UQAT

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Références:

- Bergeron, Y., Cyr, D., Drever, C. R., Flannigan, M., Gauthier, S., Kneeshaw, D., ... & Logan, K. (2006). Past, current, and future fire frequencies in Quebec's commercial forests: implications for the cumulative effects of harvesting and fire on age-class structure and natural disturbance-based management. *Canadian journal of forest research*, 36(11), 2737-2744.
- Boucher, Y., Perrault-Hébert, M., Fournier, R. et al. Cumulative patterns of logging and fire (1940–2009): consequences on the structure of the eastern Canadian boreal forest. *Landscape Ecol* 32, 361–375 (2017)
- Boulanger, Y., Gauthier, S., & Burton, P. J. (2014). A refinement of models projecting future Canadian fire regimes using homogeneous fire regime zones. *Canadian Journal of Forest Research*, 44(4), 365–376.
- Boulanger, Y., Taylor, A. R., Price, D. T., Cyr, D., McGarrigle, E., Rammer, W., Sainte-Marie, G., Beaudoin, A., Guindon, L., & Mansuy, N. (2017). Climate change impacts on forest landscapes along the Canadian southern boreal forest transition zone. *Landscape Ecology*, 32(7), 1415–1431.
- Boulanger, Y., & Puigdevall, J. P. (2021). Boreal forests will be more severely affected by projected anthropogenic climate forcing than mixedwood and northern hardwood forests in eastern Canada. *Landscape Ecology*, 1-16.
- D'Orangeville, L., Houle, D., Duchesne, L., Phillips, R. P., Bergeron, Y., & Kneeshaw, D. (2018). Beneficial effects of climate warming on boreal tree growth may be transitory. *Nature communications*, 9(1), 1-10.
- Molina, E., Valeria, O., De Grandpre, L., Ramirez, J. A., Cyr, D., & Boulanger, Y. (2021). Projecting future aboveground biomass and productivity of managed eastern Canadian mixedwood boreal forest in response to climate change. *Forest Ecology and Management*, 487, 119016.
- Peng, C., Ma, Z., Lei, X., Zhu, Q., Chen, H., Wang, W., ... & Zhou, X. (2011). A drought-induced pervasive increase in tree mortality across Canada's boreal forests. *Nature climate change*, 1(9), 467-471.
- Tremblay, J. A., Boulanger, Y., Cyr, D., Taylor, A. R., Price, D. T., & St-Laurent, M. H. (2018). Harvesting interacts with climate change to affect future habitat quality of a focal species in eastern Canada's boreal forest. *PloS one*, 13(2), e0191645.