

Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêt au 21^{ème} siècle

François Pimont



Introduction

Le changement climatique induit des changements météorologiques portant sur la température, l'humidité relative de l'air et le régime de précipitations journalières qui affectent les feux de forêt

Deux mécanismes principaux :

La sécheresse météorologique => végétation vivante sèche / dépérissante

Déficit de vapeur d'eau dans l'air => végétation morte plus sèche

Ces changements se traduisent par une plus grande inflammabilité et combustibilité des milieux :

- Des éclosions facilitées / des feux globalement plus rapides et plus puissants
- Une modification de l'activité des feux, en nombres et tailles





Introduction

Grandes questions :

- Quelle est l'amplitude des effets ? A quel rythme ont/auront lieu les changements ?
- Quels sont les territoires concernés ? Quelles sont les trajectoires prévisibles pour chacun d'eux?

Approches possibles :

- Analyser l'évolution passée et anticiper l'évolution future de la météorologie du feu
- Evaluer les effets induits sur le comportement des feux (vitesse, puissance) => pas abordé ici
- Evaluer les effets induits sur les activités des feux (nombres de feux, surfaces brûlées)



Introduction

Grandes questions :

- Quelle est l'amplitude des effets ? A quel rythme ont/auront lieu les changements ?
- Quels sont les territoires concernés ? Quelles sont les trajectoires prévisibles pour chacun d'eux?

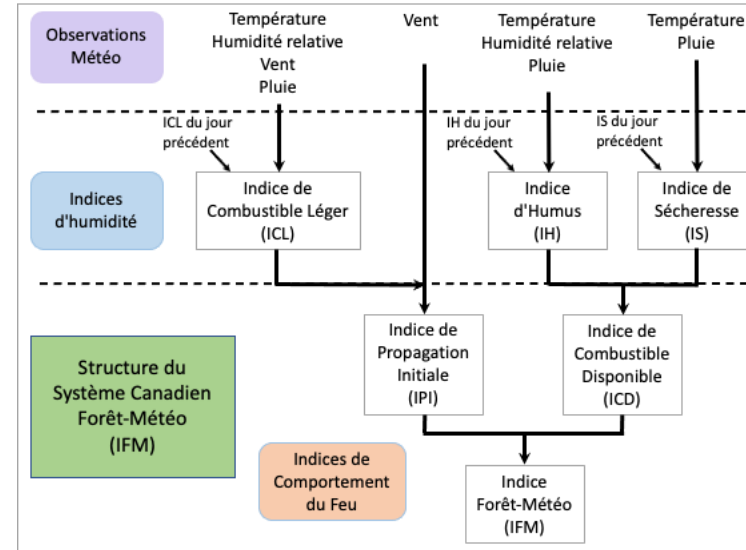
Approches possibles :

- Analyser l'évolution passée et anticiper l'évolution future de la météorologie du feu
- Evaluer les effets induits sur le comportement des feux (vitesse, puissance) => pas abordé ici
- Evaluer les effets induits sur les activités des feux (nombres de feux, surfaces brûlées)

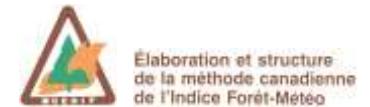


Evolution de la météorologie du feu

- Beaucoup d'indices météo servent à quantifier le danger météo, le plus utilisé étant l'IFM canadien et ses sous-composantes
- Elles permettent de calculer différents indices opérationnels quotidiens (NSV2, IEP, etc.)



Van Wagner, 1987



- Projections futures : voir présentation de Frédéric Mortier (Etude Météo-France 2023)
- En complément, une autre manière de quantifier les changements, l'attribution



Evolution passée du danger feu-météo en France

Attribution : comparer le système tel qu'il est par rapport à quoi aurait ressemblé sans les émissions humaines

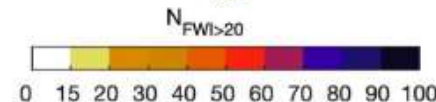
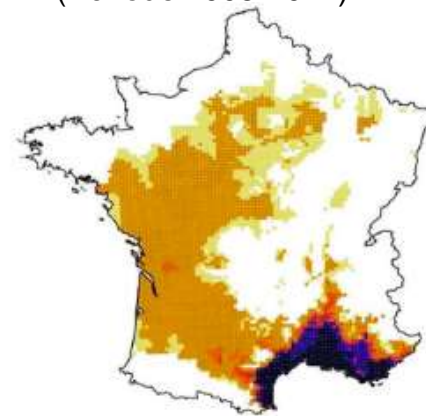
frontiers
in Earth Science

Attributing Increases in Fire Weather to Anthropogenic Climate Change Over France

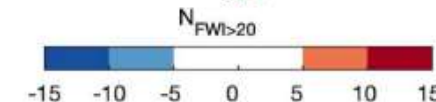
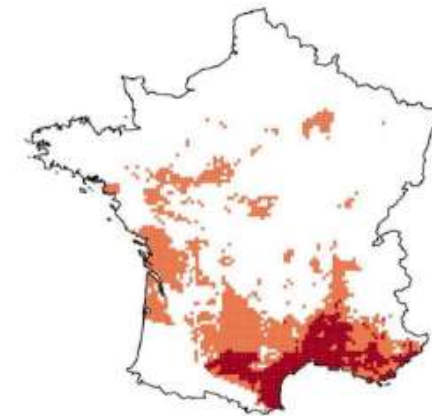
Arnau Barbero¹, John T. Abatzoglou^{1,2}, François Pezzoli¹, Julien Raffalli¹ and Thomas Curjel¹

Nb jours à IFM>20

Observations
(Période 2008-2017)



Différences attribuables
aux émissions humaines



Evénements climatiques extrêmes : les études d'attribution, de nouveaux modèles pour sensibiliser le public

Par Matthieu Goss

Publié pour la première fois le 18 mars 2024

10 lectures 7 min

Article réservé aux abonnés

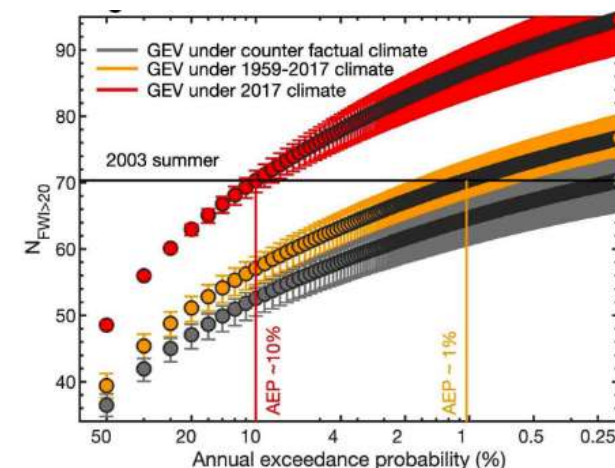
Offrir l'article

ENQUÊTE | Les climatologues s'appuient de plus en plus sur ces études analysant le rôle de l'activité humaine dans les catastrophes actuelles. Diffusées rapidement aux citoyens, pour illustrer de façon concrète le dérèglement du climat, les données restent toutefois imparfaites.

Le monde,
article du 18 mars 2024

Ex d'application : une saison type « 2003 » est devenue en 2017 :

- 10 fois plus probable que sur la période 1959-2017
- 50 fois plus probable que sans émission humaine





Introduction

Grandes questions :

- Quelle est l'amplitude des effets ? A quel rythme ont/auront lieu les changements ?
- Quels sont les territoires concernés ? Quelles sont les trajectoires prévisibles pour chacun d'eux?

Approches possibles :

- Analyser l'évolution passée et anticiper l'évolution future de la météorologie du feu
- Evaluer les effets induits sur le comportement des feux (vitesse, puissance) => pas abordé ici
- Evaluer les effets induits sur les activités des feux (nombres, surfaces brûlées)



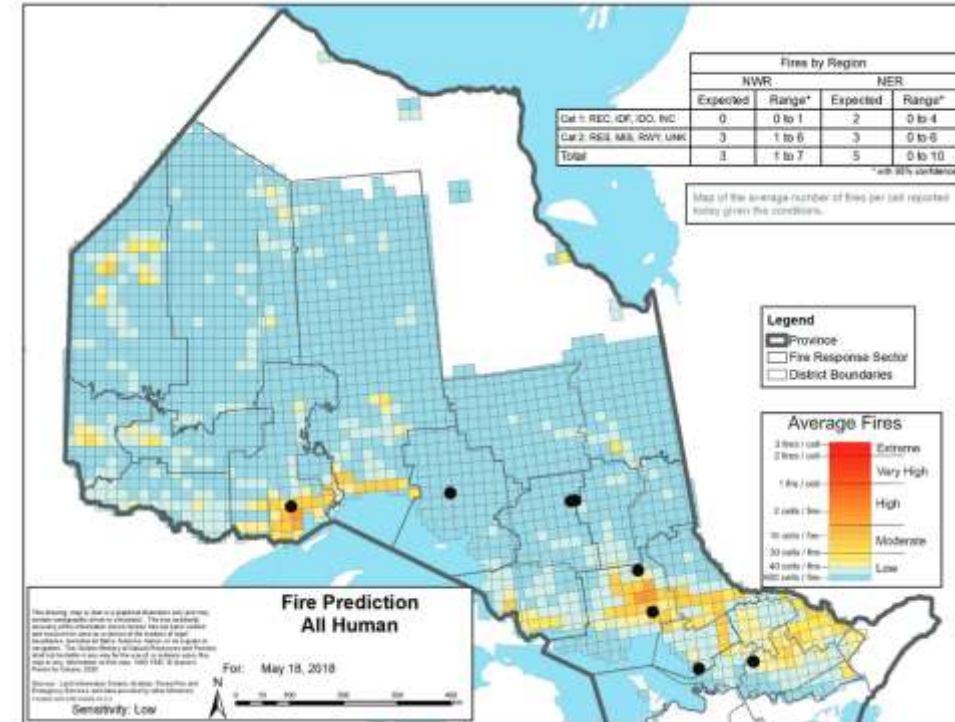
Quels changements induits sur l'activité des feux ?

- On s'appuie sur des modèles probabilistes pour faire le lien entre indices climatiques et observations

Ex : le « Fire Occurrence Prediction » system Canadien pour la province de l'Ontario (Woolford et al. 2018)

Prédiction de l'éclosions et des feux > 100ha à partir de l'IFM, des caractéristiques de la végétation, des activités humaines, etc.

En appliquant ce type de modèle à des séries climatiques longues, on peut produire des cartes d'occurrence



- Des projections climatiques des résultats de ces modèles permettent d'estimer les changements quantitatifs induits par les émissions sur les activités des feux

Une hypothèse forte : les effets des facteurs autres que le danger météo restent inchangés



Travaux de projections climatiques d'activité des feux menés à INRAE à partir de modèles « Firelihood »

- Travaux scientifiques dans le quart Sud-Est, Sud-Ouest, France métropolitaine, Europe

Occurrence et taille des feux en zone Prométhée (Pimont et al. 2022), Sud-Ouest (Legrand et al. 2023)

Occurrence et taille des feux en Europe (Galizia et al. 2023; Ruffault et al. 2020, 2024 in prep)

- Etude d'appui aux politiques publiques (cf présentation Frédéric Mortier)

Commande MASA
Disponible sous HAL-INRAE
<https://hal.inrae.fr/hal-04149936>

INRAE

Projections des effets du changement
climatique sur l'activité des feux de forêt
au 21ème siècle :
Rapport final
(31 mai 2023)

Frédéric Pignatelli¹, Jean-Luc Dupuy², Julien Ruffault¹, Eric Daguin¹,
Thomas Ogier³, Juliette Lagrèze¹, Renaud Barbault¹

¹ INRAE URFM, Avignon

² INRAE IRISP, Avignon

³ INRAE RICOVER, Aix-en-Provence

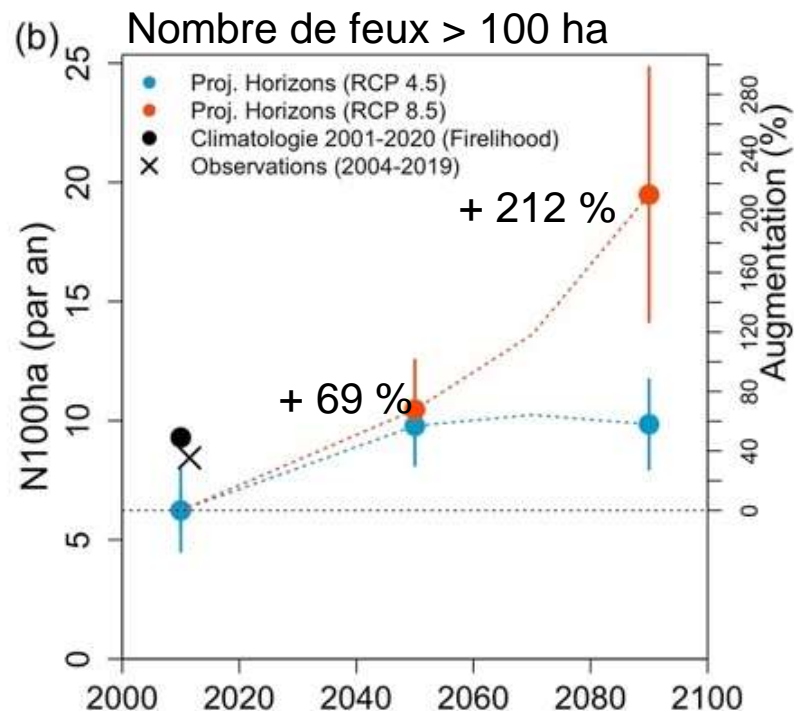
Contributeur technique à la mission d'expertise conjointe sur l'estimation des
risques d'incendie de forêt et de végétation à l'échelle du sud-est et du
du sud-ouest dans le contexte du changement climatique

Rapport réalisé dans le cadre de la convention MAA-INRAE du 9 mai 2022,
n°G 43 / 2022.



Projections pour la zone Prométhée

Simulation des occurrences et tailles de feu dans 15 départements du Sud-Est à partir des IFM quotidiens projetés entre 2000 et 2100 selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 – 10 GCM/RCM Euro-Cordex (CMIP 5)



Accroissement des émissions
(RCP 8.5)

Stabilisation des émissions
(RCP 4.5)

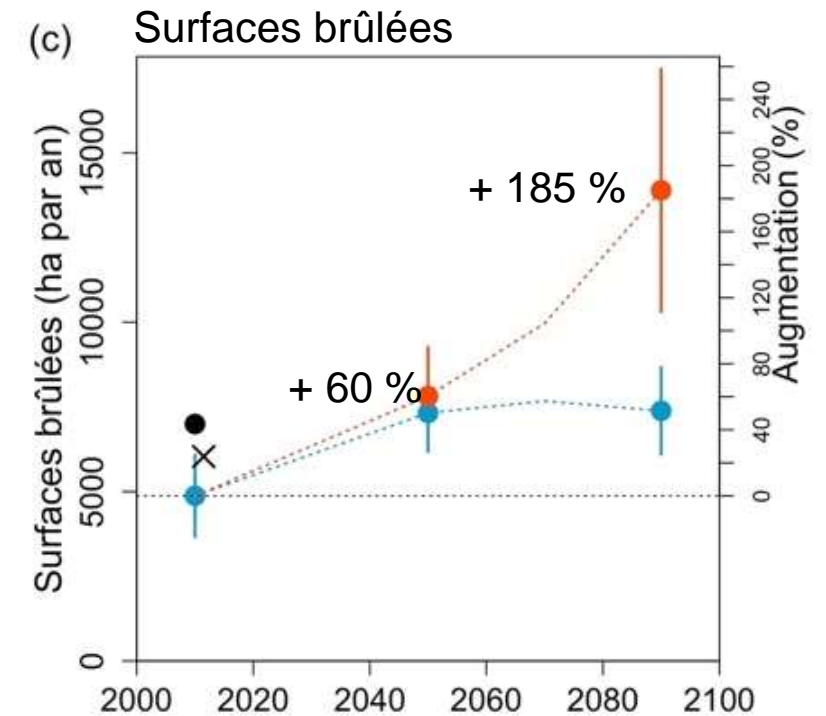
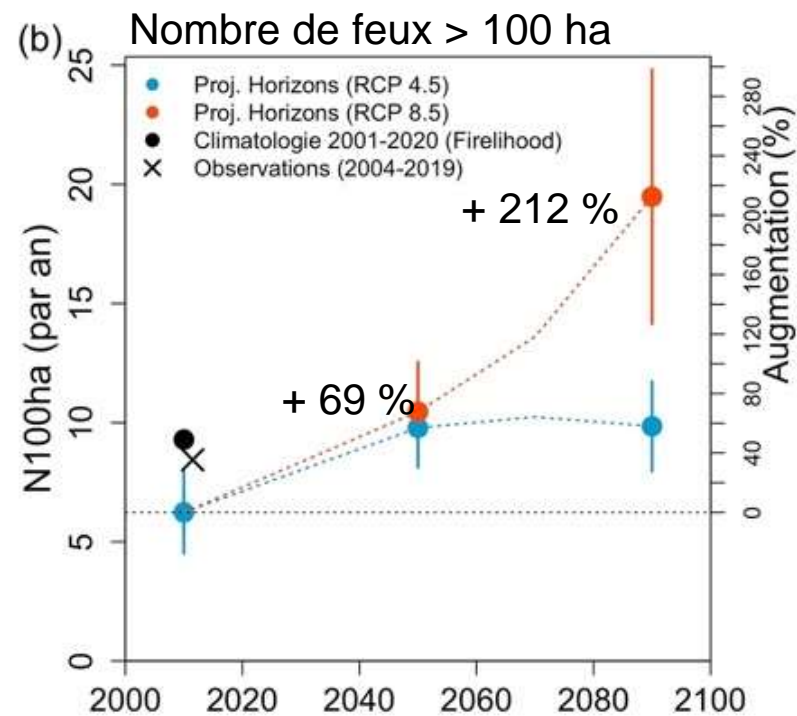
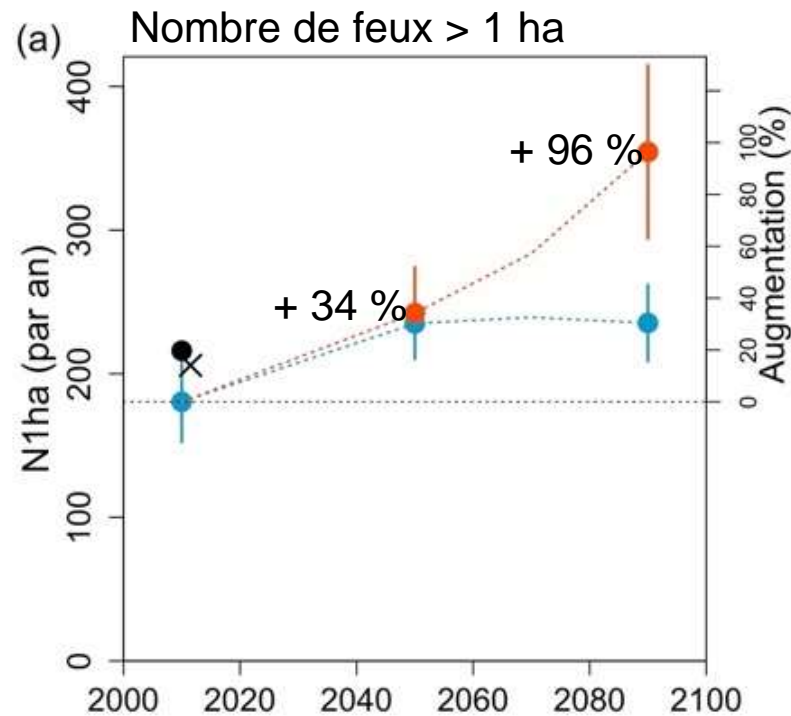
Sous RCP 8.5, IFM moyen : +24 % en 2050, +62% en 2090

=> L'augmentation attendue est trois fois plus rapide que celle de l'IFM moyen



Projections pour la zone Prométhée

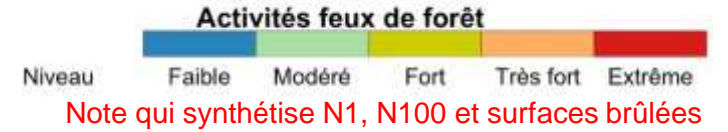
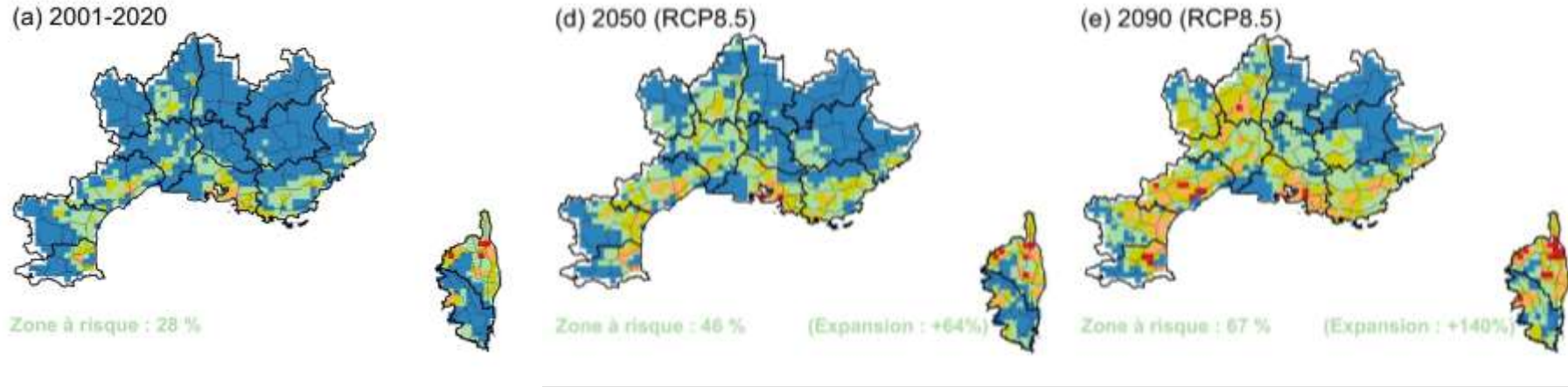
Simulation des occurrences et tailles de feu dans 15 départements du Sud-Est à partir des IFM quotidiens projetés entre 2000 et 2100 selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 – 10 GCM/RCM Euro-Cordex (CMIP 5)



Tendances futures en Sud-Est

Intensification et extension future du risque

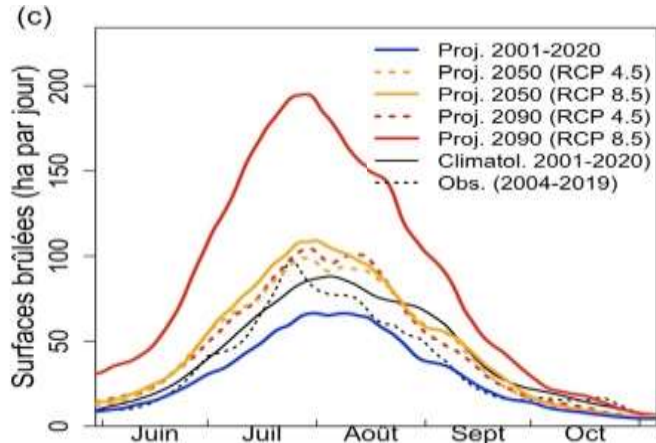
Expansion de la zone à risque (RCP 8.5)



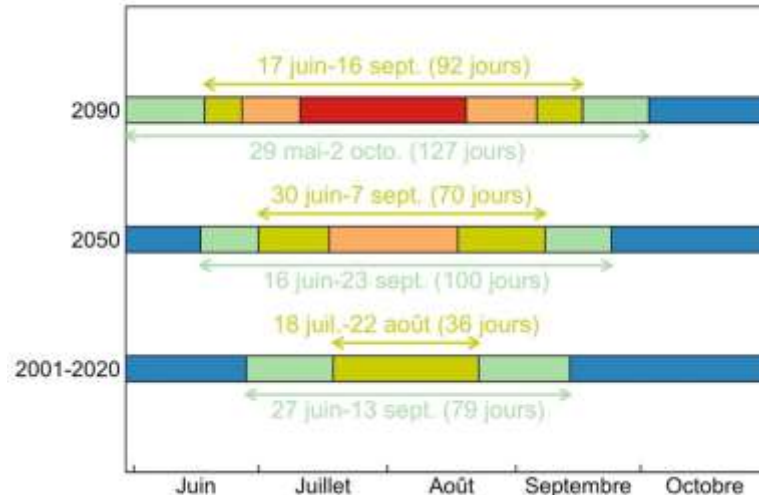
Forte expansion

Mais ~2/3 de l'accroissement des activités ont lieu dans la zone à risque actuelle !

Activités saisonnières selon scénarios et horizons



Allongement de la saison de feu (RCP 8.5)



Allongement du cœur de saison de 36 à 92 jours

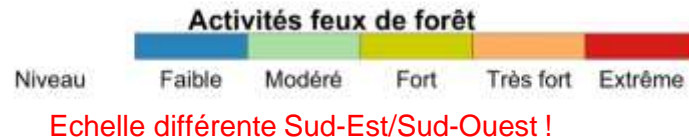
Intensification du cœur historique



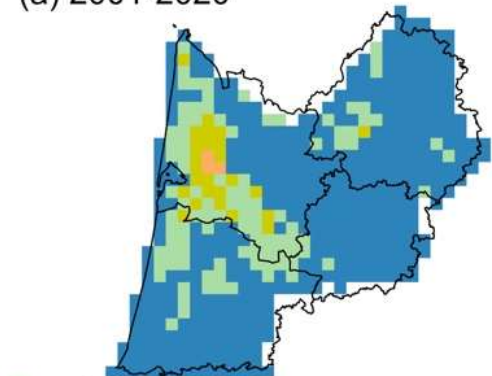
Tendances futures en Sud-Ouest

Intensification et extension future du risque

Expansion de la zone à risque (RCP 8.5)

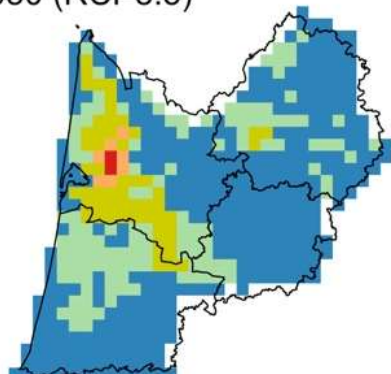


(a) 2001-2020



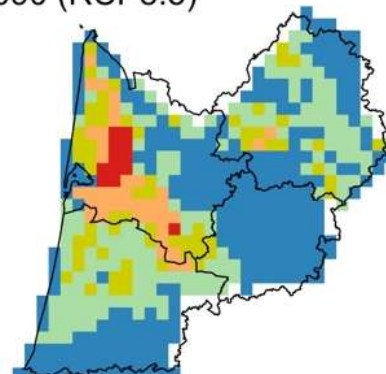
Zone à risque : 24 %

(d) 2050 (RCP8.5)



Zone à risque : 35 % (Expansion : +46%)

(e) 2090 (RCP8.5)

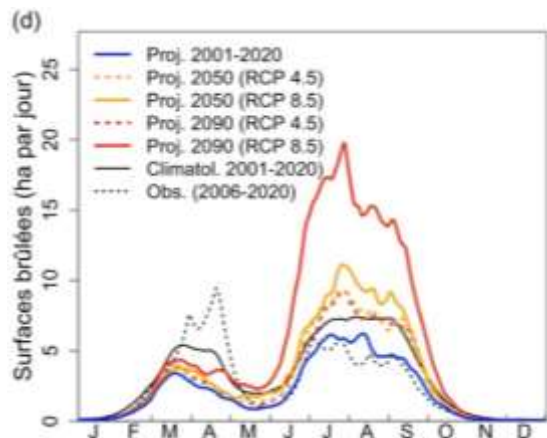


Zone à risque : 49 % (Expansion : +110%)

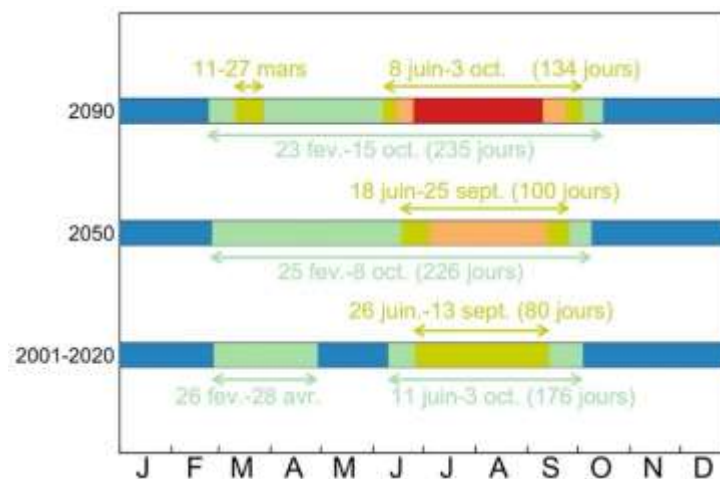
Les évolutions sont marquées, comme dans le sud-est.

Le niveau d'activité reste plus faible que dans le sud-est.

Activités saisonnières selon scénarios et horizons



Allongement de la saison de feu (RCP 8.5)



Les deux pics restent marqués, mais on a une activité de plus en plus continue

Autres résultats de l'étude non présentés : saison extrême vs saison moyenne, concomitance d'évènements...

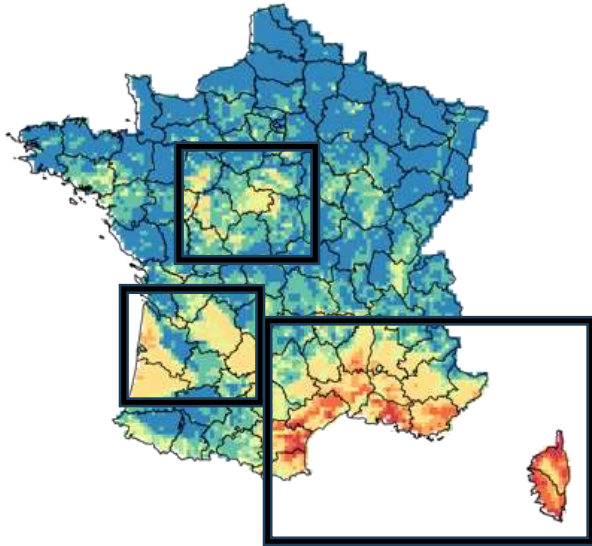


Tendances France entière

Simulation des occurrences de feu de plus de 20 ha (modèle simplifié) à partir des IFM quotidiens projetés entre 2000 et 2100 selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5, à l'échelle nationale – 12 GCM/RCM Euro-Cordex (CMIP 5)

Nombre de feux > 20 ha :

b) Projection 2001-2020 (RCP 8.5)



- Trois grands zones

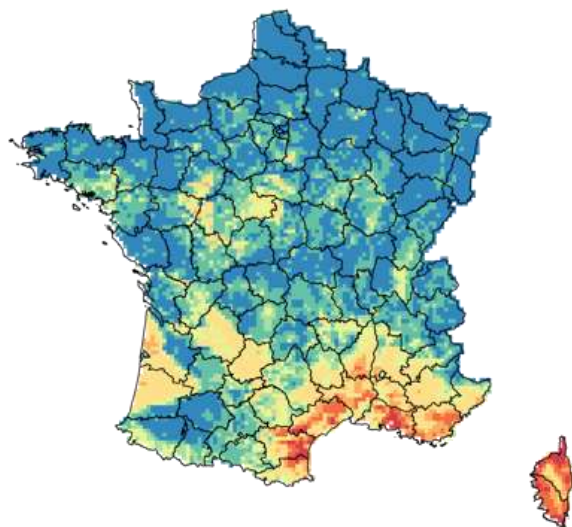


Tendances France entière

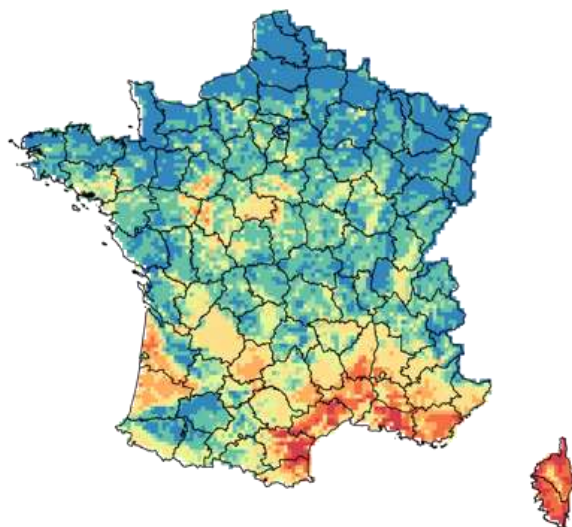
Simulation des occurrences de feu de plus de 20 ha à partir des IFM quotidiens projetés entre 2000 et 2100 selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5, à l'échelle nationale – 12 GCM/RCM Euro-Cordex (CMIP 5)

Nombre de feux > 20 ha : +25% en 2030, +60 % en 2050, +200% en 2090 sous RCP 8.5

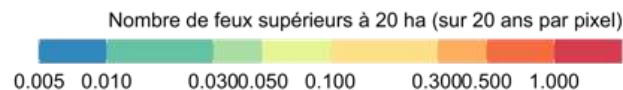
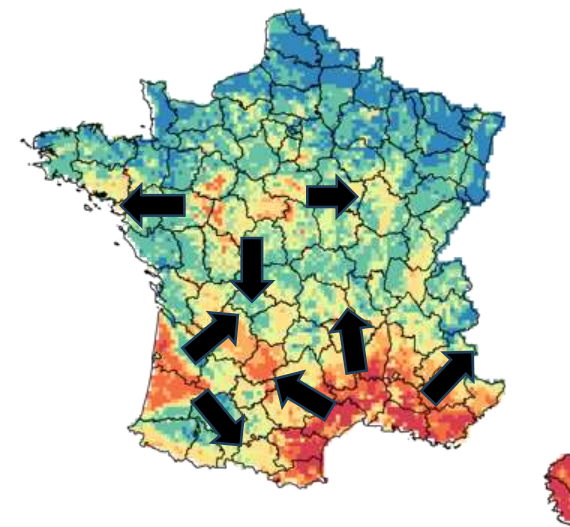
b) Projection 2001-2020 (RCP 8.5)



d) Projections 2050 (RCP 8.5)



f) Projections 2090 (RCP 8.5)



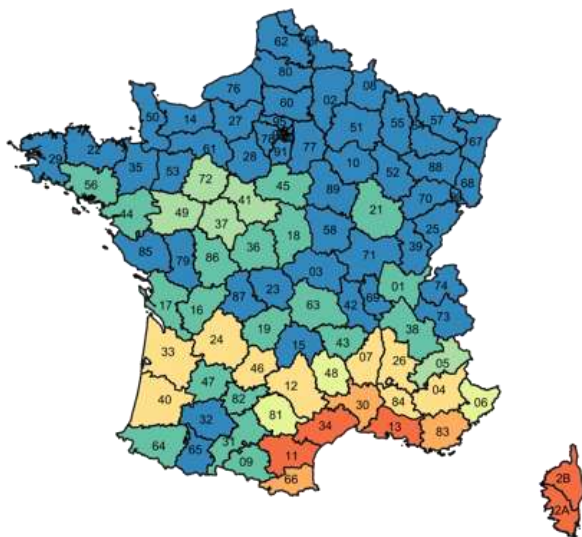
- Trois grands zones
- Les trois zones ont tendance à se rejoindre



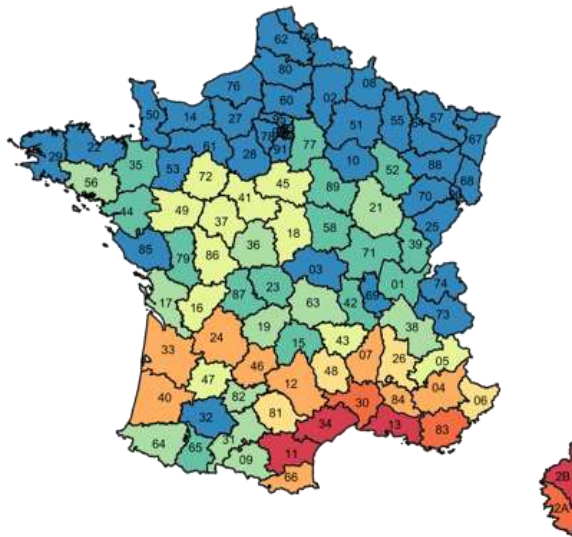
Tendances France entière

Analyse synthétique : somme des feux >20ha départementale

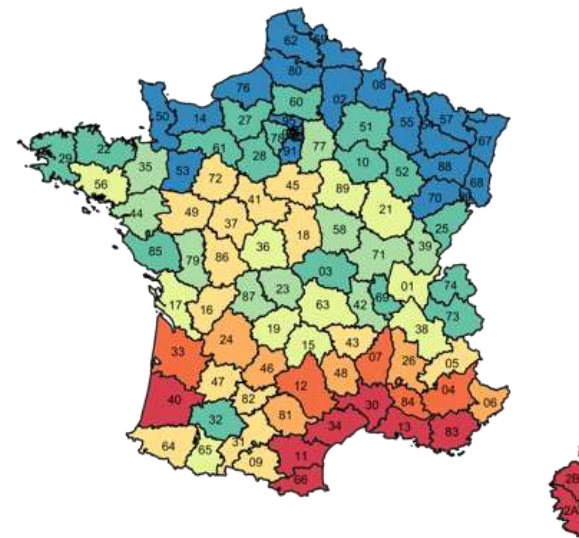
b) Projection 2001-2020 (RCP 8.5)



d) Projections 2050 (RCP 8.5)



f) Projections 2090 (RCP 8.5)



Nombre de feux > 20 ha par département et par an



Les projections modifient globalement assez peu la hiérarchie

Les départements dans lesquels les augmentations les plus fortes (en valeur relative) concernent davantage les zones d'expansion que les cœurs historiques des trois zones :

Sud-Est : 12, 48, 81, 43, 09, 31 et 01

Sud-Ouest : 46, 64, 31, 19 et 65

« Centre-Ouest » : 18 et 21

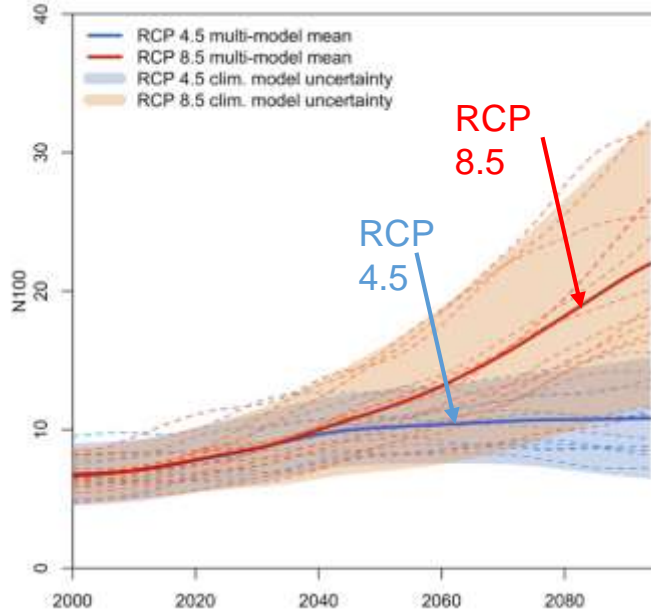




Limites et incertitudes

- Modèles climatiques et probabilistes

Tendance nombre annuel de feux > 100 ha

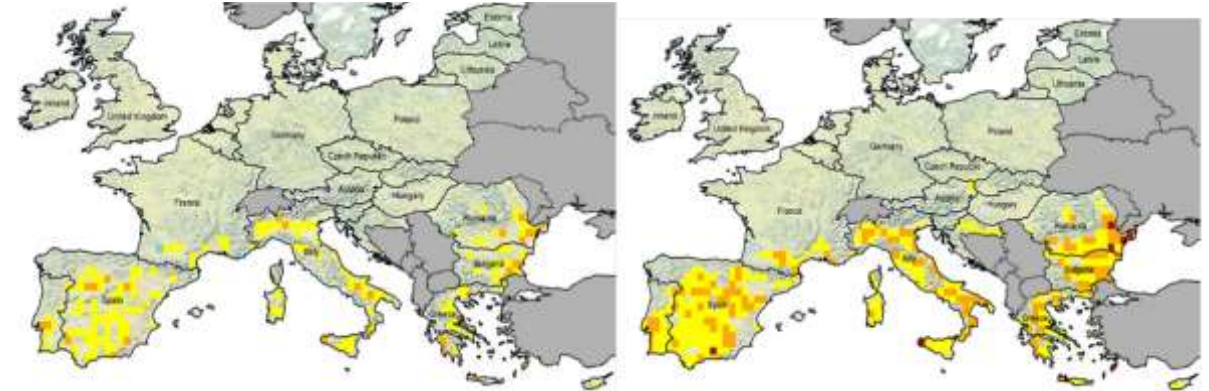


- Efficacité de la lutte dans le contexte d'intensification du risque ?

- Dynamiques de végétation

- Dépérissements
- Conversions (ex forêt -> landes)
- Aridification /déficit de combustible

Risque de désertification – évolution en 2071-2100 (ref 1981-2010)



Spinoni et al 2018, EGU,
in Rapport Cour des comptes

Légende

- Faible diminution du risque
- Faible augmentation du risque
- Augmentation notable du risque
- Augmentation importante du risque



Implications et perspectives

- **Voir présentation de Frédéric Mortier**

- **Projet AFORCE Vulnérable en cours (INRAE, ONF)**
 - Projections d'activité ciblées sur les massifs forestiers, les espaces naturels protégés, etc pour fournir des projections plus directement exploitables par les gestionnaires
 - Prise en compte des gradients météorologiques liés à l'altitude en montagne
 - **Travaux bibliographiques et enquête pour synthétiser la connaissance sur la vulnérabilité des essences**



Principales références

- Pimont F, Dupuy J-L, Ruffault J, Rigolot E, Opitz T, et al.. Projections des effets du changement climatique sur l'activité des feux de forêt au 21ème siècle : Rapport final : Contribution technique à la mission d'expertise conjointe sur l'extension des zones à risque d'incendie de forêt et de végétation à échéance du milieu et fin du siècle dans le contexte du changement climatique. INRAE. 2023. <https://hal.inrae.fr/hal-04149936>
- Vidéo « MOOC » UVED : <https://www.canal-u.tv/chaines/canal-ued/changement-climatique-impacts-attenuation-et-adaptation/changement-climatique-0>
- Pimont F, Ruffault J, Opitz T, Fargeon H, Barbero R, Castel-Clavera J, Martin-StPaul N, Rigolot E, Dupuy J-L (2022) Future expansion, seasonal lengthening and intensification of fire activity under climate change in southeastern France. *International Journal of Wildland Fire* **32**, 4–14. doi:[10.1071/WF22103](https://doi.org/10.1071/WF22103)
- Barbero R, Abatzoglou JT, Pimont F, Ruffault J, Curt T (2020) Attributing Increases in Fire Weather to Anthropogenic Climate Change Over France. *Frontiers in Earth Science* **8**, 104. doi:[10.3389/feart.2020.00104](https://doi.org/10.3389/feart.2020.00104).



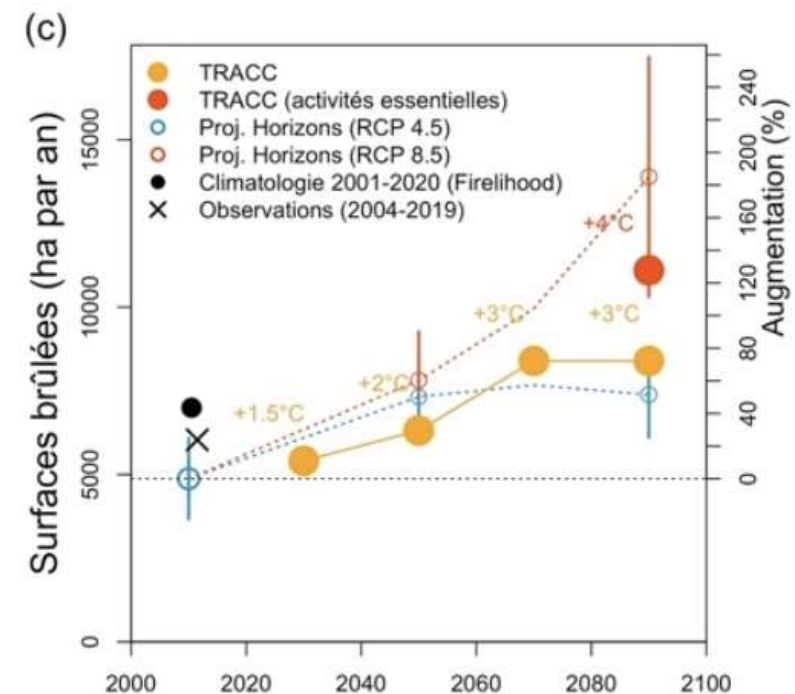
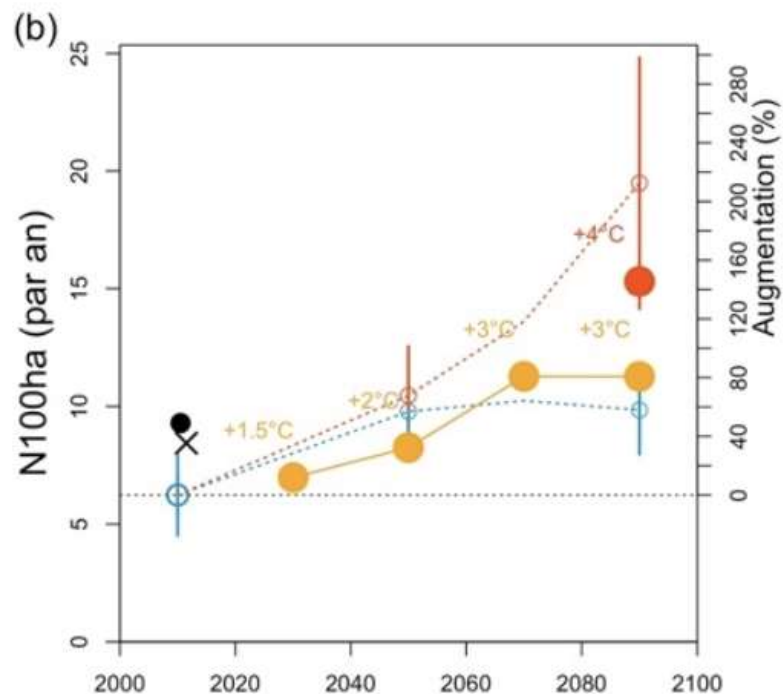
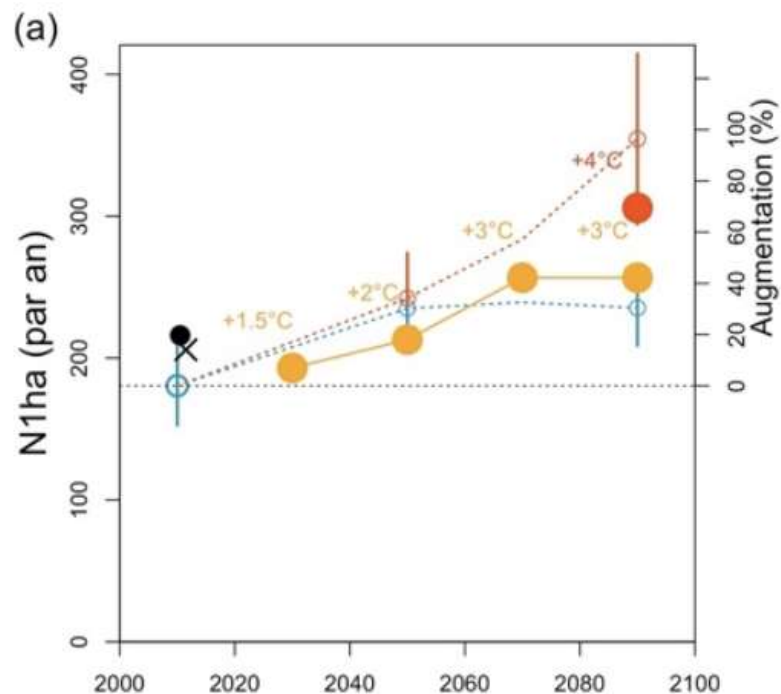
Matériel supplémentaire





Projections pour la zone Prométhée

Résultats en TRAAC (trajectoire nationale d'adaptation au CC)



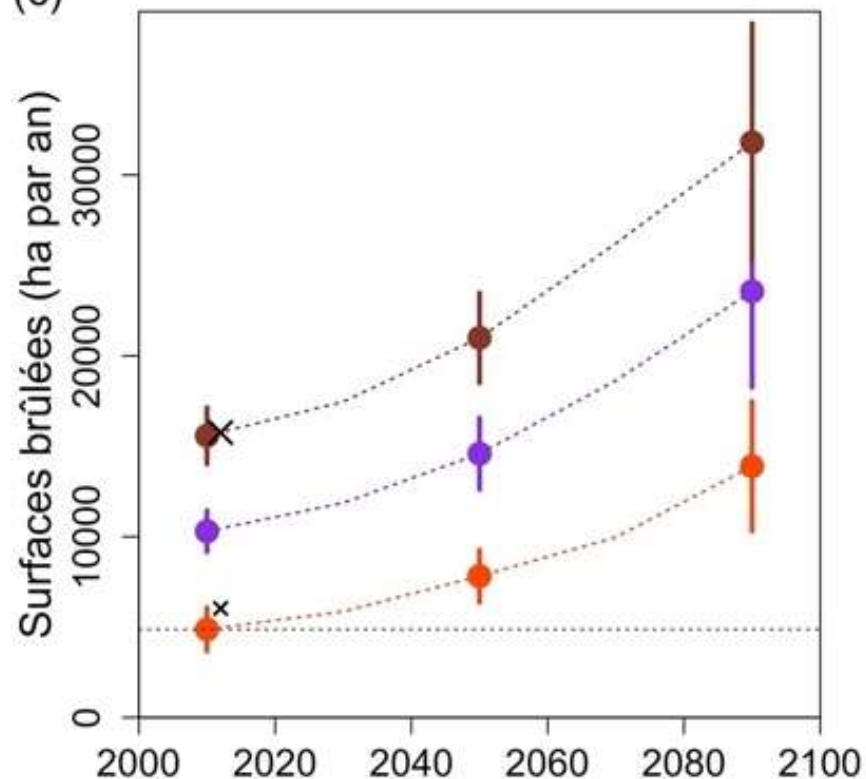
Comparaison entre bilan moyen et années extrêmes

- Surfaces brûlées : bilan moyen, retour décennal et bilan des années extrêmes (> retour décennal)

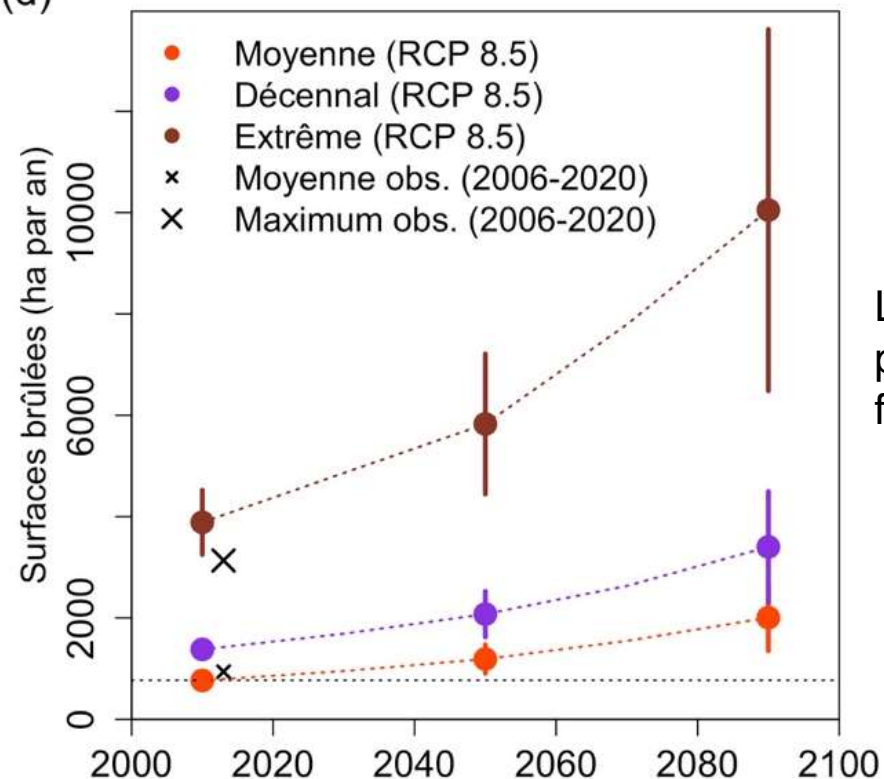
Ratio du bilan des années extrêmes au bilan moyen : de l'ordre de 3 dans le Sud-Est et de 5 dans le Sud-Ouest

L'activité des feux est supérieure dans le Sud-Est, mais le potentiel pour des années exceptionnelles est plus élevé dans le Sud-Ouest.

(c) Zone Sud-Est



(d) Zone Sud-Ouest



Les tendances sont similaires pour le nombre de grands feux (N100ha)