Anatomy of the false link between forest fires and anthropogenic CO2

By Denis G. Rancourt, *PhD*

Research Gate, May 2016, DOI: 10.13140/RG.2.1.2059.6087 (file removed)
Zenodo, DOI: 10.5281/zenodo.17202948

Anatomie du lien fallacieux entre les feux de forêt et le CO2 anthropique

Résumé

Dans cette revue critique de la littérature scientifique consacrée aux incendies, je décris comment l'idée erronée d'un lien entre les incendies de forêt et le CO_2 d'origine anthropique a vu le jour en 2006 à la suite d'un article entaché de défauts méthodologiques majeurs, promu par la revue *Science*, qui fait autorité dans l'orientation des tendances scientifiques.

Cette idée s'est ensuite propagée comme une traînée de poudre dans la littérature scientifique et au-delà, portée en partie par les vents puissants d'une modélisation climatique excessive, tout en laissant heureusement de vastes zones épargnées.

Il n'existe aucune preuve empirique étayant un tel lien. Au contraire, les connaissances établies sur les incendies de forêt conduisent à la conclusion que l'acharnement à vouloir mettre en évidence un tel lien est absurde : dans les conditions actuelles, à partir d'environ 1900, l'effet prédominant est celui des impacts directs des activités humaines sur l'utilisation des terres, lesquels ont pour conséquence que la fréquence mondiale des incendies est nettement inférieure à celle observée au cours des cycles naturels de longue durée connus (déficit moderne d'incendies).

Aucune circonstance particulière ni aucune région n'ont été correctement identifiées où le comportement des incendies de forêt pourrait être attribué au CO_2.

Le récent incendie de Fort McMurray, au Canada, ne fait pas exception.

La diminution moyenne de 7 g du poids de naissance, prétendument liée à l'exposition générale des mères aux incendies de forêt du sud de la Californie attribués au CO_2, comme toutes les affirmations de ce type, résulte d'un excès d'enthousiasme statistique et conceptuel.

J'utilise des concepts issus de la littérature scientifique sur le comportement animal afin d'expliquer comment certains scientifiques et leurs partisans peuvent se laisser emporter à ce point.

Principes fondamentaux des incendies : sécheresse et combustible

Les faits fondamentaux établis concernant les incendies de forêt, présentés par ordre hiérarchique, sont les suivants.**[1][2][3]**

Les incendies de forêt se produisent sur les continents, et non sur les océans. Les déserts (de neige, de glace ou de sable) ainsi que les forêts tropicales humides ne brûlent pas ; ils ne peuvent pas entretenir des incendies de forêt. Seule une végétation en croissance, soumise à des épisodes périodiques de sécheresse, peut entretenir des incendies récurrents **(fig. 1).**

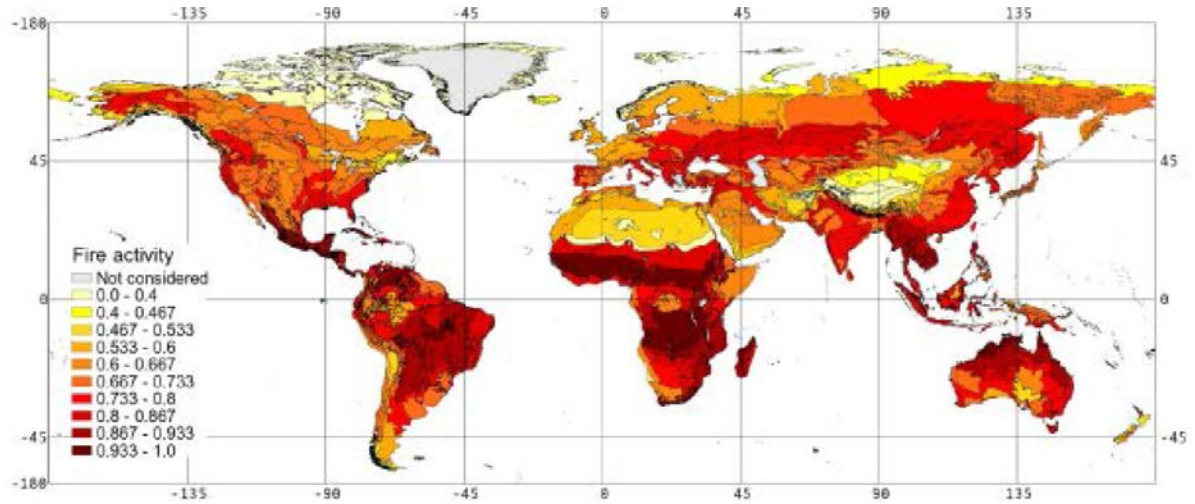


Fig. 1. Carte mondiale de l'activité des feux (Pausas et Rebeiro, 2013).

La matière organique est instable dans une atmosphère oxygénée et doit « brûler », soit par décomposition (dans les milieux humides), soit par combustion (dans les milieux secs). Le feu est un phénomène naturel et inévitable.

À l'heure actuelle, on dénombre environ dix mille incendies de forêt par an au Canada seulement, et environ cent mille aux États-Unis. Le feu régule la biosphère et délimite les adaptations évolutives dans les écosystèmes soumis au feu. Il y a des incendies depuis que les plantes existent sur les continents.

Le principal facteur déterminant la survenue des incendies dans les paysages couverts de végétation est la sécheresse.**[2][3]**

Le principal facteur limitant l'étendue et la gravité des incendies pendant une sécheresse (ou une période prolongée de temps sec) est la disponibilité du combustible (seule la matière organique combustible peut brûler, et elle ne brûle qu'une seule fois).**[3][4][5]**

Ainsi, l'accumulation de combustible (croissance et vieillissement de la végétation) limite la récurrence des incendies.

Le mécanisme par lequel la sécheresse détermine la survenue des incendies repose sur le fait que l'inflammabilité de la matière organique, morte ou vivante, dépend principalement de sa teneur en eau, laquelle est elle-même contrôlée par la durée d'exposition à une atmosphère sèche. En termes

chimiques, à mesure que la matière perd son eau, l'énergie libre spécifique de combustion augmente tandis que la barrière d'énergie libre nécessaire à l'inflammation diminue.

Dans la plupart des cas, les incendies à l'échelle des écorégions ne sont pas limités par le nombre de sources d'allumage, car celles-ci sont suffisamment nombreuses à l'échelle spatio-temporelle d'une sécheresse (par exemple la foudre ou les activités humaines). *Smokey Bear* menait un combat perdu d'avance.**[6]**

Bien entendu, pour chaque incendie pris individuellement, des facteurs locaux influencent également son étendue et sa gravité, notamment :**[7][8][9]**

- la hauteur de la nappe phréatique et l'humidité des sols ;
- le degré de dessiccation atteint par la matière organique ;
- la structure du combustible, notamment les caractéristiques écologiques de la végétation ;
- l'historique des perturbations antérieures, telles que les attaques d'insectes (par exemple [10]), le pâturage des animaux, les incendies passés, les brûlages dirigés, les coupes forestières, etc. ;
- la vitesse du vent pendant l'incendie ;
- la topographie, notamment la pente et son exposition (orientation de la pente par rapport à la trajectoire du soleil) ;
- la fragmentation des zones forestières, qu'elle soit naturelle ou d'origine anthropique ;
- la fréquence et la répartition spatiale des sources d'allumage ;
- les interventions humaines de lutte contre les incendies.

Causes connues : climat et activités humaines

Compte tenu des relations décrites ci-dessus, la question devient : qu'est-ce qui provoque les sécheresses ?

Le « climat » n'est pas une réponse, puisque les sécheresses constituent une caractéristique du climat. La véritable question est donc : qu'est-ce qui provoque l'apparition des sécheresses au sein du système climatique ?

Au cours des 170 000 dernières années, depuis la dernière glaciation (il y a environ 14 000 ans), ainsi qu'au cours du dernier millénaire, aux échelles continentale et subcontinentale, les sécheresses sont provoquées par les variations de longue période de l'orbite terrestre et de l'inclinaison de l'axe de la planète, ainsi que par des oscillations de plus courte période des circulations atmosphériques couplées aux océans (oscillation australe El Niño annuelle et oscillation décennale du Pacifique).**[11][12][13]**

Ces causes des sécheresses historiques et des épisodes d'incendies de forêt sont établies de manière concluante. Il n'existe, à ces échelles de temps, aucune preuve que les variations du CO_2 aient provoqué des sécheresses (ou des prolongements des saisons sèches). Un éventuel effet du CO_2 sur les incendies constituerait donc un phénomène émergent.

Cependant, au cours du dernier siècle environ, on observe à l'échelle mondiale une diminution spectaculaire et durable des surfaces forestières brûlées (d'un ordre de grandeur dans les forêts de conifères), indépendante des régimes de sécheresse et résultant de transformations socio-économiques des populations humaines (**fig. 2**).**[14]**

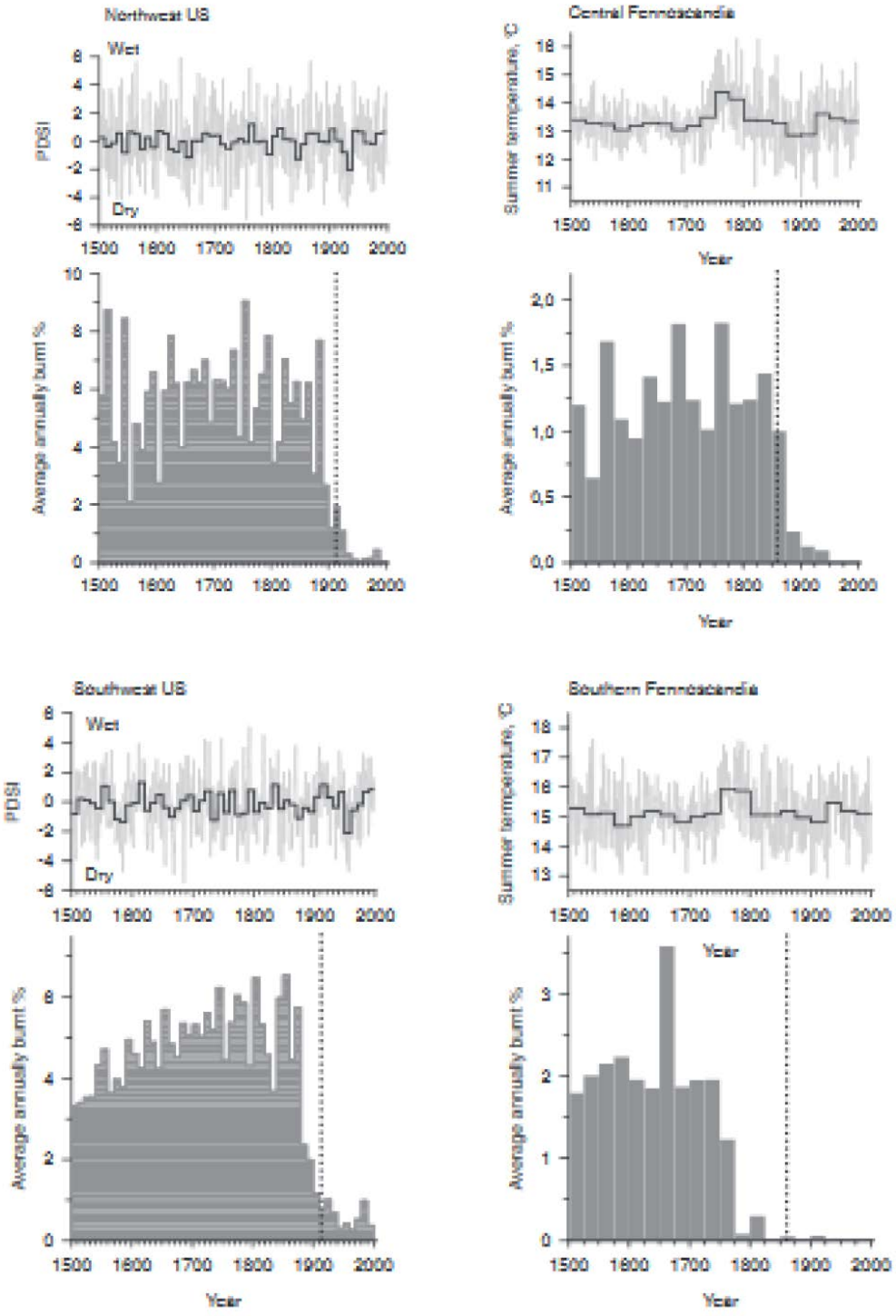


Figure 2. Reconstitution, à partir des cernes de croissance des arbres, des températures estivales, des précipitations, de l'indice PDSI et de l'historique des incendies au cours des 500 dernières années dans quatre régions subcontinentales de forêts de conifères du nord ayant fait l'objet d'études approfondies. Les proportions moyennes annuelles de surfaces brûlées sont présentées par décennie pour les deux régions des États-Unis, tandis qu'en Fennoscandie, les données disponibles n'ont permis de calculer que la moyenne de ces proportions sur des périodes de 25 ans. La ligne verticale en pointillés indique le début de la politique de lutte contre les incendies.

Il s'agit d'un « changement abrupt du régime des incendies indépendant du climat » (*abrupt climate-independent fire regime change*).**[15]**

Ce changement est cohérent avec les études consacrées à l'impact mondial de l'utilisation des terres par l'homme sur les incendies, lesquelles montrent une diminution des surfaces brûlées à mesure que la densité de population augmente.**[16][17]**

Cette évolution est également mise en évidence par les incendies les plus vastes et les plus sévères connus, tant ceux documentés par les observations humaines que ceux enregistrés dans les cernes des arbres, dont la superficie dépassait largement 10 000 km² (1 000 000 ha).**[18]**

Une diminution de la fréquence des incendies est également observée dans les archives de charbon de bois conservées dans les sédiments lacustres, bien que ces données présentent une résolution et une précision moindres que les analyses dendrochronologiques : « La fréquence actuelle des épisodes d'incendie sur la rive occidentale du lac Tahoe est à l'un de ses niveaux les plus bas depuis au moins les 14 000 dernières années. »**[19]**

Ainsi, l'impact de l'utilisation des terres par les activités humaines a récemment déplacé le régime mondial des incendies en dehors de la relation naturelle de long terme entre sécheresse et incendies, pour le faire entrer dans la période actuelle de déficit d'incendies.**[3][14][16][17]**

L'utilisation des terres par l'homme constitue désormais le principal facteur déterminant des incendies à l'échelle mondiale et peut, dans certaines circonstances régionales particulières, accroître les surfaces brûlées par rapport à cette nouvelle valeur de déficit. Ce phénomène s'est produit en Europe au milieu du XX^{e} siècle pour des raisons socio-économiques bien connues.**[20]**

En comparaison, les tentatives récentes visant à mettre en évidence une tendance à l'augmentation ou une hausse brutale de la fréquence des incendies de forêt (survenue après environ 1900, lorsque le nouveau déficit d'incendies d'origine anthropique s'est installé) pouvant être attribuée au CO_2 d'origine anthropique paraissent, au mieux, peu convaincantes.

Alors que la relation naturelle de long terme entre sécheresse et incendies est solidement établie, tout comme le fait que l'utilisation des terres par les activités humaines a, depuis environ 1900, durablement réduit la fréquence des incendies à des niveaux très inférieurs aux niveaux naturels, les efforts visant à isoler une augmentation attribuable au CO_2 pourraient ne pas relever d'une démarche scientifique rigoureuse et comporteraient des erreurs méthodologiques majeures (voir ci-dessous).

Préparer le terrain pour découvrir un effet du CO_2

Les primates, comme les autres animaux sociaux, pratiquent la détection collective du danger et la fuite coopérative. La peur et la vigilance constituent de puissants traits issus de l'évolution. En outre, la hiérarchie de domination propre aux sociétés humaines a développé de multiples moyens d'exploiter ces caractéristiques évolutives.**[21][22][23][24][25]**

Les scientifiques, comme tous les êtres humains, sont à la fois des singes enclins aux cris d'alarme et des acteurs intéressés de cette hiérarchie sociale de domination. Tel est le contexte théorique, issu de la littérature sur le comportement animal, dans lequel s'inscrit ce que l'auteur considère comme un alarmisme produit par la science institutionnelle.

Dans ce contexte, le développement d'une « prise de conscience » des conséquences négatives attribuées au CO_2 d'origine anthropique a exercé une influence perceptible sur la recherche consacrée aux incendies de forêt, et l'histoire de cette influence est consignée dans la littérature scientifique.

Un exemple, antérieur au moment où les incendies de forêt sont devenus un élément du discours courant reliant ces phénomènes au CO_2 d'origine anthropique, est l'article publié en 1996 sous le titre *What is a dangerous climate change?* (« Qu'est-ce qu'un changement climatique dangereux ? »).**[26]**

Cet article est représentatif de nombreux travaux et rapports destinés à orienter la perception et l'interprétation des scientifiques, tout en leur offrant un moyen d'accroître l'importance perçue de leurs recherches. Il ne s'appuie sur aucun corpus établi des sciences de la Terre. Plus précisément, il développe trois arguments principaux.

Premièrement, il définit ce qu'est un changement « dangereux ».**[26]**

« Une action dangereuse est une action susceptible d'entraîner un dommage. Dans le contexte de l'article 2 de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, une "interférence dangereuse avec le système climatique" peut être définie comme une perturbation conduisant à un changement climatique dans un délai insuffisant pour permettre aux écosystèmes ou aux systèmes socio-économiques de s'adapter, entraînant ainsi des dommages importants pour ces systèmes. »

Cette définition soulève déjà une difficulté, dans la mesure où un grand nombre d'actions sont susceptibles (« may ») d'entraîner un dommage. Par exemple, investir massivement dans des technologies alternatives et les déployer à grande échelle peut également entraîner des effets néfastes. Plus fondamentalement, sur le plan logique, si les « écosystèmes ou systèmes socio-économiques » ne parviennent pas à s'adapter, cela ne démontre pas en soi qu'une modification climatique donnée soit intrinsèquement dangereuse.

Deuxièmement, les auteurs redéfinissent le terme « dangereux » en lui substituant celui de « critique ».**[26]**

« Le terme dont le sens est le plus proche de "dangereux" et qui possède une validité scientifique est le terme "critique" : un état correspondant à un point de bascule ou à une transition. Ainsi (toujours dans le cadre de l'article 2), un niveau critique de changement climatique est celui au-delà duquel toute évolution supplémentaire aurait un effet significatif sur les écosystèmes ou les systèmes socio-économiques. »

Selon l'auteur, les auteurs de cet article introduisent ainsi la notion d'un « point de bascule » susceptible de survenir à tout moment à mesure que la concentration atmosphérique de CO_2 augmente, tout en incitant les chercheurs à rechercher de tels « points de bascule » ou « transitions ». Certains spécialistes des incendies de forêt pensent effectivement en avoir trouvé un… (voir ci-dessous).

Troisièmement, ils précisent que tout repose sur les conditions météorologiques.[26]

« Nous pouvons désormais définir un changement climatique dangereux ou critique comme un changement conduisant au dépassement de valeurs seuils d'événements météorologiques ou climatiques (définis, là encore, soit par leur intensité, soit par leur fréquence). »

On peut supposer qu'un « événement climatique » dépassant un seuil correspond à un ou plusieurs événements météorologiques dont l'intensité s'écarte des conditions climatiques normales.

Les scientifiques sont ainsi invités à détecter des événements précurseurs annonçant un changement majeur de régime climatique (une Terre en flammes, si l'on veut, ou une planète soumise en permanence à des phénomènes météorologiques extrêmes généralisés).

Or, par nature, la détection de tels événements précurseurs se situe aux limites de ce que permet l'analyse statistique appliquée à des séries historiques suffisamment adaptées.

Il est bien connu, notamment dans le domaine de la recherche médicale, que lorsque la détection d'un seuil de risque ou de bénéfice repose sur des analyses statistiques appliquées à des ensembles de données imparfaits dans un domaine présentant un enjeu humain important, « la plupart des résultats de recherche publiés sont faux » **([27], voir également [28][29][30]).**

Selon l'auteur, la recherche sur les incendies de forêt fournit de bons exemples de ce phénomène (voir ci-dessous).

L'impulsion donnée par une modélisation destinée à détecter un effet du CO_2

Les utilisateurs des modèles de circulation générale (Global Circulation Models, GCM) sont ensuite entrés en scène.

En 2000, Flannigan *et al.* ont publié un article intitulé *Climate Change and Forest Fires*, dans lequel ils concluent : « Les deux GCM utilisés dans cette étude indiquent une augmentation du *Seasonal Severity Rating* (SSR) de 10 à 50 % sur une grande partie des États-Unis d'ici 2060. »**[31]**

Selon l'auteur, cet article comporte un grand nombre de réserves méthodologiques et d'erreurs, parmi lesquelles :

a) Le *Seasonal Severity Rating* (SSR) n'est pas, comme les auteurs l'affirment, « une composante finale du système canadien d'indice météorologique des incendies de forêt (Fire Weather Index, FWI) ». Il s'agit en réalité d'une moyenne saisonnière des valeurs quotidiennes du FWI, chacune étant élevée à une puissance exponentielle, ce qui « accentue fortement le poids du FWI lorsqu'il augmente, de manière censée refléter la difficulté croissante de maîtrise des incendies ».**[32]**

b) Le FWI repose exclusivement sur des mesures météorologiques locales. Il ne prend pas en compte la structure du combustible, les propriétés des sols, leur évolution dans le temps, ni aucun des autres facteurs non météorologiques connus pour exercer une influence déterminante.**[32]**

c) Les modèles de circulation générale ne fournissent pas les paramètres météorologiques locaux nécessaires au calcul correct du FWI. Ils ne produisent que des variables météorologiques moyennes à l'échelle de larges cellules spatiales.

Flannigan *et al.* ne présentent que des rapports et des variations en pourcentage du SSR entre 2060 et la période actuelle, sans indiquer les valeurs absolues du SSR obtenues à partir des paramètres météorologiques moyens fournis par les GCM. En l'absence de ces valeurs absolues, il est impossible d'évaluer dans quelle mesure les GCM permettent d'obtenir un FWI réaliste.

Les auteurs restent silencieux sur cet aspect fondamental de leur méthode de calcul.

Selon l'auteur, cela en dit long sur le fonctionnement de l'évaluation par les pairs dans les revues scientifiques.

En réalité, toute tentative d'utiliser un modèle de circulation générale pour prévoir la fréquence future des incendies se heurte à deux difficultés fondamentales.

Premièrement, il est établi que les incendies sont principalement déterminés par les sécheresses (c'est-à-dire des périodes prolongées de temps sec) et que, du point de vue climatique, sur des échelles de temps allant de l'année au millénaire, les sécheresses sont elles-mêmes principalement gouvernées par les oscillations planétaires des circulations atmosphériques couplées aux océans (voir plus haut).

Or les GCM ne modélisent pas — et ne peuvent pas modéliser — ces oscillations planétaires.

À cet égard, l'auteur considère que les GCM ne sont que des modèles simplifiés (*toy models*).

Deuxièmement, un régime d'incendies particulier (fréquence, intensité, période de renouvellement des surfaces brûlées) résulte de la convolution entre les cycles climatiques de sécheresse et les conditions locales au niveau du sol, car l'allumage et la propagation des incendies sont des phénomènes locaux très sensibles aux conditions locales (voir plus haut).

Les GCM, en revanche, ne fournissent pas des conditions météorologiques locales mais uniquement des valeurs moyennes par cellule de calcul.

Aucune de ces difficultés n'a pourtant découragé les partisans des GCM.

En 2004, Fried *et al.* ont publié un article intitulé *The Impact of Climate Change on Wildfire Severity: A Regional Forecast for Northern California*, dans lequel ils concluent, à partir d'un scénario de doublement de la concentration de CO_2 simulé par un GCM, que la fréquence des incendies ainsi que la superficie annuelle brûlée devraient toutes deux doubler. Leur méthode consiste notamment à :

« Afin de prendre en compte l'influence directe des modifications climatiques sur les conditions météorologiques, le Changed Climate Fire Modeling System *(CCFMS) (1) ajuste les données météorologiques locales quotidiennes historiques en fonction des variations en pourcentage des statistiques climatiques pertinentes prédites, à l'échelle mensuelle et régionale, par le modèle de circulation générale (GCM) du Goddard Institute for Space Studies (GISS). »* ***[33]***

Autrement dit, les auteurs ont construit artificiellement des conditions météorologiques locales en appliquant aux observations météorologiques locales réelles actuelles des coefficients correspondant aux variations en pourcentage des valeurs moyennes par cellule produites par le scénario du GCM. Selon l'auteur : « Circulez, il n'y a rien à voir… ».

En réalité, cette construction ne possède, selon lui, aucune justification *prima facie*. Il n'est pas possible, d'un côté, d'invoquer la non-linéarité du système climatique et l'imminence de « points de bascule », et, de l'autre, d'appliquer arbitrairement une mise à l'échelle linéaire entre des grandeurs de nature différente, sans fournir la moindre justification explicite ni validation expérimentale.

Un effet du CO_2 découvert… (mais…)

L'article de Gillett *et al.* (avec pour coauteur Flannigan, déjà connu pour ses prédictions fondées sur les modèles de circulation générale (GCM)[31]), publié en 2004 sous le titre *Detecting the Effect of Climate Change on Canadian Forest Fires*, semble avoir été le premier à affirmer qu'une augmentation

observée des incendies de forêt pouvait être attribuée sans ambiguïté au CO_2 d'origine anthropique.**[34]**

Il est une nouvelle fois temps de sortir le proverbial bâton pour examiner de près cette étude. Selon l'auteur, celle-ci est remarquable, même au regard de l'enthousiasme actuel entourant le CO_2.

À première vue, leur principale figure **(fig. 3)** paraît convaincante.

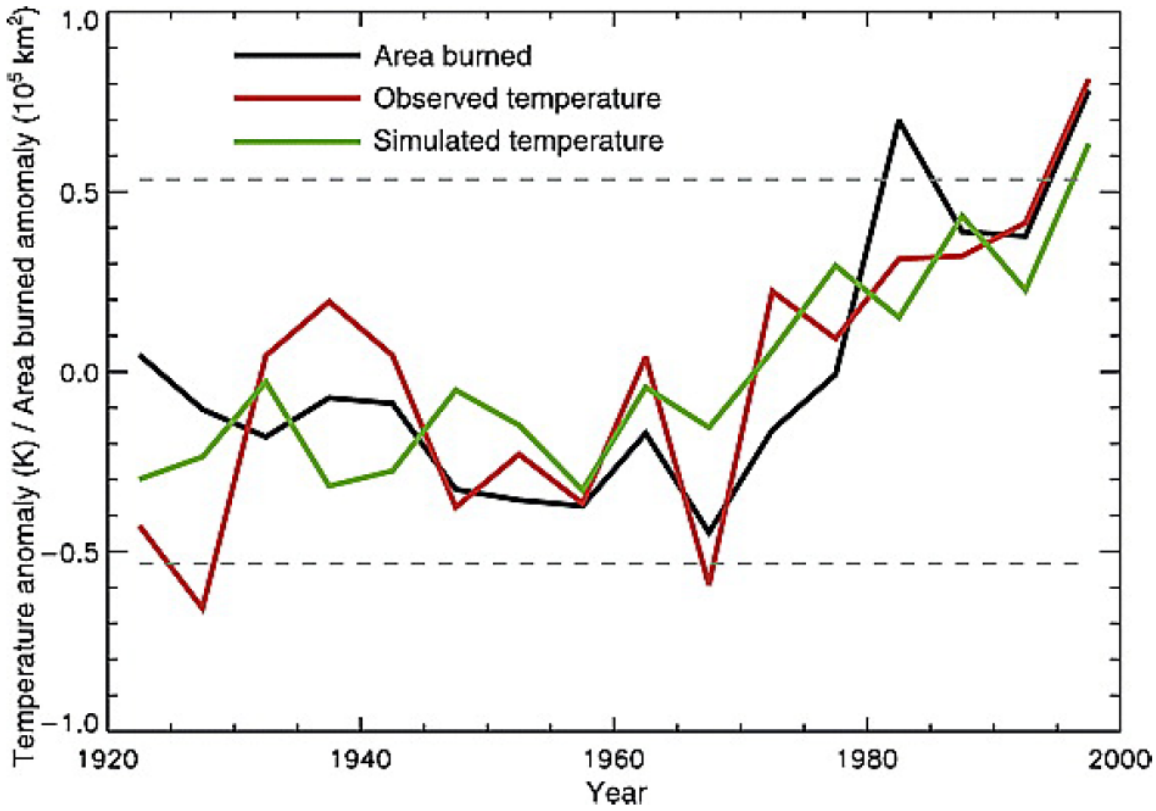


Fig. 3. (Gillett et al. 2004)

Elle présente la superficie totale brûlée entre 1920 et 2000, avec une augmentation systématique à partir d'environ 1970.

Cette évolution suit à la fois une anomalie de température « observée » et une anomalie de température calculée par un GCM, les trois courbes étant représentées sur le même graphique pour la période allant de 1920 à 2000.

Le problème est que, selon l'auteur, aucune des données n'est ce qu'elle paraît être. Un examen attentif montre que la variation de la superficie brûlée représentée sur le graphique est un artefact. Les auteurs eux-mêmes reconnaissent :

« Bien qu'une tentative ait été faite pour tenir compte des incendies survenus dans les provinces et territoires où les archives sont incomplètes, certains incendies antérieurs à l'arrivée de la surveillance par satellite au début des années 1970 peuvent manquer dans les données en raison d'un défaut d'observation ou d'un enregistrement incomplet. Toutefois, le fait que la plus forte augmentation des superficies brûlées soit survenue depuis 1970 indique qu'il est peu probable que cette tendance à la hausse soit uniquement un artefact dû à une sous-déclaration... »

En réalité, bien que cette idée ait également été avancée par d'autres auteurs en 2002**[40]**, il est erroné de supposer que la détection satellitaire des incendies serait soudainement devenue opérationnelle vers 1970 au point de fournir des archives fiables des incendies à l'échelle continentale.

Les faits sont différents : les capacités de détection par satellite se sont améliorées progressivement au fil du temps ; cette détection présente elle-même d'importantes limites ; et les incendies n'ont commencé à être détectés de manière réellement fiable par les programmes satellitaires qu'à partir de la mise en service de bandes infrarouges spécialisées en 1984.**[35][36][37][38][39]**

En outre, les archives papier conservées par les administrations publiques pour la période considérée (depuis environ 1900) sont notoirement et systématiquement incomplètes (voir plus loin).**[40][41]**

Par conséquent, la « tendance » mise en évidence par Gillett *et al.* est probablement le résultat de l'amélioration progressive des méthodes de détection des incendies et de la tenue des archives.

Pour justifier l'attribution des superficies brûlées au CO_2 d'origine anthropique, Gillett *et al.* écrivent :

« Bien que les incendies de forêt soient influencés par un ensemble de paramètres climatiques, tels que la température, l'humidité, les précipitations, la vitesse du vent et la fréquence de la foudre, à long terme, la température est peut-être le meilleur prédicteur des superficies brûlées. »

Selon l'auteur, il n'existe en réalité aucune preuve que la température moyenne à long terme constitue un prédicteur des superficies brûlées, et cette affirmation est contraire aux connaissances établies sur les causes des incendies de forêt.

Certes, les sécheresses à l'origine des incendies (ou les longues périodes sèches) sont souvent associées à des températures plus élevées ou plus basses que la moyenne régionale de longue durée, mais cela relève de la nature même des épisodes de sécheresse et n'a rien à voir avec la concentration atmosphérique mondiale de CO_2.

Une corrélation positive ou négative entre sécheresse et température existera indépendamment de toute variation du CO_2.

Gillett *et al.* appliquent ensuite une manipulation des données qui, par sa conception même, crée artificiellement une corrélation renforcée entre les superficies brûlées et leurs valeurs moyennes de « température ». Les auteurs décrivent eux-mêmes leur méthode :

*« Afin d'accorder le plus grand poids aux anomalies de température dans les régions sujettes aux incendies, la température de chaque maille de 5° × 5° **est pondérée par la superficie totale brûlée dans cette maille au cours de la période 1959–1999** (figure 1), puis une moyenne est calculée à partir des données disponibles, représentée par la ligne rouge de la figure 2. »* [Mise en évidence ajoutée.]

La même procédure est utilisée pour produire les « températures » issues des GCM :

*« Les anomalies quinquennales de température moyenne de mai à août obtenues à partir d'un ensemble de trois simulations intégrant les variations historiques des gaz à effet de serre et des aérosols sulfatés ont été interpolées sur la grille d'observation de 5° × 5°, échantillonnées aux emplacements où des observations étaient disponibles, **pondérées par la superficie totale brûlée dans chaque maille** (figure 1), puis moyennées. Les anomalies moyennes obtenues pour l'ensemble des simulations sont représentées par une ligne verte dans la figure 2. »* [Mise en évidence ajoutée.]

Autrement dit, la température moyenne de la saison des incendies dans une maille où des incendies se produisaient était pondérée par la superficie brûlée de cette même maille afin de calculer la « moyenne » finale.

Selon l'auteur, cette méthode crée artificiellement une corrélation amplifiée, qui montre simplement que les zones sèches sujettes aux incendies (pour une maille et une saison données) sont également des zones chaudes (pour cette même maille et cette même saison). Elle n'établit aucun lien entre les incendies et le climat global.

Le CO_2 atmosphérique peut, le cas échéant, influencer le climat à l'échelle planétaire, mais il ne peut pas agir spécifiquement sur la température des mailles particulières et des saisons précises où surviennent les incendies.

Selon l'auteur, l'article profondément défectueux de Gillett *et al.* est considéré comme la première étude ayant établi un lien entre les incendies de forêt et le CO_2 d'origine anthropique, et plusieurs auteurs le citent en ce sens.

Toutefois, l'idée erronée selon laquelle il aurait été démontré que les incendies de forêt sont liés au CO_2 d'origine anthropique ne s'est véritablement diffusée à grande échelle qu'après l'intervention de la revue *Science*, qui joue un rôle majeur dans l'orientation des tendances de la recherche (voir ci-dessous).

Une avancée majeure concernant le CO_2 annoncée et médiatisée dans *Science* (mais…)

Tout organisme de communication, qu'il s'agisse d'une agence gouvernementale ou de la célèbre organisation non gouvernementale *Union of Concerned Scientists*, ayant intérêt à ce qu'un lien soit établi entre les incendies de forêt et le CO_2 d'origine anthropique**[42]**, citera en bonne place[43] l'article le plus influent rapportant l'existence de ce lien**[44]** : l'article publié en 2006 par Westerling *et al.* dans la revue *Science*, intitulé *Warming and Earlier Spring Increase Western U.S. Forest Wildfire Activity*.

Cet article a fait l'objet d'un commentaire dans la rubrique *Perspectives* du même numéro de *Science***[45]**, et il a ensuite été abondamment cité de manière favorable par des auteurs scientifiques s'intéressant au réchauffement climatique.

Il est donc important d'examiner de manière critique l'article de Westerling *et al.*

Le principal résultat présenté par Westerling *et al.* est un graphique particulièrement frappant figurant dans leur **figure 1(A).**

Celui-ci montre l'évolution de la fréquence des grands incendies de forêt (barres) — définis comme des incendies couvrant plus de 400 hectares — entre 1970 et 2005, comparée à la température moyenne observée de mars à août dans l'ouest des États-Unis (courbe) **(fig. 4).**

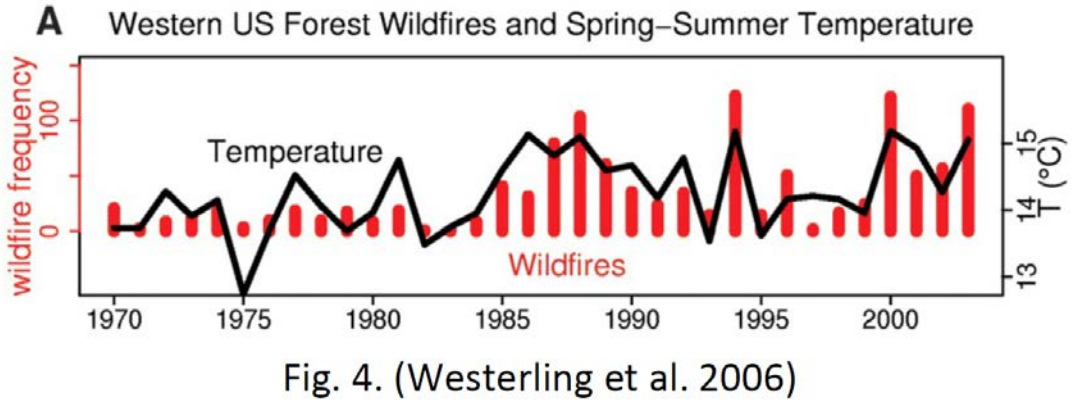


Fig. 4. (Westerling et al. 2006)

Figure 4. (Westerling et al. 2006)

Selon l'auteur, il ne s'agit pas véritablement d'une corrélation avec la température ; plus important encore, le graphique présente une rupture nette autour des années 1984-1985, marquée par une augmentation durable de la fréquence des grands incendies.

Une rupture aussi soudaine, avec des valeurs durablement faibles avant cette date puis durablement élevées après celle-ci, indépendamment des nombreux épisodes El Niño connus pour être survenus aussi bien avant qu'après cette rupture, suggère qu'un phénomène nouveau se serait produit.

Il pourrait s'agir, selon cette interprétation, d'une « transition » induite par le CO_2 ou, à tout le moins, d'une augmentation qui devrait être attribuée à l'accroissement du CO_2 d'origine anthropique, puisque les concentrations atmosphériques de CO_2 sont plus élevées après 1984-1985 qu'elles ne l'étaient auparavant.

Quelle que soit l'interprétation privilégiée, ce graphique (**fig. 4**), si les données sur lesquelles il repose sont fiables, mérite réflexion.

À lui seul, l'ensemble des résultats a suffi à susciter un enthousiasme manifeste et durable dans la littérature scientifique consacrée au réchauffement climatique. L'article de la rubrique *Perspectives* publié dans *Science* insistait d'ailleurs sur le caractère exceptionnel des données utilisées**[45]** :

« Westerling *et al.* ont utilisé l'ensemble de données sur les incendies de forêt le plus complet jamais constitué pour l'ouest des États-Unis afin d'analyser la répartition géographique, la saisonnalité et la climatologie régionale des 1 166 incendies enregistrés dont la superficie dépassait 400 hectares. »

Il convient toutefois de noter que, malgré la qualité remarquable de leurs données, Westerling *et al.* formulent eux-mêmes une réserve dans l'avant-dernier paragraphe de leur article, réserve que la plupart des auteurs qui les citent ont ignorée**[44]** :

« Déterminer si les changements observés dans l'hydroclimat et les incendies de forêt de l'ouest des États-Unis résultent du réchauffement climatique induit par les gaz à effet de serre ou simplement d'une fluctuation naturelle inhabituelle dépasse le cadre de cette étude. »

Une troisième possibilité est que leurs données relatives à la fréquence des incendies de forêt ne soient tout simplement pas suffisamment fiables pour établir la rupture observée autour des années 1984-1985.

Selon l'auteur, c'est précisément cette troisième hypothèse qui est incontestablement la bonne.

Westerling *et al.* précisent l'origine de leurs données sur les incendies dans les documents complémentaires accessibles en ligne sur le site de *Science* **[46]** :

« Un historique des grands incendies de forêt de l'ouest des États-Unis a été établi à partir des relevés individuels d'incendies provenant des unités du Forest Service *(**USFS**) du Département de l'Agriculture des États-Unis (USDA) et du* National Park Service *(NPS) du Département de l'Intérieur des États-Unis (**USDI**), situées à l'ouest du 102° de longitude ouest et pour lesquelles des données sur les grands incendies étaient disponibles à partir de 1970 ou d'une date antérieure. Ensemble, ces forêts nationales et ces parcs nationaux couvrent la majeure partie des forêts montagnardes et subalpines de l'ouest contigu des États-Unis (fig. S1). Les relevés d'incendies proviennent de plusieurs sources, notamment des enregistrements ponctuels issus des bases WIMS/NIFMID (S1) ainsi que des relevés des périmètres des grands incendies obtenus directement auprès **des responsables des systèmes d'information géographique** (SIG) des différentes forêts et parcs nationaux. »* [Mise en évidence ajoutée.]

Il apparaît que les bases de données gouvernementales utilisées par Westerling *et al.* présentent des biais systématiques et sont particulièrement peu fiables pour l'étude des tendances temporelles. En particulier, l'examen critique approfondi des bases de données réalisé par Short montre que le système du *U.S. Department of the Interior* (USDI) différait méthodologiquement de celui du *U.S. Forest Service* (USFS) et qu'il a remplacé ce dernier à partir de 1983. **[41]**

« Les chiffres couvrant la période 1983-2014 proviennent du système Situation Reporting*, qui produit les estimations du nombre d'incendies de forêt et des superficies brûlées figurant dans les rapports annuels du* National Interagency Coordination Center *(NICC), décrits à la rubrique "Data sources" (voir également la fig. 1). Toutefois, la même note de bas de page précise qu'"avant 1983, les sources de ces chiffres sont inconnues ou ne peuvent être confirmées et ces données n'ont pas été produites à partir du système actuel de* Situation Reporting*. Par conséquent, les chiffres antérieurs à 1983 ne doivent pas être comparés aux données ultérieures". »*

En outre, des données fiables sur les incendies issues de la télédétection satellitaire ne sont disponibles qu'à partir de 1984, année de la mise en service de la technologie de cartographie infrarouge *Thermal Mapper* (TM) embarquée sur le satellite Landsat-4. **[41]**

*« Pour les décennies récentes, des données sur les incendies obtenues par télédétection sont également disponibles, notamment les périmètres d'incendie, ou cicatrices de brûlis (*burn scars*), dérivés des images satellitaires pour les grands incendies (c'est-à-dire > 405 ha), à partir de 1984, dans le cadre du projet* Monitoring Trends in Burn Severity *(MTBS) fondé sur les données Landsat (Eidenshink* et al.*, 2007). »*

Il est probable que les « responsables SIG » (*GIS officers*) non nommés consultés par Westerling *et al.* travaillaient à partir des données satellitaires TM postérieures à 1983 concernant les grands incendies. **[47]**

En conséquence, cela introduirait également un biais favorisant le décompte d'un plus grand nombre de grands incendies après 1983.

L'analyse critique de Short, combinée aux difficultés liées à la collecte de données de terrain à l'échelle continentale et aux limites connues des mesures satellitaires des incendies **[35][36][37][38][39]**, est extrêmement préjudiciable à tout auteur ayant utilisé des statistiques gouvernementales comprenant des données sur des incendies antérieurs à 1984 pour étudier des tendances de fréquence ou de

superficie brûlée. De telles études doivent être considérées comme gravement viciées sur le plan méthodologique et, au mieux, comme peu fiables ; elles pourraient même être qualifiées de négligentes pour avoir ignoré un biais temporel systématique.

Par conséquent, depuis les travaux pionniers de Gillett *et al.* et de Westerling *et al.*, de nombreux chercheurs se sont limités aux données satellitaires validées postérieures à 1983 pour rechercher des tendances. Par exemple, Dennison *et al.*, en citant l'étude de Westerling *et al.*, ont écrit**[48]** :

« Bien que les données MTBS soient limitées dans leur extension temporelle en raison de l'absence de données satellitaires à résolution de 30 m avant 1984, elles présentent d'importants avantages par rapport aux bases de données d'incendies plus anciennes, plus longues mais moins complètes, précédemment utilisées pour l'analyse des tendances. »

Malheureusement, tous les chercheurs ne semblent pas conscients des graves insuffisances des bases de données gouvernementales concernant les incendies survenus avant 1984, et les évaluateurs des revues scientifiques ne semblent pas toujours bien connaître les satellites ni les limites administratives et pratiques de la collecte de données de terrain.

Un exemple particulièrement problématique est fourni par Litschert *et al.*, qui affirment**[49]** :

*« Notre synthèse des archives historiques d'incendies de forêt provenant des forêts nationales de l'écorégion des Rocheuses du Sud (*Southern Rockies Ecoregion*, SRE), couvrant la période de 1930 à 2006, a révélé une augmentation d'un ordre de grandeur du nombre annuel d'incendies enregistrés sur l'ensemble de la période ainsi que du nombre de grands incendies depuis 1970. »*

Selon l'auteur, l'examen de leur article et de leur figure 3(b), à la lumière de la discussion précédente, montre que cette affirmation n'est pas défendable.

Récemment, Higuera *et al.* sont même allés jusqu'à conclure, en supposant notamment que la rupture observée en 1984 était réelle, que la « force et la nature » mêmes de la « relation incendies-climat » avaient changé…**[50]** La créativité scientifique est sans limite, si l'on peut se permettre de telles interprétations.

Tendances climatiques liées au CO_2 dans les données d'incendies postérieures à 1983 ?

Sont ensuite venus les auteurs qui se sont limités aux données postérieures à 1983 et qui ont affirmé détecter de véritables tendances à la hausse dans ces données, dans le but d'attribuer ces tendances au CO_2 d'origine anthropique.**[48][51]**

Selon l'auteur, ces tendances à la hausse sont statistiquement faibles et résultent de jeux de données limités ainsi que de l'absence d'une analyse rigoureuse des erreurs associées aux valeurs de tendance.

Des études utilisant des ensembles de données plus vastes sur les mêmes régions géographiques, accompagnées d'analyses statistiques plus rigoureuses, concluent qu'une tendance à la hausse ne peut pas être démontrée.**[52][53]**

Plus important encore, ces « guerres de tendances » n'ont pas d'importance. Comme cela a été examiné précédemment, l'effet direct des activités humaines sur les paysages, qui détermine la fréquence et l'étendue des incendies, constitue l'effet anthropique dominant de l'époque actuelle.

Étant donné que l'action directe de l'homme a provoqué, depuis environ 1900, une transformation spectaculaire du comportement réel des incendies (visible dans les cernes des arbres et les sédiments lacustres, et non dans les archives administratives gouvernementales), et que cet effet humain direct varie géographiquement et temporellement en même temps que l'augmentation du CO_2 atmosphérique, il est déraisonnable de s'attendre à pouvoir isoler un effet spécifique du CO_2 anthropique sur une période aussi courte que celle débutant en 1984.

De manière générale, il n'est guère pertinent d'attribuer au CO_2 toute tendance récente (augmentation, diminution ou changement soudain), puisque nous nous trouvons indiscutablement dans une époque moderne caractérisée par un déficit d'incendies, au cours de laquelle l'utilisation directe des terres par l'homme domine et évolue constamment.

Par exemple, selon les termes de Marlon *et al.* **[54]** :

« En conséquence, un déficit d'incendies existe désormais et s'est accru tout au long du XX^e siècle, poussant les régimes d'incendies hors de l'équilibre avec le climat. Ainsi, bien que les niveaux actuels de combustion de biomasse à grande échelle restent dans le domaine de la variabilité naturelle observée au cours des 1 000 dernières années, si les niveaux de combustion revenaient à un équilibre avec le climat, ils dépasseraient la plage naturelle de variabilité observée au cours d'au moins des 3 000 dernières années. »

Mais le phénomène a acquis une existence propre

À ce stade, malheureusement, il ne semble plus avoir d'importance qu'il n'existe aucune justification fondée sur des preuves permettant de penser qu'un lien existe entre les incendies de forêt et le CO_2 d'origine anthropique, et qu'il existe au contraire des raisons irréfutables de conclure que les causes des phénomènes liés aux incendies doivent être recherchées ailleurs.

Rien de cela ne semble avoir d'importance pour les commentateurs médiatiques ni pour les scientifiques ayant un intérêt particulier dans cette question. Depuis la promotion dans *Science* de l'étude de Westerling *et al.*, l'interprétation médiatique et scientifique favorable à cette idée a atteint des sommets.

Millar *et al.*, sans citer aucune source, ont affirmé avec emphase **[55]** :

« La Terre est entrée dans une ère de changements environnementaux rapides ayant entraîné des conditions sans précédent dans le passé, quelle que soit la profondeur temporelle à laquelle nous portons notre regard. »

Les évaluateurs et commentateurs de *Science* se sont emballés de manière excessive. **[56][57]**

Les utilisateurs des GCM ont vu une occasion idéale. La démarche est simple : il suffit de postuler que des changements de régime des incendies apparaîtront à l'échelle régionale sous l'effet d'une « variabilité climatique » accrue (c'est-à-dire de changements permanents des régimes météorologiques régionaux), eux-mêmes supposés résulter d'un réchauffement climatique provoqué par le CO_2.

Il faut ensuite simuler ce réchauffement climatique à l'aide de GCM incapables de calculer les conditions météorologiques locales ou les cycles naturels réalistes dont on sait qu'ils ont déterminé les incendies dans le passé, tout en ne fournissant aucune justification vérifiable aux hypothèses supplémentaires utilisées pour fabriquer un lien entre ce que les GCM peuvent calculer (des

paramètres à l'échelle des cellules) et ce qui détermine réellement les incendies (les conditions météorologiques).

Cela conduit à des prévisions souvent alarmistes d'une planète future ravagée par les incendies, fondées sur rien de plus que des hypothèses non démontrées.

De telles études de modélisation mériteraient, selon l'auteur, d'être qualifiées de « pornographie de la modélisation » (*modelling porn*) **(par exemple [58][59][60][61][62][63]).**

Cela devient encore plus remarquable. Allen *et al.* ont conclu qu'il existait un risque émergent d'augmentation des incendies de forêt, uniquement sur la base d'une analyse de l'augmentation du nombre d'articles scientifiques prédisant un avenir marqué par davantage d'incendies de forêt.**[64]**

Voilà où nous en sommes : un alarmisme sans fondement devient lui-même une raison de s'alarmer. Le mécanisme de rétroaction consistant en une fuite collective face à un danger faussement détecté, identifié chez les oiseaux et les singes, trouve son équivalent dans la littérature « scientifique » consacrée aux incendies de forêt.

Et ainsi de suite. Un évaluateur récent, en 2015, a décidé de procéder à une évaluation exhaustive de la « base de preuves concernant les impacts observés du changement climatique » et s'est notamment appuyé sur l'étude d'Allen *et al.***[65]**

Cet évaluateur a attribué aux incendies de forêt la deuxième note la plus élevée, soit 4 sur 5, concernant « l'étendue de la base de preuves ». Cela prêterait à rire si les conséquences négatives réelles de cette pratique alarmiste n'existaient pas (voir ci-dessous).

L'évaluateur mentionne brièvement les réserves concernant l'attribution des changements environnementaux au CO_2 d'origine anthropique, mais il n'examine ensuite de manière critique aucun des éléments de preuve effectivement rapportés et ne remet en question aucune attribution spécifique.

Conclusion

Il n'existe aucune probabilité fondée sur des preuves permettant d'établir un lien entre les incendies de forêt et le CO_2 d'origine anthropique.

Au contraire, les connaissances établies sur les incendies de forêt conduisent à conclure qu'il est absurde de s'attendre à trouver un tel lien dans les circonstances actuelles, où le principal facteur ayant provoqué, depuis environ 1900, une évolution du comportement des incendies en dehors des cycles naturels de longue durée est l'impact direct des activités humaines sur l'utilisation des terres, lequel varie et augmente avec l'accroissement de la population.

Aucune circonstance particulière ni aucune région spécifique n'ont été identifiées où le comportement des incendies de forêt pourrait être attribué au CO_2.

L'alarmisme persistant dans la recherche sur les incendies trouve son origine, selon l'auteur, dans une publication de 2006 entachée d'erreurs fondamentales, qui a été promue par la revue *Science*, laquelle joue un rôle majeur dans l'orientation des tendances de la recherche.

Les auteurs de cet article n'ont pas reconnu les erreurs systématiques présentes dans les archives gouvernementales relatives aux incendies, ni le fait que la détection et la caractérisation des incendies par satellite étaient pratiquement impossibles sans confirmation de terrain jusqu'à l'installation de capteurs infrarouges sur Landsat-4 en 1984.

Trop nombreux sont les scientifiques de la communauté de recherche sur les incendies (et au-delà) qui ont été excessivement séduits par cette information et se sont autorisés à surinterpréter les données ainsi qu'à exagérer le potentiel d'un effet du CO_2 sur le comportement des incendies à l'époque moderne.

Ce spectacle, consigné dans la littérature scientifique, est digne, selon l'auteur, de la fuite effrénée des singes hurlants vers les arbres pour échapper à un prédateur faussement détecté.

Comme dans toutes ces réactions collectives, le gaspillage des ressources et la perte d'attention accordée à des activités utiles nuisent à la société comme aux individus.

Dans ce cas précis, ce gaspillage et cette perte sont considérables, car les budgets de recherche ne poussent pas sur les arbres.

La science ainsi dévalorisée est ensuite utilisée pour élaborer des politiques coûteuses de gestion, d'éducation, de santé et de sécurité.

Voici quelques exemples d'excès jugés ridicules par l'auteur, afin d'illustrer son propos.

Dans leur article de synthèse étudiant les risques que le changement climatique ferait peser sur la santé des enfants, Berntein et Myers décrivent des effets sanitaires potentiels liés à l'augmentation du stress concernant la disponibilité d'un air propre et citent l'article considéré comme gravement erroné ainsi que ses travaux dérivés.**[66]**

Dans le même esprit, Holtius *et al.* affirment une diminution moyenne de 7 g du poids de naissance résultant d'une exposition générale aux incendies de forêt du sud de la Californie, en citant à nouveau l'article considéré comme gravement erroné.**[67]**

L'alarmisme peut également être dommageable de manière plus indirecte. Il pourrait contribuer à nous rendre plus ignorants ?

Dans une étude sociologique, Brenkert-Smith *et al.* ont montré de manière concluante que, parmi les habitants des zones d'interface entre espaces urbains et forêts, plus une personne croyait au réchauffement climatique, moins elle était susceptible de prendre les mesures pratiques recommandées et encouragées pour protéger son habitation et sa famille contre les incendies de forêt.**[68]**

Compte tenu de l'ampleur d'un alarmisme climatique financé de manière systémique, récompensé dans les carrières et largement promu par les institutions, il est également possible, selon l'auteur, qu'un alarmisme institutionnel généralisé vise à tromper et à manipuler les classes moyennes occidentales.**[69]**

Expérience pertinente de l'auteur

Je suis un ancien professeur titulaire, rattaché à la fois aux départements de physique et de sciences de la Terre de l'Université d'Ottawa, au Canada.

J'ai publié plus de 100 articles scientifiques dans un large éventail de domaines, notamment sur les sujets pertinents suivants : la forêt boréale, les profils sédimentaires lacustres et marins, la séquence climatique chinoise loess-paléosols, la spectroscopie, les molécules organiques, la théorie de la décomposition de la matière organique, les mécanismes et la thermodynamique des réactions chimiques, la science des sols, la théorie statistique bayésienne, ainsi que les méthodes d'analyse des erreurs dans l'ajustement non linéaire de données par des modèles.

https://scholar.google.ca/citations?user=1ChsRsQAAAAJ

Pendant cinq ans, j'ai été le scientifique principal responsable d'un vaste groupe de recherche financé par des fonds publics (6 à 18 membres), consacré à la forêt boréale. J'ai une expérience directe des revues scientifiques *Science* et *Nature*, en tant qu'auteur, lecteur assidu et par mes échanges avec un recruteur de futurs auteurs potentiels.

J'ai donné des cours à des scientifiques gouvernementaux sur la spectroscopie appliquée à la télédétection (satellitaire).

J'ai effectué des calculs sur le bilan radiatif planétaire et la sensibilité au CO_2. https://archive.org/details/RadiationPhysicsConstraintsOnGlobalWarmingCo2IncreaseHasLittleEffect

Mon père était travailleur forestier et je suis un passionné de camping en forêt sauvage.

J'ai observé de nombreux incendies de forêt récents et anciens.

Je suis assez âgé pour avoir connu *Smokey Bear*.

Je n'ai jamais reçu de financement ni d'avantage provenant d'une industrie énergétique et je n'ai aucun conflit d'intérêts.

Mes contributions au débat sur le changement climatique sont répertoriées ici : https://climateguy.blogspot.com/2014/02/denis-rancourt-on-climate-science.html

Références

[1] Pausas, J.G., & Ribeiro, E. (2013). *The global fire–productivity relationship*. **Global Ecology and Biogeography**, 22, 728–736.

[2] Chen, F., et al. (2014). *The Impact of Precipitation Regimes on Forest Fires in Yunnan Province, Southwest China*. **The Scientific World Journal**, Hindawi Publishing Corporation, 2014, Article ID 326782, 9 p.

[3] Kitchen, S.G. (2016). *Climate and human influences on historical fire regimes (AD 1400–1900) in the eastern Great Basin (USA)*. **The Holocene**, 26, 397–407.

[4] Archibald, S., et al. (2009). *What limits fire? An examination of drivers of burnt area in Southern Africa*. **Global Change Biology**, 15, 613–630.

[5] Cai, L., et al. (2014). *Development of Standard Fuel Models in Boreal Forests of Northeast China through Calibration and Validation*. **PLoS ONE**, 9(4), e94043. doi:10.1371/journal.pone.0094043

[6] Donovan, G.H., & Brown, T.C. (2007). *Be Careful What You Wish for: The Legacy of Smokey Bear*. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 5, 73–79.

[7] Syphard, A.D., et al. (2007). *Human Influence on California Fire Regimes*. **Ecological Applications**, 17, 1388–1402.

[8] Reid, A.M., et al. (2010). *Weather Variables Affecting Oklahoma Wildfires*. **Rangeland Ecology & Management**, 63, 599–603.

[9] Bowman, D.M.J.S., et al. (2011). *The human dimension of fire regimes on Earth*. **Journal of Biogeography**, 38, 2223–2236.

[10] Meigs, G.W., et al. (2015). *Does wildfire likelihood increase following insect outbreaks in conifer forests?* **Ecosphere**, 6(7), Article 118, 24 p. doi:10.1890/ES15-00037.1

[11] Daniau, A.L., et al. (2013). *Orbital-scale climate forcing of grassland burning in southern Africa*. **Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)**, 110, 5069–5073. doi:10.1073/pnas.1214292110

[12] Wang, X., et al. (2012). *Changes in fire regimes on the Chinese Loess Plateau since the last glacial maximum and implications for linkages to paleoclimate and past human activity*. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 315–316, 61–74.

[13] Vance, T.R., et al. (2015). *Interdecadal Pacific variability and eastern Australian mega-droughts over the last millennium*. **Geophysical Research Letters**, 42, 129–137. doi:10.1002/2014GL062447

[14] Wallenius, T. (2011). *Major decline in fires in coniferous forests – Reconstructing the phenomenon and seeking for the cause (review article)*. **Silva Fennica**, 45, 139–155.

[15] Pausas, J.G., & Keeley, J.E. (2014). *Abrupt climate-independent fire regime changes*. **Ecosystems**, 17, 1109–1120.

[16] Bistinas, I., et al. (2013). *Relationships between human population density and burned area at continental and global scales*. **PLoS ONE**, 8(12), e81188, 12 p. doi:10.1371/journal.pone.0081188

[17] Knorr, W., et al. (2014). *Impact of human population density on fire frequency at the global scale*. **Biogeosciences**, 11, 1085–1102.

[18] Diaz, H.F., & Swetnam, T.W. (2013). *The wildfires of 1910: Climatology of an extreme early twentieth-century event and comparison with more recent extremes*. **Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS)**, September 2013, 1361–1370.

[19] Donovan, G.H., & Brown, T.C. (2007). *Be careful what you wish for: The legacy of Smokey Bear*. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 5, 73–79.

[20] Viedma, O., et al. (2015). *Changes in landscape fire-hazard during the second half of the 20th century: Agriculture abandonment and the changing role of driving factors*. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 207, 126–140.

[21] Treves, A. (2000). *Theory and method in studies of vigilance and aggregation*. **Animal Behaviour**, 60, 711–722.

[22] Proctor, C.J., Broom, M., & Ruxton, G.D. *Modelling antipredator vigilance and flight response in group foragers when warning signals are ambiguous*. **Journal of Theoretical Biology**, 211, 409–417.

[23] Sapolsky, R.M. (2005). *The Influence of Social Hierarchy on Primate Health*. **Science**, 308, 648–652.

[24] Sirot, E. *Game theory and the evolution of fearfulness in wild birds*. **Journal of Evolutionary Biology**, 20, 1809–1814.

[25] Rancourt, D.G. (2013). *Hierarchy and Free Expression in the Fight against Racism*. Stairway Press.

[26] Parry, M.L., et al. (1996). *What is a dangerous climate change?* **Global Environmental Change**, 6, 1–6.

[27] Ioannidis, J.P.A. (2005). *Why Most Published Research Findings Are False*. **PLoS Medicine**, 2(8), e124, 696–701.

[28] Goodman, S., & Greenland, S. (2007). *Why Most Published Research Findings Are False: Problems in the Analysis*. **PLoS Medicine**, 4(4), e165, 773.

[29] Ioannidis, J.P.A. (2007). *Why Most Published Research Findings Are False: Author's Reply to Goodman and Greenland*. **PLoS Medicine**, 4(6), e224, 1132–1133.

[30] Ioannidis, J.P.A. (2015). *Is It Possible to Recognize a Major Scientific Discovery?* **Journal of the American Medical Association (JAMA)**, 314, 1135–1137.

[31] Flannigan, M.D., et al. (2000). *Climate change and forest fires*. **The Science of the Total Environment**, 262, 221–229.

[32] Van Wagner, C.E. (1987). *The development and structure of the Canadian forest fire weather index system*. Canadian Forestry Service, Forestry Technical Report 35. Ottawa, Ontario.

[33] Fried, J.S., et al. (2004). *The impact of climate change on wildfire severity: a regional forecast for northern California*. **Climatic Change**, 64, 169–191.

[34] Gillett, N.P., et al. (2004). *Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires*. **Geophysical Research Letters**, 31, L18211, 4 p.

[35] Kasischke, E.S., et al. (2003). *The use of ATSR active fire counts for estimating relative patterns of biomass burning – a study from the boreal forest region*. **Geophysical Research Letters**, 30, ASC 10-1–ASC 10-4. doi:10.1029/2003GL017859

[36] Schroeder, W., et al. (2008). *Quantifying the impact of cloud obscuration on remote sensing of active fires in the Brazilian Amazon*. **Remote Sensing of Environment**, 112, 456–470.

[37] French, N.H.F., et al. (2008). *Using Landsat data to assess fire and burn severity in the North American boreal forest region: an overview and summary of results*. **International Journal of Wildland Fire**, 17, 443–462.

[38] Goodwin, N.R., & Collett, L.J. (2014). *Development of an automated method for mapping fire history captured in Landsat TM and ETM+ time series across Queensland, Australia*. **Remote Sensing of Environment**, 148, 206–221.

[39] Shapiro-Miller, L.B., et al. (2007). *Comparison of fire scars, fire atlases, and satellite data in the northwestern United States*. **Canadian Journal of Forest Research**, 37, 1933–1943.

[40] Stocks, B.J., et al. (2002). *Large forest fires in Canada, 1959–1997*. **Journal of Geophysical Research**, 108, FFR 5-1–FFR 5-12. doi:10.1029/2001JD000484

[41] Short, K.C. (2015). *Sources and implications of bias and uncertainty in a century of US wildfire activity data (Review)*. **International Journal of Wildland Fire**, pages A–I. doi:10.1071/WF14190

[42] Kueter, J. (2005). *Funding Flows for Climate Change Research and Related Activities*. **Policy Outlook**, George C. Marshall Institute, February 2005.

[43] Union of Concerned Scientists. (2016). *Is Global Warming Fueling Increased Wildfire Risks?* ucsusa.org, consulté le 05/05/2016.

[44] Westerling, A.L., et al. (2006). *Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity*. **Science**, 313, 940–943.

[45] Running, S.W. (2006). *Is global warming causing more, larger wildfires?* (*Perspectives*). **Science**, 313, 927–928.

[46] Westerling, A.L., et al. (2006). *Increases in western US forest wildfire associated with warming and advances in the timing of spring*. Supporting Online Material for "Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity". **Science**, 313, 940–943. *Science Express*, 6 July 2006. doi:10.1126/science.1128834

[47] Eidenshink, J., et al. (2007). *A Project for Monitoring Trends in Burn Severity*. **Fire Ecology Special Issue**, 3(1), 3–21.

[48] Dennison, P.E., et al. (2014). *Large wildfire trends in the western United States, 1984–2011*. **Geophysical Research Letters**, 41, 2928–2933. doi:10.1002/2014GL059576

[49] Litschert, S.E., et al. (2012). *Historic and future extent of wildfires in the Southern Rockies Ecoregion, USA*. **Forest Ecology and Management**, 269, 124–133.

[50] Higuera, P.E., et al. (2015). *The changing strength and nature of fire-climate relationships in the northern Rocky Mountains, U.S.A., 1902–2008*. **PLoS ONE**, 10(6), e0127563, 21 p. doi:10.1371/journal.pone.0127563

[51] Yang, J., et al. (2015). *A growing importance of large fires in conterminous United States during 1984–2012*. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, 120, 2625–2640. doi:10.1002/2015JG002965

[52] Hanson, C.T., & Odion, D.C. (2014). *Is fire severity increasing in the Sierra Nevada, California, USA?* **International Journal of Wildland Fire**, 23, 1–8. doi:10.1071/WF13016

[53] Baker, W.L. (2015). *Are high-severity fires burning at much higher rates recently than historically in dry-forest landscapes of the western USA?* **PLoS ONE**, 10(9), e0136147. doi:10.1371/journal.pone.0136147.
Correction: **PLoS ONE**, 10(12), e0141936 (December 2015). doi:10.1371/journal.pone.0141936

[54] Marlon, J.R., et al. (2012). *Long-term perspective on wildfires in the western USA*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)**, 109, 3203–3204.

[55] Millar, C.I., et al. (2007). *Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty*. **Ecological Applications**, 17, 2145–2151.

[56] Bowman, D.M.J.S., et al. (2009). *Fire in the earth system (Review)*. **Science**, 324, 481–484.

[57] Overpeck, J., & Udall, B. (2010). *Dry times ahead* (*Perspectives*). **Science**, 328, 1642–1643.

[58] Spracklen, D.V., et al. (2009). *Impacts of climate change from 2000 to 2050 on wildfire activity and carbonaceous aerosol concentrations in the western United States*. **Journal of Geophysical Research**, 114, D20301, 17 p. doi:10.1029/2008JD010966

[59] Pechony, O., et al. (2010). *Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)**, 107, 19167–19170.

[60] Westerling, A.L., et al. (2011). *Climate change and growth scenarios for California wildfire*. **Climatic Change**, 109(Suppl. 1), S445–S463. doi:10.1007/s10584-011-0329-9

[61] Westerling, A.L., et al. (2011). *Continued warming could transform Greater Yellowstone fire regimes by mid-21st century*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)**, 108, 13165–13170.

[62] Hurteau, M.D., et al. (2014). *Projected Effects of Climate and Development on California Wildfire Emissions through 2100*. **Environmental Science & Technology**, 48, 2298–2304.

[63] Wang, X., et al. (2015). *Increasing frequency of extreme fire weather in Canada with climate change*. **Climatic Change**, 130, 573–586.

[64] Allen, C.D., et al. (2010). *A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests*. **Forest Ecology and Management**, 259, 660–684.

[65] Hansen, G. (2015). *The evolution of the evidence base for observed impacts of climate change (Review).* **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 14, 187–197.

[66] Bernstein, A.S., & Myers, S.S. (2011). *Climate change and children's health (Review)*. **Current Opinion in Pediatrics**, 23, 221–226.

[67] Holstius, D.M., et al. (2012). *Birth Weight following Pregnancy during the 2003 Southern California Wildfires*. **Environmental Health Perspectives**, 120, 1340–1345.

[68] Brenkert-Smith, H., et al. (2015). *Climate change beliefs and hazard mitigation behaviors: homeowners and wildfire risk*. **Environmental Hazards**, 14, 341–360. doi:10.1080/17477891.2015.1080656

[69] Rancourt, D.G. (2016). *Carbon reality check*. **Dissident Voice**, 30 April 2016. Disponible sur : http://dissidentvoice.org/2016/04/carbon-reality-check/