



En novembre 2008, l'incendie de Corona Yorba Linda, en Californie, a créé un grand tourbillon de feu, une tornade de feu peut-être, qui a menacé les habitations.

grand tourbillon de feu apparu au Kansas a probablement été formé par la collision d'un front froid avec l'air ambiant chaud au-dessus d'un champ en feu. Et en 2007, Rui Zhou et Zi-Niu Wu, de l'université Tsinghua, à Pékin, ont montré que certaines configurations où plusieurs feux sont présents peuvent déclencher des courants d'air au sol et finir par leur imprimer une rotation. Or ces configurations peuvent apparaître spontanément à la faveur des sautes de feu, c'est-à-dire des incendies secondaires allumés par les brandons que beaucoup d'incendies projettent.

## L'AIR FRAIS DE L'OcéAN

Après toutes ces considérations, sommes-nous en mesure de préciser l'origine de la rotation d'air qui a causé la terrible tornade de feu de l'incendie de Carr? Étant donné les nombreux tourbillons de feu qui ont précédé le phénomène, d'importants mouvements de rotation étaient sans doute présents dans le secteur. Natalie Wagenbrenner, de notre laboratoire de Missoula, s'est livrée à des simulations numériques de la météo de cette journée-là.

Son travail a montré que l'air frais et dense de l'océan Pacifique était poussé vers l'est et au-dessus du sommet d'une chaîne de montagnes situées à l'ouest de Redding. Cet air frais était beaucoup plus lourd que l'air chaud de la vallée de Sacramento, puisque l'aéroport de Redding a enregistré ce jour-là une température maximale de 45 °C! Par gravité, l'air froid marin s'est donc écoulé le long des flancs des montagnes vers le fond de la vallée. Cependant, curieusement, à l'endroit où la tornade de feu s'était formée, ces forts vents de surface semblaient avoir disparu.

Comment était-ce possible? En fait, nous avions affaire à l'équivalent atmosphérique du ressaut hydraulique subi par l'eau se déversant dans le lac en aval d'un barrage. On observe alors que la surface du plan d'eau calme est rehaussée (c'est le ressaut) par la formation et le maintien d'une vague déferlante stationnaire, qui marque la limite entre les écoulements. Or cette vague s'accompagne d'intenses mouvements tourbillonnaires.

De façon analogue, l'air froid et dense qui descendait à vive allure le flanc de la montagne a pénétré dans le bassin d'air chaud et calme de la vallée de Sacramento, engendrant un ressaut probablement responsable des puissants mouvements de rotation à l'origine de la tornade de feu de l'incendie de Carr (voir l'encadré pages 56 et 57).

Par ailleurs, Neil Lareau, de l'université du Nevada, et ses collègues ont proposé en 2018 que les pyrocumulonimbus de plus de 10 kilomètres d'altitude qui surmontaient l'incendie de Carr pendant que la tornade de feu s'est formée ont contribué aussi à étirer le tourbillon jusqu'à une grande altitude, tout en l'aminçant et en l'accéléralant.

Si les incendies de forêt continuent à s'intensifier, comme le laisse prévoir le réchauffement climatique, il se pourrait que nous soyons confrontés plus souvent à des tornades de feu. Espérons que de nouvelles recherches, combinées aux progrès de la prévision météorologique et de la puissance de calcul, nous permettront bientôt de préciser les conditions favorables à la formation d'une tornade de feu et d'alerter à temps les populations concernées. ■

## BIBLIOGRAPHIE

N. P. LAREAU ET AL.,  
The Carr Fire vortex: A case of pyrotornadogenesis?,  
*Geophysical Research Letters*,  
vol. 45(23), pp. 13, 107-113  
et 115, 2018.

J. M. FORTHOFFER ET  
S. L. GOODRICK, Vortices and  
wildland fire, dans P. A. Werth  
et al. (dir.), *Synthesis of  
Knowledge of Extreme Fire  
Behavior*, vol. 1 for Fire  
Managers, US Forest Service  
Pacific Northwest Research  
Station, novembre 2011.

La fumée de l'incendie de Lick Creek, dans l'Idaho, a été étudiée depuis un avion qui en a traversé le panache le 2 août 2019.



# Au cœur des ténèbres enfumées

Alors que les incendies de forêt sont de plus en plus nombreux, une campagne aérienne cherche à comprendre comment les fumées qu'ils émettent affectent la santé humaine.

## L'ESSENTIEL

● À mesure que les incendies s'intensifient, ils deviennent une menace croissante pour la santé publique.

● À travers le projet *Firex-AQ*, une équipe de plus de quatre cents scientifiques a enquêté sur la composition chimique de la fumée émise par les feux de biomasse.

● Les données collectées éclairent la dynamique des composés chimiques dans les fumées.

● Elles aideront à déterminer quels feux sont les plus dangereux.

## L'AUTEUR



**KYLE DICKMAN** est un journaliste indépendant. Il a passé cinq saisons à combattre les feux en Californie.

« C'

est intéressant. Elle n'est pas trop épaisse, » constata Jim Crawford. En cet après-midi de fin juillet 2019, ce chimiste de l'atmosphère se dirigeait droit vers des volutes de fumée d'un incendie de forêt à bord d'un vieux DC-8 réaménagé par la Nasa en un laboratoire aérien. Dans la cabine, trente-cinq scientifiques et ingénieurs calibraient leurs instruments, la plupart conçus pour mesurer des polluants. L'avion se mit à trembler lorsqu'il entra dans un panache de fumée de l'incendie de North Hills, à 3 650 mètres d'altitude, dans les environs de Missoula, dans le Montana.

Ce vol était le troisième du projet *Firex-AQ*, (pour *Fire influence on regional to global environments and air quality*, soit « Influence du feu sur des environnements régionaux à globaux et sur la qualité de l'air ») un programme ambitieux de trois ans, mené par l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA) et la Nasa. Il vise à déterminer la composition chimique de la fumée émise par divers types d'incendies et à mesurer sa dangerosité sur la santé humaine. Durant l'été 2019, le DC-8 et deux autres appareils ont traversé plus de cent colonnes différentes, de la petite bulle de fumée s'élevant d'un minuscule brûlis agricole dans le Kansas, au « champignon » géant s'élevant jusqu'à 9 450 mètres d'altitude au-dessus des feux de Williams Flats, dans l'État de Washington, un

incendie comparable à une éruption volcanique ! Pas trop tôt : bien que les feux émettent jusqu'à un tiers des particules présentes dans l'atmosphère, « peu d'études s'intéressent au rôle des différents composants de la fumée sur les maladies et leur sévérité » déplorait encore en 2018 un directeur de l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA).

Nous savons certes que l'exposition chronique à des particules fines, présentes dans toute fumée, cause des maladies cardiaques et pulmonaires, entraînant la mort prématurée de 4,2 millions d'individus dans le monde pour la seule année 2016. Sans compter le million de morts prématurées annuel attribué à l'ozone, un gaz notamment produit par des réactions chimiques entre des composés de la fumée et de l'atmosphère et qui réduit les fonctions pulmonaires après une exposition répétée. Mais il manque les détails : dans quel contexte et par quels mécanismes ces composés toxiques, et d'autres, se forment-ils selon les différents types de fumées ? L'objectif de *Firex-AQ* est de combler à terme ces lacunes.

## DES FUMÉES À LA LOUPE

Jim Crawford vérifia sa tablette, faisant défiler les données mises à jour en temps réel sur des centaines de particules et de gaz en train d'être échantillonnées. Même dans de petites villes, les chercheurs détectent une pollution bien pire que celle dont son équipe et lui ont été témoins ce jour-là, au-dessus d'une forêt. « Comment tous ces feux s'additionnent-ils ? dit-il. Quelle quantité d'ozone les feux produisent-ils ? Quelle est la chimie impliquée dans sa formation ? Et comment maîtriser un tel phénomène naturel ? »

Selon Carsten Warneke, de la NOAA et l'un des principaux chercheurs de *Firex-AQ*, les modèles de qualité de l'air traitent la fumée des