

➤ décapé. La scène m'avait impressionné et inquiété. Il était évident qu'une telle tornade risquait d'atteindre et de blesser des pompiers même dans un abri considéré comme sûr. On n'était pas passé loin de la catastrophe...

Afin de comprendre ce qu'est une tornade de feu, il faut se remémorer ce qu'est un feu de forêt ordinaire. Un tel phénomène naît de la rencontre entre une source de chaleur de température supérieure à 600 °C et une végétation inflammable. Une fois allumé, le feu prend la forme d'un front de flammes dépassant en hauteur la végétation qui se consume et poussant devant lui un mélange de gaz et d'air brûlant. Cette « vague de chaleur » de plusieurs centaines de degrés s'étend vers l'avant jusqu'à une distance qui peut excéder trois fois la hauteur des flammes. Prise dans la chaleur, la végétation subit une pyrolyse, c'est-à-dire une très rapide décomposition chimique due à l'effet thermique. Cela dégage un volume important de vapeur d'eau et de gaz inflammables, lesquels s'embrasent d'un seul coup, ce qui déplace le front vers l'avant, tandis qu'une colonne de convection plus ou moins verticale, selon le vent, surmonte l'incendie et emporte la fumée.

En fonction des écoulements d'air au voisinage de l'incendie, il peut alors arriver que des « tourbillons de feu » se forment. Ces colonnes de feu tournoyantes ont la taille de l'un de ces éphémères tourbillons de poussière que nous apercevons parfois. Une tornade de feu, en revanche, combine le feu et des vents tournoyants aussi violents que ceux d'une véritable tornade. Un tel phénomène est rare au point d'en être devenu quasi mythique.

PLUSIEURS DÉFINITIONS

En 2008, de retour à mon laboratoire, je m'étais lancé dans une recherche bibliographique. Plusieurs tornades de feu avaient bien été signalées, mais les informations disponibles étaient si rares que les chercheurs ne s'accordaient même pas sur la définition du phénomène. Certains l'associaient exclusivement à la formation d'un pyrocumulonimbus (étymologiquement un « nuage de pluie cumulé dû au feu »), c'est-à-dire l'un de ces nuages d'orage se formant à partir de la vapeur d'eau que libèrent les incendies en dévorant la végétation. Pour les tenants du lien entre tornade de feu et pyrocumulonimbus, il ne peut y avoir de véritable tornade de feu qu'en relation avec un pyrocumulonimbus.

Si l'on applique cette définition, la seule tornade de feu jamais documentée est celle apparue en 2003 lors d'un grand incendie près de Canberra, en Australie, et qui a dévasté une bande longue de quelque 25 kilomètres... Cette définition semblait toutefois trop restrictive

pour être utile aux pompiers. En adoptant la définition plus pragmatique de « tourbillon de feu accompagné de vents analogues à ceux d'une tornade », avec mon collègue Bret Butler, nous avons réuni toutes les informations disponibles dans un manuel et des formations destinées aux pompiers. Puis l'incendie de Carr s'est déclaré, et avec lui la tornade de feu meurtrière sur laquelle j'ai enquêté.

UN CHAMP DE BATAILLE

Le site ressemblait à un champ de bataille. Pour m'aider, j'avais recruté le météorologue Joshua Wurman. Nous n'avions jamais rien vu de tel. Des îlots entiers de maisons avaient été rasés. Les toitures et toutes sortes de débris jonchaient le sol. Plusieurs voitures avaient enchaîné des tonneaux. Déracinés ou cassés, les arbres avaient perdu leur écorce sous les assauts d'un vent transportant sable et cailloux. Trois pylônes métalliques de 30 mètres de haut s'étaient écroulés...

Nous avons estimé que des vents avaient soufflé ici à 265 kilomètres par heure. Cette vitesse signifie une tornade de niveau 3 sur l'échelle de Fujita (qui classe les tornades selon la vitesse des vents sur une échelle allant de 0 à 5). En Californie, seulement deux tornades normales de cette force sont documentées... Or la tornade de l'incendie de Carr n'était pas « normale » : il s'agissait d'une tornade de feu à l'intérieur de laquelle des gaz brûlaient à 1500 °C, tandis que sa base faisait plus de 300 mètres de diamètre pour une hauteur de 4800 mètres. Durant au moins 40 minutes, elle s'est déplacée lentement, laissant une traînée de destructions d'environ 1,5 kilomètre de long.

Selon les témoins, la tornade de feu s'est produite le soir du 26 juillet 2018,

à l'occasion d'un feu si étendu et si intense qu'il avait créé des pyrocumulonimbus atteignant plus de 5 kilomètres d'altitude. Vers 17h30, les flammes ont soudainement foncé vers l'est, tuant un pompier au volant d'un bulldozer ainsi qu'un habitant resté prisonnier de son domicile. Alors que l'incendie s'approchait de la périphérie de la ville de Redding, il a donné naissance à plusieurs tourbillons de feu et a projeté des brandons à plus de 1,5 kilomètre en avant à travers la rivière Sacramento. Cela a déclenché plusieurs incendies secondaires à proximité de maisons. La situation est rapidement devenue chaotique.

Les débris emportés par le vent ont endommagé curieusement deux camions de pompier. Alors que ces deux lourds véhicules roulaient dans la même direction à 50 mètres de distance, l'un fut abîmé surtout du côté du conducteur, et l'autre surtout du côté passager, ce qui témoigne du mouvement rotatif de l'air.

LA TORNADE DE FEU FAISAIT PLUS DE 300 MÈTRES DE DIAMÈTRE ET S'ÉLEVAIT JUSQU'À 4 800 MÈTRES

L'air se met spontanément à tourbillonner au centre d'un trio de planches en feu disposées de façon triangulaire. L'un des feux rassemble ensuite les filets d'air tournant en un tourbillon de feu. De façon similaire, les feux de forêt ou les incendies urbains peuvent engendrer des tornades de feu.



Quelles sont les causes des tornades de feu? Pouvons-nous en prédire la formation afin de pouvoir évacuer les gens à temps? Pour répondre, une première étape consiste à rechercher des événements comparables dans le passé. En 1871, une ville du Wisconsin fut dévastée par un phénomène qui, à en juger par la quantité massive d'objets déplacés, dont une maison, était sans doute une tornade de feu. En 1964, l'incendie du Polo, en Californie, a fait quatre blessés et détruit deux maisons, une grange, trois voitures et un verger d'avocats.

L'une des plus horribles tornades de feu s'est produite lors des bombardements de Hambourg, entre le 25 juillet et le 3 août 1943, pendant lesquels ont péri plus de 40 000 habitants: selon le géographe Charles Ebert, ce *feuersturm*, c'est-à-dire cette «tempête de feu», mesurait plus de 3 kilomètres de large et 4,5 kilomètres de haut.

L'horreur du *feuersturm* de Hambourg le dispute à celle de la tornade du grand incendie de Tokyo de 1923. Un tremblement de terre majeur avait déclenché le feu. Puis une grande tornade de feu s'était formée et avait tué en 15 minutes 38 000 personnes.

Pendant plus d'un demi-siècle, on a expliqué cet événement en supposant qu'une tornade normale s'était formée exactement là où un grand incendie faisait rage. Mais dans les années 1980 et 1990, Seiji Soma et Kozo Saito, de l'université du Kentucky, lurent les récits historiques de l'événement afin de construire une maquette du lieu et d'imiter les vents ayant soufflé ce jour-là par des courants d'air appropriés. Ils reproduisirent ainsi à petite échelle le grand incendie de Tokyo, et mirent en évidence que cet incendie avait lui-même engendré sa tornade de feu.

Cette recherche s'appuyait sur les expériences novatrices réalisées deux décennies plus tôt par George Byram et Robert Martin, du Service forestier des États-Unis. Ils avaient réussi à créer de petits tourbillons de feu dans leur installation de Macon, en Géorgie.

SEPT FOIS PLUS D'ÉNERGIE

Leur dispositif? Un petit bassin circulaire contenant de l'alcool en train de brûler et entouré de parois cylindriques percées de fentes verticales. Celles-ci forçaient l'air venant alimenter le feu à entrer en rotation. Le tourbillon ainsi formé consommait tout le carburant jusqu'à trois fois plus vite qu'en l'absence de rotation. La présence d'un vent tournant augmente le taux de combustion en amenant les flammes à lécher la surface de l'alcool, ce qui le réchauffe puis enflamme les vapeurs émises. Des recherches ultérieures ont montré que, dans de tels feux, l'énergie dégagée par unité de temps était jusqu'à sept fois plus importante que dans les feux ordinaires.

Quelque chose de semblable se produit dans les tourbillons de feu des incendies de forêt et dans les tornades de feu. Porté à haute température, un morceau de bois produit des centaines de gaz inflammables différents, dont la combustion produit des flammes. Les forts vents horizontaux et tournants de la tornade de feu rabattent les flammes vers la végétation, ce qui renforce sa combustion.

En 1967, Howard Emmons et Shuh-Jing Ying, de l'université Harvard, ont entouré un feu de laboratoire stationnaire d'un grillage cylindrique que l'on pouvait faire tourner à différentes vitesses, ce qui imprimait une rotation à l'air entrant dans les flammes. Les chercheurs

