

> 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 de 1943 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.

DES TOURBILLONS DE FEU CRÉÉS EN LABORATOIRE

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, à la station de recherche du Sud du Service forestier des États-Unis. Ces deux chercheurs avaient réussi à créer de petits tourbillons de feu dans leur installation de Macon, en Géorgie.

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



À L'AUDITORIUM DE LA GRANDE GALERIE DE L'ÉVOLUTION

Jardin des Plantes
36 rue Geoffroy St Hilaire - Paris 5^e

Entrée libre et gratuite dans la limite des places disponibles

Détails sur jardindesplantesdeparis.fr

POUR LA SCIENCE

Samedi 7 mars - 15h DES GRAINES POUR L'ÉTERNITÉ !

Deux documentaires de création étonnants, poétiques et politiques, consacrés à une banque de graines unique au monde, située dans l'archipel du Svalbard, en Norvège.

NOÉ Réal : Pauline Julier (Suisse - 2010 - 22 min.)

WILD RELATIVES Réal : Jumana Mana (Liban / Norvège / Syrie - 2017 - 65 min. - VOSTF)

Projection suivie d'une présentation d'Eléonore Samira Mobaied, chercheuse au Muséum national d'Histoire naturelle (Département « Homme & Environnement »).

Lundi 9 mars - 19h LES AVENIRS DE L'ALIMENTATION

Venez découvrir le monde de 2040 créé par les CFistes : écouter leurs récits, échanger... Le comité de science-fiction est un atelier créatif qui réunit étudiants, chercheurs et artistes, soutenu par l'Institut de transition environnementale, Sorbonne Université, le Muséum, en partenariat avec Sciences-Po Paris.

Lundi 23 mars - 19h LES GOÛTS ET LES COULEURS DU MONDE

Une histoire naturelle des tannins, de l'écologie à la santé
Ed. Actes Sud, 352 p. 24€. Illustrations d'Arnaud Rafaelian.
Une exploration sensorielle et naturaliste d'une famille de molécules ignorées, les tannins, omniprésents dans notre quotidien.

Présentation de l'ouvrage par l'auteur, Marc-André Selosse, biologiste, spécialisé en mycologie, Muséum national d'Histoire naturelle.

Vente-dédicace de l'ouvrage sur place de 18h15 à 18h45

AUTOUR DE L'EXPOSITION JE MANGE DONC JE SUIS DU MUSÉE DE L'HOMME



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

à l'accélération de la rotation d'une patineuse qui rapproche les bras de son corps.

Un tourbillon de feu qui arrive sur une zone en feu tend à s'étirer jusqu'à une hauteur considérable et à tourner très vite; lorsqu'il parvient au-dessus d'une zone déjà brûlée, il s'élargit et ralentit en prenant l'aspect d'un cylindre diffus de fumée. Les mêmes comportements valent pour les tornades de feu. Parfois, la masse en rotation est si large et tourne si lentement que les pompiers ne s'aperçoivent pas qu'il s'agit d'un tourbillon. Quant aux déplacements d'un tourbillon de feu, ils dépendent d'une part des vents ambiants et d'autre part des détails du relief, mais il reste à comprendre de quelle façon précisément.

Howard Emmons et Shuh-Jing Ying avaient aussi montré que les tourbillons de feu conservent avec une remarquable efficacité leur énergie cinétique de rotation, ce qui les rend malheureusement assez persistants. La tornade de feu de l'incendie des Indiens, par exemple, a duré environ une heure. À mesure que la rotation dans une tornade de feu s'accroît, deux forces radiales opposées s'intensifient: d'une part la force centrifuge, qui tire chaque parcelle d'air vers l'extérieur, d'autre part celle due à la basse pression régnant au centre du tourbillon, qui l'aspire au contraire vers l'intérieur. L'équilibre entre ces deux forces limite le mouvement radial de l'air et donc la perte d'énergie cinétique par le tourbillon. Les feux ne présentant pas de rotation échangent, eux, à peu près dix fois plus d'énergie avec l'atmosphère environnante.

Ce mécanisme contribue aussi à rendre les tourbillons de feu plus minces et plus hauts que les feux non tournoyants. La stabilisation, par les forces radiales, des parois tournantes du tube de feu implique que, sauf à la base, pratiquement aucun air n'est aspiré à l'intérieur. Peu d'oxygène est donc disponible pour la combustion. Une partie des gaz combustibles doit donc remonter haut à l'intérieur du tube avant qu'il y en ait assez pour brûler.

Tout aussi dangereux est le fait que l'ascension rapide de gaz chauds et peu denses crée une très basse pression à la base du tourbillon. Le frottement de l'air contre le sol ralentit la rotation, ce qui réduit la force centrifuge poussant l'air vers l'extérieur. Comme l'aspiration vers l'intérieur du tube engendrée par la pression reste la même, de l'air rasant le sol s'engouffre dans la tornade de feu. L'effet produit est le même que celui qu'aurait un aspirateur géant, avalant goulument de l'air et des débris enflammés à sa base, les tirant vers le haut à des vitesses extrêmes avant de les éjecter de façon imprévisible depuis des hauteurs considérables, ce qui déclenche des incendies secondaires à distance. ➤

Les tourbillons de feu conservent assez bien leur énergie de rotation, d'où leur persistance

l'air entrant dans les flammes. Les chercheurs ont mesuré la vitesse du vent et la distribution de la température du tourbillon de feu ainsi créé. Ils ont ainsi mis en évidence que le feu ne suffit pas en lui-même à engendrer un tourbillon de flammes: il faut un mécanisme qui mette l'air en rotation et un autre qui amplifie celle-ci.

Une tornade de feu a essentiellement la même aérodynamique. De nombreux tourbillons se forment naturellement dans l'atmosphère. Ils sont engendrés par les vents tournant autour des montagnes ou longeant le sol, voire par des différences de pression au sein de l'atmosphère. Le feu, lui, joue deux rôles: il concentre la rotation et la fait monter (les gaz chauds s'élevant vite), ce qui aboutit à un étroit tube d'air et de flammes tournant autour d'un axe plus ou moins vertical.

Dans les premiers instants d'une tornade de feu, l'air chaud surmontant le feu aspire vers le haut l'air venu le remplacer à la base. Ce faisant, il rassemble des tourbillons atmosphériques préexistants. Certains de ces tourbillons sont initialement horizontaux, mais l'aspiration vers le haut tend à les redresser vers la verticale. Ensuite, l'air ascendant s'échauffe à mesure que brûlent les gaz qu'il contient.

La pression exercée par l'air entourant le tourbillon force aussi l'air chaud et léger de l'intérieur du tube de feu à s'élever; le tourbillon ou la tornade de feu s'étire ainsi le long de son axe et son diamètre diminue. Comme le moment cinétique (la quantité de mouvement de rotation) de la masse tournante est une quantité conservée, l'étiement de cette dernière a pour conséquence de faire tourner plus vite le contenu du tourbillon, effet comparable