

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

incendies comme un nuage de pollution, ou *smog*, alors que c'est un problème complètement différent. Installé dans une base de la garde nationale, à Boise, dans l'Idaho, avec cinquante scientifiques, l'un de ses rôles était de passer au crible les données (relevés météorologiques, nature des combustibles...) sur les incendies en cours afin de déterminer lesquels sont les mieux adaptés aux objectifs du programme. Ce n'est pas toujours simple, car «il y a beaucoup de scientifiques, et tous ne travaillent pas sur le même sous-projet», dit Amber Soja, de l'Institut américain d'aérospatiale, chargée d'informer les quatre cents chercheurs concernés sur l'activité des feux du jour.

TROP DE MODÈLES

La fumée des feux de forêts intrigue en fait depuis le début des années 2000: tandis qu'ils étudiaient la brume transportée vers l'arctique alaskien depuis l'Asie, ainsi que la qualité de l'air en bordure des villes du nord-est américain, Jim Roberts, lui aussi de la NOAA, et Carsten Warneke ont été surpris de déceler l'empreinte chimique des incendies partout dans leurs données. À l'époque les prévisions d'émissions issues des incendies n'étaient pas fiables. Dans une étude de 2008, la comparaison de quatre modèles dédiés a révélé que les estimations pouvaient varier de l'un à l'autre d'un facteur 10. Pas étonnant si l'on sait que ces modèles n'étaient basés que sur l'étude de trente-neuf incendies différents. Considérant la variabilité des feux, le manque de données était criant.

Jim Roberts et Carsten Warneke se sont alors rapprochés de Bob Yokelson, de l'université du Montana, qui étudiait la fumée des incendies depuis presque trente ans. Ancien pompier, il a aidé à élaborer la première version du projet *Firex-AQ*. Il a longtemps été le seul, avec quelques professeurs d'université, à étudier cette fumée sur le terrain. Ils avaient loué un petit avion de 20 mètres d'envergure (un DHC-6 Twin Otter), l'avaient chargé d'instruments et avaient fait quelques tours autour des colonnes de fumée. Ils s'intéressaient aux mêmes aérosols, particules fines et gaz aujourd'hui au centre de l'attention de *Firex-AQ*, mais leurs mesures étaient bien plus grossières.

Plusieurs saisons successives d'incendies et de fumée historiquement sévères ont changé la donne. Des millions de dollars furent alloués pour des campagnes de recherche plus substantielles et le projet *Firex-AQ* gagna en envergure. Un DC-8, qui pouvait voler à haute altitude et sur une grande distance, a rejoint la flotte, ainsi que quelques avions à hélices rapides avec des instruments d'analyse de la qualité de l'air pour voler plus bas et plus près des colonnes de fumée. L'intérieur du DC-8 est un vrai laboratoire, avec par exemple des

appareils à lasers de longueurs d'onde différentes pour cartographier une colonne de fumée en trois dimensions et en temps réel. Divers instruments détectent de nombreux composés chimiques, notamment l'acétonitrile connu pour être un indicateur de la combustion de biomasse. D'autres capteurs sont dédiés aux traces de carbone noir et brun, à la composition en aérosols submicronique... L'équipe de *Firex-AQ* a aussi équipé des camions pour étudier la fumée au sol.

DU FEU À LA POLYARTHRITE

Déjà en 2009, Jim Roberts avait identifié un composé particulièrement nocif dans la fumée d'un feu de branches de pin ponderosa et d'autres combustibles caractéristiques de l'ouest des États-Unis, l'acide isocyanique. Une exposition régulière à cette molécule favorise les cataractes, la polyarthrite rhumatoïde et des maladies cardiaques. C'est à cette époque que l'incendie le plus destructeur de l'histoire du Colorado se déclara, brûlant des dizaines de milliers d'hectares et détruisant plusieurs centaines de maisons. À Boulder, dans ce même état, Jim Roberts analysa alors l'air de la ville et releva la plus haute concentration d'acide isocyanique jamais mesurée dans l'atmosphère. Avant lui, personne n'avait pensé à chercher ce composé. «Je n'en ai pas dormi deux nuits d'affilée, se rappelle-t-il. Personne n'avait ima-

DEVANT L'INTENSIFICATION DES INCENDIES, CERTAINS SPÉCIALISTES N'HÉSITENT PAS À PARLER DE PYROCÈNE POUR QUALIFIER NOTRE ÉPOQUE

giné que la fumée contenait de l'acide isocyanique. Qu'ignorions-nous d'autre?»

En général, la qualité de l'air dans les villes américaines s'est améliorée depuis que le Congrès a voté le Clean Air Act en 1970. Mais quand des incendies se déclarent près des zones urbaines, la fumée réduit à néant les progrès accomplis. Résultat: les huit villes des États-Unis les plus polluées par l'ozone se trouvent toutes dans l'Ouest. Et 23 des 25 villes les plus polluées aux PM 2,5 (c'est-à-dire les particules fines de moins de 2,5 micromètres de diamètre capables de



1

- pénétrer dans les poumons puis dans le sang) se situent dans l'Ouest ou en Alaska.

L'exposition à long terme à ces PM 2,5 peut être mortelle, même lorsque les niveaux sont inférieurs aux seuils autorisés. En 2017 et 2018, plus de 10 millions de personnes dans l'ouest des États-Unis ont été exposées à des niveaux de PM 2,5 excédant les standards en matière de qualité de l'air de l'EPA. Dans trente ans, ce nombre dépassera 82 millions. D'ici à 2100, on estime que l'inhalation chronique de fumée issue des incendies tuera 40 000 personnes par an, rien qu'aux États-Unis.

Premier coupable, le réchauffement climatique qui rend l'ouest de plus en plus chaud et sec. Ainsi dans une étude parue en juillet 2019, le climatologue Park Williams, de l'université Columbia, à New York, a montré que la multiplication par cinq de la superficie brûlée entre 1972 et 2018 est très vraisemblablement liée à une augmentation moyenne de 1,4 °C des températures lors d'une journée chaude. C'est le réchauffement anthropogénique, dit-il, qu'il faut blâmer.

La gestion des forêts joue aussi un rôle significatif dans l'aggravation des incendies. En proscrivant le feu dans des écosystèmes où il est pourtant essentiel, la densité de combustible dans de nombreuses forêts atteint des records (voir *Combattre le feu par le feu*, par Jane Braxton

Little, page 88). Par exemple, dans certaines parties de la Sierra Nevada californienne, on compte 400 arbres par hectare quand il n'y en avait que 20 à 30 auparavant. Parallèlement, les humains continuent de s'installer dans des endroits vulnérables. Dans les années 1990, 30,8 millions de personnes aux États-Unis vivaient près ou sur un terrain qui s'embrasait régulièrement; aujourd'hui, ils sont 43,4 millions. La conjonction de ces éléments explique le lourd bilan de l'incendie Camp Fire qui rasa en novembre 2018 la cité de 26 800 habitants de Paradise, en Californie, brûlant 18 804 bâtiments et tuant au moins 85 personnes.

BIENVENUE DANS LE PYROCÈNE

Le problème est mondial, environ 4% du globe brûlant chaque année. Les feux de brousse australiens ont brûlé entre la fin de 2019 et le début de 2020 près de 186 000 kilomètres carrés (plus du tiers de la superficie de la France). Bien que la surface totale qui brûle chaque année diminue à mesure que les lieux naturels sont convertis en terres agricoles, les changements climatiques favorisent à présent des brasiers dans des environnements historiquement épargnés par les incendies et les intensifient dans les zones qui y sont habituées. En été 2018, l'Irlande du Nord a connu des incendies sans précédent. Ce fut aussi le cas