

Tempêtes, canicules L'ère des extrêmes

Les chercheurs en apportent la preuve : certains événements météorologiques extrêmes récents sont accentués par le changement climatique. Tempêtes, canicules et inondations vont se multiplier si des mesures concrètes contre le réchauffement ne sont pas prises. Cartes et infographies à l'appui, « Sciences et Avenir » dresse une perspective alarmante.

DOSSIER RÉALISÉ PAR
Loïc Chauveau AVEC HUGO JALINIÈRE

DÉCRYPTAGE

Six exemples d'événements météorologiques extrêmes
p. 37

INTERVIEW

L'urgence climatique est aussi une urgence de santé publique
p. 41

ANALYSE

Les cartes de France des zones à risques
p. 42

RENDEZ-VOUS

Les enjeux du sommet de la COP26
p. 49



XOËBOUZAS/HANSLUCAS.COM

▲
Les températures extrêmes (ici à Paris le 25 juillet 2019) seront de moins en moins exceptionnelles.

C'est un rapport qui pèse lourd : 360 pages. Il a été impossible aux experts de l'évolution du climat de faire plus court pour expliquer que certains événements météorologiques extrêmes récents n'auraient pas eu lieu sans le changement climatique induit par les activités humaines. Des événements exceptionnels qui sont appelés à l'être de moins en moins, dans le monde, mais aussi en France. « *C'est un fait établi que les émissions de gaz à effet de serre produites par l'humain ont mené à une fréquence ou une intensité de certains extrêmes météoro-*

logiques et climatiques depuis l'époque pré-industrielle, en particulier pour les températures exceptionnelles », écrivent les dizaines de chercheurs du monde entier qui ont participé à la rédaction du 6^e rapport sur les sciences physiques du changement climatique remis le 9 août par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec). Ce qui était une présomption impossible à étayer scientifiquement lors du rapport précédent, publié en 2014, est devenu une certitude. « *Les preuves de changement observées sur les événements extrêmes et leur attribution à l'influence humaine se sont renforcées, en particulier pour les très fortes précipitations, les sécheresses, les cyclones tropicaux et des phénomènes associés comme les vagues de chaleur et les incendies de forêt* », assènent les auteurs.

La météo en cause dans 50 % des catastrophes

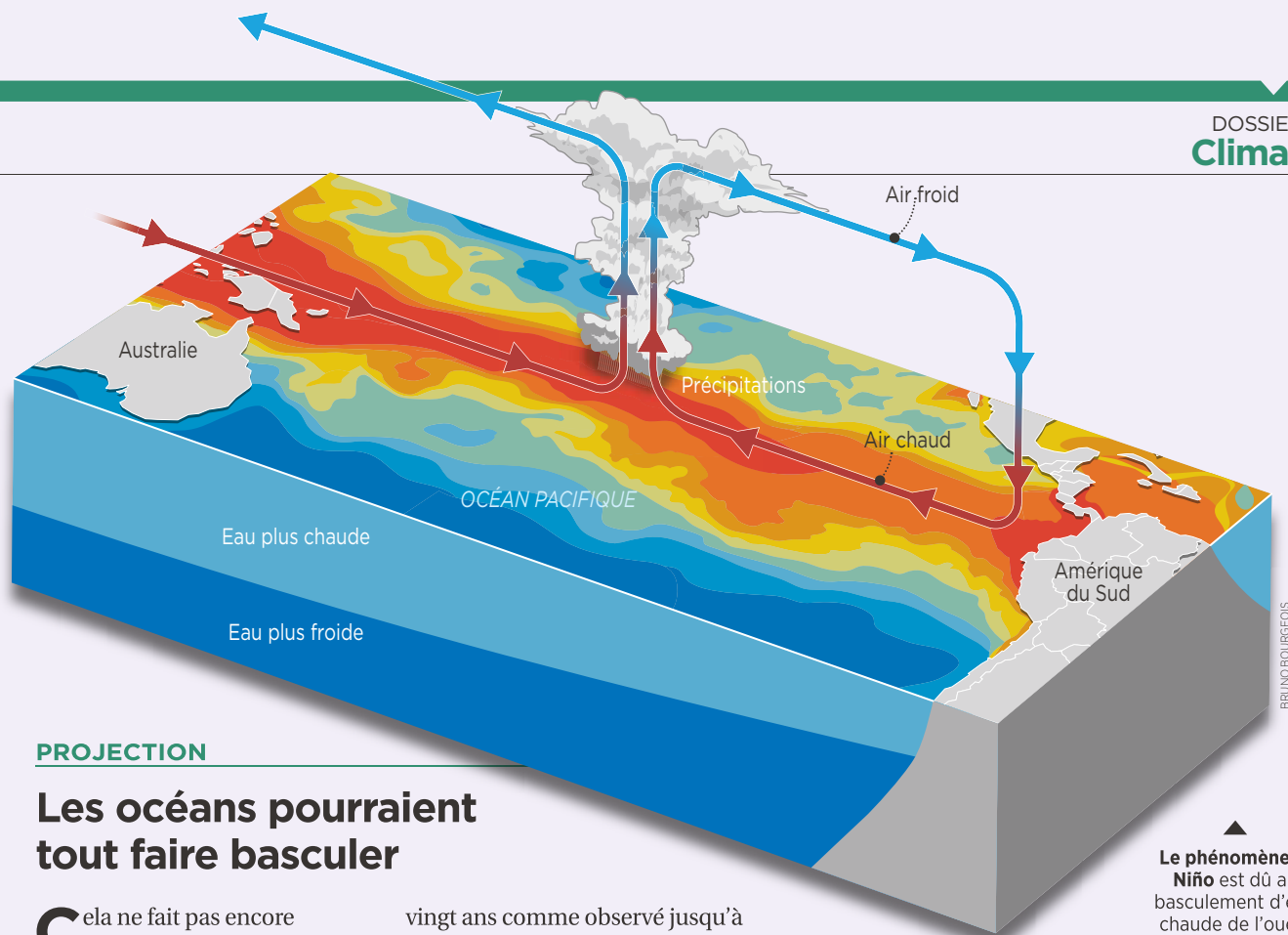
Les scientifiques ne nient pas l'évidence : l'humanité vit depuis toujours avec les catastrophes naturelles. Dans son « Atlas de la mortalité et des pertes économiques dues aux phénomènes météorologiques, climatiques et hydrologiques extrêmes (1970-2019) » publié en août, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) détaille que les aléas météorologiques ont été à l'origine de la moitié de toutes les catastrophes recensées lors de ce demi-siècle, de 45 % des décès et de 74 % des pertes économiques. Ces cinquante dernières années, un événement d'origine météo, climatique ou hydrologique a eu lieu tous les jours dans le monde. Quotidiennement, 115 personnes en sont mortes et plus de 170 millions d'euros de biens ont été détruits. Mais la question se pose :

sommes-nous uniquement victimes des caprices de notre planète ou l'humanité a-t-elle une responsabilité croissante dans leur survenue ? Réponse des scientifiques : le changement climatique est bien là ; il n'a pas attendu la fin du **xxi^e** siècle pour montrer sa puissance délétaire. Il ne fait plus de doute que son moteur, c'est la température mondiale qui grimpe sous l'effet de la croissance continue des teneurs en gaz à effet de serre dans l'atmosphère. « *En émettant ces derniers, l'humain alimente en énergie le système climatique terrestre*, résume Jean Jouzel, chercheur au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE, Saclay). *Plus il y a de chaleur, plus il y a de vapeurs d'eau et plus il y a de précipitations et donc plus de "carburant" pour les événements météorologiques.* » En toute logique, ce surcroît en énergie perturbe le cycle de l'eau, provoque ici des inondations surprises, là des sécheresses longues. En moins de deux décennies, l'attribution de tels épisodes au changement climatique a fait un bond de géant. « *Jusqu'il y a peu, on prenait bien soin de ne pas mélanger les variations rapides du temps qu'il fait avec le temps long du climat* », rappelle Pascale Braconnot, climatologue au CEA (Saclay). Le changement climatique se mesurait donc à partir de la hausse des teneurs en CO₂ dans l'atmosphère (aujourd'hui de 419 parties par million avec une croissance lors de la dernière décennie de 2,4 ppm par an) et de l'augmentation de la température moyenne de la planète de 1,1 °C depuis le début de l'ère industrielle. Des valeurs difficiles à appréhender. Il en est autrement quand la température dépasse les 45 °C en France ou

FOCUS

Les trois alertes du 6^e rapport du Giec

- ▶ Sans action immédiate, l'humanité va entrer dans une nouvelle ère climatique dont les effets sur les écosystèmes et l'activité humaine sont inconnus.
- ▶ L'augmentation des teneurs en CO₂ dans l'atmosphère s'opère à une rapidité jamais vue dans toute l'histoire géologique de la Terre.
- ▶ Cette bascule climatique peut encore être évitée si les actions de réduction des gaz à effet de serre sont immédiates et profondes.



PROJECTION

Les océans pourraient tout faire basculer

Cela ne fait pas encore consensus chez les climatologues, mais les événements de type El Niño, qui occasionnent de terribles inondations en Amérique du Sud et des sécheresses en Australie et en Indonésie, pourraient devenir de plus en plus extrêmes et de plus en plus fréquents avec le réchauffement. Ainsi, des épisodes intenses surviendraient tous les dix ans et au lieu de

vingt ans comme observé jusqu'à présent. Le réchauffement pourrait en effet favoriser un affaiblissement des alizés dans l'océan Pacifique, conduisant les eaux chaudes de surface à refluer vers l'est, avec les précipitations qui les accompagnent. Par ailleurs, dans l'océan Atlantique, le réchauffement conduirait paradoxalement à des hivers beaucoup plus rudes en Europe occidentale. Ce serait cette fois la

conséquence d'un affaiblissement de la circulation méridienne de l'Atlantique Nord, c'est-à-dire des courants marins grâce auxquels l'Europe bénéficie aujourd'hui d'un climat tempéré. Cette circulation connaît déjà un ralentissement sans précédent qui s'expliquerait par la fonte des glaces de l'Arctique et du Groenland. ■

▲ **Le phénomène El Niño** est dû au basculement d'eau chaude de l'ouest vers l'est du Pacifique consécutif à l'affaiblissement des alizés. Ce phénomène entraîne des inondations en Amérique latine et des sécheresses marquées en Australie et Asie.

quand il tombe 250 à 300 millilitres d'eau en 24 heures comme dans le Gard le 14 septembre. Le changement climatique devient soudain bien réel.

Mais ce n'est qu'en 2005 qu'un climatologue de l'université d'Oxford (Royaume-Uni), Myles Allen, s'est demandé, pour la première fois, si le changement climatique sur lequel il travaillait ne serait pas en partie à l'origine des inondations catastrophiques exceptionnelles qui affectaient cette année-là la région d'Oxford. « Un grand nombre de modèles sont

nécessaires pour évaluer la fréquence d'événements extrêmes (qui, par définition, sont rares) et comment cette fréquence peut changer », posent Myles Allen et ses collègues Friederike Otto et Rachel James. Dans le principe, ces études d'attribution comparent la fréquence d'un événement extrême dans le monde tel qu'il est (avec l'influence humaine sur le climat) avec un modèle représentant « le monde tel qu'il devrait être », avec l'influence humaine retirée. Sur ces bases, toute une commu-

nauté scientifique s'est mobilisée jusqu'à la création en 2015 d'un groupe officiel, le World Weather Attribution. « Notre travail ne s'intéresse plus seulement au climat d'il y a des milliers d'années ni à celui du futur prédit par nos modèles, mais devient pertinent pour l'instant présent », note Davide Faranda, chercheur au LSCE.

Reste que la science météorologique doit encore progresser. Des phénomènes météo comme ceux qui ont ravagé la vallée de la Roya (Alpes-Maritimes) en 2020 ►

VERBATIM

ROBERT VAUTARD DIRECTEUR DE L'INSTITUT PIERRE-SIMON LAPLACE (IPSL),
AUTEUR PRINCIPAL DU 6^e RAPPORT DU GIEC

Comment lier un événement météo au changement climatique

« À chaque fois qu'un événement météorologique extrême survient, la question du lien avec le changement climatique est posée. Question importante puisque si la réponse est positive, il faut s'attendre à ce qu'il se reproduise voire s'intensifie. Comment faire ? La première étape est de bien poser la question. Les événements météorologiques peuvent en effet survenir naturellement par le fruit du

hasard. En revanche, leur probabilité peut être altérée par l'augmentation des températures globales. On s'attache donc à bien caractériser l'événement (région d'impact, durée...), à en construire un indicateur pertinent, avant d'estimer ses changements de probabilité. La seconde étape est de collecter les observations disponibles pour calculer les tendances observées de la probabilité de l'événement. Parfois cela est difficile car c'est un record, ou bien parce que les observations ne remontent pas assez loin. La modélisation statistique des observations permet alors de quantifier ces tendances, même pour des valeurs au-delà des records, et leur incertitude. Mais cela ne suffit pas. Il faut pouvoir montrer que cette tendance observée est due à l'augmentation des gaz à effet de serre, et non à d'autres facteurs. Il faut une expérience « contrefactuelle » avec des conditions similaires sauf pour les gaz à effet de serre, remis à leurs concentrations pré-industrielles. Il faut alors faire intervenir des simulations numériques. En comparant deux jeux de simulations, (gaz à effet de serre actuels et pré-industriels), on peut ainsi estimer la différence de probabilité des événements. C'est ainsi que, avec des simulations comme celles utilisées pour les rapports du Giec, on peut maintenant, en quelques semaines, faire une analyse des événements qui se produisent au fil du temps, et établir, ou non, leur lien avec l'augmentation des gaz à effet de serre. C'est une activité développée notamment par le réseau scientifique international World Weather Attribution auquel contribue, en France, l'Institut Pierre-Simon Laplace. ■



BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET Avenir - LA RECHERCHE

► ou le Gard en septembre dernier demeurent imprévisibles car ultralocalisés. De même, le blocage de masses d'air qui a provoqué la catastrophe en Allemagne l'été dernier (*lire p. 38*) aurait très bien pu se produire n'importe où entre les Alpes et l'océan Atlantique. Même problème pour les orages cévenols qui n'affectent que des territoires très limités : même avec une maille de 1,3 km, le modèle numérique Arome de Météo France ne peut prédire précisément où vont percer les nuages et avec quelle intensité. C'est le défi scientifique des prochaines années.

Gouvernants et industriels devant les tribunaux

En attendant, le travail académique du World Weather Attribution a déjà des applications économiques, sociales, politiques. Des associations environnementales attaquent devant les tribunaux gouvernants et industriels pour dénoncer leur inaction devant le changement climatique. Aux Pays-Bas, l'association Urgenda a obtenu, en décembre 2019, de la Cour suprême de justice qu'elle exige que l'État néerlandais réduise ses émissions de gaz à effet de serre. « *Il faut pouvoir déterminer la part de responsabilité du changement climatique afin que les victimes aient la possibilité d'intenter un procès aux autorités et entreprises ne luttant pas contre un risque reconnu* », rappelle Aglaë Jezequel, chercheuse au Laboratoire de météorologie dynamique (LMD/Institut Pierre-Simon Laplace, IPSL), qui prépare d'ailleurs avec ses collègues de l'IPSL un dictionnaire du vocabulaire climatique destiné aux juristes. « *L'intérêt est autant social que scientifique* », conclut-elle. ■ **L. C.**

Le jour d'après a commencé

À partir de six exemples d'événements météorologiques extrêmes que les scientifiques ont reliés avec certitude au réchauffement, voici ce qui nous attend dans les décennies à venir.

1 Les dômes de chaleur vont se multiplier

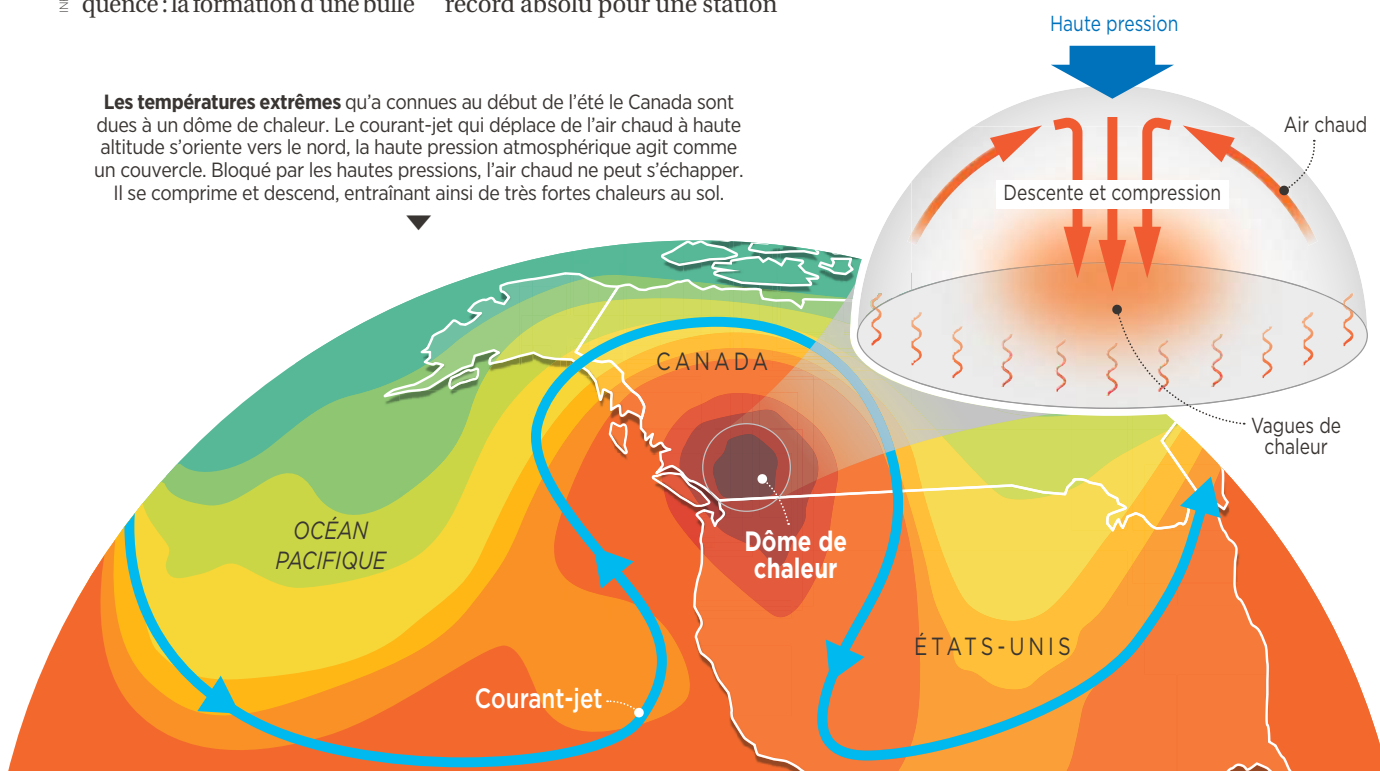
Le phénomène météorologique extrême qui causé la pire vague de chaleur de l'histoire récente du Canada à l'été 2021 est le même que celui dont fut victime la France en 2003 : un dôme de chaleur. Un événement dû à une remontée de chaleur (ici depuis le Mexique) qui a été bloquée par un anticyclone puissant. Conséquence : la formation d'une bulle

d'air chaud qui est montée très haut en altitude. Ce dôme de chaleur a détourné pendant plusieurs jours vers le pôle Nord les dépressions en provenance du Pacifique. Le 29 juin 2021, un record de 49,6 °C a été enregistré au pied de la chaîne des Rocheuses dans le village de Lytton, détruit juste après par un incendie... C'est près de 5 °C de plus que le précédent record canadien de 45 °C enregistré en 1937. C'est également un record absolu pour une station

située au-dessus de 50 degrés de latitude nord, selon Météo France. En à peine quelques semaines les meilleures universités américaines et canadiennes ont publié sur le site du programme World Weather Attribution une « analyse rapide » sur les liens entre cet événement météorologique extrême et le changement climatique en cours. Et ils sont affirmatifs : un tel événement n'aurait pas eu cette intensité sans l'augmentation des températures mondiales depuis le début de l'ère industrielle.

En soi, la situation météo n'était pas exceptionnelle : c'est l'intensité qui l'était. Selon les estimations statistiques les plus réalistes, de telles températures pourraient n'arriver qu'une fois tous les 1000 ans dans le climat de ce début de XXI^e siècle. Aussi peut-être ne s'agissait-il que d'un épisode isolé même s'il a été aggravé par le réchauffement climatique. ▶

Les températures extrêmes qu'a connues au début de l'été le Canada sont dues à un dôme de chaleur. Le courant-jet qui déplace de l'air chaud à haute altitude s'oriente vers le nord, la haute pression atmosphérique agit comme un couvercle. Bloqué par les hautes pressions, l'air chaud ne peut s'échapper. Il se comprime et descend, entraînant ainsi de très fortes chaleurs au sol.



► Mais les scientifiques n'excluent pas que des interactions au sein du système climatique font que nous aurions franchi des seuils irréversibles augmentant la probabilité de la survenue de tels événements, auxquels l'Europe est également soumise.

2 Les canicules gagneront en intensité

45,9 °C constatés le 28 juin 2019 dans le Gard. Le nouveau record national pourrait devenir une température fréquente à la fin du siècle. C'est ce qu'affirment les chercheurs du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE, Saclay) et de Météo France. Ils ont épluché les statistiques météo jusqu'au début du xx^e siècle pour retrouver des vagues de chaleur similaires. Afin de faciliter les comparaisons, les chercheurs n'ont pas pris les pics extrêmes mais la moyenne quotidienne des températures. Et ils ont choisi deux territoires d'étude : la France entière et la ville de Toulouse. Ces observations montrent que les vagues de chaleur de 2019 s'accompagnaient de températures plus élevées de 4 °C par rapport à 1900. Les chercheurs ont ensuite fait tourner leurs modèles pour mieux appréhender ce qui attend la France dans les prochaines décennies. « La fréquence et l'intensité de ces événements vont continuer à augmenter, au fur et à mesure que les concentrations atmosphériques en gaz à effet de serre montent, assure Aurélien Ribes, chercheur au centre national de recherche météorologique de Météo France. En 2040, les événements de même intensité qu'en 2019 seront environ quatre fois plus fréquents. Quant à ceux de même probabilité qu'en 2019, ils s'accompagne-

ront de températures supérieures d'encore 1,2 °C. »

Les modèles anticipent par ailleurs que les vagues de chaleur ne seront plus cantonnées aux mois les plus chauds mais se dérouleront entre mai et septembre. C'est-à-dire quand les écoles et la majorité des activités économiques de plein air sont ouvertes.

3 Les immenses feux incontrôlables ne pourront être évités

1,15 million d'hectares partis en fumée soit l'équivalent d'un vingtième de la surface agricole de la France ! Cet incendie d'une ampleur inimaginable s'est déroulé en juin 2020 dans la taïga sibérienne. Une conséquence directe de six mois consécutifs de températures élevées et de sécheresse. Entre janvier et juin 2020,

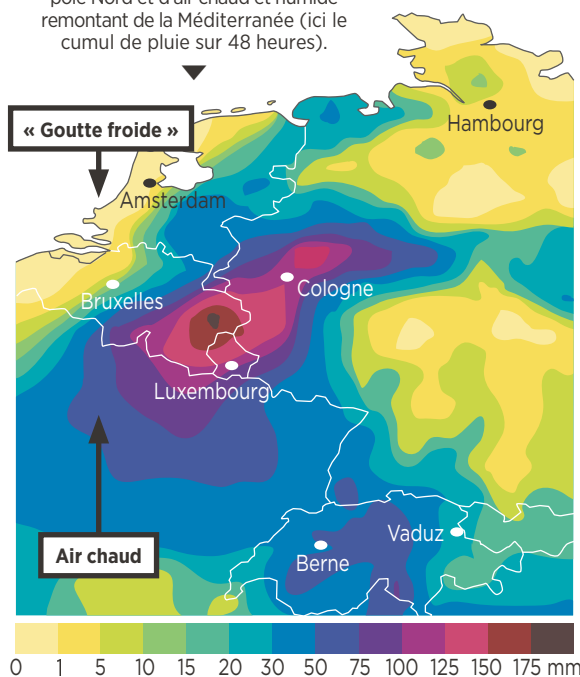
jamais la Sibérie n'avait en effet connu une aussi longue période sans pluie. Le 20 juin, la ville de Krasnoïarsk enregistrait 38 °C sous abri, la plus haute température jamais observée dans l'Arctique. Les chercheurs du World Weather Attribution ont fait tourner leurs modèles. Ils ont ainsi montré qu'un tel phénomène n'arriverait que tous les 80 000 ans dans un climat non perturbé par l'activité humaine. Sauf que le changement climatique a multiplié par 600 les risques qu'une telle période sèche intervienne.

Aussi, la fréquence de ces « méga-feux » est en forte hausse. « Avec les fortes chaleurs, les arbres arrêtent leur photosynthèse, si bien qu'ils ne fournissent plus de fraîcheur mais au contraire deviennent du bois à brûler », prévient Davide Faranda, chercheur au LSCE. Selon le programme européen Copernicus pour la surveillance de l'atmosphère, l'année 2021 a été une année record avec d'immenses sinistres en Sibérie, sur le pourtour méditerranéen et la côte ouest des États-Unis. Sans compter que ces événements alimentent l'emballement de la machine climatique en relâchant quantité de gaz à effet de serre : en juillet dernier, 1,2 milliard de tonnes de CO₂ ont ainsi été libérées et près de 1,4 milliard en août. Le bilan dépassait déjà celui des émissions annuelles de l'Union européenne...

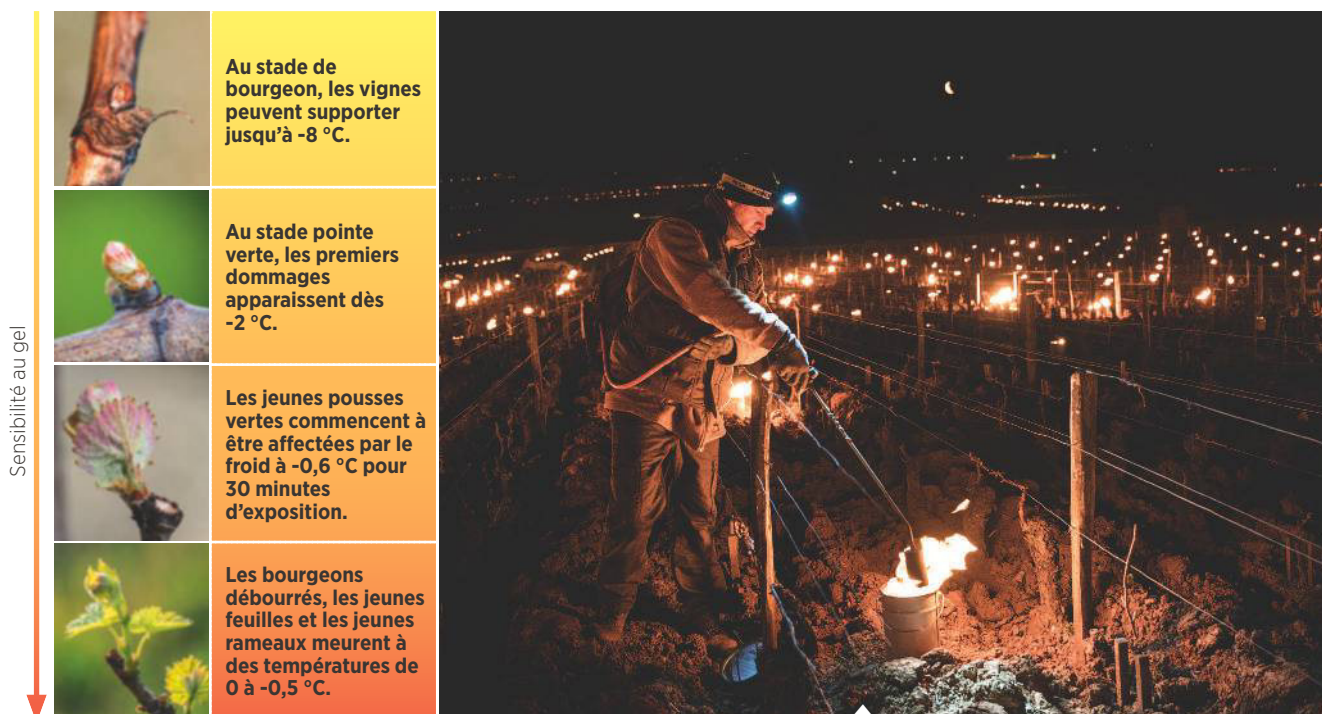
4 Les précipitations dantesques sont inévitables

La tempête Bernd qui a balayé l'Europe l'été dernier est l'archétype de ce qu'on appelle un « événement extrême ». Descendant du pôle Nord, une goutte froide très lente a stationné du 12 au 15 juillet sur les États allemands

Des inondations meurtrières ont eu lieu en Allemagne, au Luxembourg et en Belgique entre le 12 et 15 juillet dues à la combinaison d'air froid venant du pôle Nord et d'air chaud et humide remontant de la Méditerranée (ici le cumul de pluie sur 48 heures).



Pourquoi le gel frappera plus ou moins durement la vigne



Au stade de bourgeon, les vignes peuvent supporter jusqu'à $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Au stade pointe verte, les premiers dommages apparaissent dès $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Les jeunes pousses vertes commencent à être affectées par le froid à $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour 30 minutes d'exposition.

Les bourgeons débourrés, les jeunes feuilles et les jeunes rameaux meurent à des températures de 0 à $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

de Rhénanie-du-Nord-Westphalie et de Rhénanie-Palatinat ainsi que sur la Belgique et le Luxembourg. Elle a aspiré de l'air chaud et chargé en humidité en provenance de la Méditerranée, provoquant une vaste perturbation pluvieuse. C'est le blocage de ce système météo qui a provoqué la destruction de milliards d'euros de biens et la mort de 184 personnes en Allemagne et 38 en Belgique. Le 14 juillet, il est tombé sur cette zone plus de deux mois de pluie en 12 heures.

Selon les scientifiques du World Weather Attribution, avec une température inférieure de $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'intensité des précipitations aurait été moindre de 3 à 19 %. Pour arriver à cette estimation prudente, les chercheurs se sont concentrés sur trois bassins versants particulièrement affectés par les pluies : les rivières alle-

mandes de l'Ahr et de l'Erft et la partie belge de la Meuse. Les volumes de précipitations sur ces petites régions dépassent tous les records enregistrés dans le passé. Comme il est très difficile de calculer l'occurrence d'un événement hors norme, les chercheurs ont utilisé les données d'épisodes similaires intervenus dans les régions comprises entre le nord des Alpes et les Pays-Bas. Ils ont ensuite fait tourner leurs modèles climatiques, les uns avec la température telle qu'elle était en 1850, les autres avec celle d'aujourd'hui. Non seulement les précipitations augmentent, observent les chercheurs, mais des événements d'une telle intensité estimée qui se seraient produits tous les 400 ans dans un climat plus froid, surviendront deux fois plus souvent avec les $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ de réchauffement déjà

La hausse des températures entraîne un éclatement des bourgeons plus tôt dans l'année et rend les plantes plus fragiles à une période où le gel peut encore se produire (ici des centaines de bougies ont été placées dans des parcelles de chardonnay, en Bourgogne, pour contrer son effet dévastateur).

enregistrés. À $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'intensité des pluies devrait encore augmenter de 0,8 à 6 % avec une fréquence toujours accrue. Impossible pour l'heure de dire en revanche si des épisodes méditerranéens tels ceux qui ont dévasté la vallée de la Roya le 2 octobre 2020 ou ravagé le Gard cette année en sont des témoins, le lien de cause à effet avec le réchauffement n'ayant pas encore été investigué.

5 Les épisodes de gel vont causer de plus en plus de dégâts

Entre le 6 et le 8 avril dernier, les températures nocturnes sont tombées en dessous de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, frappant des plantes en pleine floraison, ce qui conduira à des pertes énormes notamment dans les vignobles affectés à 90 %. Comment faire un lien, *a priori* ►

▶ paradoxal, entre gel et réchauffement ? Il n'est pas direct : le changement climatique perturbe en réalité les étapes de croissance des végétaux, leur « phénologie ». La phase d'éclatement des bourgeons et l'émergence des organes reproducteurs sont en effet directement liées à la température. « *La chaleur indique à chaque espèce végétale le bon moment pour arriver à ce stade de développement* », précise Nicolas Viovy, chercheur au LSCE, à Saclay.

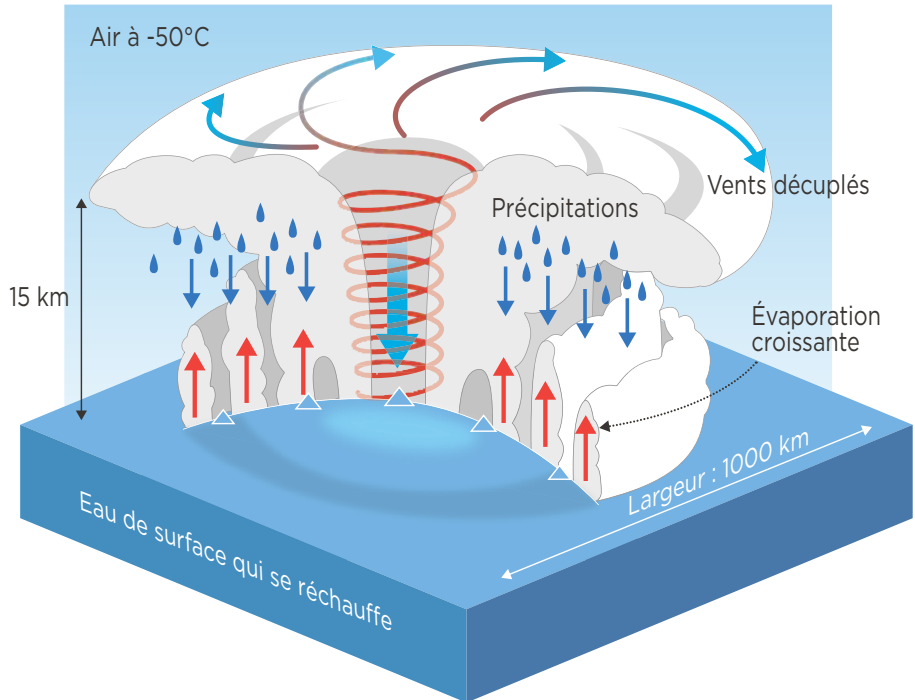
Les agronomes, comme les agriculteurs, ont constaté que les dates de débournement des végétaux pluriannuels — vignes, arbres fruitiers — ont reculé de 15 jours en moyenne. Conséquence : les plantes connaissent leur période la plus fragile plus tôt dans l'année, donc à une période où les gels tardifs ont davantage de chance de se produire.

Pour prouver ce lien, les chercheurs ont étudié la partie centrale du territoire français et en particulier les vignobles et vergers de la vallée de la Loire, du sud de la Champagne et de la Bourgogne. La comparaison des dates de débournement fournies par quatre modèles intégrant ou non l'influence humaine révèle que le risque qu'un gel tardif coïncide avec une période d'éclosion des bourgeons a déjà augmenté de 60 % avec l'augmentation actuelle des températures de 1,2 °C. Cette fréquence sera encore supérieure de 40 % dans un monde à 2 °C qui pourrait être celui de 2040.

6 Les tempêtes seront toujours plus dévastatrices

Entre le 29 et le 31 octobre 2012, l'ouragan Sandy frappe la ville de New York et l'État voisin du New Jersey. Des milliers de mai-

Des ouragans toujours plus puissants

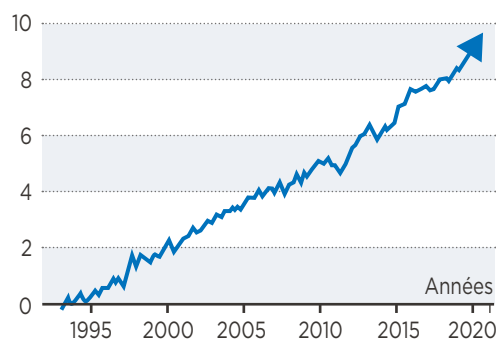


sons sont détruites. Dans le seul État de New York, 53 personnes perdent la vie. Le bilan global des dommages s'élève à 50 milliards d'euros. Une équipe de climatologues américains a réussi à calculer la part des destructions de biens imputables au réchauffement climatique. Celle-ci représente plus de 6,5 milliards d'euros soit 13 % de l'addition finale. Comment ont-ils procédé ? Les chercheurs ont d'abord calculé

▲ **La force des ouragans devrait être décuplée à l'avenir** du fait de la hausse de la température de surface des océans qui provoque davantage d'évaporation.

qu'entre 1900 et 2012, le niveau de la zone maritime baignant le nord des États-Unis a augmenté de 8,9 cm uniquement par la hausse des teneurs en gaz à effet de serre d'origine humaine dans l'atmosphère. Ils ont ensuite construit un modèle hydrodynamique qui leur a permis de reconstituer la submersion des quartiers. Et ils ont comparé ce qu'aurait envahi la mer d'avant le changement climatique à ce qui est réellement advenu en octobre 2012. Les chercheurs américains affirment ainsi que 70 000 habitations n'auraient pas été submergées sans l'apport des gaz à effet de serre d'origine humaine. Un constat inquiétant car selon le Giec, si le nombre d'ouragans annuels ne devrait pas augmenter, leur force, en revanche, pourrait être décuplée du fait de la hausse de la température de surface des océans qui constitue leur carburant. ■

Évolution du niveau moyen des mers du globe depuis 1993 (en cm)



ENTRETIEN

MATHILDE PASCAL

ÉPIDÉMIOLOGISTE, CHARGÉE DE PROJET CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SANTÉ À SANTÉ PUBLIQUE FRANCE

« La santé est la raison ultime de lutter contre le réchauffement »

C'est inédit dans l'édition scientifique : en septembre, 19 rédacteurs en chef des plus prestigieuses revues scientifiques médicales au monde ont signé un éditorial commun pour rappeler que l'urgence climatique est aussi, et peut-être avant tout, une urgence de santé publique mondiale.

Que retenir de cet appel ?

Que la raison ultime de tous les efforts attendus pour lutter contre le réchauffement, c'est la santé, voire la survie. La santé publique est un thème qui peine à émerger dans le champ du changement climatique. Là, il faut espérer que le nombre et le prestige des signataires conduisent à une prise de conscience, c'est un texte important.

Les conséquences sur la santé sont-elles déjà mesurables ?

Oui, et de façon de plus en plus précise. L'exemple le plus frappant en France, c'est la mortalité liée à la multiplication des vagues de chaleur. On compte 39 000 décès depuis 1970. La canicule de 2003 (près de 20 000 morts) peut être placée un peu à part pour sa durée et son intensité exceptionnelles. Mais depuis 2004, il y a eu presque 10 000 morts, dont 80 % lors des cinq dernières années. Alors même que c'est après 2003, justement, que beaucoup a été fait pour sensibiliser aux risques, protéger les plus vulnérables, etc.

Et dans le monde ?

Entre 1990 et 2018, environ 37 % des décès dus à la chaleur sont déjà attribuables au réchauffement climatique. C'est ce qu'a montré une vaste étude publiée en juin dans *Nature Climate Change*. Ce qui se

traduit par environ 100 000 morts par an. À quoi s'ajoutent les effets indirects plus difficiles à quantifier.

Quels sont les autres effets sanitaires du changement climatique ?

La pollution de l'air est responsable à elle seule d'environ 7 millions de morts prématurées par an dans le monde selon l'Organisation mondiale de la santé. Mais tous les types d'événements climatiques extrêmes (inondations, cyclones, incendies, etc.) ont des impacts de différentes natures : victimes, blessés, interruption d'accès aux soins ou à l'eau potable... En septembre, une grande étude dans *The Lancet Planetary Health* a modélisé la diffusion, au gré des vents, des panaches d'incendies et mesuré comment ils augmentent la pollution et l'impact sur la santé. Le phénomène a été suivi sur quinze ans dans 700 villes et les chercheurs ont conclu à 30 000 décès par an.

Comment réagir ?

On ne peut limiter l'exposition au réchauffement climatique qu'en s'attaquant à ses causes. Et plus concrètement pour la santé publique, développer nos capacités d'adaptation et d'atténuation. Au niveau de l'environnement urbain, il s'agit par exemple de réduire les îlots de chaleur en adaptant les infrastructures et d'accompagner des personnes vulnérables. ■

Propos recueillis
par Hugo Jalinière

“ Depuis 2004, il y a eu presque 10 000 morts en France, dont 80 % ces cinq dernières années, liées aux vagues de chaleur ”



Ce qui menace vraiment la France

Chaque année apporte son lot de catastrophes naturelles avec des dégâts humains et matériels considérables. « Sciences et Avenir » publie des cartes de France saisissantes qui révèlent où les inondations et les sécheresses frappent et frapperont le plus.

Où ne fait-il pas bon vivre en France ? Quand on s'apprête à céder aux charmes d'une région pour la beauté de ses paysages ou la richesse de sa gastronomie, il faut aussi se rappeler que l'Hexagone regorge — hélas ! — d'endroits où les désastres sont récurrents. Il n'y a pas d'année sans que le littoral méditerranéen subisse des épisodes cévenols, où les pluies ravagent des villages entiers. La façade atlantique se révèle fragile devant la montée du niveau des mers qui érode ses côtes et favorise les submersions marines. Une grande partie du territoire souffre de la sécheresse des sols qui fragilise les bâtiments. Dans son bilan des quarante dernières années, l'organisme public qui garantit la couverture financière des assureurs, la Caisse centrale de réassurance (CCR), n'a pas répertorié une année sans catastrophe naturelle en France et dans les départements d'outre-mer ! Ces événements hors normes ont coûté 40,7 milliards d'euros à la collectivité depuis la création du régime en 1982. Et la situation ne va pas s'arranger !

Récepteur final de toutes les demandes d'indemnisations, l'organisme a produit des cartes

inédites des sinistres intervenus depuis quatre décennies. Inondations et sécheresses (hors calamités agricoles) représentent 90 % des catastrophes naturelles subies par la population. « *La recension des inondations met en évidence la vallée de la Garonne, le pourtour méditerranéen, l'axe rhodanien, tandis que le littoral atlantique a été frappé par des submersions marines à la suite notamment de*



« La recension des inondations met en évidence la vallée de la Garonne, le pourtour méditerranéen et l'axe rhodanien »

Antoine Quantin, directeur des réassurances et des fonds publics à la CCR

la tempête Xynthia en 2010 », commente Antoine Quantin, directeur des réassurances et des fonds publics à la CCR. Aujourd'hui, ce ne sont pas moins de 17 millions de Français qui sont exposés au risque d'inondations qui coûtent aux assureurs plus d'un milliard d'euros par an.

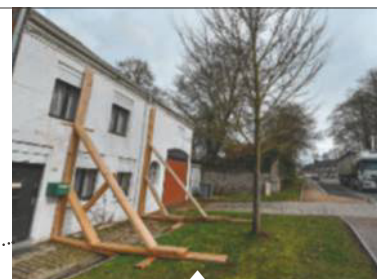
Pour lutter contre les crues, des programmes d'action de prévention des inondations (Papi) ont été lancés en 2002. Ce sont eux qui portent, à l'échelle locale, les projets de réduction des risques :

dignes de protection, compensation des zones imperméabilisées par la création de fossés et de zones naturelles tampons, ouvrages de rétention des eaux. Par exemple, le projet de la Basée commencé en 2021 (*lire notre reportage dans S. et A. n° 891*) : des « bassines » de plusieurs millions de mètres cubes de retenue des eaux dans la basse vallée de la Seine permettront, à terme,

d'écarter les crues de 40 cm à Paris. Ces programmes incluent également les documents qui découpent les territoires des communes en zones sans risques, zones à risques constructibles sous conditions et zones inconstructibles, ainsi que les plans communaux qui organisent les systèmes d'alerte aux populations. Bien qu'ils aient bénéficié de 2 milliards d'euros au cours de la dernière décennie, ces programmes ne touchent encore aujourd'hui que 40 % de la popu- ▶

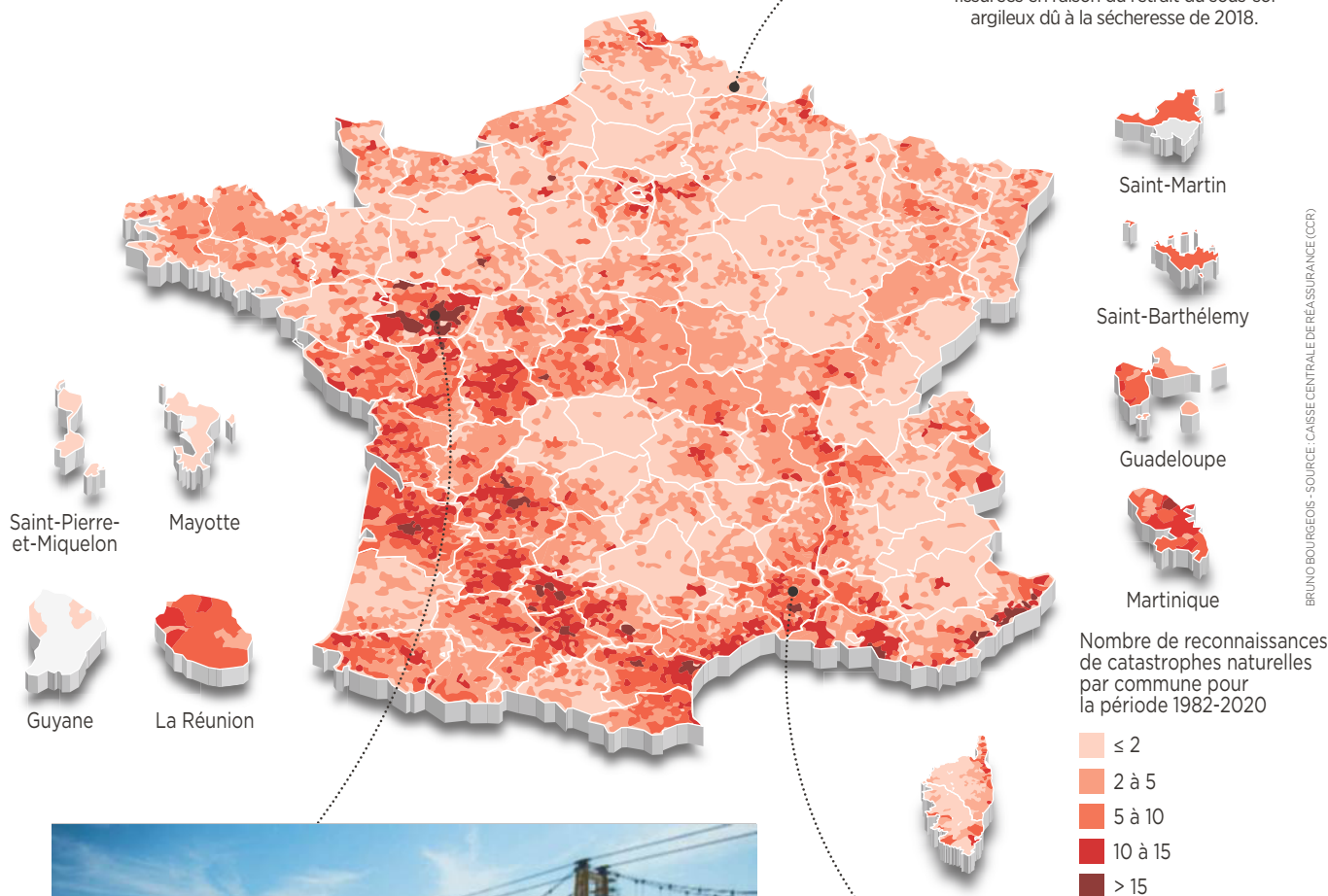
La carte des zones les plus touchées

Cette carte synthétise le nombre de sinistres intervenus depuis quatre décennies, dessinant ainsi les zones à risques. Inondations et sécheresses (hors calamités agricoles) représentent 90 % des catastrophes naturelles subies par la population.



FLORENT MOREAU/LA VOIX DU NORD/MAXPPP

À Maroilles (Nord), des maisons se sont fissurées en raison du retrait du sous-sol argileux dû à la sécheresse de 2018.

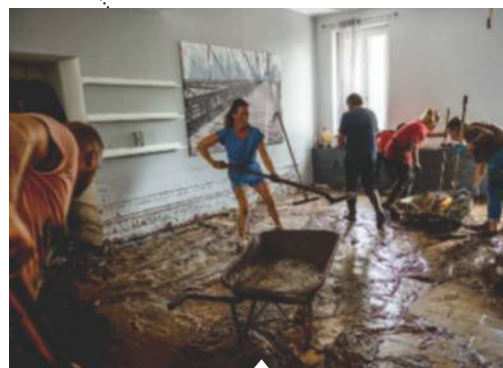


BRUNO BOURGEOIS - SOURCE: CAISSE CENTRALE DE RÉASSURANCE (CCR)



LOIC VERNANCE / AFP

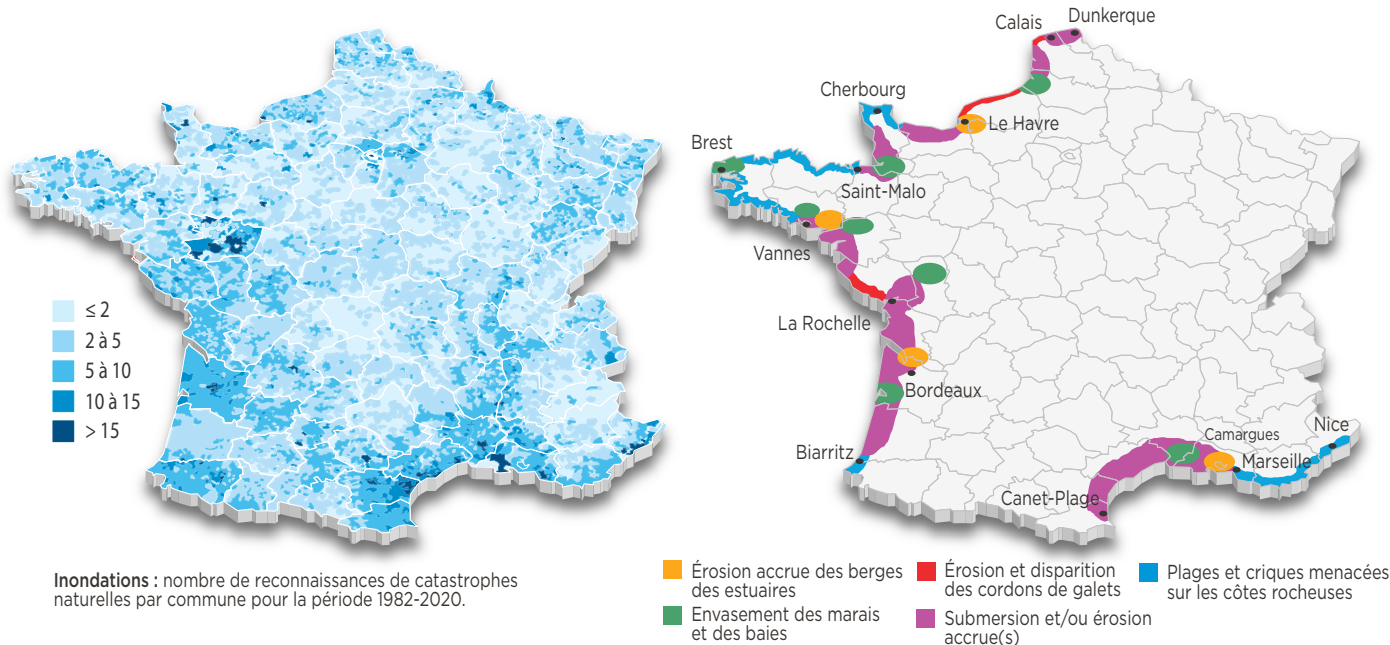
La Loire asséchée, à Montjean-sur-Loire (Maine-et-Loire), en juillet 2019. Une situation due à une absence de pluies au cours des mois précédents.



VIVIANE DALLÈS / DIVERGENCE

Le village de Valleraugue (Gard) dévasté après un épisode cévenol d'une rare intensité en septembre 2020.

Submersions : un littoral de plus en plus vulnérable



Inondations : nombre de reconnaissances de catastrophes naturelles par commune pour la période 1982-2020.

Risque submersion. Le nombre de catastrophes naturelles dues à des inondations (à gauche) et à des submersions marines (à droite) pourrait augmenter et leur coût croître de 38 % à l'horizon 2050.

► lation sous la menace d'une inondation et 60 % de celle pouvant subir une submersion marine. Pourtant, cette approche est efficace selon la CCR : les communes qui se sont dotées d'un programme d'action et d'un découpage du territoire ont vu leur nombre de sinistres baisser de 51 % avec un taux de destruction diminué de 53 % et des pertes financières de 28 %. Quant aux recommandations faites à la population (rester chez soi, ne pas se déplacer en voiture, laisser les enfants à l'école, etc.) diffusées dans les médias ou par les

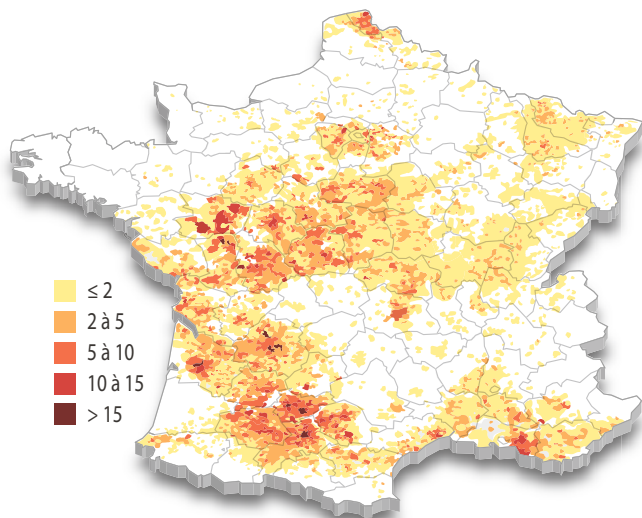
services municipaux, elles permettent toujours plus de réduire le nombre de victimes. Qu'en est-il maintenant des sécheresses ? « *La carte des sinistres suit, cette fois, les territoires de France où le gonflement et la rétraction de l'argile provoquent des désordres dans les structures des bâtiments* », détaille Antoine Quantin. Sournois, imprévisible, peu médiatique, ce phénomène de mouvement des sols est à l'origine de pas moins de 37 % du milliard d'euros de biens détruits tous les ans. Explication : les fon-

dations des maisons et bâtiments sont tordues par les mouvements de l'argile quand elle sèche et se rétracte. Le phénomène est apparu dans le sud-ouest de la France dans les années 1980. Il a connu un accalmie entre la canicule de 2003 et 2015 mais depuis, cinq années de sécheresses consécutives ont multiplié le nombre de victimes. Des bâtiments qui jusque-là avaient résisté aux mouvements de terrain finissent par céder et tout un grand quart nord de la France est désormais touché alors qu'il en était resté indemne jusqu'à la fin des années 2010. 75 départements sont aujourd'hui concernés. En accentuant la durée et l'intensité des sécheresses, le changement climatique menace l'ensemble des bâtiments et logements construits sur ces sols. Les assu-

BRUNO BOURGEOIS - SOURCES : CCR - ONERA - BRGM

Pas moins de 17 millions de Français sont aujourd'hui exposés au risque d'inondations qui coûtent aux assureurs plus d'un milliard par an

Sécheresse : danger à venir en sous-sol



Sécheresse. Le nombre de reconnaissances de catastrophes naturelles par commune pour la période 1982-2019.



Le risque argile. La carte de France des sinistres dus à la sécheresse (à gauche) suit les territoires où le gonflement et la rétractation de l'argile provoquent des désordres dans les structures des bâtiments (à droite). Près de 80 départements sont et seront concernés.

Exposition au retrait ou gonflement des argiles
 ■ Exposition moyenne
 ■ Exposition forte

► reurs estiment que d'ores et déjà 650 000 maisons individuelles en France ont connu des désordres importants pouvant aller jusqu'à la destruction du bâtiment. Il n'y a hélas pas grand-chose à faire pour les bâtiments déjà construits. Bon nombre d'entre eux n'ont pas les fondations assez solides pour résister. L'adjonction de micropieux peut corriger les

désordres mais le coût de cette technique excède souvent le prix de la maison. Le centre d'études et d'expertise sur les risques (Cerema) a mis au point en 2019 une technique douce qui semble prometteuse, la Maison confortée par humidification (Mach). Elle consiste à humidifier les sols en permanence avec de l'eau de pluie collectée avant la sécheresse

à travers des points d'injection répartis autour des façades fissurées. Une expérience est menée depuis 2016 sur une maison de 1968 située à Mer (Loir-et-Cher) qui se dégrade depuis la sécheresse de 2015. Les premiers résultats sont encourageants, mais il faudra encore quelques saisons avant de conclure.

BRUNO BOURGEOIS - SOURCE: BRGM

POPULATIONS

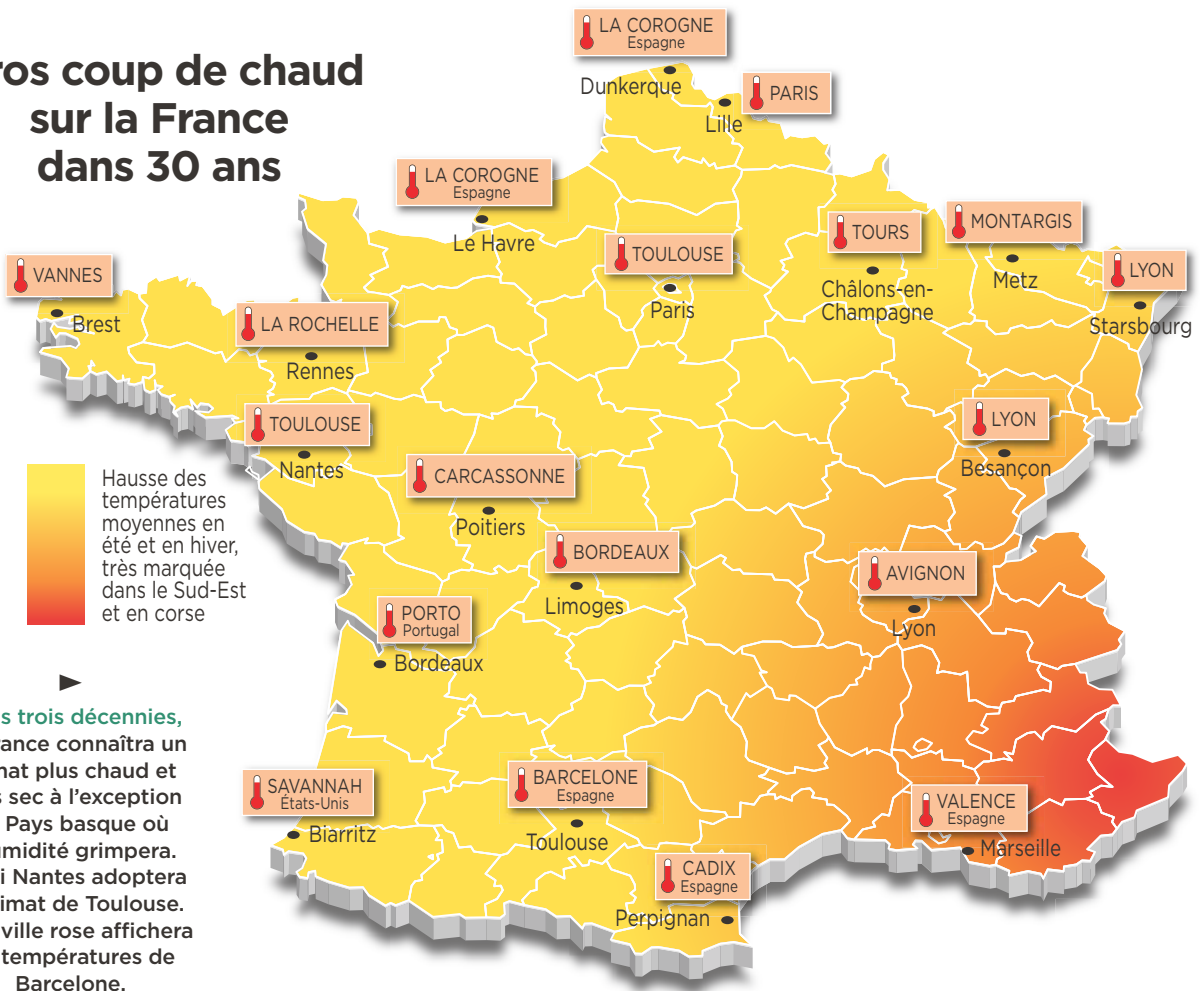
Les vertus des systèmes d'alerte

On déplorait 170 décès par jour dans les années 1970 du fait de catastrophes naturelles au niveau mondial. Ce lourd tribut a été réduit à 40 morts lors de la décennie 2010. Comment ? Essentiellement grâce aux systèmes d'alerte météo qui permettent de prévenir du risque encouru. Mais l'Organisation météorologique mondiale pressent qu'avec l'augmentation des événements extrêmes, cette tendance favorable va s'inverser. « De plus en plus de vies sont sauvées grâce aux systèmes d'alerte précoce, mais il n'empêche que le nombre de personnes exposées aux risques de catastrophe ne cesse d'augmenter en raison de la croissance démographique dans les zones à risque, et également du fait de l'augmentation de l'intensité et de la fréquence des phénomènes météorologiques », a déclaré Mami Mizutori, responsable du bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophes lors de la présentation du rapport sur le bilan des catastrophes naturelles depuis 1980. Sont concernés au premier chef les pays en voie de développement qui ne peuvent investir dans des infrastructures de protection.

De nouvelles règles imposées aux constructeurs

Pour les maisons neuves, le secteur de la construction doit désormais obéir à de nouvelles règles. Il n'existe pas de zones inconstructibles comme pour les inondations mais des plans de prévention des risques de sécheresse spécifiques qui définissent des zones où le constructeur doit prendre des précautions sous peine d'être jugé responsable des atteintes au bâtiment. Le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) impose ainsi que les fondations soient d'une pro- ►

Gros coup de chaud sur la France dans 30 ans



Dans trois décennies, la France connaîtra un climat plus chaud et plus sec à l'exception du Pays basque où l'humidité grimpera. Ainsi Nantes adoptera le climat de Toulouse. Et la ville rose affichera les températures de Barcelone.

► fondeur minimale de 1,20 mètre, que les jointages entre murs porteurs et plafonds soient renforcés et que le système d'évacuation des eaux usées, comme celui des pluies, soit totalement étanche pour éviter un gonflement artificiel des argiles près des maisons. Difficile de dire si le changement climatique a déjà sa part dans la survenue des inondations et sécheresses qui ont conduit à ces désordres. D'autant que les variations annuelles masquent une possible tendance à la hausse des événements exceptionnels. Sans oublier que le recul de quarante ans dont dispose le CCR couvre une période

durant laquelle ni la Loire, ni la Seine n'ont connu de débordements d'occurrence centennale comme la crue de 1910 pour la Seine. « *Les événements peuvent être plus intenses mais ils ne sont pas forcément plus destructeurs grâce à des mesures de prévention* », conclut Antoine Quantin. Pour le moment. Car le climat de la France change.

En collaboration avec Météo France, la CCR s'est essayée à évaluer l'impact du changement climatique sur les dommages assurés en 2050. Selon cette modélisation, on peut s'attendre du seul fait du climat à une hausse de 23 % des coûts

résultant des sécheresses, de 38 % pour les inondations, de 82 % pour les submersions marines dans l'hypothèse d'une élévation du niveau de la mer de 23 cm prévue dans un scénario où les émissions mondiales de gaz à effet de serre suivraient leur croissance actuelle. Tout confondu, la France devra affronter 50 % de catastrophes naturelles en plus dans trois décennies. De quoi bien réfléchir avant de choisir son petit coin de paradis. ■ L. C.

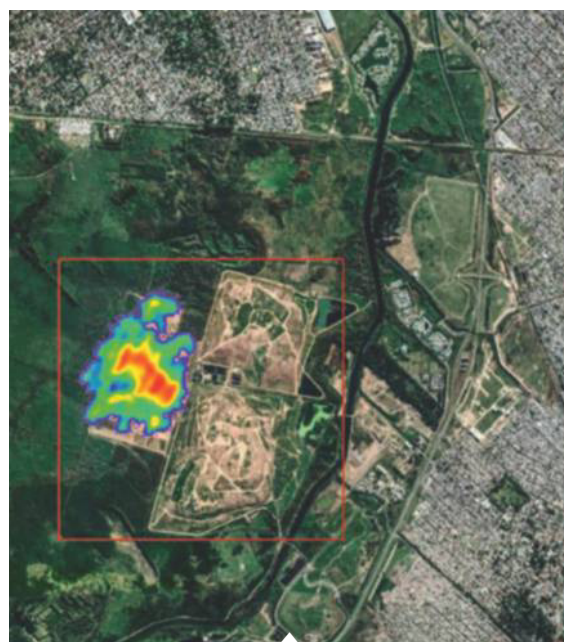
Les enjeux du sommet de la COP26

La réunion des États à Glasgow, en novembre, doit mettre en œuvre l'accord de Paris et tenter d'aboutir à des résultats concrets sur quatre thématiques clés.

Du 1^{er} au 12 novembre, les États de l'Onu se réunissent pour la 26^e fois depuis l'adoption de la convention sur le climat en 1992. Un sommet crucial car c'est à partir de cette fin d'année que doit entrer en action l'accord de Paris de 2015. Ce traité international juridiquement contraignant a pour objectif de « limiter le réchauffement climatique à un niveau bien inférieur à 2 °C, de préférence à 1,5 °C, par rapport au niveau préindustriel. » Mais la feuille de route pour y parvenir reste à écrire... Voici les 4 points clés pour que ce sommet crucial soit couronné de succès.

1 Les États doivent s'engager

À Glasgow (Royaume-Uni), les États doivent officialiser leurs objectifs de réduction des gaz à effet de serre. Problème : les engagements déjà connus ne sont pas à la hauteur des enjeux. La température de la planète est sur une tendance d'augmentation de 2,7 °C à la fin du siècle. Les émissions de gaz à effet de serre seront en hausse de 16 % d'ici à 2030 alors qu'elles devraient baisser dès cette année pour éviter de dépasser 1,5 °C. Cependant, la Chine, l'Inde, l'Arabie saoudite et la Turquie (soit 33 % des émissions mondiales)



Les émissions de méthane peuvent désormais être identifiées par satellite (ici vue d'une décharge à Buenos Aires, Argentine, le rouge indiquant les émissions les plus intenses).

n'ont toujours pas remis de plans actualisés. Seul le Royaume-Uni affiche un objectif compatible avec l'accord de Paris, avec une cible de diminution de 68 % des émissions d'ici à 2030.

2 Le marché carbone doit se mettre en place

L'accord de Paris prévoit que les États s'accordent sur un marché mondial du carbone. Il permettra à ceux qui dépassent leurs

objectifs de réduction des émissions d'acheter des tonnes de CO₂ non émises par les pays les plus vertueux. Un mécanisme similaire s'appliquerait aux entreprises mais aussi aux ONG, aux acteurs de la compensation carbone, aux forestiers et aux agriculteurs stockant du carbone. Il deviendra ainsi possible de payer pour atteindre ses objectifs en finançant des projets de réduction des émissions. Mais les obstacles restent nombreux : transparence du système, comptage des émissions, mesure des volumes stockés ou non émis...

3 Un fonds de 100 milliards de dollars doit être constitué

Les États développés, responsables historiques de la pollution atmosphérique, doivent verser tous les ans 100 milliards de dollars aux pays en voie de développement pour les aider à s'adapter au changement climatique. Au dernier pointage effectué par l'OCDE, 78,9 milliards sont effectivement débloqués. À Glasgow, il faudra boucher le trou.

4 Un plan méthane doit être lancé

La lutte contre les émissions de méthane, deuxième gaz à effet de serre en volume derrière le CO₂, permettrait d'éviter une augmentation de 0,3 °C des températures mondiales (lire S. et A. n° 896). Le Royaume-Uni, pays organisateur de la COP26, promet son démarrage à Glasgow. Mais à ce jour, 13 pays seulement ont mis en place un plan de lutte. Il s'agira d'étendre la démarche à l'ensemble de la communauté internationale et de partager les meilleures techniques de réduction. ■ L. C. [Twitter](#) Loïc_Chauveau