

La planète étouffe

La mauvaise qualité de l'air extérieur tue plus de quatre millions de personnes par an dans le monde.

De l'épisode du confinement généralisé, qui ne regrette pas l'évanouissement des autos et, dans les pays concernés, la mise au ralenti des centrales à charbon ? Après avoir brièvement goûté à un air dépollué, les citadins ont vite retrouvé l'atmosphère du monde d'avant qui les empoisonne année après année.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la mauvaise qualité de l'air extérieur, entraînant affections respiratoires, cancers ou maladies cardiovasculaires, est la cause de 4,2 millions de décès prématurés par an dans le monde, essentiellement dans les pays émergents et en développement,

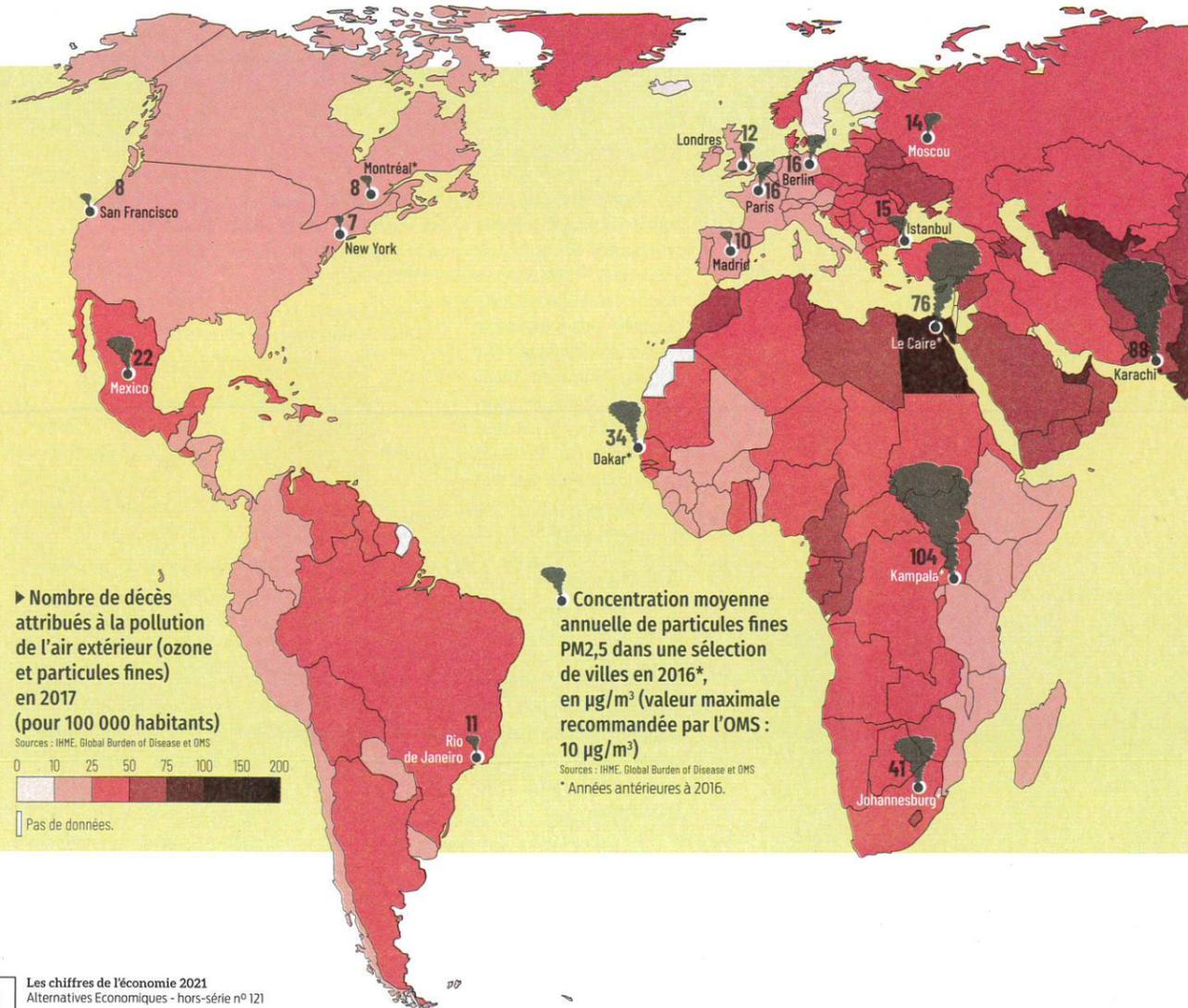
mais pas uniquement. Les neuf dixièmes de la population de la planète vivent dans les lieux où les concentrations de polluants dépassent les recommandations de l'OMS sur la qualité de l'air.

Principalement émis par la combustion du pétrole et du charbon pour les transports, la production d'électricité et de chaleur, ainsi que par les rejets atmosphériques de l'activité industrielle et agricole (en particulier les épandages d'engrais), les principaux polluants en cause sont les oxydes d'azote, l'ozone (issu d'oxydes d'azote ou de composés organiques volatils réagissant avec la lumière, d'où les pics par temps clair),

le dioxyde de soufre et les particules fines. Ces dernières sont composées de toutes sortes de produits qui peuvent entrer dans les poumons, voire dans le sang. Pour les particules fines de moins de 2,5 microns, les plus pénétrantes et nocives, l'OMS recommande un seuil de 10 microgrammes par mètre cube en moyenne annuelle. Seule une poignée de pays le respecte. Si la situation dans les pays en développement est en général dramatique, les pays riches sont, eux aussi, le plus souvent dans le rouge.

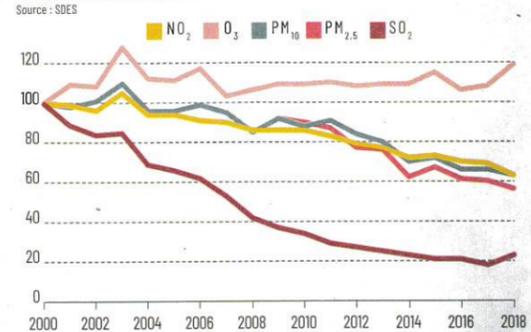
Urgente pour le climat, la fin du moteur à explosion et des centrales à charbon l'est aussi pour la santé, comme l'a encore montré l'épidémie de Covid, qui tue davantage ceux dont les voies respiratoires sont déjà fragilisées par la pollution de l'air ambiant.

■ ANTOINE DE RAVIGNAN

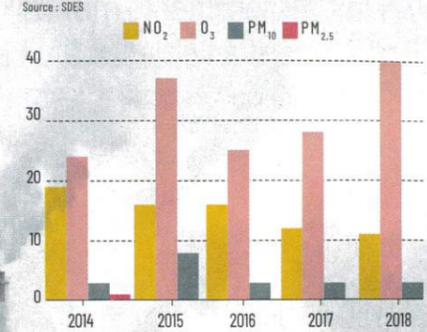


La France dépasse toujours les bornes

► Evolution des concentrations en dioxyde de soufre (SO₂), dioxyde d'azote (NO₂), ozone (O₃), particules PM10 et PM 2,5 en milieu urbain, 2000 = 100



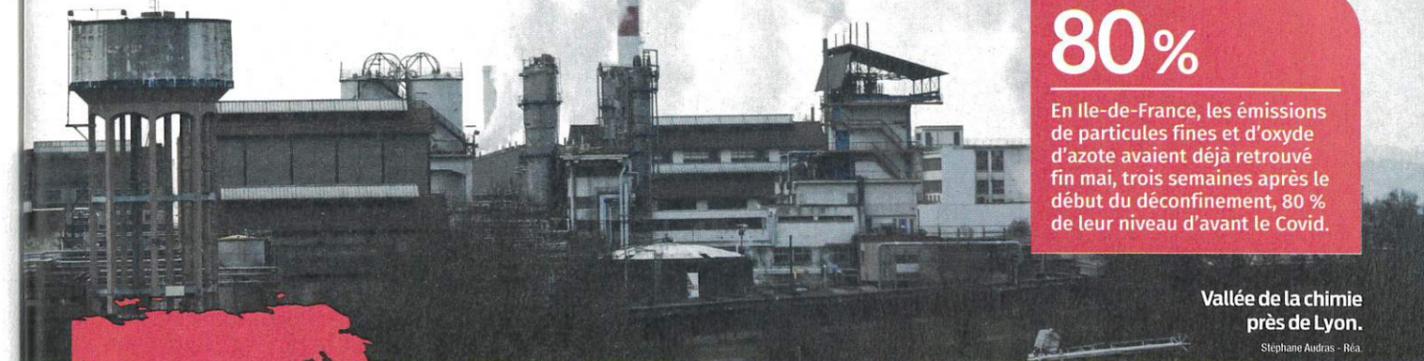
► Evolution des dépassements des normes dans les agglomérations pour les NO₂, O₃, PM10 et PM 2,5, en nombre d'agglomérations



Malgré la baisse des concentrations moyennes des principaux polluants (hormis l'ozone), la législation sur la qualité de l'air est enfreinte chaque année dans une vingtaine d'agglomérations. La Cour de justice européenne a fini par être saisie en 2018, tandis que le Conseil d'Etat a prononcé en juillet dernier une astreinte de 10 millions d'euros par semestre à partir de 2021, si le gouvernement ne redresse pas la barre.

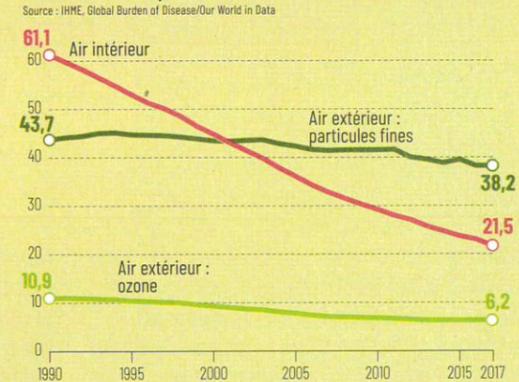
80%

En Ile-de-France, les émissions de particules fines et d'oxyde d'azote avaient déjà retrouvé fin mai, trois semaines après le début du déconfinement, 80 % de leur niveau d'avant le Covid.



Un très lourd tribut, malgré des progrès

► Nombre de décès attribués à la pollution de l'air intérieur et extérieur (ozone et particules fines) dans le monde pour 100 000 habitants



La pollution de l'air fait partie des premiers facteurs de mortalité dans le monde. Si des progrès importants ont été observés en matière d'air intérieur (avec le recul de la cuisson au bois ou au charbon de bois), le problème de la pollution extérieure demeure entier, comme le montre l'évolution de deux polluants particulièrement nocifs, les particules fines et l'ozone.

► Nombre de décès dans le monde par principaux facteurs de risque en 2017, en millions

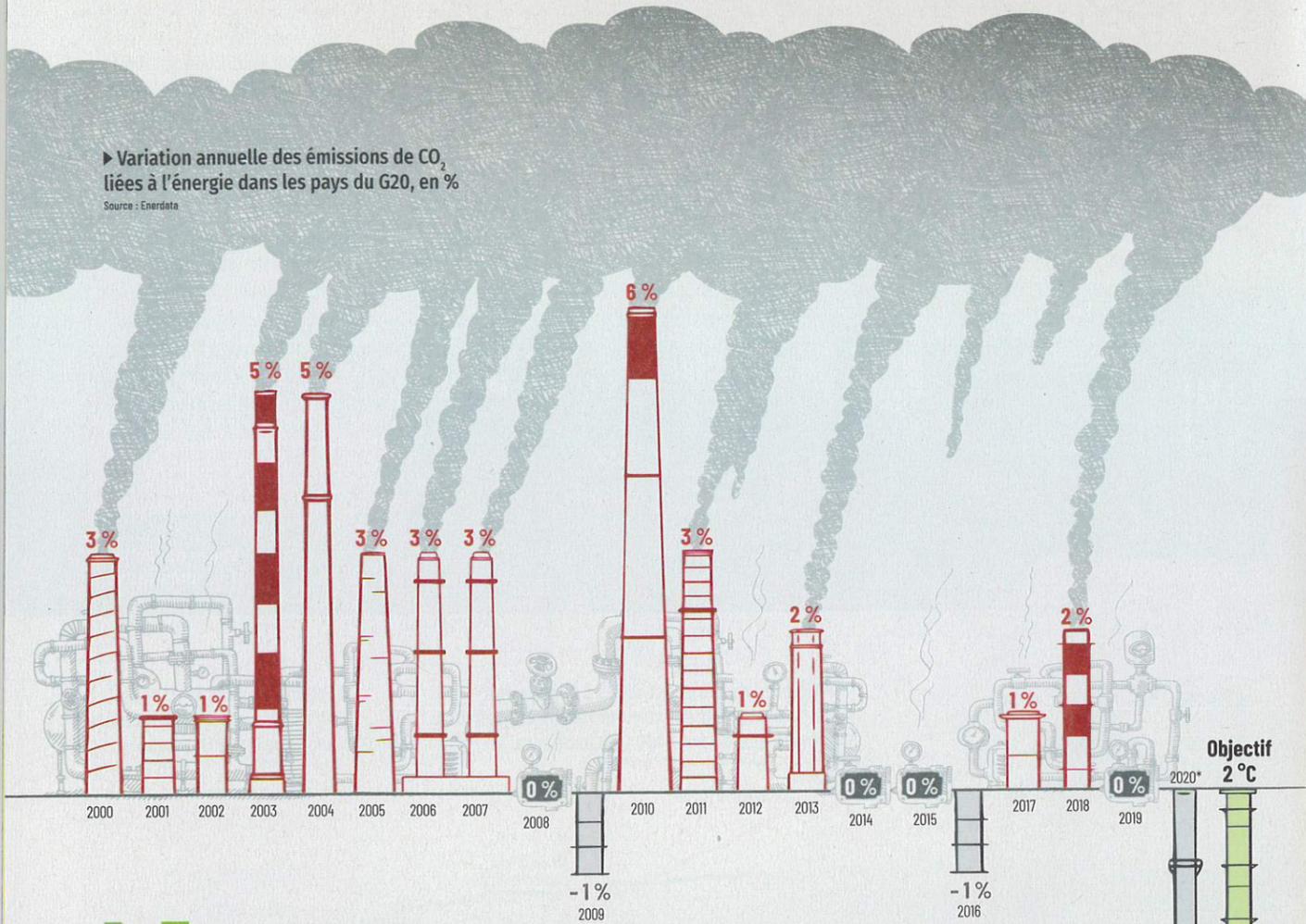


Où trouver ces chiffres
 • Mortalité dans le monde : frama.link/hbGW3FGu
 • Villes et particules fines PM2,5 : frama.link/Gvkt63X9
 • Qualité de l'air en France : frama.link/Wfo9Rmjs
 • Déconfinement : frama.link/NM5QkuTV

Climat : inverser la barre, vite !

Si la relance post-Covid fait ressembler le monde d'après au monde d'avant, il faudra renoncer définitivement à l'objectif d'un réchauffement limité à 2 °C.

► Variation annuelle des émissions de CO₂ liées à l'énergie dans les pays du G20, en %
Source : Enerdata



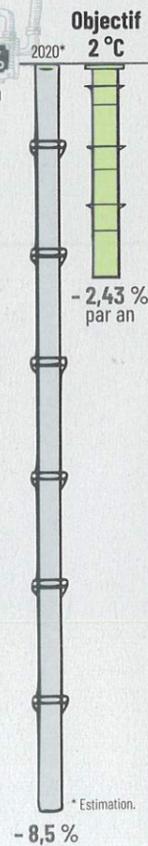
Si les chocs pétroliers de 1973 et 1979, ni la crise financière de 2008 n'avaient produit de tels effets. La grande récession induite par la réponse au Covid-19 va entraîner une chute inédite des émissions mondiales de gaz à effet de serre en 2020. Le cabinet Enerdata a ainsi estimé à -8,5 % la baisse des émissions énergétiques des pays du G20, qui représentent les quatre cinquièmes du total. Avec la reprise attendue et en l'absence de mesures supplémentaires pour décarboner l'économie, le monde va vite renouer avec la croissance de ses émissions, alors qu'il faudrait les voir baisser chaque année pour avoir une chance d'échapper à un réchauffement planétaire supérieur à 2 °C (ce

qui est déjà énorme). Compte tenu du retard pris, cette baisse devrait désormais être de 2,5 % par an. Un tel rythme de baisse n'a jamais été atteint. Les avancées observées dans la première moitié de la dernière décennie ont même été perdues dans la seconde, notamment en raison de l'explosion du marché des SUV et autres grosses voitures. Les progrès de l'intensité énergétique (la baisse de la quantité d'énergie consommée pour jouir d'un bien) et de l'intensité carbone (la baisse du contenu CO₂ de l'énergie consommée) sont insuffisants pour atteindre le rythme de baisse d'émissions requis pour échapper à l'emballement climatique. Il

faut agir aussi sur la consommation et les comportements. A ce stade de la course, si la barre n'est pas redressée à très court terme – les plans de relance européens sont, entre autres, insuffisants –, il faudra considérer l'objectif des 2 °C comme définitivement perdu. Avec le monde de *Mad Max* comme possible perspective.

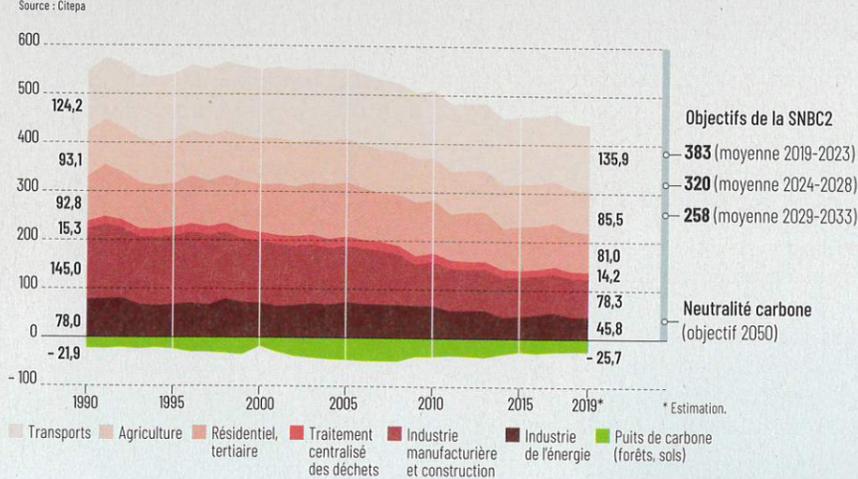
■ A. R.

- Où trouver ces chiffres**
- **Variation des émissions du G20** : Enerdata, frama.link/TDppsJB0
 - **Empreinte carbone** : Commissariat général au développement durable, frama.link/15oQFDwU
 - **Emissions françaises par secteur** : Citepa, frama.link/zPmCJo4G
 - **Convention citoyenne** : I4CE, frama.link/wXeCNBxy
 - **Dépenses vertes et grises de l'Etat** : I4CE, frama.link/uEKjkk_9



Urgence dans tous les secteurs

► Evolution des émissions de gaz à effet de serre en France par secteur (en millions de tonnes d'équivalent CO₂) et plafonds fixés par la 2^e stratégie nationale bas carbone (SNBC2)



Pour atteindre la neutralité carbone en 2050 (ne pas émettre plus de gaz à effet de serre qu'il n'en est capturé), il faut ramener les émissions nationales de 441 millions de tonnes d'équivalent CO₂ en 2019 au niveau de ce qui peut être capté naturellement par la forêt et les sols (25 millions de tonnes par an actuellement), sachant que les solutions de capture artificielle du CO₂ ne pourront pas être déployées industriellement à si brève échéance. Ce défi implique d'agir fort dans tous les secteurs, y compris l'alimentation : avec le poids de la viande dans les assiettes et les épandages d'engrais chimiques, l'agriculture contribue à 20 % des émissions nationales.

11,2 tonnes

C'est « l'empreinte carbone » annuelle d'un Français, qui inclut les émissions de gaz à effet de serre liées aux biens importés et pas seulement celles du territoire (6,4 t/habitant). Un monde à 2 °C implique de diviser cette empreinte par six avant 2050, le niveau actuel d'un Indien.

La relance verte? Pas si chère, si...

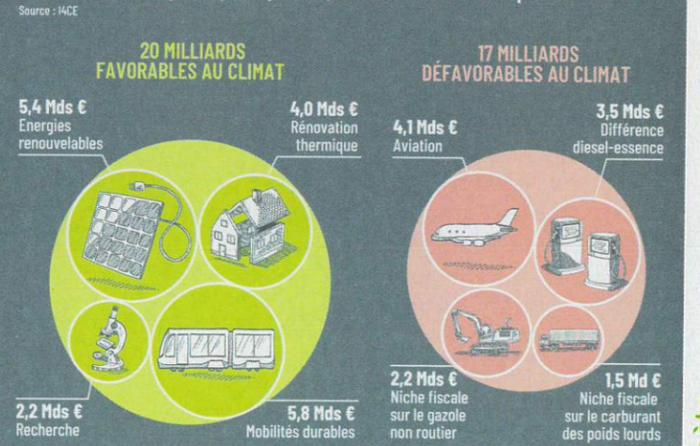
► Effet à court terme sur les finances publiques des propositions de la Convention citoyenne pour le climat, en milliards d'euros par an

Source : Quentin Perrier, I4CE

Rendre obligatoire la rénovation énergétique globale des bâtiments d'ici à 2040 (estimation haute)	-11
Développer le ferroviaire (plan d'investissement de 1,1 Md et TVA à 5,5 % sur les billets de train)	-2
Bonus renforcé sur les véhicules électriques et malus très renforcé sur les véhicules polluants	+3
Ecocontribution renforcée pour limiter les effets néfastes du transport aérien	+2
Taxe de 4 % sur les dividendes des grandes entreprises pour transformer l'appareil productif	+2
TOTAL	-6

La Convention citoyenne pour le climat a présenté en juin dernier une série de mesures ambitieuses pour accélérer la sortie des fossiles, mais également bénéfiques pour la relance de l'économie et de l'emploi, notamment l'obligation de rénovation globale des logements. Le coût pour les finances publiques de ces mesures pourrait être largement atténué par d'autres propositions, comme une taxe sur les dividendes, écartée d'emblée par le chef de l'Etat. Il n'y aura pas de transition écologique sans accroissement de la dépense publique verte, ce qui implique de s'en donner les moyens. Il faudra aussi éliminer les dépenses publiques « grises » (défavorables au climat), d'un niveau aujourd'hui équivalent.

► Dépenses vertes et grises de l'Etat, selon la loi de finances 2019 et sur les quatre principaux postes, en milliards d'euros par an



Vague de chaleur à Paris. Pour échapper à un réchauffement supérieur à 2 °C, les émissions mondiales de gaz à effet de serre devraient baisser de 2,5 % tous les ans. Du jamais vu.

Cartographier le climat,

« climat » est devenu un mot-valise recouvrant une panoplie d'enjeux ; il a perdu son sens d'origine, du temps qu'il fait au cours de l'année, le rythme des saisons, divers selon les lieux. Qu'en est-il ? Les aléas peuvent être déclinés de la plus grande échelle (locale) à la plus petite (planétaire), en termes de données ou d'incertitudes. Mais cartographier l'ordinaire climatique est indispensable.



une entreprise délicate

Regardons plus attentivement ces représentations pour décortiquer les liens entre les climats et les êtres humains mis en cartes, à travers les glaciers, les cyclones, le manque d'eau... À grande échelle, l'étude des glaciers continentaux souligne des variations fortes à moyenne altitude (cf. carte 1). Entre deux glaciers du massif du Mont-Blanc, les différences sont notables alors qu'ils sont situés à moins de 8 kilomètres. Entre 2 500 et 1 500 mètres d'altitude, le rôle des facteurs topographiques est déterminant pour expliquer ces contrastes. On est ici dans la langue d'écoulement du glacier. Est-il plus à l'ombre ou au soleil ? Plus exposé à des chutes de neige compte tenu de la forme de la crête ? Dans une région de montagne, d'une vallée à l'autre, chaque glacier a sa propre morphologie, ses propres microclimats. D'où l'importance de s'attarder sur les échelles fines en climatologie, en disposant d'un réseau de mesures denses pour avoir un jeu de données opérationnelles, alors que nombre de postes météorologiques ferment, notamment en France, dans les régions les plus rurales et montagneuses.

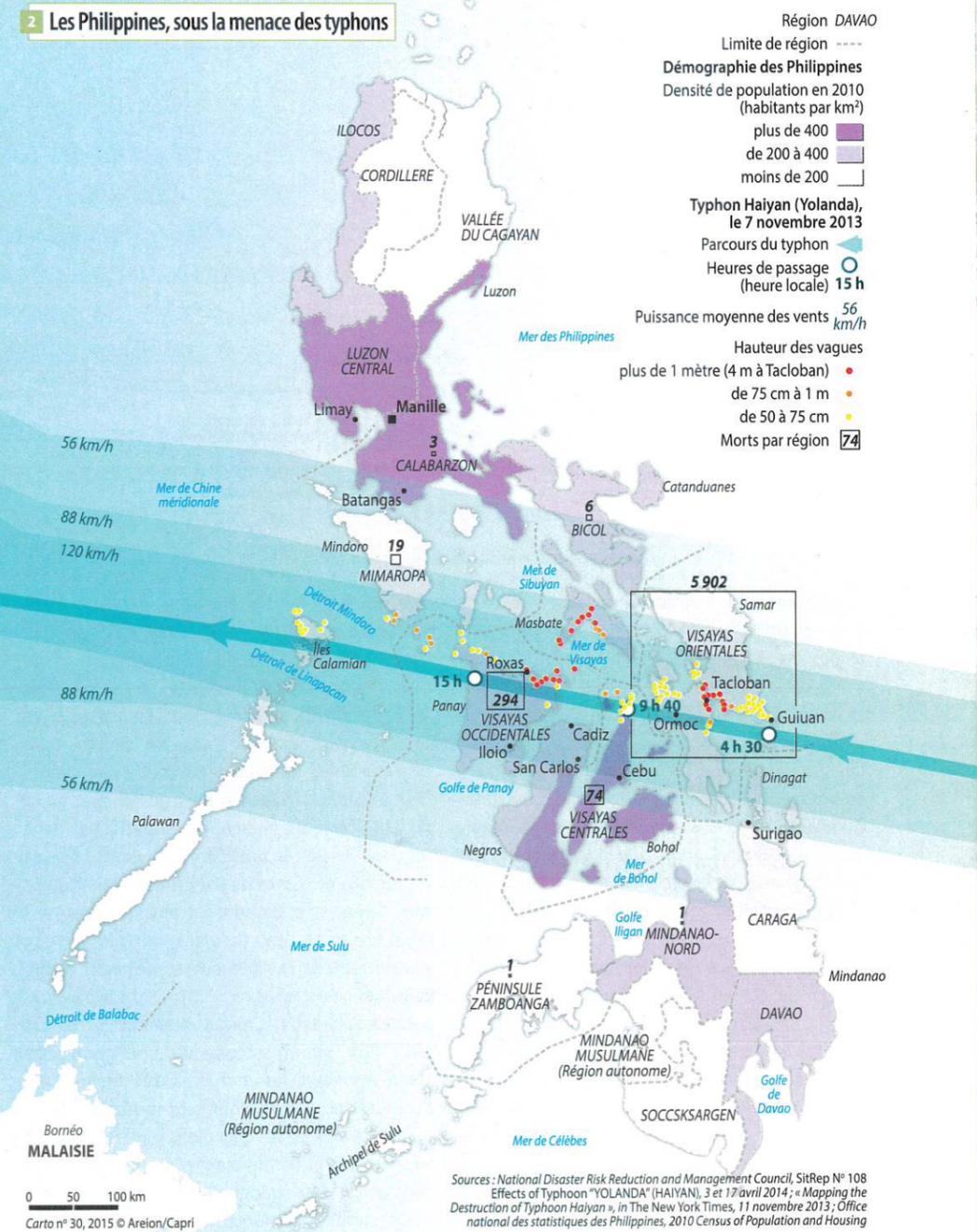
LA MISE EN CARTE DES CONSÉQUENCES DES CLIMATS

À l'échelle d'un pays, il est possible de cartographier un événement climatique bref. Mais la multitude de facteurs à prendre en compte rend l'exercice difficile. Ainsi, la carte du cyclone Yolanda aux Philippines, en novembre 2013, combine des informations disparates avec des aplats colorés pour les densités de population, des points rouges pour la hauteur des vagues, un trait bleu pour la trajectoire du cyclone et les heures de passage (cf. carte 2). La vitesse des vents est indiquée, mais l'extrême enregistré à 315 kilomètres à l'heure n'apparaît pas. Le nombre de morts est aussi inscrit ; il interpelle, car il est plus élevé à l'est, où les densités de population sont les plus faibles. On atteint ici la limite de la lisibilité à cause d'une surinformation par des variables non évidentes dans la chaîne causale ; la sélection n'est pas explicitée. Qu'en est-il du relief puisqu'une population habitant au ras de la mer est plus exposée à une surcote qu'une population vivant sur les hauteurs ? Est-ce le vent qui a le plus tué ou l'eau ? La carte suscite des questions plus qu'elle ne fournit de clés d'explication.

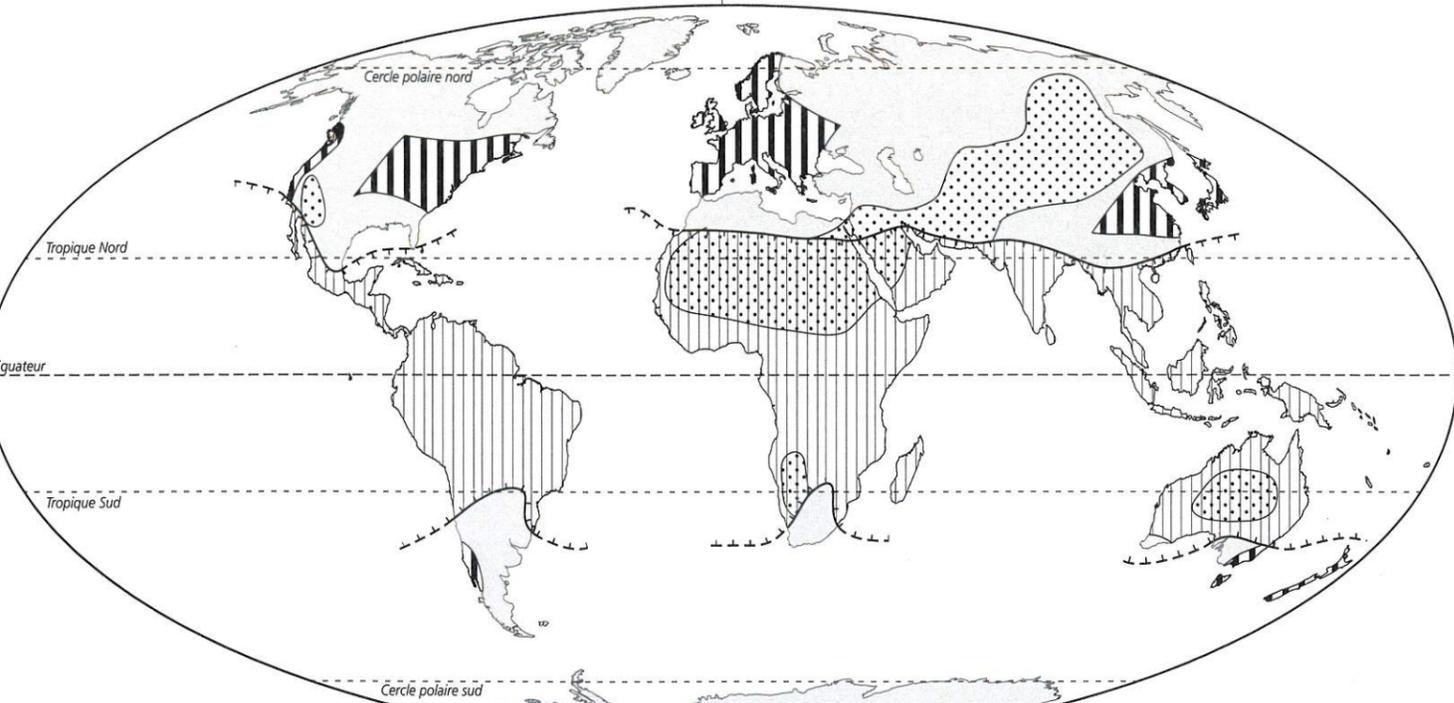
À une échelle presque continentale, c'est la vulnérabilité de l'Inde à une pénurie d'eau qui nous intéresse (cf. carte 4 p. 59). Ce sont ici les pressions humaines sur l'eau qui sont affichées avec la surexploitation des nappes phréatiques et les zones de stress hydrique.

La carte met en évidence les vulnérabilités des régions du haut Gange et du Brahmapoutre. Est-ce par suite d'une moindre alimentation de ces fleuves ? C'est l'Inde des fortes densités (jusqu'à 30 000 habitants au kilomètre carré) et de la croissance urbaine la plus importante

2 Les Philippines, sous la menace des typhons



3 Quelques indicateurs climatiques (sur les terres émergées)



Quelques indicateurs climatiques (sur les terres émergées)

- Climats sans hiver
Absence de neige, sauf en haute montagne
(Atlas Alexander Klett)
- Climats hypercontinentaux
Indice de continentalité d'Ivanov > 214
(continent antarctique exclu)
- Climats « modérés »
Température moyenne (T) < 15°
Température du mois le plus froid (t h) > -5°
Précipitations moyennes annuelles (P) ≥ 500 mm
- Autres climats

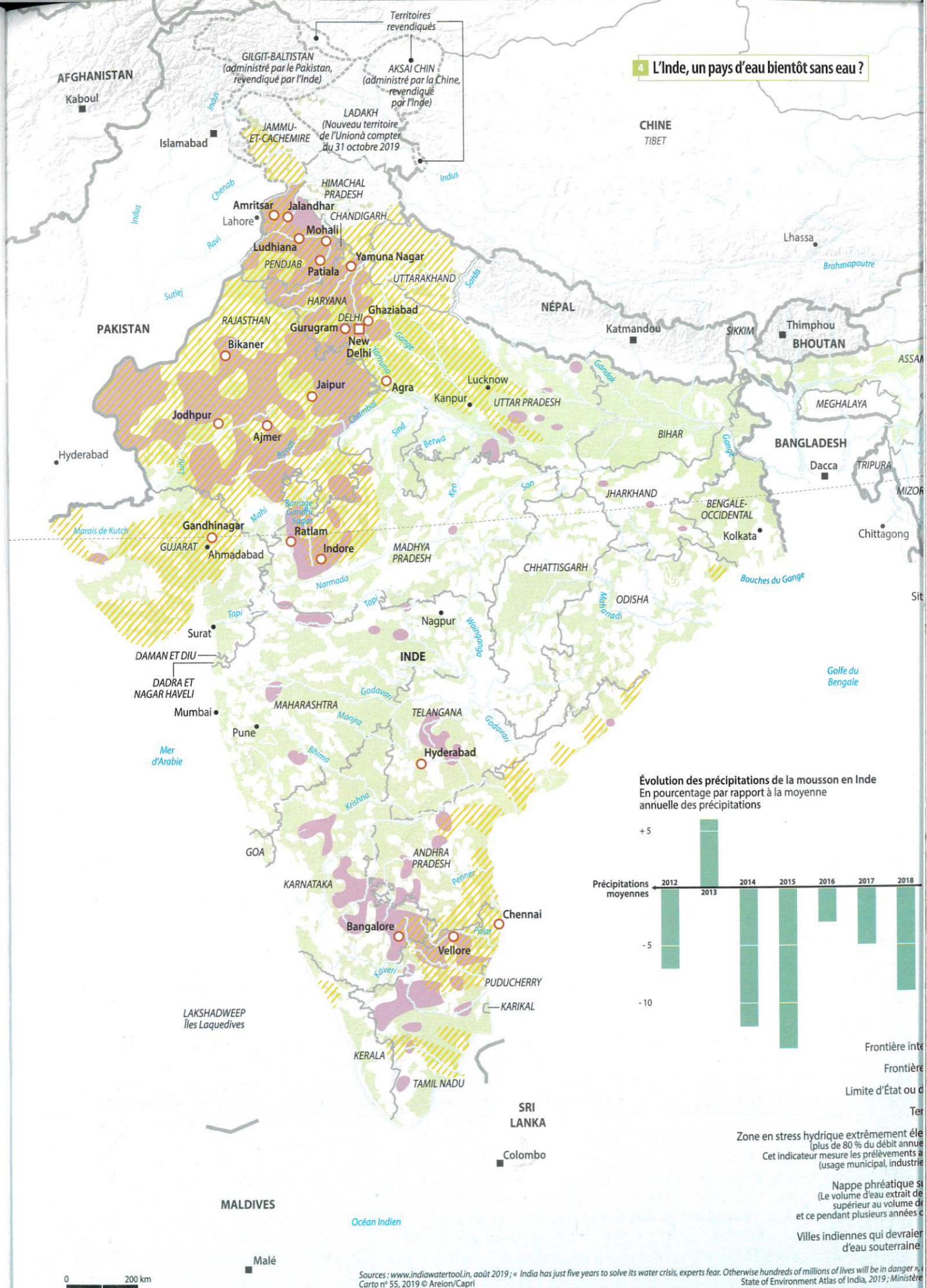
Conception : D. Lamarre, 2015
Cartographie : Ch. Wissenberg
www.atelier-cartographique.com
Projection : Mollweide

(parfois supérieure à 30%). C'est comme un coup de gomme sur cette population soumise à la variabilité interannuelle « normale » (sur trente ans et pas seulement sur la période 2012-2018) de la mousson. De même, la répartition spatiale des pluies aurait permis d'identifier des régions moins pluvieuses et plus dépendantes des grands fleuves. Un histogramme montrant en pourcentages l'écart des totaux de précipitations liés à la mousson est bien présenté. Mais pour un pays aussi grand que l'Inde, que signifie une moyenne nationale ? Par exemple, en 2015 et 2016, certaines régions ont connu de graves inondations et d'autres pas, d'où la nécessité de spatialiser plus finement les précipitations. Quant au stress hydrique représenté sur la carte, c'est celui de 2010 alors que la variabilité de la mousson est montrée entre 2012 et 2018. L'exercice cartographique est ardu. Ces cartes fourmillent d'indications sur des éléments liés aux climats des espaces sélectionnés. D'une part, en prenant un peu de distance avec le choix des informations et des données, on doit s'interroger sur les pas de temps. Un événement

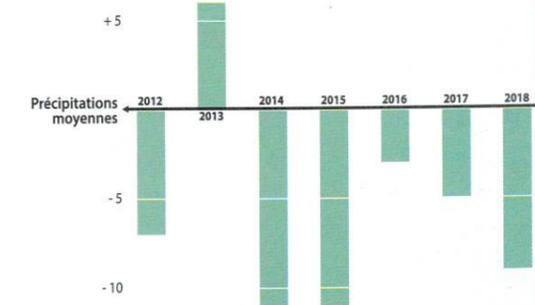
bref n'est pas intrinsèquement comparable à une moyenne. Certes, il s'inscrit dans une fourchette de possibles entre « maxi » et « mini », mais, s'il fait événement mémorable, c'est qu'il s'éloigne de la moyenne... C'est toute la difficulté posée au concepteur des cartes, particulièrement lorsqu'il s'agit de climats faits de variabilités (dans le temps) et de gradients (dans l'espace). D'autre part, les cartes privilégient certains éléments climatiques dans un panel large : la pression, la pluie, le vent, la température... Certains sont plus spatialisables que d'autres, mais sont-ils plus pertinents ? C'est le cas de l'eau (la glace, la pluie, le sec), au contraire de l'air (le vent, la pression). Enfin, la complexité croît avec l'introduction de paramètres sociétaux. Chaque élément du climat peut être une ressource ou une contrainte selon les lieux, les moments, les techniques, les individus... Alors, comment mettre à plat le climat sur des cartes qui soient lisibles sans être simplistes ? Et à quelle échelle ? Réfléchissons en climatologie géographique puisque « les deux cartes premières de toute géographie

humaine sont la carte générale des pluies et la carte générale des hommes » (1). Revenons sur les modes de représentation cartographique des climats eux-mêmes. La complexité est moindre qu'en cas d'événements affectant une société à un moment donné après une « gâchette » météorologique ou climatique. Toutefois, représenter un concept, comme celui de climat, suppose des choix moins simples qu'il n'y paraît au premier abord. À partir de l'époque moderne, les scientifiques répertorient les climats en même temps qu'ils les cartographient. La caractérisation de chacun s'appuie, selon les périodes et les méthodes utilisées, sur les causes ou les conséquences ; elle oscille entre analyse et synthèse et privilégie soit les temporalités, soit l'espace. Chaque manière de voir répond au paradigme du moment : la notion contemporaine de « climat global », qui est construite sur une température moyenne de la planète, valorise l'unicité et l'universalité ; l'émergence d'un « climat méditerranéen » répond à la découverte des bains de mer en hiver par les Anglais du XIX^e siècle ;

4 L'Inde, un pays d'eau bientôt sans eau ?



Évolution des précipitations de la mousson en Inde
En pourcentage par rapport à la moyenne annuelle des précipitations



Zone en stress hydrique extrêmement élevée (plus de 80 % du débit annuel)
Cet indicateur mesure les prélèvements à usage municipal, industrie
Nappe phréatique superficielle (Le volume d'eau extrait de la nappe est supérieur au volume de recharge et ce pendant plusieurs années consécutives)
Villes indiennes qui devraient être en danger d'assèchement d'eau souterraine

Sources : www.indiawaterportal.in, août 2019 ; « India has just five years to solve its water crisis, experts fear. Otherwise hundreds of millions of lives will be in danger », State of Environment Atlas of India, 2019 ; Ministère de l'Environnement

les cinq zones – deux glacées près des pôles, une torride de part et d'autre de l'équateur, et deux tempérées – attribuées à Parménide au V^e siècle avant notre ère confrontent des régions diversement inhabitables au territoire civilisé des Gréco-Romains.

Le climat caractérise les états moyens de l'atmosphère au-dessus d'un lieu. Il s'appréhende à partir de valeurs de paramètres atmosphériques considérés séparément (température, précipitations, ensoleillement). Cette manière de penser privilégie l'analyse spatiale. Elle remonte à 1817, lorsque le naturaliste allemand Alexander von Humboldt (1769-1859) dessine les premières cartes en isothermes afin d'expliquer les transformations de la flore continentale. Ce faisant, il attribue aux températures le rôle majeur dans la croissance des plantes. Ce choix de discrimination par la température se prête bien à la cartographie. Une fois établi le gradient altitudinal, la variable thermique est continue dans l'espace et le temps, ce qui facilite la sélection de seuils et la réalisation d'aplats. Il n'en est pas de même des discontinuités des précipitations (fréquence, intensité, cumul, forme solide ou liquide), qui posent de sérieux problèmes topologiques. Quelques décennies plus tard, le climatologue russo-allemand Wladimir Peter Köppen (1846-1940) propose

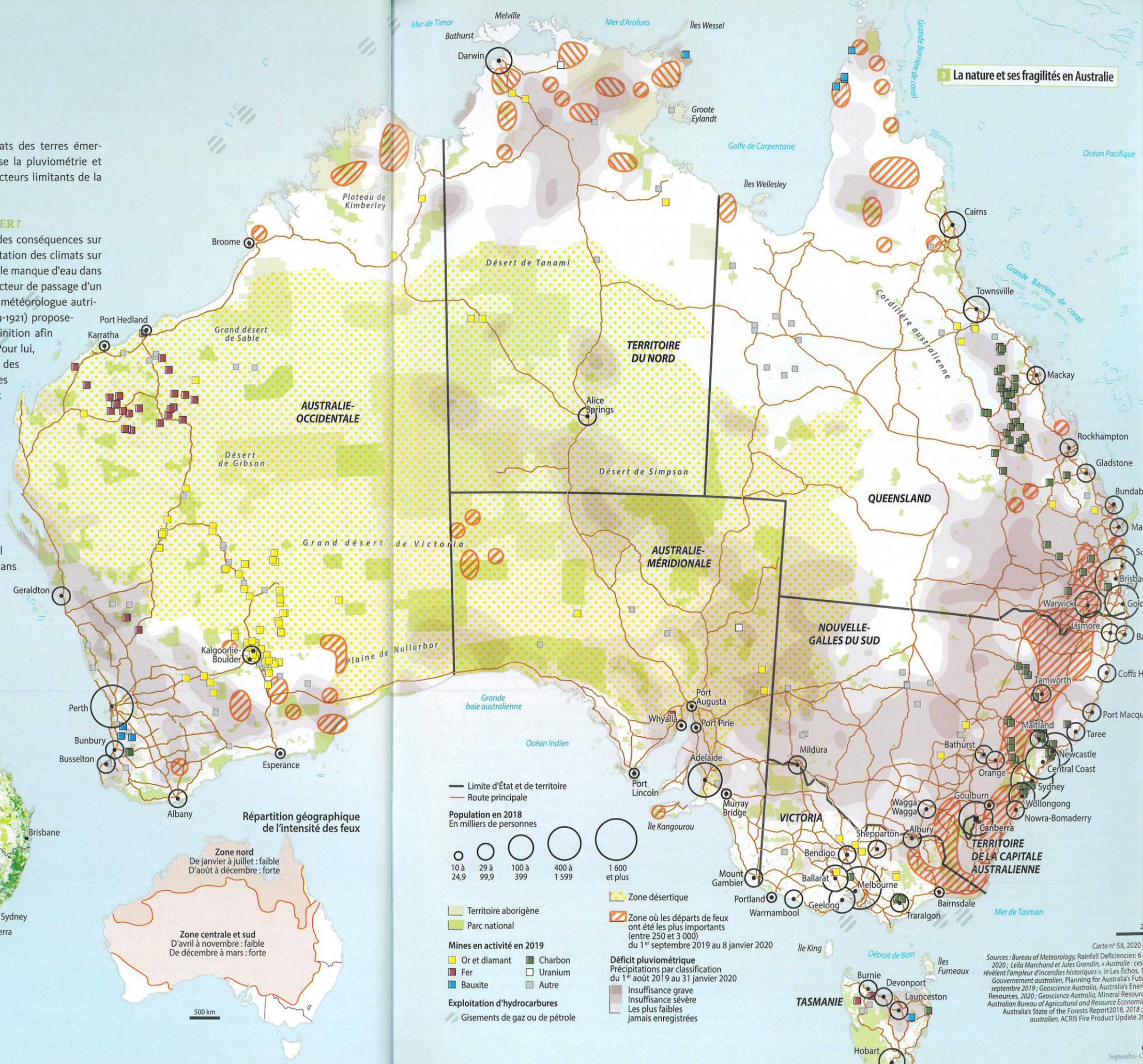
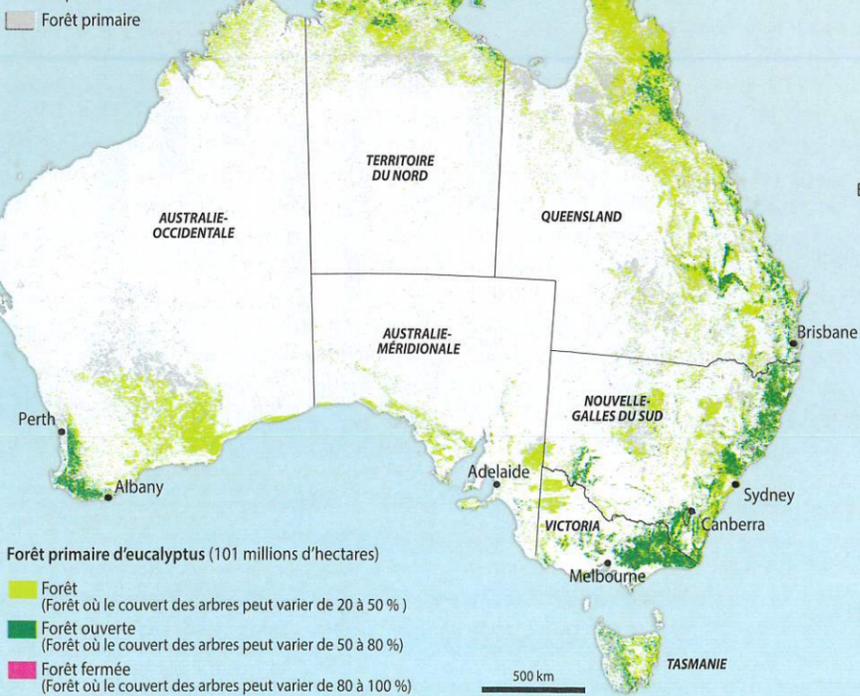
une cartographie des climats des terres émergées. Sa classification croise la pluviométrie et la température, les deux facteurs limitants de la croissance végétale.

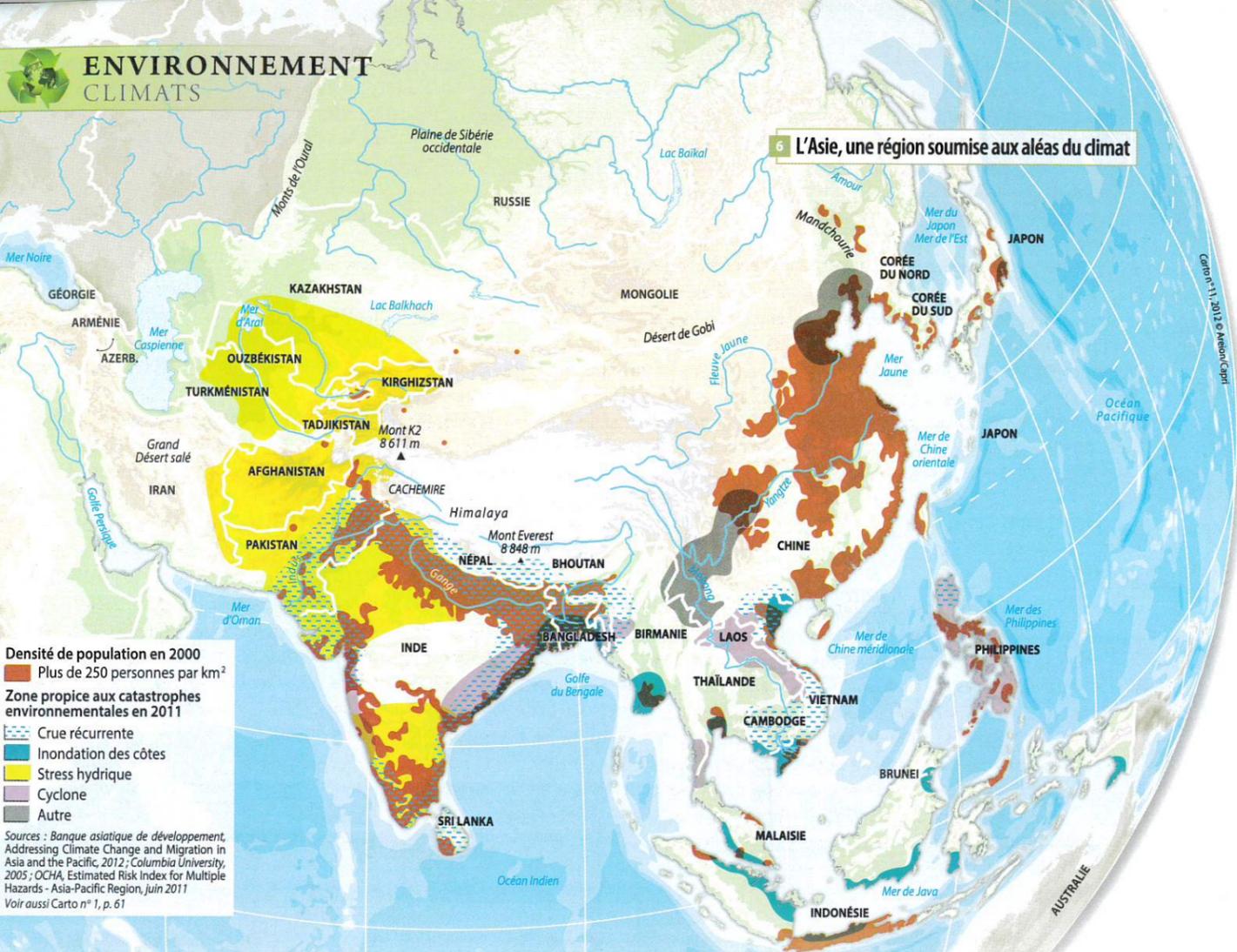
QUELS INDICES UTILISER ?

Ces nomenclatures issues des conséquences sur la flore rendent la représentation des climats sur les océans plus hasardeuse, le manque d'eau dans les océans n'étant pas un facteur de passage d'un climat à un autre. Aussi, le météorologue autrichien Julius von Hann (1839-1921) propose-t-il, en 1897, une autre définition afin de s'affranchir de ce biais. Pour lui, tout climat est l'« ensemble des éléments météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère au-dessus d'un lieu ». Il part des causes atmosphériques. Les changements des caractères de l'air (pression, humidité, température, etc.) permettent une analyse statistique à divers pas de temps. En 1909, le géographe français Emmanuel de Martonne (1873-1955), dans

Forêt primaire en 2016

L'Australie compte 134 millions d'hectares de forêt (17 % de la superficie australienne et 3 % des forêts mondiales), dont 132 millions d'hectares de forêt primaire





6 L'Asie, une région soumise aux aléas du climat

Densité de population en 2000
 Plus de 250 personnes par km²

Zone propice aux catastrophes environnementales en 2011

- Crue récurrente
- Inondation des côtes
- Stress hydrique
- Cyclone
- Autre

Sources : Banque asiatique de développement, Addressing Climate Change and Migration in Asia and the Pacific, 2012 ; Columbia University, 2005 ; OCHA, Estimated Risk Index for Multiple Hazards - Asia-Pacific Region, juin 2011
 Voir aussi Carto n° 1, p. 61

sociétés humaines (2). Il dresse une carte à partir de deux contraintes fortes : la présence de neige, manifestation de l'existence d'un hiver froid et d'une morte-saison végétative, et la continentalité qui commande les écarts thermiques conséquents et la déficience pluviométrique (cf. carte 3 p. 58). Il y ajoute les rares climats « modérés » (5 % des continents). Ainsi, il essaie de concilier un temps suffisamment long pour décrire les saisons normales et les événements extrêmes brefs, rares, mais intenses.

MONTRER L'« ORDINAIRE »

Les entreprises pour cartographier les climats sont rares. Celles qui sont les plus visibles, car elles sont médiatisées, sont en fait des projections de la température à cinquante ou cent ans, mais ce ne sont pas des cartes des climats. Elles ne s'appuient que rarement sur la trame climatique inspirée des travaux de Köppen pour proposer un découpage inédit et une nouvelle répartition (3). En même temps, de plus en plus de cartes ciblées tentent de spatialiser

les événements météorologiques à risques pour les sociétés, et cela à toutes les échelles. En se concentrant sur les extrêmes, les cartes ne rendent souvent plus compte de l'ordinaire. Ainsi, les grands incendies de forêt en Australie sont certes liés à une succession d'hivers très secs. L'année 2019 était une des moins arrosées, c'est un extrême climatique. Les déficits pluviométriques le montrent bien (cf. cartes 5 p. 60-61). Mais l'exposition humaine a aussi beaucoup augmenté. Derrière les images spectaculaires des flammes, il faut aussi rappeler la mauvaise gestion des forêts (non-prise en compte des savoirs autochtones d'entretien des forêts, absence de débroussaillage, d'entretien des plantations d'arbres « combustibles »). L'événement doit être replacé sur un temps long, climatique et politique. L'« ordinaire », c'est aussi en Australie des précipitations plus élevées après les années 1970 que dans la première moitié du vingtième siècle, ce qui a pu favoriser la croissance et l'expansion des forêts...

devenant un risque lors d'épisodes très secs. Les cartes des conséquences d'événements météorologiques déstabilisant des collectivités territorialisées sont les plus fréquentes. Pourtant, il ne faut pas se passer de cartographie de l'habituel, car c'est perdre de vue un élément de compréhension des adaptations et réactions des sociétés humaines, comme ce que vit l'Asie des moussons avec ce rythme normal de moussons sans pluie et d'autres avec pluie (cf. carte 6). Certaines régions asiatiques très peuplées et vulnérables font donc parfois face à plusieurs aléas climatiques. La région du golfe du Bengale en fait partie comme l'a encore montré en mai 2020, le cyclone Amphan. Ici, l'événement extrême s'ajoute à des normales climatiques qui génèrent risques et ressources pour les sociétés. ● **A. METZGER et M. TABEAUD**

NOTES

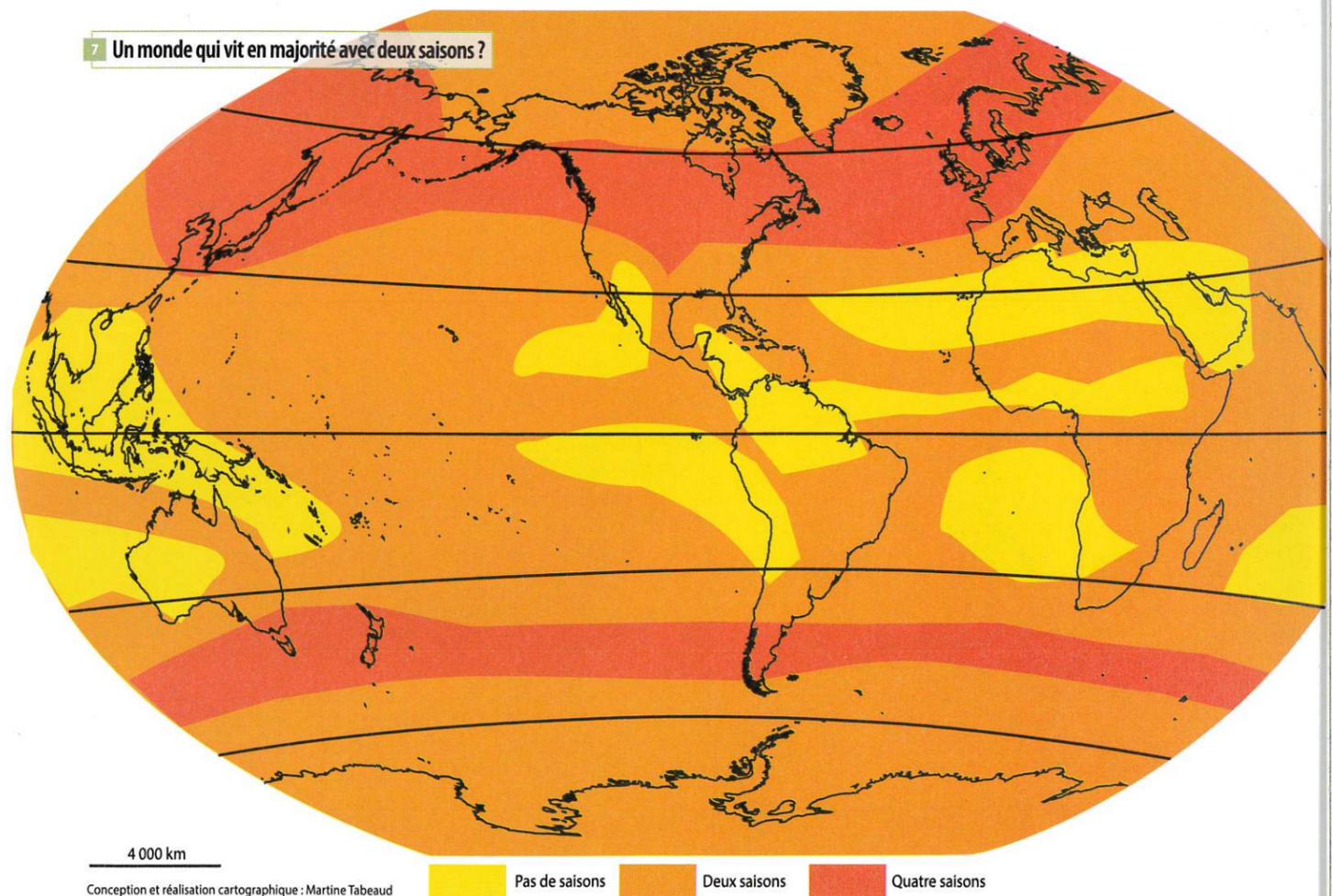
- (1) Jean Brunhes, *La géographie humaine : Essai de classification positive. Principe et exemples*, Alcan, 1910.
- (2) Denis Lamarre, *Les métamorphoses du climat*, Éditions universitaires de Dijon, 2016.
- (3) Consultable ici : <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/shifts.htm>

son *Traité de géographie physique*, consacre plusieurs pages à la cartographie des isothermes annuelles, de janvier et de juillet. Il reproduit aussi celle des maxima et minima moyens de température, puis, quelques années plus tard, imagine un indice d'aridité nommé *i* (avec la formule $i = P/T+10$ où *P* désigne les précipitations totales annuelles et *T* la température moyenne annuelle) qui, une fois cartographié, met en évidence une diagonale aride échelonnée en latitude sur les grandes masses continentales. Ces indices seront utilisés dans la première moitié du XX^e siècle pour répondre aux besoins sanitaires, agricoles et énergétiques des sociétés humaines. Ils reviennent en force avec le changement climatique. Certains indicateurs croisent des variables climatiques avec d'autres, comme le PDSI (indice de Palmer), le CSCI (Common Sense Climate Index), qui indique l'importance de l'anomalie de la température annuelle, ou le GCRI (Greenhouse Gas Climate Response Index), qui traduit la sensibilité de tout système à un accroissement des gaz à effet de serre... Or la moyenne annuelle de la température de la planète agrège des données réparties sur 150 °C, du plus froid en Antarctique au plus chaud dans la Vallée de la mort (États-Unis). Le climat global

est alors ramené à une température unique de 14,6 °C, ou à des indicateurs synthétiques affranchis de toute hétérogénéité spatiale. La seule représentation possible est le graphe temporel pour observer fluctuations, variations ou évolutions. De plus, le descripteur thermique ne définit pas qu'un seul climat. Autour de 14-15 °C de moyenne annuelle, on trouve Usa (Japon) et San Cristobal de Las Cases (Mexique) avec 15 °C, Turkmenbachi (Turkménistan) avec 14,3 °C, San Francisco (États-Unis) et Marseille avec 14,2 °C, Quito (Équateur) avec 14 °C. Certains géoclimatologues proposent de définir le climat comme la suite des états de l'atmosphère au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle, selon le Français Maximilien Sorre (1880-1962). Le calcul des moyennes de certains caractères est nécessaire, mais insuffisant, car le climat n'est pas stable. Il en est ainsi avec les pluies dans les régions semi-arides des États-Unis, tout comme en Inde avec la mousson, dont la seule régularité est la saison. La trame climatique adopte l'échelle synoptique comme référence, ce qui permet d'appréhender les types de temps par le biais des masses d'air ou des types de circulation. Les temporalités intra-annuelles décrivent le film du temps.

Mais comment cartographier la dynamique annuelle des types de temps ? Il n'existe pratiquement pas de cartes des saisons, temporalité majeure pour décrire un climat. En France, on ne cesse d'évoquer les passages d'une saison à une autre. Il y a même des légumiers, autrefois appelés marchands des quatre saisons. Mais combien sont-elles et où ? Si l'on tente de les identifier, il apparaît qu'il existe des climats sans saisons (cf. carte 7) : ils sont en zone intertropicale, donc chauds. Certains sont tous les jours pluvieux (équatorial). D'autres sont toujours secs (déserts). Sur Terre, le rythme à deux saisons est le plus répandu. En zone intertropicale toujours chaude, la pluie rythme l'année en climat tropical (période pluvieuse et période sans pluies). Ce rythme à deux temps se retrouve aux pôles avec l'alternance jour/nuit de six mois (polaire). Le rythme à quatre saisons ne concerne que les continents des latitudes moyennes. Il croise température, pluviosité/pluviométrie, etc. Cette rythmicité intra-annuelle reste la caractéristique majeure du vécu climatique, celle à laquelle la plupart des activités doivent s'adapter. En 2015, le géographe français Denis Lamarre tente de caractériser les climats par leurs potentiels pour les

7 Un monde qui vit en majorité avec deux saisons ?



4 000 km
 Conception et réalisation cartographique : Martine Tabeaud
 Pas de saisons Deux saisons Quatre saisons

CROISSANCE, ÉNERGIE, CLIMAT

TROIS CHOIX POUR LA PLANÈTE

LA CROISSANCE DES ACTIVITÉS HUMAINES EST À L'ORIGINE DU RÉCHAUFFEMENT DU CLIMAT DE 1°C DEPUIS PLUS D'UN SIÈCLE. POUR INVERSER LA TENDANCE, LES ÉTATS DOIVENT S'ENGAGER SUR DES OBJECTIFS AMBITIEUX EN MATIÈRE DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE.

L

a croissance de la production repose sur trois types de capital : le capital physique (l'ensemble des biens de production que possèdent les entreprises), le capital humain et le capital naturel (l'ensemble

des ressources naturelles utiles directement à l'homme ou qu'il peut exploiter techniquement et économiquement). Or la croissance économique, dans sa forme actuelle, nuit à l'environnement : elle épuise le capital naturel en détruisant des ressources non renouvelables comme les matières premières, les sources d'énergie. Elle dégrade les écosystèmes, appauvrit la biodiversité et perturbe le climat.

+1°C DEPUIS 1880

Les causes humaines de la hausse des émissions de gaz à effet de serre sont nombreuses : la combustion du charbon, du pétrole et du gaz, la déforestation (les arbres contribuent à réguler le climat en absorbant le CO₂ de l'atmosphère), l'intensification de l'élevage (bovins et ovins produisent de grandes quantités de méthane lorsqu'ils digèrent leur nourriture), les engrais contenant de l'azote et les gaz fluorés qui sont créés par

l'homme et que l'on retrouve principalement dans les équipements contre le froid et les aérosols. Conséquence : le climat mondial s'est déjà réchauffé d'un degré environ, en moyenne, par rapport à l'ère préindustrielle (avant les années 1880), selon un rapport récent du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), un organisme qui regroupe 195 experts du monde entier. Au rythme actuel des émissions, le réchauffement climatique atteindra + 1,5°C entre 2030 et 2052 et 3°C d'ici 2100, selon le GIEC. Le problème, c'est que le climat est un bien commun, il n'appartient à personne et nul agent privé n'est responsable des externalités négatives qu'il produit.

SUITE P.20 >>>

COÛT DU RÉCHAUFFEMENT : UN CALCUL CONTROVERSÉ

En 2006, l'économiste britannique Nicholas Stern a estimé dans un rapport que l'inaction face aux dérèglements climatiques pourrait coûter jusqu'à 5500 milliards d'euros, soit entre 5% et 20% du PIB mondial. Ces chiffres sont controversés notamment parce que Stern a utilisé un faible taux d'actualisation : certains de ses détracteurs lui ont reproché d'avoir sous-estimé la croissance et surestimé les coûts

du réchauffement. En 2017, un rapport de l'ONU chiffre pour sa part à 2000 milliards de dollars par an la perte de productivité liée au changement climatique d'ici 2030. Il est plus aisé de calculer ce que peut rapporter l'investissement dans la transition énergétique : 2000 milliards de dollars cumulés d'ici 2030, selon le récent rapport de la Commission mondiale sur l'économie et le climat.

LES GRANDS SECTEURS ÉCONOMIQUES EN % DES ÉMISSIONS DE CO₂ DANS LE MONDE

BÂTIMENTS

AGRICULTURE, DÉFORESTATION

INDUSTRIE

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHAUFFAGE

RAFFINAGE, EXTRACTION DES COMBUSTIBLES

TRANSPORTS



Sources : IPCC / Revue Nature / FAO / WWF / Météo France / GIEC

13 MILLIONS D'HECTARES DE FORÊTS DISPARAISSENT TOUTS LES ANS, soit le quart de la superficie de la France. Entre 1990 et 2015, la déforestation s'élève à plus de 240 millions d'hectares. 170 millions d'hectares risquent encore de disparaître d'ici à 2030.

LA TEMPÉRATURE MOYENNE EN FRANCE A AUGMENTÉ DE 1°C AU XX^e SIÈCLE. Cela se traduit par une diminution du nombre de jours de gel en hiver (trois à quatre jours tous les 10 ans à Toulouse et de quatre à cinq jours à Nancy), et par une augmentation du nombre de jours où la température dépasse 25°C en été (augmentation de quatre jours tous les 10 ans à Paris et de plus de cinq jours à Toulouse).



ENTRE 1997 ET 2017, L'ANTARCTIQUE A PERDU 271 MILLIARDS DE TONNES DE GLACE. Conséquence : en 25 ans, le niveau moyen des océans a augmenté de plus de 8 cm. Si la fonte des glaces se poursuit à ce rythme, le niveau de la mer augmentera de 77 cm d'ici 2100.

» SUITE DE LA P.18

TROIS LEVIERS, UN SEUL BUT

Les États ont le pouvoir de mener une politique en faveur du climat. Trois logiques existent. La première est celle du marché des quotas d'émission pour contrôler les quantités de pollution émises. Au niveau mondial, le marché le plus important est celui lancé par l'Union européenne en 2005. Il représente plus des trois quarts des échanges internationaux de quotas d'émissions de carbone. La deuxième logique est celle du principe de précaution, selon lequel l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures « effectives et proportionnées » visant à prévenir un risque dans les domaines de l'environnement, de la santé ou de l'alimentation. Ce principe est inscrit dans la Constitution française depuis 2005. La troisième logique est celle des incitations pour agir sur le comportement des citoyens, par exemple en proposant des avantages fiscaux pour l'achat d'un véhicule électrique.

2015 : LE TOURNANT DE LA COP

Mais les États ne peuvent agir séparément. Les actions doivent être coordonnées au niveau mondial. La première réelle inquiétude pour la planète s'est concrétisée en 1992 avec le troisième Sommet de la Terre de Rio. La protection de l'environnement et le développement du-



Porteuse d'espoir, la COP21, à Paris, en 2015, avait débouché sur l'Accord de Paris.

nable sont, depuis, considérés comme incontournables pour l'avenir de la planète : 196 pays ont ratifié la convention-cadre issue du Sommet de la Terre de Rio, qui recommande de se réunir chaque année afin de maintenir les efforts. Ces grandes réunions annuelles sont dénommées Conférences des parties (COP). La première COP s'est déroulée à Berlin, en 1995. La COP 21, organisée à Paris en décembre 2015, a marqué un tournant : un accord international sur le climat, juridiquement contraignant, a été acté en 2016, en tant qu'Accord de Paris. Ceux-ci prévoient de maintenir le réchauffement climatique en dessous de 1,5°C, de limiter les rejets de gaz à effet de serre en vue de parvenir à la neutralité carbone et d'accorder une aide de 100 milliards de dollars par an aux pays en voie de développement pour qu'ils puissent se conformer. Trois ans après, la COP24 a lieu en Pologne, à Katowice, en décembre 2018. Les engagements pris en 2015 ont-ils été honorés ? Comment les États peuvent-ils renforcer leur ambition et coordonner leurs efforts pour une action efficace et juste ? Tels sont les enjeux de cette 24^e conférence annuelle sur la lutte contre le changement climatique.

POUR ALLER PLUS LOIN :

Rapport de la Commission mondiale pour l'économie et le climat <https://newclimateeconomy.report/2018/>

Rapport du GIEC sur l'impact du réchauffement climatique de 1,5°C http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf

LE PAVÉ DANS LA MARE DU NOBEL 2018

Le prix Nobel d'économie 2018 a été attribué aux Américains William Nordhaus et Paul Romer pour leurs recherches sur ce que doit être une croissance durable à long terme de l'économie mondiale pour protéger le bien-être de la planète. William Nordhaus a notamment modalisé les conséquences de l'économie sur l'environnement et, en retour, les conséquences des changements climatiques sur l'activité économique. Ses travaux

heurtent le consensus scientifique parce qu'il préconise un objectif de ralentissement du réchauffement bien plus limité que ce que demandent aujourd'hui les experts du GIEC. En 2016, Nordhaus évaluait à 3,5°C le réchauffement global optimal permettant de concilier croissance économique et réponse au défi environnemental. Alors que pour le GIEC, la catastrophe menace si on dépasse 1,5°C.



© iStockphoto.com/fototrav

SI LA CHINE S'Y METTAIT...



Stéphanie Monjon est maître de conférences en sciences économiques à l'Université Paris Dauphine et rattachée au Centre de géopolitique de l'énergie et des matières premières. Elle est également chercheuse associée au CIRED et coauteure de *La transition écologique en Chine-Mirage ou « virage vert ? »* (éditions rue d'Ulm)

La Chine, premier pollueur mondial, est-elle engagée dans une transition énergétique ?

Pendant des décennies, l'État chinois a privilégié une croissance économique rapide, axée sur l'industrie lourde et alimentée par le charbon, au détriment de l'environnement et de la santé de ses citoyens. Face à la crise environnementale majeure que traverse le pays, les autorités ont décidé d'agir. Début 2018, la Chine a mis en œuvre une nouvelle loi fiscale axée sur la protection de l'environnement.

En quoi consistent ces efforts ?

L'investissement porte en priorité sur le renforcement du système de surveillance de la qualité de l'air, de l'eau et des sols. Ensuite, la loi sur l'environnement renforce les sanctions - peines de prison voire peine de mort dans les cas extrêmes - pour les pollueurs. Cela concerne notamment les autorités locales qui deviennent responsables.

Est-ce que ça peut marcher ?

L'inflexion des politiques environnementales chinoises est tellement récente que tous les scénarios sont encore ouverts, les plus optimistes comme les plus pessimistes. La résolution des problèmes environnementaux prend du temps. Cela exige des changements structurels à tous les niveaux. Or il y a une véritable résistance des autorités locales. En outre, faire adopter comme une priorité la protection de l'environnement par une population qui commence seulement à toucher du doigt le mode de consommation occidentale, c'est un énorme défi à relever.

À Shanghai, le smog (concentration de particules fines) obscurcit l'horizon et asphyxie les habitants.

10 ACTIONS POUR ENRAYER LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

DRAWDOWN. C'EST LE NOM DU PROJET DE L'ÉCOLOGISTE AMÉRICAIN PAUL HAWKEN. AVEC 70 CHERCHEURS DU MONDE ENTIER, IL A RECENSÉ 80 SOLUTIONS CLIMATIQUES AFIN DE DIMINUER LA CONCENTRATION DE GAZ À EFFET DE SERRE (GES) DANS L'ATMOSPHÈRE D'ICI 2050. VOICI LE TOP 10.

1 DÉTRUIRE LES FLUIDES FRIGORIGÈNES

Chaque réfrigérateur, chaque rayon frais de supermarché, chaque climatiseur contient des fluides frigorigènes qui absorbent et libèrent de la chaleur. Le défi est de récupérer et détruire ces fluides frigorigènes. Sur 30 ans, si l'on récupère 87% des réfrigérants susceptibles d'être relâchés dans l'atmosphère, on évitera l'émission de l'équivalent de 89,7 gigatonnes de CO₂, soit un peu plus de deux fois les émissions mondiales de CO₂ de 2017.

-89,7 Gt
de CO₂
sur 30 ans

2 LUTTER CONTRE LE GASPILLAGE ALIMENTAIRE

Les consommateurs des pays riches jettent jusqu'à 35% de la nourriture qu'ils achètent. La nourriture que le monde gaspille émet l'équivalent de 4,4 gigatonnes de CO₂ tous les ans. Si c'était un pays, le gaspillage alimentaire serait le troisième émetteur de la planète. Si le gaspillage alimentaire est réduit de moitié d'ici 2050, on pourrait éviter l'équivalent de 26,2 gigatonnes de CO₂, plus 44,4 gigatonnes économisées en ne défrichant pas les terres agricoles pour produire plus.



-70,5 Gt
de CO₂

3 MULTIPLIER LES ÉOLIENNES

Aujourd'hui, il existe 314 000 éoliennes qui produisent 4% de l'électricité mondiale. Leur coût, en baisse constante, fera bientôt de cette énergie la puissance électrique la moins chère à produire. Augmenter la part de l'éolien de 4% à 21,6% de la consommation d'électricité mondiale d'ici 2050 réduirait les émissions de CO₂ de 84,6 gigatonnes.



-84,6 Gt
de CO₂

4 MANGER PLUS DE VÉGÉTAUX ET MOINS DE VIANDE

L'élevage représente 15% des émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Les vaches sont les plus émettrices, car elles produisent du méthane pendant leur digestion. Un repas végétarien émet 13 fois moins de GES qu'un repas avec du bœuf. Si 50% de la population mondiale mangeait au plus 2500 calories par jour et réduisait sa consommation de viande de moitié, on économiserait 26,7 gigatonnes de CO₂. Cela réduirait aussi la déforestation induite par l'élevage, faisant de cette solution l'une des plus efficaces, avec un total de 66 gigatonnes de CO₂ en moins.



-66 Gt
de CO₂

5 RÉHABILITER LES FORÊTS TROPICALES

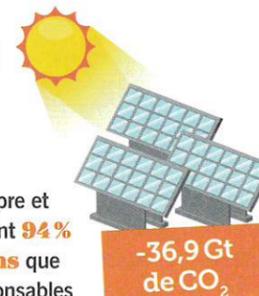
Les arbres absorbent le CO₂ et rejettent de l'oxygène. Présentes auparavant sur 12% des terres de la planète, les forêts tropicales ne couvrent aujourd'hui que 5% de la surface terrestre. Lorsque les forêts sont abattues, du CO₂ est relâché dans l'atmosphère. La disparition des forêts tropicales est responsable de 16% à 19% des émissions de GES. Réhabiliter 176 millions d'hectares de forêts tropicales permettrait de capter 61,2 gigatonnes de CO₂ d'ici 2050.



-61,2 Gt
de CO₂

6 DÉVELOPPER LES CENTRALES SOLAIRES

Le soleil est une ressource infinie, propre et gratuite. Les centrales solaires émettent 94% de gaz à effet de serre de moins que les centrales à charbon, qui sont responsables de 3,7 millions de décès prématurés par an. À l'heure actuelle, le solaire photovoltaïque à grande échelle ne constitue que 0,4% de la production d'électricité mondiale. Si sa proportion atteignait 10%, 36,9 gigatonnes de CO₂ seraient économisées.



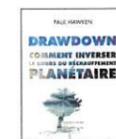
-36,9 Gt
de CO₂

7 MULTIPLIER LES TOITURES PHOTOVOLTAÏQUES

Les systèmes photovoltaïques à petite échelle, que l'on observe parfois sur les toits, jouent un rôle fondamental dans la captation du soleil, ressource la plus abondante sur terre. Les panneaux pour les toits sont de plus en plus en vogue en raison de leur prix bas et des économies qu'ils engendrent. Si les toitures photovoltaïques passent de 0,4% de la production d'énergie mondiale aujourd'hui à 7% en 2050, ce sont 24,6 gigatonnes de CO₂ qui ne seront pas émises.



-24,6 Gt
de CO₂



POUR ALLER PLUS LOIN

Drawdown. Comment inverser le cours du réchauffement planétaire, de Paul Hawken (Actes Sud)

8 ÉDUCUER LES FILLES

L'éducation des filles a une incidence majeure sur le réchauffement de la planète. Les femmes qui ont fait de longues études gèrent en effet activement leur contraception et ont moins d'enfants. Si tous les pays avaient un taux de 100% d'inscription des filles en primaire et en secondaire, il y aurait 853 millions de naissances en moins dans le monde en 2050. Résultat: 59,6 gigatonnes d'émissions de CO₂ en moins. Garantir la contraception et assurer le droit à des services de planning familial permettraient de réduire également de 59,6 gigatonnes les émissions de CO₂.



-59,6 Gt
de CO₂

9 ENCOURAGER LE SYLVO-PASTORALISME

Le sylvo-pastoralisme consiste à réunir arbres et pâturages au même endroit pour l'élevage de bétail. La recherche a prouvé que c'est la technique d'élevage la plus efficace pour contre le réchauffement climatique: le bétail produit du méthane, mais les arbres sont là pour l'absorber. Le sylvo-pastoralisme est aujourd'hui pratiqué sur 142 millions d'hectares. S'il se généralise sur 224 millions d'hectares d'ici à 2050, les émissions de CO₂ pourraient être réduites de 31,2 gigatonnes.



-31,2 Gt
de CO₂

10 FAVORISER L'AGRICULTURE RÉGÉNÉRATRICE

Les pratiques d'agriculture régénératrice visent à améliorer et à régénérer la santé des sols en leur rendant leur teneur en carbone grâce à des cultures sans labour, des cultures de couverture, le renforcement de la fertilité et l'affranchissement des engrais chimiques. Si l'agriculture régénératrice s'étendait de 44 millions d'hectares actuellement à 405 millions d'hectares d'ici à 2050, les émissions de CO₂ diminueraient de 23,2 gigatonnes.



-23,2 Gt
de CO₂

ÉMILIE LÉVÊQUE

POINTS DE REPÈRE

Écologie 1990 - 2020



Nations Unies
Conférence sur les Changements Climatiques 2015
COP21/CMP11
Paris - Le Bourget

Trente ans d'accords sur le climat

- **1992.** Signature de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques lors du **sommet de la Terre à Rio de Janeiro**. Les pays développés se fixent comme objectif non contraignant de ramener leurs émissions de 2010 au niveau de 1990.
- **1997.** Adoption lors de la troisième conférence des parties (COP3) du **protocole de Kyoto**, qui fixe notamment, sous la menace de sanctions, des objectifs contraignants aux pays industrialisés avec pour objectif global de réduire les émissions de 5% en 2012 par rapport à 1990.
- **2009.** Adoption à la **conférence de Copenhague (COP15)** d'un accord non contraignant préconisant une forte réduction des émissions de gaz à effet de serre pour maintenir le réchauffement sous les 2° à l'horizon 2100 par rapport à 1850.
- **2015.** Adoption de l'**accord de Paris (COP21)**, ayant pour but de contenir le réchauffement climatique sous les 2 degrés en 2100 par rapport aux niveaux préindustriels. Chaque pays se voit fixer des objectifs différenciés mais sans sanctions. Le 4 novembre 2020, les États-Unis se retirent de l'accord à la demande de Donald Trump, alors que le nouveau président élu Joe Biden a promis leur retour après son entrée en fonction. ■

“ Il est nécessaire d'agir maintenant, avant que le changement climatique échappe à la possibilité d'un contrôle par l'homme. ”

Extrait du communiqué attribuant le prix Nobel de la paix 2007 à l'ancien vice-président des États-Unis Al Gore et au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec).

Chiffres

+0,81 degré

L'anomalie moyenne de température estimée sur les neuf premiers mois de 2020, par rapport à la moyenne de la période de référence 1961-1990. Il s'agit du deuxième total le plus élevé derrière 2016.

Source: Climatic Research Unit de l'université d'East Anglia, Angleterre.

8% / 14% / 27%

Plantes, mammifères, oiseaux :

ce sont les pourcentages respectifs des espèces menacées en France, selon les chiffres de l'OCDE. Au niveau mondial, le rapport 2019 de la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) estime que 1 million des 8 millions d'espèces végétales et animales présentes sur notre globe est menacé d'extinction. En cause, notamment, la destruction des habitats, l'exploitation excessive, comme dans le cas des poissons, le changement climatique et la pollution. ■



© Wikimedia
Busard de Maillard, rapace menacé.

● Pollueur-payeur

Le principe dit « pollueur-payeur » consiste à faire supporter à une entreprise ou à un acteur économique le coût de ses émissions polluantes pour la collectivité. Il a été introduit dans le droit français par la loi du 2 février 1995. Un exemple récent de son application en France est l'instauration à partir de 2021, par la loi dite « économie circulaire », d'une prise en charge financière par certaines industries des déchets issus de leurs produits. La filière du tabac devra ainsi assumer le coût environnemental des mégots de cigarette.

● Taxe carbone

En application du principe pollueur-payeur, la taxe carbone s'applique aux particuliers et entreprises qui émettent du dioxyde de carbone, le principal gaz à effet de serre, afin de les inciter à réduire leurs émissions. En France, après deux projets censurés par le Conseil constitutionnel, elle a été mise en place en 2014 sous le nom de « contribution climat-énergie » et consiste en une taxe pesant sur le prix des énergies fossiles (essence, gazole, fioul...). Selon un rapport remis début 2020 par l'OCDE, elle a permis aux entreprises françaises de réduire d'environ 5%, soit 3,6 millions de tonnes, leurs émissions de CO2 en 2018.

● Végétarisme

- **Le végétarisme** pratiqué par 4% des Français environ selon le Credoc, exclut la consommation de chair animale (viande, poisson).
- Quand il s'accompagne d'un refus des autres produits alimentaires exclus de l'exploitation animale (laits, oeufs, miel...), on parle de **végétalisme**, voire de **véganisme** s'il concerne aussi les produits non alimentaires (fourrure, cire d'abeille...). Ces pratiques concernent 1% des Français.
- Plus récemment, on s'est mis à parler de **flexitarisme** pour désigner le fait de consommer volontairement moins de viande ou de poisson. 20% des Français le pratiqueraient.

L'ascension des écologistes européens

- **1995.** Les Verts finlandais deviennent les premiers du continent à intégrer un gouvernement.
- **1997.** Les écologistes intègrent pour la première fois une majorité gouvernementale en France.
- **1998.** Un ministre vert, Joschka Fischer, prend la tête de la diplomatie allemande.
- **2004.** Les Verts prennent pour la première fois la tête d'un gouvernement européen, en Lettonie.
- **2009.** Les Verts allemands dépassent pour la première fois 10% des voix aux élections fédérales. Les Verts français réalisent leur meilleur score historique aux élections européennes, en dépassant les 16%.
- **2017.** Première élection au suffrage universel direct d'un président écologiste, Alexander Van der Bellen en Autriche.
- **2019.** Les écologistes et leurs alliés obtiennent près de 10% des sièges au Parlement européen, avec 74 eurodéputés. ■



Des guerres pour le climat ?

Les états-majors des grandes puissances prennent désormais au sérieux la crise écologique. Elle génère à leurs yeux des risques politiques majeurs, mais aussi de nouvelles opportunités stratégiques à saisir.

CLÉMENT QUINTARD

2 août 2007, au large du Groenland. *Mir 1* et *Mir 2*, deux petits submersibles, s'enfoncent silencieusement à travers les eaux noires de l'océan Arctique. Ils amorcent une longue descente qui les emmène à plus de 4 000 mètres de fond, puis serpentent en rase-mottes le long de la dorsale de Lomonossov, ligne de collision entre les plaques tectoniques nord-américaine et eurasiennne. Latitude 90° nord, à la verticale du pôle, leur allure ralentit. Le bras articulé d'un des engins se déploie avec, à son extrémité, une pince métallique. Celle-ci s'ouvre pour lâcher sur le plancher marin un drapeau en titane aux couleurs de la Russie.

Deux ans plus tard, le 17 octobre 2009 aux Maldives. Le président de la République, Mohamed Nasheed, a troqué son habituel costume-cravate pour une combinaison de néoprène, un masque et des bouteilles d'oxygène. Vêtu du même accoutrement, ses ministres le rejoignent à coups de palmes derrière de longues tables en bois surmontées de chevalets à leur nom. Autour d'eux, d'autres hommes-grenouilles, postés derrière des caméras étanches, immortalisent cette première mondiale: un conseil des ministres à six mètres sous la surface de la mer. Une résolution symbolique émerge trente minutes plus tard de cette

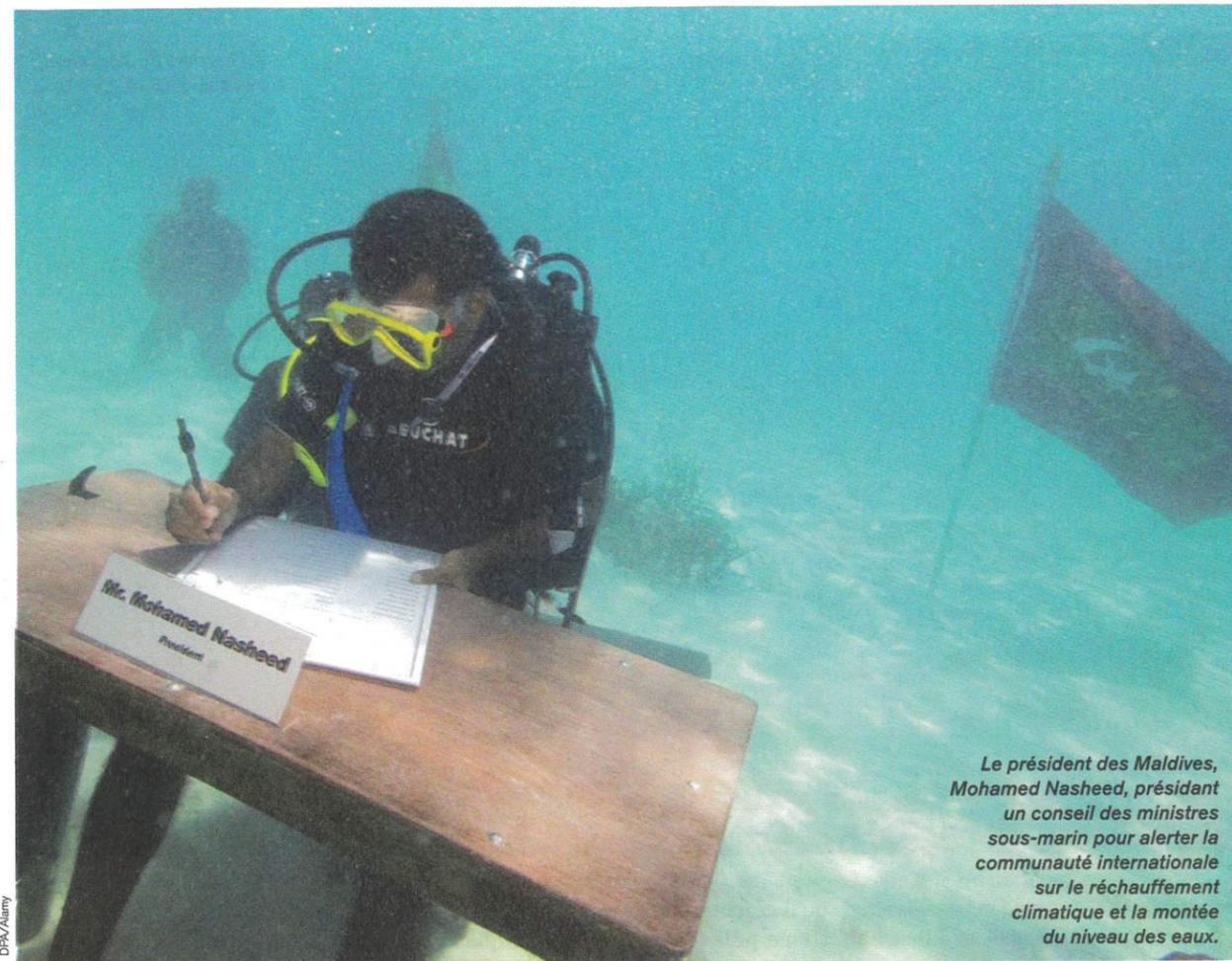
réunion. Elle exhorte la communauté internationale à faire front commun contre la hausse des températures qui menace d'engloutir l'archipel. Ces mises en scène sous-marines, toutes deux adroitement orchestrées, résument chacune à leur manière les enjeux géopolitiques des changements climatiques. Si la hausse des températures, l'acidification des océans, la pollution de l'air, la fonte des glaces aux pôles, l'intensification des catastrophes météorologiques ou encore la multiplication des feux de forêt ont des conséquences directes sur la vie humaine et la biodiversité, elles en ont aussi sur les politiques de défense.

Prise de conscience

Diplomates et militaires ont désormais compris que la surchauffe planétaire a des implications stratégiques. En bons acteurs régaliens, ils scrutent ces phénomènes avec pragmatisme: pour eux, la crise écologique est non seulement un facteur de risques inédits (submersion des terres, pénuries de ressources, migrations de masse, épidémies, troubles civils), mais aussi d'opportunités à saisir (nouvelles routes terrestres et maritimes à investir, accès à des filons de minerais et d'hydrocarbures jusqu'ici inexploités). Sur terre, en mer et dans les airs, elle rebat les cartes géopoliti-

tiques, exacerbe d'anciennes fâcheries entre États, justifie de nouvelles alliances et déploiements tactiques.

L'ouragan Katrina, qui a dévasté la Nouvelle-Orléans en 2005, marque les débuts d'une prise de conscience. Avec 2 000 victimes, plus d'un million de déplacés et 150 milliards de dégâts matériels, il est l'un des pires désastres d'origine « naturelle » de l'histoire des États-Unis. Traumatisme supplémentaire: les services fédéraux, dépassés par l'ampleur du sinistre, ont dû être suppléés par l'entreprise de sécurité privée Blackwater. Appelés à la rescousse par la Maison Blanche, des militaires mercenaires – qui se sont aussi illustrés lors de la guerre d'Irak – sont intervenus sur les zones sinistrées pour sécuriser l'arrivée des secours. « L'événement inflige un choc profond au Pentagone et au monde de la sécurité nationale », analyse le géopolitiste Jean-Michel Valantin (1). En cause, « l'impuissance (...) de la "première armée du monde" à aider ses concitoyens lors d'une catastrophe climatique urbaine ». Après le drame, de nombreux chantiers de réflexions sont lancés pour évaluer les implications stratégiques des bouleversements environnementaux – et éviter de nouvelles « Bérézina » climatiques sur le sol américain. Deux *think tanks* influents sur les questions de défense



Le président des Maldives, Mohamed Nasheed, présidant un conseil des ministres sous-marin pour alerter la communauté internationale sur le réchauffement climatique et la montée du niveau des eaux.

publient un rapport conjoint en 2007 (2). Il pronostique que l'élévation des températures de 2,6 °C d'ici 2040 mettra à rude épreuve la « cohésion interne » des nations: « L'inondation des communautés côtières, en particulier aux Pays-Bas, aux États-Unis, en Asie du Sud et en Chine, peut potentiellement remettre en cause les identités régionales, voire nationales, affirment les auteurs. Un conflit armé entre nations pour l'accès aux ressources ou même la conquête d'un territoire (...) est probable, et une guerre nucléaire est possible. »

La thèse selon laquelle il existe un lien de causalité direct et unique entre changement climatique et émergence de conflits fait l'objet de nombreuses controverses chez les scientifiques (encadré). Il reste que ce document met des mots sur un état d'esprit dont l'influence progresse dans les milieux de défense américains depuis le début des années 2000. Il se résume à deux idées simples: d'une part,

un monde plus chaud sera nécessairement plus violent et, d'autre part, il faut s'y préparer. À la suite des États-Unis, la Grande-Bretagne, la Russie, la Chine, l'Inde, ou encore la France finissent par intégrer le paramètre écologique à leur doctrine militaire (3). Aujourd'hui, dans tous ces états-majors, la menace climatique est prise très au sérieux.

« Spécialiste du chaos »

Face aux déstabilisations sociales et politiques qui se profilent, l'Organisation des Nations unies (Onu) a proposé en 2011 par la voix de son secrétaire général de l'époque, Ban Ki-moon, de créer un contingent de « casques verts ». Conçus sur le modèle des casques bleus – dont le rôle est de protéger les populations civiles en temps de guerre –, ils auraient eu pour mission d'intervenir dans les zones victimes de cataclysmes « naturels ». L'initiative n'a, jusqu'à présent, jamais abouti.

Le Pentagone s'inquiète quant à lui de l'ouverture de deux nouveaux fronts: d'une part, le réchauffement global altère les théâtres d'opérations en modifiant les écosystèmes et, d'autre part, il fragilise l'implantation des installations militaires à travers le monde (4). Aujourd'hui, une trentaine de bases américaines sont menacées d'être endommagées ou submergées par la montée des eaux. C'est le cas, notamment, de celles de Diego Garcia, de Guam ou des îles Marshall, dans la zone indo-pacifique, qui sont d'un intérêt tactique majeur pour les États-Unis dans leur stratégie d'endiguement déployée contre la Chine. En France, l'Assemblée nationale a remis en 2012 un rapport parlementaire intitulé « L'impact du changement climatique sur la sécurité et la défense ». Celui-ci prend acte du retard de l'armée française sur ces questions. Face à l'émergence de nouveaux risques, ses rapporteurs indiquent que l'armée pourrait à terme devenir « la



Au barrage de Xiaolangdi, sur le fleuve Jaune (province du Henan, Chine).

Visual China Group/Getty

► première "ONG" de grand secours», voire la « spécialiste du chaos » (5). Elle sera de plus en plus amenée à intervenir en cas de désorganisation civile majeure. L'aggravation des événements météorologiques extrêmes multiplie selon eux les déstabilisations sociales, politiques et sanitaires (famines, émeutes, pandémies) – à l'extérieur, comme à l'intérieur des frontières du pays. Épisode rare sur le territoire français, un hôpital militaire de campagne (EMR) a été déployé en mars 2020 à Mulhouse (Haut-Rhin) pour faire face à l'afflux de malades du coronavirus dans la région.

L'eau, nerf de la guerre

L'insécurité climatique laisse craindre une inflation des tensions entre groupes sociaux, mais aussi entre régions rivales, notamment au sujet de l'accès à l'eau : au Moyen-Orient, entre Israël et la Palestine ; aux États-Unis, entre États riverains, mais aussi et surtout en Himalaya. Les principaux fleuves asiatiques que sont le Yang-Tsé, le fleuve Jaune, le Mékong et le Gange prennent tous leurs sources dans les glaciers himalayens,

qu'il est coutume de qualifier de « troisième pôle ». Comme en Arctique et en Antarctique, ces citernes naturelles sont particulièrement vulnérables aux hausses de températures. Alors qu'elles alimentent en eau potable près de 250 millions de personnes réparties sur huit pays asiatiques (6), leur fonte aura un double effet : dans un premier temps, elle fera dangereusement augmenter le débit des fleuves, provoquant de graves inondations ; ensuite, sous l'effet de la déglaciation, les réservoirs pourraient se tarir, donnant lieu à des pénuries d'eau chroniques. Conscients des enjeux que représente le contrôle de ces zones pour leurs approvisionnements futurs, les pays en contact avec la chaîne himalayenne se livrent à des démonstrations de forces militaires sur le toit du monde, notamment sur le glacier Siachen, lieu d'accrochages réguliers entre les armées indienne et pakistanaise. La Chine, véritable « hydropouvoir » avec ses 6 000 barrages, entrave quant à elle le débit des fleuves pour sa production électrique et agricole, ce qui rend les pays en aval totalement impuissants face aux

restrictions d'eau qui pourraient, à l'avenir, leur être imposées. Cette situation d'insécurité hydrique génère de fortes dissensions géopolitiques entre l'empire du Milieu et ses voisins, notamment avec l'Inde qui, depuis les années 1990, ne cesse de consolider sa présence militaire en Himalaya (7). Sur le plateau tibétain, riche en ressources minières (or, cuivre, terres rares), l'extractivisme chinois et les risques de pollution des cours d'eau attenants, en particulier le Brahmapoutre, pimentent encore les relations entre les deux pays.

Ruée vers l'Arctique

D'un point de vue stratégique, le chaos climatique peut pourtant être vécu par certains pays comme une aubaine. En mai 2019, Mike Pompeo, l'ancien directeur de la CIA, aujourd'hui secrétaire d'État du président américain Donald Trump, déclare devant le Conseil de l'Arctique que la fonte des glaces aux pôles « ouvre de nouvelles voies maritimes et de nouvelles opportunités commerciales » (8). La Russie, qui dispose d'un chapelet de ports sur les côtes sibé-

Conflits et révolutions : un effet climat ?

La thèse d'un déterminisme climatique fait l'objet d'une polémique scientifique enflammée.

Sur le papier, l'équation semble irrécusable. Réchauffement climatique = phénomènes météorologiques extrêmes = terres rendues inhabitables = migrations de masses = conflits. Là où les rendements agricoles s'affaiblissent, où le désert grignote du terrain, où la mer menace de tout engloutir et où l'ouragan n'a laissé aucun mur debout, les populations seraient contraintes de plier bagage pour se mettre en quête de contrées plus hospitalières. Ni attendue ni souhaitée, leur présence dans les zones d'accueil générerait alors des tensions avec les communautés autochtones au sujet de la répartition des terres et des ressources.

Ce type d'interprétation a été popularisé par Ban Ki-moon en 2007, alors qu'il était secrétaire général des Nations unies. Dans une tribune publiée dans le *Washington Post*, il commente la guerre au Darfour, responsable d'au moins 300 000 morts depuis 2003 : « Ce n'est pas par un hasard si les violences ont commencé pendant une période de sécheresse. Jusque-là, les éleveurs nomades arabes vivaient à l'amiable avec des agriculteurs sédentaires (...) ».

Depuis, la thèse du « déterminisme climatique », qui établit un lien de causalité direct entre réchauffement global et déclenchement de conflits, a fait des émules.

Cette thèse est pourtant loin de faire l'unanimité dans le monde universitaire. Le principal reproche qui lui est fait est d'isoler un seul paramètre pour construire *a posteriori* une forme déguisée de systématisme aussi simpliste que trompeur.

Les déplacements de populations sont par exemple un phénomène complexe, difficilement réductible à un facteur unique comme le climat qui,

en l'occurrence, est loin d'être le seul ou le plus important à entrer en ligne de compte dans le choix de migrer – avant de quitter un lieu devenu inhospitalier, encore faut-il, notamment, en avoir les moyens.

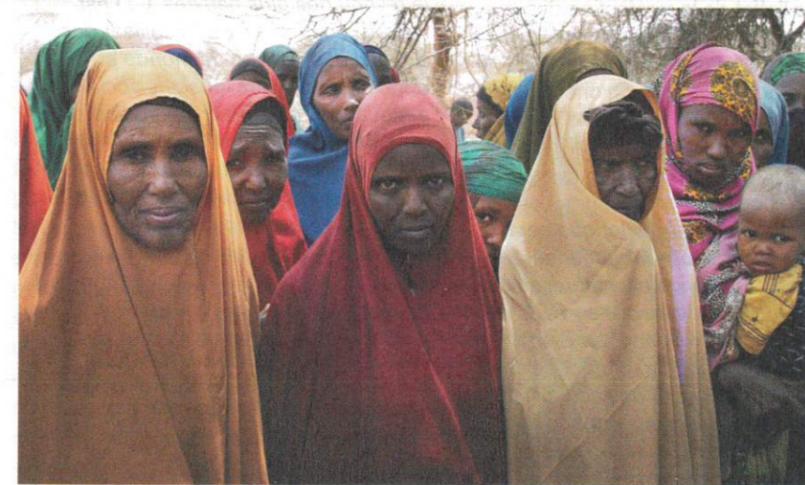
Chaleur et violence

Au niveau du conflit lui-même, extrapoler l'« effet climat » épargne également d'interroger la solidité du régime politique, le dynamisme démographique ou encore le contexte historique. Une des études les plus controversées, celle de Solomon Hsiang et de son équipe de l'université de Berkeley, publiée dans la revue *Science* en 2013, a croisé dans une base statistique une cinquantaine de conflits avec des données météorologiques. Les chercheurs en tirent la conclusion qu'il existe « un fort lien de causalité entre les événements climatiques et les conflits humains, à différentes échelles spatiales et temporelles et dans toutes les grandes régions du monde ». Cette corrélation est décrite comme « systématique » par les

auteurs : hausse des températures et multiplication de comportements violents (usage du klaxon, bagarres, meurtres, viols, violences contestataires) seraient, selon eux, deux phénomènes inextricablement liés. Une erreur de raisonnement, selon Andreas Malm, maître de conférences en géographie humaine à l'université de Lund (Suède) : « S'il existe un lien entre le changement climatique et le type d'agitation qui pourrait déboucher sur une véritable révolution, ce lien ne peut en aucun cas être immédiat. Quelle que soit l'élévation de la température, personne ne va se mettre en grève ou attaquer un poste de police parce qu'il a trop chaud. Il faut qu'il existe un compte à régler, une sorte de rage (2). » Un paramètre majeur des conflits, sur lequel les chercheurs de Berkeley font l'impasse. ■ c.o.

(1) Colin Kelley et al., « Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought », *PNAS*, vol. CXII, n° 11, 17 mars 2015.

(2) Andreas Malm, *L'Anthropocène contre l'histoire. Le réchauffement climatique à l'ère du capital*, La Fabrique, 2017.



Villageoises somaliennes déplacées à la suite de pluies torrentielles ayant décimé leurs troupeaux.

Paul Schimoz/The Washington Post/Getty

Notions clés

GUERRE VERTE

La notion de « guerre verte » ou de « guerre du climat » fait l'objet de nombreuses critiques dans le champ scientifique. L'appellation laisserait supposer que le déclenchement de conflits violents peut se réduire à une cause unique – en l'occurrence, le réchauffement climatique. Or, les études empiriques montrent que les guerres sont toujours précipitées par une multitude de facteurs (historique, politique, démographique, religieux, économique) imbriqués. À ce jour, il n'existe aucun affrontement armé dont les ferments seraient de nature exclusivement climatique. Néanmoins, ce paramètre peut, suivant les conflits, envenimer des tensions préexistantes et avoir une influence non négligeable. Dans un contexte d'intensification de la crise écologique, il mérite donc une attention toute particulière. Tout l'enjeu est, dès lors, de pouvoir quantifier et pondérer la donnée climatique face aux autres facteurs permettant d'analyser l'émergence de conflits.

GUERRE DES RESSOURCES

Moins de ressources, plus de violence ? L'idée d'un retour à l'état de nature entre nations, poussées à la guerre les unes contre les autres sous l'effet de la raréfaction des denrées alimentaires ou de l'épuisement des gisements d'hydrocarbure, fait son chemin. Cependant, note le politiste Daniel Compagnon (1), cette thèse introduit le risque, là encore, de sous-estimer l'existence d'autres facteurs. L'auteur note d'ailleurs qu'« historiquement, c'est plus souvent l'abondance des ressources, agricoles, naturelles ou autres (tels les minerais en RDC ou les « diamants de sang » au Sierra Leone et en Angola) plutôt que leur rareté qui a suscité des convoitises et permis à des factions armées de prolonger les hostilités ». Aussi une telle approche fournit-elle un

argument en apparence irrécusable aux services de défense : se positionner militairement dans la course mondiale aux ressources apparaîtrait comme une « question de survie », et légitimerait certains déploiements stratégiques dans des régions hostiles et inexploitées, comme l'Arctique.

SÉCURISATION

Théorisée par les auteurs de l'école de Copenhague, le concept de sécurisation désigne le processus par lequel certains acteurs internationaux construisent, par leur discours, les menaces qu'ils devront affronter, légitimant dans le même temps la mobilisation de moyens exceptionnels pour y répondre. Il s'agit d'une remise en cause du fait que les enjeux de sécurité sont toujours objectifs. Le réchauffement global et l'environnement font, par exemple, l'objet d'un « cadrage sécuritaire » en ce sens, constate D. Compagnon (2). En devenant une question de sécurité nationale, ils tombent dans le giron d'acteurs dont le rôle n'est pas de leur trouver des solutions politiques dans le cadre de la coopération internationale. « Si le changement climatique, par ses impacts multiples sur la santé, la production alimentaire, le bien-être et le revenu des plus pauvres, (...) est aussi susceptible de déstabiliser des États et des régions du monde et donc alimenter des tensions sociales et politiques multiples, c'est d'abord en eux-mêmes et non pour leurs implications sécuritaires supposées que ces impacts doivent être traités d'urgence par les politiques publiques », s'indigne l'auteur. ■

(1) Daniel Compagnon, « Les "guerres vertes", du fantasme médiatique aux nouveaux enjeux de sécurité », in Benoît Pelopides et Frédéric Ramel, *Guerres et conflits armés au 21^e siècle*, Presses de Sciences Po, 2018.

(2) *Ibid.*

riennes, voit elle aussi la déglaciation comme un important levier de développement. En plus des voies commerciales dont elle contrôle déjà l'accès via le passage du Nord-Est, elle espère que le réchauffement global mettra à jour de nouveaux gisements miniers et d'hydrocarbures. Le sous-sol arctique recèlerait 13% des réserves mondiales non découvertes de pétrole et 30% des réserves de gaz naturel, des gisements d'uranium, de cobalt, de zinc, de nickel, d'or, et abonde en ressources halieutiques.

De nombreux observateurs constatent une tendance lourde à la militarisation de l'écologie.

Autant de richesses qui rendent la région très convoitée. Pour les États qui lorgnent sur les mannes arctiques, la compétition – commerciale et militaire – bat son plein. En août 2019, D. Trump a même envisagé de racheter le Groenland au Danemark, avant de se faire sèchement opposer une fin de non-recevoir. L'armée russe réhabilite d'anciennes bases soviétiques pour veiller sur ses côtes sibériennes, et sa flotte ne cesse de s'agrandir : depuis 2016, la Russie a lancé la construction de quatre nouveaux brise-glaces à propulsion nucléaire. Dans la région, les exercices militaires d'envergure se multiplient : en septembre 2018, la Chine et la Russie organisent conjointement des opérations d'entraînement le long du cercle polaire oriental. Intitulée « Vostok 2018 », cette série de manœuvres mobilisent 300 000 hommes, 36 000 véhicules terrestres, 80 navires de guerre et 1 000 avions militaires (9). La riposte du camp occidental ne se fait pas attendre :



L'exercice militaire Vostok 2018 dans le Primorié, région de l'extrême Est de la Russie, en septembre 2018.

en octobre de la même année, l'Organisation du traité de l'Atlantique Nord (Otan) met sur pied « Trident Juncture 18 », exercice de contre-intimidation au cours duquel les forces terrestres, maritimes et aériennes de 29 pays sont déployées entre l'Islande et la Norvège. La région fait office de point d'entrée à l'Atlantique Nord par le passage du Nord-Est. Le message adressé aux forces russo-chinoises est clair : les pays de l'Otan peuvent, s'ils le désirent, en barrer l'accès aux navires chinois et russes.

Dictature verte ou désescalade ?

De nombreux observateurs constatent une tendance lourde, dans la plupart des grandes puissances, à la militarisation de l'écologie. En d'autres termes, à y faire face armes à la main plutôt qu'à faire jouer la coopération internationale. Pour le sociologue Razmig Keucheyan, le secteur militaire est aujourd'hui « l'un des seuls à être en mesure de réfléchir sur une durée allant de 30 à 50 ans, la temporalité pertinente pour penser les effets du changement climatique. La classe politique, de son côté, est victime d'un « court-termisme » qui la rend inapte à intégrer le changement climatique dans ses calculs (10). » Aussi cet antagonisme se manifeste-t-il

par, d'un côté, un climato-scepticisme revendiqué chez des dirigeants comme D. Trump ou Vladimir Poutine et, de l'autre, par l'intégration bien consciente de ces nouveaux enjeux à l'intérieur de leurs forces armées, qui sont toutes deux aujourd'hui à la pointe mondiale sur ces questions. Reprenant l'idée de « tyrannie comme alternative à l'anéantissement physique » développée par le philosophe Hans Jonas, R. Keucheyan questionne l'éventualité de l'émergence de dictatures vertes. Si jamais de tels régimes voient le jour pour contrer les dérèglements climatiques, les forces militaires, eu égard à leur degré de préparation, sont « de sérieux candidats pour en prendre la tête », estime le sociologue. J.-M. Valantin entrevoit quant à lui la possibilité d'une désescalade. Caractérisé par les effets conjugués du chaos environnemental et de la course à l'armement, le « climat de destruction massive » actuel peut, contre toute attente, inciter les grandes puissances à trouver un terrain d'entente : « Ce phénomène de consensus stratégique a des précédents, rappelle-t-il, comme celui (...) de ne pas se livrer à des frappes nucléaires. Il est à noter que lors des deux crises stratégiques majeures que sont la crise des missiles de Cuba et celle déclenchée par l'exercice

Able Archer de l'Otan en 1983, la crainte éprouvée par les équipes dirigeantes des États-Unis et d'Union soviétique les a amenées à entrer en désescalade puis à relancer les négociations sur le contrôle des armements nucléaires. » Encore faut-il que leurs dirigeants franchissent le cap du déni climatique. ■

(1) Jean-Michel Valantin, *L'Aigle, le Dragon et la Crise planétaire*, Seuil, 2020.

(2) Jay Gulledge et al., « The age of consequences. The foreign policy and national security implications of global climate change », Center for Strategic and International Studies et Center for a New American Security, novembre 2007.

(3) André Schneider et Philippe Tourtelier, « L'impact du changement climatique sur la sécurité et la défense », rapport parlementaire présenté le 28 février 2012 à l'Assemblée nationale.

(4) American Department of Defense, « National security implications of climate-related risks and a changing climate », 23 juillet 2015.

(5) Hervé Kempf, « Le climat, nouvel ennemi de l'armée française », *Le Monde*, 14 mars 2012.

(6) François Gemenne et Aleksander Rankovic, *Atlas de l'Anthropocène*, Presses de Sciences Po, 2019.

(7) Jean-Michel Valantin, *op. cit.*

(8) Jean-Michel Valantin, *op. cit.*

(9) Jean-Michel Valantin, *op. cit.*

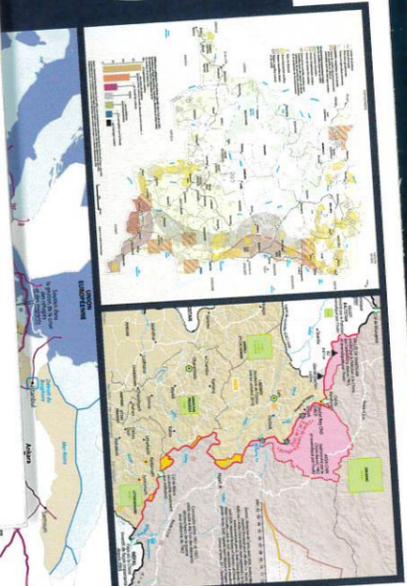
(10) Razmig Keucheyan, *La nature est un champ de bataille. Essai d'écologie politique*, La Découverte, 2018.

HORS-SÉRIE

Alternatives
Economiques

FESTIVAL DE GÉOGRAPHIE COMMENT CARTOGRAPHIER LES CLIMATS ?

CARTO
ARTE
LE MONDE EN CARTES



687 - 508 - F: 6,90 € - RD

508
L'ÉCO
POUR LA SCIENCE
Édition française de Scientific American
SCIENCE

Tous les milliards du café



Les secrets d'une ville intelligente



La crise en bulles



POUR
4
'BIBLIOTHÈQUE

332

SCIENCES HUMAINES

329
SCIENCES HUMAINES

Apprendre, jouer, aimer, communiquer, rêver de 0 à 16 ans

NUMÉRO SPÉCIAL

Grandir
aujourd'hui

Sciences Humaines

Sciences Humaines

TOM / S 1000 XPF - MAR 75 DH - TUN 9 8.TND
6,70 €