

Un rapport exprime une prise de position officielle de l'Académie nationale de médecine.  
L'Académie dans sa séance du mardi 3 décembre 2020, a adopté le texte de ce rapport par 135 voix pour, 4 voix contre et 13 abstentions.

## Conséquences du changement climatique sur la santé humaine et animale

### *Consequences of climate change on human and animal health*

MOTS CLÉS : EFFET DE SERRE, CLIMAT ET SANTÉ, CANICULES, URGENCES, INFECTIONS VECTORIELLES, POLLUTION, INÉGALITÉS SOCIALES, SÈCHERESSE, BIODIVERSITÉ

KEY WORDS: GREENHOUSE EFFECT, CLIMATE AND HEALTH, HEATWAVES, EMERGENCY, VECTORIAL INFECTION, POLLUTION, SOCIAL INEQUITY, DROUGHT, BIODIVERSITY

SWYNGHEDAUW Bernard\* (coordinateur) et WEMEAU Jean-Louis\* (secrétaire)

Au nom du Groupe de Travail Climat et Santé (PARODI André-Laurent, DUBOIS Gérard, GOBERT Jean-Gérard, JULIEN Henri, PIGUET Hubert, BREART Gérard, DEMOLY Pascal, COUTURIER Daniel, CHARPIN Denis, RODHAIN François) de la Commission XIV (déterminants de santé, prévention, environnement)

**Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêts en relation avec le contenu de ce rapport**

\* Membres correspondants de l'Académie nationale de médecine

MM. SWYNGHEDAUW et WEMEAU ont contribué également à la rédaction de ce rapport.

## RÉSUMÉ

*Sont envisagées les conséquences humaines et animales des actuels changements climatiques, les possibilités de s'y adapter et de les prévenir.*

*Le réchauffement des températures lié à l'enrichissement atmosphérique en CO<sub>2</sub> d'origine anthropique, affecte les milieux aquatiques et terrestres, modifie le biotope marin, explique sécheresses, tempêtes, inondations et incendies dévastateurs. Il modifie la biodiversité, les bio-invasions notamment par les maladies vectorielles. L'enrichissement de l'atmosphère en particules a de profondes incidences sur les cancers, les maladies cardiorespiratoires et métaboliques, les allergies. La gestion des épisodes caniculaires nécessite l'adaptation des services d'urgence et des mesures préventives en amont. L'enfant, les sujets âgés ou socialement démunis sont les plus exposés. Dans sa globalité le monde animal subit les changements climatiques dont l'homme est responsable. La réduction de la pollution et de l'enrichissement en CO<sub>2</sub> est possible au prix de mesures drastiques impliquant progressivement la décarbonation de l'économie et des changements des comportements. Le développement des surveillances épidémiologiques, l'enseignement et la recherche biomédicale en santé environnementale constituent d'actuels impératifs.*

## SUMMARY

*Human and animal consequences of current climatic changes are considered, together with possibilities of adapted conditions and prevention.*

*Warming temperature linked to atmospheric enrichment in CO<sub>2</sub> of anthropogenic origin, affects aquatic and terrestrial environments, modifies marine biotope, explains devastating droughts, storms, floods and fires. It changes biodiversity, bio-invasions specially concerning vector-borne diseases. Cardiac, respiratory and metabolic diseases, allergies and cancers are strengthened by increasing atmospheric particles. Managing heat waves requires adapting emergency services and preventive measures upstream. Children, elderly or socially deprived people are mostly exposed. As a*

*whole the animal world is undergoing by climatic change for which humans are responsible. To improve human and animal health, reducing pollution and CO<sub>2</sub> enrichment appears as a still possible ambition, involving decarbonation of the economy and changes in behavior. The development of epidemiological surveillance, teaching and biomedical research in environmental health are current imperatives.*

## **INTRODUCTION**

Les modifications actuelles du climat constituent une évidence dont attestent la répétition d'épisodes caniculaires, la sévérité des tempêtes et cyclones, les incendies massifs et non maîtrisables... Elles tirent leur origine du réchauffement climatique contemporain du début de l'ère industrielle, accentué depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle et particulièrement au cours des trois dernières décennies. L'accroissement moyen des températures a été de +1,5°C. Une importante conséquence a été l'élévation du niveau des mers résultant de la fonte de glaces et de la dilatation de l'eau.

Beaucoup d'arguments permettent d'affirmer que ces rapides modifications climatiques ne sont pas de même nature que les fluctuations mises en évidence depuis l'an mil (1). Elles sont d'origine anthropique, liées à la combustion fossile responsable de l'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique et d'un effet de serre (2). Les températures ont plus augmentées dans la troposphère que dans la stratosphère, ce qui exclut la responsabilité de variations du rayonnement solaire (3).

Le présent rapport n'a nullement pour intention de définir les facteurs qui ont contribué au réchauffement et aux changements climatiques, ni d'envisager les procédés susceptibles d'y porter remède. L'objectif du groupe de travail constitué au sein de l'Académie nationale de médecine (ANM) est d'envisager leurs conséquences humaines et animales. Une autre ambition est de proposer les moyens de s'en prémunir et de s'y adapter.

## **I. MÉTHODES**

Ce document a pris pour base les nombreuses références générales récentes parues sur la thématique, particulièrement :

- rapports du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) (4)
- compte à rebours du Lancet sur l'évolution de la santé en liaison avec le changement climatique (5)
- rapport de la FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO 2018 sur la sécurité alimentaire en liaison avec le climat (6)
- articles des revues New Engl J Med (7-9), Nature (10-13), PNAS (14)

La Commission XIV a mandaté un Groupe de Travail sur le sujet qui a auditionné des experts sur différentes thématiques : allergies (Isabella Annesi-Maesano, Denis Charpin), biodiversité (Patrick Blandin, Marc-André Sélosse), dérèglements environnementaux (Jean-François Toussaint), pollutions (Robert Barouki), maladies vectorielles (Cyril Caminade, François Rodhain), urgences (Henri Julien, Bruno Riou), insectes (Hubert Piguët). De plus a été sollicité l'avis de deux experts extérieurs : Antoine Flahault et Thomas Bourdrel.

## **II. CONSTATS ET IMPLICATIONS**

Les espèces humaines et animales ont eu à s'adapter aux périodes de glaciation et de réchauffement, de sécheresse.... Ces lentes modifications de l'environnement ont contribué aux migrations des populations, ont induit chez les individus des modifications génomiques ou épigénétiques progressives, optimisant leur accoutumance au froid, au chaud ou à la moindre disponibilité en eau.

La situation actuelle de rapides modifications du climat conduit à s'interroger sur leurs conséquences sur la santé des individus, leurs capacités adaptatives aux différents âges de la vie et dans les diverses populations, la justesse des mesures prises en terme de santé publique ou au contraire les recommandations qu'il convient de promouvoir. Ces éléments suscitent l'intérêt et l'interrogation de l'ANM. Parallèlement doit être considérée la situation des espèces animales sauvages et domestiques, probablement plus démunies encore face à de brusques variations de l'environnement.

### **II.1. Modifications de l'environnement humain et animal liées aux changements climatiques**

Le niveau des mers, stable depuis 3 000 ans, s'est accru de 1 à 3 mm/an depuis 1900. La majoration de 17 cm au XX<sup>ème</sup> siècle pourrait atteindre 50 à 130 cm au XXI<sup>ème</sup> siècle (4).

La conséquence en est la submersion marine créant des menaces sur l'habitat humain (particulièrement en Chine, Inde, Bangladesh, Indonésie, Viet Nam) et des constructions sensibles comme les centrales nucléaires. Le réchauffement des eaux s'accompagne de leur désoxygénation et acidification qui ont des conséquences sur le biotope marin (longévité et reproduction des poissons et mammifères marins, mort de massifs coralliens...).

L'enrichissement de l'air en dioxyde de carbone est rapidement croissant : sa concentration proche de 280 ppm au début de l'ère industrielle a dépassé en 2014 le seuil de 400 ppm ; l'augmentation annuelle de 0,4 en 2013 atteint plus de 3 ppm. L'accélération de sa production annuelle est considérable (76 millions de tonnes en 2002, 700 millions en 2010, le double en 2019), explicable par l'augmentation du niveau démographique, de l'urbanisation, des combustions fossiles. Le CO<sub>2</sub> contribue à l'effet de serre auxquels participent aussi l'évaporation de l'eau (en dépit de sa brève durée de vie dans l'atmosphère), le méthane, l'ozone, les hydrocarbures halogénés. Le nombre de particules portées par l'air et par l'eau, certaines polluantes et cancérigènes, s'est beaucoup accru depuis le début de l'ère industrielle. L'accroissement de la population mondiale ne cesse d'amplifier les dépenses énergétiques liées à l'industrie, l'agriculture, aux transports, tandis que les déforestations réduisent les capacités d'incorporation végétale du CO<sub>2</sub>. La démographie est un facteur aggravant considérable et, bien évidemment, incontrôlable à l'échelle mondiale..

L'augmentation des températures aquatiques et terrestres rend compte de la sévérité des tempêtes notamment dans l'Atlantique Nord (comme Irma dont les dégâts à Saint-Martin ont été considérables) (13). Les « épisodes cévenols » liés à l'évaporation des eaux chaudes de la Méditerranée confrontée à la masse froide des Cévennes sont plus fréquents et sévères, responsables d'inondations cataclysmiques aux conséquences humaines et matérielles dramatiques. Des « tsunamis de montagne » en Alaska et au Pérou ont englouti territoires et villes ; ils surviennent lors du débordement de lacs liés à la fonte des glaciers. Les incendies de forêt, favorisés par la sécheresse et les vents sont dévastateurs pour les habitats dispersés et les villes : entre août 2019 et janvier 2020 les « mégafeux » de l'Australie ont détruit 117 millions d'ha, ont conduit à l'évacuation de 100 000 habitants, tué au moins 34 personnes et plus d'un milliard de mammifères, oiseaux et reptiles (14). Ces incendies ravageurs contribuent à l'effet de serre, libèrent des quantités incommensurables de particules dans l'atmosphère. L'impact psychologique sur les populations confrontées à de tels événements climatiques et hantées par le risque de récurrence, est majeur.

Sont à mettre au compte du réchauffement climatique les migrations vers le Nord de plus de 1000 espèces animales, telles différentes variétés de rongeurs et papillons avec des conséquences sur la vitalité de végétaux, la pollinisation... Ces mouvements sont parallèles à ceux d'espèces végétales, comme la remontée septentrionale du hêtre en France. Le réchauffement et la sécheresse du Sahel ont une implication dans la migration des populations humaines vers l'hémisphère Nord (2).

La notion nouvelle d'« exposome » définit la totalité des expositions d'un individu depuis sa conception jusqu'à sa mort. Complément environnemental du génome, l'exposome quantifie les risques de survenue d'affections humaines et animales en liaison avec les changements climatiques, la pollution atmosphérique (4,5). Ce terme doit d'être intégré dorénavant dans le concept plus large de « *One health* ». Proposée initialement en médecine vétérinaire, cette notion reconnaît que la santé de l'homme, de l'animal et de leur écosystème sont un ensemble, intégrant habitat, alimentation, qualité de l'eau et de l'air, niveau socio-économique... (5). On s'efforcera de le démontrer dans les différentes incidences sanitaires liées aux changements climatiques.

## **II.2. Changements climatiques et biodiversité**

La biodiversité intervient sur la santé car elle détermine notre mieux-être au sein de la nature ; elle est essentielle dans le succès de la production agricole ; au niveau microbien, elle joue un rôle décisif dans la genèse des maladies auto-immunes et infectieuses (15, 16).

La biodiversité concerne le recensement des espèces vivantes, peut être définie comme la variété des entités vivantes s'exprimant sur le plan génétique, phénotypique et écologique. Cette notion est aussi fonctionnelle : les espèces modifient le milieu et les écosystèmes ont une influence sur les espèces (17-20)

L'extinction des espèces va croissante : une espèce animale ou végétale disparaît toutes les 20 minutes, soit 260 000 espèces multicellulaires annuellement. Liée à l'activité humaine, elle concerne mammifères, oiseaux, batraciens et reptiles, insectes, poissons, végétaux. En France métropolitaine 10% de la biodiversité globale, 15% de la flore sont menacés de disparition. Quelques espèces dépendantes de l'homme comme le bétail, sont surreprésentées. L'espèce humaine constituait 0,1% des mammifères il y a 10 000 ans, en représente actuellement 90% (9-11,17-22).

La raréfaction des espèces n'est pas inéluctable. Il est possible d'en protéger certaines, ce qui justifie une veille sanitaire spécifique (9). A l'échelon des populations, la réduction de la biodiversité a un impact sur la santé, l'eau, le recyclage des déchets, la productivité,

l'émergence de nouveaux agents pathogènes. Les influences du réchauffement climatique sur le monde microbien (plancton, cyanobactéries, microorganismes aquatiques, bactéries du sol...), le microbiote intestinal sont mal connus (23).

### **II.3. Maladies infectieuses et changements climatiques**

Les variations de l'humidité impactent répartition, abondance, physiologie et profil génétique des arthropodes vecteurs. Elles influent aussi sur les populations d'hôtes vertébrés et les micro-organismes infectant, contribuent à leur sélection. De ce fait les modifications des interrelations sont susceptibles d'accroître ou de minorer le risque de transmission des maladies vectorielles (10, 15, 17).

La hausse de la température accroît le développement des populations de vecteurs et le nombre de piqures. Se réduit la période d'incubation extrinsèque, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que le vecteur piqueur devienne infectieux. La répartition géographique des maladies à vecteurs endémiques, la dissémination des épidémies, les saisons et l'intensité des transmissions se modifient. Ces affections sont climatosensibles, mais l'interprétation des changements est difficile en raison des imprécisions entourant l'évolution climatique, la circulation des micro-organismes, les changements des modes d'agriculture, d'élevage, d'habitat, des déboisements ou reboisements, de l'urbanisation...(18, 24).

Sont constatées les déplacements géographiques de diverses affections autrefois exotiques : dengue, chikungunya et autres arboviroses (Zika), bilharziose, filovirus responsables de la fièvre d'Ebola apparue en Europe en 2011. Le changement climatique est souvent accusé à tort d'être à l'origine des bio-invasions. En fait l'homme est l'espèce la plus invasive : lors de ses multiples déplacements par voie terrestre, maritime ou aérienne, il transporte avec lui agents infectieux, vecteurs, animaux domestiques et leurs parasites. La réussite de l'émergence dépend ensuite du contexte local : pour persister l'agent infectieux doit disposer dans son nouvel environnement d'un climat favorable, d'hôtes vertébrés réceptifs nécessaires à sa réplication et de vecteurs potentiels assurant sa transmission. Bioclimatique, ce contexte est aussi socio-économique : beaucoup d'infections dites "tropicales" sont aussi des maladies de la pauvreté (18, 19, 24).

Les conséquences du changement climatique sur ces maladies sont progressives et durables, consistent en effets de frange, de glissements des zones endémiques, et en phénomènes épidémiques liés aux bio-invasions de micro-organismes pathogènes à la faveur de l'implantation de leurs vecteurs (24). Ainsi en est-il pour la malaria aviaire ou pour une épizootie nouvelle liée au virus Usutu (Usuv) originaire du Zwaziland en Afrique du Sud,

venu contaminer l'avifaune européenne (merle noir et autres passereaux, chouettes et hiboux), voire chevaux ou humains (25). En raison du changement climatique, un rapport de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFFSA) en 2005 a recommandé en France métropolitaine la surveillance de six maladies dont 5 sont vectorielles : fièvre de la vallée du Rift, infection à virus West Nile, leishmaniose canine, leptospirose, peste équine, fièvre catarrhale ovine ou maladie de la langue bleue du mouton. D'origine africaine cette dernière, apparue en Europe du Sud dans les années 1990, a gagné la France et l'Europe du Nord vers 2006 ; le changement climatique a permis l'adaptation de l'agent viral à un moucheron indigène *Culicoïde obsoletus* qui en assure la transmission (26). Un autre exemple est le risque potentiel d'infections bactériennes à *vibrio* non cholériques véhiculés par les fruits de mer qu'affecte le réchauffement des eaux.

Cependant les modifications climatiques n'ont pas un rôle exclusif dans la diffusion des maladies infectieuses. Interviennent aussi les pratiques agricoles, la multiplication des déplacements humains et animaux, la circulation des denrées... Ceci contribue à l'imprécision des modèles prévisionnels. Dans une étude le changement climatique n'intervient qu'en 10<sup>ème</sup> position des facteurs d'émergence d'une nouvelle infection (16). Les agents pathogènes sont majoritairement d'origine animale (zoonoses), seule une minorité d'entre eux est capable de causer des épidémies de grande ampleur. Le climat n'est qu'un des paramètres du panorama épidémiologique.

#### **II.4. Incidences cardiorespiratoires et carcinologiques du changement climatique**

Elles sont toutes en liaison avec l'accroissement de la pollution atmosphérique : enrichissement en particules fines, ozone, plomb, cadmium, oxydes soufrés et d'azote,... Le réchauffement des températures accroît la toxicité des polluants chimiques (benzène, hydrocarbures polycycliques...) et pesticides (phytosanitaires ou domestiques). Il modifie la salinité de l'environnement, rend de nombreux écosystèmes plus vulnérables aux polluants. Aux teneurs usuelles, le dioxyde de carbone n'est pas réputé responsable d'effets délétères sur la santé.

Sur l'organisme la pollution accroît le stress oxydant, crée de l'inflammation, un dysfonctionnement endothélial, majore le pouvoir thrombogène, active le système rénine-angiotensine... Il existe aussi un effet mécanique direct des particules. La dioxine agit sur un récepteur aux multiples fonctions qui intervient particulièrement dans la réponse aux xénobiotiques (principalement polluants organiques), mais aussi dans la régulation de l'auto-immunité et l'interaction avec le microbiote (12, 27, 28).



La pollution de l'air surtout chronique serait responsable annuellement de 790 000 morts prématurées en Europe. Dans le même temps, les maladies chroniques non transmissibles liées à l'environnement rendraient compte de 7 millions de décès par cancers, maladies respiratoires et cardiovasculaires (11). Les enquêtes font état d'une surmortalité, d'un accroissement des cancers, des maladies chroniques non transmissibles<sup>1</sup> (hypertension artérielle, obésité, diabète de type 2) lors de l'exposition aux particules fines (PM<sub>2,5</sub>) et ultrafines (PM<sub>1</sub> <1 µm passant la barrière alvéolocapillaire) (8).

L'exposome inclut la pollution atmosphérique dont l'effet s'amplifie en période de chaleur : bruit, défaut d'aération, stress psychologiques, difficultés socio-économiques....

## **II.5 Changements climatiques et allergies**

Fréquence et sévérité des manifestations allergiques s'accroissent, en liaison avec la pollution, la pollinisation, les moisissures et proliférations bactériennes.

Les allergies respiratoires (rhinites, sinusites, asthme) de l'homme comme d'animaux de compagnie sont favorisées par l'enrichissement aérien en particules. La pluie en réduit la diffusion. A l'inverse l'enrichissement en ozone accroît la concentration des particules fines et la sensibilité aux allergènes respiratoires, altère les résistances des voies aériennes et les défenses anti-oxydantes ; il aggrave de ce fait la sévérité de l'asthme, favorise l'irritation des muqueuses nasopharyngées et oculaires.

Les conditions de l'exposition pollinique se sont modifiées. Durant ces dernières décennies la durée saisonnière de pollinisation a subi une augmentation moyenne de 4,5 jours, du fait de floraisons plus précoces. On assiste à une translation progressive d'espèces végétales, de l'ordre de 200 km vers le Nord et de 150 mètres en altitude ; certaines sont d'importants vecteurs d'allergènes comme le chêne vert, le hêtre commun, l'ambroisie (qui se répand en France et en Europe de l'Est), le bouleau (issu de Russie et maintenant présent en Islande). Des images satellitaires révèlent d'immenses nuages de pollen (et de cendres) au-dessus de l'Europe. Le CO<sub>2</sub> atmosphérique augmente la photosynthèse et la croissance des plantes, stimule la production des pollens et leur contenu en allergènes. Les orages accroissent la concentration atmosphérique du pollen, ce qu'expliquent les effets destructeurs des décharges électriques ou des tempêtes : libération de granules d'amidon à partir des grains de pollen que majore l'accroissement en ozone ou dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) ; ces déchets polliniques sont responsables des crises d'asthme lors des orages (29). Au niveau cutané,

---

<sup>1</sup> Cf. communiqué de ANM G Dubois 25/09/2018

l'atopie est favorisée par les changements de la biodiversité qui modifient le microbiote de la peau.

Les effets des acariens constituent un bon exemple d'interférences climat/allergènes/insectes (30). La densité des acariens dans la poussière de maison et la literie est influencée par la latitude (elle s'accroît lorsqu'on s'éloigne des pôles), augmente avec la chaleur et dans les villes où la température moyenne est plus élevée.

De gros efforts sont entrepris pour minimiser l'influence des changements climatiques sur les maladies allergiques. Le projet HEALS (qui participe au Réseau Environnement Santé) évalue l'implication de l'exposome et des modifications de la biodiversité dans l'allergie. Une quantification des expositions est maintenant permise par l'appareillage CANARIN (sur le modèle des canaris dans les mines) : portable, de faible coût, il permet en temps réel de mesurer les concentrations en particules PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> (de taille moyenne inférieure à 1, 2,5 et 10 µm), le degré d'humidité et de pression, informe les individus sur leur niveau d'exposition.

## **II.6. Urgences climatiques**

Les modifications climatiques impliquent aussi des situations aiguës où humains et animaux sont brutalement confrontés à des modifications de leur environnement : tempêtes, incendies de forêt, cyclones, pics de pollution.... Elles exposent les plus fragiles et sont responsables de décès.

Globalement s'observe une réduction du froid hivernal. Mais surviennent aussi de très sévères vagues de froid glacial, comme celles observées au Nord de l'Eurasie en 2010, de l'Amérique en 2013 et 2019. Elles s'expliquent par l'atténuation des vortex (tourbillons descendants) polaires stratosphériques, du fait de la réduction de la calotte glaciaire et de la moindre réflexion du rayonnement solaire. En liaison paradoxalement avec le réchauffement des températures terrestres, ces vagues de froid intense affectent la santé des plus fragiles, exposent à la décompensation de maladies chroniques (31).

Cependant c'est la gestion des épisodes de chaleur extrême qui mobilise au plus haut point les pouvoirs publics et l'organisation des services d'urgence (32). Au niveau des grandes cités se forment de véritables « îlots de chaleur » que majore l'urbanisation croissante. La mortalité est maximum en hiver, mais depuis une vingtaine d'années s'ajoute un pic estival qui correspond aux épisodes caniculaires.

Le « coup de chaleur » (ou hyperthermie maligne), survenant au repos ou lié à l'exercice, est responsable d'une élévation de la température corporelle à plus de 40°C

s'associant à des signes neurologiques. La situation est d'une extrême gravité en cas de température au-delà de 42°C. Dans les secteurs d'urgence, au cours du triage sont considérés comme en état de coup de chaleur les sujets dont la température excède 38,5°C, indépendamment du contexte morbide. Le coup de chaleur s'observe aussi chez l'animal : par exemple à l'effort chez le cheval de course quand la température extérieure excède 28°C, chez les chiens abandonnés dans un véhicule au soleil.

En France la canicule de 2003 a duré 12 jours et a entraîné un excès de décès qui a atteint plus de 2 000 quotidiennement. L'alerte a été rapide et le Plan d'Action Chaleur Extrême (PACE) a été conçu à cette occasion. Aux urgences, l'afflux de patients a été massif. Il y a eu près de 15 000 décès entre le 1<sup>er</sup> et le 20 août 2003 soit une surmortalité de 55%. Cette vague de décès a été suivie d'une réduction relative du nombre de morts dans les mois suivants (« effet moisson »). L'évaluation n'a pas tenu compte des décès tardifs et le nombre réel serait proche de 30 000.

Un Plan national Canicule activé du 1<sup>er</sup> juin au 15 septembre, a été mis en place en France depuis 2003 par Santé Publique France et Météo France. La climatisation des services d'urgence a été entreprise. L'enseignement du coup de chaleur est maintenant au programme des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> cycles des études médicales. Un groupe de recherche mis en place au sein de l'AP-HP en 2003, a précisé les facteurs ayant contribué à la survie dans une cohorte de 345 sujets où la mortalité a été de 63%, a défini différents groupes à risque ; biologiquement procalcitonine, natrémie, troponine ont été identifiés comme des marqueurs pronostiques (32). Les enfants, travailleurs de force, personnes âgées, handicapées ou atteintes de plusieurs affections, les patients soumis aux diurétiques apparaissent comme les sujets les plus exposés.

Depuis 2003 plusieurs épisodes de chaleur ont conduit à des préalertes. Juin et juillet 2019 ont été marqués par 2 nouveaux épisodes de canicule prolongés et intenses avec dépassements des seuils d'alerte, 1435 décès en excès ont été observés à cette occasion. La probabilité que les canicules se répètent à des intervalles plus rapprochés est grande. De nouvelles crises sanitaires semblent inéluctables. Il faut adapter l'organisation des services d'urgence, promouvoir en amont de larges mesures préventives.

### **III FACTEURS ASSOCIÉS DE GRAVITE**

#### **III.1 Effets de l'âge**

Ils apparaissent clairement chez l'enfant, plus exposé à la déshydratation, aux infections du fait de l'immaturation du système des défenses immunitaires, et doué d'une

moindre autonomie, d'une moindre capacité à exprimer sa souffrance. Malgré tout l'enfant est entouré d'une importante attention des proches, si bien qu'il n'apparaissait pas en première ligne des victimes lors des épisodes caniculaires. Parallèlement à la réduction des infections, le risque allergique s'accroît chez l'enfant. La survenue de l'asthme infantile est en relation forte avec l'exposition aux particules, N02 et ozone (33) .

Un isolement social plus grand est présent chez les sujets âgés, plus exposé à la solitude, au dénuement. L'expression de la soif se réduit. Les comorbidités se multiplient. Dans les décomptes, la personne âgée est la plus exposée aux accidents climatiques (tempêtes, tornades, incendies...), aux vagues de froid et aux épisodes caniculaires (31)

### **III.2. Statut nutritionnel et hydrique**

Liée au réchauffement, à l'effet de serre, à la déforestation, aux incendies, la sécheresse s'accroît. Son degré est aussi influencé par le degré d'humidité, l'intensité des vents, l'organisation du pays. Au Pérou la fonte des glaciers a tari l'alimentation en eau potable.

La sécheresse a d'importantes conséquences sur les rendements agricoles. Une augmentation de la température de 1°C réduit de 5% la productivité céréalière. Les changements climatiques modifient la qualité de l'eau, les modes de culture, la distribution de l'alimentation affectée au plan quantitatif et qualitatif (4, 5). La faim progresse dans le monde : la prévalence de la sous-alimentation dans la population mondiale s'est accrue de 10,6% en 2015 à 10,8% en 2018, un Africain sur 5 est concerné. Les changements climatiques contribuent à la dénutrition infantile. Les conséquences diffèrent selon le développement du pays (6,34,35). L'OMS a émis une alerte sur le double fardeau des pays à faibles revenus, touchés à la fois par la sous-alimentation et le surpoids (36).

Inversement le mode alimentaire a un effet sur la production de gaz à effet de serre et sur la consommation de l'eau. Celles-ci se réduisent de 20 à 30%, lorsqu'est privilégiée une alimentation majoritairement végétale, limitant les denrées animales.

### **III.3. Statut socio-économique**

Les changements climatiques accentue les inégalités sociales (5). L'extrême pauvreté rend plus difficile l'accès alimentaire, confine les individus dans des conditions insalubres, altère l'accès aux soins (4-6). Les conditions de travail sont particulièrement difficiles chez les moins qualifiés ou les plus défavorisés. On estime que 153 milliards d'heures de travail ont été perdues en 2017, surtout dans le secteur agricole, du fait de la chaleur excessive (4).

La Banque Mondiale estime que les modifications du climat devraient pousser plus de 100 millions de personnes dans la pauvreté extrême vers 2030. Le Rapport du Conseil Économique, Social et Environnemental (CESE) du 27 septembre 2016 a réclamé une plus grande « justice climatique ». L'analyse de l'InVS, après la canicule de 2003 aboutit aux mêmes conclusions. L'injustice climatique concerne le corps médical et l'ANM a déjà consacré plusieurs séances ou rapports à ce sujet.

### **III.4. Spécificités animales**

En Laponie, les chutes de pluie et non de neige sur un sol gelé favorisent la constitution de glaces. Les rennes tirent leur nourriture hivernale en grattant la neige de leurs sabots. La glace leur fait perdre l'accès à la nourriture, et nombre d'entre eux ont été décimés par la famine.

La banquise se réduit d'environ 13% par décennie. Elle constitue l'habitat, le terrain de chasse et de reproduction de l'ours blanc qui est une des espèces de mammifères les plus menacées. La fonte du permafrost (pergélisol) crée de nouveaux espaces lacustres, libère du méthane qui contribue à l'effet de serre, aussi divers agents microbiens (bacille du charbon, virus de la variole...) dont les risques pour les herbivores et les humains sont imparfaitement évalués.

Le phytoplancton et le zooplancton qui interviennent dans la chaîne alimentaire des espèces aquatiques, se modifient en liaison avec l'augmentation de la température des eaux, des modifications de la salinité qu'explique l'enrichissement en eaux douces du fait de la fonte des glaces.

S'étend l'aire géographique de certaines parasitoses animales (douve, leishmaniose, dirofilariose...), susceptibles d'affecter la santé de l'Homme. L'aire d'extension et l'activité saisonnière des tiques se sont accrues, telles celles d'*Ixodes ricinus* capables de transmettre les agents infectieux de la méningo-encéphalite virale ou de la maladie de Lyme qui connaît une extension spectaculaire (37).

Les animaux d'élevage ont une moindre possibilité de se protéger de la montée des températures. Il est essentiel que le bien-être animal soit pris en compte.

## **IV. STRATEGIES DE SURVEILLANCE ET D'ADAPTATION**

Le GIEC réunissant 145 pays a été créé en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (4).

C'est un lieu d'expertise regroupant scientifiques et surtout climatologues qui collectent la littérature scientifique sur le sujet. La synthèse finale est soumise à débat contradictoire et aboutit à un consensus.

Le contrôle du changement climatique implique la réduction de la consommation d'énergies fossiles responsable de l'excès de production de CO<sub>2</sub>. Pour Valérie Masson-Delmotte, coprésidente du Groupe 1 du GIEC, les efforts des États sont insuffisants : « ce à quoi l'on assiste pour le moment n'est que renoncement » (3). Dans les pays de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économique), il est prévu que l'espérance de vie s'accroisse jusqu'à au moins 2030 (5). Cependant au plan mondial, en liaison avec le changement climatique on estime à 250 000 le risque annuel de décès supplémentaire entre 2030 et 2050, très dépendant des régions et du niveau socio-économique des individus. En France, l'anticipation de ces événements se met en place au sein de l'Agence Nationale de Santé Publique.

La décarbonation de l'économie, c'est-à-dire la mise en place de techniques réduisant la production de dioxyde de carbone, impose d'importants changements dans le choix des sources énergétiques (solaire, aérienne...), l'optimisation de leur efficacité (isolation des habitations, rendement des moteurs...). Elle implique aussi de profondes mutations du mode de vie des individus (sobriété énergétique, comportement dans le travail, les déplacements, les loisirs...).

Pour l'instant tout indique que l'on continue à vivre et travailler sensiblement de la même manière (« *Business as usual* ») (5). En raison des différences liées au statut des individus, le Conseil Économique Social et Environnemental propose que les mesures soient évaluées au regard de leurs bénéfices pour les 20% des plus pauvres (12).

La crise mondiale liée à la pandémie du Covid-19 a montré la capacité d'obtenir rapidement une atténuation très significative et généralisée du degré de pollution (38).

En définitive beaucoup d'arguments laissent penser que l'amélioration de la santé des humains (par la réduction des consommations alimentaires notamment d'origine animale, la majoration des activités physiques, l'épargne des transports motorisés...) se confond avec la bonne santé de la planète et l'amélioration de la condition animale (39).

## V. RECOMMANDATIONS

**1- Prendre position clairement sur l'authenticité de changements climatiques d'origine anthropique, et l'évidence de leurs conséquences. Contribuer à l'effort général de**

**clarifier leurs impacts sanitaires et de contrôler leurs effets. Il est nécessaire que toutes les professions, y compris dans le domaine de la santé, se préoccupent des conséquences environnementales de leur propre activité.**

**2- Renforcer la surveillance épidémiologique des maladies infectieuses pour être en mesure de réagir en urgence devant toute menace, au moyen de plans d'action préétablis autorisant des interventions ciblées, rapides et coordonnées.**

**3- Soutenir vigoureusement toute mesure visant à réduire la pollution atmosphérique particulaire. C'est un facteur de risque cardiovasculaire et respiratoire analogue au tabac. Soutenir toutes les mesures prises contre le risque allergique croissant, conséquence directe du changement climatique.**

**4- Lorsqu'est prévu un épisode caniculaire, poursuivre la diffusion de messages et de mesures préventives au niveau des personnes âgées, des EPHAD, des clubs sportifs et du grand public.**

**5- Soutenir énergiquement l'adaptation des urgences soumise à une sollicitation accrue en liaison avec la fréquence et l'intensité des canicules et autres catastrophes sanitaires.**

**6- Développer un enseignement spécifique sur la santé environnementale susceptible de devenir une discipline en elle-même, en intégrant les notions d'exposome et d'une santé globale dans les facultés de médecine et de pharmacie, les écoles d'ingénieurs et vétérinaires, dans l'enseignement secondaire des Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) et les formations de Développement Professionnel Continu (DPC).**

**7- Développer une recherche biomédicale et environnementale sur les effets du climat sur la biodiversité, en particulier la biodiversité parasitaire, bactérienne et virale, dont les risques potentiels sur la santé sont majeurs et mal connus.**

## **VI. CONCLUSIONS**

Le changement climatique est un nouveau paramètre environnemental. Sa réalité et son origine anthropique ne font plus débat. Il est la conséquence délétère la plus évidente des activités humaines contemporaines. Il est nécessaire d'inclure la connaissance de ses importantes conséquences en médecine humaine et animale, d'obtenir une contribution universelle à la réduction de ses causes et à la limitation de ses effets.

## ADDENDUM : COVID 19 et changements climatiques

En apparence les changements climatiques ne sont pas directement responsables de l'actuelle pandémie liée au SARS-Cov2. Cependant les atteintes à la biodiversité qui contribuent au rapprochement de la faune sauvage, du bétail et des humains, ont une responsabilité dans les infections virales émergentes (M Hrabanski and D Pesche. in The Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), Meeting the challenge of biodiversity conservation and governance. Routledge edit. 2019)

Une fréquence accrue de l'incidence des foyers de COVID 19 a été observée en zones polluées comme dans les grandes métropoles. Les risques pulmonaires et thrombotiques liés à l'infection sont alors majorés (Martelletti L, Air pollution and the novel Covid-19 disease : a putative disease risk factor. SN Comprehensive Clinica Med 2020, 2, 383-387). La pollution contribuerait dans le Monde à 15% de la mortalité liés à la COVID : 18% en France, moindre à celle de la moyenne des pays européens, et celle observée en Chine (27%) (Lelieveld J. *et al.* Cardiovascular Research 2020).

A l'inverse le confinement s'est accompagné rapidement de la réduction des images satellitaires des nuages liés la pollution, attestée par la baisse de NO<sub>2</sub> dans la stratosphère (Ding J *et al.* NO<sub>x</sub> Emissions Reduction and Rebound in China Due to the COVID-19 Crisis. Geophysical Research Letters. First published 09/09/2020.doi.org/10.1029/2020GL089912). A été constatée aussi mondialement une réduction des émissions du CO<sub>2</sub> qui a atteint 8,8 % (soit une baisse de 1551 millions de tonnes) durant les 6 premiers mois de l'année 2020 en comparaison de la même période de 2019 ; ceci a été rapporté à la diminution principalement du trafic terrestre (- 40%), avant celles de la production énergétique et du secteur industriel (- 22 et - 17%) ; la diminution a été moindre dans l'habitat (- 3%) du fait du travail et du confinement à domicile, tient compte de la douceur de l'hiver 2020 dans l'hémisphère Nord (Liu Z *et al.* Near-real-time monitoring of global CO<sub>2</sub> emissions reveals the effects of the COVID-19 pandemic. Nature Communications (2020): DOI: 10.1038/s41467-020-18922-7). Un rebond des productions de CO<sub>2</sub> a été constaté à partir de juillet 2020 dès la levée des confinements.



La réduction de la pollution et du rejet de CO<sub>2</sub>, bénéfique pour la santé humaine, animale et planétaire, est donc possible. La diminution des activités humaines n'y apporte pas une réponse crédible. Elle implique plutôt, certes des modifications des comportements individuels, mais surtout une réduction du bilan carboné de l'économie.

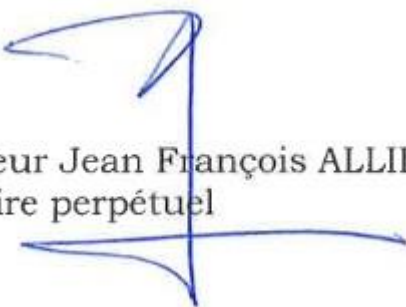
## **BIBLIOGRAPHIE**

- 1 Leroy-Ladurie E. Les fluctuations du climat. De l'an mil à aujourd'hui. Fayard 2011
- 2 Swynghedauw B. Conséquences médicales du réchauffement climatique. Presse Med 2009;38:551-61
- 3 Masson-Delmotte V. Climat : le vrai et le faux. Le Pommier 2011
- 4 GIEC. Rapports spéciaux sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5°C. Résumé pour les décideurs. 8 oct 2018, 25 déc 2019
- 5 Watts N, Amann M, Arnell N, Karlsson SA Belesova K, Boykoff M et al, The 2019 report of The Lancet Countdown on Health and Climate change : ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. The Lancet 2019; 394: 1780)
- 6 Report of FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. The state of food security and nutrition in the world. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome 2018.
- 7 McMichael AJ. Globalisation, climate change and human health. New Engl J Med 2013; 68: 1335-43
- 8 Di Q, Wang Y, Zanobetti A *et al.* Air pollution and mortality in the Medicare population. N Engl. J Med 2017;376:2513-22
- 9 Haines A, Ebi K. The imperative for climate action to protect health. New Engl J Med 2019;380:263-73
- 10 Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 1997;387:253-60
- 11 Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson F, Chapin FS *et al.* A safe operating space for humanity. Nature 2009;461:472-5
- 12 Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, Giannadaki D, Pozzer A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature 2015;525:367-71
- 13 Philips N *et al.* The climate link to Australia's fires. Nature 2020;577:610-20

- 14 Ning L, Kopp RE, Horton BP *et al.* Hurricane Sandy's flood frequency increasing from year 1800 to 2100. PNAS 2016;113:12071
- 15 Swynghedauw B. L'homme malade de lui-même. Belin 2015
- 16 Woolhouse MEJ, Gowtage-Sequeria S. Host range and emerging and reemerging pathogens. Emerg Infect Dis 2005;11:1842-7
- 17 Bœuf G. La biodiversité, de l'océan à la cité. Leçons inaugurales du Collège de France. Fayard 2014
- 18 Lavorel S, Lebreton JD, Le Maho Y. Les mécanismes d'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques et leurs limites. Rapport de l'Académie des Sciences 27/07/2017
- 19 Blandin P. Biodiversité, l'avenir du vivant. Albin Michel 2010
- 20 Rodhain F. Annales de l'Institut Pasteur : Changements climatiques, maladies infectieuses et allergiques. ISBN : 2-84299-456-6
- 21 Sanchez-Bayo F, Wyckhuysb KAG. Worldwide decline of the entomofauna : a review of its drivers. Biological Conservation 2019;232:8-27
- 22 Couvet D, Dehorter O, Henry PH, Jiguet F, Julliard R. La biodiversité contre les maladies infectieuses ? Annales des Mines janvier 2006,77-83
- 23 Marxsen J. Climate change and microbial ecology. Caister Academic Press 2016
- 24 Caminade C, McIntyre KM, Jones AE. Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. Ann NY Acad Sci 2019;1436:157-73
- 25 Cauchard J. Poursuite de la propagation du virus Usutu dans l'avifaune en Europe. Plateforme ESA 2017
- 26 Bayliss M, Caminade C, Turner J *et al.* The role of climate change in a developing threat: the case of bluetongue in Europe. Rev Sc Tech Off Int Epiz 2017;36:467-78
- 27 Bourdrel T Bind MA, Béjot Y, Morel O, Argacha JF. Cardiovascular effects of air pollution. Arch Cardiovasc Dis 2017;110:634-42
- 28 Bauters C. Cœur et pollution particulaire. Presse Med. 2016;45:73-7
- 29 D'Amato G, Annesi-Maesano I *et al.* Thunderstorm-related asthma attacks. J Allergy Clin Immunol. 2017;139:1786-7
- 30 Charpin D, Birnham J, Haddi E, Genard G Laneaume A *et al.* Altitude and allergy to house-dust mites. A paradigm of the influence of environmental exposure on allergic sensitization. Am Rev Resp Dis 1991;143:983-6
- 31 Bunker A, Wildenhaim J, Vandenberg A *et al.* Effects of Temperature on Climate-sensitive Mortality and Morbidity Outcomes in Elderly. EBioMedicine 2016;6:258-68

- 32 Hausfater P, Riou B. Coup de chaleur. *Encycl Med Chir Urgences* 2007;24-116-A20. Elsevier, Paris
- 33 Burbank AJ, Peden DB. Assessing the Impact of Air Pollution on Childhood Asthma Morbidity. *Allergy Clin Immunol* 2018;18:124-31
- 34 Ehrlich PR and Ehrlich AH. Can a collapse of global civilization be avoided? *Proc R Soc B* 2013; 280:20122845
- 35 Global Burden of Disease. Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the GBDS 2016. *Lancet* 2017;390:1211-59
- 36 WHO. Double-duty actions to address all forms of malnutrition: from evidence to programmes and policy. Dec 16, 2019
- 37 Alkhishe AA, Peterson AT, Samy AM. Climate change influence on the potential geographic distribution of the disease vector *Ixines Ricinus*. *Plos One* 2017;12:e0189092
- 38 Cui J *et al.* Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nature Rev* 2019;17:181-92
- 38 Patz JA. A Low-Carbone Future Could Improve Global Health and Achieve Economic Benefits. *JAMA* 2020;28:E1-E2

**Pour copie certifiée conforme**



Professeur Jean François ALLILAIRE  
Secrétaire perpétuel