

Impact du changement climatique sur la santé : premiers partages du GT dédié de l'IA

Thomas BOUDINAUD – Voahirana RANAIVOZANANY
Laurent FAUCILLON - Elise LAURENT - Ribal SLIM

Impact du changement climatique sur la santé : premiers partages du GT dédié de l'IA

1. Pourquoi en parler et où en est-on ?
2. Impacts : quantifiables ou pas ?
3. Les axes de travail du GT

Effets du changement climatique sur la santé : De quoi parle-t-on ? (1/3)

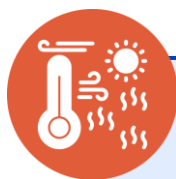
	Type	Impact sur la santé
Evènements extrêmes (aigus)	Chaleur extrême	Maladies cardiovasculaires Allergies Maladies diarrhéiques Malnutrition Maladies respiratoires Cancers Blessures Maladies liées à la chaleur Maladies vectorielles Maladies Mentales ...
	Feux de forêts	
	Inondations	
	Conditions météo graves	
Evènements à évolutions lentes (chroniques)	Sécheresse	
	Hausse des températures	
	Montée niveau de la mer	
	Disponibilité et qualité de l'eau	
	Changement écologique	
	Dégradation environnementale	
	Pollution	
	Approvisionnement alimentaire	

Effets du changement climatique sur la santé : De quoi parle-t-on ? (2/3)

Conditions climatique	Type	Impacts sur la santé											
		Maladies Cardiovasculaires	Allergies	Maladies diarrhéiques	Malnutrition	Maladies vectorielles	Maladies respiratoires	Cancer	Blessures et déplacements	Maladies liées à la chaleur	Autres maladies chroniques	Maladies dégénératives	Résistance aux antimicrobiens
Événements extrêmes (aigus)	Chaleur extrême	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓	
	Feux de forêts	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
	Inondations		✓	✓	✓	✓	✓		✓				✓
	Conditions météorologiques graves	✓		✓					✓	✓			
Événements à évolution lente (chroniques)	Sécheresse			✓	✓	✓				✓	✓		
	Hausse des températures	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Montée niveau de la mer			✓	✓	✓			✓				
	Disponibilité et qualité de l'eau			✓	✓	✓		✓			✓		
	Changement écologiques		✓	✓		✓	✓		✓	✓			✓
	Dégradation environnementale		✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓
	Pollution	✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Approvisionnement alimentaire	✓		✓	✓			✓	✓	✓		✓		

Source : The Geneva Association – Climate change : What does the future hold for health and life insurance ? – Février 2024

Effets du changement climatique sur la santé : De quoi parle-t-on ? (3/3)



Vagues de chaleur

- Augmentation de leur fréquence et intensité
- Hausse des hospitalisations pour maladies cardiovasculaires et respiratoires
 - Maux de tête, déshydratation, coups de chaleur (mortels)



Incendies de forêts

- Intensification chaque été
- Problèmes respiratoires liés à la pollution



Tempêtes et inondations

- Coupure d'eau potable, contamination des nappes phréatiques, blessures, infections
 - Effets sur la santé mentale, traumatisme



Altération des saisons

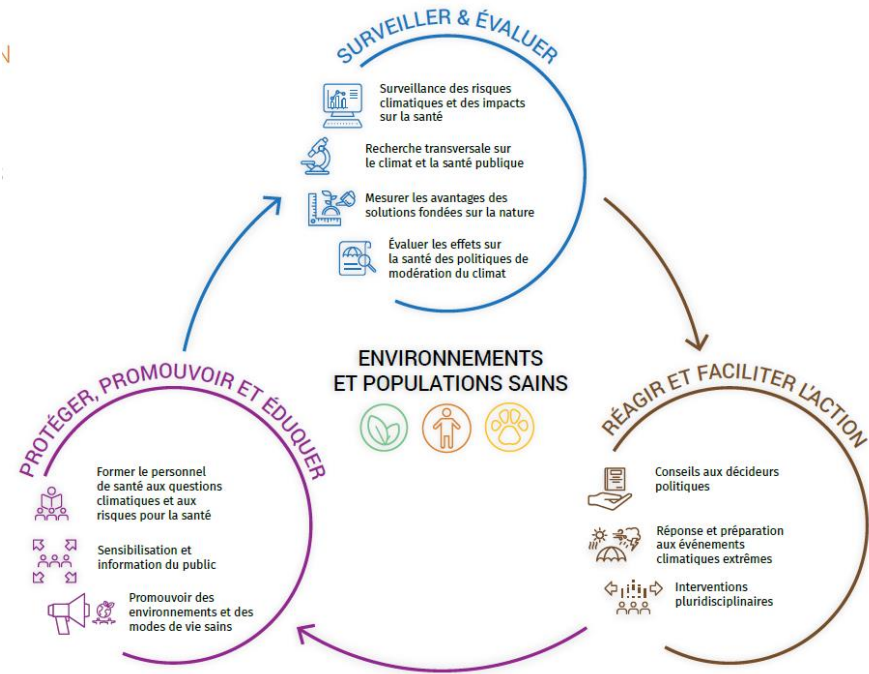
- Modifications des cycles saisonniers
- Allergies, maladies infectieuses, cohabitation accrue homme-animal
- Impact sur la nutrition, effets psychologiques
- Hausse des risques de maladie chez les enfants



Le changement climatique et la santé : Les autorités sanitaires s'en préoccupent

- L'impact du changement climatique sur la santé est installé parmi les préoccupations majeures actuelles.
- Il fait partie des six enjeux du programme de travail de Santé Publique France

UN DES SIX ENJEUX DU PROGRAMME DE TRAVAIL DE SANTÉ PUBLIQUE FRANCE



Source : Rapport annuel 2023 – Santé publique France
– Juillet 2024

MIEUX VIVRE AVEC LA CHALEUR EN VILLE

LA CHALEUR EST DANGEREUSE POUR LA SANTÉ

Pendant une canicule, l'épuisement de l'organisme se traduit par une très grande diversité d'effets sanitaires (symptômes cardiovasculaires, respiratoires, digestifs, rénaux, maux de tête, coups de chaleur, déshydratation...).

Entre 2014 et 2019 pendant les canicules :

- 5 700 décès en France métropolitaine
- 5 200 passages aux urgences pour coups de chaleur, dont près de 1 500 enfants
- 5 900 passages aux urgences pour déshydratation, dont 3 500 personnes âgées

LES RISQUES AUGMENTENT EN FONCTION DE L'ENVIRONNEMENT URBAIN

Il fait plus chaud dans les zones plus denses et minéralisées. Le risque de mortalité est plus grand dans les communes qui ont le moins de végétation, d'arbres et des sols plus artificialisés (sols transformés et plus ou moins imperméabilisés).

2 à 6°C en +

Le risque de mortalité lié à la chaleur est 18 % plus grand dans les communes les moins arborées*

VIVRE AVEC CE NOUVEAU CLIMAT

- RÉDUIRE LA CHALEUR EN VILLE** : végétalisation, désartificialisation des sols, choix des matériaux de construction...
- ADOPTER LES BONS RÉFLEXES EN PÉRIODE DE CANICULE** : éviter les activités physiques intenses, fermer les volets et fenêtres le jour, aérer la nuit, boire de l'eau, se mouiller le corps, donner et prendre des nouvelles de ses proches...

Source : Santé Publique France

Le changement climatique et la santé : Les acteurs territoriaux ont mis en place des actions concrètes (1/3)

Dépliant GREC : Groupe Régional
d'Experts sur le Climat



Les synthèses du GREC-SUD en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

LES CO-BÉNÉFICES D'UNE ACTION RÉGIONALE CIBLÉE

LES ACTIONS CIBLÉES SUR LA SANTÉ ET LE CLIMAT SONT COMPLÉMENTAIRES ET APPORTENT DE NOMBREUX CO-BÉNÉFICES

LES LEVIERS ESSENTIELS POUR PRÉVENIR CES RISQUES

- RÉDUIRE LES INÉGALITÉS sociales et territoriales en luttant contre la pauvreté et en ciblant les populations les plus vulnérables
- PENSER LA VILLE DE DEMAIN en anticipant les effets sur la santé (sédentarité, densification, climat).

2 TYPES DE RISQUES

IMPACTS DIRECTS ET INDIRECTS SUR LA SANTÉ HUMAINE

IMPACTS DIRECTS : Vagues de chaleur et canicules, sécheresses, incendies, allergies, etc.

IMPACTS INDIRECTS : Changement climatique agit sur la santé à travers plusieurs processus : modification des températures, modification des précipitations, événements extrêmes, etc.

LA SANTÉ FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement climatique est une réalité mondiale : +1,1 °C depuis 1880. Mais cette évolution est encore plus rapide en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, où la température moyenne annuelle a augmenté d'environ 2,1 °C sur la même période. La région subit déjà les conséquences de ce réchauffement global avec l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes. Ces tendances, qui se poursuivront, seront des impacts sévères dans de nombreux domaines... dont la santé humaine !

A cet effet, le changement climatique agit sur la santé à travers plusieurs processus :

- CHANGEMENT CLIMATIQUE : Augmentation des températures, modification des précipitations, événements extrêmes.
- IMPACTS DIRECTS ET INDIRECTS SUR LA SANTÉ HUMAINE.
- IMPACTS INDIRECTS : Modèles socio-économiques ne changeant pas à court terme, évolution rapide du climat aura des répercussions graves sur la santé des humains à chaque étape de leur vie.

LES ACTIONS CIBLÉES SUR LA SANTÉ ET LE CLIMAT SONT COMPLÉMENTAIRES ET APPORTENT DE NOMBREUX CO-BÉNÉFICES

LES LEVIERS ESSENTIELS : Réduire les inégalités, penser la ville de demain.

LES RISQUES CLIMATIQUES : Vagues de chaleur et canicules, sécheresses, incendies, allergies, etc.

LES ACTIONS CIBLÉES : Plans de chaleur, campagnes de sensibilisation, etc.

LES CO-BÉNÉFICES : Amélioration de la santé publique, réduction des inégalités, etc.

LES LEVIERS ESSENTIELS : Réduire les inégalités, penser la ville de demain.

LES RISQUES CLIMATIQUES : Vagues de chaleur et canicules, sécheresses, incendies, allergies, etc.

LES ACTIONS CIBLÉES : Plans de chaleur, campagnes de sensibilisation, etc.

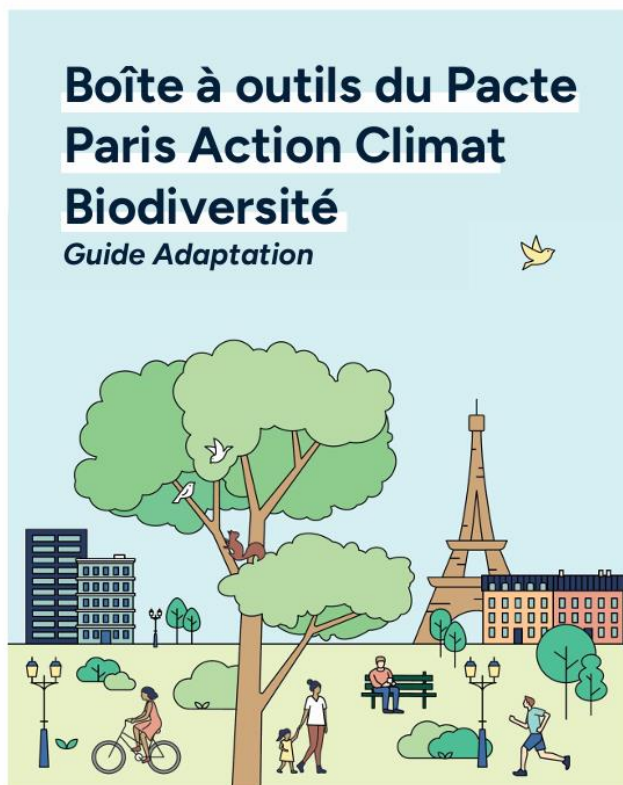
LES CO-BÉNÉFICES : Amélioration de la santé publique, réduction des inégalités, etc.

- Les campagnes de sensibilisation sont prises à bras le corps par les collectivités, les territoires, les associations
- Des campagnes de sensibilisation pour les organisations et les différents acteurs (élus, collectivités, entreprises, ...)

Le changement climatique et la santé : Les acteurs territoriaux ont mis en place des actions concrètes (2/3)



Document de la Ville de Paris – Guide
d'adaptation



- Depuis 2004, la Ville de Paris s'est engagée dans la lutte contre le changement climatique.
- Elle a mis en place un guide d'adaptation comprenant un catalogue d'actions visant à mobiliser les entreprises et les institutions.

Le changement climatique et la santé : Les acteurs territoriaux ont mis en place des actions concrètes (3/3)

Végétalisation

Végétalisation
des toits

Peintures rafraichissantes :
Voitures, Toits

Interdiction des voitures en
centre-ville

Free cooling avec l'eau de la
Seine

...

Le changement climatique et la santé : Les travaux des assureurs (1/2)

A ce stade, nous n'avons identifié que peu de documentation sur des actions concrètes de prévention menées par les assureurs.

En revanche, des travaux conséquents d'identification et de mesure de risques ont commencé à être réalisés, comme notamment le rapport 2024 de l'association de Genève.

Ce rapport contient par exemple une cartographie des impacts du changement climatique par région, en faisant notamment ressortir le risque sur la santé mentale pour l'Europe.

TABLE 2: OBSERVED IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON HEALTH AND WELL-BEING BY REGION

	Impacts on health and well-being			
	Infectious diseases	Heat, malnutrition and other	Mental health	Displacement
Global	●	●	●	●
Africa	●	●	○	●
Asia	●	●	●	●
Australasia	●	●	●	Not assessed
Central and South America	●	●	Not assessed	●
Europe	●	●	●	●
North America	●	●	●	●
Small Islands	●	●	○	●
Arctic	●	●	●	●
Cities by the sea	○	●	Not assessed	●
Mediterranean region	●	●	Not assessed	●
Mountain regions	●	●	○	●

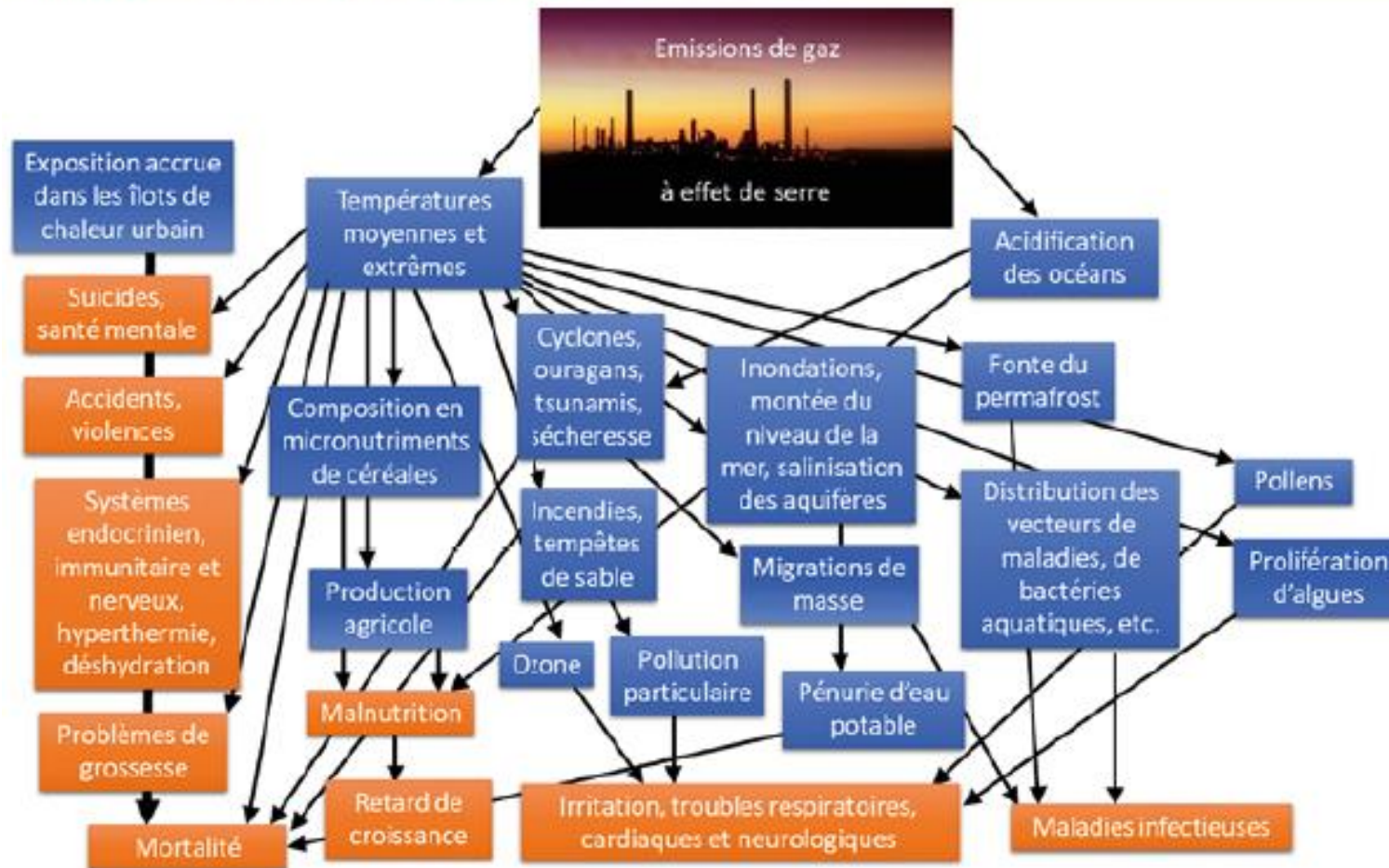
Confidence in attribution to climate change

● High or very high ● Medium ● Low ○ Evidence limited, insufficient

Source : The Geneva Association – Climate change : What does the future hold for health and life insurance ? – Février 2024

Le changement climatique et la santé : Les travaux des assureurs (2/2)

Figure 1. Effets sanitaires démontrés ou possibles du changement climatique.
Les effets sur l'environnement sont représentés en bleu et les effets sanitaires en orange.



La mesure de l'impact du changement climatique sur la santé n'est pas encore complètement appréhendée

- Le graphique ci-contre illustre la multiplicité des facteurs influant sur l'impact du changement climatique sur la santé, et l'existence d'effets composés
- Des travaux de recherches ont été réalisés ou sont en cours

Impact du changement climatique sur la santé : premiers partages du GT dédié de l'IA

1. Pourquoi en parler et où en est-on ?

 2. Impacts : quantifiables ou pas ?

3. Les axes de travail du GT



Vagues de chaleurs

<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/temperature-quotidienne-departementale-depuis-janvier-2018>

- la date
- le département
- la température en °C (min, max, moy)



Incendies de forêts

<https://bdiff.agriculture.gouv.fr/incendies>

- la date
- le département
- la surface parcourue par nature (forêt/autre)
- la source (Volontaire/ Involontaire/ Malveillance)
- d'autres informations sur les conséquences



Tempêtes

<http://tempetes.meteo.fr>

Les relevés des vents sont également disponibles sous
<https://donneespubliques.meteofrance.fr/>



Inondations

<https://www.georisques.gouv.fr/base-de-donnees/BDHI>

Les données de santé : la base DAMIR

La base DAMIR permet, dans certaines situations, une bonne identification de la nature des soins

Au regard de notre problématique, il apparaît utile de pouvoir identifier la nature des soins prodigués aux affiliés afin de mesurer la variation de prestations spécifiques :

- À l'occasion d'évènements climatiques passés, et le cas échéant l'information géographique du soin sera déterminante
- De façon plus diffuse dans le temps, soins pour lesquels la situation géographique peut être moins utile

A ce titre, les données de la base sont plutôt fournies avec un historique intéressant.



Actes de type respiratoire	
PRS_NAT	Libellé Nature de Prestation
1846	IND. FORF. DE DEPLACEMENT MK PNEUMOLOGIE
2151	SUPPLEMENT REANIMATION
2315	APPAREILLAGE VENTILATION PRESSION POSITIVE CONTINUE
3146	AFF RESPIRATOIRES MAX FACIAL ET ORL
3359	TROD ANGINE PHARMACIEN
3396	ROSP ASTHME
3397	ROSP ASTHME COMPLEMENT
3511	APPAREILS D ASSIST. RESP., OXYGENOTHERAPIE A DOMICILE
3518	APPAREIL GENERATEUR D AEROSOL
3596	DELIVRANCE DE MASQUE
4395	RESPONSABILITE CIVILE ANESTHESIE REANIMATION
9570	BRONCHO-PNEUMOPATHIE CHRONIQUE OBSTRUCTIVE

Les données de santé : la base DAMIR

En revanche, la base DAMIR ne permet pas d'identifier correctement le lieu du soin

Les informations de la base pourraient permettre de mesurer la variation des dépenses, quel que soit la nature de l'acte, liée à un évènement climatique précis.

Malheureusement, les informations relatives à la situation géographique (de l'affilié ou du praticien) sont à une maille très (trop) étendue.



Modalités géographiques dans DAMIR	
BEN_RES_REG	Libellé Région de Résidence du Bénéficiaire
5	Régions et Départements d'outre-mer
11	Ile-de-France
24	Centre-Val de Loire
27	Bourgogne-Franche-Comté
28	Normandie
32	Hauts-de-France - Nord-Pas-de-Calais-Picardie
44	Grand Est
52	Pays de la Loire
53	Bretagne
75	Aquitaine-Limousin-Poitou-Charentes
76	Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées
84	Auvergne-Rhône-Alpes
93	Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse
99	Inconnu

Les données de santé : la base DAMIR



Certains éléments constitutifs de la base DAMIR constituent des freins

En effet, il peut être noté :

- D'une part, les « [codes actes](#) » ne permettent d'identifier que les actes spécifiques relativement « graves ». Par exemple, un problème d'asthme peut se traduire par une consultation au généraliste et des actes de pharmacie qui ne seront pas spécifiques, avant d'identifier un acte de type « respiratoire ».
- D'autre part, la [confidentialité des données](#) fait qu'il n'est pas possible de « suivre » un patient. Ainsi il ne sera pas possible de faire le lien entre une consultation suivie d'un acte de pharmacie.

D'autres sources données de santé ?



En complément, 4 autres sources nationales d'Open Data sont répertoriés sur le site du Système National des Données de Santé (SNDS) :

Data DREES : [Data.drees.solidarites-sante.gouv.fr](https://data.drees.solidarites-sante.gouv.fr)

Données statistiques en santé et social

Absence d'études sur les pathologies ou en lien avec le changement climatique

Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès : cepidc.inserm.fr

Cause de décès

Nombre de morts par an suivant les régions, les âges, les années et le type de maladie

Plateforme ouverte des données publiques françaises : [Data.gouv.fr](https://data.gouv.fr)

Référencer les principaux jeux de données relatifs à la santé

Nombreuses études dont une sur les pathologies par type, sexe, âge et territoire

Données hospitalières : scansante.fr
Plateforme de restitution des données des établissements de santé

Absence d'études sur les pathologies ou en lien avec le changement climatique

D'autres sources données de santé ?

D'un point de vue international, d'autres sources de données ont été identifiées :



Eurostat : ec.europa.eu/eurostat
Base de données statistiques européennes sur divers aspects économiques, sociaux et environnementaux

Nombreuses données santé permettant un élargissement du périmètre



Application AirQ+ de l'OMS
Logiciel pour l'évaluation des risques pour la santé liés à la pollution de l'air

- *Calcul des risques sanitaires et des réductions de l'espérance de vie liés aux polluants atmosphériques.*
- *Adaptabilité pour différentes villes, pays ou régions grâce à l'utilisation de bases de données locales.*

Quel modèle utiliser ? Les modèles prédictifs ?



Prédiction d'inondation :

Une étude de Cornell University a évalué divers modèles d'apprentissage automatique pour prédire les inondations, incluant les réseaux de neurones artificiels (ANN), les forêts aléatoires (Random Forest) et les machines à vecteurs de support (SVM).

La [régression logistique binaire](#) s'est révélée être la plus précise, avec une moyenne de 85,6%. Des méthodes plus simples, telles que les [K-Nearest Neighbors](#) (KNN), atteignent également des performances proches avec 83,7%.



Prédiction d'inondation, tempêtes et grêle :

Une autre étude de Cornell University s'est penchée sur l'utilisation des techniques de [Deep Learning](#) pour les événements météorologiques extrêmes.

Selon l'article, les modèles les plus performants sont :

- Les [réseaux neuronaux convolutifs](#) (CNN) pour la prévision des tempêtes
- Les [réseaux neuronaux graphiques](#) (GNN) pour les prévisions des vagues de chaleur régionales

Et les pandémies dans tout ça ?



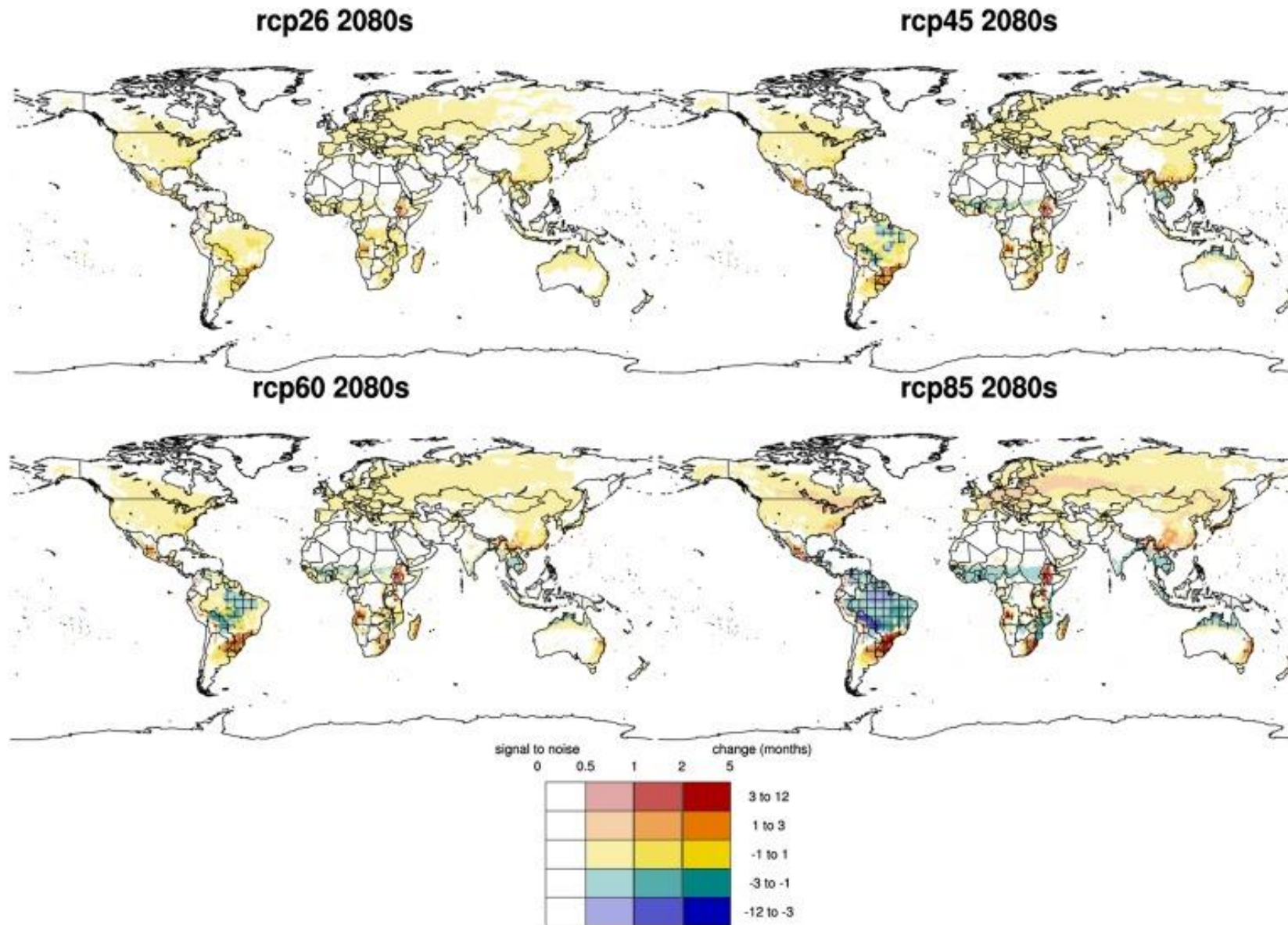
Mouvement et résurgence

Les maladies vectorielles : besoin de « vecteurs » comme les moustiques et les humains, pour se propager.

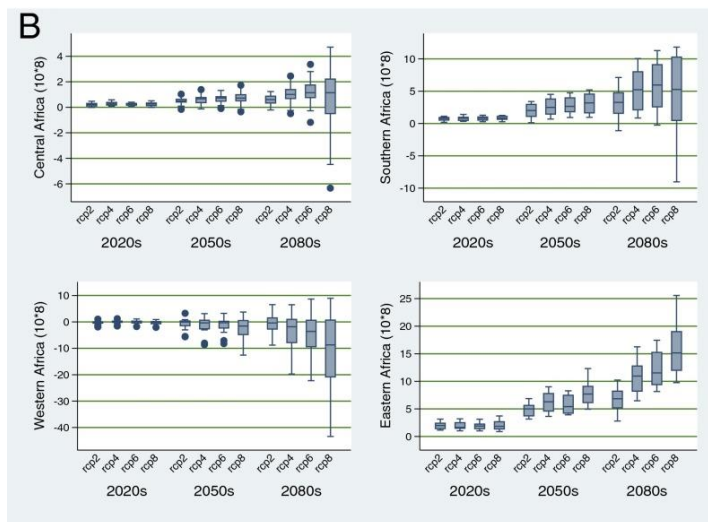
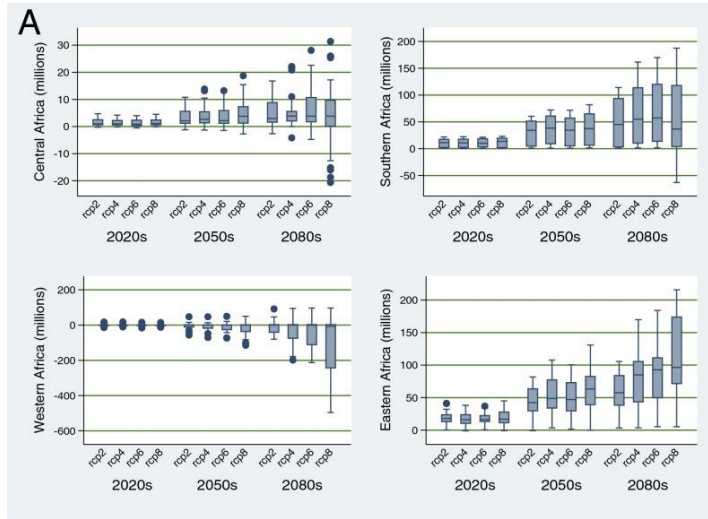
Le changement climatique crée de nouveaux climats propices à l'évolution de populations de moustiques. Et cela couplé des mouvements de populations humaines fait passer des maladies de zones à d'autres qui n'en avaient pas.

De plus, les catastrophes naturelles rendent difficiles la détection, l'endiguement et la propagation des maladies dans ces zones.

Modèles pandémiques et changement climatique



Impact of climate change on global malaria distribution



Simulations et chiffres

Les résultats des différents modèles et scénarios proposés par l'étude sont cohérents avec d'autres études en indiquant que les effets les plus importants du changement climatique sont confinés à des régions spécifiques (hauts plateaux d'Afrique et certaines parties de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud-Est)

Dans d'autres régions, le changement climatique risque de n'avoir aucun effet sur le paludisme ou d'en atténuer l'effet, en raison d'autres facteurs socioéconomiques importants. De grandes incertitudes sont présentes dans l'ensemble modèle, en particulier sur les franges épidémiques de la distribution actuelle du paludisme.

L'impact du changement climatique sur le paludisme futur doit être considéré dans le contexte actuel d'un déclin du paludisme à l'échelle mondiale.

Le changement climatique peut aider aussi !

L'été et la Covid-19

Dans *Impact of Temperature and Relative Humidity on the Transmission of COVID-19: A Modeling Study in China and the United States* by Jingyuan Wang, Ke Tang, Kai Feng, Xin Lin, Weifeng Lv, Kun Chen, Fei Wang : SSRN, une étude statistique et non-expérimentale propose que des hausses de températures et d'une plus grande humidité peuvent réduire la transmission du Covid-19 tout comme le virus de la grippe, l'influenza.

L'étude souligne qu'il est invraisemblable que la pandémie soit automatiquement ralentie durant l'été.

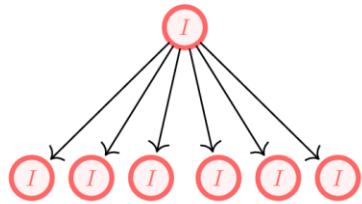


FIGURE 2.3 – Zika : R_0
de 3 à 6,6



FIGURE 2.4 – Grippe,
 $R_0 = 1,3$

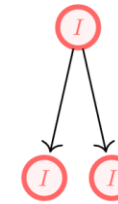


FIGURE 2.5 – Covid-19 :
 R_0 de 2 à 2,5

Pour le Covid-19, chaque degré Celsius fait chuter le R de 1.2%. La différence de température été-hiver dans la ville de New York est de 26°C donc le R chute d'environ 31%.

Limites d'une telle étude

La quantification des impacts du changement climatique sur la santé est encore un **domaine émergent**, avec peu d'études réalisées jusqu'à présent.

Cela s'explique par plusieurs facteurs :



Les **données** :

- Leur volumétrie
- La nécessité de ressources de calculs importants
- La qualité des données (profondeur d'historique)



Les **modèles** :

- La difficulté à les interpréter
- Leur incertitude.

Par ailleurs, il existe de nombreuses pistes de recherches à explorer comme :



le **pollen** (via la Google Maps Platform)



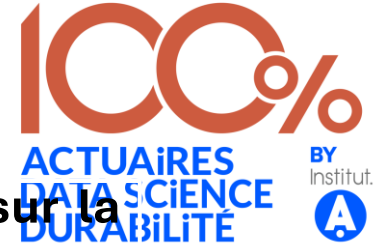
la **pollution de l'air** à travers des sources comme data.gouv.fr.

Une telle étude nécessitera, dans un premier temps, d'évaluer les corrélations potentielles entre ces facteurs environnementaux et les maladies.

Impact du changement climatique sur la santé : premiers partages du GT dédié de l'IA

1. Pourquoi en parler et où en est-on ?
2. Impacts : quantifiables ou pas ?
3. Les axes de travail du GT

Livrables attendus du GT



Sensibiliser plus fortement les actuaires aux impacts du changement climatique sur la santé en leur mettant à disposition des outils

- **Cartographies**

- Cartographie des **impacts** du Changement Climatique sur la santé : vulgariser les documents existants en ciblant les principales expositions aux risques des assureurs français (notamment le rapport 2024 de l'association de Genève)
- Cartographie des **actions de prévention** existantes : réunir les différentes mesures d'adaptation
- Recensement et synthèse des **données** et des **modèles** : identifier les données open source disponibles et les modèles déjà étudiés

- **Note argumentaire**

- Problématique : Quelles préventions pour limiter l'impact du changement climatique pour les assureurs santé ?
- Note destinée à l'Institut des Actuaires

Organisation d'événements



Sensibiliser plus fortement les actuaires aux impacts du changement climatique sur la santé en leur proposant des événements

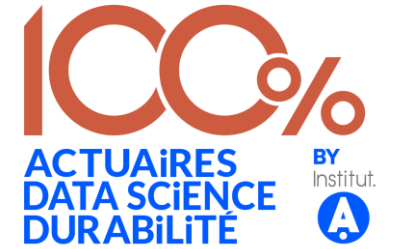
- **Webinaire**

- Organiser en format webinaire des ateliers sur les différents sujets couverts par les 2 SGT
- Trouver des profils de sachants non-actuaires pouvant présenter leurs travaux : médecins, biologistes, physiciens, chercheurs...

- **Table Ronde**

- Organiser une table ronde autour du sujet
- Format permettant d'inviter des personnalités et des spécialistes variés en limitant les effets de discours trop controversés
- Objectif d'un débat ouvert avec quelques questions préparées par le GT et adressées à l'ensemble des intervenants

Impact du changement climatique sur la santé : premiers partages du GT dédié de l'IA



Questions