

BONPOTE

ANNE BRÈS

CLAIRE MARC

SOUS LA DIRECTION DE JEAN-FRANÇOIS DOUSSIN

TOUT COMPRENDRE (OU PRESQUE) SUR LE CLIMAT

Préface de Valérie Masson-Delmotte



CNRS EDITIONS

TOUT COMPRENDRE
(OU PRESQUE)
SUR LE CLIMAT

Adaptation graphique et mise en page :
Claire Marc - www.meduse-communication.fr

© CNRS Éditions, Paris, 2022

ISBN : 978-2-271-14113-2

Préface de Valérie Masson-Delmotte
sous la direction de Jean-François Doussin

TOUT COMPRENDRE (OU PRESQUE) SUR LE CLIMAT

BonPote

Anne Brès

Claire Marc

SOMMAIRE

PRÉFACE	7
AVANT-PROPOS	10
Question 1 : Y A-T-IL UN CONSENSUS SCIENTIFIQUE SUR LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?	13
Question 2 : QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE MÉTÉO ET CLIMAT ?	19
Question 3 : LE CLIMAT A-T-IL VRAIMENT TOUJOURS CHANGÉ ?	25
Question 4 : QUEL EST LE LIEN ENTRE LE CO ₂ ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?	31
Question 5 : QUEL EST L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES GLACIERS ?	37
Question 6 : LES OURS POLAIRES SONT-ILS VRAIMENT VICTIMES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?	43
Question 7 : POURQUOI LE NIVEAU DE LA MER AUGMENTE-T-IL AVEC LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?	49
Question 8 : POURQUOI LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ENTRAÎNE-T-IL L'ACIDIFICATION DES OCÉANS ?	55
Question 9 : GULF STREAM ET CIRCULATION DE RETOURNEMENT VONT-ILS SAUVER L'EUROPE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?	61
Question 10 : AURA-T-ON PLUS D'ÉPISODES DE SÉCHERESSE EN FRANCE AVEC LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?	67
Question 11 : AURA-T-ON PLUS DE CANICULES EN FRANCE AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?	73
Question 12 : AURA-T-ON PLUS DE CYCLONES ET D'OURAGANS AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?	79
Question 13 : LES INONDATIONS SONT-ELLES LIÉES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?	85
Question 14 : LES MÉGAFEUX SONT-ILS LIÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?	91
Question 15 : QU'EST-CE QU'UN MODÈLE CLIMATIQUE ?	97

Question 16 : LE DÉGEL DU PERGÉLISOL REPRÉSENTE-T-IL UN POINT DE BASCULE DU CLIMAT ?	103
Question 17 : LA DÉFORESTATION DE L'AMAZONIE REPRÉSENTE-T-ELLE UN POINT DE BASCULE DU CLIMAT ?	109
Question 18 : L'ANTARCTIQUE VA-T-IL ATTEINDRE UN POINT DE BASCULE ?	115
Question 19 : L'HOMME SERA-T-IL EN CAPACITÉ DE S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?	121
Question 20 : ADAPTATION : LA FRANCE EST-ELLE PRÉPARÉE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?	127
PRÉSENTATION DES AUTEURS	132
REMERCIEMENTS	134

PRÉFACE

Les recherches en sciences du climat ont permis, depuis des décennies, de mieux observer et comprendre les grandes variations passées du climat, les rouages du système climatique, les changements en cours, et d'en explorer les évolutions futures. Les scientifiques du CNRS y contribuent, au meilleur niveau international.

Ces connaissances ont mis en évidence la rupture que représente le changement climatique actuel par rapport aux rythmes et aux amplitudes des variations passées naturelles, et l'influence sans équivoque de l'activité humaine sur le réchauffement planétaire.

Chaque région est déjà affectée par de multiples caractéristiques de ce climat qui change (tendances, extrêmes), dont les impacts sur les écosystèmes et sur nos sociétés sont de plus en plus apparents.

Le niveau de réchauffement planétaire à venir va déterminer l'amplification de ces changements, dans chaque région, mais aussi l'échelle des conséquences inexorables à très long terme, par exemple en ce qui concerne l'océan profond, les glaciers, les calottes du Groenland et de l'Antarctique, et la montée du niveau des mers.

À condition de réduire massivement les émissions de gaz à effet de serre à venir dont elle dépend, l'évolution du niveau de réchauffement planétaire pourrait être maîtrisée en quelques décennies. Les risques liés au climat dépendront d'abord de la vitesse et de l'ampleur du réchauffement et de ses conséquences, et de l'occurrence d'événements dont la probabilité est faible ou difficile à quantifier. Mais elle dépendra également des impacts potentiellement majeurs, et de notre capacité à les anticiper, que ce soit en matière de gestion de risque ou de stratégies d'adaptation, en tenant compte de l'exposition et de la vulnérabilité spécifique à chaque contexte. D'autres risques peuvent également résulter d'effets collatéraux des politiques publiques liées au climat : maladaptation, exacerbation d'inégalités, dommages pour les écosystèmes et la biodiversité.

Ainsi, les connaissances issues des sciences du climat proviennent de multiples domaines de recherche, que l'on peut convoquer pour explorer les bénéfices-risques des différentes actions envisagées, et pour identifier des stratégies d'action permettant de construire un développement résilient, soutenable, inclusif, préservant la biodiversité, tout en réduisant rapidement les rejets de gaz à effet de serre.

L'échelle des transformations et des transitions nécessaires, le choix des options d'action suscitent de larges débats dans l'ensemble de la société.

Lors de rencontres, d'échanges tout public, ce sont souvent les mêmes questions qui reviennent, concernant le changement climatique : le poids de l'influence humaine, la confiance accordée aux résultats des modèles de climat, la notion de consensus scientifique, le risque de changements abrupts, ou les liens entre événements ponctuels, extrêmes, et changement climatique.

Ces questions, récurrentes, sont souvent inspirées par des idées reçues, qui circulent très largement sur les réseaux sociaux, où l'on peut lire toutes sortes d'informations, parfois déformées ou parcellaires. Souvent, elles sont émises et relayées par des personnes qui ont tout intérêt à ce que rien ne change. Leur objectif est de minimiser l'ampleur du réchauffement, le rôle de l'influence humaine, ou le sérieux des méthodes scientifiques, créant ainsi les briques d'un discours bien confortable pour nier l'urgence à agir, et s'inscrivant dans un ensemble de discours d'inaction - une nouvelle forme de déni.

Souvent, ces idées reçues qui déforment l'état des connaissances scientifiques, dans une direction ou une autre, sont malheureusement bien plus largement relayées que les connaissances solides, robustes, largement étayées et vérifiées par des travaux scientifiques rigoureux ! Se pose alors la question de la manière dont il faut partager l'état des connaissances scientifiques actuelles (leurs progrès, leurs limites), et de mobiliser celles-ci pour répondre à ces idées reçues, mythes ou questions fréquentes, et à la désinformation sur les questions liées au climat.

C'est justement cette question qui a été à l'origine de cet ouvrage. Parmi les missions du CNRS figurent la conduite de recherches pour l'avancement de la science, le progrès économique, social et culturel, et le partage des connaissances, et le CNRS-INSU a choisi d'assumer sa part de cette mission en démarrant notamment une série d'articles afin de

démystifier certaines de ces idées reçues. Il a choisi de collaborer avec Thomas Wagner, alias BonPote et avec la graphiste Claire Marc. L'idée était de mobiliser à la fois les compétences des meilleurs spécialistes du domaine concerné, d'apporter des réponses factuelles à des questions récurrentes... tout en utilisant une manière différente, parfois un peu impertinente, souvent drôle, de traiter les sujets. D'un côté, des articles de fond, visibles sur le site de BonPote, de l'autre des illustrations qui résument chacun de ces articles de manière visuelle et drôle. Ce sont elles que nous avons réunies dans cette bande dessinée.

J'espère que ces planches vous plairont autant qu'à moi, affûteront votre regard et votre esprit critique lorsque vous naviguerez dans la masse d'informations qui circulent sur les réseaux sociaux, vous donneront des arguments solides lors de vos conversations sur les sujets liés au changement climatique, mais également envie d'en savoir plus en suivant l'actualité des connaissances liées aux travaux de recherche scientifique, et surtout, vous motiveront à agir.

Bonne lecture !

VALÉRIE MASSON-DELMOTTE

Chercheuse CEA au LSCE-IPSL, et coprésidente du groupe de travail 1 du GIEC

AVANT-PROPOS

À l'été 2020, alors même que plus de 1500 scientifiques de plus de 80 pays travaillaient à la correction du premier volume du sixième rapport du GIEC, il est devenu évident que les réseaux sociaux étaient saturés de messages climato-sceptiques.

Comment parler de l'urgence climatique sans être anxieux ? Comment donner du sens quand la confusion des arguments est érigée en stratégie de communication ? Comment transmettre les résultats de la recherche quand la dérision et l'approximation dominent ?

Répondre à ces questions, pour traquer, décrypter et démonter des myriades de fake news mais aussi pour répondre aux questions de bonne foi qu'il est légitime que chaque citoyen se pose, est devenu un enjeu de société. Ce besoin impérieux de donner du sens et de transmettre a conduit l'Institut national des sciences de l'Univers du CNRS à provoquer la rencontre d'un influenceur engagé rompu aux codes des réseaux sociaux, d'une médiatrice scientifique spécialiste de la synthèse graphique et de climatologues et experts du système Terre.

Créant ainsi un petit laboratoire informel de la médiation au service de la compréhension du changement climatique, ce collectif a produit au fil des mois une série d'infographies postées sur les réseaux sociaux qui ont recueilli au total plus d'un demi-million de vues et de republications. L'enthousiasme suscité et les messages d'encouragements nous ont conduits à chercher à pérenniser l'accès à ces ressources en compilant le présent ouvrage pour que dans les familles, dans les classes, dans les bibliothèques... on continue de se partager ces planches et d'en débattre.

Ce livre est donc le résultat de la rencontre de la communication et de la science ! Derrière chacune de ces planches, chacun des chiffres étayant le propos, il y a non seulement 150 ans de connaissances géophysiques mais aussi le travail inlassable et quotidien de toute une population de chercheurs au sens large. Chaque jour en effet, des milliers

de chercheurs, ingénieurs, techniciens, étudiants, rejoignent leur station d'altitude ou polaire, embarquent à bord des navires océanographiques ou des avions de recherche, maintiennent les supercalculateurs indispensables aux modélisations du climat, développent les codes des modèles les plus avancés... bref, inventent de nouvelles façons d'explorer notre environnement et son passé pour prédire son avenir. Cet album est aussi le leur, tant il est important que force reste à la connaissance et à la raison.

JEAN-FRANÇOIS DOUSSIN

Directeur adjoint scientifique " Océan-Atmosphère " CNRS-INSU

Question n° 1



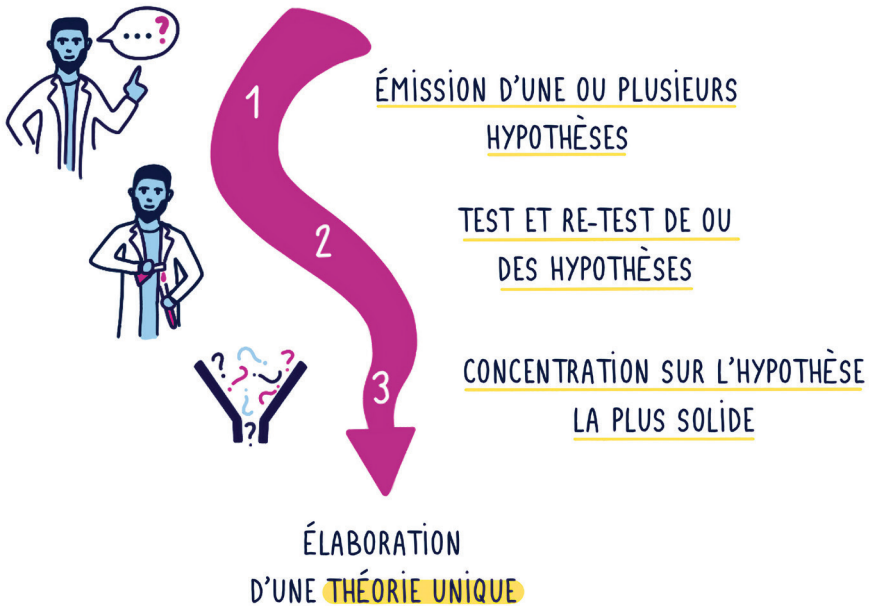
Y A-T-IL UN CONSENSUS SCIENTIFIQUE
SUR LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

QU'EST-CE QU'UN CONSENSUS SCIENTIFIQUE ?



C'EST L'OPINION, LA POSITION ET LE JUGEMENT COLLECTIFS DE PERSONNES DE LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE QUI TRAVAILLENT SUR UN DOMAINE D'ÉTUDE PARTICULIER.

CE PROCESSUS SE FAIT EN PLUSIEURS ÉTAPES :



Y A-T-IL UN CONSENSUS SCIENTIFIQUE SUR LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

CARACTÉRISTIQUES DU CONSENSUS SCIENTIFIQUE :



IL AUGMENTE AVEC LE
VOLUME DE RECHERCHES
SUR UN SUJET



IL IMPLIQUE UN ACCORD
GÉNÉRAL (PAS FORCÉMENT
UNANIME)



IL EST BASÉ SUR
DES ÉLÉMENTS
SCIENTIFIQUES

POURQUOI SE FIER AU CONSENSUS SCIENTIFIQUE ?

CONSENSUS
SCIENTIFIQUE



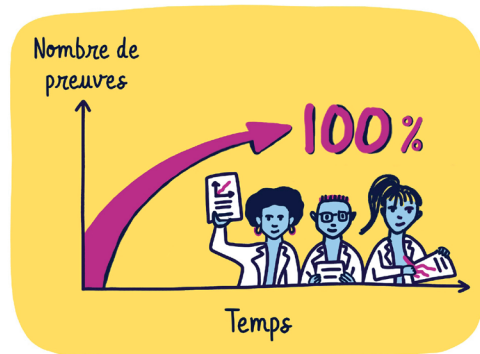
CONSENSUS
POLITIQUE

: IL N'Y A PAS DE VOTE

MAIS

C'EST UN PROCESSUS LONG, QUI
ÉMERGE AU FIL DU TEMPS ET BASÉ
SUR DES PREUVES SCIENTIFIQUES.

SA CRÉDIBILITÉ REPOSE SUR LA
TRANSPARENCE, LA QUALITÉ DE LA
PREUVE ET LES MÉTA-ANALYSES.



AUSSI, DEPUIS 2007, AUCUN CORPS SCIENTIFIQUE DE CALIBRE NATIONAL
OU INTERNATIONAL N'A CONTESTÉ LA RESPONSABILITÉ HUMAINE DU
RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE.

ATTENTION À LA DÉSINFORMATION

N'EST PAS "EXPERT CLIMATIQUE" QUI VEUT... IL / ELLE DOIT ÊTRE :

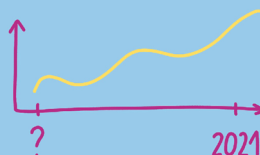


- ✓ UN OU UNE CLIMATOLOGUE
- ✓ QUI PUBLIE DES RECHERCHES SUR LE CLIMAT
- ✓ ÉVALUÉES PAR DES PAIRS (DONC D'AUTRES CLIMATOLOGUES)

3 CONSEILS POUR REPÉRER FACILEMENT LA DÉSINFORMATION SUR LE CLIMAT :

1 L'ÉCHELLE DE TEMPS

Les tendances calculées sur des temps courts ne reflètent pas les tendances au long terme.



2 LA QUALITÉ DES SOURCES

Il faut que les propos soient sourcés et que leurs sources proviennent de revues scientifiques car les articles y sont approuvés par des pairs.



3 DISTINGUER SCIENCE ET OPINION

Consensus scientifique et opinion publique sont deux choses bien distinctes. Une tribune dans la presse ou une interview n'auront jamais la même valeur qu'un article revu par les pairs.



QU'EN DIT LE GIEC ?

LE GIEC EST LA RÉFÉRENCE MONDIALE SUR LE CLIMAT :



SON TRAVAIL DE SYNTHÈSE,
SES MÉTHODES ET SA TRANSPARENCE
SONT SANS ÉGAL.

LES MOTS DU GIEC SONT LES SUIVANTS :

“ Le réchauffement du système climatique est sans équivoque ”

“ L'influence de l'Homme sur le système climatique est clairement établie. ”

ET CES MOTS SONT DITS AVEC CERTITUDE.

LE MOT DE LA FIN

ALORS, 97%, 99% OU 100% ?

CE QU'IL FAUT RETENIR C'EST QUE :

CES CHIFFRES REPRÉSENTENT LE NIVEAU D'ACCORD SCIENTIFIQUE SUR L'ORIGINE HUMAINE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE.



ET QU'ILS N'ONT PAS ÉTÉ CONSTESTÉS DEPUIS 2007.

ILS SONT BASÉS SUR DES MILLIERS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES QUI APPORTENT CHAQUE JOUR PLUS DE PREUVES ET QUI VALENT BIEN PLUS QUE DES COMMENTAIRES SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX.



Question n° 2



QUELLE EST LA DIFFÉRENCE
ENTRE MÉTÉO ET CLIMAT ?

ON PEUT SOUVENT ENTENDRE LA CONFUSION SUIVANTE ENTRE MÉTÉO ET CLIMAT
DANS LES MÉDIAS :



AIDONS LES À NE PLUS LES CONFONDRE, UNE BONNE FOIS POUR TOUTES.

CLIMAT ET MÉTÉO : DE QUOI PARLONS-NOUS ?

MÉTÉO : C'EST L'ÉTUDE DES PHÉNOMÈNES ATMOSPHÉRIQUES POUR PRÉVOIR LE TEMPS.



Température



Pression atmosphérique



Pluviométrie



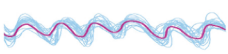
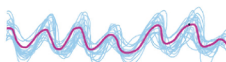
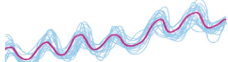
Vitesse du vent



C'EST LE **TEMPS QU'IL FAIT** À UN MOMENT ET UN ENDROIT DONNÉS, SUSCEPTIBLE DE CHANGER D'UNE HEURE OU D'UN JOUR À L'AUTRE.



CLIMAT : C'EST L'ÉTUDE DES STATISTIQUES DE VARIABLES ATMOSPHÉRIQUES SUR UNE LONGUE PÉRIODE DE TEMPS (30 ANS PAR CONVENTION).



C'EST LE **TEMPS AUQUEL ON PEUT S'ATTENDRE**, POUR UNE RÉGION DONNÉE.

COMMENT DISTINGUER CLIMAT ET MÉTÉO ?

L'ÉCHELLE DE TEMPS :

CLIMAT DÉCENNIE VOIRE SIÈCLE VS **MÉTÉO** SEMAINE

Pour comparer : vous pouvez très bien être une personne très calme pendant 30 ans...
... et vous énerver pendant 72h.

DONC SI VOUS CONSTATEZ UNE BAISSE DE 5°C DANS LA JOURNÉE, RIEN DE GRAVE.

MAIS UNE BAISSE DE 5°C DU CLIMAT MÈNE À UN TOUT AUTRE MONDE...

... LA DERNIÈRE FOIS QUE LA TEMPÉRATURE
MOYENNE DU GLOBE ÉTAIT 5°C PLUS BASSE
QU'AUJOURD'HUI, C'ÉTAIT IL Y A 20 000 ANS,
AU PLUS FORT D'UNE ÈRE GLACIAIRE !



CE QUE LES PROJECTIONS ET PRÉDICTIONS NOUS DISENT... OU PAS

LES PROJECTIONS CLIMATIQUES



Donnent des probabilités de changements
à long terme dans les statistiques
des variables climatiques futures.

Permettent de dire que la dernière
décennie de ce siècle sera plus chaude
que la première.



Ne donnent pas de prévisions détaillées
au jour le jour des conditions météo
futures.

Ne nous permettent pas de dire si l'année
2095 sera plus chaude que 2096 ou si
ce sera l'inverse.

LES PRÉVISIONS MÉTÉO



Fournissent des prévisions du temps au quotidien pour des moments spécifiques à venir (pleuvra-t-il demain matin ?)

Sont fournies en terme de probabilités (quelle est la probabilité pour qu'il pleuve demain ?)



Ne donnent pas de prévisions exactes au-delà d'une semaine environ.

(il est donc normal que Météo France ne puisse pas nous donner le temps dans 10 jours et encore moins dans 80 ans...)

RECORD DE FROID EN PLEIN RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE : HEIN ? QUOI ? COMMENT ?

Nan mais allo, il est où le réchauffement climatique, là ?!



LES PROJECTIONS CLIMATIQUES DONNENT UNE MOYENNE. MÊME SI CETTE MOYENNE EST DE PLUS EN PLUS CHAUE, CELA N'EMPÊCHE EN RIEN D'AVOIR PARFOIS DES HIVERS PLUS FROIDS QUE LA MOYENNE DES ÉVÉNEMENTS EXTRÊMES.

SI NOUS AVONS DE TEMPS EN TEMPS DES RECORDS DE FROID BATTUS, NOUS AVONS SURTOUT BEAUCOUP PLUS DE RECORDS DE CHALEUR :

EN MOYENNE
1 RECORD DE FROID...

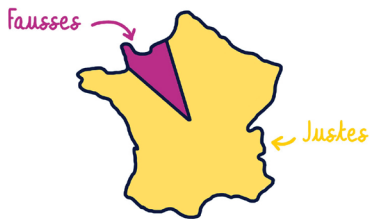


...POUR 10 DE CHAUD



À QUEL POINT LES PRÉVISIONS ET PROJECTIONS SONT-ELLES JUSTES ?

ON ENTEND PARFOIS DIRE QUE LES MÉTÉOROLOGUES SONT NULS POUR PRÉVOIR LA MÉTÉO DU LENDEMAIN. IL SEMBLERAIT QUE CE SOIT PLUTÔT FAUX...



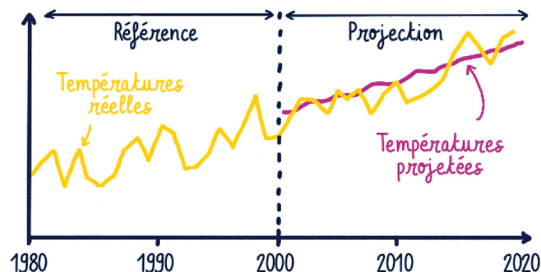
SI L'ON VÉRIFIE LES PRÉVISIONS DU TYPE DE TEMPS À 24h D'ÉCHÉANCE EN FRANCE, ELLES SONT JUSTES À 90%...



ET LES TEMPÉRATURES EN UN POINT DONNÉ (TOUJOURS SUR 24h) ONT UNE PRÉCISION MOYENNE D'ENVIRON 1°C.

ET N'OUBLIONS PAS QUE LES PERFORMANCES DES PRÉVISIONS AUGMENTENT CONSTAMMENT !

CONCERNANT LES PROJECTIONS CLIMATIQUES, CE N'EST PAS MAL NON PLUS !
VOICI LES PROJECTIONS DE TEMPÉRATURES RÉALISÉES SUR LA BASE DE LA PÉRIODE 1980-2000 POUR LA PÉRIODE 2000-2020 :



VOUS IMAGINEZ BIEN QU'EN 20 ANS, L'AMÉLIORATION DES MOYENS TECHNIQUES PERMET UNE ENCORE PLUS GRANDE PRÉCISION DES MODÈLES DÉVELOPPÉS AUJOURD'HUI...

LE MOT DE LA FIN

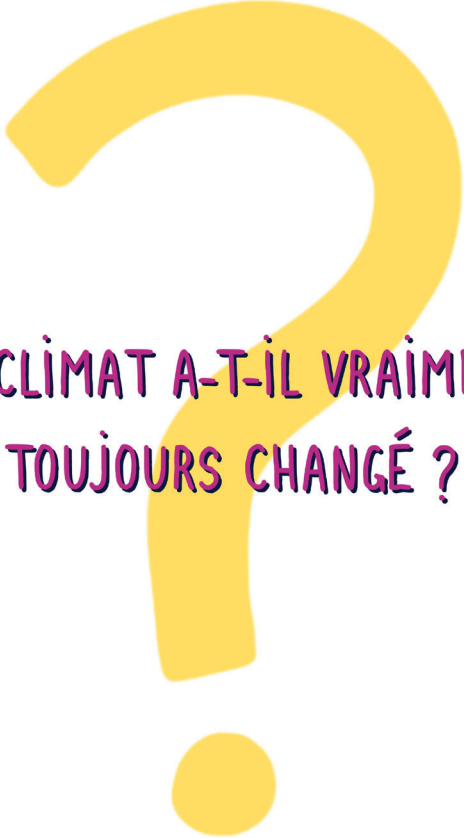
LA DIFFÉRENCE ENTRE MÉTÉO ET CLIMAT EST ENSEIGNÉE DEPUIS DES ANNÉES... MAIS CELA N'EMPÊCHE PAS LES POLITIQUES ET D'AUTRES DE FAIRE ENCORE L'ERREUR.

L'ÉDUCATION JOUE UN RÔLE CLÉ DANS LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE...

...ALORS GO, GO, GO !



Question n° 3



LE CLIMAT A-T-IL VRAIMENT
TOUJOURS CHANGÉ ?

PAR LE PASSÉ, LA TERRE A CONNU UN CLIMAT BIEN PLUS CHAUD QUE LE CLIMAT ACTUEL...

...COMMENT LES SCIENTIFIQUES PEUVENT-ILS DONC AFFIRMER AVEC CERTITUDE QUE LE CHANGEMENT ACTUEL EST DÙ AUX ACTIVITÉS HUMAINES ?



QUE SAÏT-ON DU CLIMAT PASSÉ ?

DEPUIS 600 MILLIONS D'ANNÉES, LE CLIMAT MOYEN MONDIAL A ÉTÉ PLUS CHAUD D'UNE DIZAINE DE DEGRÉS QUE LE CLIMAT ACTUEL.

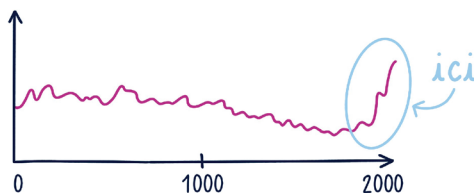


AU COURS DES DEUX DERNIERS MILLIONS D'ANNÉES, LE CLIMAT A GLOBALEMENT ÉTÉ MOINS CHAUD ET LA TERRE A CONNU UNE ALTERNANCE DE PÉRIODES GLACIAIRES ET INTERGLACIAIRES.

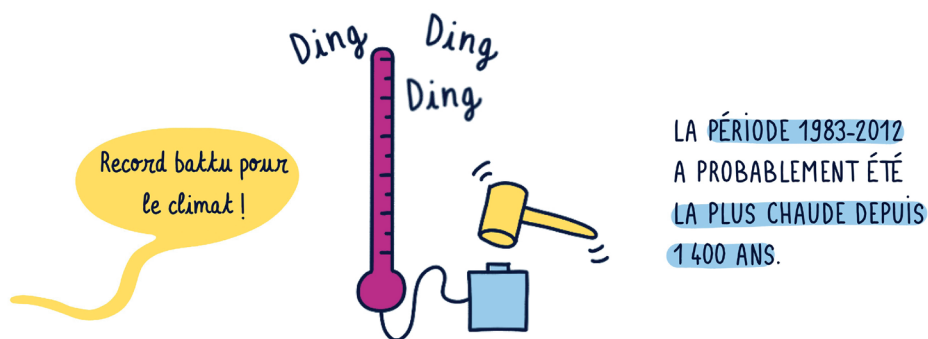


LA DERNIÈRE GLACIATION S'EST ACHEVÉE IL Y A ENVIRON 12 000 ANS : MOMENT DE LA SÉDENTARISATION DE L'HOMME.

DEPUIS LE 19^e SIÈCLE, NOUS OBSERVONS UN RÉCHAUFFEMENT GLOBAL.



LE CLIMAT A-T-IL VRAIMENT TOUJOURS CHANGÉ ?

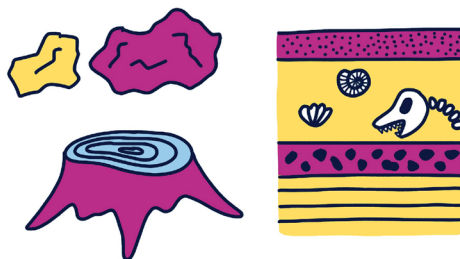


LE CHANGEMENT CLIMATIQUE CONSTATÉ ACTUELLEMENT SE PRODUIT BIEN PLUS RAPIDEMENT QUE CELUI RECONSTRUIT PAR LES SCIENTIFIQUES POUR LES 10 000 DERNIÈRES ANNÉES ET LES PÉRIODES DE GRANDES DÉGLACIATIONS.

COMMENT RECONSTITUE-T-ON LE CLIMAT DU PASSÉ ?

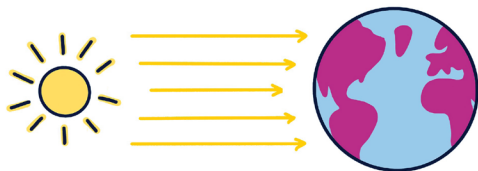
LES MESURES MÉTÉOROLOGIQUES EFFECTUÉES À L'AIDE D'INSTRUMENTS NOUS PERMETTENT DE CONNAÎTRE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT DEPUIS 150 ANS.

POUR TOUT CE QU'IL S'EST PASSÉ AVANT (PALÉOCLIMAT), LES SCIENTIFIQUES SE BASENT SUR LES ROCHES, LES SÉDIMENTS, LES CALOTTES GLACIAIRES, DIFFÉRENTS FOSSILES, LES CERNES DES ARBRES ET LES STRIES DES CORAUX.



ILS REPRÉSENTENT DES ARCHIVES NATURELLES QUE L'ON PRÉLÈVE DANS LE SOL, LES LACS, LES TOURBIÈRES, LES OCÉANS ET LA GLACE.

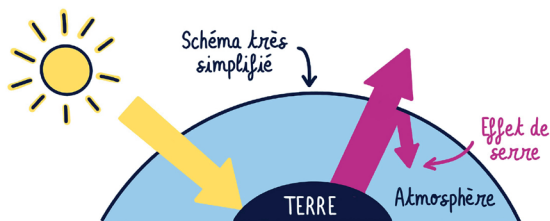
COMMENT EXPLIQUE-T-ON LES DIFFÉRENTS CHANGEMENTS CLIMATIQUES ?



LE MOTEUR DU CLIMAT EST LE RAYONNEMENT SOLAIRE QUI PARVIENT JUSQU'À LA TERRE.

NORMALEMENT, IL EXISTE UN ÉQUILIBRE ENTRE LE RAYONNEMENT SOLAIRE ABSORBÉ PAR LA TERRE ET L'ÉNERGIE THERMIQUE QU'ELLE RESTITUE DANS L'ESPACE.

ÉNERGIE ABSORBÉE
=
ÉNERGIE RESTITUÉE



UN CHANGEMENT CLIMATIQUE GLOBAL VA ÊTRE LE RÉSULTAT D'UNE PERTURBATION DE CET ÉQUILIBRE. AUGMENTATION DES GAZ À EFFET DE SERRE, MODIFICATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE, VOLCANISME, MODIFIENT LE BILAN ÉNERGÉTIQUE DE LA TERRE ET SONT DES FACTEURS DE RÉCHAUFFEMENT.

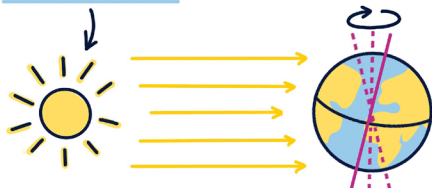


L'ALTERNANCE DE GRANDES PÉRIODES GLACIAIRES / INTERGLACIAIRES EST EN GRANDE PARTIE CAUSÉE PAR UNE VARIATION DE LA QUANTITÉ D'ÉNERGIE SOLAIRE REÇUE.

LE CLIMAT A-T-IL VRAIMENT TOUJOURS CHANGÉ ?

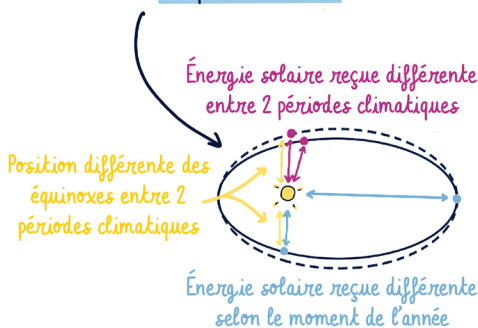
CES **VARIATIONS** PROVIENNENT DE **5 PARAMÈTRES** :

L'activité solaire



L'orientation et l'inclinaison
de l'axe terrestre

Les variations des formes de l'orbite
et de l'ellipse terrestre



DES FACTEURS NATURELS PEUVENT-ILS EXPLIQUER LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ACTUELS ?

LES **FACTEURS NATURELS** SONT LA CAUSE D'UN **CLIMAT PLUS CHAUD** DANS LE PASSÉ.
CEPENDANT, CES DERNIERS N'ONT EU QU'UN **IMPACT MODESTE** SUR LE CLIMAT DURANT
L'Holocène (DE -12 000 ANS À NOS JOURS).

DE NOS JOURS, LES FACTEURS NATURELS N'EXPLIQUENT EN AUCUN CAS
L'ÉVOLUTION SI RAPIDE DES CONDITIONS CLIMATIQUES.



À TITRE D'EXEMPLE, LE VOLCAN ISLANDAIS EYJAFJÖLL
A ÉMIS 100 FOIS MOINS DE CO₂ PAR JOUR AU PLUS FORT
DE SON ACTIVITÉ QUE LA CHÎNE PAR JOUR CETTE MÊME
ANNÉE.

LE BILAN ÉNERGÉTIQUE DE LA TERRE EST EN REVANCHE MODIFIÉ AVEC UNE PLUS GRANDE AMPLITUDE PAR :



Les aérosols



L'utilisation des sols
(Cultures, pâtures, déforestation)



Le CO₂



L'amincissement de la couche d'ozone

LE MOT DE LA FIN

COMPRENDRE LES CLIMATS DU PASSÉ PERMET DE MIEUX APPRÉHENDER CE QU'IL SE PASSE AUJOURD'HUI.

BIEN QUE LES FACTEURS NATURELS AIENT PU CRÉER UN CLIMAT CHAUD PAR LE PASSÉ, LE RÉCHAUFFEMENT CONSTATÉ ACTUELLEMENT SE PRODUIT À UN RYTHME BIEN PLUS SOUTENU QUE CELUI RECONSTRUIT SUR LES 10 000 DERNIÈRES ANNÉES ET DE NOMBREUSES ÉTUDES SCIENTIFIQUES ATTRIBUENT CE PHÉNOMÈNE AUX ACTIVITÉS HUMAINES.

PASSÉ :



AUJOURD'HUI :

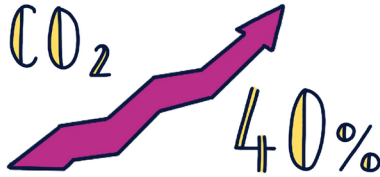


Question n° 4



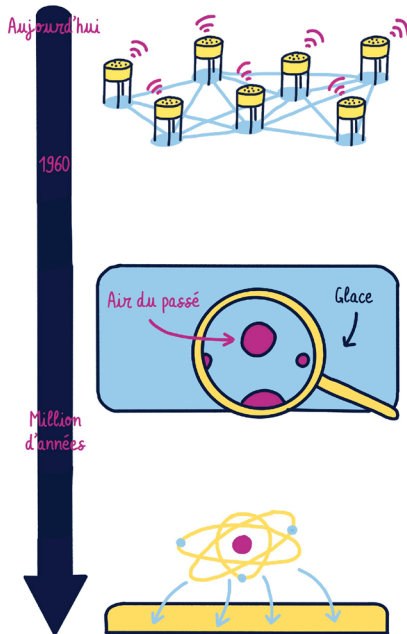
QUEL EST LE LIEN ENTRE LE CO₂
ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

DEPUIS LE DÉBUT DE LA PÉRIODE INDUSTRIELLE, LA CONCENTRATION DE CO_2 DANS L'ATMOSPHÈRE A AUGMENTÉ DE PLUS DE 40%...



...ET ÇA A FORTEMENT INFLUENCÉ LE CLIMAT.

COMMENT SAIT-ON QUE LA CONCENTRATION DE CO_2 AUGMENTE ?



DEPUIS LES ANNÉES 1960, UN RÉSEAU DE PLUS EN PLUS DENSE DE STATIONS PERMET DE MESURER L'ÉVOLUTION DE SA CONCENTRATION DANS L'ATMOSPHÈRE.

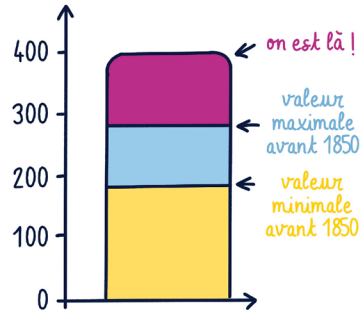
POUR CONNAÎTRE CETTE ÉVOLUTION AU COURS DU DERNIER MILLION D'ANNÉES, ON ANALYSE LES BULLES D'AIR PIÉGÉES DANS LES GLACES DES CALOTTES GLACIAIRES ET DES GLACIERS.

ENFIN, POUR REMONTER ENCORE PLUS LOIN DANS LE PASSÉ, ON ANALYSE LES ISOTOPES DES PALÉOSOLS ET DES SÉDIMENTS MARINS.

PFF ÇA VA, LE CO₂ N'AUGMENTE PAS TANT QUE ÇA !

LE CO₂ ATMOSPHÉRIQUE EST PASSÉ DE 280ppm (parties par million) EN 1850 À 400ppm AUJOURD'HUI. IL A DONC AUGMENTÉ DE 42% EN 170 ANS.

AVANT 1850, SUR DES CENTAINES DE MILLIERS D'ANNÉES, LES CONCENTRATIONS DE CO₂ OSCILLAIENT ENTRE 180 ET 280ppm.

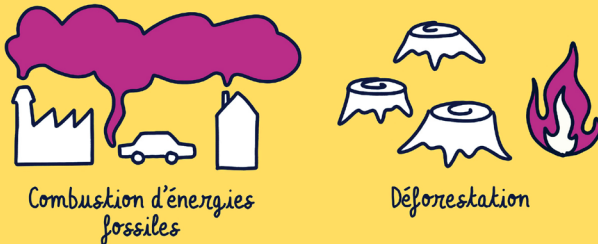


MAÏS SURTOUT, L'AUGMENTATION RÉCENTE DU CO₂ DANS L'ATMOSPHÈRE EST DE PLUS EN PLUS RAPIDE : SUR LA DERNIÈRE DÉCENNIE ELLE ÉTAIT DE 2ppm/AN ALORS QU'ELLE N'ÉTAIT QUE DE 0,5ppm/AN IL Y A 50 ANS.

EST-CE QUE LES HUMAINS SONT RESPONSABLES DE LA HAUSSE DE CO₂ ?

OUI, CAR DEPUIS LE DÉBUT DE LA RÉVOLUTION INDUSTRIELLE, ILS LIBÈRENT MASSIVEMENT DU CO₂ :

40 MILLIARDS DE TONNES / AN



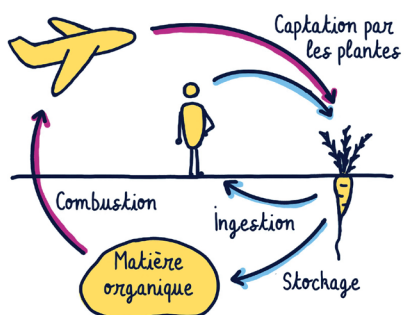
À titre d'exemple

360 MILLIONS DE TONNES / AN



LE CO₂ AUGMENTE, ET ALORS ? QUAND ON RESPIRE, ON EN REJETTE AUSSI !

L'ÉNORME DIFFÉRENCE ENTRE LES REJETS DE NOTRE EXPIRATION ET CEUX DE NOS USINES, AVIONS, CHEMINÉES ET AUTRES, C'EST LA PROVENANCE INITIALE DU CARBONE.



QUAND ON RESPIRE, ON RÉ-INJECTE DANS L'ATMOSPHÈRE UN CARBONE INTÉGRÉ DEPUIS PEU PAR LES PLANTES CONSTITUANT NOS ALIMENTS.

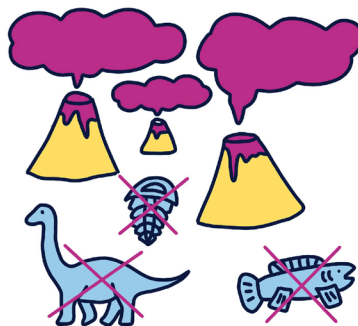
ALORS QUE QUAND ON BRÛLE DES ÉNERGIES FOSSILES OU DES FORÊTS, ON RÉ-INJECTE DANS LE CYCLE UN CARBONE QUI AVAIT ÉTÉ STOCKÉ DEPUIS LONGTEMPS VIA DES PROCESSUS TRÈS LENTS.

DE TOUTE FAÇON, LE CO₂ CE N'EST PAS MAUVAIS !

À PETITE DOSE C'EST TRÈS BIEN ! C'EST MÊME EN PARTIE GRÂCE AU CO₂ QUE LA TERRE N'EST PAS COMPLÈTEMENT GELÉE.

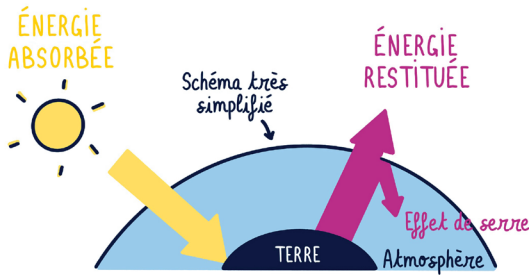
CEPENDANT, ON SAIT QU'IL Y A EU 5 GRANDES PERTURBATIONS (au cours des 500 derniers millions d'années) LORS DESQUELLES DE CONSIDÉRABLES VOLUMES DE CO₂ ONT ÉTÉ DÉGAZÉS...

... ENTRAÎNANT UN RÉCHAUFFEMENT DE L'ATMOSPHÈRE, UNE ACIDIFICATION DES Océans ET DES EXTINCTIONS MASSIVES.



EN QUOI LE CO₂ INFLUENCE-T-IL LE CLIMAT ?

LE CLIMAT DE LA TERRE RÉSULTE D'UN ÉQUILIBRE ENTRE L'ÉNERGIE QU'ELLE ABSORBE ET CELLE QU'ELLE RESTITUE.



TOUT ÉLÉMENT QUI PERTURBE CET ÉQUILIBRE (un excédent de gaz à effet de serre par exemple, comme le CO₂) AFFECTE LA TEMPÉRATURE CAR LA PLANÈTE NE PEUT PAS ÉVACUER LE SURPLUS D'ÉNERGIE AUTREMENT QU'EN MODIFIANT SA TEMPÉRATURE.

QUE DEVIENNENT LES ÉMISSIONS DE CO₂ ?



LE CO₂ STIMULE LA CROISSANCE DES VÉGÉTAUX, ON APPELE ÇA LE VERDISSEMENT...

MAIS CE N'EST PAS QUE POSITIF !

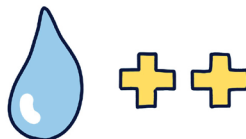
QUAND UNE TROP GRANDE QUANTITÉ DE CO₂ EST ABSORBÉE PAR L'OcéAN, LE pH DE L'EAU DIMINUE, C'EST CE QUE L'ON APPELLE L'ACIDIFICATION DES OcéANS. ELLE ENTRAÎNE UNE MALFORMATION ET UNE DISSOLUTION DES COQUILLES ET SQUELETES D'ORGANISMES = 🐚 BIODIVERSITÉ.

ÇA N'EST PAS CHOUETTE LE VERDISSEMENT ?

LE VERDISSEMENT OBSERVÉ AUJOURD'HUI :

- Résulte essentiellement d'une agriculture plus intensive en Inde et en Chine.
- Se produit surtout aux latitudes tempérées et ne compense pas la déforestation tropicale ni la perte de biodiversité qu'elle engendre.

CONSOMME PLUS D'EAU
ET DE NUTRIMENTS

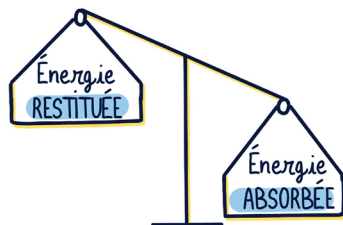


SI LA TEMPÉRATURE OPTIMALE À LA CROISSANCE DES PLANTES AUGMENTE,
LE VERDISSEMENT PEUT SATURER VOIRE S'INVERSER.

LE MOT DE LA FIN

L'AUGMENTATION
MASSIVE DES
ÉMISSIONS DE CO₂...

... A CRÉÉ UN DÉSEQUILIBRE DANS
LE BILAN ÉNERGÉTIQUE DE LA TERRE,
PROVOQUANT À SON TOUR :



AUGMENTATION DE
LA TEMPÉRATURE



ACIDIFICATION DES OcéANS
(↓ biodiversité marine)



VERDISSEMENT (↑ consommation
d'eau + perturbation de l'équilibre
naturel des écosystèmes)

Question n° 5



QUEL EST L'IMPACT DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE SUR LES GLACIERS ?

UN GLACIER EST UNE **ACCUMULATION**
DE **GLACE** ISSUE DE LA **TRANSFORMATION**
DE COUCHES DE NEIGE SUCCESSIVES.
IL EN EXISTE PLUS DE **200 000** SUR TERRE.



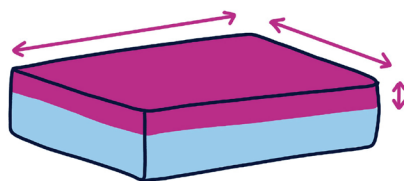
COMMENT MESURE-T-ON L'ÉVOLUTION DES GLACIERS ?



LES GLACIERS SONT DES SORTES DE **RIVIÈRES DE GLACE**
QUI **S'ÉCOULENT** DES PARTIES HAUTES DES MONTAGNES
VERS LES VALLÉES.

LEUR **FRONT** SE DÉPLACE EN FONCTION DES **VARIATIONS** DU
CLIMAT AVEC UN DÉLAI DE QUELQUES ANNÉES À PLUS DE
1 000 ANS.

POUR CONNAÎTRE **L'ÉVOLUTION** DES
GLACIERS, ON MESURE LEUR **GAIN OU PERTE**
DE **NEIGE / GLACE** SUR TOUTE LEUR SURFACE
À L'ÉCHELLE D'UNE ANNÉE :
C'EST LE **BILAN DE MASSE DE SURFACE**.



POUR COMPRENDRE LES **LIENS** ENTRE LE **CLIMAT** ET LES **GLACIERS**, IL FAUT **MESURER**
ET **ANALYSER** LE BILAN DE MASSE DE SURFACE DES GLACIERS **SUR UNE PÉRIODE**
SUFFISAMMENT LONGUE (>10 ANS).



L'**AVANCÉE** OU LE **RECU**L DU FRONT DES GLACIERS
RÉSULTE DE CE QU'IL SE PASSE EN SURFACE :

L'ACCUMULATION OU L'**ABLATION**.

QUEL EST L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES GLACIERS ?

ACCUMULATION :  neige

ABLATION :  fonte

ACCUMULATION > ABLATION ➡ AVANCÉE

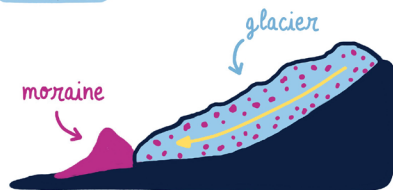
ACCUMULATION < ABLATION ➡ RECUL

AU COURS DE CES DERNIÈRES DÉCENNIES, L'ABLATION AUGMENTE DANS LES ALPES.
CELA S'EXPLIQUE PAR L'ALLONGEMENT DE LA SAISON DE FONTE ET L'INTENSIFICATION
DE LA FONTE EN ÉTÉ.

COMMENT CONNAÎT-ON LES FLUCTUATIONS PASSÉES DES GLACIERS ?

ON PEUT DATER CERTAINES EXTENSIONS À PARTIR DE DÉPÔTS DE ROCHES
CARACTÉRISTIQUES : LES MORAINES.

LES GLACIERS EN " COULANT " CHARRIENT UNE
GRANDE QUANTITÉ DE PIERRES QUI, UNE FOIS
DÉPOSÉES AU FRONT, DONNENT UN INDICE DE LA
PLUS GRANDE AVANCÉE.



CELA NE PERMET DE CONNAÎTRE NI L'AMPLITUDE DES FLUCTUATIONS, NI LA CHRONOLOGIE,
NI L'AMPLEUR DES RECULS.

MAIS

CERTAINES MÉTHODES RÉCENTES DE DATATION PERMETTENT D'EN APPRENDRE
TOUJOURS PLUS.

Bois fossilisé

Isotopes
cosmogéniques

Sédiments
lacustres

LES GLACIERS ONT-ILS TOUJOURS ÉTÉ PLUS ÉTENDUS QU'ACTUELLEMENT ?

OUI ET NON. EN RÉSUMÉ, VOICI CE QU'IL S'EST PASSÉ DANS L'HÉMISPHERE NORD :



DEPUIS LA FIN DU 19^e SIÈCLE, DANS LE MONDE ENTIER (ET EN PARTICULIER CES DEUX DERNIÈRES DÉCENNIES), LES GLACIERS ONT PERDU DE LEUR MASSE ET RECLÉ.

PEUT-ON AFFIRMER QUE LES ACTIVITÉS HUMAINES SONT RESPONSABLES DU RECL PRÉSENT DES GLACIERS ?



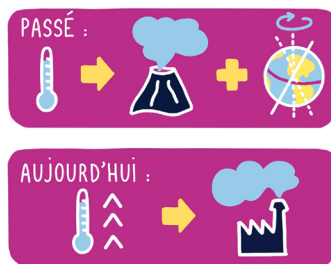
LES GLACIERS ONT TOUJOURS VARIÉ DE MANIÈRE NATURELLE AU COURS DES DERNIERS SIÈCLES ET MILLÉNAIRES.

MAIS LES ÉCHELLES DE TEMPS ET L'AMPLITUDE DES FLUCTUATIONS ACTUELLES N'ONT RIEN À VOIR AVEC CELLES DES 12 000 DERNIÈRES ANNÉES.

QUEL EST L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES GLACIERS ?

LES RECULS PASSÉS NE SONT PAS COMPARABLES À CEUX D'AUJOURD'HUI CAR ILS ONT ÉTÉ CAUSÉS PAR DES FACTEURS (NATURELS) DIFFÉRENTS DE CEUX QUI RÉGISSENT LE CLIMAT ACTUEL (HUMAIN).

Rappelez-vous



DE NOMBREUSES ÉTUDES SCIENTIFIQUES DÉMONTRENT QUE LES ACTIVITÉS HUMAINES SONT RESPONSABLES DE LA QUASI TOTALITÉ DU RÉCHAUFFEMENT PLANÉTAIRE DEPUIS LE 19^e SIÈCLE.

LE RECUL OBSERVÉ DES GLACIERS DEPUIS PLUSIEURS DÉCENNIES EST IMPUTABLE, AVEC UN FORT NIVEAU DE CONFIANCE, AU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE.

QUELLES SONT LES PROJECTIONS D'ÉVOLUTION FUTURE DES GLACIERS ?



QUEL QUE SOIT LE SCÉNARIO CLIMATIQUE, L'INERTIE DU SYSTÈME CLIMATIQUE ET LA LENTEUR DU TEMPS DE RÉPONSE DES GLACIERS VONT CONDUIRE À LA POURSUITE DE LEUR FONTE D'ICI LA MOITIÉ DU 21^e SIÈCLE.

POUR LA SECONDE MOITIÉ DU SIÈCLE, L'ÉVOLUTION DÉPENDRA DES ÉMISSIONS DE GAZ
À EFFET DE SERRE.

SCÉNARIO
1

POURSUITE DE FORTES ÉMISSIONS

DÉCLIN ACCÉLÉRÉ
DES GLACIERS

Exemple des Alpes :
recul probable de 80 à 90 %

SCÉNARIO
2

ÉMISSIONS DIMINUENT
+
NEUTRALITÉ CARBONE EN 2050

DÉCLIN
MOINS FORT

Exemple des Alpes :
recul probable de 70 %

LE MOT DE LA FIN

DANS TOUS LES CAS, LES PROJECTIONS INDICENT LA DISPARITION DES GLACIERS LES PLUS
PETITS ET À PLUS BASSE ALTITUDE DANS LE COURANT DES PROCHAINES ANNÉES
OU DÉCENNIES.



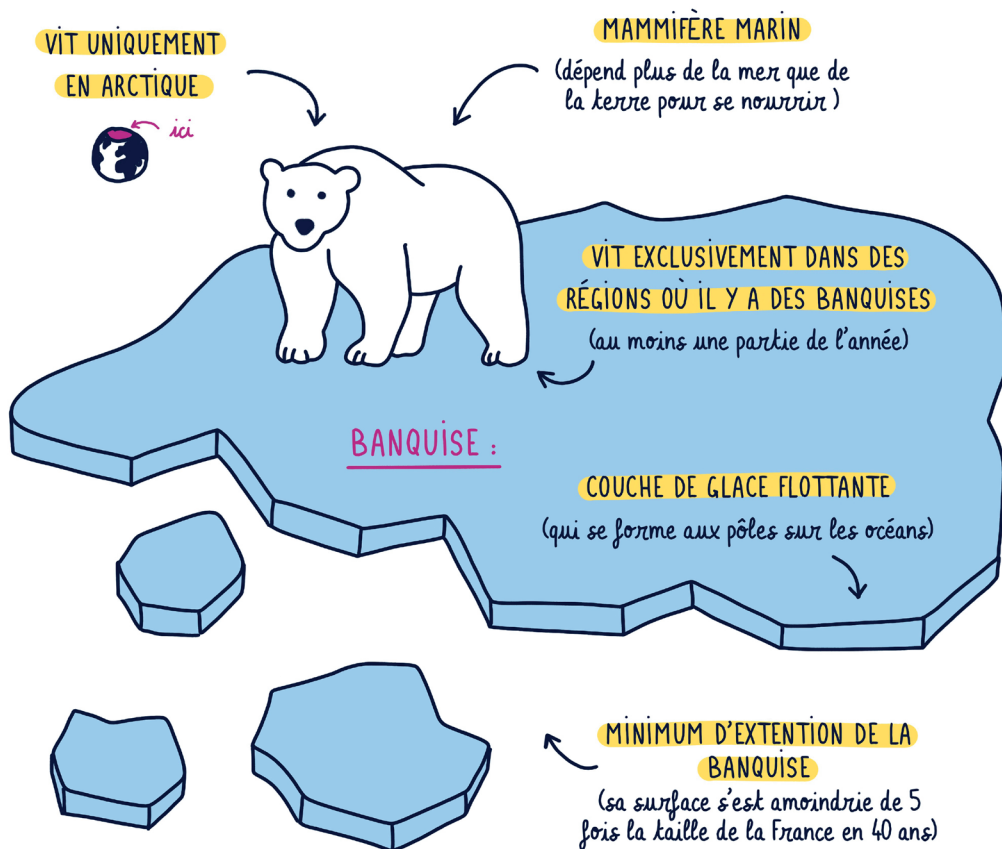
Question n° 6



LES OURS POLAIRES SONT-ILS VRAIMENT
VICTIMES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

OURS POLAIRES ET BANQUISE : PETIT COURS RAPIDE

URSUS MARITIMUS :



LA RÉDUCTION DE LA SURFACE DE LA BANQUISE PÉRENNE REMET SÉRIEUSEMENT EN CAUSE LA CAPACITÉ DES OURS POLAIRES À S'ALIMENTER, CE QUI MENACE LA SURVIE DE L'ESPÈCE D'ICI LA FIN DU SIÈCLE.

L'OURS POLAIRE, UN BON SYMBOLE DE LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?



CELA NE VOUS AURA PAS ÉCHAPPÉ, L'OURS POLAIRE EST DEVENU UN SYMBOLE DE LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE MAIS EST-CE JUSTIFIÉ ?

OUI ET NON

OUI CAR LES POPULATIONS D'OURS POLAIRES SONT DIRECTEMENT MENACÉES PAR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE.



ET **NON** CAR ELLE N'EST PAS LA SEULE ESPÈCE À ÊTRE FORTEMENT IMPACTÉE PAR CES CHANGEMENTS. LA METTRE SYSTÉMATIQUEMENT EN AVANT OCCULTE BEAUCOUP D'AUTRES ASPECTS...

... COMME LE FAIT QUE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE A DÉJÀ ET AURA DES IMPACTS IMPORTANTS SUR LES SOCIÉTÉS HUMAINES DANS DE NOMBREUSES RÉGIONS DU MONDE.



LES OURS POLAIRES PROSPÉRERAIENT ?

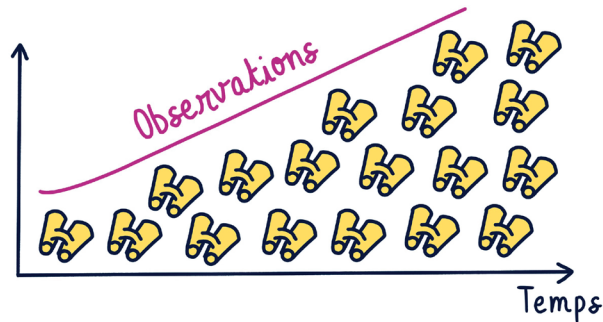
ON ENTEND DIRE :

Le changement climatique n'existe pas, la preuve : les ours polaires se portent mieux qu'il y a 50 ans !

CERTES, ENTRE 2014 ET 2017, L'ESTIMATION DE LA POPULATION D'OURS POLAIRES EST PASSÉE DE 22 000 À 26 000.

MAIS CETTE AUGMENTATION REFLÈTE SURTOUT LA MISE EN PLACE DE NOUVEAUX MOYENS DE COMPTAGE.

LES ESTIMATIONS ANCIENNES SONT TRÈS INCERTAINES...



... IL EST DIFFICILE D'AVOIR UNE VISION À PLUS LONG TERME DE CETTE ÉVOLUTION.

MAIS SURTOUT, QUEL QUE SOIT L'ÉTAT ACTUEL DE LA POPULATION, LA SURVIE DE L'OURS POLAIRE DÉPEND DE L'EXISTENCE DU MILIEU POUR LEQUEL IL EST ADAPTÉ (=BANQUISE)

LES OURS POLAIRES : CAS D'ÉCOLE DU CLIMATO-DÉNIALISME

DES SCIENTIFIQUES SPÉCIALISTES DES OURS POLAIRES ONT ÉTÉ TELLEMENT LASSÉS PAR LA DÉSINFORMATION AUTOUR DU SUJET QU'ILS L'ONT ÉTUDIÉE.



ILS ONT IDENTIFIÉ 90 SITES INTERNET QUI PARLAIENT DE LA BANQUISE ARCTIQUE ET DES OURS POLAIRES...

... ET ILS ONT DISCERNÉ DEUX CATÉGORIES :

LES SITES BASÉS SUR DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES REVUES PAR DES PAIRS DISANT QUE :

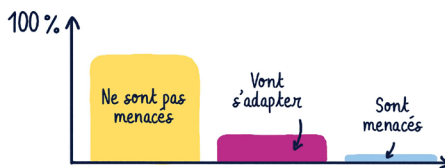
La surface de la banquise arctique :



LES SITES PRODUISANT UNE DÉSINFORMATION SANS AUCUN RAPPORT AVEC LES ÉLÉMENTS SCIENTIFIQUES DISPONIBLES DISANT QUE :



Les ours polaires face au changement climatique :



CES SITES CLIMATO-DÉNIALISTES IGNORENT PUREMENT ET SIMPLEMENT LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE SUR LE SUJET.

LE MOT DE LA FIN



ÉLÉMENTS SCIENTIFIQUES DISPONIBLES :

(basés sur des publications scientifiques évaluées par les pairs)

- LES OURS POLAIRES DÉPENDENT DE LA BANQUISE,
- LA SURFACE DE CETTE DERNIÈRE DIMINUE D'ANNÉE EN ANNÉE, CE QUI MENACE L'ESPÈCE.

LES CLIMATO-DÉNIALISTES :



- NE PUBLIENT PAS DANS DES REVUES À COMITÉ DE LECTURE,
- NE PARVIENNENT PAS À PRODUIRE DES ÉLÉMENTS SCIENTIFIQUES CRÉDIBLES,



- REFUSENT QUE LES ÉLÉMENTS SCIENTIFIQUES SOIENT CONNUS DU GRAND PUBLIC,
- PRODUISENT DE LA DÉSINFORMATION.

Question n° 7



POURQUOI LE NIVEAU
DE LA MER AUGMENTE-T-IL AVEC
LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

AUJOURD'HUI, 1 PERSONNE SUR 10 SUR TERRE HABITE À MOINS DE 10 MÈTRES AU DESSUS DU NIVEAU MARIN ACTUEL.

LA MONTÉE DES EAUX SERA DONC UNE DES CONSÉQUENCES MAJEURES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR LES HUMAINS.

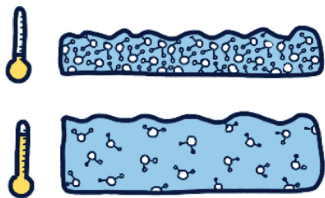


MAIS POURQUOI LE NIVEAU DE LA MER ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE SONT-ILS LIÉS ?

POURQUOI LE NIVEAU DES OCÉANS VARIE-T-IL ?

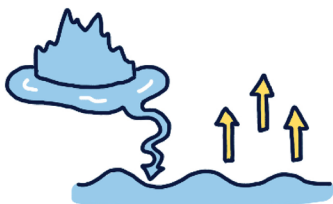
SUR UNE ÉCHELLE DE TEMPS DE QUELQUES DÉCENNIES, LES FLUCTUATIONS DU NIVEAU DES OCÉANS ONT DEUX CAUSES MAJEURES :

LES FLUCTUATIONS DE LA TEMPÉRATURE



LORSQUE LA TEMPÉRATURE DE L'OcéAN AUGMENTE, LES MOLÉCULES D'EAU PRENNENT PLUS DE PLACE. L'OcéAN SE DILATE ET SON NIVEAU S'ÉLÈVE.

LA FONTE DES GLACES CONTINENTALES, GLACIERS ET CALOTTES POLAIRES



LES APPORTS EN EAU DOUCE DE CES FONTES FONT MONTER LE NIVEAU DE LA MER.

QU'OBSERVE-T-ON ACTUELLEMENT ?

DEPUIS UN SIÈCLE, ON CONSTATE UNE ACCÉLÉRATION DE LA REMONTÉE DU NIVEAU MARIN.



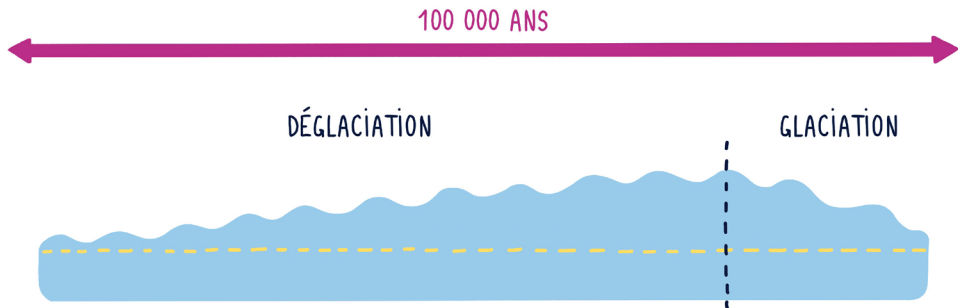
3,3 mm/an

LE RYTHME MOYEN MONDIAL DE L'ÉLEVATION DU NIVEAU DE LA MER ÉTAIT D'ENVIRON d'1,7 mm/an AU COURS DU 20^e SIÈCLE.

CE RYTHME A PRESQUE DOUBLÉ DEPUIS 30 ANS, ÉTANT À PRÉSENT DE 3,3 mm/an (soit environ 3 cartes de crédit empilées par an).

ET ALORS ? LE RYTHME A DÉJÀ ÉTÉ BIEN PLUS IMPORTANT, NON ?

OUI, LES PÉRIODES GLACIAIRES ET INTERGLACIAIRES ONT PONCTUÉ LES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER ET L'ON PENSE QUE PENDANT LES PASSAGES D'UNE PÉRIODE GLACIÈRE À INTERGLACIÈRE LE RYTHME MOYEN ÉTAIT DE 7 mm/an...



MAIS LE RYTHME ÉTAIT RÉGI PAR UNE FONTE IMPORTANTE DES GLACES DUE AU DÉGEL.

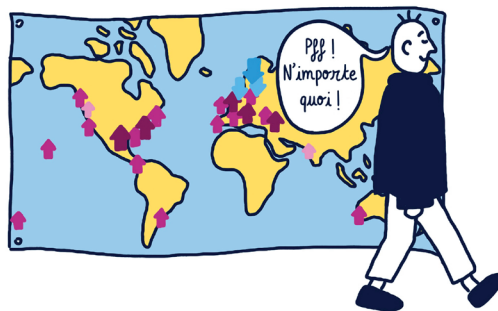
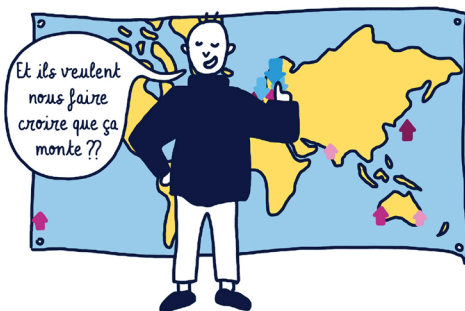
POUR LA HAUSSE ACTUELLE, ON PARLE DE 10 À 15 mm/an ALORS QUE LA DÉGLACIATION EST TERMINÉE DEPUIS LONGTEMPS ET QUE LA PROCHAINE PÉRIODE GLACIAIRE SERA DANS 50 000 ANS.

MAIS IL Y A DES ENDROITS OÙ L'EAU MONTE PLUS OU MOINS VITE !



C'EST VRAI : L'ENSEMBLE DE LA PLANÈTE N'EST PAS VICTIME DE LA MÊME FAÇON DE LA MONTÉE DES EAUX CAR LA CIRCULATION OCÉANIQUE NE RÉPARTIT PAS HOMOGÈNEMENT LA CHALEUR DES OCÉANS, CELA CRÉE DES OSCILLATIONS POUVANT ATTEINDRE $\pm 5\text{cm}$ D'UNE ANNÉE À L'AUTRE. MAIS SI L'ON FAIT UNE MOYENNE AU LONG TERME, LA MER MONTE INDÉNIABLEMENT.

IL N'EST PAS RARE NON PLUS D'OBSERVER PAR ENDROITS UNE BAISSSE DU NIVEAU...
... CE QUI POUSSE CERTAINS À EN FAIRE UNE GÉNÉRALITÉ :



LES RARES BAISSSES LOCALES DU NIVEAU (NOTAMMENT EN SCANDINAVIE) SONT EN FAIT DUES À L'ÉLEVATION DE LA CROÛTE TERRESTRE À CES ENDROITS.



POUR QUELLES RAISONS LA MER MONTE-T-ELLE ACTUELLEMENT ?

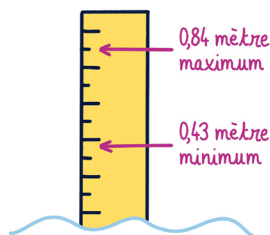
C'EST INDÉNIABLEMENT À CAUSE DE L'AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES À L'ÉCHELLE PLANÉTAIRE. OR, IL EST BIEN ÉTABLI QUE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ACTUEL EST DÙ AUX ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE CAUSÉES PAR LES ACTIVITÉS HUMAINES.



QUE PRÉVOIENT LES CLIMATOLOGUES ?

LA HAUSSE FUTURE DE LA MER DÉPEND DONC BEAUCOUP DE NOS ÉMISSIONS FUTURES DE GAZ À EFFET DE SERRE !

LES PROJECTIONS RÉALISÉES MONTRENT QUE LE NIVEAU MOYEN DE LA MER ATTEINDRA 0,43 MÈTRES EN 2100 SI LES ÉMISSIONS DE CO₂ SONT STOPPÉES MAINTENANT ET 0,83 MÈTRES SI NOUS CONTINUONS AINSI.



CET ÉCART S'EXPLIQUE NOTAMMENT PAR LA DIFFICULTÉ À PRÉDIRE LA CONTRIBUTION DE LA FONTE DES CALOTTES POLAIRES.

LA MER MONTE, ET ALORS ?

LE COÛT ÉCONOMIQUE ET HUMAIN DE LA MONTÉE DES EAUX SERA NON NÉGLIGEABLE :

IMMERSION DES
RÉGIONS CÔTIÈRES



Disparition
de certaines îles.

SALINISATION
DES STOCKS D'EAU DOUCE



Les rendant impropres
à la consommation.

DESTRUCTION DES
ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS



Perte de la biodiversité

ÉVÉNEMENTS
EXTRÊMES AMPLIFIÉS



Voir le chapitre sur
les cyclones...

ET EN FRANCE ?

EN FRANCE EN 2018 :

250 000 PERSONNES VIVAIENT À MOINS DE 500 MÈTRES DE CÔTES EN ÉROSION.
ET 200 000 PERSONNES HABITAIENT À MOINS D'1 km DE LA MER, DANS LES ZONES BASSES.

LES ZONES LES PLUS EXPOSÉES SONT LES DELTAS (Camargue), LES ÎLES,
LES BANDES CÔTIÈRES DE FAIBLE ALTITUDE (Vendée, Flandres).

LE MOT DE LA FIN



DEPUIS UN SIÈCLE, ON OBSERVE UNE ACCÉLÉRATION DE LA REMONTÉE DU NIVEAU MARIN. LE RYTHME EST À PRÉSENT DE 3,3 mm/an EN MOYENNE.



ELLE EST DUE À LA HAUSSE DE LA TEMPÉRATURE DE L'Océan ET À LA FONTE DES GLACES CONTINENTALES, GLACIERS ET CALOTTES POLAIRES. TOUTES DEUX SONT LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES.

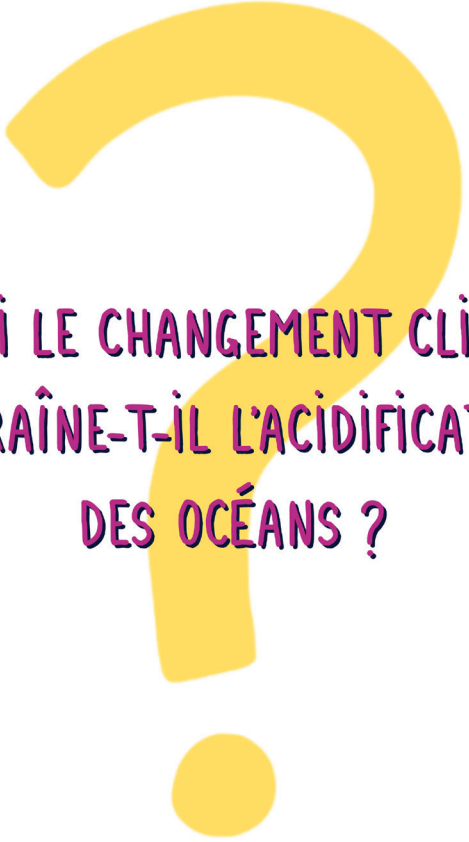


SELON LES SCÉNARIOS LES PLUS OPTIMISTES, MAIS LES MOINS PROBABLES, LE NIVEAU POURRAIT ATTEINDRE 0,43 MÈTRE SUPPLÉMENTAIRES D'ICI 2100.



LEUR AMPLÉUR AURA DE GRAVES CONSÉQUENCES SUR LES RÉGIONS CÔTIÈRES DE FAIBLE ALTITUDE ET À FORTÉ DENSITÉ DE POPULATION.

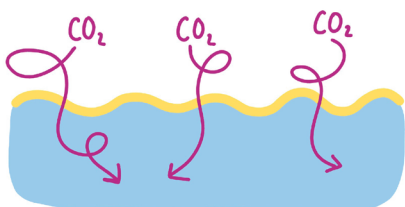
Question n° 8



POURQUOI LE CHANGEMENT CLIMATIQUE
ENTRAÎNE-T-IL L'ACIDIFICATION
DES OCÉANS ?

QU'EST-CE QUE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS ?

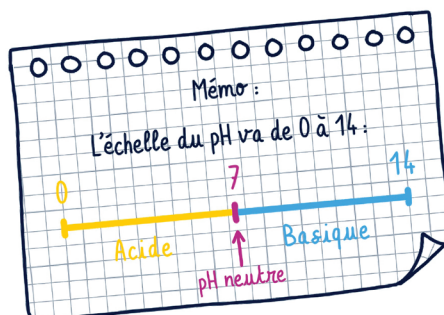
CHAQUE ANNÉE, L'OCÉAN ABSORBE DE GRANDES QUANTITÉS DE CO_2 ATMOSPHÉRIQUE PAR LE BIAIS DE SON IMMENSE SURFACE ET DE MULTIPLES RÉACTIONS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES.



SUR LES 40 MILLIARDS DE TONNES DE CO_2 ÉMISES CHAQUE ANNÉE, L'OCÉAN ABSORBE ENVIRON 25% DES ÉMISSIONS ANTHROPIQUES TOTALES.

LE PROBLÈME EST QUE LORSQUE LE CO_2 SE DISSOUT DANS LES OCÉANS, CELA ENTRAÎNE UNE SUITE DE RÉACTIONS CHIMIQUES QUI DIMINUENT LE pH DE L'EAU DE MER...

...AUGMENTANT AINSI L'ACIDITÉ DE L'EAU.



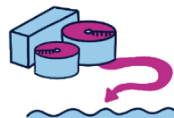
QU'EST-CE QUI PROVOQUE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS ?



ÉMISSIONS
DE CO_2

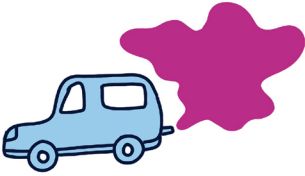


ACTIVITÉS
AGRICOLLES



EUTROPHISATION

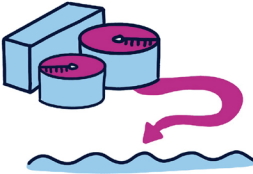
POURQUOI LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ENTRAÎNE-T-IL L'ACIDIFICATION DES OCÉANS ?



LES ÉMISSIONS DE CO_2 D'ORIGINE HUMAINE SONT LA PREMIÈRE CAUSE DE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS.



LES ACTIVITÉS AGRICOLES ÉMETTENT DE GRANDES QUANTITÉS DE COMPOSÉS AZOTÉS DANS L'ATMOSPHÈRE QUI, UNE FOIS ABSORBÉS PAR LES OCÉANS, CONTRIBUENT ÉGALEMENT À SON ACIDIFICATION.



L'EUTROPHISATION EST UN APPORT EXCESSIF D'ÉLÉMENTS NUTRITIFS DANS L'EAU QUI ENTRAÎNE UN DÉSÉQUILIBRE DE L'ÉCOSYSTÈME ET UNE MODIFICATION DU pH.

L'ÉVOLUTION DE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS

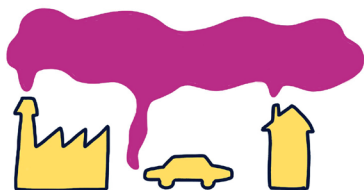
30%

EN MOINS DE 200 ANS, LE pH DES OCÉANS EST PASSÉ DE 8,2 À 8,1
CECI PARAÎT DÉRISOIRE ET POURTANT, CELA CORRESPOND À UNE HAUSSE DE 30% DE L'ACIDITÉ DES OCÉANS !

POUR OBSERVER L'ÉVOLUTION DU pH DES OCÉANS, LES CHERCHEURS UTILISENT DES SÉRIES TEMPORELLES QUI FOURNISSENT DES OBSERVATIONS OCÉANQUES COLLECTÉES SUR DES PÉRIODES DE 15 À 30 ANS...

...DANS CES STATIONS, LE pH EST SYSTÉMATIQUEMENT EN BAISSE.





CE NIVEAU DE pH A DÉJÀ ÉTÉ ATTEINT PAR LE PASSÉ...
... EN REVANCHE, UN CHANGEMENT ABRUPT
DE LA CHIMIE MARINE S'EST PRODUIT À PARTIR
DE LA RÉVOLUTION INDUSTRIELLE ET N'A PAS D'ÉGAL
AU COURS DES 65 DERNIERS MILLIONS D'ANNÉES.

CONSÉQUENCES DE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS

SUR LA VIE MARINE

LA CHIMIE DE L'OCÉAN CHANGE TROP RAPIDEMENT POUR QUE DE NOMBREUSES ESPÈCES
PUISSENT S'Y ADAPTER. VOICI UNE LISTE NON EXHAUSTIVE DES CONSÉQUENCES DE
L'ACIDIFICATION SUR LA VIE MARINE :



Utilisation de plus d'énergie pour réguler la composition chimique
à l'intérieur des cellules de certains organismes.



Cette nouvelle utilisation énergétique se ferait au détriment d'autres
processus biologiques comme la croissance, la reproduction ou la capacité
de réponse à d'autres facteurs de stress.



Beaucoup d'organismes marins qui forment une coquille ou un squelette
calcaire verront ces structures se dissoudre peu à peu (coraux,
mollusques, crustacés, poissons, etc.)



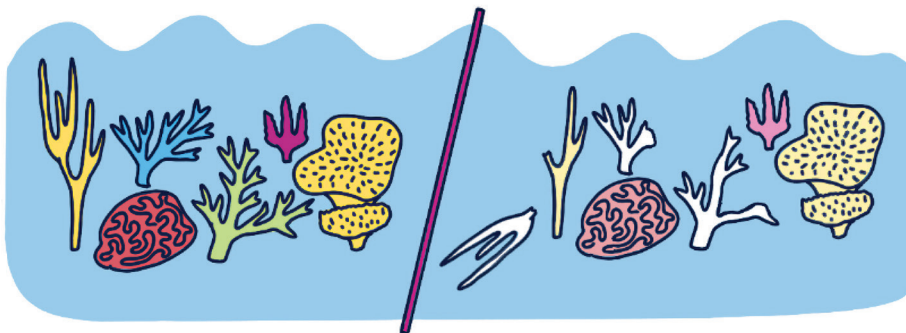
L'acidification trouble les poissons, perturbant leur odorat et leur
comportement.



Les impacts de l'acidification peuvent diminuer la capacité d'une population
à croître ou à se rétablir après les dommages engendrés par un facteur
de stress.

SUR LA POPULATION CÔTIÈRE ET L'ÉCONOMIE TOURISTIQUE

SI L'ACIDIFICATION DES OCÉANS TOUCHE LA BIODIVERSITÉ ET L'AQUACULTURE, C'EST DONC QU'ELLE TOUCHE LES SOCIÉTÉS HUMAINES, METTANT EN PÉRIL LES RESSOURCES ET SERVICES APPORTÉS AUX POPULATIONS QUI DÉPENDENT DE L'OCÉAN.



La pêche et l'aquaculture, qui comptent pour beaucoup dans la sécurité alimentaire mondiale, sont déjà confrontées à des risques accrus causés par le changement climatique et l'acidification des océans.

La raréfaction des coraux tropicaux compromettra le tourisme, la sécurité alimentaire et la protection des côtes pour une grande partie des populations les plus pauvres de la planète.

LA QUESTION DE L'INJUSTICE CLIMATIQUE DOIT DE NOUVEAU ÊTRE ABORDÉE ICI. LES PREMIÈRES POPULATIONS HUMAINES À SUBIR LES CONSÉQUENCES DE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS NE SONT PAS LES PLUS ÉMETTRICES DE CO₂.



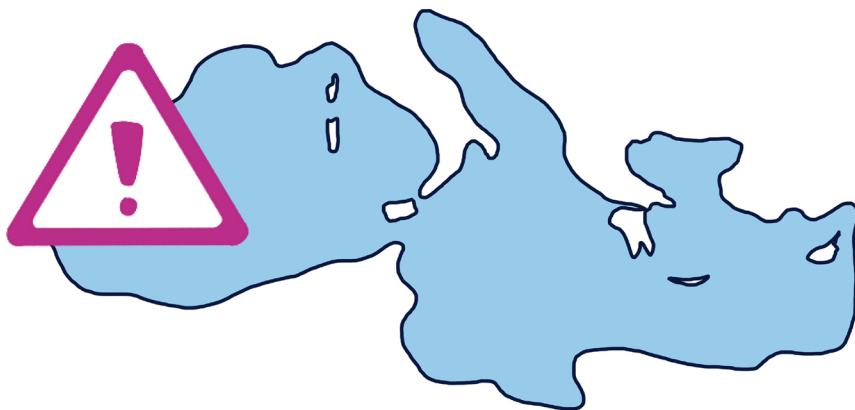
LES ÉTATS ÉMETTEURS DEVRAIENT DONC NON SEULEMENT RÉDUIRE LEURS ÉMISSIONS, MAIS AUSSI AIDER LES POPULATIONS LES PLUS TOUCHÉES À S'ADAPTER.

LE MOT DE LA FIN

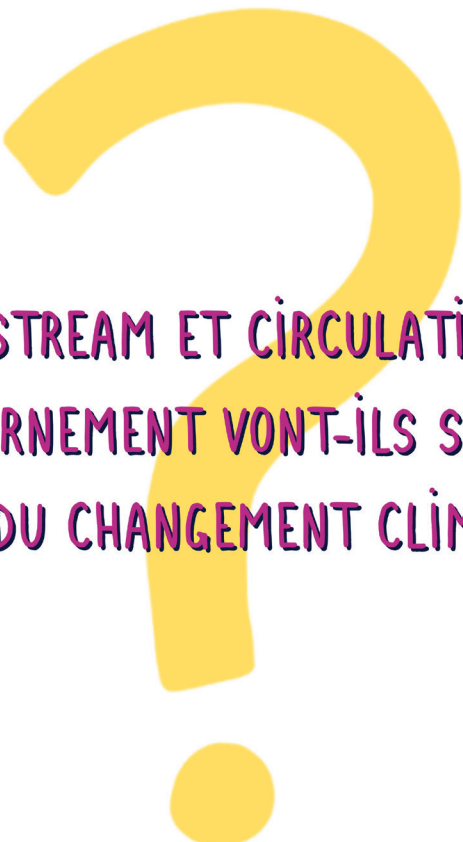
SI VOUS PENSIEZ QUE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS NE NOUS AFFECTERA PAS EN FRANCE, EH BIEN MAUVAISE NOUVELLE : ELLE NOUS TOUCHE DÉJÀ.

DES CHERCHEURS ONT MONTRÉ QUE SUR LA PÉRIODE 2007-2015, L'AUGMENTATION DE LA TEMPÉRATURE A ÉTÉ PLUS RAPIDE EN MÉDITERRANÉE NORD-OCCIDENTALE QUE PARTOUT AILLEURS...

...ET QUE L'AUGMENTATION DE SON ACIDITÉ EST L'UNE DES PLUS ÉLEVÉES JAMAIS MESURÉES DANS L'OCÉAN.



Question n° 9



GULF STREAM ET CIRCULATION DE
RETOURNEMENT VONT-ILS SAUVER
L'EUROPE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

POUR COMMENCER : C'EST QUOI LE GULF STREAM ?

LES VENTS DE SURFACE ET LA ROTATION DE LA TERRE GÉNÈRENT 5 PRINCIPAUX GYRES OCÉANIQUES.

CE SONT DE GIGANTESQUES TOURBILLONS D'EAU, FORMÉS D'UN ENSEMBLE DE COURANTS MARINS.



LE GULF STREAM REPRÉSENTE CETTE PARTIE DU GYRE DE L'ATLANTIQUE NORD.

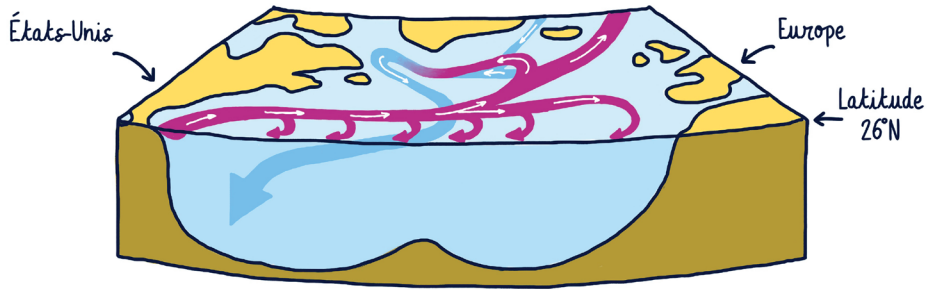
IL LONGE LA FLORIDE ET LA CÔTE SUD-EST DES ÉTATS-UNIS, S'ORIENTE ENSUITE VERS LE LARGE OÙ IL SE DÉSINTÈGRE EN TOURBILLONS.

ET LA CIRCULATION DE RETOURNEMENT ?

CE COURANT PREND SA SOURCE DANS LE GOLFE DU MEXIQUE. L'EAU QU'IL TRANSPORTE EST DONC CHAUDE ET SALÉE ET RESTE EN SURFACE CAR ELLE EST PLUS LÉGÈRE QUE L'EAU FROÏDE.

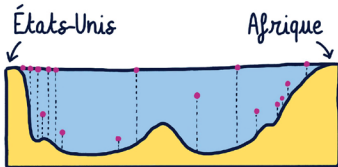
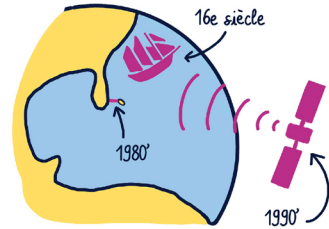
LORSQU'UNE PARTIE DE CES EAUX ARRIVE AU NIVEAU DU GROENLAND, ELLE SE REFROIDIT ET DEVIENT ALORS PLUS LOURDE QUE LES EAUX POLAIRES. ELLE VA DONC "COULER" ET REJOINDRE LES COURANTS PROFONDS QUI VONT VERS LE SUD.

L'ENSEMBLE FORME UNE BOUCLE APPELÉE "CIRCULATION DE RETOURNEMENT".



COMMENT CONNAÎT-ON ET MESURE-T-ON CES PHÉNOMÈNES ?

LE GULF STREAM EST BIEN CONNU DES MARINS DEPUIS LE 16^e SIÈCLE. ON MESURE SON INTENSITÉ EN CONTINU DEPUIS LES ANNÉES 1980 GRÂCE À UN CÂBLE SOUS-MARIN ET ON L'OBSERVE PAR SATELLITE DEPUIS LES ANNÉES 1990.



L'INTENSITÉ DE LA CIRCULATION DE RETOURNEMENT EST MESURÉE DEPUIS 2004 PAR DES INSTRUMENTS OCÉANOGRAPHIQUES DISPOSÉS LE LONG DE LA LATITUDE 26°N ENTRE LES ÉTATS-UNIS ET L'AFRIQUE.

MAIS CES OBSERVATIONS DIRECTES SONT PEU NOMBREUSES ET LES CHERCHEURS UTILISENT AUSSI DES MODÈLES NUMÉRIQUES POUR L'ÉTUDIER. CES MODÈLES PERMETTENT DE RÉALISER DES EXPÉRIENCES VIRTUELLES POUR TESTER DES HYPOTHÈSES

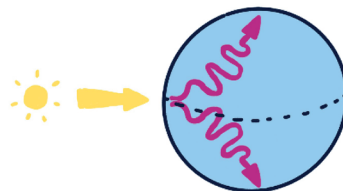


GRÂCE À EUX, ON SAIT MAINTENANT QUE LA CIRCULATION DE RETOURNEMENT EST BIEN PLUS COMPLEXE QU'UN SIMPLE TAPIS ROULANT ET QU'ELLE FLUCTUE ÉNORMÉMENT D'UN MOIS, D'UNE ANNÉE, D'UNE DÉCENNIE OU D'UN SIÈCLE À L'AUTRE.



QUELS SONT LES EFFETS DU GULF STREAM ET DE LA CIRCULATION DE RETOURNEMENT ?

UNE DES CONTRIBUTIONS FONDAMENTALES DE L'OcéAN DANS LE CLIMAT TERRESTRE EST DE TRANSFÉRER L'EXCÉDENT DE CHALEUR SOLAIRE REÇUE À L'ÉQUATEUR VERS LES PÔLES. LE GULF STREAM ET LA CIRCULATION DE RETOURNEMENT Y CONTRIBUENT.



LEURS FLUCTUATIONS ONT DONC UN IMPACT SUR LE CLIMAT GLOBAL EN AFFECTANT :



Les températures



Les précipitations



Les événements météo extrêmes



La biodiversité

QUI AFFECTERONT À LEUR TOUR LES SOCIÉTÉS HUMAINES.

QUELLE ÉVOLUTION FUTURE DE CES PHÉNOMÈNES ?

LES PROJECTIONS CLIMATIQUES QUI ALIMENTENT LES RAPPORTS DU GIEC PRÉDISSENT QUE LA CIRCULATION DE RETOURNEMENT VA TRÈS PROBABLEMENT S'AFFAIBLIR D'ICI LA FIN DU SIÈCLE À CAUSE DE :



MAIS CES MÊMES PROJECTIONS INDIQUENT QU'UN EFFONDREMENT TOTAL DE CETTE CIRCULATION AU COURS DE CE SIÈCLE EST TRÈS PEU PROBABLE.

QUANT AU GULF STREAM, TANT QUE LE VENT SOUFFLERA ET QUE LA TERRE TOURNERA, IL NE S'ARRÊTERA PAS.

QUELS SERAIENT LES EFFETS D'UN RALENTISSEMENT VOIRE D'UN ARRÊT DU GULF STREAM ?

COMME VOUS L'AUREZ COMPRIS, LE GULF STREAM NE RISQUE PAS DE S'ARRÊTER DE SI TÔT. NOUS PARLONS DONC DE LA CIRCULATION DE RETOURNEMENT.

SI ELLE S'ARRÊTAIT, L'EUROPE DE L'OUEST ET LES ÉTATS-UNIS NE SERAIENT PAS PLONGÉS DANS UNE NOUVELLE AIRE GLACIÈRE ET ENCORE MOINS EN QUELQUES JOURS...

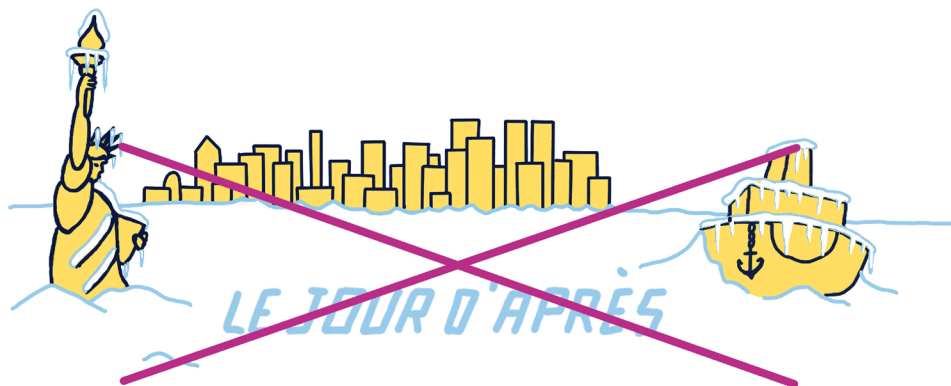
IL FAUDRAIT PLUTÔT UNE CENTAINE D'ANNÉES...

LE MOT DE LA FIN

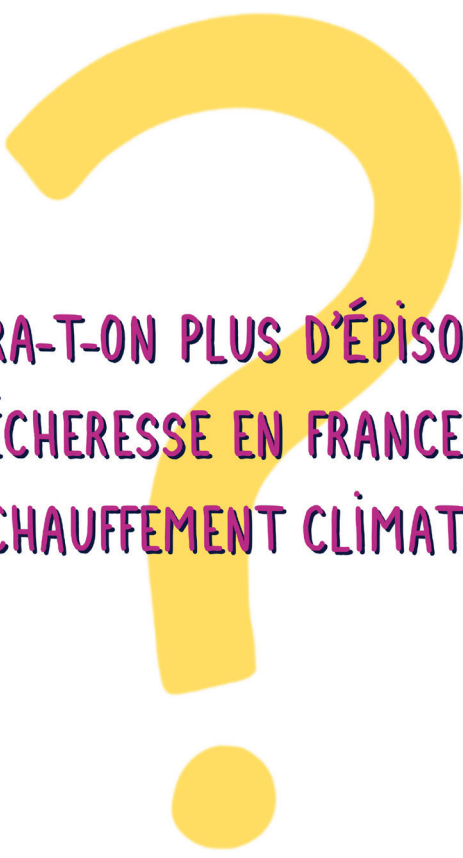
LE RALENTISSEMENT DE LA CIRCULATION DE RETOURNEMENT EST PROBABLE MAIS SE FERA SUR UNE CENTAINE D'ANNÉES.

IL POURRAIT INDUIRE, DANS CERTAINES RÉGIONS, UN RALENTISSEMENT DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE AVANT QUE LE RÉCHAUFFEMENT L'EMPORTE À NOUVEAU CAR À L'ÉCHELLE GLOBALE, LES MODÈLES PRÉDISENT TOUJOURS UN RÉCHAUFFEMENT.

MÊME EN CAS DE DIMINUTION DE LA CIRCULATION, ON AURA TOUJOURS DES VAGUES DE CHALEUR SUFFOCANTE EN ÉTÉ.



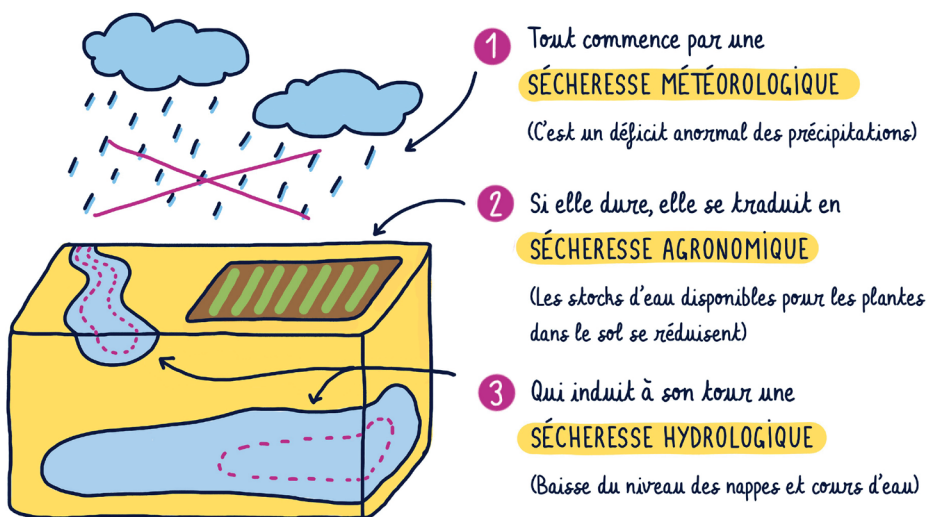
Question n° 10



AURA-T-ON PLUS D'ÉPISODES
DE SÉCHERESSE EN FRANCE AVEC
LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

QU'EST-CE QUE LA SÉCHERESSE ?

C'EST UNE PÉRIODE DE TEMPS ANORMALEMENT SÈCHE ET SUFFISAMMENT LONGUE POUR CAUSER UN GRAVE DÉSÉQUILIBRE HYDROLOGIQUE.



LE DÉCLENCHEMENT D'UNE SÉCHERESSE EST INFLUENCÉ PAR :



Le climat



Les saisons précédentes



Le type de sol

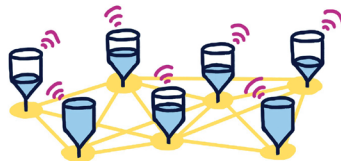


La végétation en place

LES DÉFICITS EN EAU SONT LE RÉSULTAT D'INTERACTIONS COMPLEXES ENTRE LES ANOMALIES MÉTÉO, LES PROCESSUS DE LA SURFACE TERRESTRE ET LE STOCKAGE DE L'EAU PAR L'HOMME.

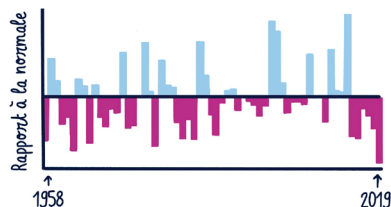
COMMENT OBSERVE-T-ON ET MESURE-T-ON LA SÉCHERESSE ?

EN FRANCE, MÉTÉO-FRANCE SUIT L'ENSEMBLE DES SÉCHERESSES EN QUANTIFIANT LES DÉFICITS PLUVIOMÉTRIQUES OBSERVÉS PAR UN IMPORTANT RÉSEAU DE MESURES DE PRÉCIPITATIONS ET DES SYSTÈMES D'ANALYSE ATMOSPHÉRIQUE.



ILS UTILISENT UN MODÈLE DE SUIVI DU BILAN EN EAU DES SOLS QUI LEUR PERMET DE CALCULER CHAQUE JOUR UN INDICE D'HUMIDITÉ DU SOL.

DES INDICES POUR MESURER L'INTENSITÉ DES SÉCHERESSES ONT ÉTÉ CRÉÉS À PARTIR DE BASES DE DONNÉES RECENSANT LES PLUIES, L'HUMIDITÉ DES SOLS ET LES DÉBITS DES RIVIÈRES.



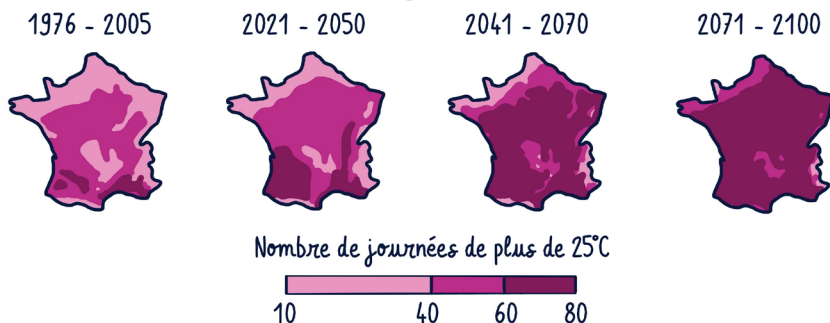
COMMENT ÉVOLUE ET VA ÉVOLUER LA SÉCHERESSE EN FRANCE ?

CES DERNIÈRES DÉCENNIES, LA SÉCHERESSE A PROGRESSÉ EN RÉGION MÉDITERRANÉENNE. ON CONSIDÈRE QU'AUJOURD'HUI LA FRANCE EST À 15 % MÉDITERRANÉENNE ET QU'ELLE LE SERA À 50 % D'ICI LA FIN DU SIÈCLE.



2018, 2019 ET 2020 ONT BATTU DES RECORDS DE SÉCHERESSE. L'ÉTÉ 2020 A ÉTÉ LE PLUS SEC DEPUIS 1959, LOIN DEVANT LES ÉTÉS 1964 ET 1979.

DANS LE FUTUR, LA SÉCHERESSE NE SERA PAS LA MÊME PARTOUT : LE QUART NORD-OUEST DU PAYS RESTERA PLUTÔT PRÉSERVÉ DES SÉCHERESSES DES SOLS ALORS QUE L'EST ET LE SUD PRÉSENTERONT DES SIGNES D'AGRAVATION ALARMANTS.



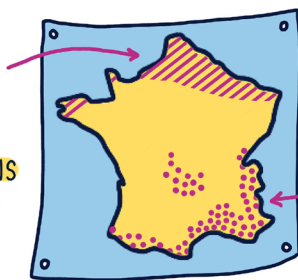
LA SÉCHERESSE DANS LE FUTUR EN FRANCE

DU POINT DE VUE DE SON INTENSITÉ, VOICI CE QUE MONTRENT LES DERNIÈRES SIMULATIONS :



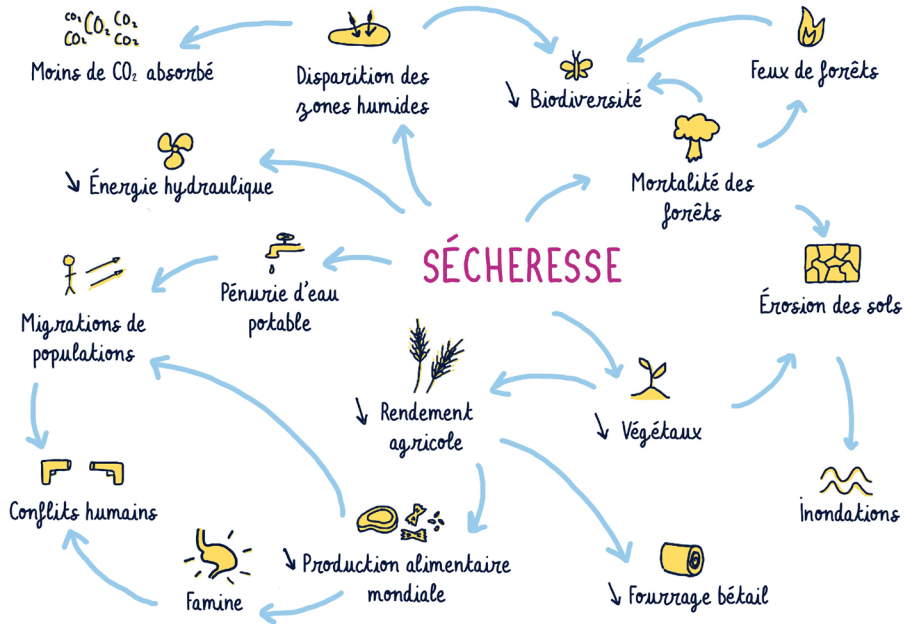
D'UN POINT DE VUE SPATIAL, VOICI LES PROJECTIONS :

LES RÉGIONS DONT LES SOLS SONT AUJOURD'HUI LES PLUS HUMIDES CONNAÎTRONT PROBABLEMENT LES ÉVOLUTIONS LES PLUS FORTES PAR RAPPORT AU CLIMAT ACTUEL.



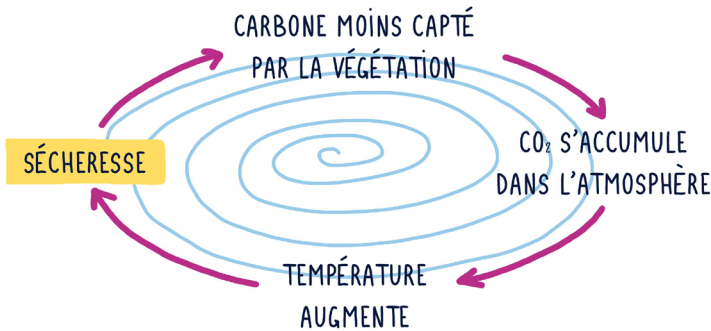
LES ZONES MONTAGNEUSES ET MÉDITERRANÉENNES CONNAÎTRONT DES SÉCHERESSES DES SOLS TRÈS MARQUÉES.

LES CONSÉQUENCES DE LA SÉCHERESSE



SÉCHERESSE ET CLIMAT : UN CERCLE VICIEUX ?

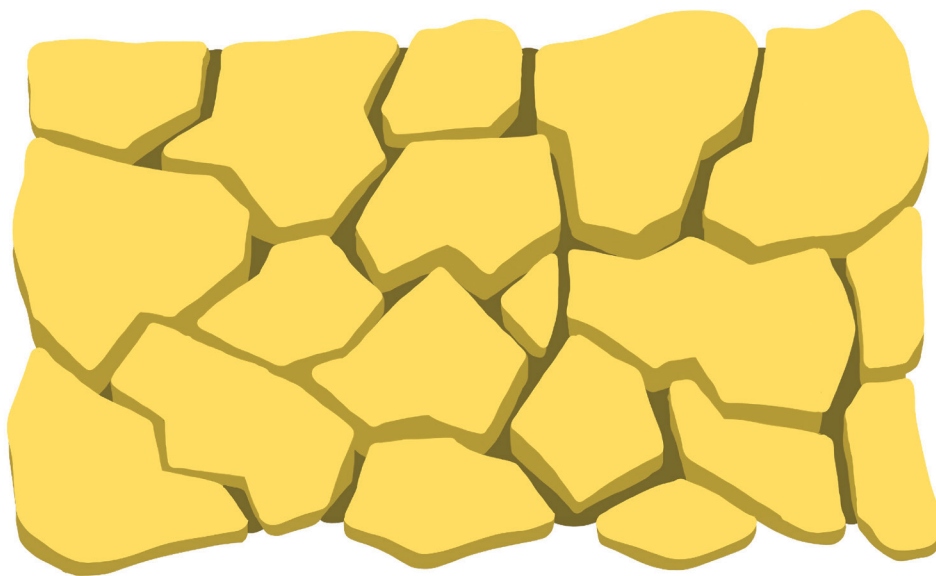
LA SÉCHERESSE AGGRAVE ELLE-MÊME LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE :



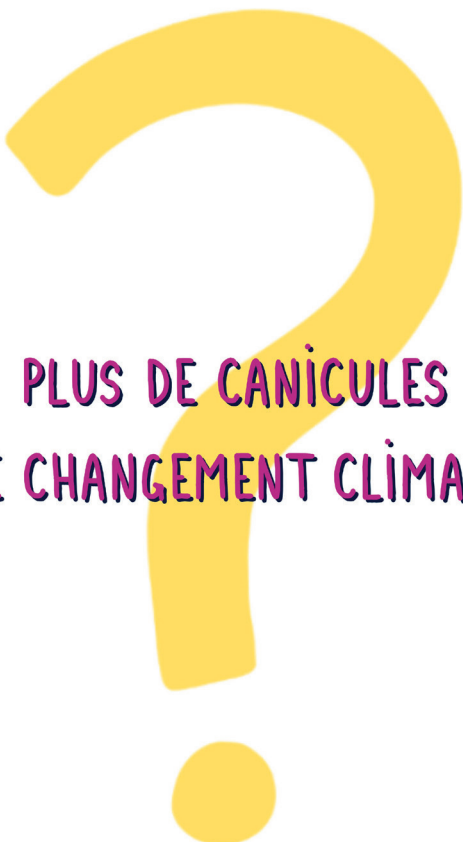
LE MOT DE LA FIN

LA SÉCHERESSE TOUCHE DÉJÀ ET TOUCHERA ÉNORMÉMENT LA FRANCE.

EN TERMES DE SÉCHERESSE DES SOLS, LA SITUATION " NORMALE " EN FRANCE À LA FIN DU
21^e SIÈCLE CORRESPONDRA AUX ÉPISODES EXTRÊMES ACTUELS.



Question n° 11



AURA-T-ON PLUS DE CANICULES EN FRANCE
AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?



PIC DE CHALEUR, VAGUE DE CHALEUR OU CANICULE ?

PIC DE CHALEUR

Épisode **bref** (24 à 48 heures) durant lesquels les températures sont très au-dessus des normales de saison.

VAGUE DE CHALEUR

Observation de températures anormalement élevées pendant **plusieurs jours consécutifs**.

IL N'EXISTE PAS VRAIMENT DE DIFFÉRENCE ENTRE VAGUE DE CHALEUR ET CANICULE NI MÊME UNE DÉFINITION UNIVERSELLE DU PHÉNOMÈNE...

...MAIS LEURS DÉFINITIONS DÉPENDENT TOUT DE MÊME DE TROIS CRITÈRES :



DÉPASSEMENT D'UN SEUIL

La température maximale, minimale, moyenne, température et humidité.



CONDITION DE DURÉE

Jours cumulés, sur un mois ou une année.



CONDITION D'EXTENSION SPATIALE

Phénomène localisé ou étendu

AURA-T-ON PLUS DE CANICULES EN FRANCE AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

LE CHOIX DES SEUILS, DES VARIABLES ET DES CONDITIONS SONT RELATIFS À LA ZONE GÉOGRAPHIQUE (28°C est plus rare en Bretagne que dans le Sud-Est de la France) ET À CE QUE L'ON ÉTUDIE (santé, agriculture, production d'énergie, etc.).

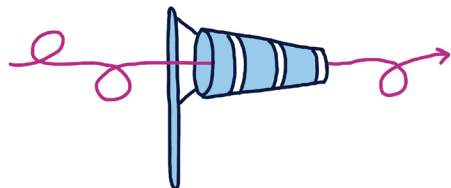
COMMENT SE FORME-T-ELLE ?

L'APPARITION D'UNE CANICULE DÉPEND DES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES LOCALES, EN GÉNÉRAL ELLE EST CAUSÉE PAR L'UNE OU L'AUTRE DE CES CONDITIONS :



ANTICYCLONE PERSISTANT

Il se produit un phénomène de blocage où les hautes pressions forment un obstacle au passage des perturbations atlantiques plus fraîches.



VENT CHAUD PERSISTANT

Les vents persistants en provenance de régions plus chaudes amènent la chaleur qui reste jusqu'à ce que le vent change de direction.

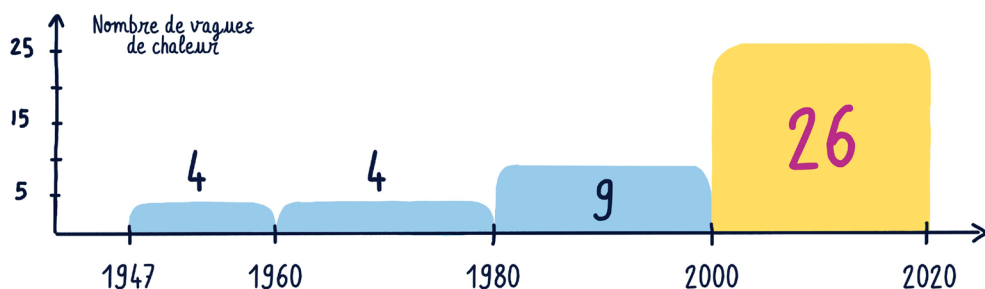
ET N'OUBLIONS PAS QUE LA SÉCHERESSE AMPLIFIE SOUVENT LA CANICULE !

AVONS-NOUS TOUJOURS EU DES VAGUES DE CHALEUR EN FRANCE ?

POUR METTRE UNE VAGUE DE CHALEUR DANS UN CONTEXTE HISTORIQUE, MÉTÉO-FRANCE UTILISE LE MÊME INDICATEUR THERMIQUE NATIONAL DEPUIS 1947.



AINSI, UNE VAGUE DE CHALEUR EST DÉTECTÉE LORSQUE CET INDICE ATTEINT OU DÉPASSE 25,3°C ET QU'IL RESTE ÉLEVÉ PENDANT AU MOINS 3 JOURS.



PEUT-ON ATTRIBUER CHAQUE CANICULE AU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

LA PROBABILITÉ QUE DES CANICULES SE PRODUISENT A FORTEMENT AUGMENTÉ DU FAÏT
DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE D'ORIGINE HUMAINE.

POUR L'AFFIRMER, LES SCIENTIFIQUES COMPARENT LES PROBABILITÉS D'APPARITION
AVEC ET SANS L'IMPACT HUMAIN...

... ET DÉTERMINENT STATISTIQUEMENT LA DURÉE MOYENNE AU COURS DE LAQUELLE
UNE CANICULE D'UNE MÊME INTENSITÉ POURRAIT SE REPRODUIRE
(que l'on appelle période de retour).

EXEMPLE DE LA CANICULE DE 2019

Période de retour actuelle avec impact humain :

50 à 150 ans

Période de retour sans impact humain :

500 à 1500 ans

SOIT 10 FOIS PLUS ESPACÉ !

IMPACTS DES CANICULES SUR LA SANTÉ HUMAINE

TOUT LE MONDE (oui, tout le monde !) SUBIT LES CONSÉQUENCES DE LA CHALEUR QUI CAUSE (ENTRE AUTRES) :



EN CAS DE TEMPÉRATURES EXTRÊMES, LE RISQUE DE DÉCÈS PEUT ÊTRE 4 FOIS PLUS IMPORTANT QU'UN JOUR NORMAL.

À QUOI S'ATTENDRE D'ICI 2050 ET AU-DELÀ ?



ALORS ?
VERDICT ?

EH BIEN OUI, LA FRÉQUENCE DES
CANICULES DEVRAIT DOUBLER
D'ICI À 2050...

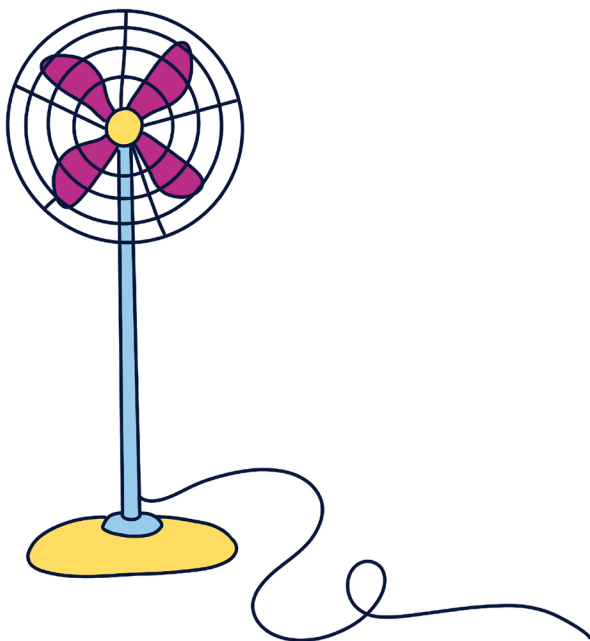
... AVEC DES VAGUES
DE CHALEURS PLUS INTENSES
ET PLUS LONGUES.

LE MOT DE LA FIN

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE D'ORIGINE HUMAINE A DÉJÀ ET CONTINUERA DE MODIFIER LA PROBABILITÉ DES ALÉAS MÉTÉOROLOGIQUES.

LES CANICULES SERONT DEUX FOIS PLUS FRÉQUENTES ET/OU INTENSES D'ICI 2050 À CAUSE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE D'ORIGINE HUMAINE.

NOUS AVONS CONNU AUTANT DE VAGUES DE CHALEUR ENTRE 1960 ET 2005 (45 ANS) QU'ENTRE 2005 ET 2020 (15 ANS).



Question n° 12



AURA-T-ON PLUS
DE CYCLONES ET D'OURAGANS AVEC
LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

TEMPÊTES, CYCLONES, OURAGANS, TYPHONS... DE QUOI PARLE-T-ON ?

UN **CYCLONE TROPICAL** EST UNE **TEMPÊTE OCÉANIQUE TROPICALE** DONT LA **VITESSE DU VENT DÉPASSE 118 km/h**. ILS PORTENT DES **NOMS DIFFÉRENTS** EN FONCTION DE LEUR **LOCALISATION** :

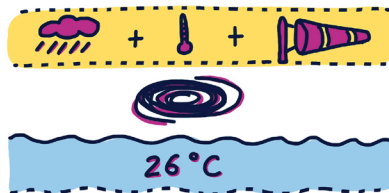


 **OURAGAN** : Atlantique Nord

 **TYPHON** : Pacifique Nord-Est

 **CYCLONE** : Autres zones d'activité

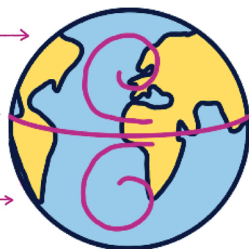
POUR QU'UN **CYCLONE SE FORME**, IL FAUT QUE LA **TEMPÉRATURE DE L'Océan SOIT SUPÉRIEURE À 26°C** SUR UNE **GRANDE PROFONDEUR**... MAIS AUSSI QUE L'**HUMIDITÉ**, LA **CHALEUR** ET LE **VENT** SOIENT **FAVORABLES EN ALTITUDE**.



Hémisphère nord :
Sens horaire

Équateur : nulle

Hémisphère sud :
Sens anti-horaire



UN **CYCLONE SE MET EN PLACE GRÂCE À LA FORCE DE CORIOLIS**, QUI MET L'AIR EN **MOUVEMENT** DANS DES **SENS DIFFÉRENTS** DANS CHAQUE **HÉMISPÈRE**.

LA FORCE DE **CORIOLIS ÉTANT NULLE À L'ÉQUATEUR**, IL N'Y A PAS DE **CYCLONES** DANS CETTE ZONE.

AURA-T-ON PLUS DE CYCLONES ET D'OURAGANS AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

LES CYCLONES SONT CLASSÉS EN 5 CATÉGORIES SELON L'ÉCHELLE DE SAFFIR-SIMPSON.



LES CYCLONES SONT-ILS PLUS FRÉQUENTS ?



L'ACTIVITÉ CYCLONIQUE EST OBSERVÉE PAR SATELLITE DEPUIS LES ANNÉES 1970 ET L'ON CONSTATE UNE AUGMENTATION DU NOMBRE DE CYCLONES DANS L'ATLANTIQUE NORD.

MAIS

L'ACTIVITÉ CYCLONIQUE VARIE NATURELLEMENT SELON DES CYCLES DE PLUSIEURS DIZAINES D'ANNÉES. DONC AVEC SEULEMENT 60 ANS DE RECU, ON NE PEUT PAS ENCORE DIRE SI LA TENDANCE EST VRAIMENT À L'AUGMENTATION.

LES CYCLONES SONT-ILS PLUS VIOLENTS ?

OUI, PARCE QUE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE AUGMENTE LA TEMPÉRATURE DE L'ATMOSPHÈRE.

OR, LORSQUE L'AIR SE RÉCHAUFFE, IL CONTIENT PLUS D'HUMIDITÉ ET MOBILISE PLUS D'ÉNERGIE LORS D'UN ÉVÉNEMENT EXTRÊME.

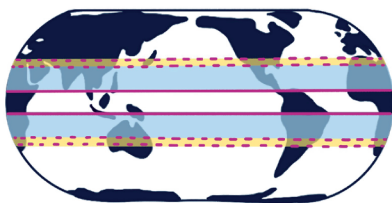
CELA SE TRADUIT PAR DE PLUS FORTES PLUIES ET DES VENT RENFORCÉS CONDUISANT À LA FORMATION DE CYCLONES PLUS PUISSANTS.



PLUS QUE LEUR MULTIPLICATION, C'EST DONC LEUR INTENSITÉ ET LEUR AMPLIFICATION QUI INQUIÈTENT LES CLIMATOLOGUES...

LES CYCLONES SÉVISSENT-ILS DANS DE NOUVELLES ZONES ?

DEPUIS 35 ANS, ON CONSTATE QUE LA ZONE TROPICALE S'EST ÉLARGIE EN DIRECTION DES PÔLES DANS LES DEUX HÉMISPÈRES.



TOUT COMME LA ZONE DANS LAQUELLE SÉVISSENT LES CYCLONES.

ON ESTIME QUE LA BANDE D'IMPACT MAXIMAL DES CYCLONES S'EST ÉLARGIE DE 115 KM PAR DÉCENNIE, SOIT ENVIRON 1 DEGRÉ DE LATITUDE.

LES ACTIVITÉS HUMAINES ET L'IMPACT DES CYCLONES

LES CYCLONES VONT AVOIR DES IMPACTS AMPLIFIÉS À CAUSE DE FACTEURS LIÉS DE PRÈS OU DE LOIN AUX ACTIVITÉS HUMAINES :

L'URBANISATION DES ZONES CÔTIÈRES



Avec des villes de plus en plus densément peuplées et qui ne sont pas construites en fonction de ce risque.

LA DESTRUCTION DES ZONES TAMPON



Dont les mangroves qui contribuent naturellement à freiner les vagues et à réduire l'impact des cyclones.

L'ÉLEVATION DU NIVEAU DE LA MER



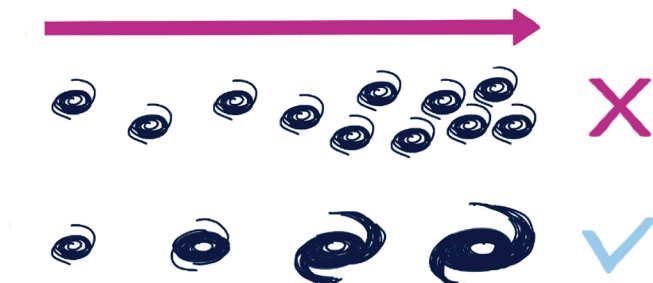
Comme les vents charrient plus d'eau de mer vers l'intérieur des terres, il y a des dégâts beaucoup plus importants.

LE MOT DE LA FIN

LES CYCLONES SUBISSENT LES RÉPERCUSSIONS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, EN PARTICULIER DE L'AUGMENTATION DE LA TEMPÉRATURE DES OCÉANS ET DES CHANGEMENTS DANS LES RÉGIMES DE VENTS.

À L'AVENIR, LE NOMBRE DE CYCLONES NE DEVRAIT PAS AUGMENTER...

... MAIS ILS DEVRAIENT ÊTRE PLUS INTENSES EN TERMES DE PRÉCIPITATIONS ET DE VITESSE DU VENT.



LES PERTES MATÉRIELLES ET HUMAINES DEVRAIENT AUGMENTER EN RAISON DE LA PLUS GRANDE EXPOSITION AUX TEMPÊTES.

Question n° 13

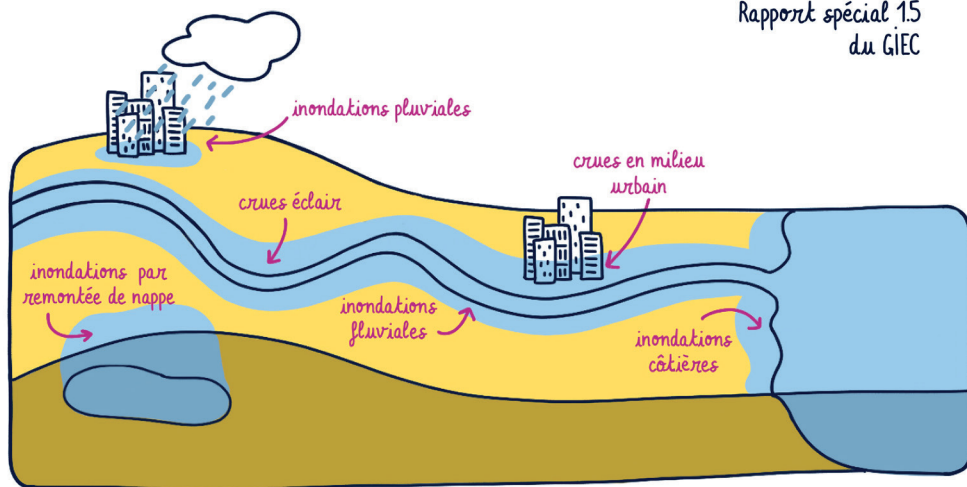


LES INONDATIONS SONT-ELLES LIÉES
AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

QU'EST-CE QUI DÉFINIT UNE INONDATION ?

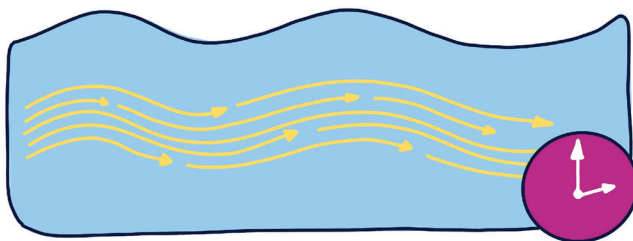
“ C'EST LE GONFLEMENT D'UN COURS D'EAU OU D'UNE AUTRE MASSE D'EAU AU-DELÀ DES LIMITES NORMALES OU ACCUMULATION D'EAU DANS DES ZONES QUI, EN TEMPS NORMAL, NE SONT PAS SUBMERGÉES. ”

Rapport spécial 1.5
du GIEC



CARACTÉRISTIQUES DES INONDATIONS

L'IMPORTANCE D'UNE INONDATION FLUVIALE (HISTORIQUEMENT PLUS FRÉQUENTE QUE LES AUTRES) DÉPEND DE TROIS PARAMÈTRES.



LA HAUTEUR D'EAU

LA VITESSE DU COURANT

LA DURÉE DE LA CRUE

LES INONDATIONS SONT-ELLES LIÉES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

CES PARAMÈTRES SONT CONDITIONNÉS PAR LES PRÉCIPITATIONS, L'ÉTAT DU BASSIN VERSANT ET LES CARACTÉRISTIQUES DU COURS D'EAU.

IL FAUT GARDER EN TÊTE QU'UN IMPORTANT ÉPISODE DE PLUIE N'ABOUTIRA PAS FORCÉMENT À UNE INONDATION...



...ET QU'IL N'EST PAS PERTINENT DE COMPARER LES INONDATIONS EN PRENANT COMME POINT DE COMPARAISON LE NOMBRE DE MORTS OU LE COÛT DES DÉGÂTS.

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE AGGRAVE-T-IL LES INONDATIONS ?

DANS LE PASSÉ ET ACTUELLEMENT

LES CONCLUSIONS DU RAPPORT DU GIEC SORTI LE 9 AOÛT 2021 SONT TRÈS CLAIRES SUR LE FAÏT QUE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE D'ORIGINE HUMAINE :

- A augmenté la fréquence et l'intensité des épisodes de fortes précipitations depuis les années 1950.
- Affecte déjà de nombreux phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes dans toutes les régions du monde.



DANS LE FUTUR

AVEC LA POURSUITE DU RÉCHAUFFEMENT, LES ALÉAS CLIMATIQUES À VENIR SERONT LES SUIVANTS :

- Chaque région pourrait subir plus d'événements climatiques extrêmes, parfois combinés et avec des conséquences multiples.



- L'élévation relative du niveau de la mer contribuera à augmenter la fréquence et la gravité des inondations côtières.



- Les inondations seront (et sont déjà) plus fréquentes et plus intenses.



- Notre atmosphère plus chaude contiendra plus de vapeur d'eau, engendrant davantage d'inondations pluviales.

UNE BONNE SURVEILLANCE DU RISQUE D'INONDATION EN FRANCE...

LA FRANCE DISPOSE D'UN SERVICE CONSACRÉ À LA PRÉVISION DES INONDATIONS QUI :



Produit et diffuse une information continue sur les crues publiée sur le site vigiecrue.gouv.fr



Anime et pilote le réseau de la prévision des crues et de l'hydrométrie de l'État.



Permet d'avoir en détail, et par station, des relevés d'hydrométrie par hauteur d'eau ou débit.

CES SERVICES D'OBSERVATION SONT TRÈS IMPORTANTS DANS LA MESURE OÙ ILS SONT EN CHARGE DE PRÉVENIR LA POPULATION AFIN QU'ELLE PUISSE ÉVACUER LES LIEUX À TEMPS.

... NE SIGNIFIE PAS QUE LA FRANCE EST BIEN PRÉPARÉE

ALORS QUE CES STATIONS PERMETTENT DE MIEUX ANTICIPER LES ALÉAS CLIMATIQUES, LES AMÉNAGEMENTS DE NOTRE TERRITOIRE SONT ENCORE MAL ADAPTÉS À DE TELLES CONDITIONS.

Engorgement
en eau des sols

Inhabitabilité de certaines
vallées et relocalisation

Constructions côtières
et fluviales exposées

Artificialisation
des sols

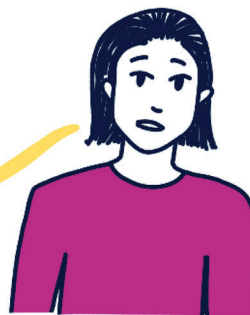
Nombreux établissements
accueillant des enfants exposés

INONDATIONS VERSUS FAKE NEWS

LORS DE CHAQUE INONDATION, VOUS ENTENDREZ TOUJOURS QUELQU'UN DIRE :

“ C’EST PAS NOUVEAU, ÇA A TOUJOURS EXISTÉ,
ÇA N’A RIEN À VOIR AVEC LE CHANGEMENT
CLIMATIQUE ”

C’EST SYSTÉMATIQUE



ALORS QUE DEPUIS PLUS DE 5 ANS, POUR CHAQUE ÉVÉNEMENT EXTRÊME, LES CHERCHEURS SONT CAPABLES DE DIRE S'IL A ÉTÉ RENDU PLUS PROBABLE EN RAISON DU CHANGEMENT CLIMATIQUE OU NON.



POUR CELA, ILS S'APPUIENT SUR DES DÉCENNIES D'OBSERVATIONS ET COMPARENT DES RÉSULTATS DE SIMULATIONS AVEC ET SANS GAZ À EFFET DE SERRE ADDITIONNELS.

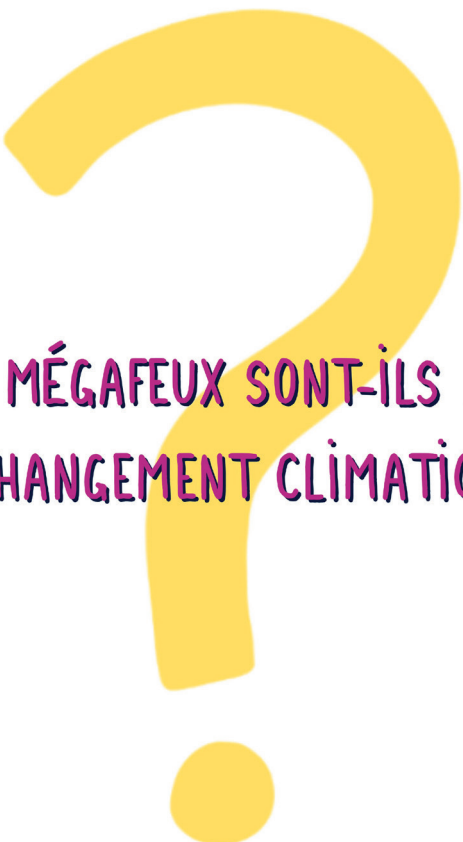
LE MOT DE LA FIN

LES INONDATIONS EN ALLEMAGNE, BELGIQUE, LUXEMBOURG PUIS À NEW YORK CES DERNIERS MOIS ONT MONTRÉ QUE PERSONNE N'EST À L'ABRI DES INONDATIONS, PAS MÊME LES PAYS INDUSTRIALISÉS.

CEPENDANT, CE SONT ENCORE UNE FOIS LES PERSONNES LES PLUS DÉMUNIES, VIVANT DANS DES APPARTEMENTS INSALUBRES AU REZ-DE-CHAUSSÉE OU EN SOUS-SOL, QUI ONT ÉTÉ LES PLUS TOUCHÉES.

L'INJUSTICE CLIMATIQUE SE CONSTATE DANS TOUS LES PAYS DU MONDE...

Question n° 14



LES MÉGAFEUX SONT-ILS LIÉS
AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

CARACTÉRISTIQUES D'UN MÉGAFEU



COMMENT OBSERVE-T-ON ET MESURE-T-ON LES INCENDIES ?

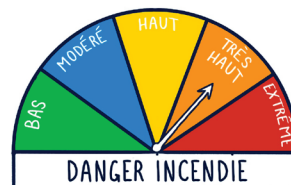


À L'ÉCHELLE GLOBALE, LES SURFACES BRÛLÉES PAR LES FEUX SONT ESTIMÉES À PARTIR DE DONNÉES SATELLITAIRES.

ON ÉVALUE LE NOMBRE DE FEUX ACTIFS À PARTIR DE L'OBSERVATION DE LA SURFACE TERRESTRE ET D'INFORMATIONS SUR LA COUVERTURE VÉGÉTALE.

L'ÉVOLUTION SPATIALE DU RISQUE DE FEUX DE FORÊTS EST ÉVALUÉE À PARTIR DE L'INDICE FORÊT MÉTÉO (IFM).

PLUS LA VALEUR DE L'IFM EST ÉLEVÉE, PLUS LES CONDITIONS MÉTÉO SONT PROPICES AUX INCENDIES.

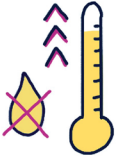


POURQUOI CES GIGANTESQUES FEUX ?



CONDITIONS MÉTÉO EXTRÊMES

LES FEUX AYANT UNE INTENSITÉ EXTRÊME SONT TOUS ASSOCIÉS À DES CONDITIONS MÉTÉO EXTRÊMES.



SÉCHERESSE ET AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES

LA VÉGÉTATION ET LE SOL S'ASSÈCHENT, CRÉANT D'AVANTAGE DE COMBUSTIBLE INFLAMMABLE ET AIDANT LES INCENDIES À SE PROPAGER PLUS LOIN ET PLUS VITE.



FACTEUR HUMAIN

CE SONT SOUVENT LES HUMAINS QUI DÉCLENCHENT (VOLONTAIREMENT OU ACCIDENTELLEMENT) LES INCENDIES MAIS SURTOUT, CE SONT EUX QUI SONT RESPONSABLES DES CONDITIONS CLIMATIQUES ACTUELLES QUI FAVORISENT LA PROPAGATION PLUS RAPIDE ET PLUS ÉTENDUE DES FEUX DE FORÊT.

LES CLIMATO-SCEPTIQUES ÉVOQUENT SOUVENT DEUX AUTRES FACTEURS NATURELS POUR JUSTIFIER LA PRÉSENCE DES MÉGAFEUX... ET NIER L'IMPACT HUMAIN.

EL NIÑO

INVERSION DU DIPÔLE
DE L'Océan INDIEN

Oui, il est vrai que ces deux phénomènes climatiques (qui concernent l'océan Pacifique tropical et l'océan Indien) peuvent favoriser les incendies suivant leur intensité.

MAIS

LES CONDITIONS DANS LESQUELLES CES PHÉNOMÈNES FAVORISENT LES INCENDIES SONT BEAUCOUP PLUS FRÉQUENTES PAR RAPPORT À LA VARIABILITÉ NATURELLE DE L'ÉPOQUE PRÉ-INDUSTRIELLE.

IL A EN EFFET ÉTÉ ESTIMÉ QUE LES FEUX SURVENUS EN AUSTRALIE SONT 9 FOIS PLUS PROBABLES DANS LE CLIMAT ACTUEL QUE DANS UN CLIMAT TYPIQUE DES ANNÉES 1900, ET QUE CEUX SURVENUS EN SIBÉRIE SONT 600 FOIS PLUS PROBABLES DANS LE CLIMAT ACTUEL QUE DANS LE CLIMAT PRÉ-INDUSTRIEL.



QUELS SONT LES IMPACTS DE CES MÉGAFEUX ?



BIODIVERSITÉ

Les feux détruisent l'habitat de certaines d'espèces dont des espèces menacées d'extinction.



QUALITÉ DE L'AIR + SANTÉ

Ils émettent de grandes quantités de particules reconnues cancérogènes par l'OMS.



ÉMISSIONS DE CO₂

Les feux Australiens de 2019-2020 ont rejeté 900 mégatonnes de CO₂, soit plus que les éruptions volcaniques modérées des 30 dernières années.

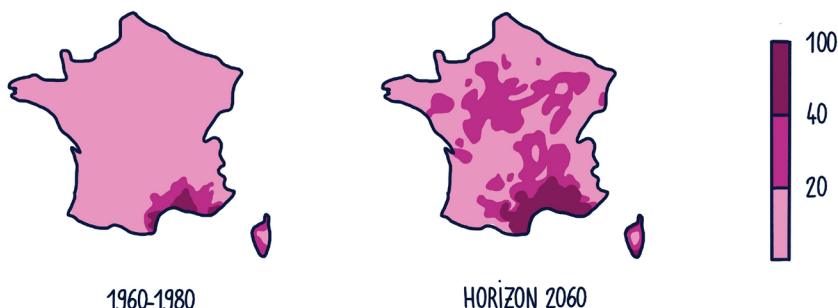
QUEL AVENIR ?

À L'ÉCHELLE MONDIALE, ÉTANT DONNÉ QUE LES ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES EXTRÊMES (SÉCHERESSES, CANICULES,...) SERONT DE PLUS EN PLUS FRÉQUENTS, LE RAPPORT DU GIEC PRÉVOIT UNE AUGMENTATION DES INCENDIES DE FORÊTS.



LES MÉGAFEUX SONT-ILS LIÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

EN FRANCE, LES SIMULATIONS DE MÉTÉO-FRANCE MONTRENT UNE AUGMENTATION DE LA FRÉQUENCE DES JOURS PRÉSENTANT UN DANGER MÉTÉO DE FEUX DE FORÊTS :



Nombre de jours moyens par an avec un IFM supérieur à 40 (risque haut)

LE MOT DE LA FIN



LES INCENDIES DE 2019-2020 EN AUSTRALIE NOUS ONT TOUS PROFONDÉMENT MARQUÉS PAR LEUR EXTRÊME INTENSITÉ ET LEUR IMPRESSIONNANTE ÉTENDUE.

IL FAUT MALHEUREUSEMENT SE PRÉPARER À SUBIR DE PLUS EN PLUS DE MÉGAFEUX À CAUSE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE, MÊME EN FRANCE...

Question n° 15



QU'EST-CE QU'UN MODÈLE CLIMATIQUE ?

QU'EST-CE QU'UN MODÈLE CLIMATIQUE ?

Ce que le GIEC dit :

CE SONT DES PROGRAMMES INFORMATIQUES EXTRÊMEMENT SOPHISTIQUÉS QUI ENGLOBENT NOTRE COMPRÉHENSION DU SYSTÈME CLIMATIQUE ET SIMULENT, AVEC AUTANT DE FIDÉLITÉ QUE POSSIBLE, LES INTERACTIONS COMPLEXES ENTRE L'ATMOSPHÈRE, L'OCÉAN, LA SURFACE TERRESTRE, LA NEIGE ET LA GLACE, L'ÉCOSYSTÈME MONDIAL ET DIVERS PROCESSUS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES.

L'ÉQUILIBRE ÉNERGÉTIQUE DE LA TERRE REPOSE SUR 4 COMPOSANTES DU SYSTÈME CLIMATIQUE QUI SONT PRINCIPALEMENT TRAITÉES DANS UN MODÈLE CLIMATIQUE :



COMPOSANTE ATMOSPHÉRIQUE

Simule les nuages, les aérosols et joue un rôle important dans le déplacement de la chaleur et de l'eau autour du globe.



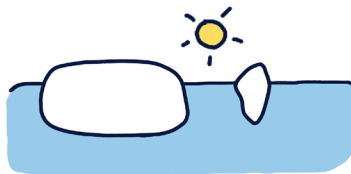
COMPOSANTE SURFACE TERRESTRE

Simule les caractéristiques de surface (végétation, couverture neigeuse, eau, rivières) et le stockage du carbone.



COMPOSANTE OCÉANIQUE

Simule le mouvement et le mélange des courants car l'océan est le réservoir dominant de chaleur et carbone.

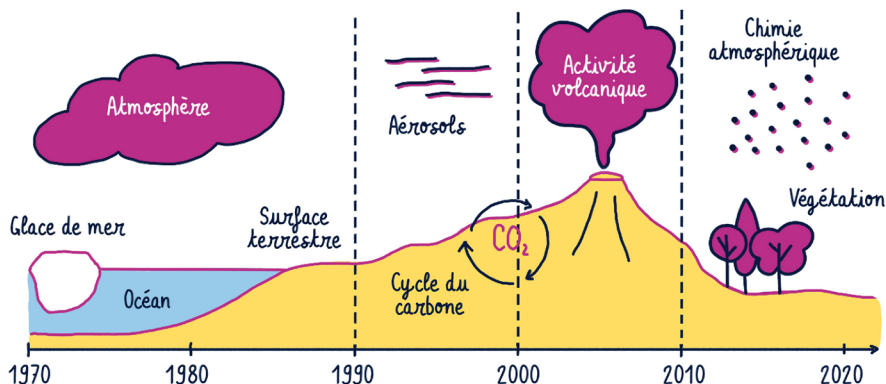


COMPOSANTE GLACE DE MER

Simule l'absorption du rayonnement solaire et les échanges air-mer de chaleur et d'eau.

ÉVOLUTION DES MODÈLES CLIMATIQUES

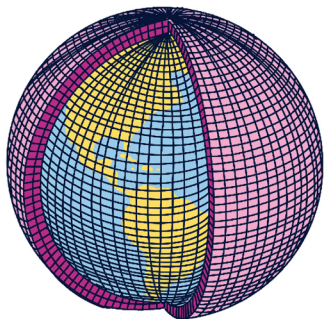
LES MODÈLES CLIMATIQUES SE SONT CONSIDÉRABLEMENT COMPLEXIFIÉS DEPUIS LES ANNÉES 1970. ILS PRENNENT DE PLUS EN PLUS DE PROCESSUS NATURELS EN COMPTE :



LA COMPLEXITÉ DU SYSTÈME CLIMATIQUE ET DE SES NOMBREUSES INTERACTIONS FAIT QUE LA MODÉLISATION SUR ORDINATEUR EST L'UNIQUE MOYEN DE SE PROJETER DANS LE PASSÉ ET DANS LE FUTUR.

COMMENT ÇA MARCHE EXACTEMENT ?

LES CALCULATEURS ACTUELS, COMPOSÉS D'UN GRAND NOMBRE DE PROCESSEURS, PERMETTENT DE SIMULER L'ÉVOLUTION DU CLIMAT SUR DES PÉRIODES ALLANT DE QUELQUES MOIS À PLUSIEURS MILLIERS D'ANNÉES.



POUR CELA, LES COUCHES SUPERFICIELLES DU GLOBE TERRESTRE SONT DÉCOUPÉES EN MAILLES (latitude, longitude, altitude / profondeur).

LE TEMPS EST LUI AUSSI DÉCOMPOSÉ EN PAS. POUR CHAQUE POINT DU MAILLAGE, CES PROGRAMMES CALCULENT L'ÉVOLUTION DES DIFFÉRENTES VARIABLES D'ÉTAT (température, pression, etc.) DE CHACUNE DES COMPOSANTES DU SYSTÈME CLIMATIQUE.

NATURELLEMENT, PLUS LE MAILLAGE EST SERRÉ ET PLUS LA DURÉE SIMULÉE EST IMPORTANTE, PLUS LE TEMPS DE CALCUL SERA LONG.

À titre d'exemple, la réalisation d'une simulation de 2000 ans avec un maillage de 100 km prend quasiment une année entière !

ALERTE FAKE NEWS !

LES CLIMATOSCEPTIQUES RÉPANDENT SOUVENT DEUX FAUSSES INFORMATIONS AU SUJET DES MODÈLES CLIMATIQUES :

" LES MODÈLES CLIMATIQUES NE SONT PAS TESTÉS "

FAUX !

LA ROBUSTESSE DES MODÈLES CLIMATIQUES REPOSE JUSTEMENT SUR LE FAIT QU'ILS SONT TESTÉS, RETESTÉS, VALIDÉS ET ÉVALUÉS PENDANT PLUSIEURS ANNÉES ET PAR PLUSIEURS ÉQUIPES INTERNATIONALES.



Quel critères d'évaluation sont utilisés ?

Les modèles testés et validés doivent être capables de :



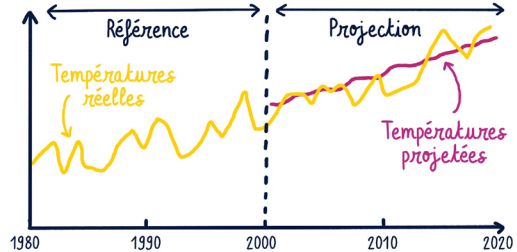
- Représenter le climat moyen.
- Reproduire les caractéristiques saisonnières du climat dans chaque région.
- Simuler la variabilité interannuelle et décennale observée dans l'océan et l'atmosphère.
 - Représenter les tendances récentes du climat observées.
 - Simuler avec exactitude les climats passés (paléoclimats).

QU'EST-CE QU'UN MODÈLE CLIMATIQUE ?

" ILS SE SONT TOUJOURS TROMPÉS "

ENCORE
FAUX !

SOUVENEZ-VOUS, NOUS AVIONS DÉJÀ VU
À QUEL POINT LES MODÈLES CLIMATIQUES
DES ANNÉES 2000 AVAIENT VU JUSTE SUR
LE CLIMAT DES 20 DERNIÈRES ANNÉES...
IMAGINEZ QUE DEPUIS, LES MODÈLES SE
SONT ENCORE PERFECTIONNÉS !

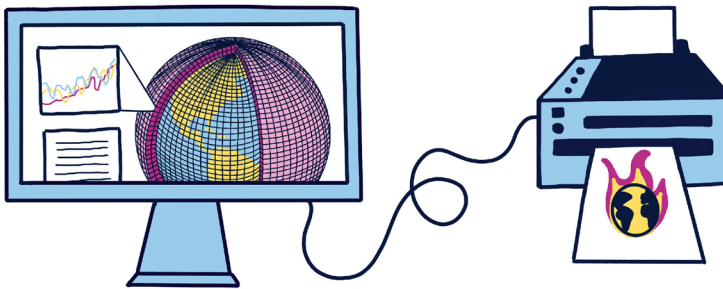


LE MOT DE LA FIN

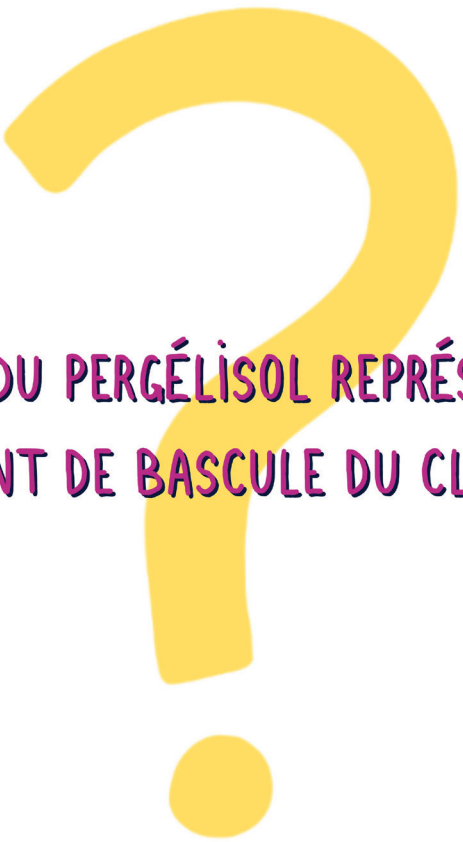
LES MODÈLES CLIMATIQUES SONT UN OUTIL ESSENTIEL POUR COMPRENDRE LE CLIMAT
DE LA TERRE ET LE SIMULER.

ILS SONT TESTÉS ET ÉVALUÉS PENDANT PLUSIEURS ANNÉES ET PAR PLUSIEURS ÉQUIPES
INTERNATIONALES.

N'OUBLIONS PAS QUE LES PROJECTIONS DE CES MODÈLES PERMETTENT D'ÉCLAIRER LES
DÉCISIONS NATIONALES, RÉGIONALES ET LOCALES, LIÉES AU CLIMAT, COMME LA GESTION
DES RESSOURCES EN EAU, L'AGRICULTURE, LES TRANSPORTS, ETC.



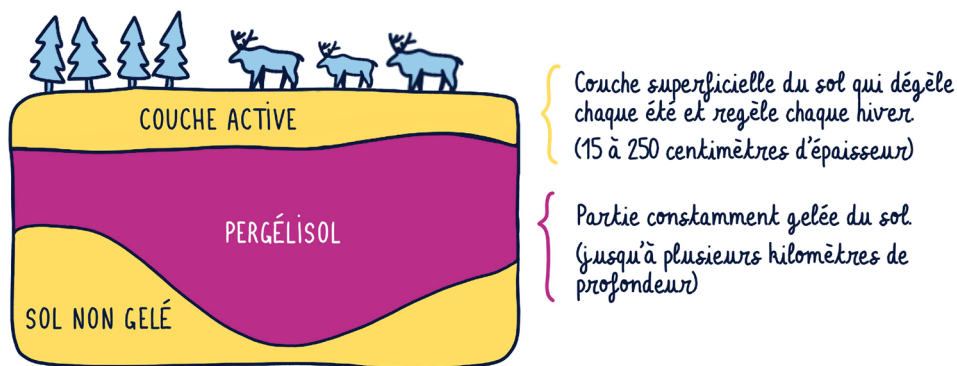
Question n° 16



LE DÉGEL DU PERGÉLISOL REPRÉSENTE-T-IL
UN POINT DE BASCULE DU CLIMAT ?

QU'EST-CE QUE LE PERGÉLISOL ?

LE PERGÉLISOL (OU PERMAFROST EN ANGLAIS) EST UN SOL PERPÉTUELLEMENT GELÉ. DANS LES RÉGIONS ARCTIQUES, QUAND LES TEMPÉRATURES CHUTENT, LE SOL GÈLE EN PROFONDEUR ET LA GLACE QUI SE FORME LE REND IMPERMÉABLE.



UNE GRANDE PARTIE DU PERGÉLISOL S'EST FORMÉE SUR LES TERRES LIBÉRÉES PAR LA FONTE DES CALOTTES GLACIAIRES, IL Y A 8 000 - 12 000 ANS. LE SOL QUI N'ÉTAIT PLUS PROTÉGÉ PAR CES CALOTTES A GELÉ.

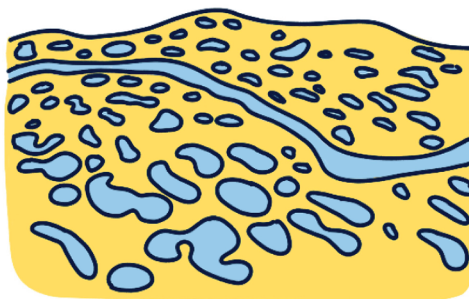
LE PERGÉLISOL PEUT DATER DE PLUSIEURS MILLIONS D'ANNÉES PAR ENDROIT.

LORS DE SON DÉGEL, IL OFFRE DEUX TYPES DE PAYSAGES :

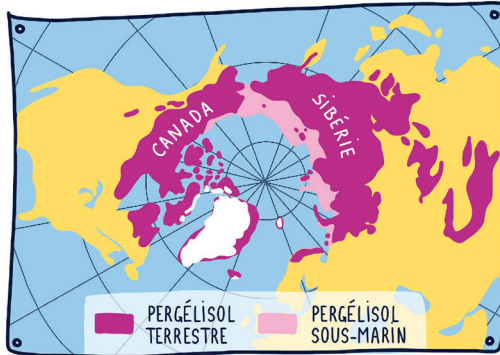
SUR TERRE : MARES DE TERMOKARST

(La fonte des glaces s'accompagne d'un affaissement du sol formant des creux dans lesquels l'eau s'accumule)

SUR LES CÔTES : FALAISES ÉRODÉES



OÙ TROUVE-T-ON DU PERGÉLISOL ?



ON LE TROUVE ESSENTIELLEMENT DANS L'HÉMISPHÈRE NORD :

- EN SIBÉRIE (7,8 MILLIONS DE km²)
- AU CANADA (5 MILLIONS DE km²)
- EN ALASKA (0,5 MILLION DE km²)
- SUR LE PLATEAU TIBÉTAÏN
- SUR LES CÔTES DU GROENLAND
- EN SCANDINAVIE
- DANS CERTAINES CHAÎNES DE MONTAGNES
- SOUS LES OCÉANS

AU TOTAL, NOUS ABOUTISSONS À ENVIRON 15 MILLIONS DE KILOMÈTRES CARRÉS DE PERGÉLISOL DANS L'HÉMISPHÈRE NORD (SOIT 20 À 25% DES TERRES ÉMERGÉES).

AUJOURD'HUI, ENTRE 3 ET 4 MILLIONS DE PERSONNES VIVENT SUR CES TERRES .

LE CONSTAT

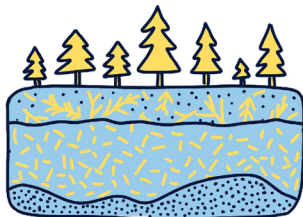
LE GIEC, DANS SON RAPPORT AR5, PRÉCISE :



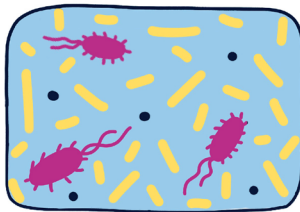
" D'ici à 2100, le pergélisol de surface devrait perdre :

- Scénario le plus optimiste : entre 8 et 40 % de sa superficie
- Scénario le plus pessimiste : entre 49 et 89 % de sa superficie

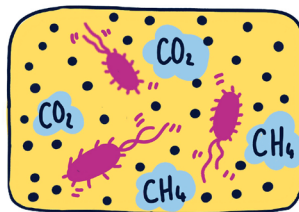
EN QUOI LE DÉGEL DU PERGÉLISOL EST-IL UN PROBLÈME ?



Sur ce **sol gelé** depuis parfois **plusieurs centaines de milliers d'années**, des **débris végétaux** se sont **accumulés**.



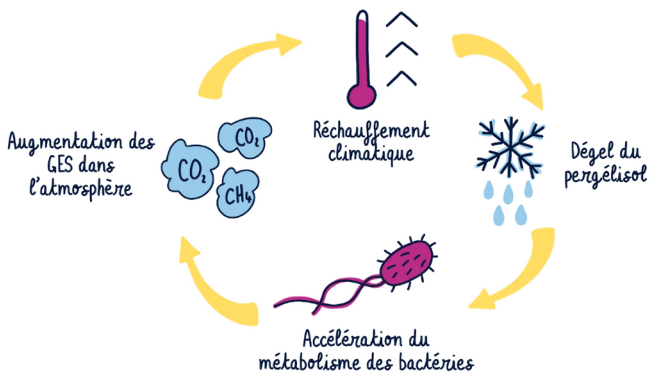
À cause du gel, ces **débris** n'ont **pas été dégradés** par les **bactéries** dont le **métabolisme est ralenti** par le **froid**.



Lors du **dégel du pergélisol**, le **métabolisme** des bactéries **s'accélère**. La **matière organique** est **rapidement transformée** en **CO₂** ou **CH₄** selon les cas.

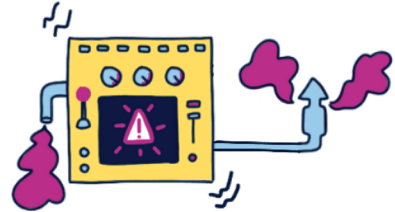
ON ESTIME QUE LE PERGÉLISOL CONTIENDRAIT 1 460 À 1 600 GIGATONNES DE CARBONE ORGANIQUE, SOIT PRÈS DU DOUBLE DU CARBONE DE L'ATMOSPHÈRE...

OR, LE DÉGEL DU PERGÉLISOL EST UN CERCLE VICIEUX : ON PARLE DE BOUCLE DE RÉTROACTION POSITIVE :



SOMMES-NOUS ARRIVÉS À UN POINT DE BASCULE ?

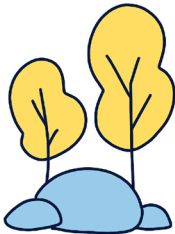
AVEC TOUT CELA, NOUS POURRIONS PENSER QU'IL Y A UN POINT AU-DELÀ DUQUEL LA MACHINE RISQUE DE S'EMBALLER...



...POURTANT, DANS SON DERNIER RAPPORT, LE GIEC ESTIME QUE LE DÉGEL DU PERGÉLISOL SE FERA SUR DE LONGUES ÉCHELLES DE TEMPS, ENTRAÎNANT UN RÉCHAUFFEMENT IMPORTANT MAIS PAS SUFFISANT POUR CONDUIRE À UN " EMBALLEMENT DU RÉCHAUFFEMENT ".

CEPENDANT, LES MODÈLES PEINENT ENCORE À INTÉGRER TOTALEMENT LES DIFFÉRENTS PROCESSUS INFLUANT SUR LE DÉGEL DU PERGÉLISOL, NOTAMMENT LA NEIGE.

LE DÉGEL DU PERGÉLISOL A D'AUTRES CONSÉQUENCES



RISQUES NATURELS

- GLISSEMENTS DE TERRAIN
Les sols en pente qui dégèlent se transforment en boue.
- ÉROSION CÔTIÈRE
La glace du pergélisol côtier fond et la roche tombe dans la mer.
- AUGMENTATION DES FEUX DE FORÊT DANS LE CERCLE POLAIRE
À cause de l'assèchement des sols et de la hausse des températures.



RISQUES INDUSTRIELS

- EFFONDREMENT D'INFRASTRUCTURES CONSTRUITES SUR DU PERGÉLISOL
Pipelines, ponts, routes, voies ferrées, cuves, silos, etc.



RISQUES HUMAINS

- **DESTRUCTION DE VILLAGES ENTIERS**
Les fondations sont menacées par le dégel du pergélisol.
- **QUALITÉ DE L'EAU POTABLE ALTÉRÉE**
Libération de polluants qui étaient piégés dans le pergélisol.
- **RÉACTIVATION DE CERTAINS VIRUS ANCIENS OU INCONNUS**

LE MOT DE LA FIN

DANS LE **PIRE DES SCÉNARIOS**, ON PEUT CRAINDRE UN **ACCROISSEMENT DU TAUX DE CO₂**
DANS L'**ATMOSPHÈRE ALLANT JUSQU'À 100 PARTIES PAR MILLION (PPM) D'ICI 2100.**

(pour rappel, on est aujourd'hui à 410 ppm de CO₂ dans l'atmosphère.)

BIEN QUE LES **CONCLUSIONS DU GIEC** SOIENT **RASSURANTES** SUR UN POTENTIEL
EMBALLEMENT DE LA MACHINE CLIMATIQUE, **3 À 4 MILLIONS DE PERSONNES** ET LES
ÉCOSYSTÈMES LOCAUX **SOUFFRENT DÉJÀ DU DÉGEL DU PERGÉLISOL.**

SI ON VEUT **LIMITER LES DÉGÂTS**, IL FAUT **DÈS AUJOURD'HUI RÉDUIRE NOS ÉMISSIONS DE GES.**

Question n° 17



LA DÉFORESTATION DE L'AMAZONIE
REPRÉSENTE-T-ELLE UN POINT DE BASCULE
DU CLIMAT ?

L'AMAZONIE EST PLUS QU'UNE FORÊT

C'est la plus grande forêt tropicale du monde

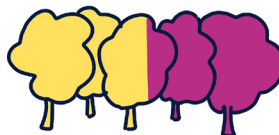


Elle est constituée de 390 milliards d'arbres soit



13% des arbres de la planète

Elle représente à elle seule la moitié des forêts tropicales du monde



MAIS SURTOUT,

Elle abrite

10%



de la biodiversité mondiale

Elle est habitée par



34 millions de personnes

ÉVOLUTION DE LA DÉFORESTATION

LA DÉFORESTATION MASSIVE EN AMAZONIE A COMMENCÉ DANS LES ANNÉES 1960 AVEC L'ARRIVÉE DE TECHNOLOGIES EFFICACES COMME LES BULLDOZERS ET LES TRONÇONNEUSES.



ENTRE 1970 ET 1980, LE RYTHME DE LA DÉFORESTATION S'EST ACCÉLÉRÉ SUITE AUX SUBVENTIONS AGRICOLES ET AUX PROJETS D'INFRASTRUCTURES (AUTOROUTES, BARRAGES, MINES, ETC.).

ENTRE 2005 ET 2012, LE BRÉSIL A RÉDUIT LE DÉFRICHEMENT DE 80 % GRÂCE À DES LOIS ET DES INITIATIVES VISANT À FAIRE BAISSER LE TAUX DE DÉFORESTATION...

LA DÉFORESTATION DE L'AMAZONIE REPRÉSENTE-T-ELLE UN POINT DE BASCULE DU CLIMAT ?

... JUSQU'À CE QUE JAÏR BOLSONARO SOIT ÉLU PRÉSIDENT.



ET QU'IL CONSENTE À UNE AUGMENTATION DE LA DÉFORESTATION DE 85 % DE 2018 À 2019.

CONSÉQUENCES DE LA DÉFORESTATION EN AMAZONIE

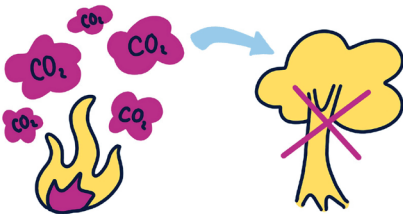
PERTURBATION DU CYCLE DE L'EAU ET AUGMENTATION DES ALÉAS CLIMATIQUES

CONCRÈTEMENT, MOINS IL Y A D'ARBRES, MOINS IL Y A D'ÉVAPOTRANSPIRATION ET MOINS IL Y A DE PLUIE.

LE CLIMAT POST-DÉFORESTATION COMPRENDRA DONC UNE SAISON DE SÉCHERESSE BEAUCOUP PLUS LONGUE. CETTE TRANSFORMATION AURA DES IMPACTS SUR L'HYDROLOGIE DES RIVIÈRES ET LA VIE AQUATIQUE. LES INONDATIONS SERONT DE PLUS GRANDE AMPLIEUR.



AUGMENTATION DES ÉMISSIONS DE CO₂ ET RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

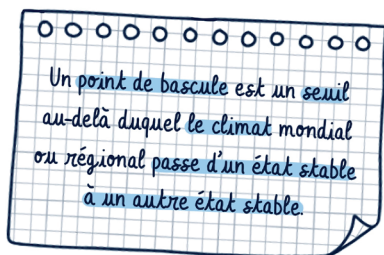


LA DÉFORESTATION CAUSE UNE AUGMENTATION DES ÉMISSIONS DE CO₂ (14,1 milliards de tonnes de CO₂ ces dix dernières années) ET UNE DIMINUTION DE L'ABSORPTION DE CO₂ PAR LES ARBRES.

RISQUE SUR LES POPULATIONS ET ÉROSION DE LA BIODIVERSITÉ

DES POPULATIONS ENTIÈRES VIVENT UNIQUEMENT GRÂCE À LEUR ENVIRONNEMENT PROCHE ET À SA BIODIVERSITÉ. À CAUSE DE LA DÉFORESTATION, LES POPULATIONS AUTOCHTONES SONT DÉJÀ, ET SERONT, OBLIGÉES DE MIGRER POUR ASSURER LEUR SURVIE.

L'AMAZONIE A-T-ELLE FRANCHI UN POINT DE BASCULE ?



LE POINT DE BASCULE QUI EST POSSIBLE ICI EST LE PASSAGE DE LA FORÊT TROPICALE AMAZONIENNE À UNE SAVANE.

VOICI CE QUE PROJETTENT LES MODÈLES CLIMATIQUES :

SANS CHANGEMENT CLIMATIQUE
+
DÉFORESTATION DE 40% DE
L'AMAZONIE

RISQUE D'ATTEINDRE UN POINT DE BASCULE DANS LE NORD ET LE SUD-EST DE L'AMAZONIE.

AVEC CHANGEMENT CLIMATIQUE
+
DÉFORESTATION DE 20 À 25%

BASCULEMENT DE 50 À 60% DE LA
FORÊT AMAZONIENNE EN SAVANE.

C'EST SURTOUT LA COMBINAISON DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (NOTAMMENT L'AUGMENTATION DES SÉCHERESSES) ET DE LA DÉFORESTATION QUI RISQUE DE FAIRE BASCULER LA FORÊT VERS UNE SAVANE.

SOLUTIONS POUR ÉVITER LE PIRE

IL EXISTE UN CERTAIN NOMBRE DE SOLUTIONS POUR AGIR CONCRÈTEMENT ET ÉVITER QUE LA FORÊT AMAZONIENNE NE DEVIENNE UNE SAVANE :



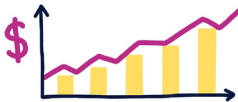
RÉDUIRE L'AGRICULTURE INTENSIVE COMMERCIALE DE PÂTURAGE BOVIN, SOJA, HUILE DE PALME ET CAFÉ,



RÉDUIRE L'EXPLOITATION MINIÈRE FORESTIÈRE,



ATTRIBUER UNE VALEUR MONÉTAIRE AU CARBONE STOCKÉ DANS LES FORÊTS AFIN D'INCITER LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT À RÉDUIRE L'EXPLOITATION DE LEURS FORÊTS,



RÉGULER LA FINANCE, EN PARTICULIER LE TRADING DES MATIÈRES PREMIÈRES,



CONSIDÉRER L'AMAZONIE COMME UN BIEN COMMUN NÉCESSAIRE À LA SURVIE D'UNE PARTIE DE L'HUMANITÉ ET QUI N'APPARTIENT PAS UNIQUEMENT AUX 9 PAYS SUR LESQUELS ELLE EST SITUÉE.

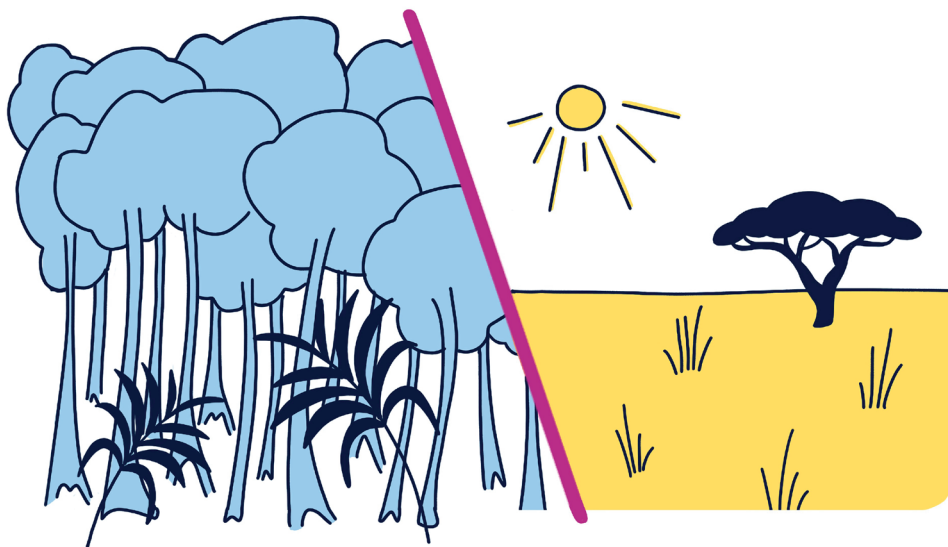
LE MOT DE LA FIN

EN 40 ANS, LA FORÊT AMAZONIENNE A PERDU ENVIRON 17% DE SA SURFACE.

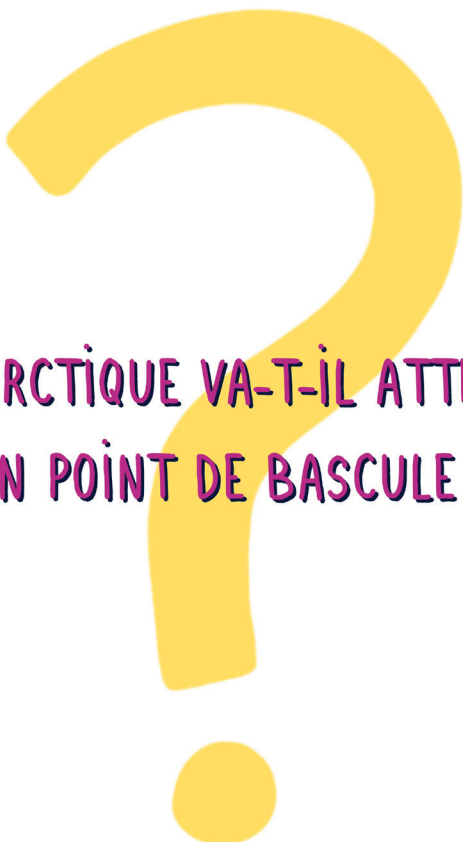
ELLE CONSTITUE UN PUIXS DE CARBONE QUI CONTRIBUE À ABSORBER UNE PARTIE DE NOS ÉMISSIONS DE CO₂ ET DONC À LIMITER LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE...

... LA DÉFORESTATION ET LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE RENDENT CE PUIXS DE MOÏNS EN MOÏNS EFFICACE ET MENACENT AUSSI LE CYCLE DE L'EAU, LA BIODIVERSITÉ ET LES MILLIONS DE PERSONNES QUI Y VIVENT.

UN POINT DE BASCULE D'UNE PARTIE DE LA FORÊT AMAZONIENNE VERS UNE SAVANE EST POSSIBLE MAIS NOUS AVONS ENCORE LES MOYENS PHYSIQUES ET POLITIQUES DE L'ÉVITER.



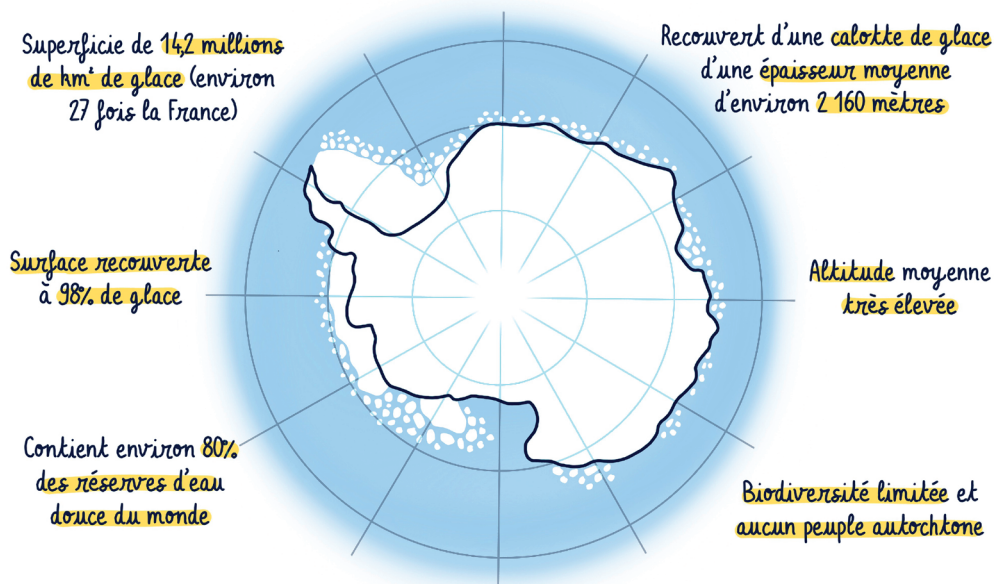
Question n° 18



L'ANTARCTIQUE VA-T-IL ATTEINDRE
UN POINT DE BASCULE ?

L'ANTARCTIQUE, SEUL CONTINENT (PRESQUE) ÉPARGNÉ PAR L'HOMME

DÉCOUVERT AU 19^e SIÈCLE, L'ANTARCTIQUE EST LE CONTINENT LE PLUS SEC, LE PLUS FROID ET LE PLUS VENTUEUX AU MONDE. IL Y FAIT EN MOYENNE -20°C PENDANT L'ÉTÉ AUSTRAL, ET ENVIRON -60°C LE RESTE DE L'ANNÉE.



LE CONTINENT EST PROTÉGÉ DEPUIS 1959 PAR LE TRAITÉ DE L'ANTARCTIQUE, SIGNÉ PAR 54 PAYS.

CE TEXTE GÈLE LES REVENDICATIONS TERRITORIALES SUR LE CONTINENT ET FAIT EN SORTE QU'AUCUN PAYS NE PUISSE CHOISIR D'EN EXPLORER OU EXPLOITER SOUDAINEMENT UNE PARTIE.

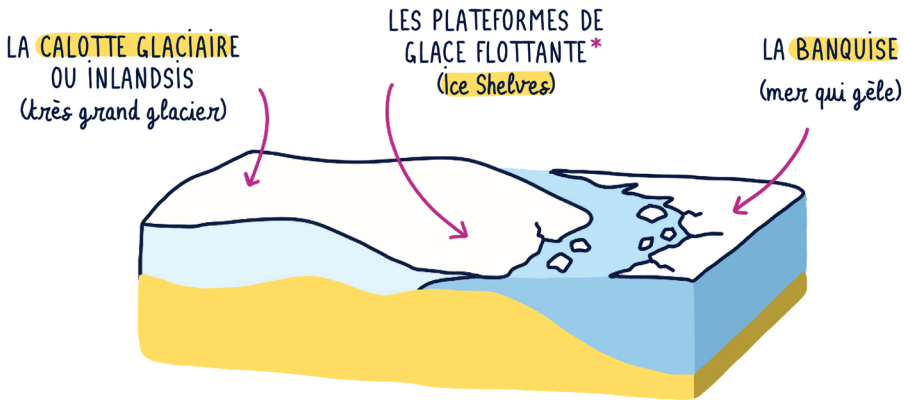


L'ANTARCTIQUE VA-T-IL ATTEINDRE UN POINT DE BASCULE ?

DEPUIS 1991, L'ANTARCTIQUE EST RECONNU RÉSERVE NATURELLE ET TERRITOIRE
DE PAIX ET DE SCIENCE !

COMMENT ÉVOLUE LA CALOTTE GLACIAIRE EN ANTARCTIQUE ?

POUR BIEN COMPRENDRE CE QU'IL SE PASSE EN ANTARCTIQUE, IL FAUT DISSOCIER 3 CHOSES :



* Sur tout le pourtour de la calotte, l'écoulement de la glace se fait sous la forme de fleuves de glace qui en arrivant à l'océan se mettent à flokker et forment des plateformes de glace flottante

LE DERNIER RAPPORT DU GIEC MONTRÉ QUE :



LA **CALOTTE GLACIAIRE**
PRÉSENTE UNE **FORTE PERTE**
DE MASSE DEPUIS LA FIN
DES ANNÉES 1990.



LES **ICE SHELVES** SONT
VULNÉRABLES AU
RÉCHAUFFEMENT
CLIMATIQUE.



L'ÉTENDUE DE LA
BANQUISE ANTARCTIQUE
RESTE QUANT À ELLE
PLUTÔT **STABLE.**

QUELLES SONT LES CONSÉQUENCES DE LA PERTE DE MASSE DE LA CALOTTE GLACIAIRE DE L'ANTARCTIQUE ?

ELLES SONT MULTIPLES ET PEUVENT POTENTIELLEMENT TOUCHER DES CENTAINES DE MILLIONS D'ÊTRES HUMAINS. LES DEUX PRINCIPALES SONT LES SUIVANTES :

ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER



LA HAUSSE DU NIVEAU DES Océans EST LE PRINCIPAL IMPACT DE LA FONTE DES GLACES CONTINENTALES, GLACIERS ET CALOTTES POLAIRES.

Si la calotte glaciaire antarctique venait à fondre complètement (sur plusieurs millénaires) le niveau de la mer augmenterait de 50 m.

VÊLAGE DES GLACIERS



C'EST LA PRODUCTION D'ICEBERGS QUI SE DÉTACHENT D'UN GLACIER AU NIVEAU DE SON FRONT DE MER. LA FRÉQUENCE DU VÊLAGE S'ACCROÎT AVEC LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE.

Récemment, le plus grand iceberg au monde s'est détaché, il fait 4 320 km² (soit la taille des Alpes-Maritimes).

A-T-ON FRANCHI UN POINT DE BASCULE EN ANTARCTIQUE ?

COMME DANS LE CAS DE L'AMAZONIE, LA QUESTION EST TRÈS COMPLEXE ET NE PEUT ÊTRE RÉSUMÉE PAR UN OUI OU UN NON.

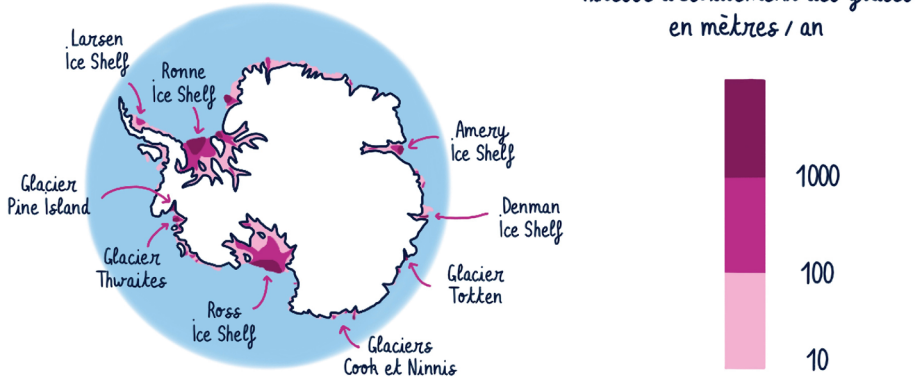
LE POINT DE BASCULE LE PLUS CITÉ (IL Y EN A PLUSIEURS !) DANS LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE EST CELUI DE L'ANTARCTIQUE DE L'OUEST :

L'ANTARCTIQUE VA-T-IL ATTEINDRE UN POINT DE BASCULE ?

“l'effondrement de la calotte glaciaire de l'Antarctique de l'Ouest est considéré comme l'un des points de basculement du climat mondial. Un tel événement peut être déclenché lorsque les plateaux de glace flottante se brisent et que l'écoulement de la glace vers l'océan s'intensifie.”



VOICI UN APERÇU DE TOUS LES POINTS DE BASCULE POTENTIELS EN ANTARCTIQUE :



EN RAISON DE LA COMPLEXITÉ DE LA DYNAMIQUE DES CALOTTES GLACIÈRES, IL EST DIFFICILE DE SAVOIR EXACTEMENT QUAND UN POINT DE BASCULEMENT SERA ATTEINT...

...EN REVANCHE IL EST QUASIMENT CERTAIN QUE CE POINT DE BASCULE SE PRODUIRA.



UNE PERTE IRRÉVERSIBLE EST ATTENDUE AU-DELÀ DE 3°C, AJOUTANT PLUS DE 3 MÈTRES À L'ÉLEVATION DU NIVEAU DE LA MER AU COURS DES 2 000 PROCHAINES ANNÉES... ELLE N'EST CEPENDANT PAS EXCLUE EN DESSOUS DE 3°C

LE MOT DE LA FIN

LA CALOTTE GLACIAIRE, QUI RECOUVRE LA MAJEURE PARTIE DE L'ANTARCTIQUE, PRÉSENTE UNE FORTE TENDANCE À LA PERTE DE MASSE DEPUIS LA FIN DES ANNÉES 1990. ACTUELLEMENT, L'ANTARCTIQUE PERD ENVIRON 175 À 225 GT PAR AN.

QUEL QUE SOIT LE SCÉNARIO CLIMATIQUE CONSIDÉRÉ, L'ÉVOLUTION DE CETTE CALOTTE GLACIAIRE DANS LES PROCHAINES DÉCENNIES EST EN PARTIE DÉJÀ ACTÉE DU FAÏT DE L'INERTIE DU SYSTÈME CLIMATIQUE ET DU TEMPS DE RÉPONSE TRÈS LENT DES GLACIERS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES.

NOUS SOMMES QUASIMENT SÛRS DE FRANCHIR UN POINT DE BASCULE. IL N'EST PLUS QUESTION DE SAVOIR SI CELA ARRIVERA, MAIS QUAND.



Question n° 19



L'HOMME SERA-T-IL EN CAPACITÉ DE
S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

QU'EST-CE QU'ON ENTEND PAR "ADAPTATION" ?

L'ADAPTATION EST LA CAPACITÉ DES SOCIÉTÉS ET DES INDIVIDUS À FAIRE FACE À UNE PERTURBATION ET À SE RELEVER APRÈS UN CHOC.

UNE ADAPTATION "JUSTE" DOIT PERMETTRE À L'ENSEMBLE DES POPULATIONS DU MONDE DE PRÉSERVER LEURS MOYENS DE SUBSISTANCE ET LEURS CONDITIONS DE VIE.



L'ADAPTATION, ÇA PREND DU TEMPS...

L'ADAPTATION EST LE FRUIT D'UN LONG APPRENTISSAGE FACE AUX ÉVÉNEMENTS CATASTROPHIQUES ET AUX ERREURS COMMISSES. TRANSFORMER LES SOCIÉTÉS ET LES HABITATS, MODIFIER LES PRATIQUES ET DÉVELOPPER LES SOLUTIONS TECHNIQUES NOUS A PRIS DES SIÈCLES !



BIEN QUE LES PROGRÈS DE LA SCIENCE ET DES TECHNIQUES AIENT PERMIS DE MIEUX LUTTER CONTRE CES ÉVÉNEMENTS, CELA N'A PAS EMPÊCHÉ DES CENTAINES DE MILLIERS DE MORTS...



... CAR LA DIFFUSION DES INNOVATIONS SOCIALES ET TECHNOLOGIQUES EST HÉTÉROGÈNE ET A UN COÛT HUMAIN, ÉCONOMIQUE ET SOCIAL ÉLEVÉ.

... ET DU TEMPS NOUS EN AVONS PEU



LE PROBLÈME EST QUE LE CLIMAT CHANGE PLUS VITE QU'ATTENDU EN BATTANT RECORD SUR RECORD, CHACUN ACCOMPAGNÉ DE PERTES HUMAINES, ENVIRONNEMENTALES ET FINANCIÈRES PARTOUT DANS LE MONDE...

...ALORS QUE NOUS SOMMES "SEULEMENT" À +1,1°C DE RÉCHAUFFEMENT GLOBAL.

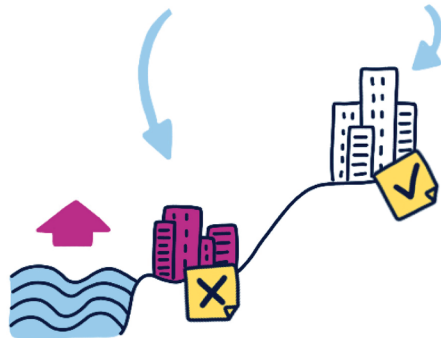
L'ADAPTATION POUR TOUS ?

LES PRÉCÉDENTES CATASTROPHES CLIMATIQUES ONT MONTRÉ QUE LES CAPACITÉS D'ADAPTATION N'ÉTAIENT ÉGALES NI ENTRE LES INDIVIDUS NI ENTRE LES TERRITOIRES.

D'un côté, les inégalités liées à l'âge, au genre, aux revenus, à l'éducation et à la santé



De l'autre, les inégalités liées aux territoires, à l'échelle nationale comme internationale



QUI PRÉTEND QUE "L'HOMME S'EST TOUJOURS ADAPTÉ" ?

MALGRÉ LES ALERTES DE LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE, CETTE IDÉE FALLACIEUSE PERSISTE DANS L'OPINION... C'EST DONC QU'ELLE SERT LES INTÉRÊTS DE CERTAINES.



INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

POUR CERTAINES ENTREPRISES (OU PERSONNES), LA QUESTION N'EST PAS DE SAVOIR SI L'HUMANITÉ S'ADAPTERA, MAIS PLUTÔT QUELS SERONT LES EFFORTS À ENGAGER ET QUI DEVRA PAYER...

...ELLES ONT DONC DAVANTAGE D'INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES À CE QUE RIEN NE CHANGE À COURT TERME.



INTÉRÊT POLITIQUE

DU CÔTÉ DES POLITIQUES, INVESTIR DANS UNE ADAPTATION À MOYEN OU LONG TERME EST INGRAT CAR CE SONT LES SUIVANTS QUI TIRERONT LES BÉNÉFICES DES ACTIONS ENGAGÉES PAR LEURS PRÉDÉCESSEURS... ET PUIS IL EST FACILE DE RASSURER SON ÉLECTORAT EN LUI DISANT QUE "DE TOUTE MANIÈRE, L'HOMME S'EST TOUJOURS ADAPTÉ".

CEUX QUI DISENT QUE "DE TOUTE FAÇON L'HOMME S'EST TOUJOURS ADAPTÉ" MINIMISENT LES BOULEVERSEMENTS QUE LES SOCIÉTÉS HUMAINES ONT SUBI LORS DES VARIATIONS NATURELLES PASSÉES DU CLIMAT...



Magali REGHEZZA
Géographe et membre du Haut
Conseil pour le Climat

LA SOLUTION TECHNIQUE



David PUJADAS
Journaliste

On est dans un monde qui a des moyens techniques, des moyens d'ingénierie comme il n'en a jamais possédé auparavant, et on se dit "ce serait étrange qu'on n'arrive pas, quand même, à faire face à certains de ces phénomènes" !

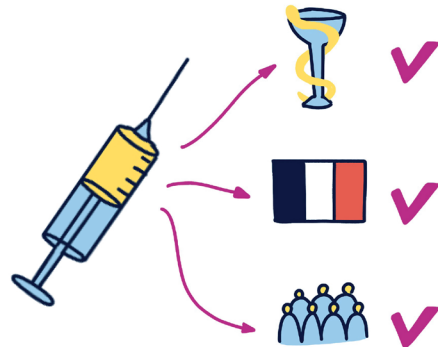
OUI MAIS

COMME NOUS L'AVONS VU, L'ADAPTATION
TECHNIQUE PREND DES DÉCENNIES, VOIRE DES SIÈCLES..

...ET QUAND BIEN MÊME CETTE SOLUTION TECHNIQUE
EXISTERAIT, ENCORE FAUDRAIT-IL QU'ELLE SOIT ACCEPTÉE
PAR LES ACTEURS POLITIQUES, ÉCONOMIQUES ET LES
POPULATIONS AFIN D'ÊTRE MISE EN PLACE.

À titre d'exemple, les vaccins permettent de
maîtriser des maladies.

Sans l'implication des gouvernements,
des firmes et des citoyens, cette solution
technique ne sert à rien..



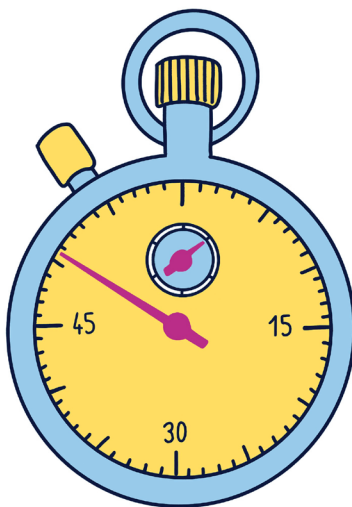
LE MOT DE LA FIN

L'ADAPTATION EST IMPORTANTE POUR RÉDUIRE LES IMPACTS NÉGATIFS
DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

MAIS

ELLE NE DOIT PAS SERVIR DE PRÉTEXTE POUR CESSER LES EFFORTS DE DIMINUTION
DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE.

EN MATIÈRE D'ADAPTATION, CHAQUE ANNÉE DE RETARD AVANT LA RÉACTION
COMPROMET LA SURVIE ET LE BIEN-ÊTRE DE TOUJOURS PLUS DE PERSONNES.



Question n° 20



ADAPTATION : LA FRANCE EST-ELLE
PRÉPARÉE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

À QUOI DEVONS NOUS ATTENDRE D'ICI 20 ANS ?

LA TEMPÉRATURE MOYENNE DE LA TERRE AUGMENTERA ENTRE 2 ET 5,7°C D'ICI 2100
(SELON LES MODÉLISATIONS DE MÉTÉO FRANCE).

LE HAUT CONSEIL POUR LE CLIMAT (HCC) A ÉTUDIÉ CE QUI SE PASSERAÎT EN FRANCE POUR
UN SCÉNARIO INTERMÉDIAIRE DE +2,6°C. NOUS RISQUONS DE CONSTATER AVANT 2040
LES EFFETS SUIVANTS :

↓ TOURISME



PROBLÈMES D'ALIMENTATION



PRESSION SUR LES SERVICES DE SECOURS



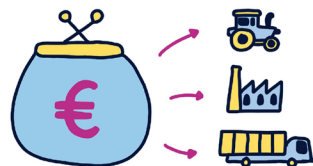
QUELLES CONSÉQUENCES ET POUR QUI ?



OUTRE LES MORTS ET LES BLESSÉS, LES CATASTROPHES
MENACENT LES BIENS ET LES INFRASTRUCTURES.
LES ASSUREURS PRÉVOIENT UNE AUGMENTATION D'AU MOINS
50% DE SINISTRES D'ICI 2050 DONT 30 À 40% LIÉS AU CLIMAT...

ADAPTATION : LA FRANCE EST-ELLE PRÉPARÉE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

DE NOMBREUX SECTEURS FINANCIERS SERONT (ET SONT DÉJÀ) TOUCHÉS PAR LE CHANGEMENT DU CLIMAT : AGRICULTURE, INDUSTRIE, PRODUCTION D'ÉNERGIE, CHIMIE, LOGISTIQUE, TOURISME, ACTIFS FINANCIERS...



ENFIN, UN CLIMAT QUI CHANGE C'EST UN QUOTIDIEN BOULEVERSÉ : CONSÉQUENCES SUR LA SANTÉ, EXAMENS REPOUSSÉS, ACTIVITÉS SPORTIVES IMPOSSIBLES, JOURS D'ÉCOLE EN MOINS, ETC.

AUJOURD'HUI, 62% DE LA POPULATION FRANÇAISE EST DÉJÀ EXPOSÉE AUX RISQUES CLIMATIQUES ET UN QUART D'ENTRE ELLE VIT EN ZONE INONDABLE.

ADAPTATION = RÉACTION ?

QUEL QUE SOIT LE PAYS, L'EXPÉRIENCE MONTRE QUE MÊME SI ON CONNAÎT LE RISQUE, IL FAUT ATTENDRE LA CATASTROPHE POUR QUE DES ACTIONS DE PRÉVENTION SOIENT ENGAGÉES.



CATASTROPHE



ÉVOLUTION RÉGLEMENTAIRE

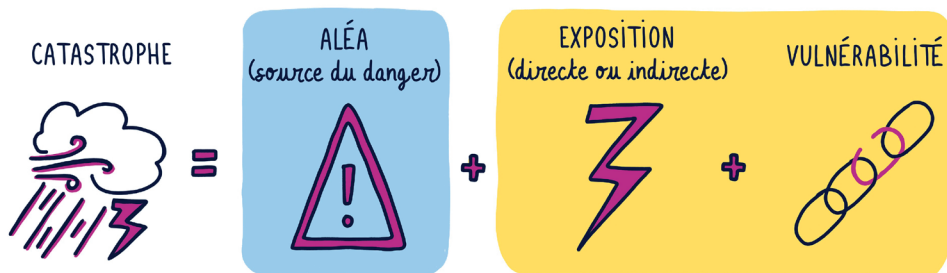


TRANSFORMATIONS

Il a par exemple fallu attendre les morts de la tempête Xynthia en 2010 pour que les plans de submersion marine soient créés...

L'ADAPTATION EST AUSSI INDISPENSABLE QUE L'ATTÉNUATION

LES EFFORTS D'ADAPTATION SERONT DIFFÉRENTS POUR UN MONDE À +2°C OU +4°C...
... LA RÉUSSITE DE L'ADAPTATION DÉPEND DONC DE CELLE DE L'ATTÉNUATION ET INVERSEMENT



L'ATTÉNUATION PERMET
DE CONTENIR LA FRÉQUENCE
ET L'INTENSITÉ DES ALÉAS



L'ADAPTATION PERMET DE RÉDUIRE
L'EXPOSITION ET DE DIMINUER
LA VULNÉRABILITÉ

UN PLAN NATIONAL D'ADAPTATION... INSUFFISANT

OBJECTIVEMENT, LA FRANCE EST UNE BONNE ÉLÈVE EN MATIÈRE D'ADAPTATION :



Politique de prévention
et de gestion de crise
très étoffée



Stratégie
d'adaptation adoptée
dès 2006



Observatoire national sur
les effets du changement
climatique (ONERC)

1.2

Deuxième version du plan
national d'adaptation au
changement climatique

MAÏS

LE PLAN NATIONAL D'ADAPTATION N'A MALHEUREUSEMENT PAS D'OBJECTIFS PRÉCIS,
DE JALONS TEMPORELS NI DE RETOURS D'EXPÉRIENCES (RÉUSSIES OU PAS).

MAÏS SURTOUT PAS DE RÉFLEXION NATIONALE SUR L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE !

Où relocaliser les populations, les
activités industrielles et la
production agricole ?

Comment modifier les
infrastructures pour assurer le
transport de personnes, de marchandises,
d'eau et d'énergie ?

Que faire des ports ?

Où implanter les
casernes de pompiers ?

LE MOT DE LA FIN

BIEN QUE LES CITOYENS AIENT UN RÔLE À JOUER, L'ADAPTATION N'EST PAS QU'UNE AFFAIRE
INDIVIDUELLE.

IL EST AVANT TOUT NÉCESSAIRE DE SE DOTER D'UNE VÉRITABLE STRATÉGIE, QUI DÉFINISSE :

- ☒ LES PRIORITÉS
- ☒ LES HORIZONS TEMPORELS
- ☒ LES INSTRUMENTS DE L'ACTION
- ☒ LES FINANCEMENTS
- ☒ LES COMPENSATIONS
- ☒ LES ACCOMPAGNEMENTS
- ☒ LA RÉPARTITION JUSTE DE L'EFFORT ENTRE LES TERRITOIRES ET LES PARTIES PRENANTES.

PRÉSENTATION DES AUTEURS

JEAN-FRANÇOIS DOUSSIN - INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES DE L'UNIVERS (INSU)

DIRECTEUR ADJOINT SCIENTIFIQUE

Professeur à l'Université Paris-Est Créteil, Jean-François Doussin est spécialisé en chimie de l'atmosphère. Il s'intéresse à la composition de l'atmosphère, aux transformations des polluants atmosphériques et à leurs propriétés physiques et chimiques, notamment au regard des phénomènes qui affectent le climat. Au sein de l'Institut national des sciences de l'Univers du CNRS, il exerce les fonctions de directeur adjoint scientifique en charge du domaine "Océan-Atmosphère" et suit donc l'activité des laboratoires parmi les plus impliqués dans l'étude du changement climatique.

ANNE BRÈS - INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES DE L'UNIVERS (INSU)

MÉDIATION SCIENTIFIQUE

Au sein du CNRS, les recherches de l'Institut national des sciences de l'Univers (INSU) concernent la formation et l'évolution de l'Univers, mais aussi l'ensemble des phénomènes physiques qui régissent tant la Terre que les autres planètes. L'habitabilité de la Terre, et donc le climat, sont au nombre des sujets étudiés.

Responsable communication au sein de cet institut, Anne Brès a un long parcours de communicante dans le monde de la recherche. Début 2021, après un échange avec plusieurs chercheurs inquiets des désinformations qui circulent sur le sujet du changement climatique, elle s'est lancée dans l'aventure de la démystification d'idées reçues. L'idée de travailler avec Thomas Wagner, alias BonPote, a été soufflée par ces mêmes chercheurs, avec qui il collaborait déjà parfois de manière informelle. Son style "entier", son ton, souvent drôle, sa sphère d'influence, différente de celle d'un organisme de recherche, en faisaient un atout indéniable ...

Persuadée que la communication visuelle peut appuyer le propos et permettre de toucher un public plus large, Anne Brès adjoint à chaque article sa traduction graphique, qu'elle

confiée à Claire Marc, dont le parcours scientifique est un plus. Tous les 15 jours, une nouvelle idée reçue est traitée, d'abord sous forme d'article de fond sur le site de BonPote, convoquant à chaque fois des spécialistes du sujet pour aboutir à des synthèses documentées, puis traduite sous forme de planche, disponible sur le site web de l'INSU. Très vite, le succès de ce dispositif et l'intérêt manifesté par les enseignants la conduisent à imaginer une adaptation en BD.

THOMAS WAGNER - BONPOTE

MÉDIATION SCIENTIFIQUE

Après une carrière en finance de marchés, Thomas Wagner a pris il y a 5 ans le virage de l'écologie. Constatant qu'on ne peut pas proposer des solutions efficaces si le problème n'est pas bien compris au préalable, il a développé avec Bonpote.com un média pour rendre compréhensibles les enjeux climatiques. Sur ce site, de nombreux articles, ainsi que des infographies permettent à chacun et chacune, débutant(e)s ou expert(e)s, de mieux appréhender tout ce qui concerne le climat et l'environnement... et passer à l'action !

CLAIRE MARC - MÉDUSE COMMUNICATION

MÉDIATION & SYNTHÈSE GRAPHIQUE

Titulaire d'un master en océanographie et d'un master de médiation scientifique Claire Marc a fait le constat qu'un immense fossé séparait les scientifiques du grand public. Elle a donc créé son agence de communication scientifique Méduse Communication afin que chaque citoyen puisse se réapproprier les sciences. Comment ? En accompagnant les professionnels des sciences dans la communication autour de leurs travaux pour valoriser leurs résultats auprès du public. Sa spécialité : réaliser des synthèses visuelles d'articles scientifiques !

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les chercheurs et chercheuses qui ont fourni le contenu scientifique de l'ouvrage :

Y A-T-IL UN CONSENSUS SCIENTIFIQUE SUR LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

JEAN JOUZEL Paléoclimatologue français et Vice-Président du groupe scientifique du GIEC de 2002 à 2015

QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE MÉTÉO ET CLIMAT ?

JEAN JOUZEL ET FRANÇOIS-MARIE BRÉON Chercheur CEA au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE-IPSL)

LE CLIMAT A-T-IL VRAIMENT TOUJOURS CHANGÉ ?

PASCALE BRACONNOT Chercheuse CEA au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE-IPSL)

QUEL EST LE LIEN ENTRE LE CO₂ ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

LAURENT BOPP Chercheur CNRS au Laboratoire de météorologie dynamique (LMD-IPSL)

PHILIPPE PEYLIN Chercheur CNRS au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE-IPSL)

QUEL EST L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES GLACIERS ?

VINCENT JOMELLI Chercheur CNRS au Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

MELAINE LE ROY Chercheur Université de Genève, Institut des sciences de l'environnement (ISE, C-CIA) et Université de Savoie, Environnement Dynamique et Territoires de la Montagne (EDYTEM)

SAMUEL MORIN Chercheur Météo France au Centre national de recherches météorologiques (CNRM) et rédacteur pour le GIEC

ANTOÏNE RABATEL Chercheur Université Grenoble Alpes à l'Institut des géosciences de l'environnement (IGE)

PIERRE VALLA Chercheur CNRS à l'Institut des sciences de la Terre (ISTERRE)

LES OURS POLAIRES SONT-ILS VRAIMENT VICTIMES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

AUDE LALIS Chercheuse au Muséum national d'histoire naturelle (MNHN)

POURQUOI LE NIVEAU DE LA MER AUGMENTE-T-IL AVEC LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

ANNY CAZENAVE Chercheuse CNES au Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales (LEGOS), membre de l'Académie des sciences et l'un des principaux auteurs du chapitre "Élévation du niveau de la mer" du 5e rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)

POURQUOI LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ENTRAÎNE-T-IL L'ACIDIFICATION DES OCÉANS ?

JÉAN-PIERRE GATTUSO Chercheur CNRS au Laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-Mer (LOV)

GULF STREAM ET CIRCULATION DE RETOURNEMENT VONT-ILS SAUVER L'EUROPE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

JULIE DESHAYES Chercheuse CNRS au Laboratoire d'océanographie et du climat (LOCEAN-IPSL)

JULIETTE MIGNOT Chercheuse IRD au Laboratoire d'océanographie et du climat (LOCEAN-IPSL)

DIDIER SWINGEDOUW Chercheur CNRS au Laboratoire environnements et paléoenvironnements océaniques et continentaux (EPOC)

AURA-T-ON PLUS D'ÉPISODES DE SÉCHERESSE EN FRANCE AVEC LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

YVES TRAMBLAY Chercheur IRD à HydroSciences Montpellier (HSM)

AURA-T-ON PLUS DE CANICULES EN FRANCE AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

FABIO D'ANDREA Chercheur au CNRS et directeur adjoint du Laboratoire de météorologie dynamique (LMD-IPSL)

AURA-T-ON PLUS DE CYCLONES ET D'OURAGANS AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

CAROLINE MULLER Chercheuse CNRS au Laboratoire de météorologie dynamique (LMD-IPSL)

LES INONDATIONS SONT-ELLES LIÉES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

FLORENCE HABETS Directrice de recherche CNRS en hydrométéorologie au Laboratoire de géologie de l'École Normale Supérieure (LG-ENS), et professeure à l'École normale supérieure (ENS)

LES MÉGAFEUX SONT-ILS LIÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

SOPHIE GODIN-BECKMANN Directrice adjointe scientifique à l'INSU-CNRS et chercheuse CNRS au Laboratoire Atmosphères et Observations Spatiales (LATMOS-IPSL)

SOLÈNE TURQUETY Enseignante-chercheuse au Laboratoire de météorologie dynamique (LMD-IPSL)

QU'EST-CE QU'UN MODÈLE CLIMATIQUE ?

MARIE-ALICE FOUJOLS Ingénieure de recherche CNRS et responsable technique du pôle de modélisation du climat de l'IPSL

LE DÉGEL DU PERGÉLISOL REPRÉSENTE-T-IL UN POINT DE BASCULE DU CLIMAT ?

FLORENT DOMINÉ Géophysicien et chercheur CNRS au laboratoire franco-canadien Takuvik, à Québec

LA DÉFORESTATION DE L'AMAZONIE REPRÉSENTE-T-ELLE UN POINT DE BASCULE DU CLIMAT ?

EMILIE JOETZJER Chercheuse à l'INRAE

L'ANTARCTIQUE VA-T-IL ATTEINDRE UN POINT DE BASCULE ?

CATHERINE RITZ Chercheuse CNRS à l'Institut des géosciences de l'environnement (IGE)

L'HOMME SERA-T-IL EN CAPACITÉ DE S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

ADAPTATION : LA FRANCE EST-ELLE PRÉPARÉE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

MAGALI REGHEZZA Géographe et membre du Haut conseil pour le climat (HCC)

“LE CLIMAT CHANGE ? MAIS IL A TOUJOURS CHANGÉ !”

“LE CO₂ ? CE N’EST PAS UN POISON !”

“LES OURS POLAIRES ? ILS PROSPÈRENT SUR LA BANQUISE !”

“PRÉVOIR LE CLIMAT ? MAIS ON N’EST MÊME PAS CAPABLE DE PRÉVOIR
LA MÉTÉO DE LA SEMAINE PROCHAÎNE !”

“DE TOUTES FAÇONS, L’ÊTRE HUMAIN S’EST TOUJOURS ADAPTÉ
ET S’ADAPTERA ENCORE !”

Qui n’a jamais entendu ou lu ces idées reçues ?

Alors que la réalité du changement climatique devient de plus en plus tangible, alors que pour les climatologues, la responsabilité humaine ne fait plus aucun doute, les climatosceptiques s’engouffrent dans la moindre formulation imprécise ou la moindre contradiction apparente et continuent à faire circuler des informations erronées, relayées jusqu’à plus soif sur les réseaux sociaux.

Acteur majeur de la recherche sur le climat en France, le CNRS considère que lutter contre cette désinformation fait partie de ses missions. Il a choisi de travailler avec le blogueur BonPote et la graphiste Claire Marc pour offrir au lecteur cette bande dessinée, qui permet d’aborder simplement des concepts qui le sont moins.

Sous l’apparente légèreté du graphisme, cet ouvrage couvre des enjeux fondamentaux, et rend compte de ce que l’on sait vraiment sur le changement climatique, ainsi que de la façon dont ce savoir est construit. C’est ce qui fait la force de cet ouvrage.

18 € prix valable en France
ISBN : 978-2-271-13977-1



www.cnrseditions.fr