






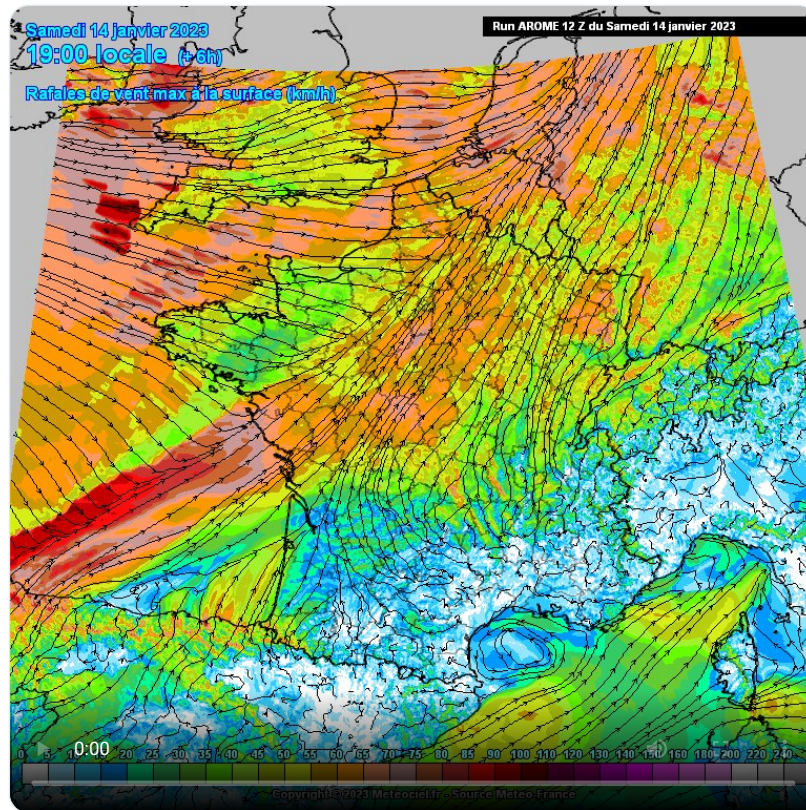
Christophe Cassou @cassouman40

Jan 15 · 33 tweets · [cassouman40/status/1614412302211506178](https://twitter.com/cassouman40/status/1614412302211506178)

Jours tempétueux a venir sur  avec succession de coups de vent, fort cumul de  sur certaines régions... Exact timing&force a affiner!

Quel lien avec [#ChangementClimatique](#)? Contrairement a bcp d'extrêmes, l'influence humaine sur les tempêtes n'est pas claire!

C parti pour un 



Les processus physiques associés aux #tempêtes/dépansions extratropicales sont multiples & complexes. Pour comprendre les effets potentiels de l'influence humaine sur leur intensité/force/trajectoires, commençons par les décrire brièvement!

2/

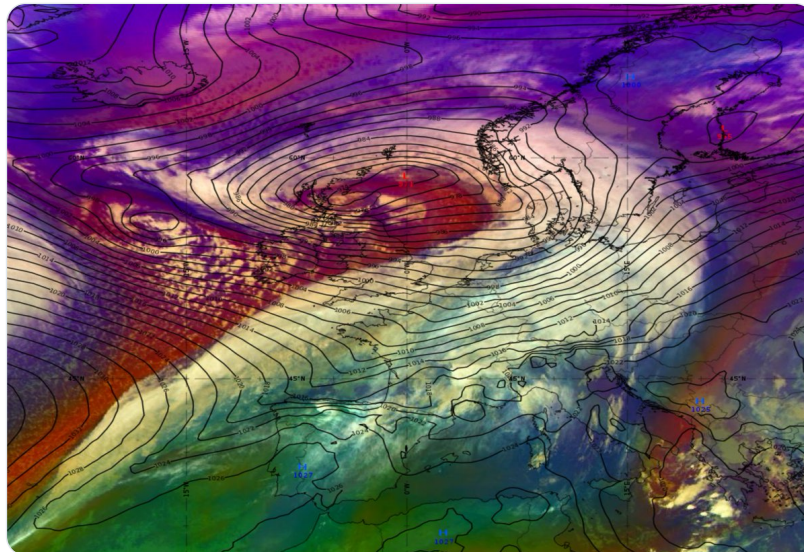


Tout est histoire de \neq de température et de rotation de la 🌍 (enfin presque mais on va simplifier un peu, voire bcp pour les experts 😊).

Prenons la tempête qui nous a concerné ajd.

Types de masses d'air en couleur (rougeâtre=froid/humide en aval, verdâtre=chaud/sec en amont)

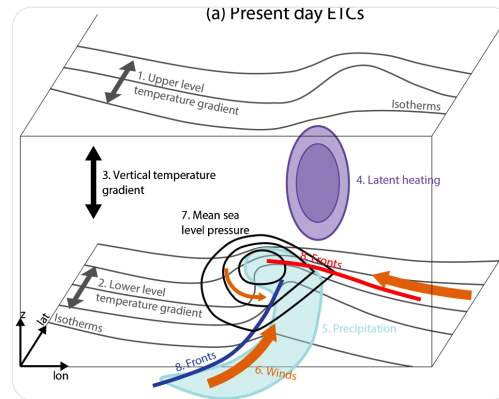
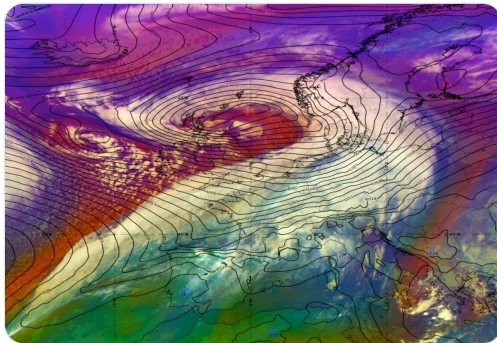
3/



[Droite] Représentation schématique de tous les processus impliqués. La bande nuageuse pluvio-venteuse est en bleu sous forme de virgule. Les fronts délimitent les masses d'air. Il fait chaud en aval du front & frais+averses après son passage.

Analysons les acteurs 1 par 1 📌

4/

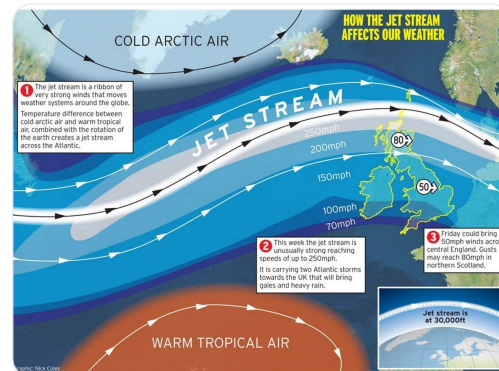
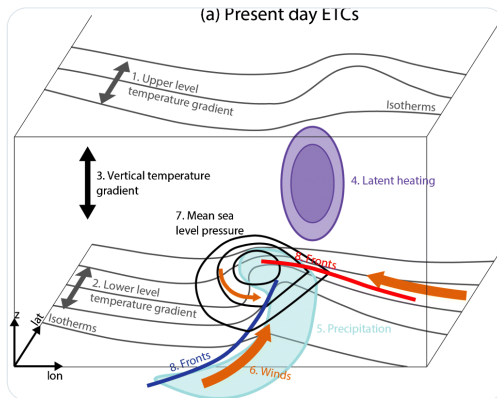


Acteur1: Diff (ou gradient) de température entre Sud (air chaud subtropical) & Nord (air froid polaire) en ALTITUDE (10-12km).

Gradient & vent sont liés. Un gradient Sud-Nord induit des vents d'ouest car rotation Terre.

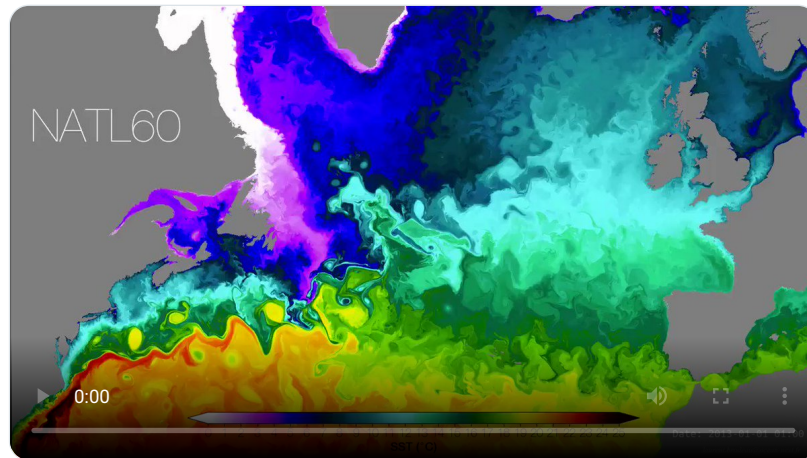
Gradient d'altitude fort=>vent d'ouest fort ([#jetstream](#))

5/



Acteur2: Gradient de température entre Nord (froid) & Sud (chaud) mais en SURFACE. On trouve ces forts gradients au large des côtes américaines qd Gulf Stream & courant froid du Labrador se rencontrent. Mais rien n'est statique: présence de tourbillons dans océan ET atmosphère

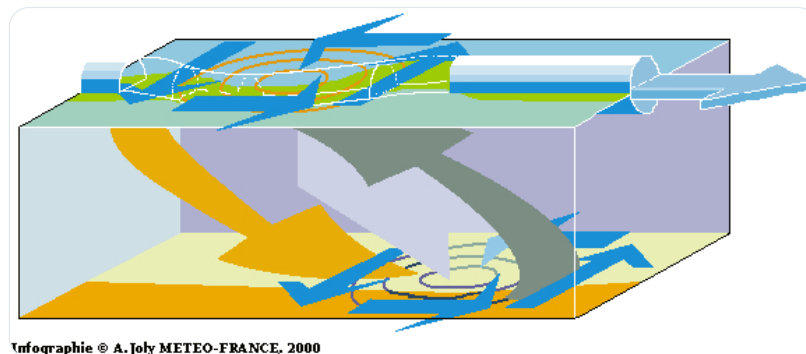
6/



C'est l'interaction entre tourbillons précurseurs d'altitude & de surface qui induit le développement d'une tempête. On parle de cyclogenèse.

C'est pour cela que les tempêtes se forment plutôt au large de Terre-Neuve, là où jet & gradient thermiques sont intenses, puis...

7/

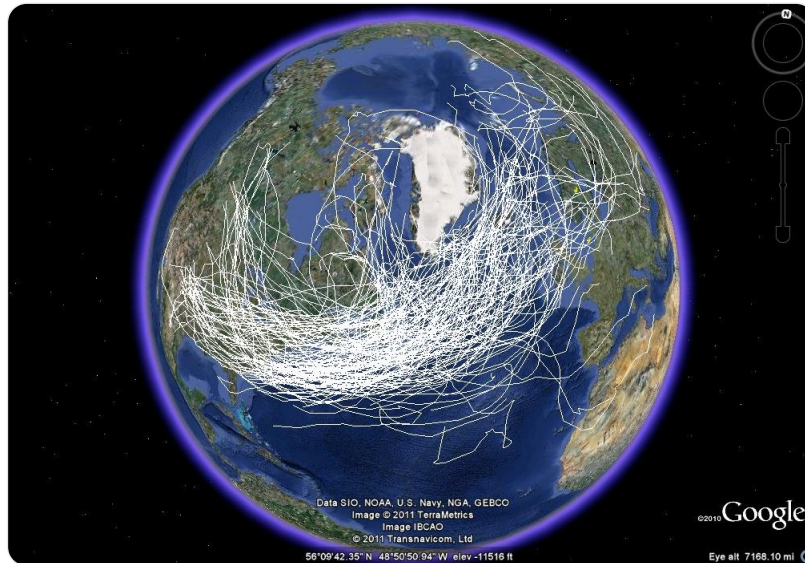


... puis traversent l'Atlantique (rail des tempêtes) & viennent frapper l'Europe avant de se dissiper. Description rapide mais en 1ere approximation, ça devrait suffire.

En mode #CoinDesPassionnés, voir le dossier spécial tempête de @meteofrance

→ tempetes.meteo.fr

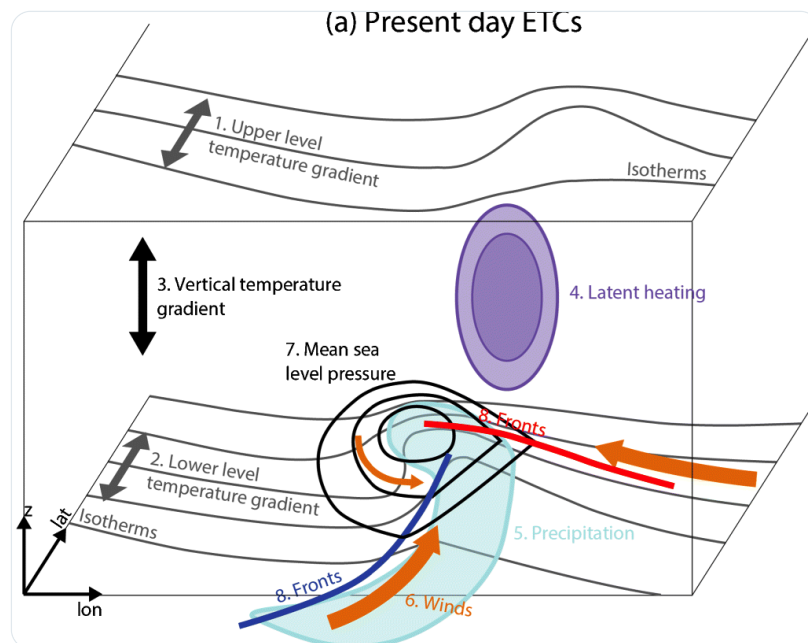
8/




Acteur3: Gradient VERTICAL de temp. Gradient ++ => instabilité plus forte.

Acteur4: Dégagement de chaleur dans atmos. Lorsque que les nuages se forment, le passage de l'état vapeur a liquide/glace dégage de la chaleur dite latente. Dégagement ++ dans grosses lignes de grains

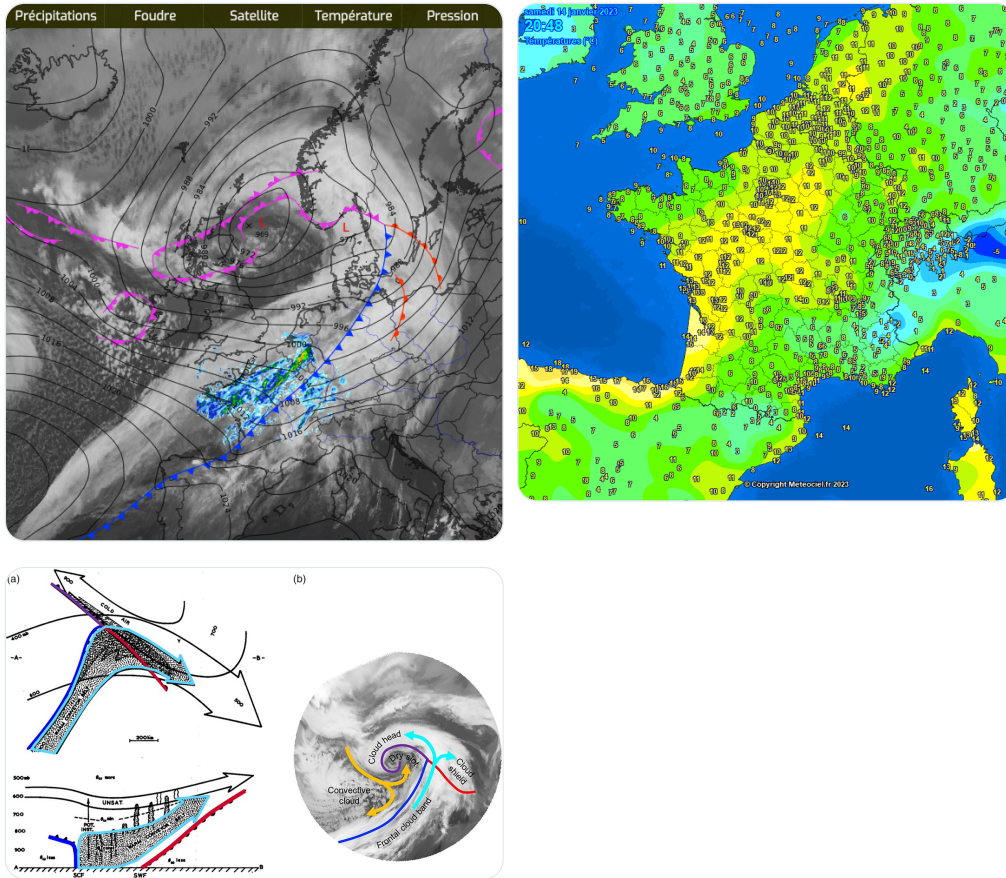
9/




Acteurs 5 à 8: Précipitation/vents/pression/fronts qui participent à la maturité des tempêtes & à leurs caractéristiques finales.

On voit bien ci-dessous l'ensemble de la dépression avec son front pluvieux qui touche le NO  & à l'arrière [Bretagne/Normandie] de l'air +frais

10/



Bon maintenant que l'on a posé les bases physiques de 1er ordre, comment tous ces processus co-évoluent alors que le climat se réchauffe? 🤔🤔

En résumé: "tug of war" ou tir à la corde! Et au final balle au centre! Conclusions difficiles à tirer en tout cas sur Atlantique/ !

11/

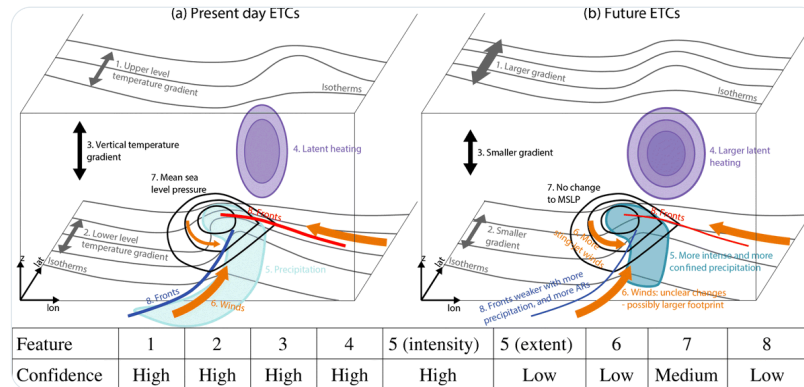


On reprend les mêmes acteurs mais en climat se réchauffant (schéma droite). Le tableau du bas liste les acteurs & degré de confiance dans les changements attendus.

Avant de commencer revenons sur comment sont établis les degrés de confiance! Source

link.springer.com/article/10.100

12/



Le degré de confiance est établi en fonction des connaissances théoriques (lois/processus physiques) + observations disponibles + cohérence obtenue entre résultats de modèles, portant sur une multitude d'indicateurs. Ces degrés sont traçables à la littérature scientifique

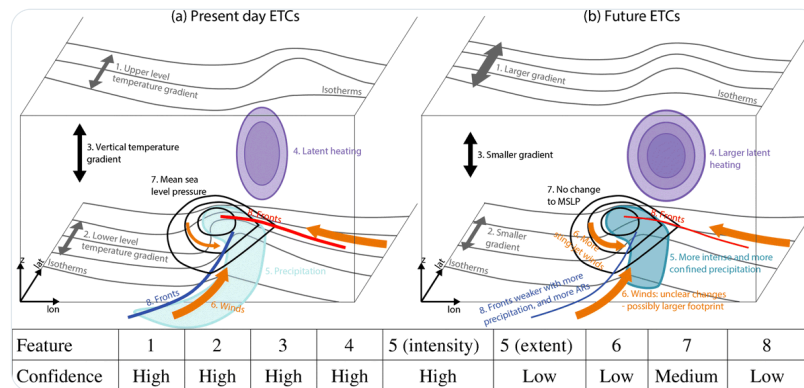
13/

En climat +chaud:

Acteur 1: ALTITUDE : augmentation du gradient car la haute atmosphère du Sud (tropicque) se réchauffe alors que celle au Nord (Arctique) [stratosphère] se refroidit sous l'effet du CO₂ principalement

=> acteur accentuant la formation des tempêtes.

14/



En climat +chaud:

Acteur2: SURFACE: diminution du gradient thermique car le Sud se réchauffe moins vite que le Nord car fonte de la glace/neige Arctique qui amplifie le réchauffement (boucle de rétroaction dite amplification polaire)

=>Acteur diminuant la formation de tempête

15/


En climat +chaud:

Acteur 3: diminution du gradient thermique vertical

Acteur 4: augmentation de la chaleur latente dégagée car une atmos +chaude peut contenir + de vapeur (Loi Clausius-Clapeyron 🌧️) & donc d'eau précipitable

Acteur 5: augmentation pluie

16/




Christophe Cassou
@cassouman40 · [Follow](#)


Replying to @cassouman40

La loi physique qui lie chaleur&vapeur d'eau a été établie des 1834 (loi de Clausus-Clapeyron, 1834).
Si vs voulez tout savoir sur l'interaction entre le cycle de l'eau et le changement climatique, voilà un fil ultra complet de [@valmasdel](#) ou...
twitter.com/valmasdel/stat...


19/


$$k = \left(1 - \frac{\delta}{\rho}\right) \frac{dp}{dt} C.$$

E. Clapeyron (1834)


$$\tau = C \cdot (s - \sigma) \frac{dp}{dt}.$$


R. Clausius (1850)


 **Dr Valérie Masson-Delmotte** @valmasdel




Quelles sont les interactions entre changement climatique et cycle de l'eau ?

Voici un (long) 📖 basé sur les rapports du GIEC de 2021-2022 qui comportent cette fois 2 chapitres sur l'eau (physique du climat / impacts-risques-adaptation) ...

C'est parti!

 1/...

8:04 PM · Sep 10, 2022 

 86  Reply  Copy link

[Read 1 reply](#)

Pour les autres acteurs (pression, vent, front, etc.), les degrés de confiance sont faibles, quant aux signes/intensités des changements attendus.

En mode [#CoinDesPassionnés](#)/source des infographies: un numéro spécial de Current Climate Change



17/

Et alors, les conclusions du [#GIEC](#) dans tout cela? Quels sont les niveaux de confiance après évaluation de l'ensemble de la littérature disponible sur le passé, présent et futur des tempêtes extratropicales?

Ok ok j'y arrive!

18/



Observation: le nbre total de tempêtes extratropicales a probablement (cad >2 chances sur 3) augmenté depuis les années 1980 dans l'hémisphère Nord (Pacifique&Atlantique) avec un décalage vers le pôle mais le niveau de confiance de l'évaluation est faible [Source: Chap2 [#AR6](#)]

19/

Observation des tempêtes extrêmes: Faible confiance dans les changements observés de vent extrême et autre mesure de l'intensité dynamique des tempêtes extratropicales extrêmes. L'inhomogénéité des jeux de données obs. est un handicap [Source Chap 11 [#AR6](#) [#GIEC](#)]

20/

Attribution: Il est impossible d'attribuer a l'influence humaine les changements observés sur les dernières décennies des tempêtes extratropicales, a la fois en termes d'intensité et trajectoires [Source: Chap3 #AR6 #GIEC]

21/

Futur: Projection très incertaine des changements régionaux dans les trajectoires des tempêtes, en particulier pour le bassin de l'Atl. Nord en hiver et a court-moyen terme (avant 2050-60) dû à une grande variabilité spontanée/interne dans cette région et...

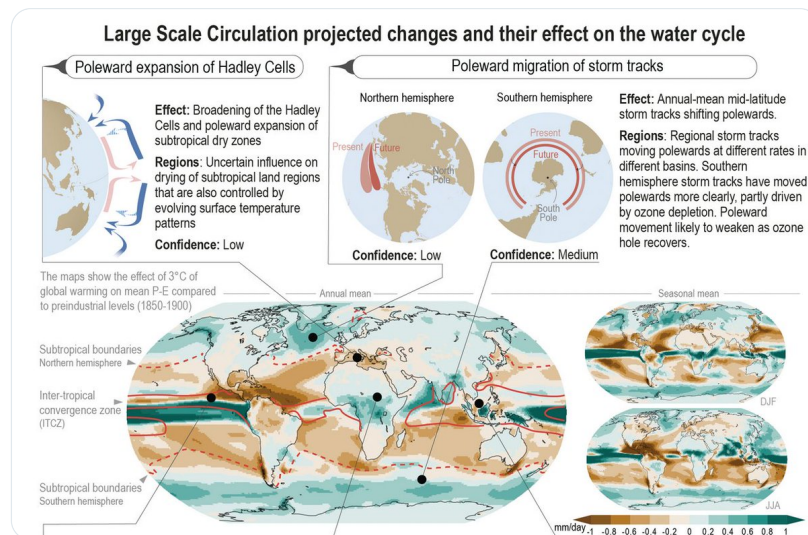
22/

... et du aux effets concurrents des changements projetés du gradient de température dans la haute et la basse troposphère [Source: Chap4 #AR6 #GIEC]

23/

Les signaux sont plus clairs dans le Pacifique et pour l'hémisphère Sud et expliquent certaines caractéristiques régionales des changements de précipitations projetés, ci-dessous a un niveau de réchauffement de +3°C [Source Fig 8.21 #AR6 #GIEC]

24/

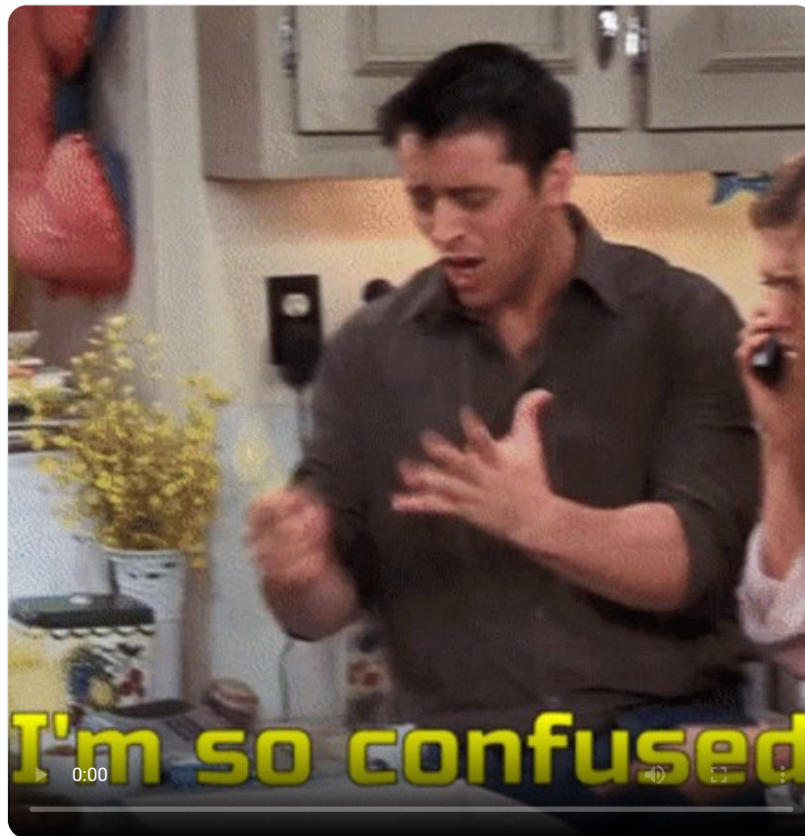


Bref, pas simple, ni intuitif! Je vous tiens encore ?

Vous êtes perdus 🙄🙄🙄?

Bon je résume 📌

25/



1 En climat +chaud, certains processus moteurs dans la formation des tempêtes sont amplifiés alors que d'autres sont diminués.

=>Il existe donc une compétition/effets opposés entre les différents facteurs, ce qui explique les faibles niveaux de confiance sur ces dynamiques

26/

2 En présence de fortes fluctuations naturelles dans Atlantique Nord (ou variabilité interne), on ne peut conclure avec confiance sur l'évolution future des tempêtes, en termes de pression, vent, trajectoires, récurrences en climat + chaud et en hiver.

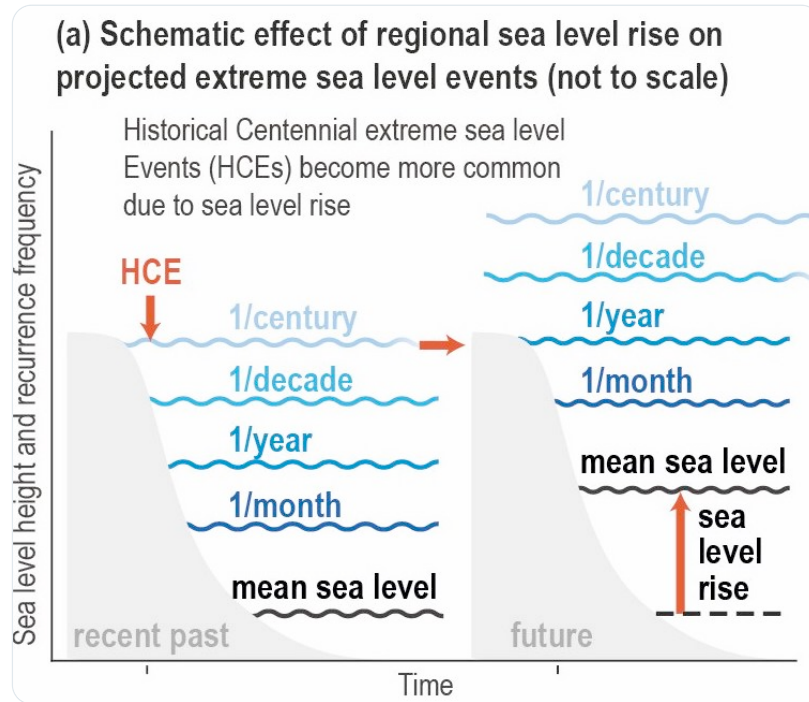
27/

3 En revanche, on peut conclure avec un niveau de confiance élevé, que les impacts sur continents seront + forts en terme de précipitation & submersions marines le long des cotes, tte dynamique (force, trajectoire, intensité des tempêtes extratropicales) égale par ailleurs!

28/

Les risques de submersion marine sont + élevés tout simplement parce que le niveau moyen des mers est + haut. [Voir schéma du Rapport #GIEC Ocean-Cryosphere #SROCC montrant l'évolution du "temps de retour" des surcotes de tempêtes alors que le niveau de la mer monte 📉]

29/



L'influence humaine est détectable sur bcp de paramètres climatiques mais pas sur force/trajectoire/réurrence des tempêtes sur Atlantique Nord. Attention a la sur-attribution qui affaiblit la portée et la confiance dans les résultats scientifiques de manière générale.

30/

Je ne doute pas que si l'on connaît de très violentes tempêtes ces prochains jours, certains les attribueront à l'influence humaine alors que ça ne correspondra pas à l'état des connaissances actuels.

Et c'est un réchauffiste 🤪 qui écrit! Imaginez alors!

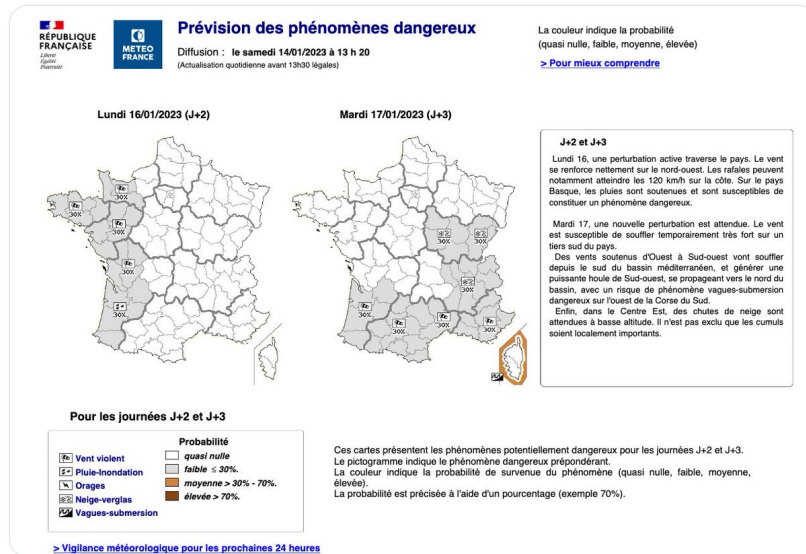
31/

🙏 de votre intérêt & votre lecture!

Et suivez bien les cartes de vigilance de [@meteofrance](#), seule entité habilitée à les établir pour assurer la sécurité/protection des personnes & biens [#MissionDeServicePublic](#)

D'autant + que l'hiver (neige/forte pluie) semble arriver après!

FIN



Poke [@CNRS Toulouse](#) [@CerfacsOfficial](#) [@INSU_CNRS](#)

• • •