

# Est-il nécessaire et possible de limiter le réchauffement planétaire à +1,5°C, comme le prévoient les Accords de Paris ? Un focus sur le Sud-Est de la France.

**Joël Guiot**

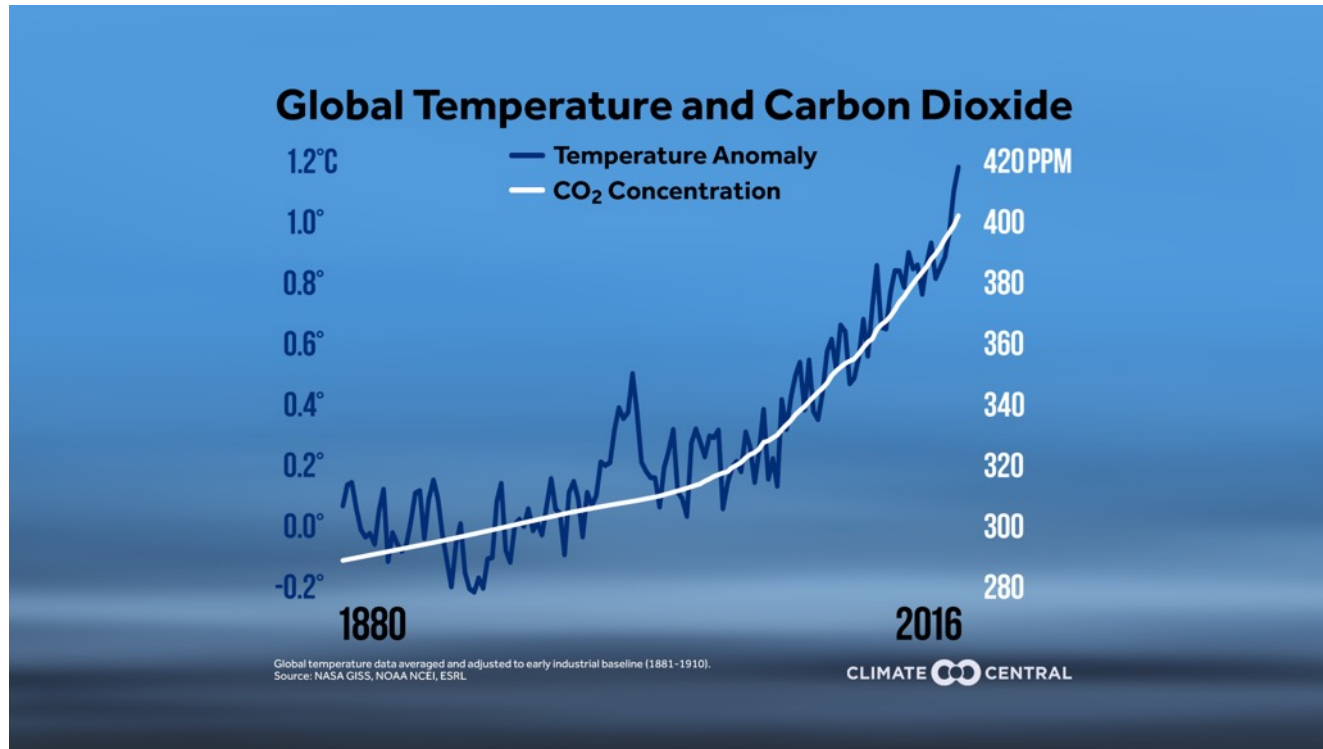
**DR CNRS**

**CEREGE, Aix-en-Provence**



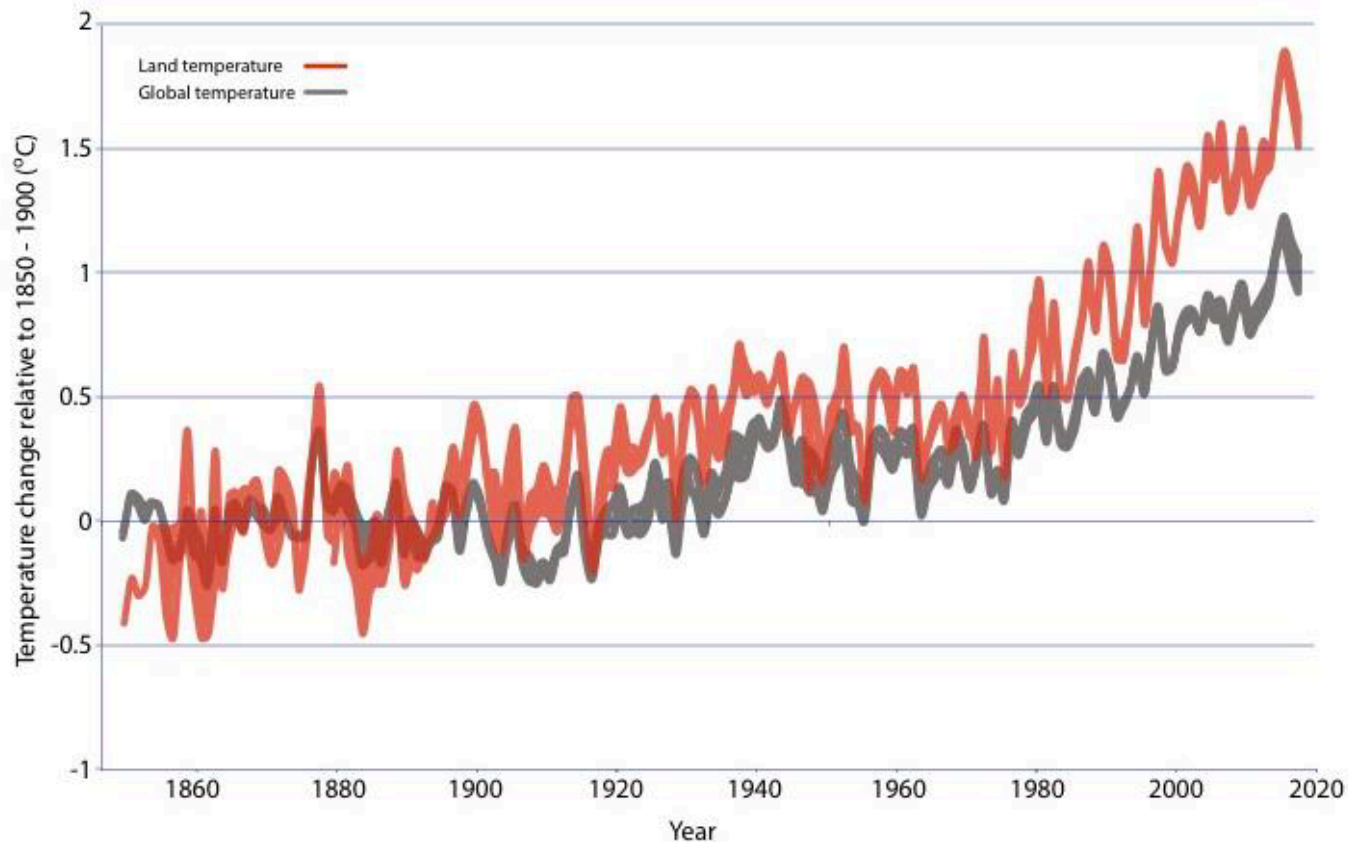
Mer de Glace, août 2019  
Alain Mazaud

# Le réchauffement global depuis 1880



- 2016 année la plus chaude – 2015, 2016, 2017, 2018 les 4 années les plus chaudes
- la T°C globale à dépassé les 1°C
- Début mai 2019, la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère a atteint un record 414 ppm, selon l'Observatoire de Mauna Loa, à Hawaï.

# Les continents se sont déjà réchauffés de 1.5°C

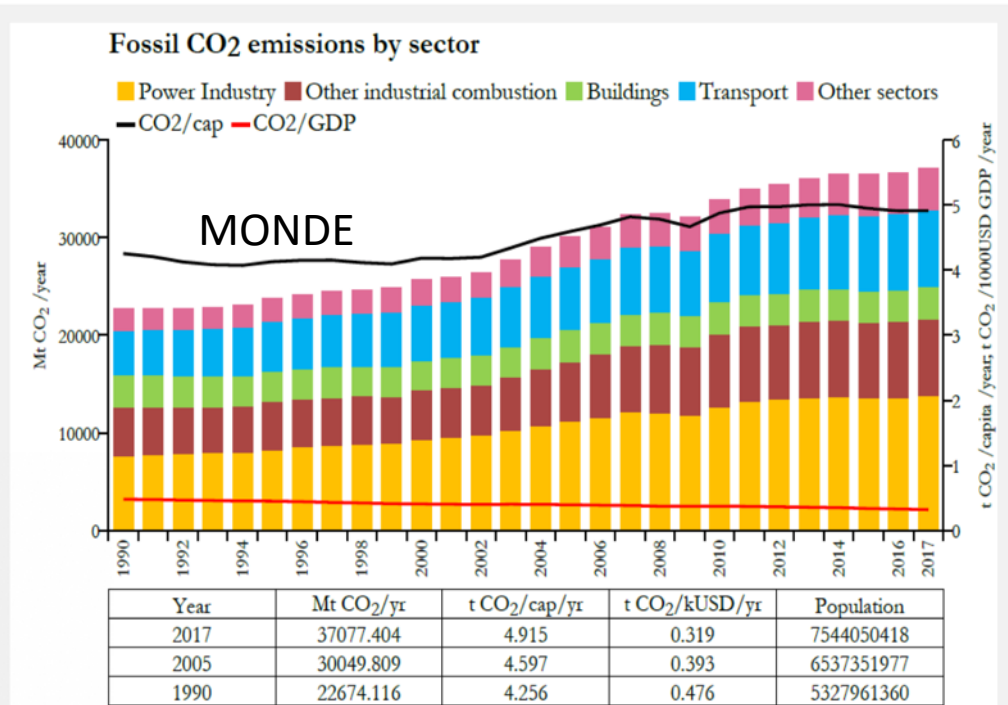


Les continents (en particulier les hautes latitudes) se réchauffent plus que les océans

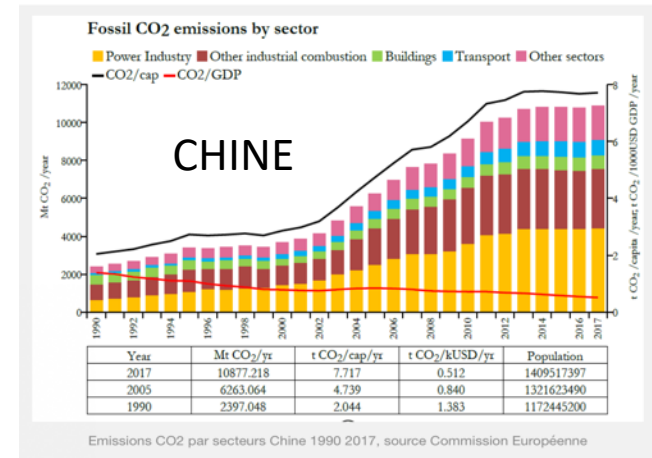
Cela s'accélère depuis les années 1980

Alors qu'en moyenne globale (océans+continents) on vient de passer les 1°C de réchauffement, les continents viennent de passer les 1.5°C

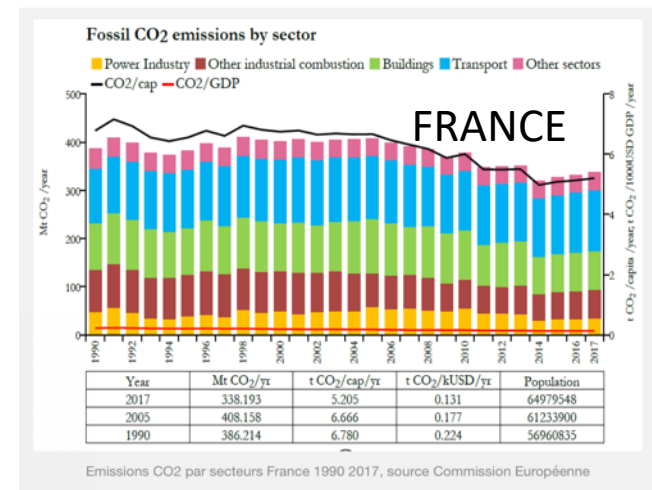
# Le responsable: les activités humaines qui rejettent de plus en plus de carbone dans l'atmosphère



Emissions mondiales de CO2 provenant de carbone fossile (charbon, gaz, pétrole et fabrication du ciment). 1990 / 2017 source JRC Commission Européenne, rapport 2018.



Emissions CO2 par secteurs Chine 1990 2017, source Commission Européenne

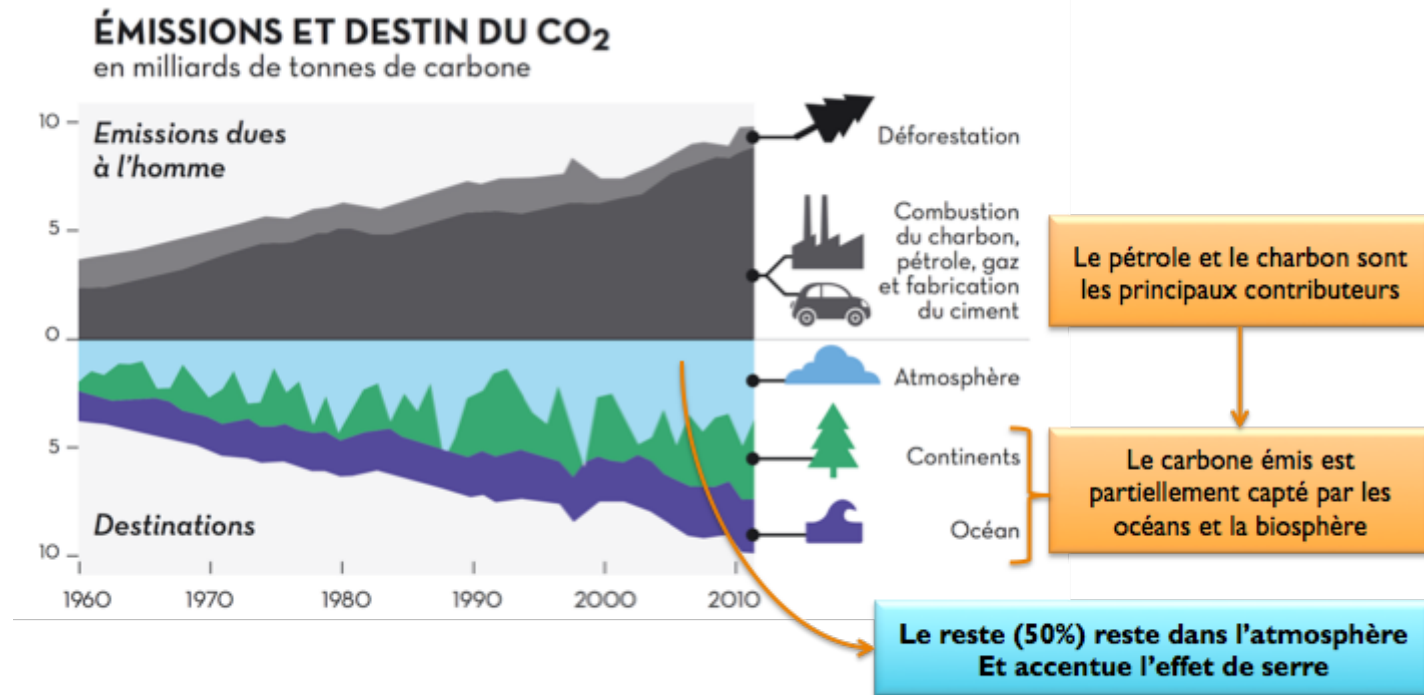


Emissions CO2 par secteurs France 1990 2017, source Commission Européenne



L'industrie est l'émetteur principal (à cause des énergies fossiles). En France c'est plutôt les transports (l'industrie a tendance à diminuer). Les changements d'occupation des sols jouent également un rôle (artificialisation des sols, agriculture, déforestation)

# Les sources et les puits principaux du CO<sub>2</sub>



26 janvier 2016/ Marseille

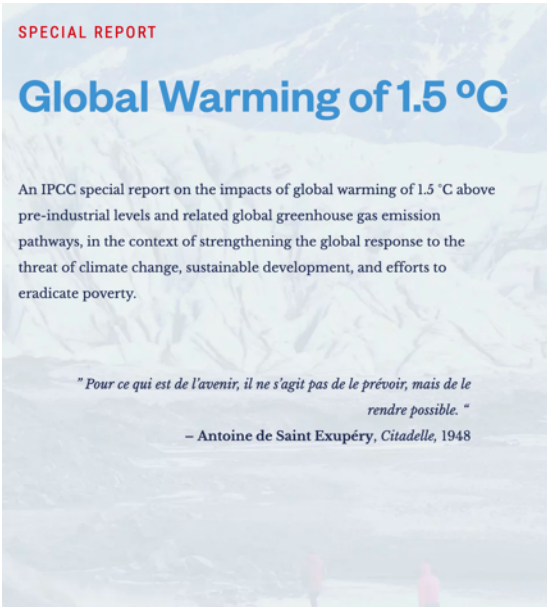
35

Les principales sources de CO<sub>2</sub> sont la consommation d'énergie fossile, la fabrication du ciment et la déforestation. Les principaux puits de CO<sub>2</sub> sont l'océan et la biosphère. La différence (en bleu clair) reste dans l'atmosphère

# Trois rapports spéciaux du GIEC commandés par l'ONU

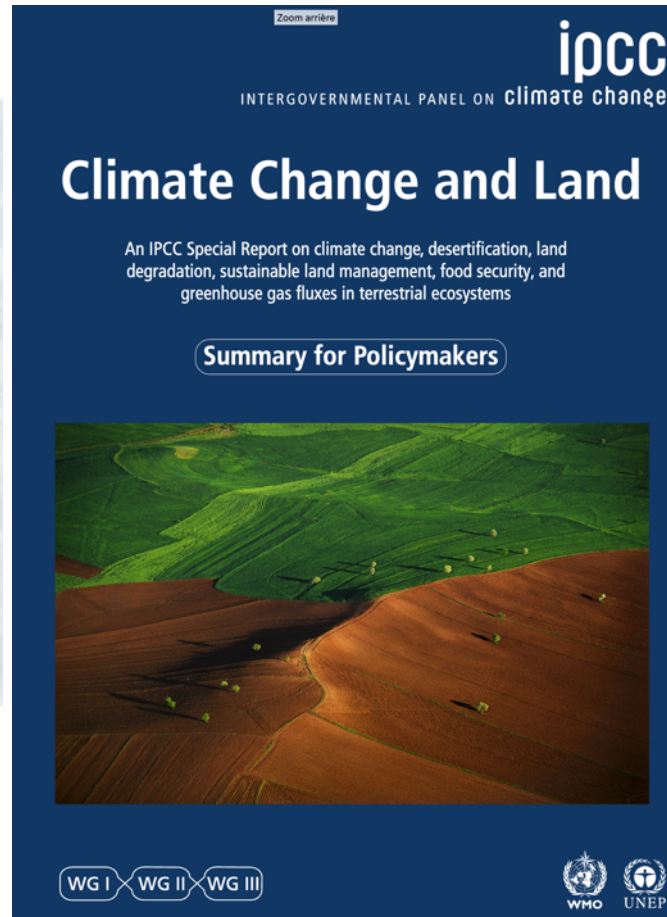
## SRLand: Terres émergées

SR1.5: Réchauffement de 1,5°C



91 scientifiques de  
40 pays  
Octobre 2018

1,5°C serait atteint vers 2040  
Mais il est physiquement  
possible de ne pas le  
dépasser



107 scientifiques de 52 pays  
Aout 2019

SROCC: Océan et régions englacées



100 scientifiques de 30 pays  
Septembre 2019

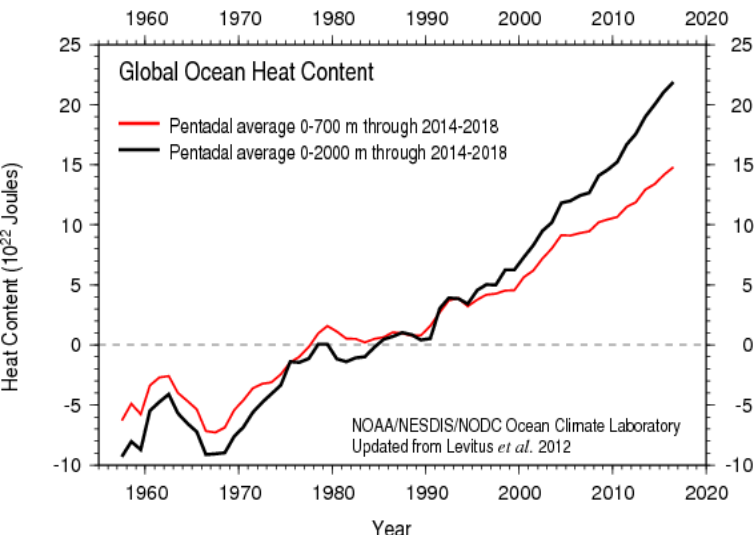
# SRLand: les écosystèmes terrestres

- Les écosystèmes terrestre absorbent 22% des émissions anthropiques de CO<sub>2</sub>
- Un quart des terres sont dégradées, trois-quarts sont exploitées, les systèmes alimentaires contribuent pour 25 à 30% des émissions
- Depuis 1961,
  - l'utilisation des fertilisants a été multipliée par 8
  - Volume d'eau pour l'irrigation a doublé
  - Bois récolté a augmenté de 50%
- Les sols et la végétation seront moins performants pour le stockage de carbone avec des températures plus élevées



# SROCC: l'océan

- L'océan a récupéré 90% (depuis 1970) de la chaleur produite par l'augmentation des gaz à effet de serre
- L'océan stocke 25% du CO2 chaque année
- Depuis 1993, le réchauffement de l'océan a doublé
- Par l'absorption du CO2, l'océan s'est acidifié et a perdu de l'oxygène (perte de nutriments)

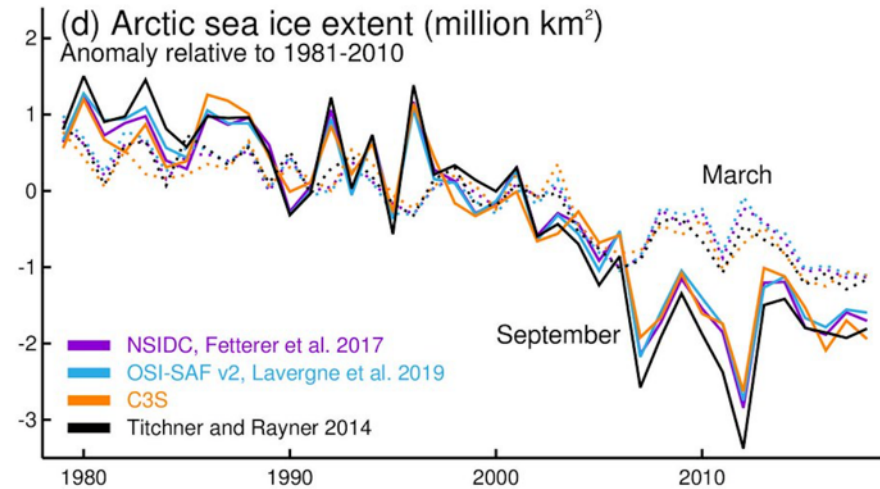
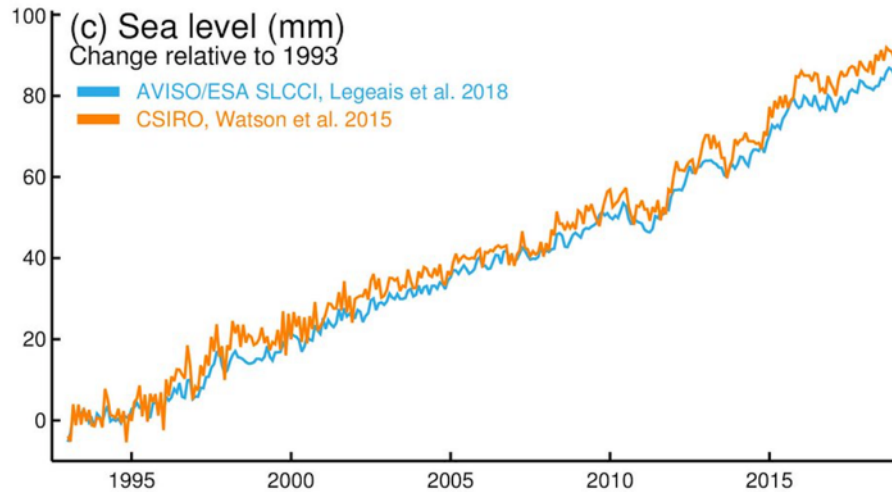


La couche  
700-2000 m  
accumule de  
plus en plus  
de chaleur





# Le niveau des océans et la glace de mer



\* 17±3 cm/siècle  
sur 1901-2010  
 \* 32±4 cm/siècle  
sur 1993-2010  
 (moitié expansion  
thermique, moitié de la  
fonte des glaces)



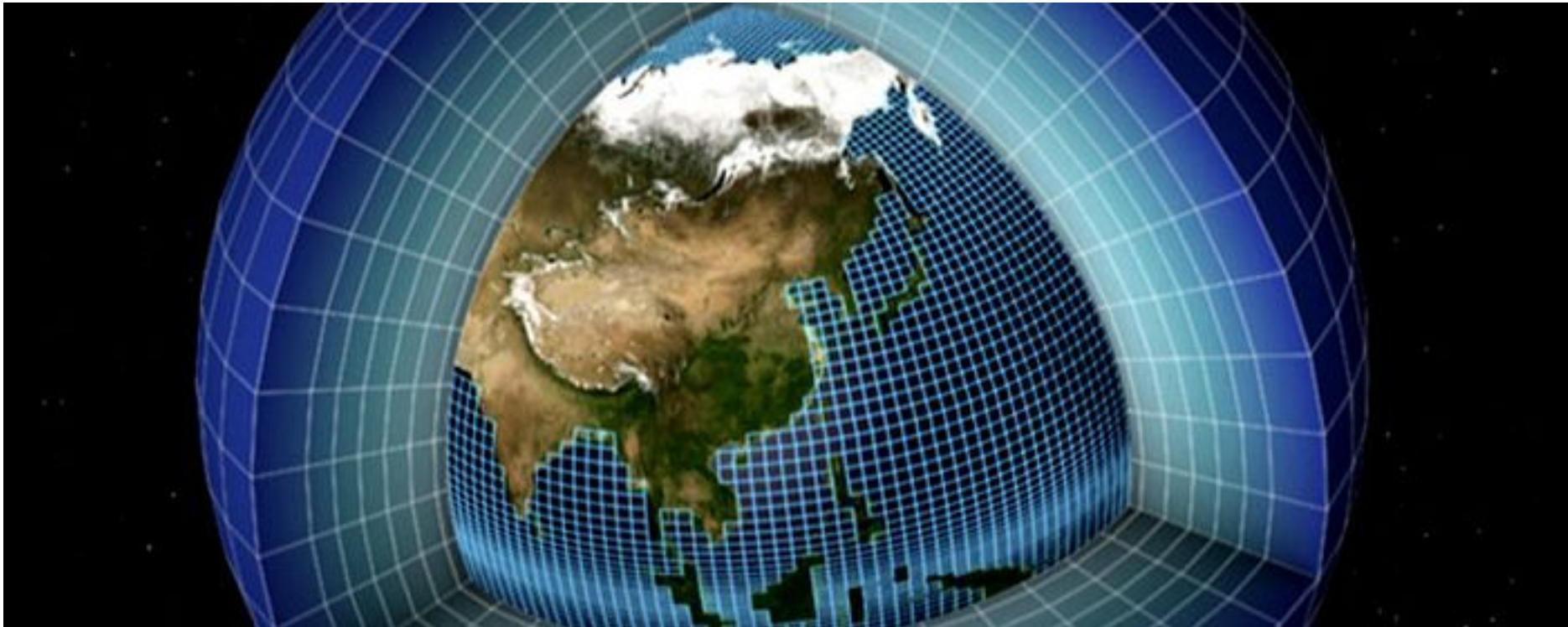
\* Fin d'été perte de 40%  
(sur 7 M km<sup>2</sup>) depuis  
1980  
 \* Epaisseur glace arctique  
1,25 m vs 3.5 m en 1975

# L'océan et le vivant

- Déplacement des espèces marines depuis 1952 =  $5,2 \pm 3,2$  km/an en surface,  $2,9 \pm 1,6$  km/an en profondeur
- 50% des zones humides côtières ont été perdues sur 100 ans
- Blanchiment du corail, impacts sur les organismes à coquille calcaire

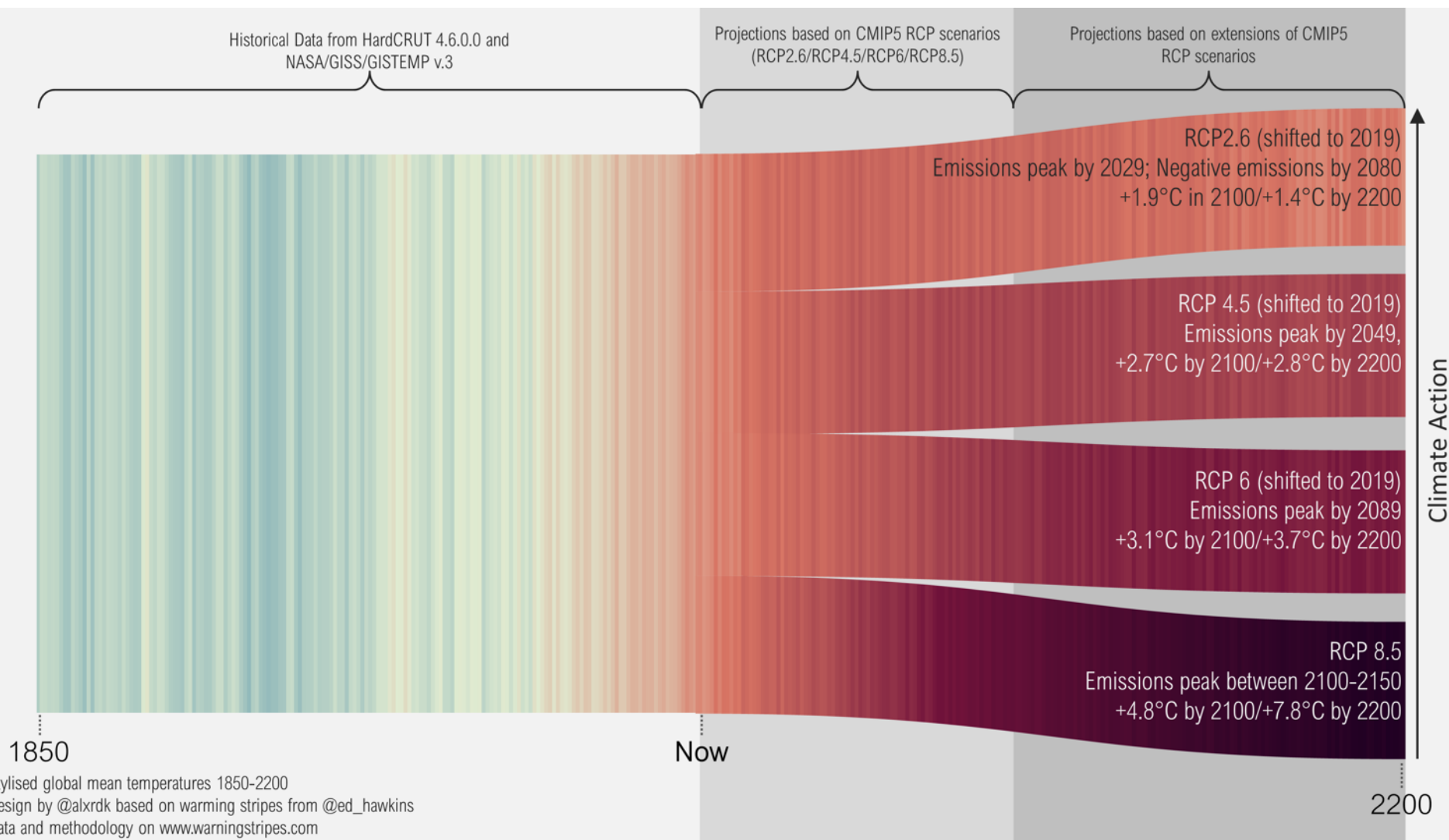


# Les projections globales pour la fin du 21<sup>e</sup> siècle



Possible grâce aux modèles climatiques!

# Evolution de la température selon la vigueur de notre action d'atténuation



# L'impact d'un réchauffement climatique à +1,5 °C ou + 2 °C

## SR1.5°C

### Intensité des vagues de chaleur

**A +1,5 °C**

Des vagues de chaleur  
plus chaudes de 3 °C

**A + 2 °C**

Des vagues de chaleur  
plus chaudes de 4 °C

### Coraux

Perte de récifs coralliens...  
... de 70 à 90 % à +1,5 °C  
... jusqu'à 99 % à + 2 °C

### Banquise arctique

Fonte complète de la banquise en été...  
... 1 fois par siècle à +1,5 °C  
... 1 fois par décennie à + 2 °C

### Pêche

Prise annuelle de poissons réduite de ...  
... 1,5 million de tonnes à +1,5 °C  
... plus de 3 millions de tonnes à + 2 °C

### Perte de biodiversité

Perte de plus de la moitié de l'habitat naturel pour...  
... 4 % des vertébrés à +1,5 °C contre 8 % à + 2 °C  
... 6 % des insectes à +1,5 °C contre 18 % à + 2 °C  
... 8 % des plantes à +1,5 °C contre 16 % à + 2 °C

### Pluies torrentielles

Risque plus élevé à 2 °C  
qu'à 1,5 °C dans les hautes  
latitudes de l'hémisphère Nord,  
l'Asie de l'Est et l'Amérique du Nord

### Cultures céréalières

Baisse de rendement  
plus important à + 2 °C,  
notamment en Afrique subsaharienne,  
Asie du Sud-est et Amérique latine

### Hausse du niveau de la mer

**A +1,5 °C**

De 26 cm à 77 cm  
d'ici à 2100

**A + 2 °C**

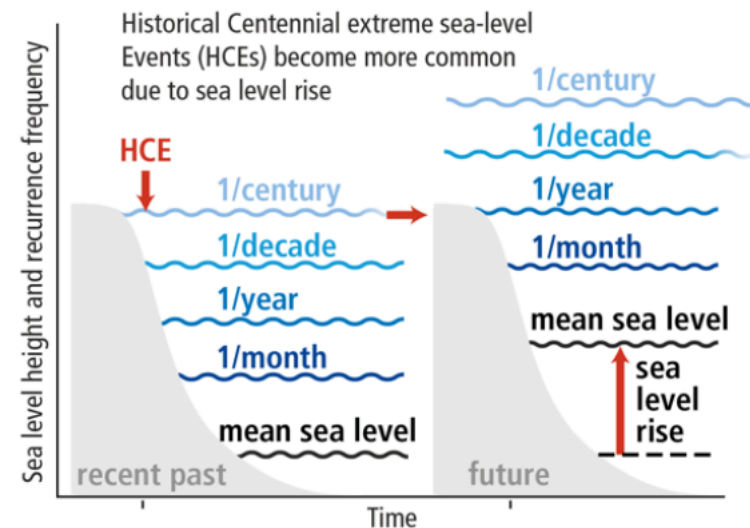
10 cm de plus  
10 millions de  
personnes de plus  
menacées

# Océan et cryosphère: risques futurs en 2100

- Niveau de la mer: augmentation de 20 cm à 1m d'ici la fin du siècle (selon le scénario)
- Événements extrêmes entraînent des vagues et des surcotes
- Zones humides: -20/90%
- Glace de mer: -50/100% en septembre
- Pergélisol: -30/70%



(a) Schematic effect of regional sea level rise on projected extreme sea level events (not to scale)





# Les impacts et risques au niveau local

**Le GREC-Sud**

<http://www.grec-sud.fr>

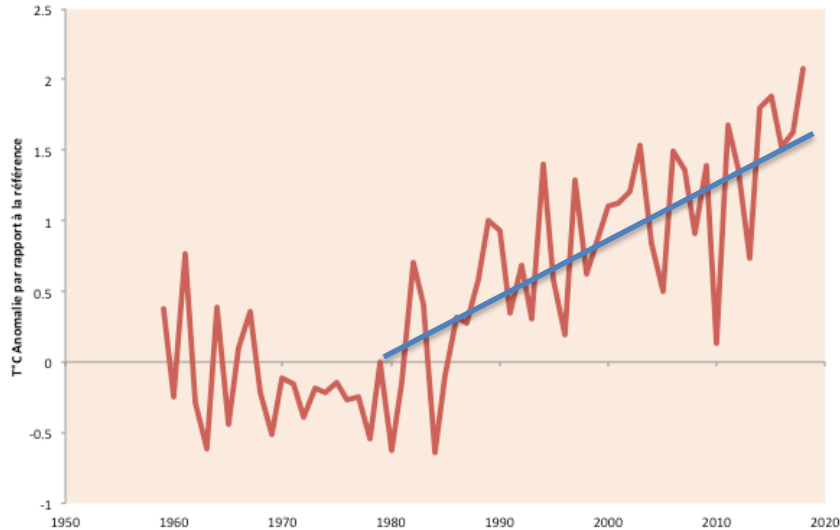
# Le Groupe Régional d'Expert sur le Climat en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur





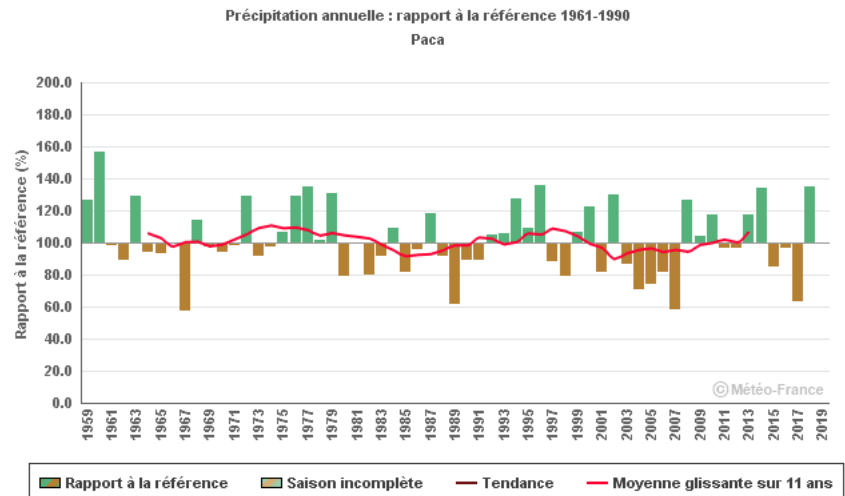
# Changement climatique en région Sud PACA

Evolution de la température moyenne annuelle en Région SUD

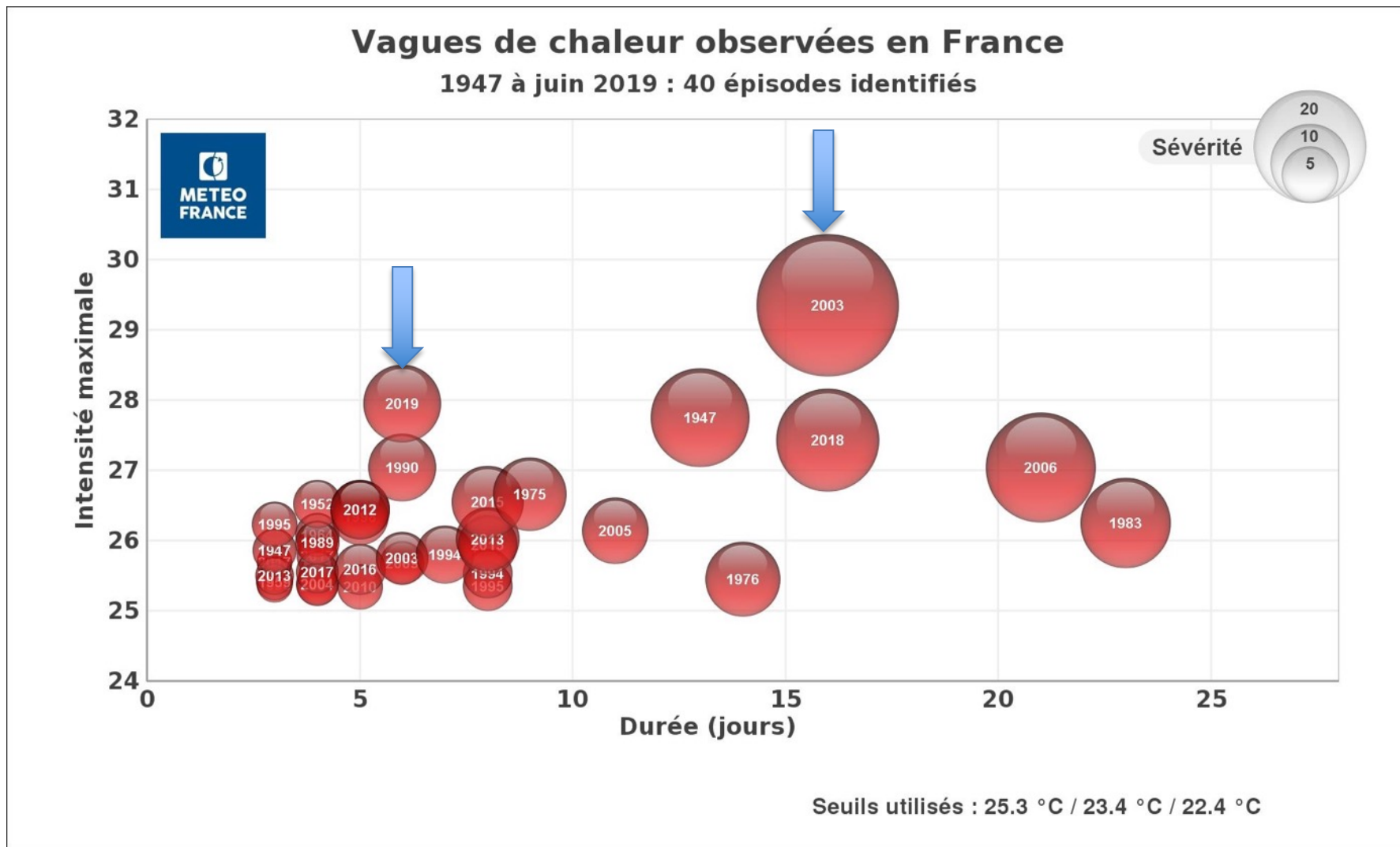


réchauffement: 0.4°C/10 ans  
Année 2018 la plus chaude  
Taux double du taux global  
On sera bientôt à +2°C

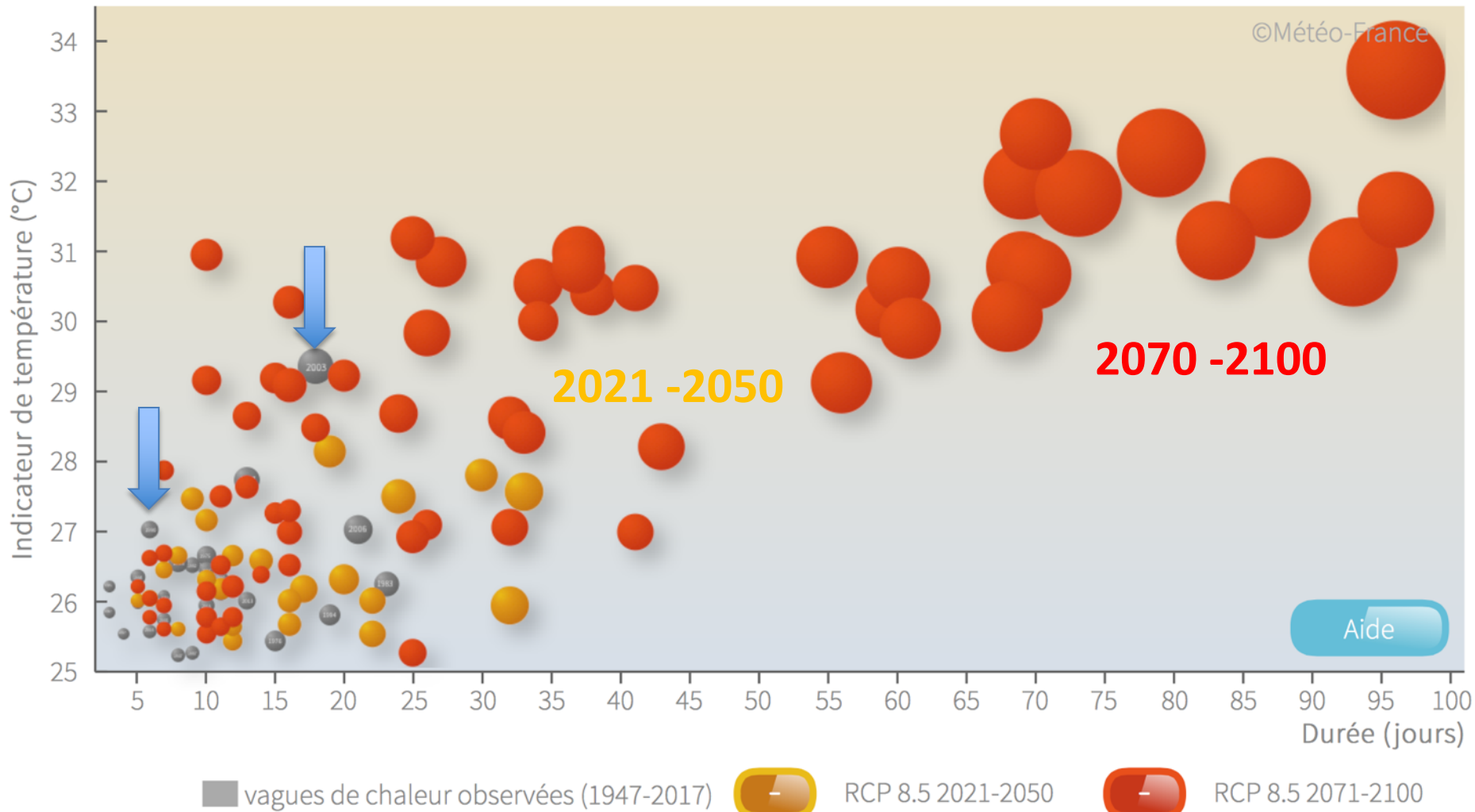
Précipitation totale annuelle région PACA



# Les vagues de chaleur en France



# Evolution des vagues de chaleur



# Conséquences sur la forêt et l'agriculture



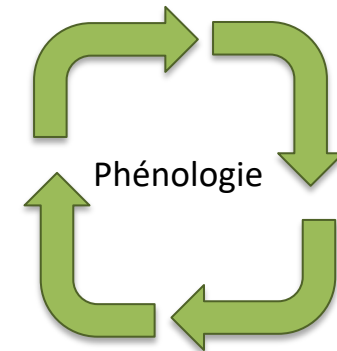
*température +  
sécheresse*

*sécheresse*

*température élevée  
besoin de froid*



*Dépérissement  
des forêts*



# Conséquences sur les forêts

## Dépérissement principalement lié au bilan hydrique

- ◆ Des dépérissements sont observés pour le sapin sur les versants chauds et au-dessous de 1400 m d'altitude.
- ◆ Le chêne blanc montre de façon générale une mortalité forte des branches et de fortes pertes de croissance.
- ◆ Le pin sylvestre présente un taux moyen de défoliation proche de 50 % et un effondrement de la croissance moyenne sur les 15 dernières années.



*Dépérissement du pin sylvestre*

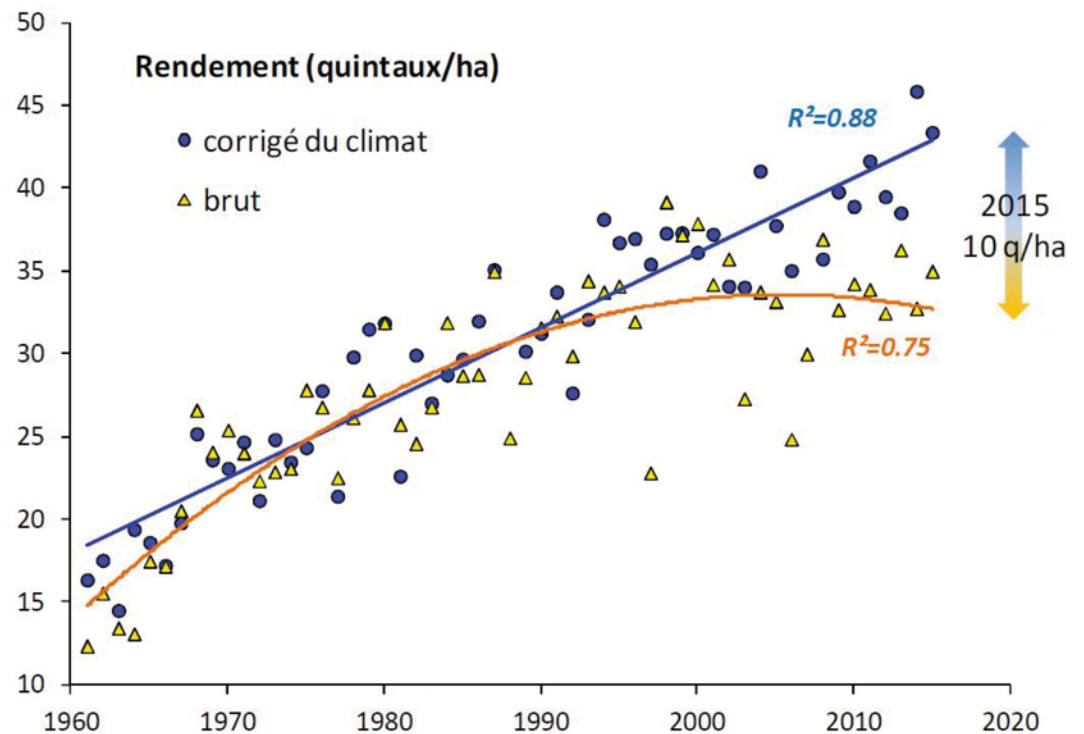
***Pour toutes ces espèces, la mortalité d'arbres est deux à quatre fois supérieure à la normale jusqu'à 1400 m.***

# Diminution du rendement du blé dur dans le Sud-Est de la France

- le déficit hydrique de printemps



- les températures de l'air élevées en mai et juin pendant la formation du grain.



Evolution du rendement du blé dur dans le sud-est de la France  
(source : Stéphane Jézéquel, ARVALIS)

# Acidification des mers et océans

Chaque jour, un quart du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) émis par la planète est absorbé par l'océan, soit **26 millions de tonnes**.

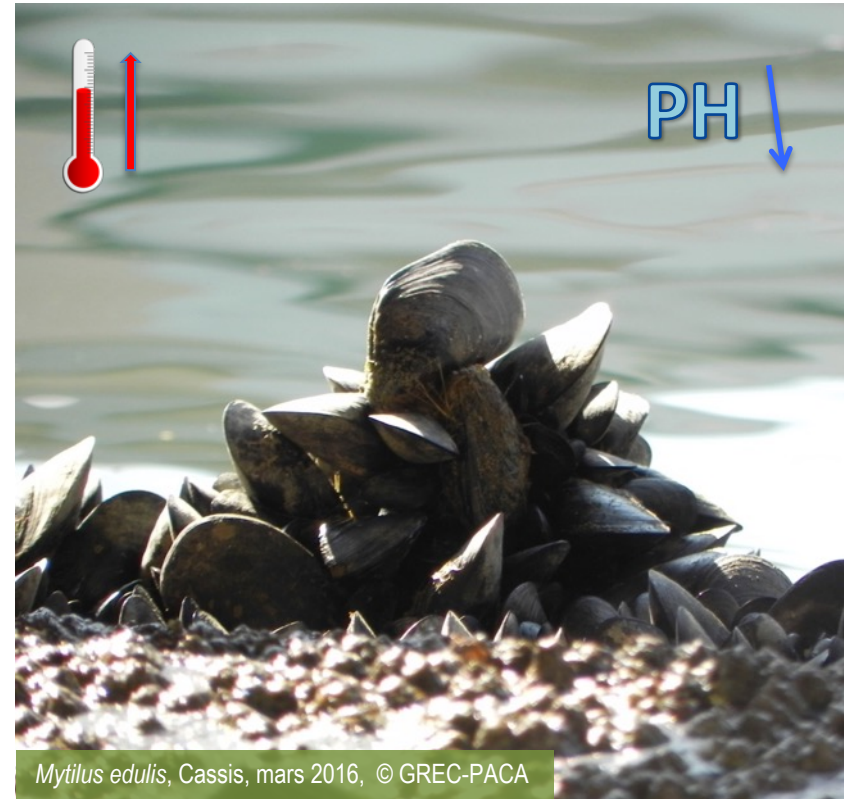


## ACIDIFICATION

Depuis 1995 l'acidité des mers et océans a augmenté de **10 %**.

### Evolution de l'acidité en unité PH

Scénario	Acidité
2010	-0.11
2100 RCP2.6	-0.14
2100 RCP 8.5	-0.40



L'acidification de la mer rend plus difficile la formation du squelette calcaire des mollusques bivalves et certains planctons.

**En 2100, il sera très difficile de cultiver des moules en Méditerranée nord-occidentale**

# Erosion côtière



La hausse du niveau des mers plus l'augmentation probable de la fréquence et de l'intensité des tempêtes et des vagues de submersion



**Diminution et disparition des plages**

**Relocalisation des biens privés**

**protection des espaces naturels littoraux**





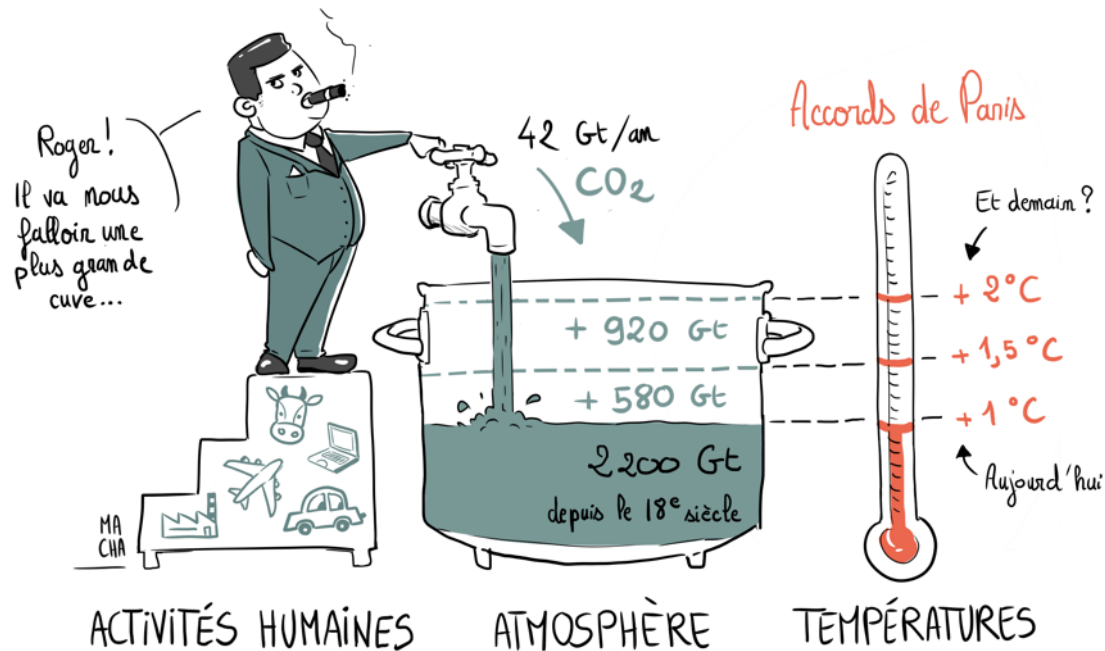
# Trajectoires d'émissions compatibles avec 1,5°C de réchauffement global



Il faut une politique vigoureuse de réduction des émissions  
Un changement de modèle de société basée sur la sauvegarde de l'environnement et la justice sociale  
La finance pour le climat  
Les gros pollueurs doivent montrer l'exemple  
Mais chacun aussi doit faire sa part

# GAZ À EFFET DE SERRE

Ce qu'il nous reste à émettre ...



ACTIVITÉS HUMAINES

ATMOSPHERE

TEMPÉRATURES

\* 1 Gt = 1 000 000 000 t

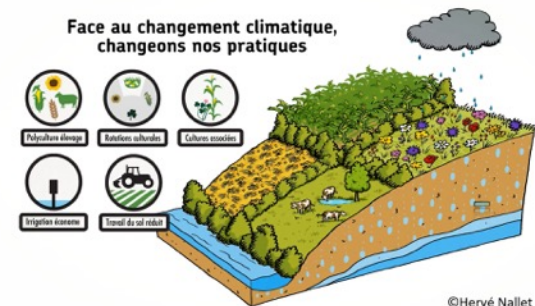
La bonne nouvelle: la cuve n'est pas encore pleine!  
La mauvaise: il ne faut plus attendre!

Dessin de Macha Bellinghery

- Depuis la révolution industrielle, nous avons émis un cumul de 2200±320 Gt de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>);
- 580 Gt (420 à 840 Gt) pour limiter le réchauffement global à +1.5°C (intervalle de 33 à 67%);
- 1500 Gt (1170-2030 Gt) pour +2°C (Table 2.2. SR1.5).
- Si on tient compte de l'effet de rétroactions comme celui du pergélisol, il faut enlever 100 Gt.
- Pour contenir le réchauffement global à +1.5°C, les émissions de CO<sub>2</sub> devraient atteindre le "net zéro" vers 2050 [2075 pour 2°C]

# SRLand 2019: les solutions basées sur la nature

- Afforestation, reforestation, bioénergies avec capture de carbone et stockage (BECCS)
- Déforestation, destruction des zones humides = 15% des émissions
- Pertes agricoles et déchets alimentaires (25% de la production) = 8-10% des émissions
- Agroforesterie, meilleure gestion des feux = réduction des émissions + stockage
- Amélioration des sols par l'agroécologie pour stocker le carbone (4‰)
- Régimes alimentaires basés sur les céréales, fruits et légumes de saison = 10 à 100 fois moins émetteurs que les régimes basés sur la viande (ruminants + rizières = 50% des émissions de méthane)
- La plupart des solutions « nature » ont des retombées positives sur la santé et la biodiversité; elles réduisent les températures extrêmes pendant l'été
- Importance de la petite échelle: les solutions BECCS à grande échelle auront des effets négatifs clair (il faut 5 M km<sup>2</sup> de boisement pour limiter la température à 2°C, soit 8x France)
- Ces solutions doivent donc venir en appui aux solutions de réduction des émissions



# Atténuer versus laisser faire: un très bon investissement

- On a besoin de 18% de la surface globale pour séquestrer 12GT CO<sub>2</sub>/an dans les forêts !!! (on émet 40 GT/an)
- Les forêts comme source d'énergie: risque de perte de forêts primaires et prairies
- Alternativement, boisement et restauration des écosystèmes naturels, changement de régime alimentaire; cela peut améliorer la biodiversité et séquestrer jusque 26GtC
- **Maintenir +1.5°C coûterait 71-150 trillions \$ jusque 2050 mais réparer les dommages en coûterait 496 (pour un réchauffement de +3.7°C), soit 3 à 7 fois plus**
- Donc, sur les prochaines décennies, agir devrait coûter 1/4 de la non action

# QUELLES POLITIQUES PUBLIQUES ?

## Atténuation

Réduire les émissions de gaz à effet de serre

- **Encourager le développement des énergies renouvelables** (éolien, solaire, bois...)
- **Favoriser les transports en commun et la multimodalité**, y compris pour le transport de marchandises
- **Développer l'économie circulaire** : éviter les dépenses d'énergie inutiles, recycler...
- **Renforcer la capacité de stockage et de séquestration CO<sub>2</sub> dans les sols**

## Adaptation

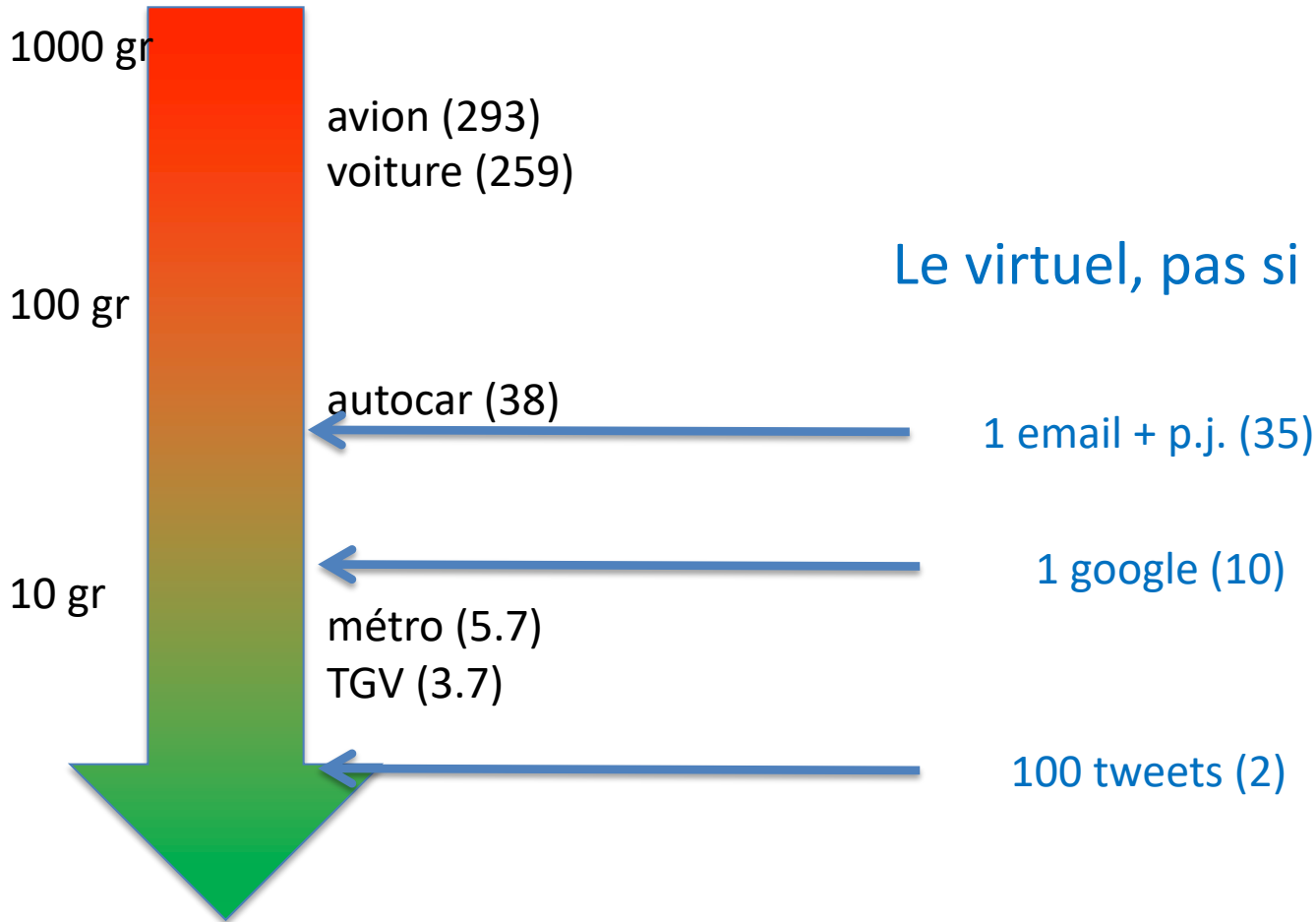
Limiter les effets des changements climatiques

- **Adaptation des pratiques agricoles** choix des cultures (résistance au stress hydrique...)
- **Miser sur une sylviculture adaptative** gérer le risque incendies, encourager l'agroforesterie...
- **Planifier les territoires sur le long terme**
- **Développer les outils juridiques** répondant aux contraintes de l'adaptation et de l'atténuation

# Solutions au niveau individuel

Emission de CO2 (transport en gr/km/personne)

Données ADEME

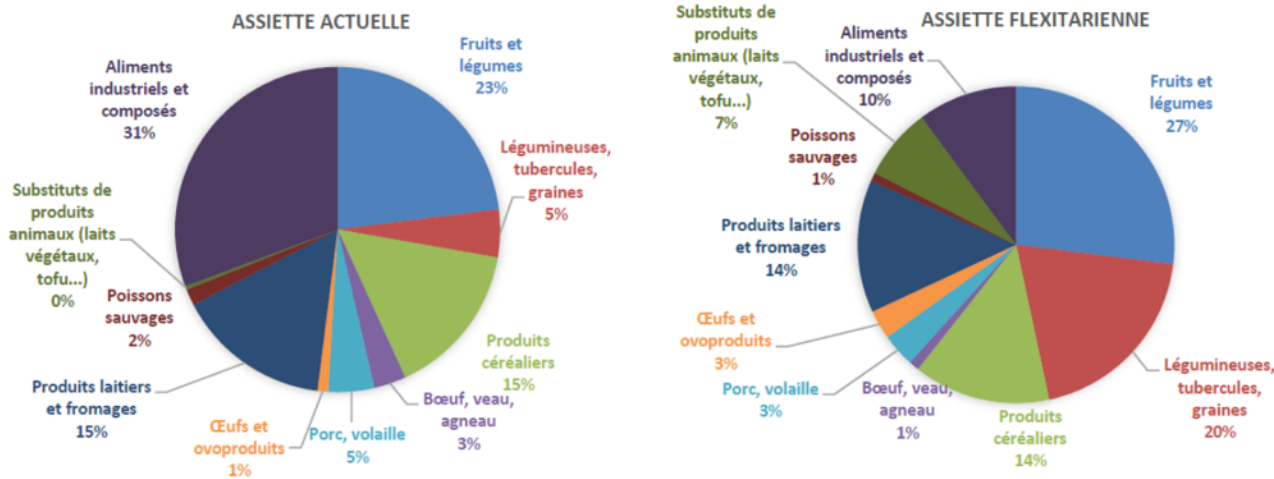


Le virtuel, pas si sobre que ça!



Chaque geste du quotidien émet du carbone, mais certains gestes émettent moins que d'autres

# Passer d'un régime carné à un régime flexitarien?



Réduire  
 - aliments industriels (par 3)  
 - poisson (par 2)  
 - Viande (par 2)

Répartition des catégories d'aliments dans les assiettes INCA3 (actuelle) et Flexitarienne

Type de régime	Valeur	Unité
Régime alimentaire "classique"	136	kgCO2e/personne.mois
Régime alimentaire "flexitarien"	85,7	kgCO2e/personne.mois

Facteurs d'émissions mensuels de différents régimes alimentaires

# Conclusion: adaptation, atténuation et développement durable

- Adaptation aux changements déjà en cours (+1°C à +1.5°C) et atténuation pour ne pas dépasser +1.5°C
- Adaptation et atténuation doivent accompagner le développement durable: distribuer équitablement la responsabilité de l'action, ainsi que les pertes et les gains découlant des choix sociétaux.
- Un défi majeur est le développement de capacités d'adaptation et de gouvernance à la hauteur des enjeux, en particulier dans les pays les plus vulnérables (fonds vert)
- De nombreuses options (nature) existent comme la protection et la restauration des écosystèmes, une gestion harmonieuse pour l'exploitation de ressources renouvelables, et la réduction des nombreuses sources de pollution locale.
- Limiter la vulnérabilité due à l'augmentation du niveau de la mer et de la fréquence des événements extrêmes associés demande une analyse locale et intégrée spécifique à chaque territoire menacé.