

Virage écologique et énergétique, quel coup de volant à donner ?



J. GARNIER et S. NIZOU
Association des « Shifteurs »
Et « Avenir Climatique »



24 février 2022 à 20h



Présentation des intervenants



Jérôme GARNIER

41 ans, La Ville-aux-Dames,

Ingénieur en matériaux,
Thèse cofinancée par EDF
Actuellement, ingénieur de recherche CEA à la direction des énergies.

Engagé à titre personnel dans différentes associations
(The Shifters, Sauvons le climat...)

Présentation des intervenants



Sylvain NIZOU

41 ans, Noizéens,

Ingénieur - docteur,
Carrière en « Recherche & Développement »
Rejoint le CEA en 2011,
Codirige actuellement le programme de recherche
sur l'économie circulaire du carbone du CEA
en collaboration avec le CNRS et les Universités françaises.

Virage écologique et énergétique, quel coup de volant à donner ?

Energie et économie

1. Qu'est-ce que l'énergie ?
2. Introduction au terme d'esclave énergétique
3. Quelle relation entre l'énergie et le PIB ?

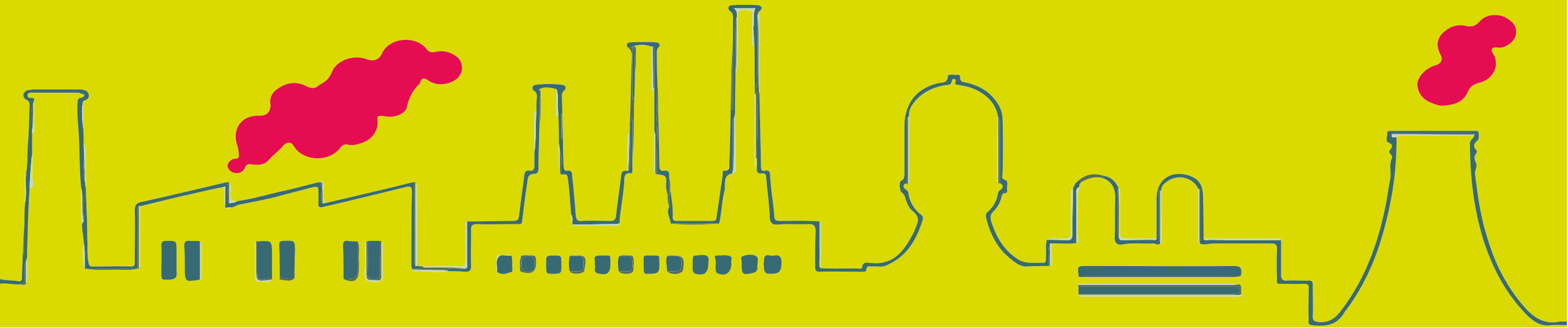
Energie, climat et géologie

4. L'effet de serre et conséquences du changement climatique
5. La double contrainte carbone (pic pétrolier)

Transition énergétique

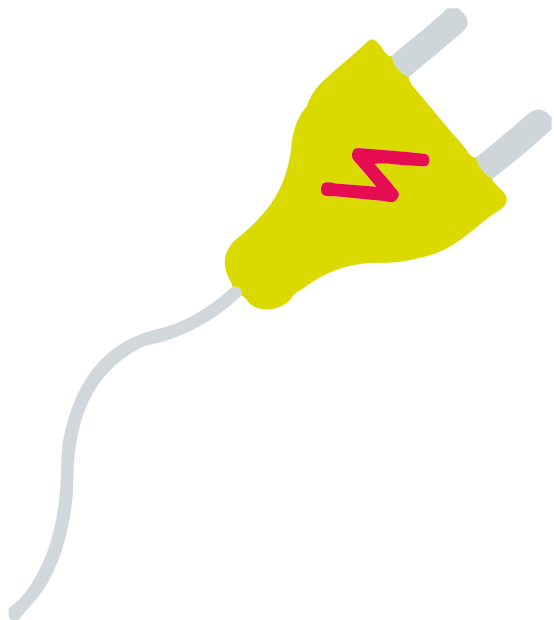
6. La transition énergétique par Kaya,
7. Vers une implication individuelle et collective

Partie 1



Energie & Economie

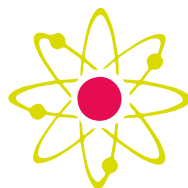
Qu'est ce que l'énergie ?



« Une **grandeur** caractérisant un système physique, gardant la **même valeur** au cours de toutes les transformations internes du système et exprimant sa **capacité à modifier l'état d'autres systèmes** avec lesquels il entre en interaction. »



Ce n'est pas une facture



Une grandeur physique qui quantifie les transformations



Régie par **2** principes thermodynamiques et non la politique

Qu'est ce que l'énergie ?

L'énergie permet de modifier :

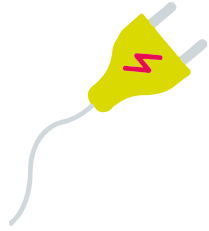
- La vitesse,
- La température,
- La forme d'un objet,
- La composition chimique,
- L'altitude,
- La lumière,
- Etc.



L'énergie mesure les transformations du Monde
Consommation d'énergie = vitesse à laquelle le Monde se transforme

L'énergie est gratuite

Différence entre Puissance et Énergie



Puissance en kilowatt (kW)



Vitesse du cycliste

Énergie
en kilowatt-heure (kWh)



Distance parcourue
par le cycliste

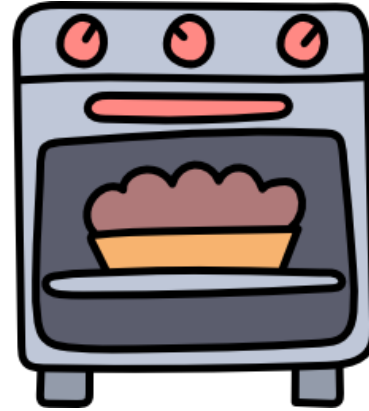
Énergie (kWh) ↔ Puissance (kW) x Temps (h)

Et toi, tu fais combien de Robert ?

HOW MUCH ENERGY DOES IT TAKE
TO TOAST A SLICE OF BREAD?

clideo.com

L'énergie à quel prix ?



Combien faut-il de cyclistes pédalant à 20km/h pendant 1h pour produire 1 kWh et cuire ce gâteau ?

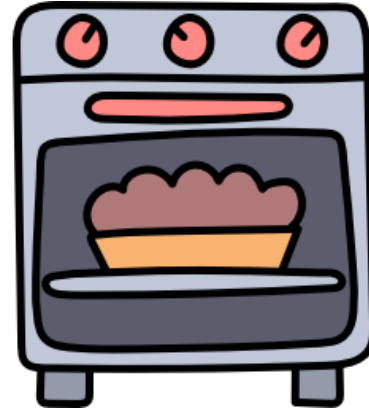
•A : 2

•B : 5

•C : 10

•D : Lance Armstrong suffit

L'énergie à quel prix ?



Combien faut-il de cyclistes pédalant à 20km/h pendant 1h pour produire 1 kWh et cuire ce gâteau ?

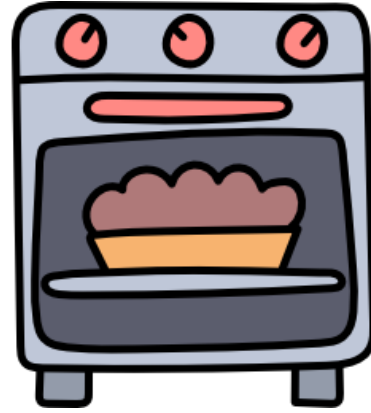
•A : 2

•B : 5

•C : 10

•D : Lance Armstrong suffit

Combien ça coûterait s'il fallait les payer au SMIC ?

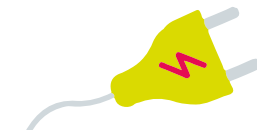


10 cyclistes

=



100 €


Prise électrique

=



0,15 €

Pour fournir 1 kWh, on peut utiliser...

Energies de flux :

Intermittentes,
fatales, pas
encore
stockables

Nouvelles Energies Renouvelables



50m² de
panneaux
solaires
pendant 1h



Une
éolienne
de 5 m de
diamètre
pendant
1h

Via barrage 50 m

Renouvelables

8 000 L
d'eau



Bois
1 bûche



Dans une centrale thermique

Gaz
1,5L



Energies fossiles

Charbon
Un petit
tas



Pétrole
33cl



Uranium

Une
pincée



Energies de stock:

Pilotables

Toutes les énergies ne se valent pas : densité énergétique, forme (solide, liquide, gaz)

Enfiler une culotte ? De l'énergie et des machines

Matière première



En synthétique



En coton

Transformation



Tout le temps



Dès qu'elle est rose
(ou bleue)

Construction des machines



Tout le temps

Transport



Tout le temps

Notre monde

Bâtiment

Transport

Guerre / Défense

Hier

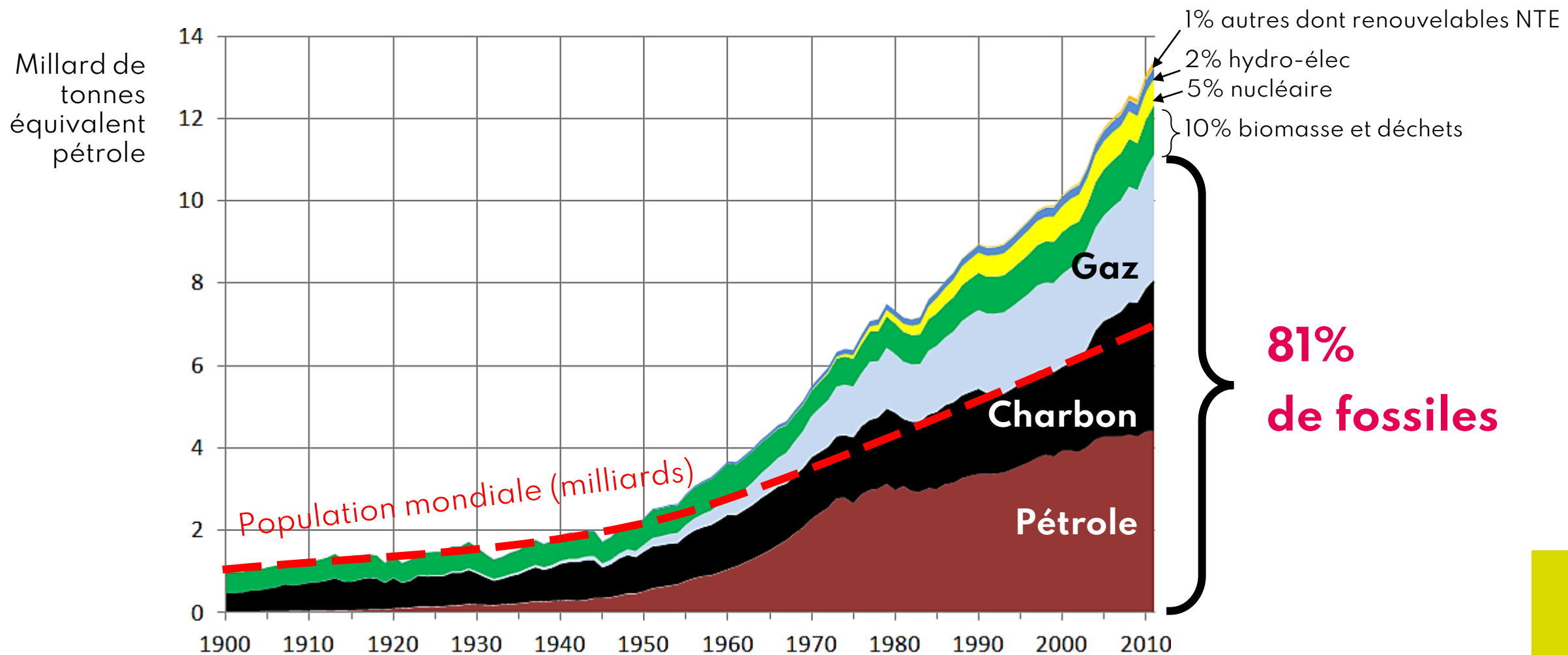


Aujourd'hui



200 esclaves énergétiques en moyenne mondiale
600 esclaves énergétiques pour un Français

Les sources d'énergie primaire dans le monde



Source : Avenir Climatique,
BP Statistical Review, IEA

On empile, on ne transite pas pour le moment !!!

Ce qu'il faut retenir

Le monde repose sur les énergies fossiles.

Pétrole : source d'énergie la plus polyvalente et pratique.

La transition n'a pas débuté, on continue à empiler sans se passer des fossiles.

Sans énergie abondante, on remonte sur la selle.



10 cyclistes



Qu'est-ce que le PIB ?



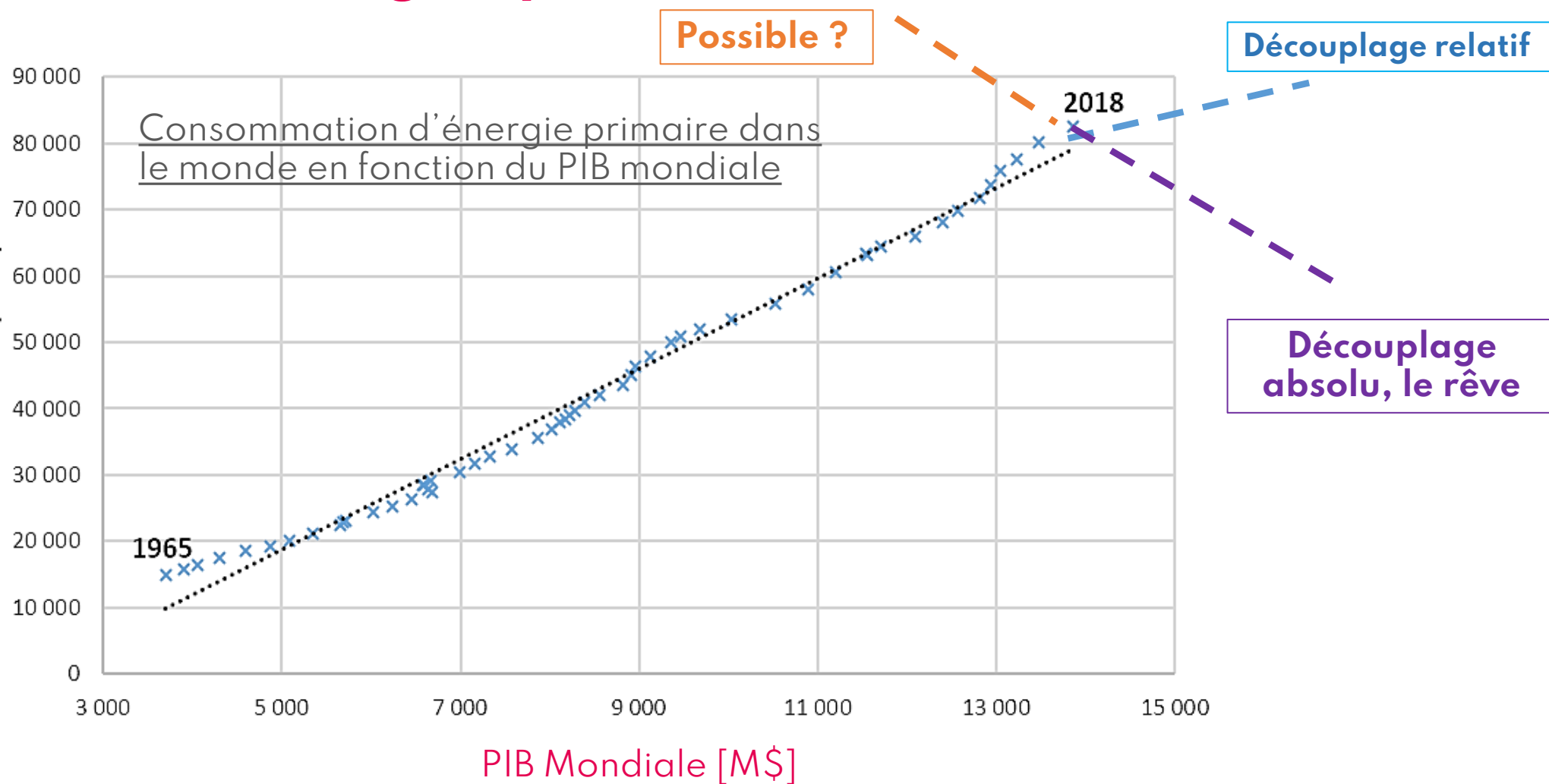
Le PIB est « défini comme étant la **somme des valeurs ajoutées** réalisées à l'intérieur d'un pays par l'ensemble des branches d'activité »

➤ **Quelqu'un a compris quelque chose ?**

- Le PIB est la **somme** des salaires et des rentes des humains (qui pilotent les machines) qui assurent la production et transformation du monde.
- Le PIB et l'énergie, **deux grandeurs** qui mesurent la même chose?

Quelle relation entre le PIB et l'énergie que l'on consomme ?

Consommation mondiale d'énergie primaire mondiale [Mtoe]



Revoir notre comptabilité économique (modèle actuel)

Capital \$



Travail



**Systeme
productif**



Il ne manque rien ?

Revoir notre comptabilité économique (modèle actuel)

> Si nous sommes ici, c'est un peu à cause de lui...



Jean-Baptiste SAY

« **Les ressources naturelles sont inépuisables,**
car sans cela, nous ne les obtiendrions pas
gratuitement.
Ne pouvant être ni multipliées, ni épuisées,
**elles ne sont pas l'objet de sciences
économiques.** »

Traité d'économie politique (1803)

Revoir notre comptabilité économique (modèle à promouvoir)

Ressources naturelles



Travail



= 1



Capital \$

Systeme productif



200



Ce qu'il faut retenir



Il existe une relation presque linéaire entre l'accroissement du PIB et la consommation d'énergie (à 80% fossile).

Un découplage entre PIB et énergie est à espérer, mais mieux vaut anticiper le fait qu'il n'arrive pas.

relation
PIB / Energie



Manquer d'énergie ou de ressources ne peut pas être compensé par de la monnaie (et faire une transition demande de l'énergie)

La finitude des ressources terrestres ou l'augmentation des coûts pour les extraire n'est pas favorable à un découplage PIB/énergie, au contraire.

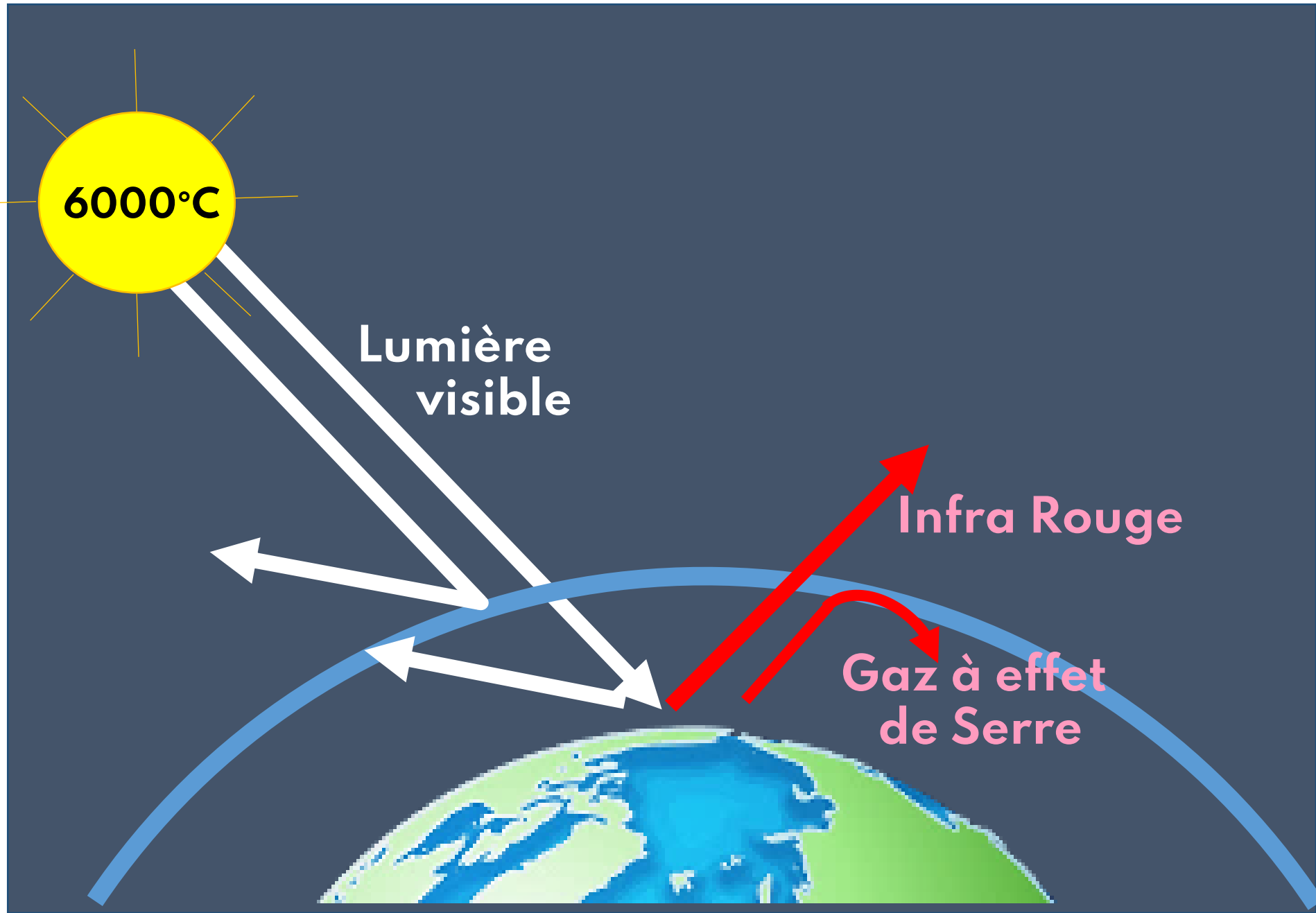
Partie 2.1



Changement climatique : Effet de serre & conséquences

Pourquoi ça chauffe?

L'origine humaine du réchauffement est admise par la totalité de la communauté scientifique.



Le défi de l'adaptation

Le monde change 100 fois plus vite
et questionne la capacité d'adaptation des écosystèmes

Occupation des sols il y a 20 000 ans



Source: Quaternary Environments Network

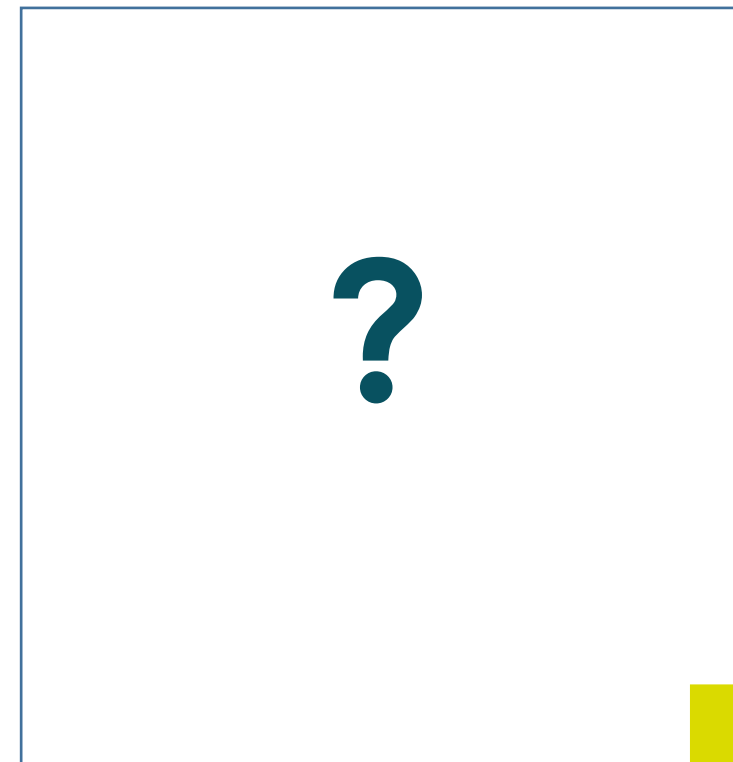
Occupation des sols actuellement



+5°C
En 20 000 ans



+5°C
En 100 ans



Les impacts physiques du changement climatique

Atmosphère

- Augmentation de la température
- Perturbation des précipitations
- Augmentation de la fréquence et amplitude des événements extrêmes



Les impacts physiques du changement climatique



Cryosphère

- Fonte de l'arctique
- Fonte des glaciers
- Fonte du pergélisol

Les impacts physiques du changement climatique

Océans

- élévation du niveau des eaux
- Acidification
- Perturbation de la circulation thermohaline



Les impacts physiques du changement climatique



Source : <https://www.wwf.ch/fr/don/laustralie-terre-natale-des-koalas-est-en-feu>

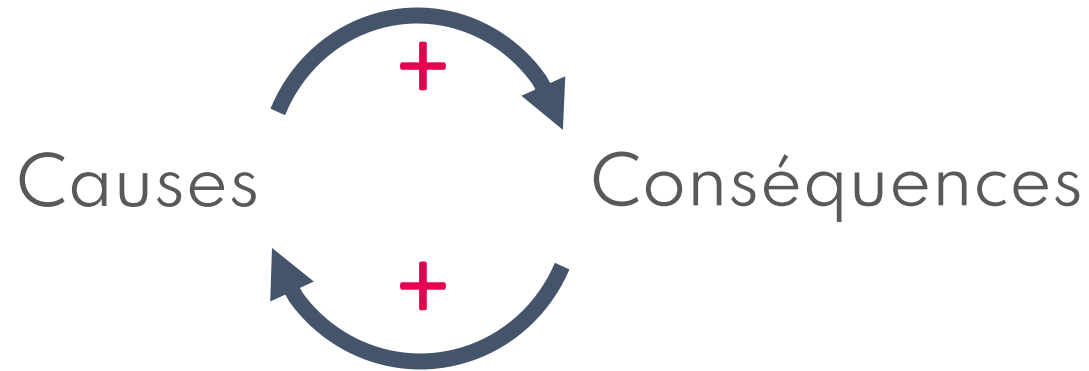
Biosphère

- Effondrement des écosystèmes
- Perte de rendement, fragilisation (incendie)
- Migrations de populations

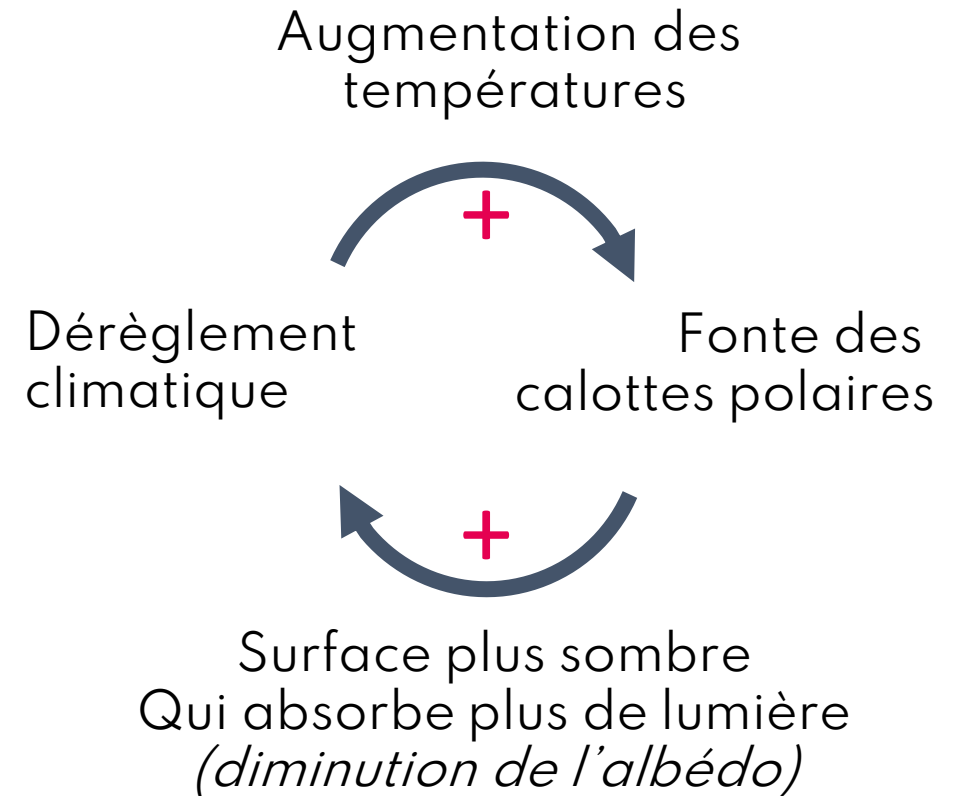
Les impacts physiques du changement climatique

Causes  Conséquences

***Et boucles de rétroactions
« positives »***



Exemple



Ce qu'il faut retenir



La vitesse du réchauffement climatique en cours est inédite.

Le réchauffement impacte tous les écosystèmes qui ne peuvent s'adapter aussi vite.

Changement climatique



Face au risque avéré, il faut plutôt réagir que subir.

Partie 2.2



Changement climatique :
double contrainte carbone

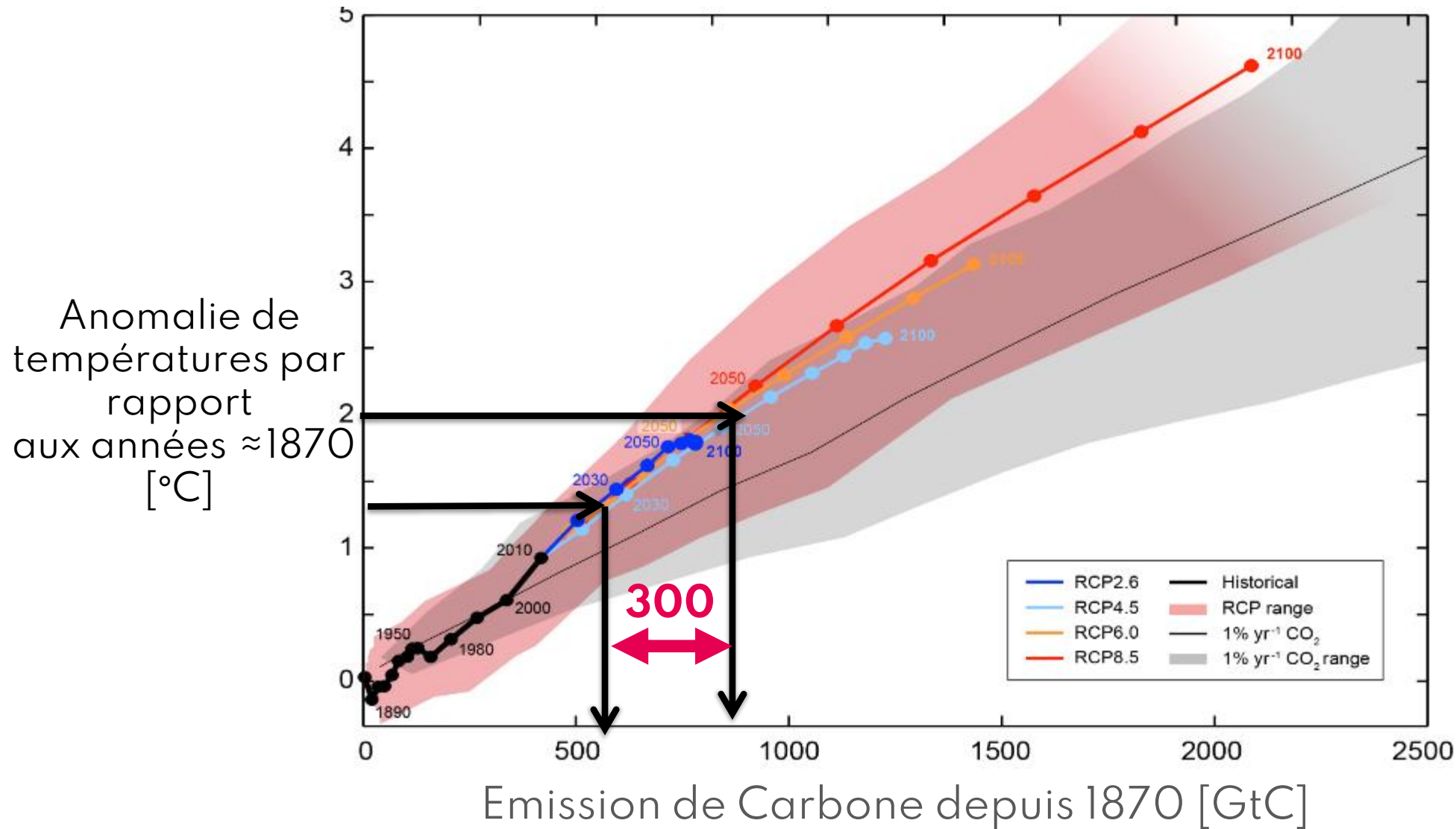
Double contrainte carbone vis-à-vis de la transition



- Il va falloir se passer des énergies fossiles :
- **soit** de gré pour le **climat**,
 - **soit de force**, car c'est une ressource **qui s'épuise**.

2 raisons d'anticiper et d'apprendre à s'en passer,
mais cette transition va nécessiter des ressources et de l'énergie.

Combien peut-on encore émettre ? Quel est notre budget carbone pour réaliser cette transition ?



300 Gtonnes de C
= 1000 GtCO₂

Combien d'année au rythme actuel ?

Tic, Tac...

Encore à émettre pour rester sous 2°C:



≈ **entre 800 et 1000 GtCO₂**
À répartir entre les différentes énergies !

Notre budget 2°C

Emissions GES actuelles

≈ **50 GtCO₂/an**



Temps restant à émissions constantes :

20 ans



Peut-on compter sur la géologie pour nous limiter ?

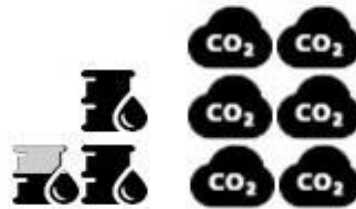
Ce qu'il nous reste (réserves prouvées) :

400 GtCO₂



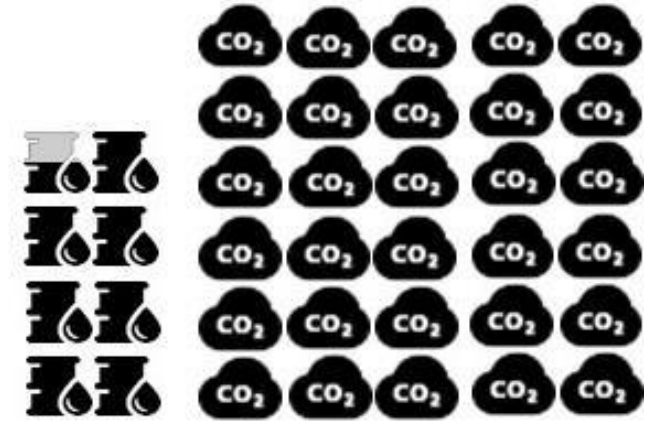
GAZ

600 GtCO₂



PETROLE

3000 GtCO₂



CHARBON

TOTAL : ≈ 4000 GtCO₂

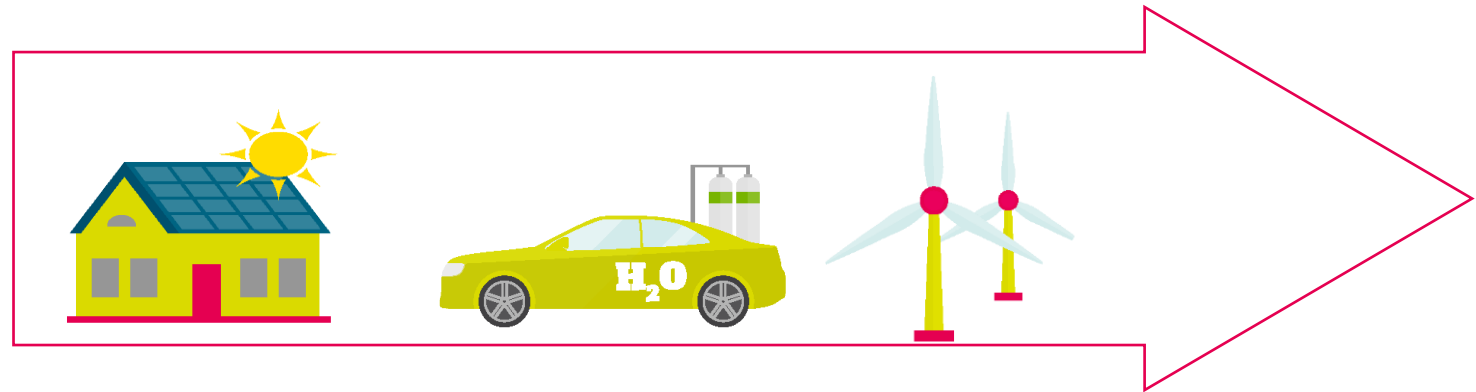
Disponibilité des ressources fossiles et budget carbone



Il faut laisser
sous terre
80% des réserves.



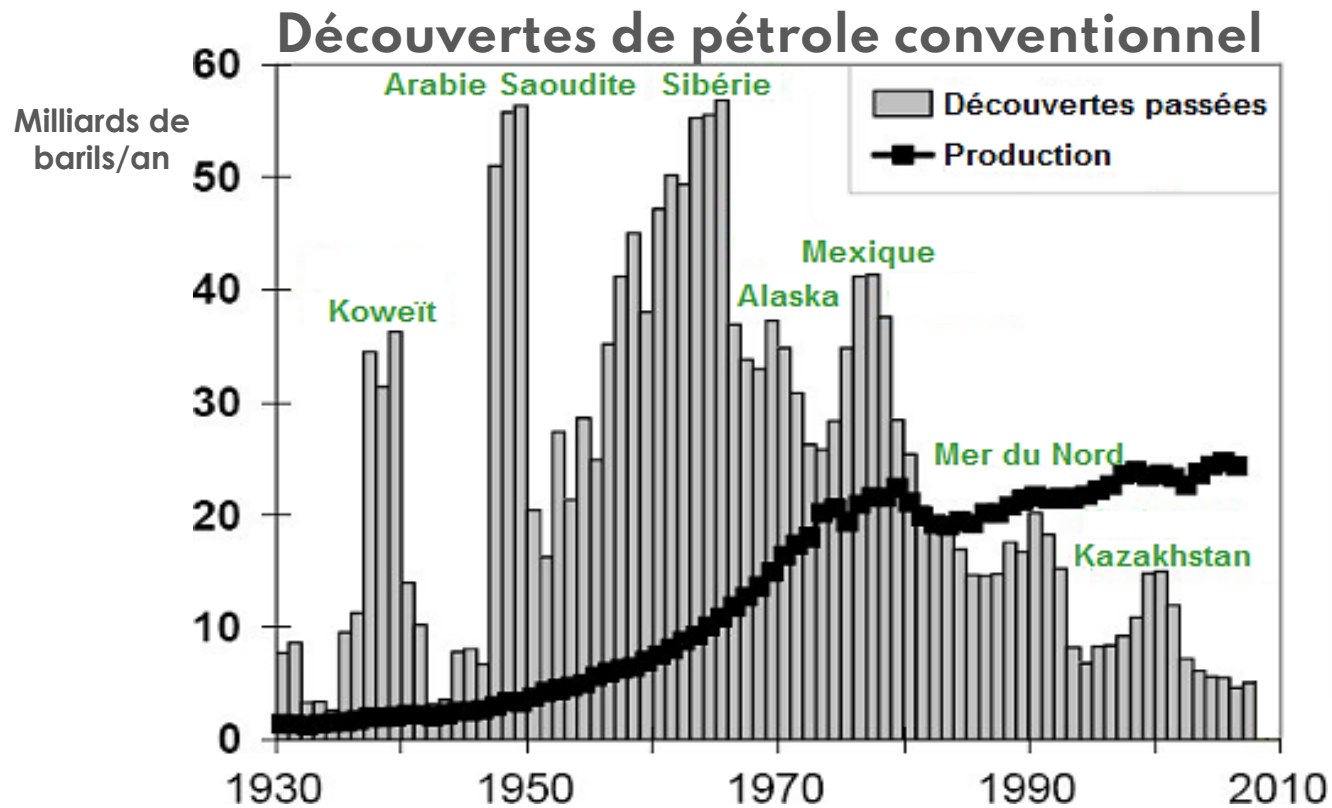
« Droit à émettre »
doit être utilisé à bon escient
pour effectuer la transition.



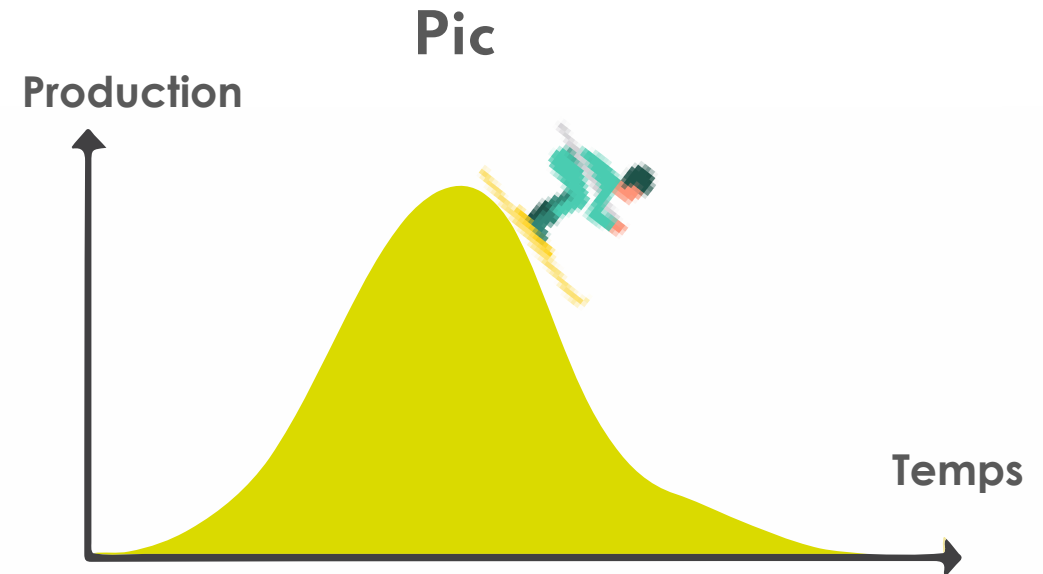
- Cette transformation va nécessiter de l'énergie
- Le pétrole joue en rôle clé
- Le pétrole est difficilement substituable

On va avoir besoin d'énergie et de pétrole Où en est-on des réserves de pétrole ?

« Ecoute Jérôme, ça fait 50 ans qu'on nous raconte ça sur le Peak Oil... »



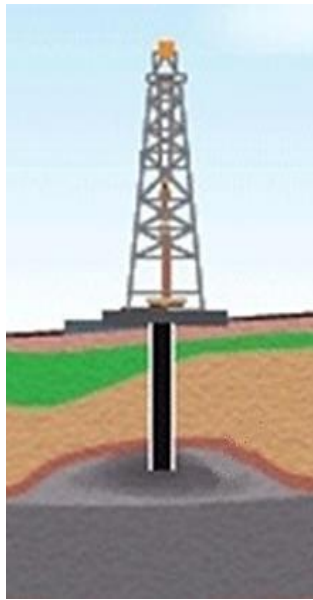
On aurait actuellement découvert presque toutes les ressources.



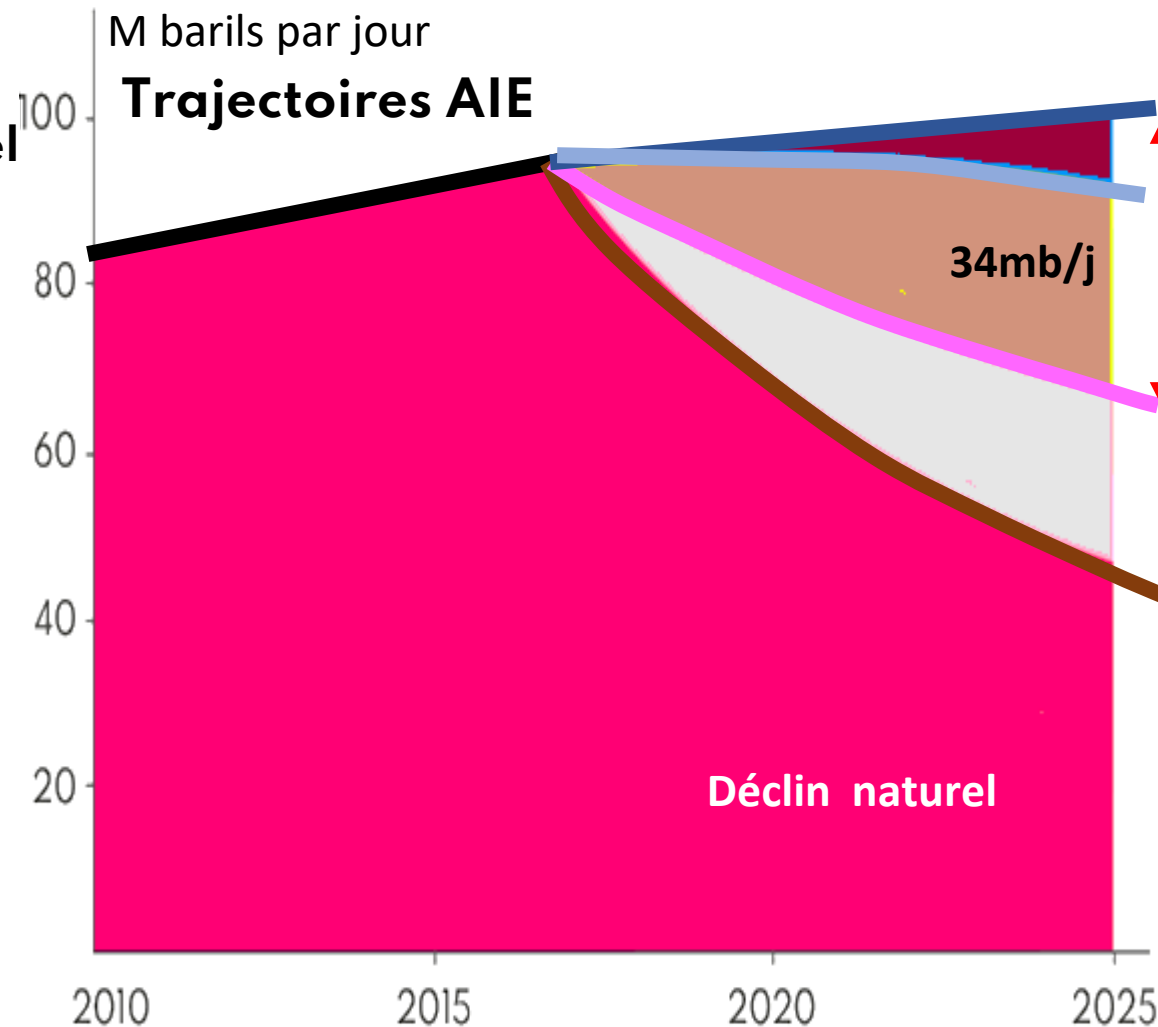
Passer le pic ne signifie pas que le lendemain il n'y a plus de pétrole. Cela signifie que la production passe par un maximum.

Où en est on des réserves de pétrole ? ça commence à piquer...

Pétrole conventionnel
Pic passé en 2008



Pétrole non conventionnel
Pic passé en 2018



Demande

Engagements des états
COP21

Un scénario AIE
développement
durable accord Paris <2°C

Offre

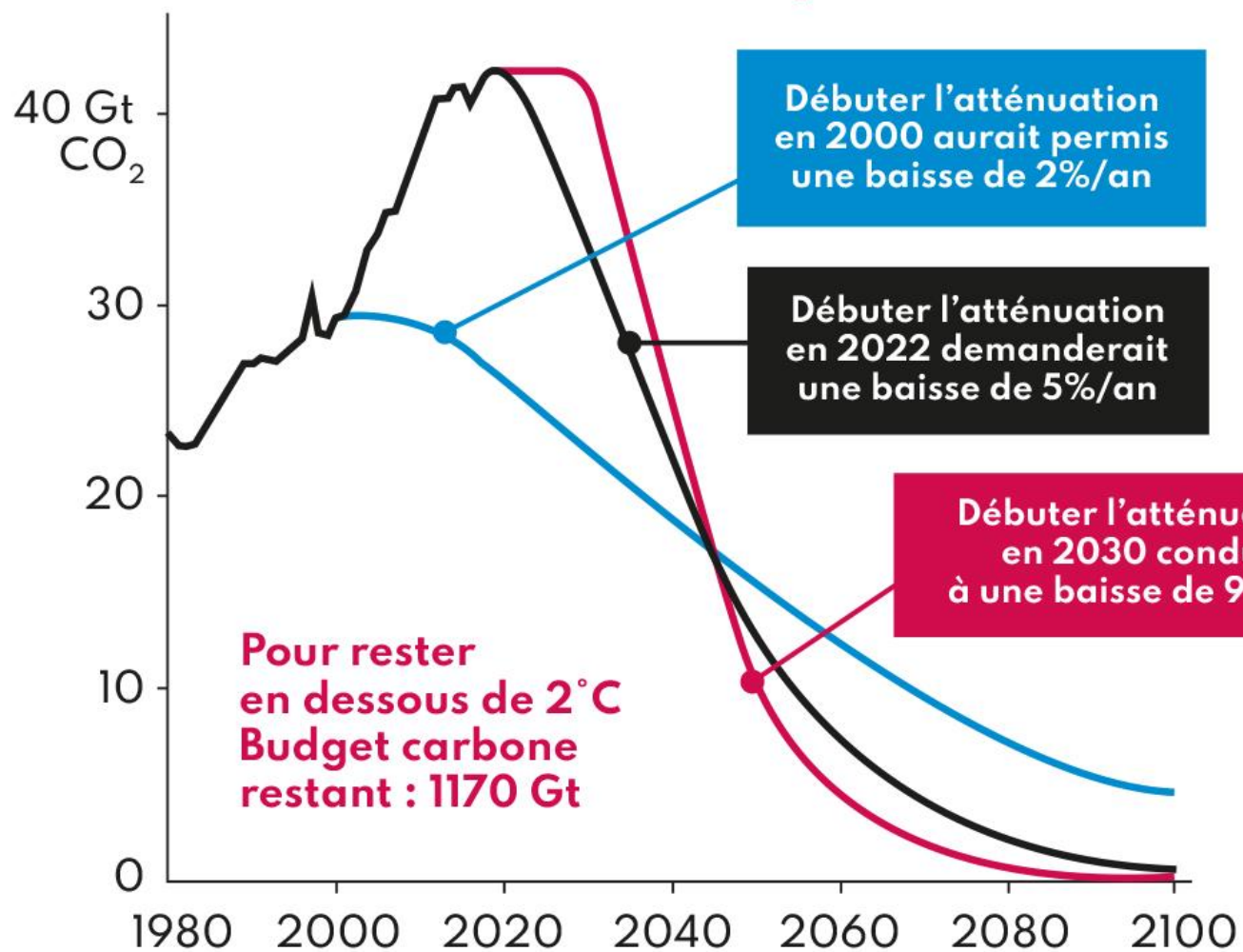
Investissements
dans puits existants mais
pas de nouveaux projets

Aucun investissement
dans puits existants
et pas de nouveaux
projets

- **Déficit offre / demande** de 34 millions de barils par jour,
- **nécessité d'investir dans de nouveaux forages**

C'est bon pour 2°C alors?

Courbes d'atténuation du CO₂ : 2°C



Plus on tarde à réduire nos émissions, plus les efforts à consentir seront difficiles sur une courte période.

Ce qu'il faut retenir



Les quantités de charbon sont encore immenses. Ressources trop abondantes pour maintenir le climat sous les 2°C.

Le pétrole est à son pic de production, on a consommé environ la moitié des ressources.

Le pétrole est le sang des transformations du Monde. En manquer peut paraître une bonne nouvelle pour le climat, mais c'est une contrainte qui va limiter notre capacité à transiter.

Réserves



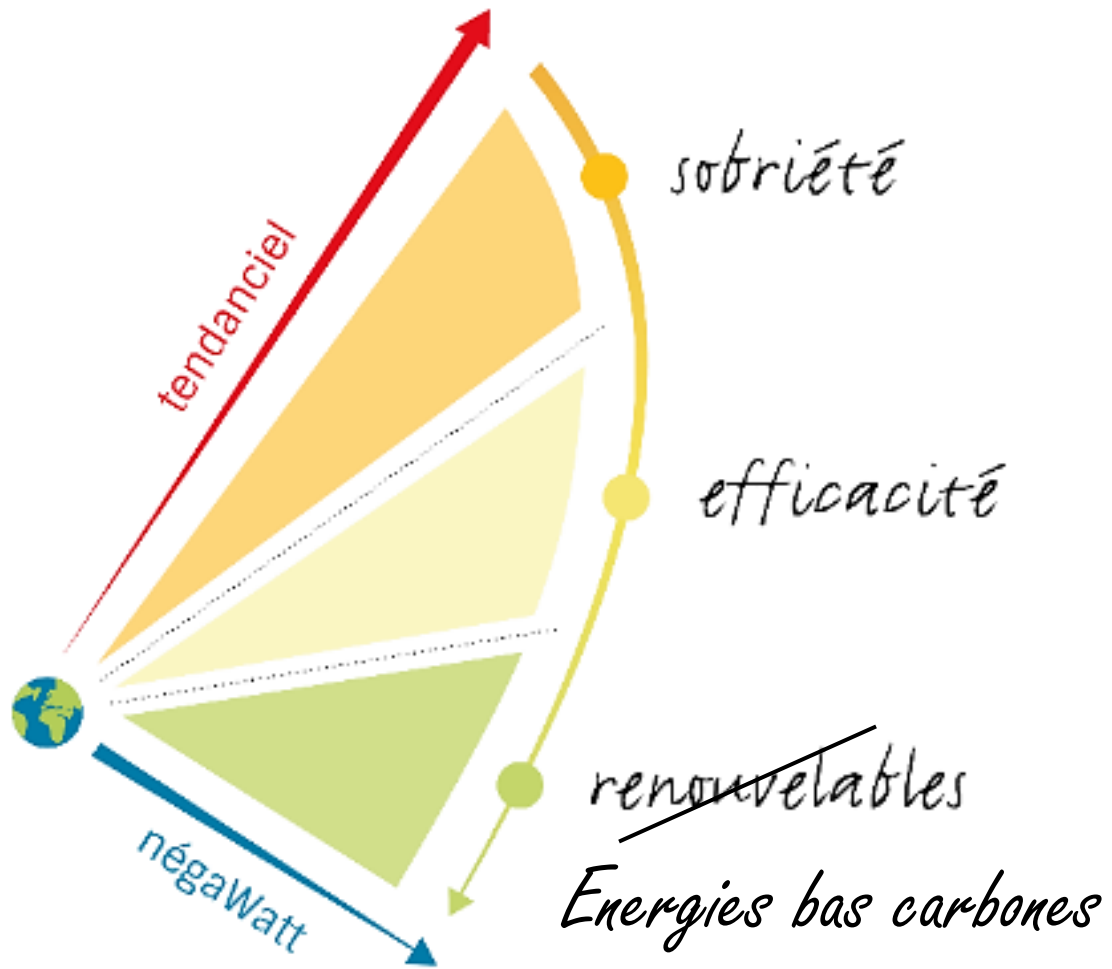
Il faut que le budget carbone qu'il nous reste soit mis au service de la transition.

Partie 3



Transition énergétique:
Et maintenant, qu'est-ce qu'on fait ?

Quel ordre à donner à ces priorités



Sobriété : on choisit d'abandonner un service pour économiser de l'énergie (c'est diminuer TEP/POP. Compte tenu de lien PIB-TEP, cela ne pourra se faire avec un PIB croissant. La sobriété est récessive)



Efficacité : on garde le même service, mais il consomme moins d'énergie.



Pauvreté : on ne peut plus continuer à faire quelque-chose car on n'a plus assez d'énergie.

CO₂ ~ Emissions de GES

TEP ~ Energie

PIB ~ Economie

POP ~ Population

L'équation de Kaya

Objectif : diviser par 3 (ou 4) d'ici 2050

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} * \frac{TEP}{PIB} * \frac{PIB}{POP} * POP$$

Volet technique :
CO₂/TEP *
TEP/PIB
7%/an ne sera
pas possible

Intensité
carbone de
l'énergie

-0% en 30 ans

Une façon de faire:
-2,5%/an

$$\frac{TEP}{PIB}$$

Intensité
énergétique de
l'économie

-1%/an sur 30 ans

Une façon de faire:
-1,3%/an

$$\frac{PIB}{POP}$$

Revenu moyen
par habitant

+2%/an = x2 en 30 ans

Une façon de faire:
+0%/an mondial
/2 ou /3 en France

POP

Population

d'ici 2050, 1%/an = 30%

Une façon de faire:
20% d'ici 2050



=



X



X



X



Transition énergétique

Efficacité

Sobriété

Et combien ça coûterait ?



Subir
le changement climatique



Jusqu'à
14 700 G\$/an

Jusqu'à
20% du PIB



Lutter
contre le changement climatique



1 500 G\$/an

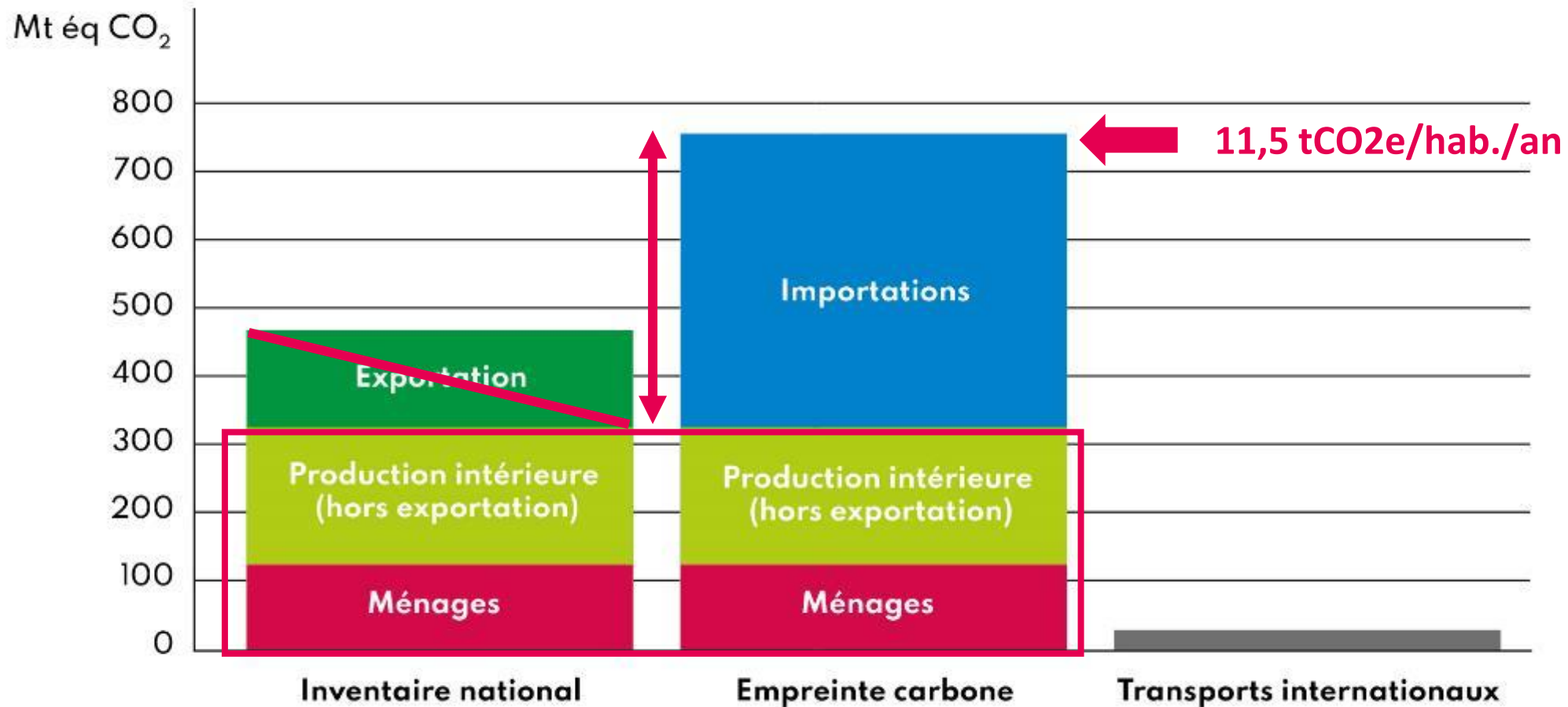
2% du PIB



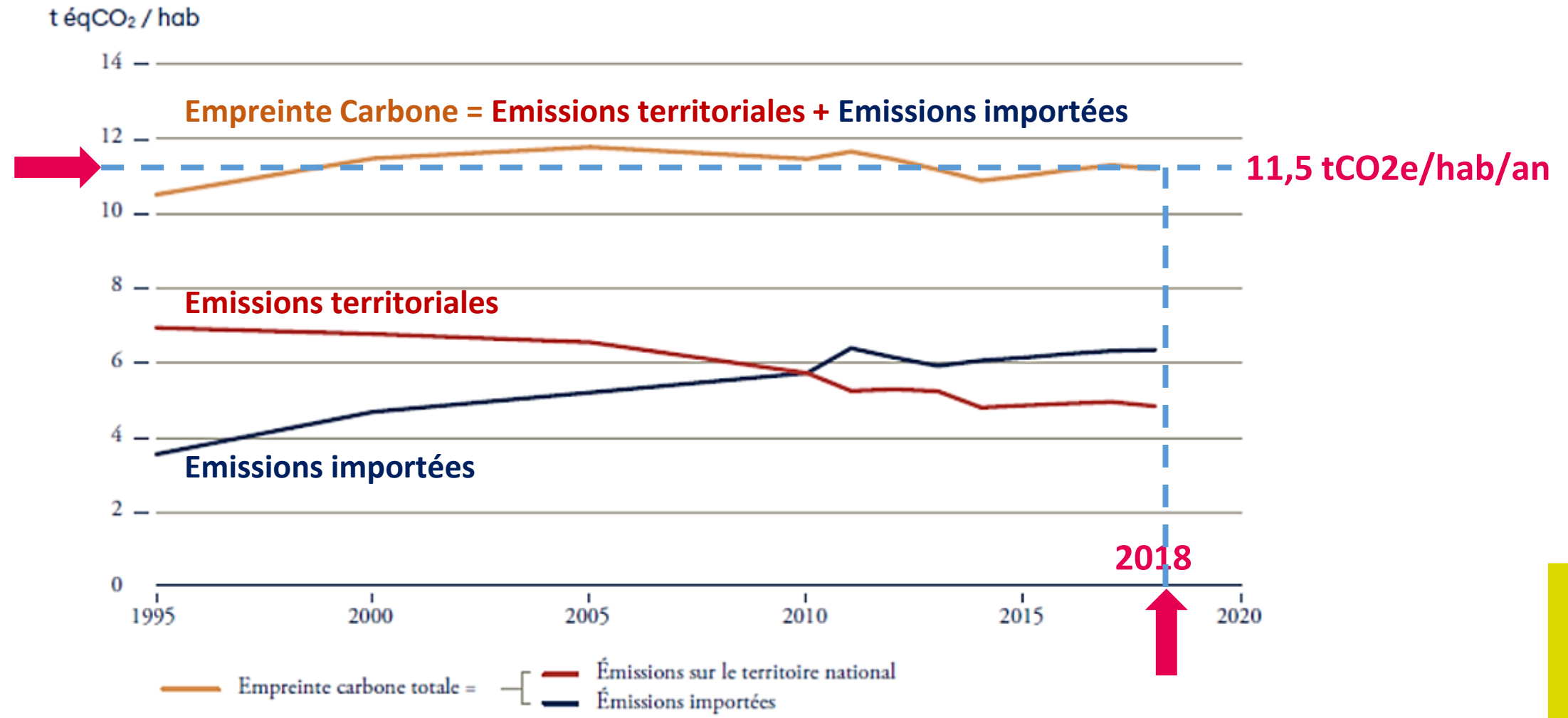
**Si ça coûte moins cher d'agir que de subir,
qu'est-ce qu'on attend ?**

> En savoir plus : <https://www.pacte-climat.eu/fr/>

Différents indicateurs des émissions territoriales et des émissions associées aux échanges internationaux



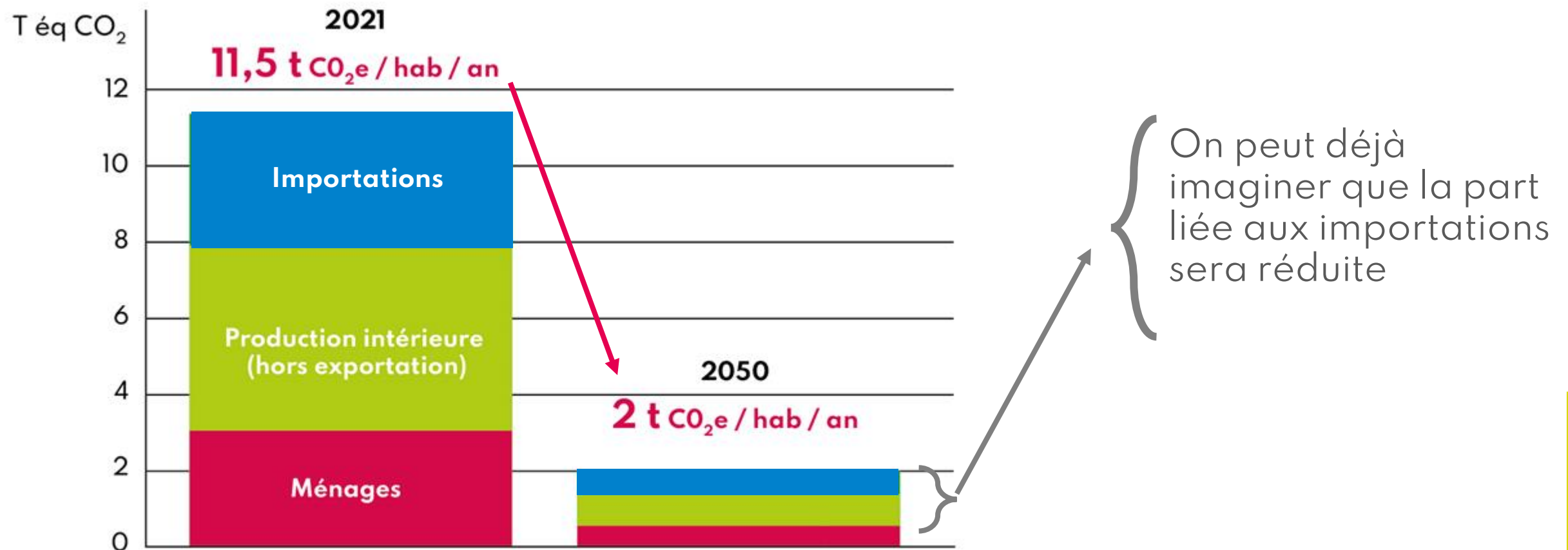
Évolution dans le temps des émissions composant l'empreinte carbone (France)



Source : Traitement SDES 2019 d'après CITEPA



Pour atteindre les objectifs d'émissions par habitant de 2050, cela revient à passer de **11,5 tCO₂e/hab/an** à **2**.



Et si on partageait équitablement le carbone ?

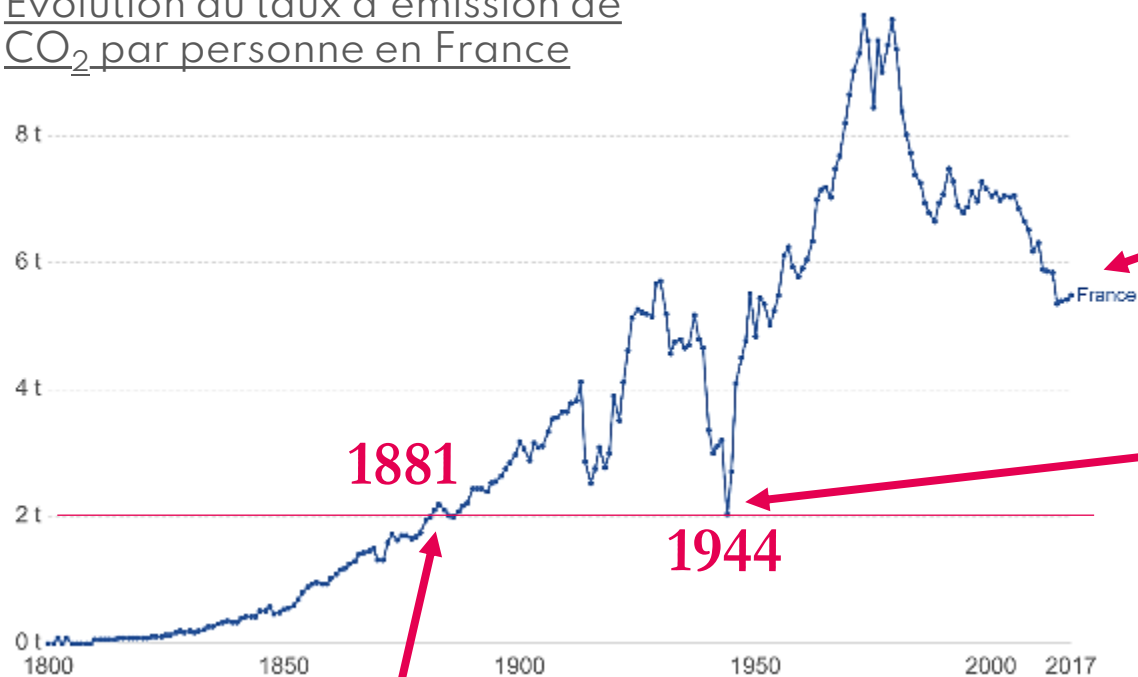
Empreinte carbone d'un français moyen en 2018 : **11,5 tCO₂e**



- Il faut agir sur tout.
- **1/4** du chemin est à la main des individus, **3/4** à la collectivité
- Ne pas opposer les actions individuelles et collectives (synergie, bulletin de vote)

C'était quand la dernière fois qu'on a fait 2 tCO₂e/pers ?

Evolution du taux d'émission de CO₂ par personne en France



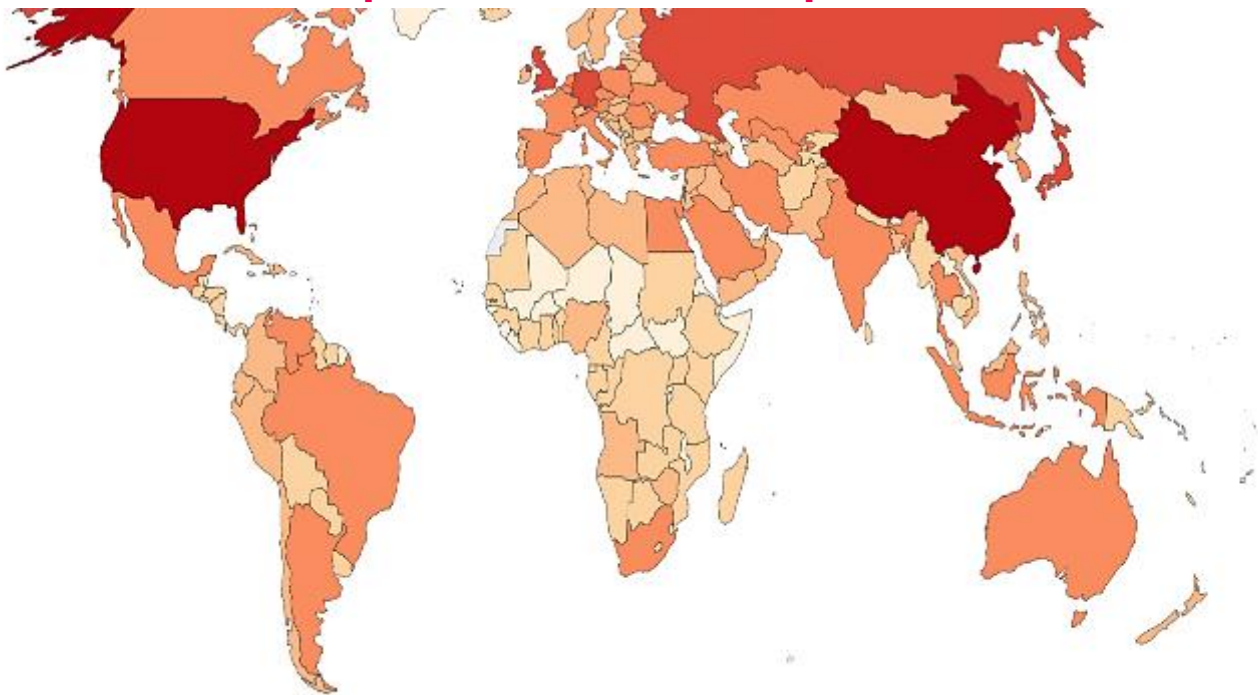
Source : OWID
base on CDIAC
Global carbon Project

2t CO₂ correspond soit :

- à env. 10 000 km voiture,
- à 2 ordinateurs,
- à l'alimentation d'1 personne sur 1 an,
- à 1 aller-retours Paris-NY.

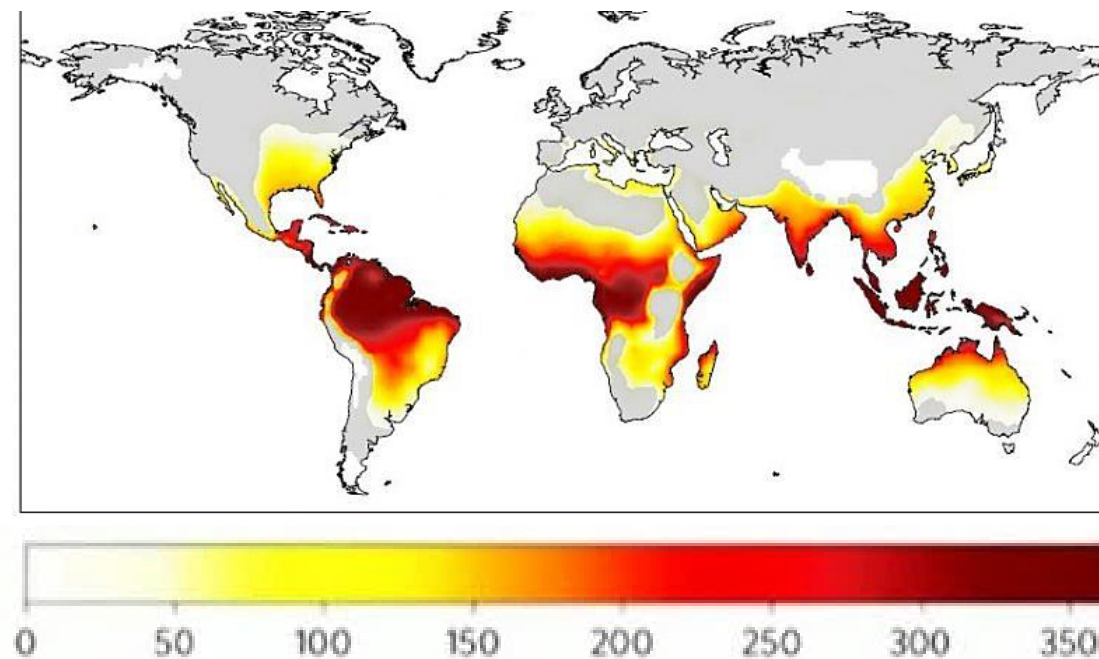
Répartition des émissions de CO₂ dans la population mondiale

Responsabilité historique



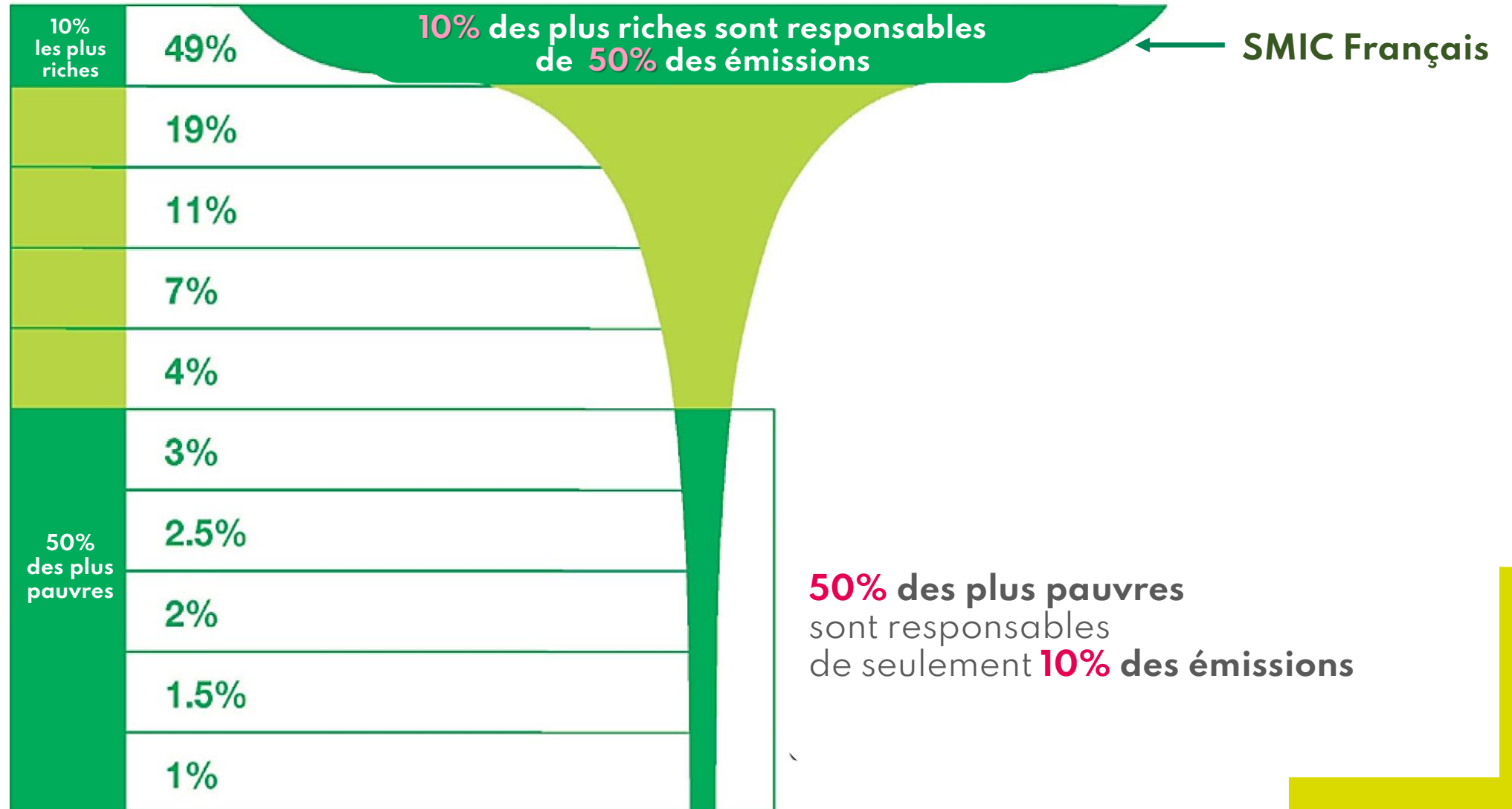
Cumul des émissions de CO₂ de 1751 à 2016

Impacts géographiques



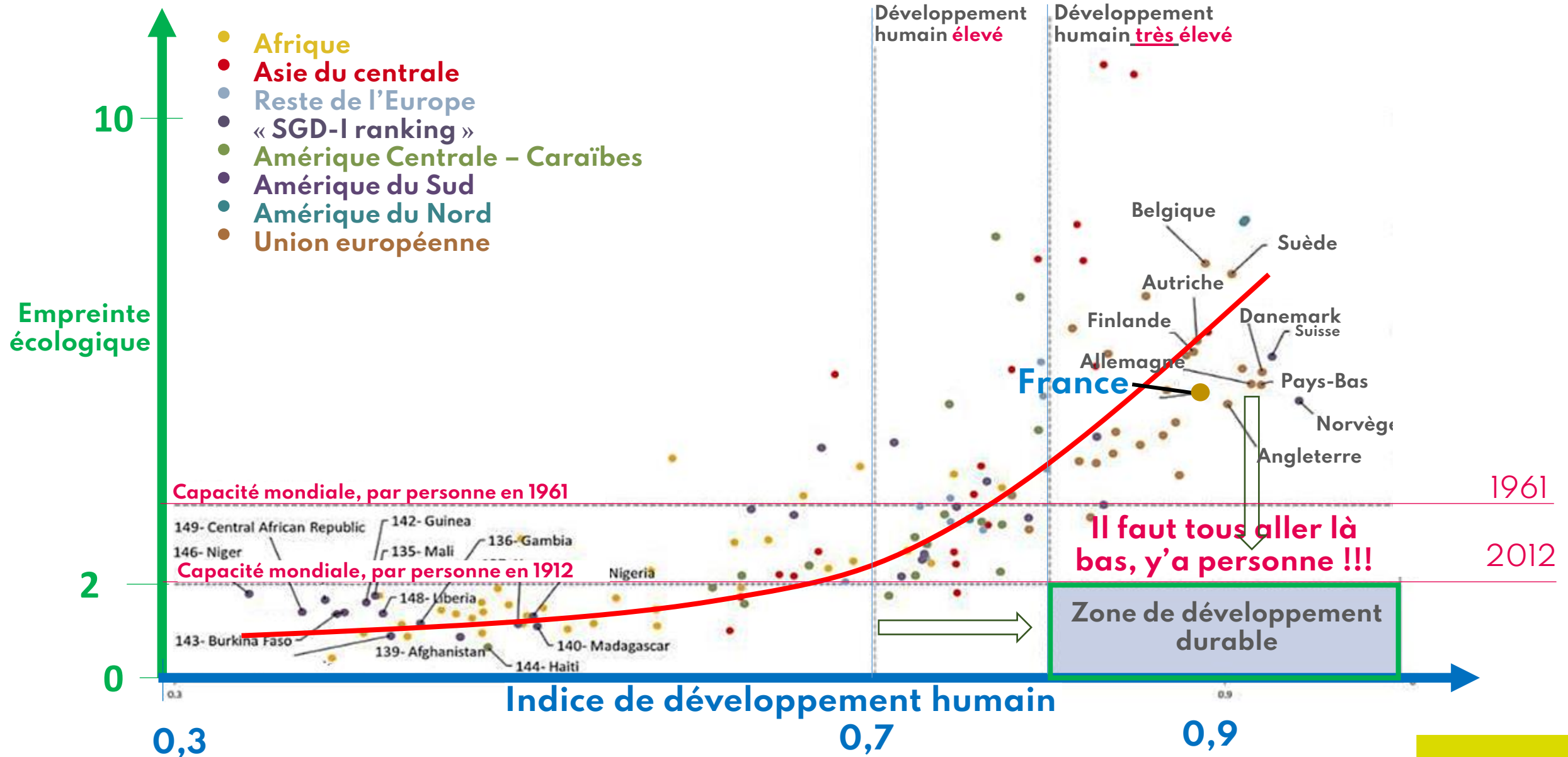
Nombre de jours par année où la température sera
au dessus du seuil mortel aux humains en 2100
(RCP8.5)

Répartition des émissions de CO₂ dans la population mondiale



Redistribution, partage et solidarité, quelle direction prendre?

(Valeurs de 2012)



Ce qu'il faut retenir

L'équation de Kaya illustre que des efforts doivent être consentis à tous les niveaux.

Les efforts sont à la fois individuels et collectifs (choix politiques).

Transition

Sans justice sociale, cette transition ne sera pas possible, le chemin reste à inventer.



Trente ans pour faire cette reconstruction dans un contexte de contraction énergétique et financière.



Pisser
sous la douche
ne suffira pas...

La plus grande aventure
de l'histoire de l'humanité t'attend !

<https://www.time-planet.com/fr>

Paru le 26 janvier 2022

THE SHIFT PROJECT

Climat, crises:

Le plan de transformation de l'économie française

Avant-propos de
**Jean-Marc
Jancovici**



Questions ?

Vous avez des indicateurs chiffrés
précis pour affirmer qu'on coule ?



Xavier Gorce -

Merci pour votre attention

Contacts utiles



**Jérôme
GARNIER**

jey.garnier@gmail.com

**Sylvain
NIZOU**

sylvain.nizou@mailo.com



www.helloasso.com/associations/avenir-climatique/



<https://forum.theshifters.org/>

Pour aller plus loin...

Les conférences climat  Comprendre pour agir

Virage écologique et énergétique, quel coup de volant à donner ?



Sobriété

- Se mettre au régime (moins de m², de tonne acier, de béton, d'objets)
- Consommation : 7R refuser, réduire, réparer, réutiliser, recycler, réinventer, revendiquer
- Bisou : Besoin Immédiat Semblable Origine Utile
- Favoriser les objets Low Tech repérables
- Ne plus artificialiser les sols et arrêter d'empiéter sur les espaces sauvages
- Manger moins de viande rouge, manger local et de saison
- Généraliser la voiture à moins de 2 litres aux 100 km
- Mobilité douce
- Économie de la fonctionnalité (vendre usage)

Juridique législatif

- Quota / taxe carbone
- Suppression d'une partie des vols intérieurs
- Modifier les textes juridiques internationaux

Autres

- Développer la séquestration de carbone par les forêts européennes
- Réussir le passage à l'agriculture durable (agriculture de conservation sans labour, semis direct sous couvert...)
- Former tous les acteurs sur ces enjeux
- Construire un récit viable et enviable
- Revoir nos indicateurs PIB IDH et revoir nos priorités (santé, réduction des inégalités biodiversité)
- <https://artificialisation.biodiversitetousvivants.fr/les-donnees-au-1er-janvier-2019#paragraphe--969>

Efficacité

- Sortir du charbon puis du gaz
- Remplacer par des énergies bas carbone
- Pompe à chaleur
- Isolation thermique des bâtiments
- www.touraineestvallees.fr/thermographie-aerienne/
- Réussir la révolution du transport en ville et réseau ferré
- Inventer l'industrie lourde post-carbone

Les conférences climat  Comprendre pour agir



Suggestions extraites du film "Legacy" de Yann Arthus-Bertrand

- Il existe des solutions, à vous de choisir
- Nous sommes les citoyens, nous sommes les entreprises, nous sommes l'État
- Écoutons les scientifiques et informons-nous sur le changement climatique
- Soyons bénévoles et engageons-nous au sein d'associations
- Arrêtons de consommer de la viande industrielle
- Consommons une nourriture locale de saison, bio, non transformée et sans emballage plastique
- Plaçons notre épargne dans des banques de finance durable
- Isolons nos habitations
- Achetons d'occasion et réparons nos objets pour éviter la surconsommation
- Déplaçons nous en train, en bus, en vélo, en covoiturage ou en électrique
- L'avion doit rester un moyen de transport d'exception
- Dans nos constructions, au lieu du ciment, préférons le bois, la terre, la pierre et les fibres
- Calculons notre empreinte carbone pour apprendre à la réduire
- Ne voyons pas ça comme des contraintes
- Agir rend heureux