

AFTERWORK : Transitions

[version post-débat] Alumni ICAM 18/01/2023

Antoine Bonduelle

contact@ee-consultant.fr



E&E Consultant

Résumé

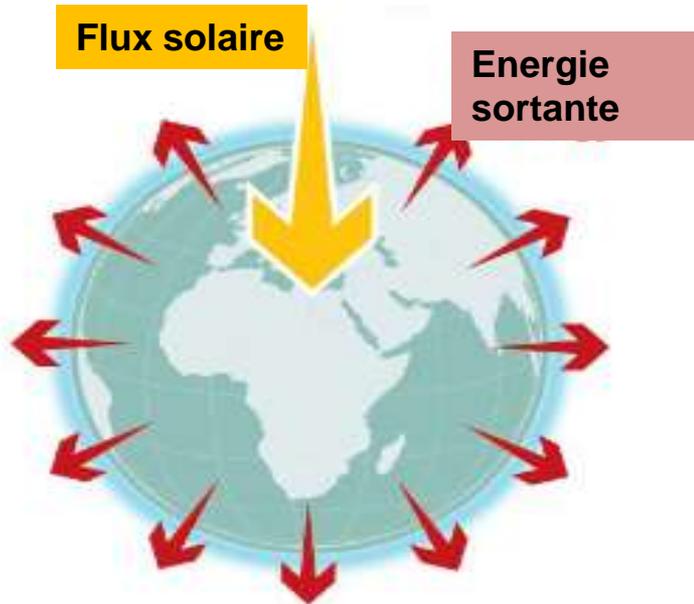


Antoine Bonduelle,
ICAM (L) 81
www.ee-consultant.fr

- Suivi et analyse des technologies et politiques climat-énergie (journaliste presse technique et scientifique, puis bureaux d'études et de recherches)
- Fondation en 1996 de l'ONG Réseau Action Climat (RAC), représentant au CESE (2004-2021)
www.reseauactionclimat.org
- Réviseur expert au GIEC depuis 2008
- Cours climat-énergie depuis 2008 à IMT-Douai, IMT-SudTelecom, ULCO-EIL, ICAM Lille, UNICE...

- Le GIEC nous donne un message solide : nous devons **sortir des hydrocarbures**
- L'Accord de Paris a déjà un impact important, et notamment **sur le charbon**.
L'infrastructure –surtout au Sud- détermine le succès ou non de la transition autant que notre consommation
Pour être équitables mais aussi pragmatiques, l'action de notre pays se situe en grande partie au Sud
L'action dans les entreprises pose questions : d'une part les confusions autour du « net zero », d'autre part **les risques** des coûts échoués et des irréversibilités dans la transition. Se pose aussi le **rôle des PME : efficacité énergétique, électrification, numérisation.**

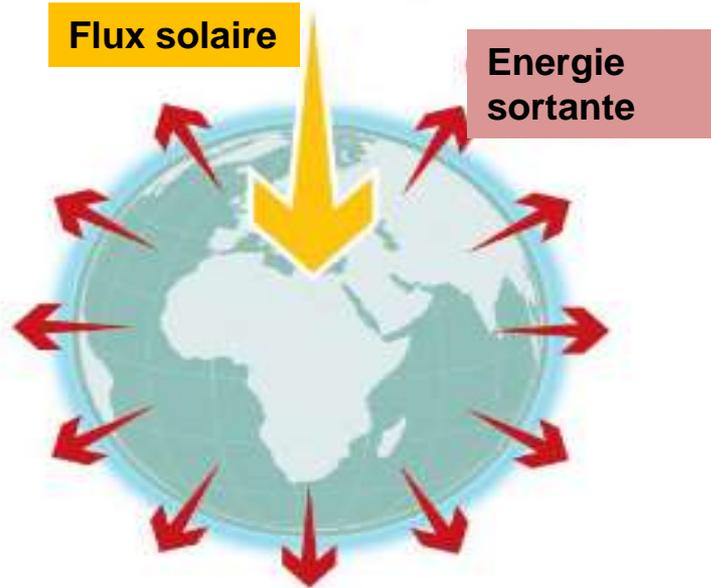
Plan: La transition climatique



- ✓ **Le budget carbone du GIEC donne au monde sa feuille de route**
- ✓ L'Accord de Paris est puissant et a déjà des impacts significatifs
- ✓ Équité et pragmatisme: L'action de l'Europe dans les pays émergents
- ✓ Au cœur des solutions du GIEC, la sobriété, l'efficacité, l'électrification.
- ✓ Conclusion, une révolution industrielle mondiale

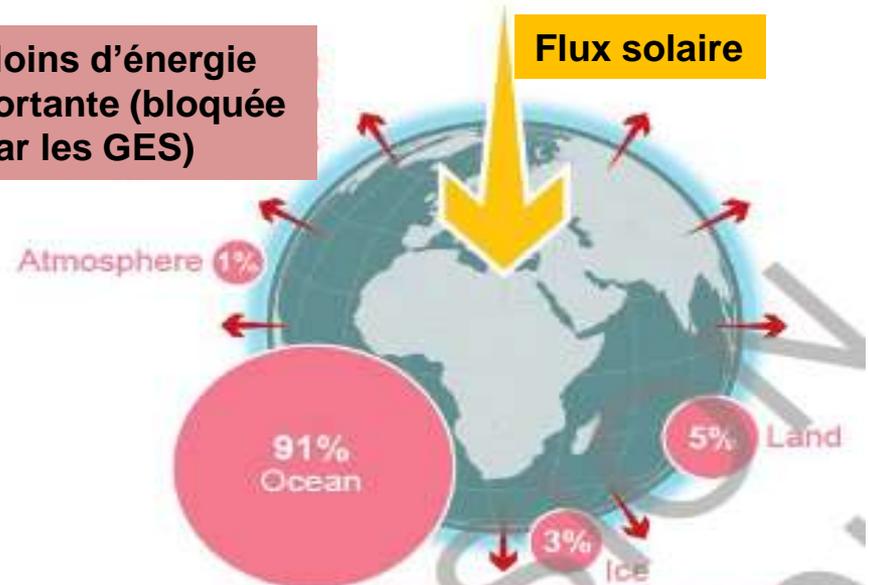
Le bilan terrestre déstabilisé

Climat stable : Un équilibre entre flux solaires et énergies sortantes



Actuel: déséquilibre dû à l'effet de serre additionnel ($340 \text{ W/m}^2 + 2,29 \text{ W/m}^2$)

Moins d'énergie sortante (bloquée par les GES)



Accumulation d'énergie en excès

Le bilan terrestre compare les flux entrants et les flux sortants en lien avec le climat. Depuis les années 70, il y a moins d'énergie sortante qu'entrante. D'où le réchauffement de l'océan, des terres, des glaces et de l'atmosphère. L'océan absorbe à lui seul 91% de l'excès de chaleur [Graphe GIEC AR6, FAQ 7.1]



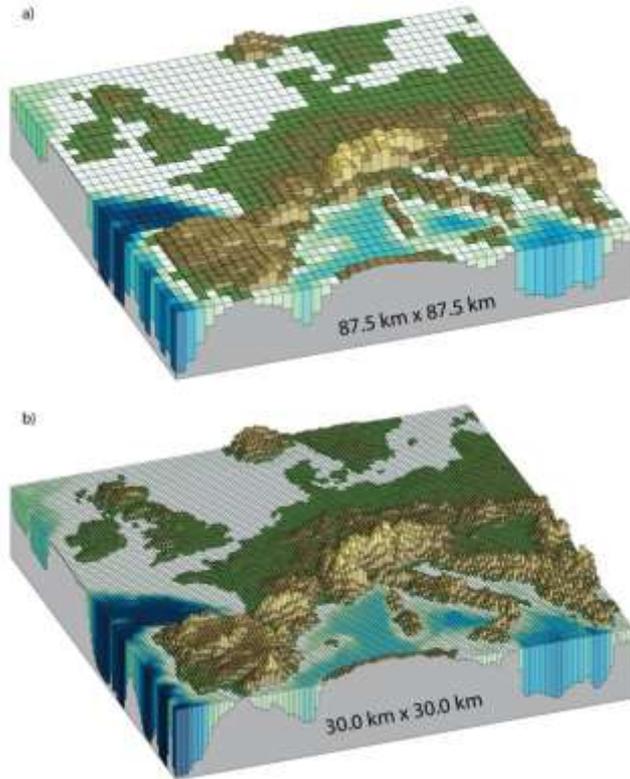
Les trois volets du GIEC

- (1) la science,
- (2) les impacts et l'adaptation,
- (3) l'atténuation ou mitigation (= solutions)

- [Les documents du 6^{ème} rapport \(anglais\)](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/)
- [FAQs \(Français\)](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_FAQs_fr_ench.pdf)
- [Technical Summary \(anglais, français, arabe...\)](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_technical-summary.pdf)
- Résumé pour Décideurs (en français) du 1,5°C
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_french.pdf

- Point d'entrée pour le rapport : les FAQ illustrés, le rapport technique (TS).
- Le **Rapport Technique** renvoie aux chapitres sectoriels pour chaque groupe
- Importance politique du « SPM » ou Summary for Policy Makers. Fait partie de la bible du négociateur.
- Enorme importance accordée aux incertitudes et aux inconnues restantes
- Les rapports successifs et les rapports spéciaux se nourrissent l'un l'autre.

Des modèles en forte progression



Une grille de représentation de plus en plus fine (ici 30 km X 30 km) pour l'AR5 de 2015

- Une progression des échelles de représentation géographique maillée sur le globe
- Des fonctions de plus en plus **détaillées**, **dynamiques**, et **bouclées** entre elles : océans, forêt, chimie de l'atmosphère
- La connexion avec les **données satellitaires**, les **mesures expérimentales** et les **modèles**
- Les modèles sont coordonnés pour être comparés entre eux (CMIPS-5, CMIP-6) sur des scénarios et sur la sensibilité des paramètres.

Diapo suivante, FAR est pour « **Fist Assessment Report** ». AR4 AR5 AR5 pour « **Assessment Report N** »

L'attribution du changement climatique à l'homme de plus en plus certaine dans les rapports du GIEC

AR6 SPM wg1 (2021): It is **unequivocal** that human influence has warmed the atmosphere, ocean and land. **Widespread and rapid changes** in the atmosphere, ocean, cryosphere and biosphere **have occurred**.

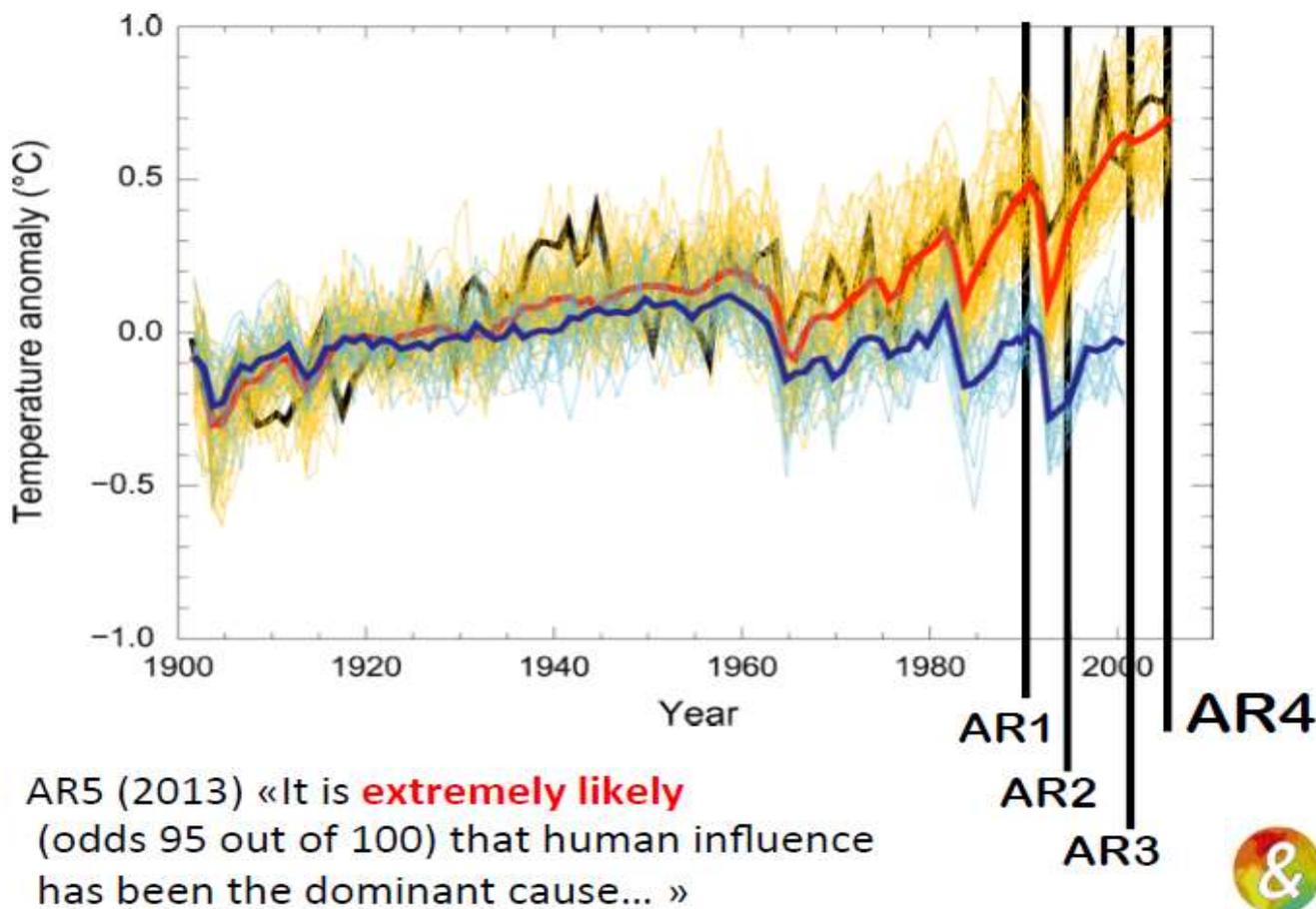
AR1 (1990):

“unequivocal detection not likely for a decade”

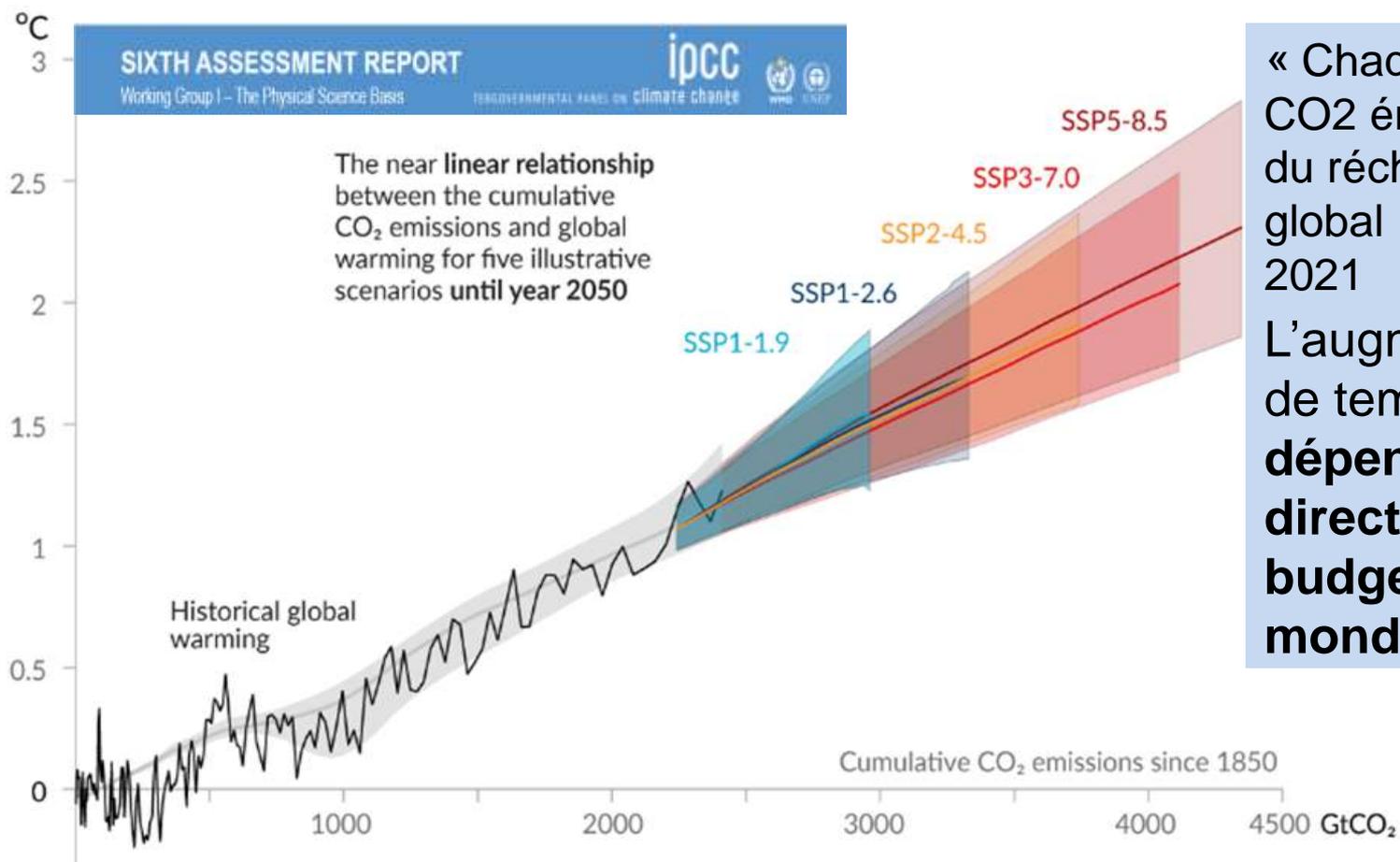
AR2 (1995): “balance of evidence suggests **discernible** human influence”

AR3 (2001): “most of the warming of the past 50 years is **likely** (odds 2 out of 3) due to human activities”

AR4 (2007): “most of the warming is **very likely** (odds 9 out of 10) due to greenhouse gases”



Le budget carbone global,



« Chaque tonne de CO₂ émis ajoute du réchauffement global » GIEC AR6 2021

L'augmentation de température **dépend directement du budget carbone mondial**

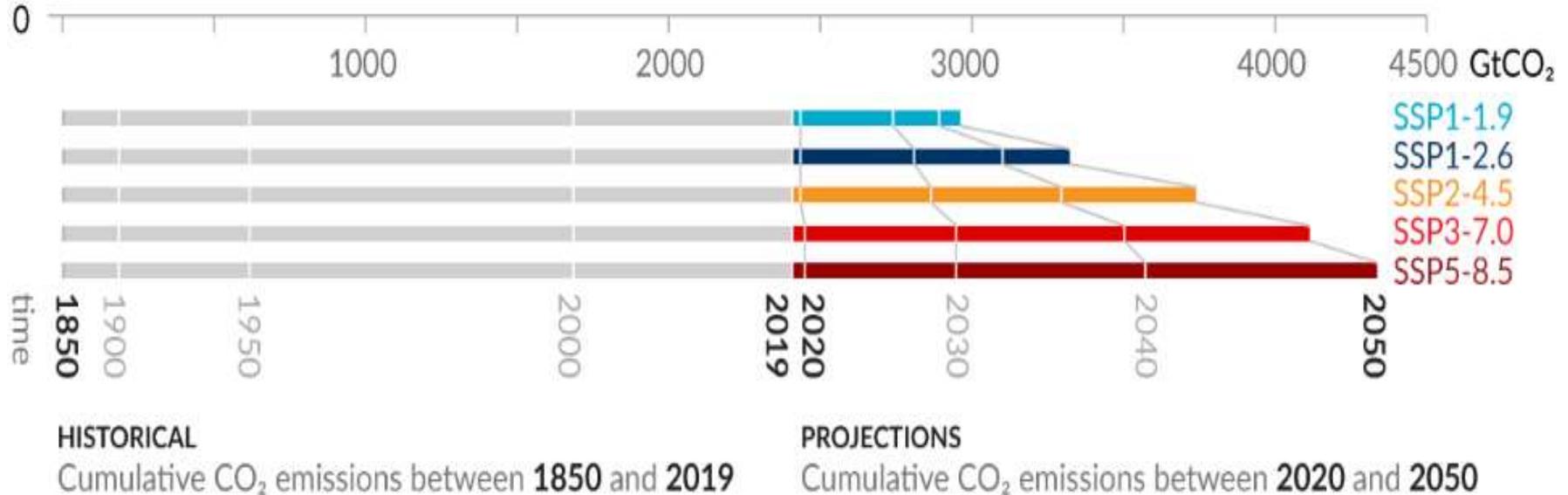
Ce graphe essentiel pose en abscisse le total des tonnes émises dans le monde (CO₂eq). En ordonnées le réchauffement attendu par rapport aux années 1850-1900. Ce résultat postule donc une décroissance rapide des émissions, partout dans le monde et dans tous les secteurs.

Thomas Stocker explique bien le consensus mondial sur ce point, dès le rapport du GIEC AR5 sur: http://www.youtube.com/watch?v=5fCZBKPw_RU



Le GIEC donne le budget par scénario

Emissions globales cumulées depuis 1850, en GtCO₂ (milliards de tonnes de CO₂) et projections du GIEC à 2050 dans les familles de scénarios [GIEC AR6 2021]



Chaque famille de scénario de stabilisation du climat est associée à un ralentissement puis arrêt net des émissions mondiales.

Attention : le nom des scénarios (1.9, 2.6, 4.5...) fait référence à une concentration de carbone dans l'atmosphère (c.a.d. un « forçage radiatif »), pas à une température.

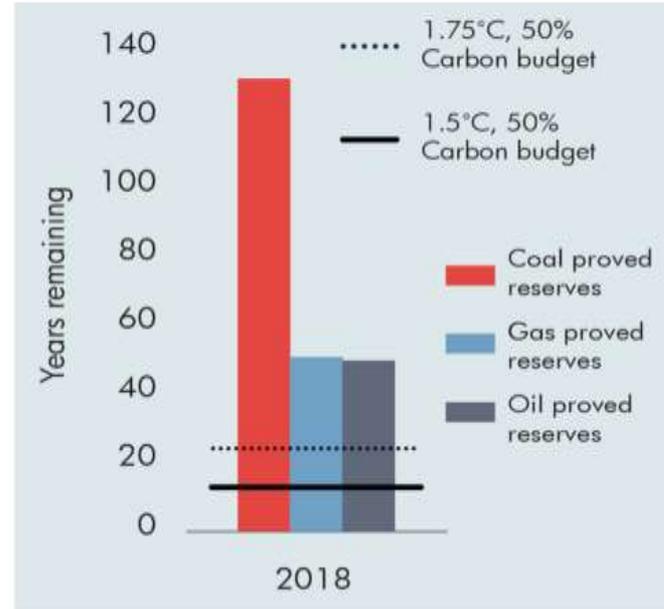


Budget carbone : fini les hydrocarbures

Les réserves prouvées (en années de production actuelle)

Fossil fuel	Remaining proved reserves, years left at current production
coal 	132
gas 	51
oil 	50

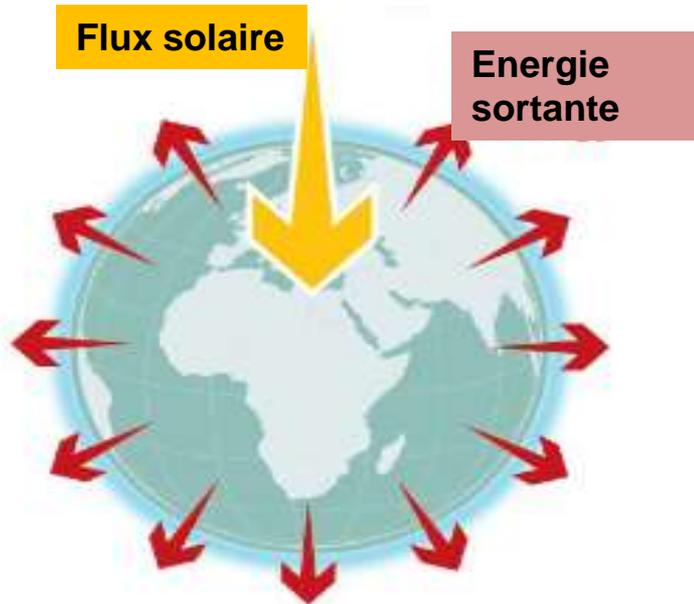
Les budgets carbone face aux réserves (Carbon Tracker)



Le concept même du budget, consensuel après l'AR5 de 2015 dans le GIEC et accepté par les Etats, représente un pas « politique » immense. En effet, l'interprétation des versions précédentes du GIEC pouvait varier quant aux conséquences sur les scénarios. Désormais, l'exigence sur les hydrocarbures (au niveau mondial) est sans équivoque entre réchauffement et énergies fossiles consommées: on arrête tout.

https://carbontracker.org/wp-content/uploads/2022/01/infographic_carbon-budgets_2021_66prob-01-1.png

Plan: La transition climatique



- ✓ Le budget carbone du GIEC donne au monde sa feuille de route
- ✓ **L'Accord de Paris est puissant et a déjà des impacts significatifs, notamment sur les infrastructures.**
- ✓ Équité et pragmatisme: L'action de l'Europe dans les pays émergents
- ✓ Au cœur des solutions du GIEC, la sobriété, l'efficacité, l'électrification.
- ✓ Conclusion, une révolution industrielle mondiale

Les fondamentaux



2015. Laurent Fabius, Premier Ministre, en cloture de la COP21 au Bourget (93).

Kyoto : des objectifs quantifiés contraignants pour les seuls pays développés (Annexe 1 CCNUCC/ Annexe B Kyoto) et rien pour les pays du Sud. Des sanctions faibles (internes au traité) sont prévues. Six gaz concernés.

Accord de Paris : des engagements écrits de chacune des parties, les « Communications Nationales » (« NDCs ») engrangés par la Convention Climat tous les cinq ans.

Peu de contrainte légale, avant tout un faisceau de procédures visant à mettre la pression.

Accord de Paris, article 2 [1.a]: « Contenant l'élévation de la température moyenne de la planète **nettement en dessous de 2 °C** par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour **limiter l'élévation de la température à 1,5 °C** par rapport aux niveaux préindustriels, étant entendu que cela réduirait sensiblement les risques et les effets des changements climatiques »

Le « crantage » de l'ambition



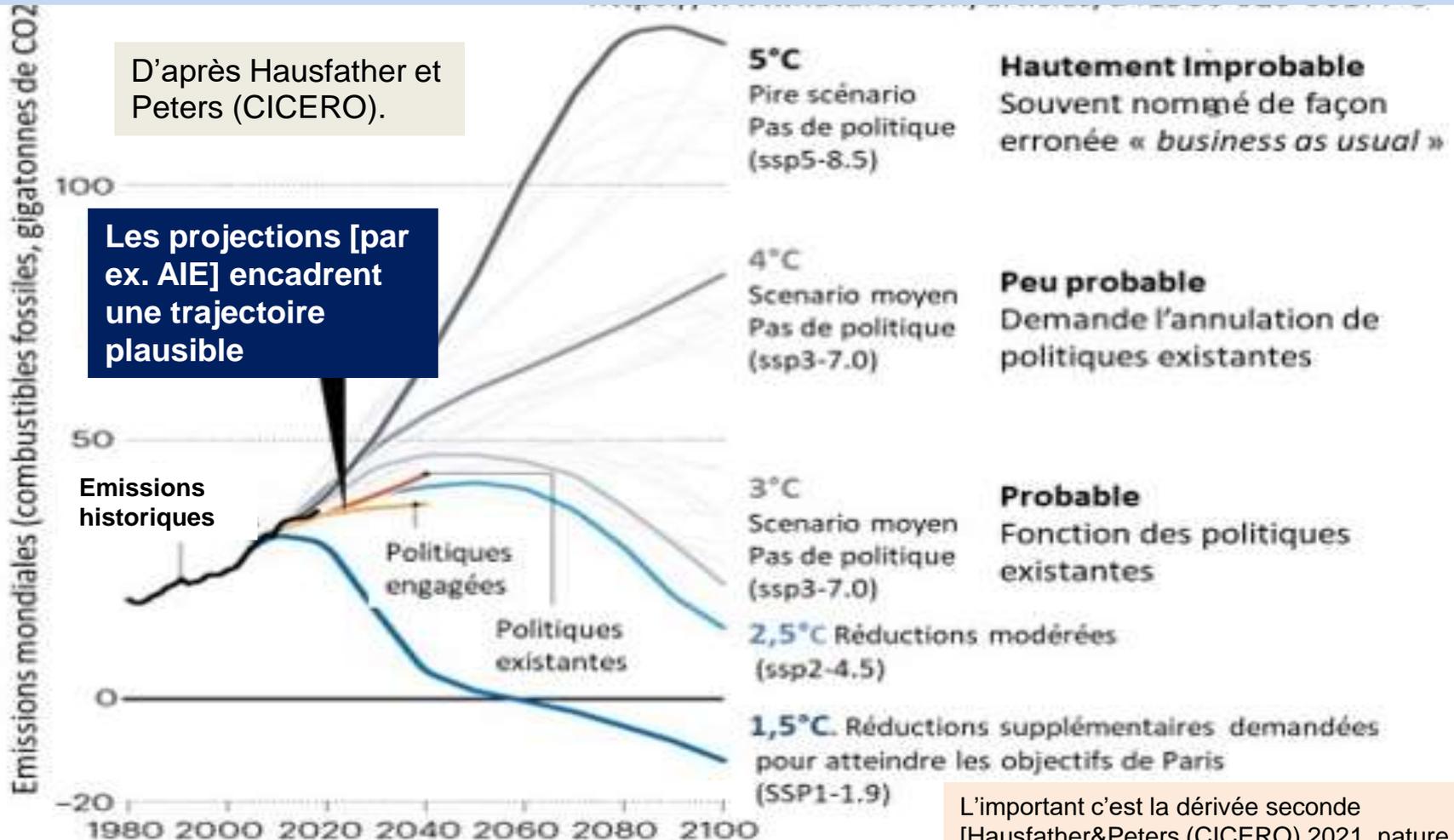
Clé à cliquet
pour « cranter »
l'Accord de Paris

- **Protocole de Kyoto** : une révision « à terme » fonction de l'*adéquation des engagements*. Un amendement et un élargissement étaient nécessaires, ce qui est quasi-impossible à l'ONU.
- **Accord de Paris** : un **inventaire collectif** (« **stocktake** ») et une **rehausse collective de l'ambition** tous les cinq ans sous l'influence du mandat du GIEC, prochain « crantage » en 2023. L'architecture de l'Accord de Paris part du constat réaliste de la **souveraineté maintenue** des Etats. L'action climatique, **vitale et urgente** ne peut pas attendre une autorité supranationale.

Collectif/Individuel. L'inventaire régulier (« stocktake ») permet de juger l'impact des politiques à un niveau collectif. Par contre, l'ONU ne peut pas elle-même juger le processus déclaratif des contributions CCNUC (« progression over time » / « highest possible ambition »). En réalité, cette partie peut être mieux réalisée par les ONG, les scientifiques ou des agendas inter-gouvernementales type OCDE... que par l'ONU. La structure de l'AP favorise cet aller-retour.

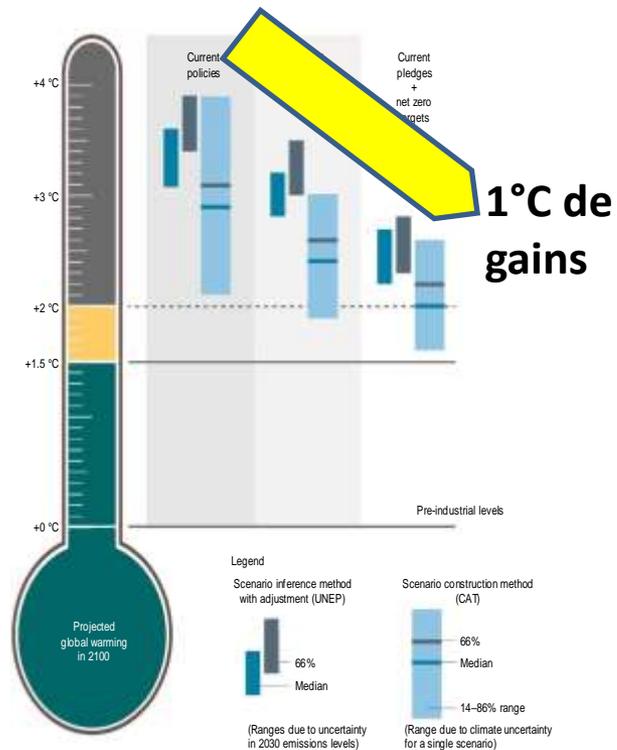
Catastrophisme vain

Une vision dynamique **limite le catastrophisme vain ou surtout le greenwashing**. +5°C c'est désespérant, mais hautement improbable. Cela permet aussi de bluffer sur son niveau d'efforts (ex. chaudières gaz), et nous détourne des choix drastiques de l'Accord de Paris entre +2°C et plus bas vers 1,5°C



L'important c'est la dérivée seconde
[Hausfather&Peters (CICERO) 2021, nature.com
d41586-020-00177-3]

Effet d'annonce



Deux publications récentes (Nature Climate Change) par des modélisateurs européens (ci-dessous) montrent que **le 2°C est à notre portée. C'est un succès indéniable de l'Accord de Paris.**

En particulier, **l'annonce d'une neutralité carbone de très grands pays tels que la, l'Afrique du Sud, le Japon, la Chine (2060), l'Inde (2070) en plus de l'UE (2050)**

représentent près de 1°C de gain...un chiffre recoupé par deux méthodologies distinctes par les auteurs.

Mais il faut pour cela encore détailler les politiques à horizon court (2030) et les mettre en œuvre **ce qui dépend des Etats.**

Höhne, N., Gidden, M.J., den Elzen, M. *et al.* Wave of net zero emission targets opens window to meeting the Paris Agreement. *Nat. Clim. Chang.* **11**, 820–822 (2021).
<https://doi.org/10.1038/s41558-021-01142-2>

Meinshausen, M., Lewis, J., McGlade, C. *et al.* Realization of Paris Agreement pledges may limit warming just below 2 °C. *Nature* 604, 304–309 (2022).
<https://doi.org/10.1038/s41586-022-04553-z>

Gouvernements insuffisants

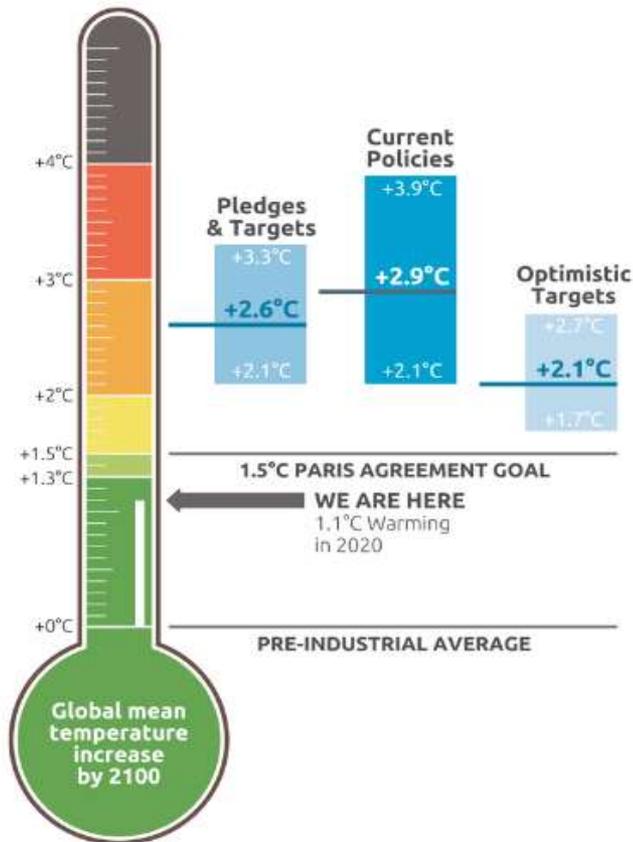


Au piquet! N'a pas tenu les engagements de sa contribution à l'Accord de Paris

Ces progrès collectifs sont indéniables et à créditer au processus de l'Accord de Paris. Mais deux points sont plus inquiétants, avant tout au débit des Etats:

- **L'insuffisance des engagements** (« adequacy of commitments »). Paris est plus universel et opérant que Kyoto, mais les impacts d'un réchauffement à +2°C sont **bien pires que prévu**.
- La **faiblesse de la mise en œuvre** des promesses. Le processus UNFCCC de « crantage » des feuilles de route et des politiques joue un rôle d'aiguillon mais ne suffit pas puisque l'action dépend des états. Ajoutons aussi que les **incertitudes** devraient nous inciter à la **précaution**.

Le Climato-thon de l'Accord de Paris



Engagements et actions des signataires de l'Accord de Paris restent très insuffisants. Mais la structure même du traité -devenu universel avec Chine et Inde- et son « crantage » ont **changé la dynamique**.

Les itérations et les surenchères des états et des entreprises font partie de cette dynamique plutôt efficace par rapport à une « obligation » *en réalité impuissante* comme celle du Protocole de Kyoto. Le caractère de « foire » des COP est un prix faible à payer pour ce vrai succès. Comme au Téléthon, il faut des people et des médias, et **des promesses faites sous les projecteurs**.

Grappe: Carbon Tracker parle aux entreprises et aux financiers, et fait référence pour pointer les retardataires <https://carbontracker.org/?lang=fr>

Pessimiste? Optimiste?

La noirceur apparente du film « don't look up » est paradoxale, comme notre situation climatique. Dans le film comme dans la réalité, les humains ont **les moyens techniques et financiers** pour résoudre la crise. Le problème vient de l'inertie ou des faiblesses des dirigeants de la politique et de l'entreprise.

A quoi **servent** encore les COP?
<https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/podcast/quoi-servent-encore-les-cop-climat>



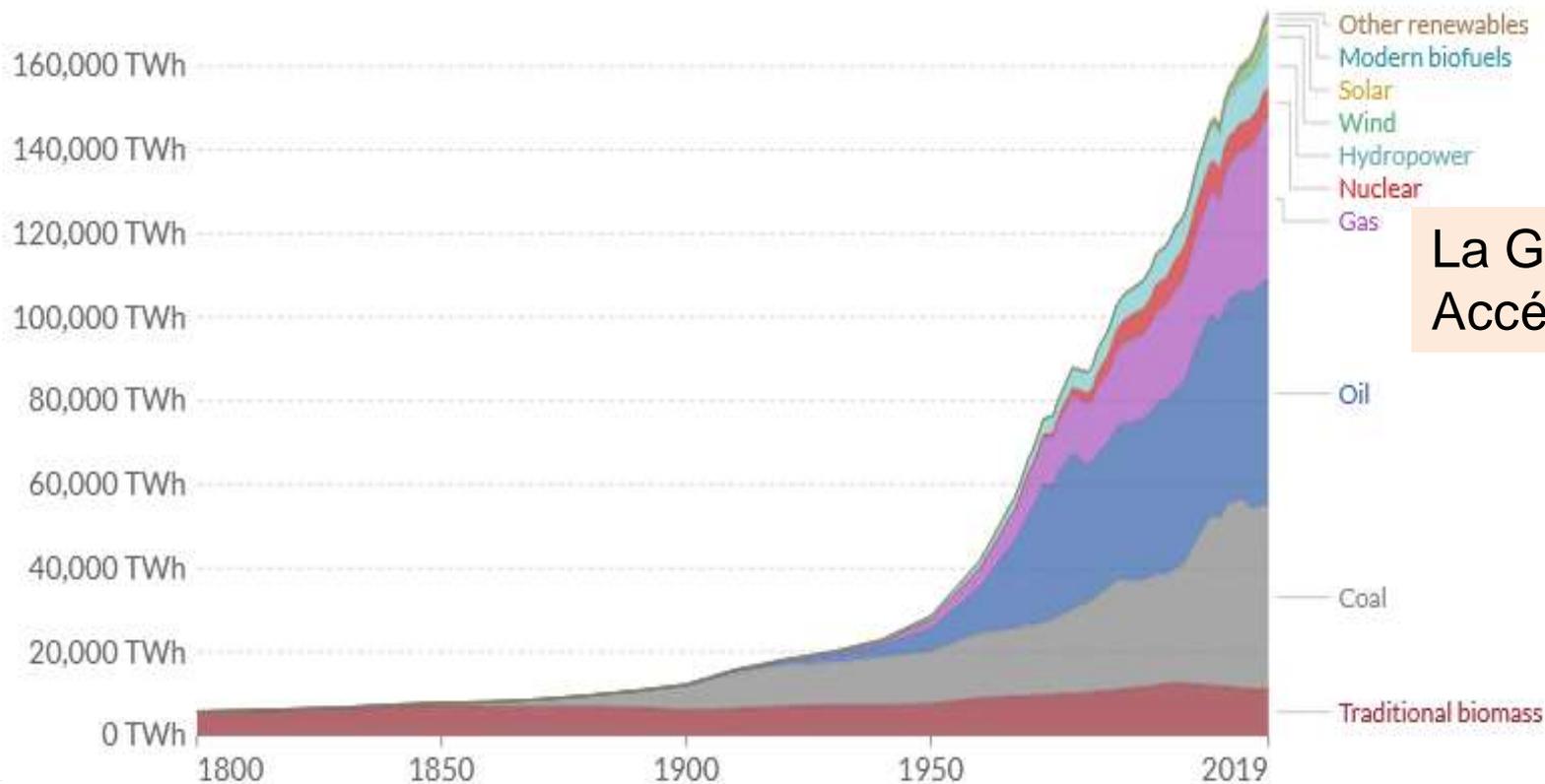
Bande annonce: Don't Look Up
<https://www.youtube.com/watch?v=wplebVZB8FQ>



Argument « il n’y a que des additions »

Certains auteurs estiment qu’il y a pas eu historiquement de substitution des énergies. Selon eux, globalement les nouvelles énergies ne font que **s’ajouter aux ressources existantes**. Examinons cet argument.

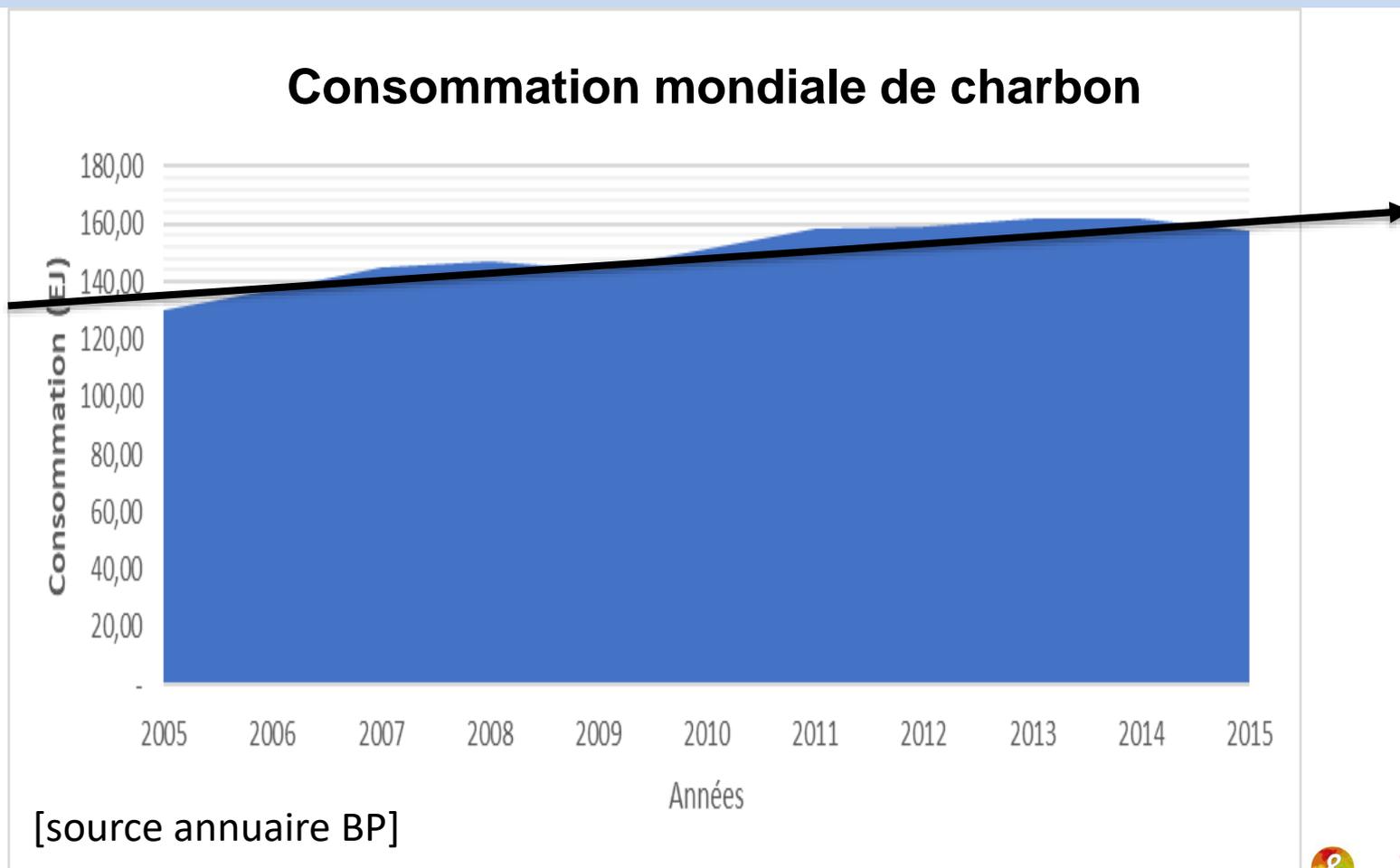
Consommation d’énergie primaire mondiale par source



La Grande Accélération

Charbon en transition?

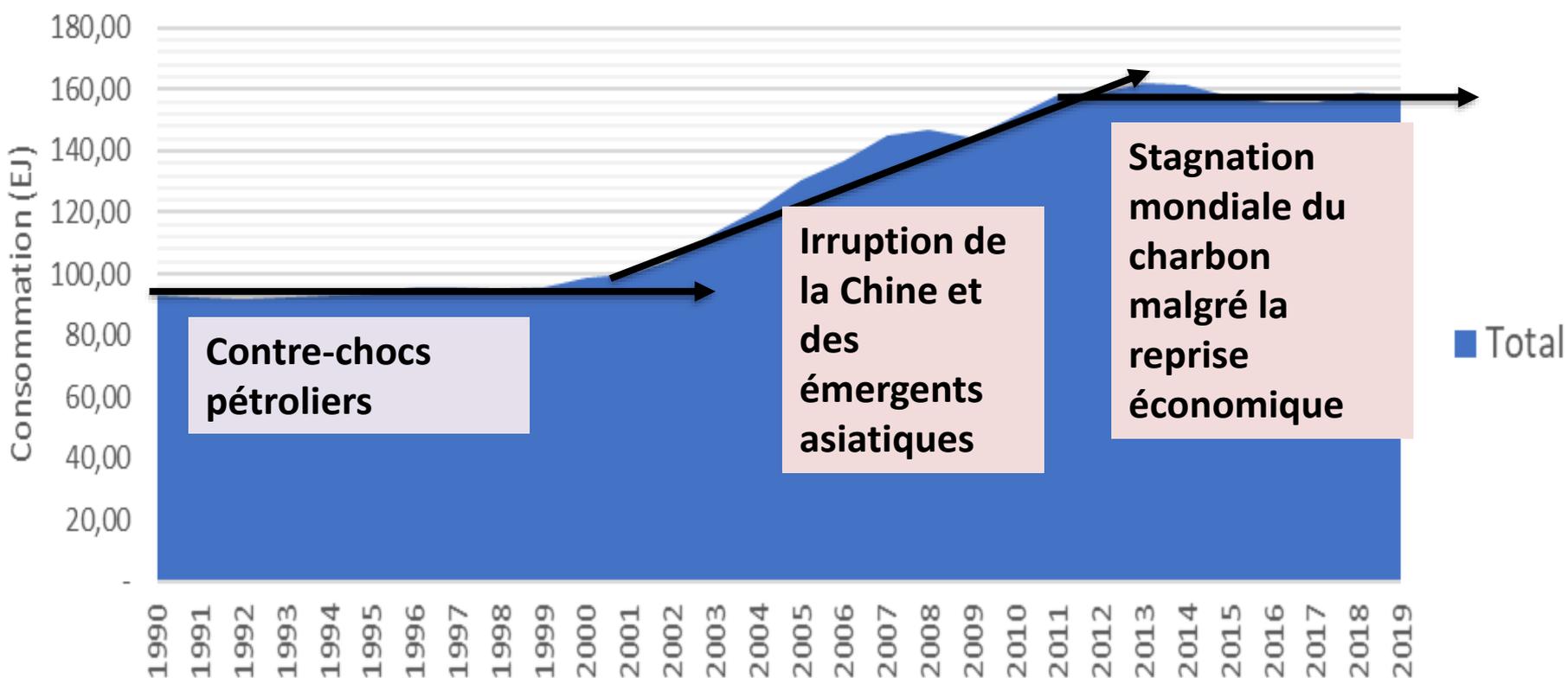
« Il n'y a pas de substitution... quoi qu'on fasse » « King Coal... ». « les alternatives n'impactent pas... ». Vous avez sûrement entendu cet argument.



Et si... on élargissait la focale ?

Sur la période 1990-2020, trois autres histoires de « signaux faibles ».

Consommation mondiale de charbon



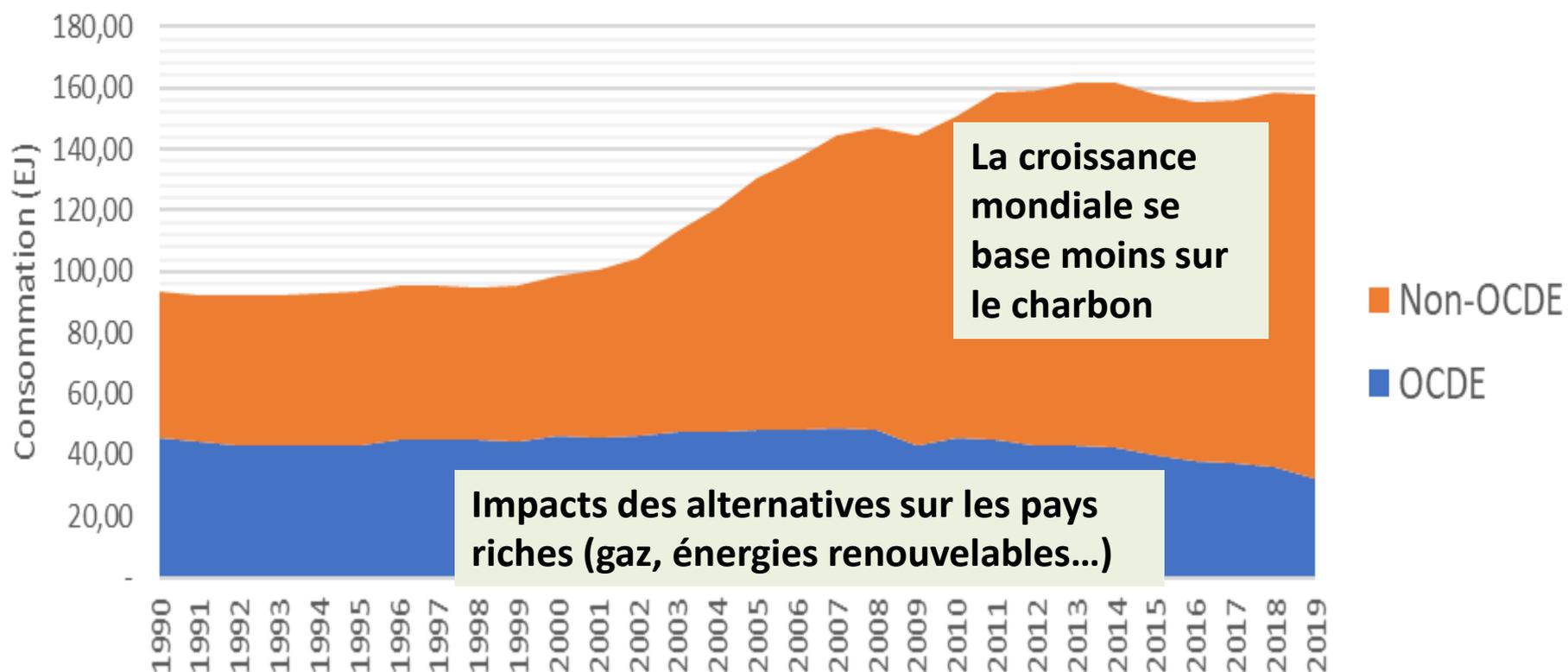
[source annuelle BP]



Le grand Nord, le grand Sud

La même réalité « désagrégée »

Consommation mondiale de charbon 1990-2020



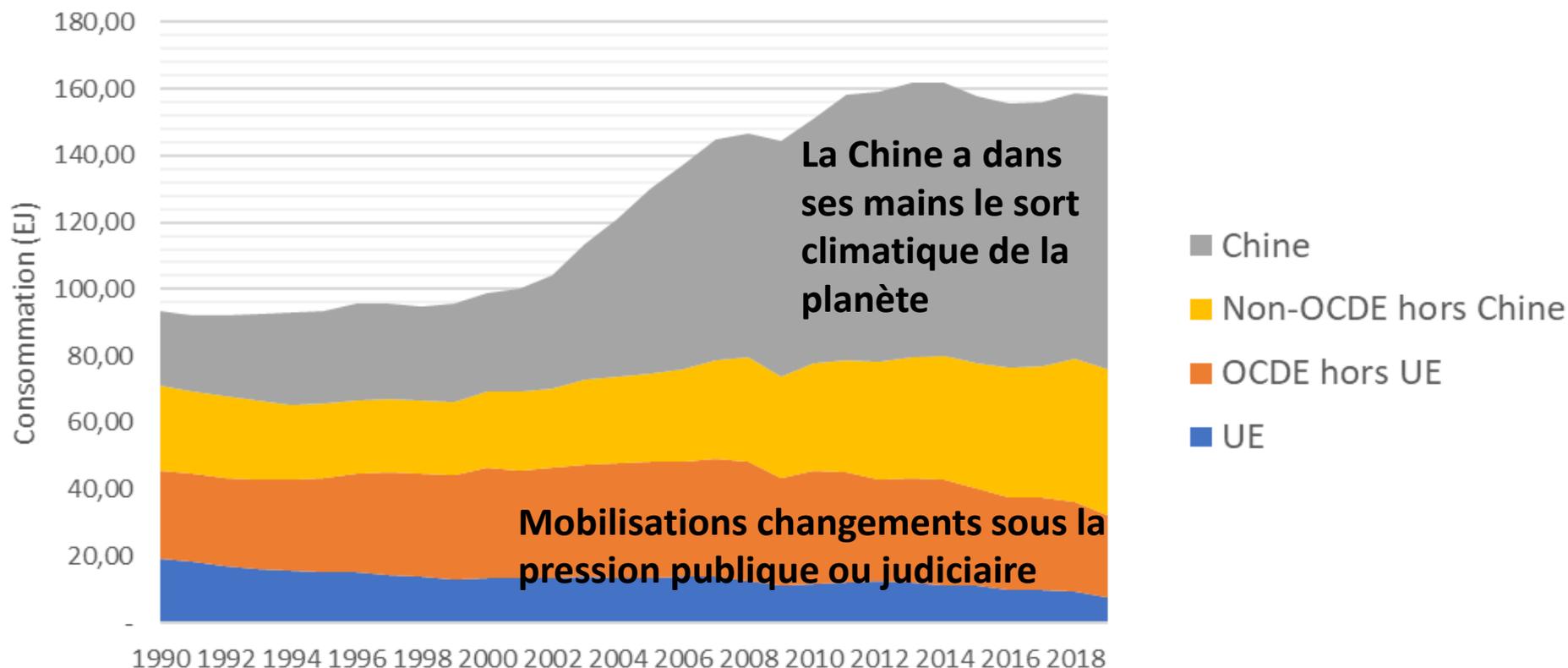
[source annuelle BP]



Et l'UE ? Et la Chine ?

Encore la même histoire, racontée différemment

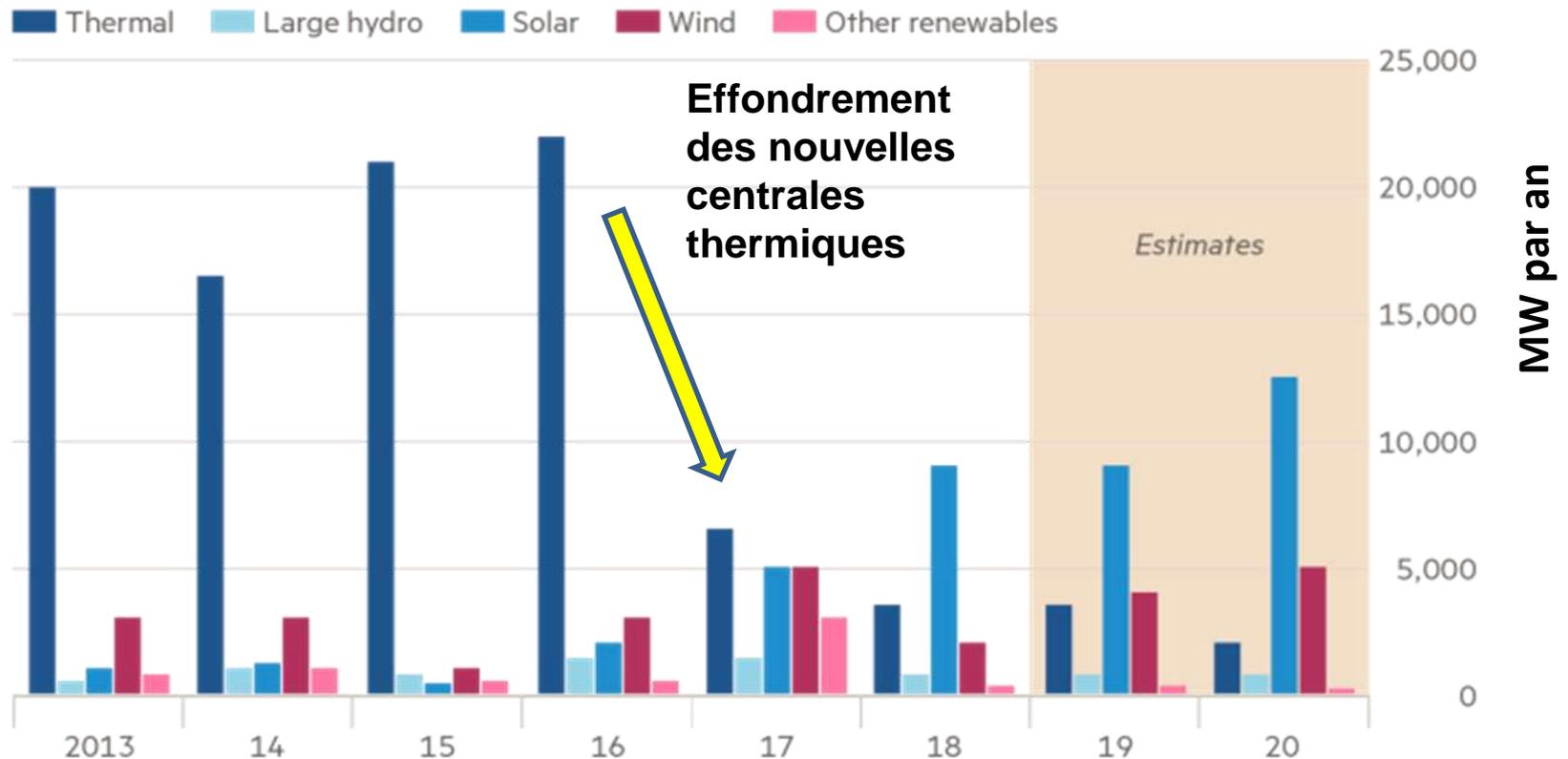
Consommation mondiale de charbon 1990-2020



[source annuelle BP]

Le flux et le stock

Lancement de constructions de centrales électriques en Inde. On observe **l'effondrement de la construction thermique gaz et charbon**, au profit des centrales renouvelables (source Financial Times).

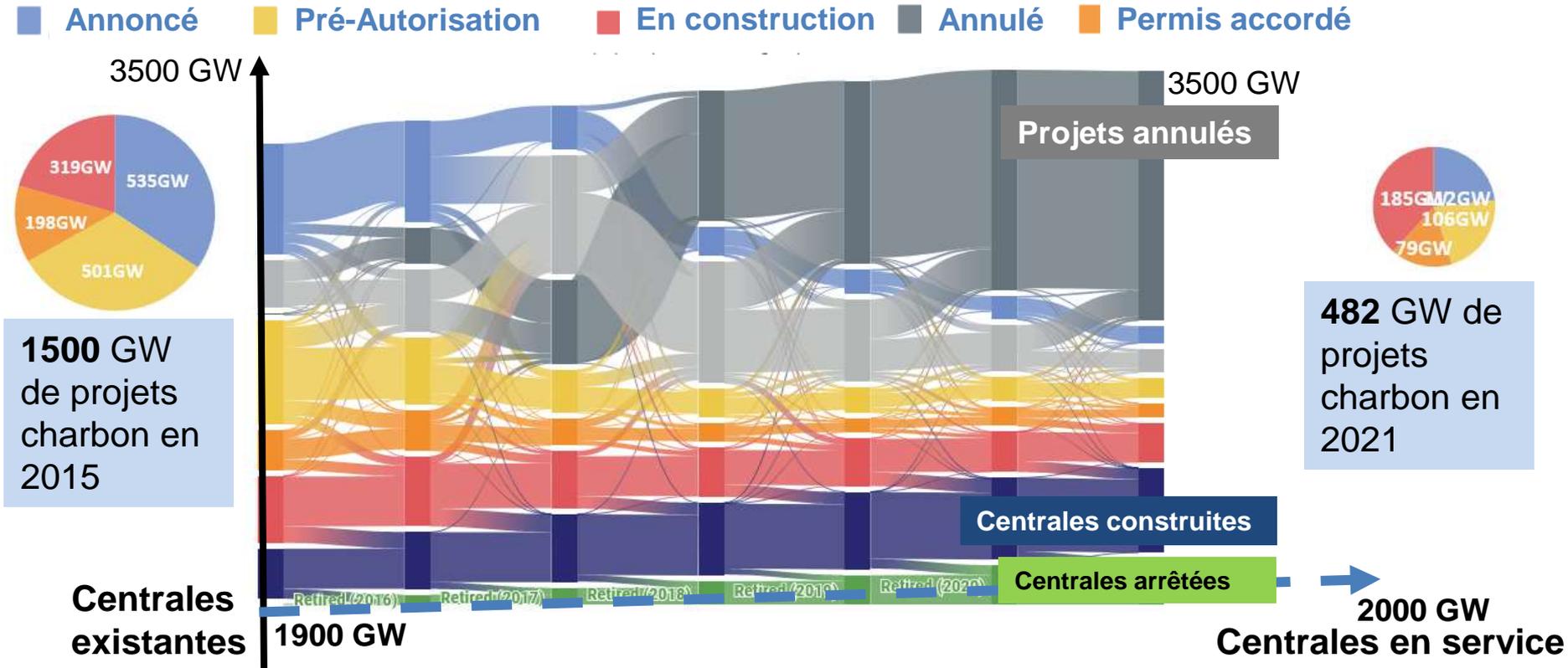


Sources: Central Electricity Authority of India; MNRE India; IEEFA estimates

© FT



Un tsunami de charbon (1500 GW) et son annulation après 2015

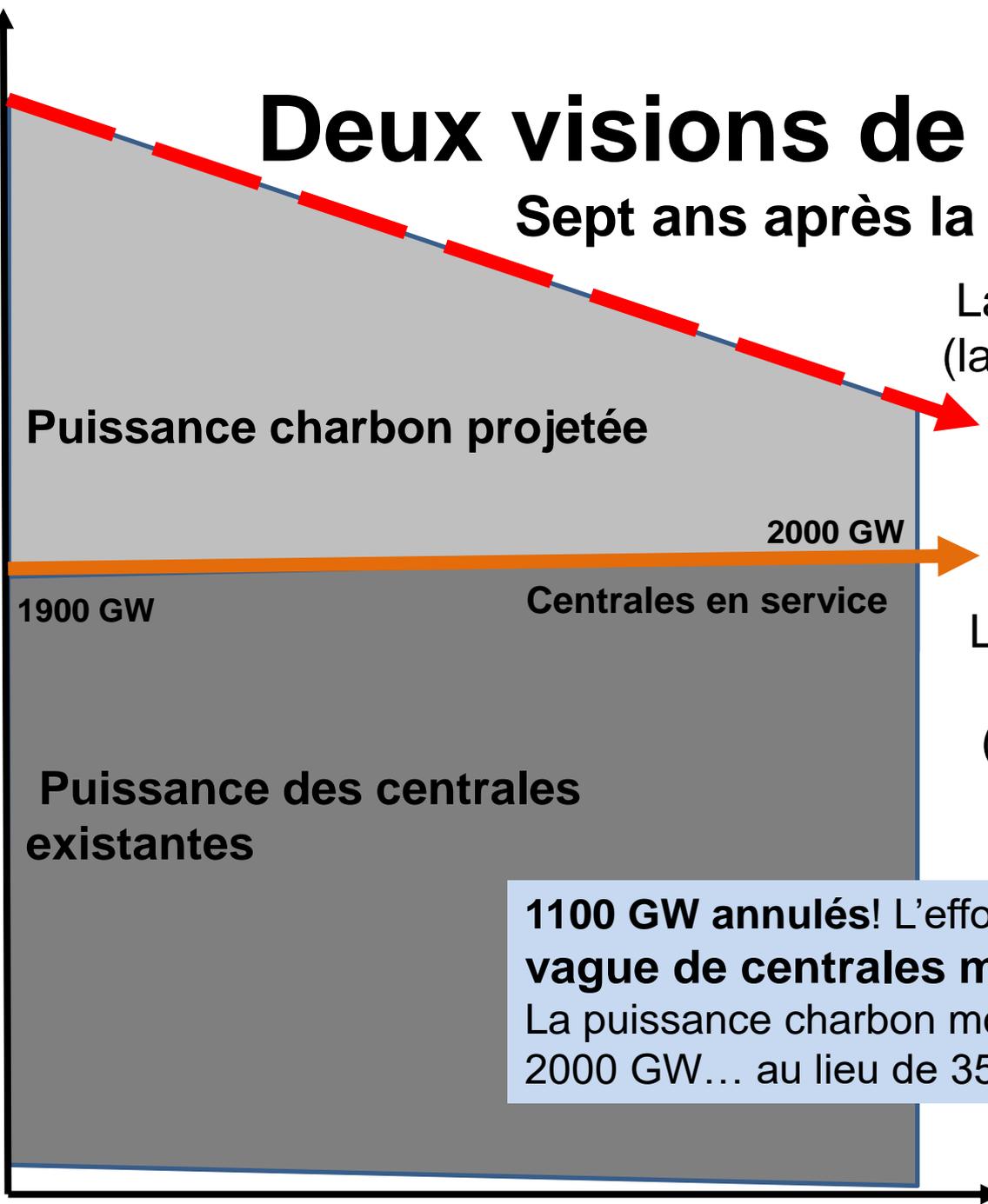


1100 GW annulés! L'effondrement (-76%) d'une **vague de centrales mortelles pour le climat**. Elles auraient été équivalentes à une nouvelle Chine (1045 GW). Même la Turquie pro-charbon garde 12 GW de projets mais en perd... 69 GW. La puissance charbon mondiale passe de 1900 GW à 2000 GW... au lieu de 3500 GW!

Deux visions de la transition

Sept ans après la COP Paris

La bouteille à moitié pleine
(la politique est une fonction
dérivée du temps)



La bouteille à moitié vide,
voire catastrophiste
(le monde est une droite
immuable)

1100 GW annulés! L'effondrement (-76%) d'une
vague de centrales mortelles pour le climat.
La puissance charbon mondiale passe de 1900 GW à
2000 GW... au lieu de 3500 GW!



La dérivée... et la dérivée seconde



Centrale charbon en Chine (source The Guardian)
<https://www.theguardian.com/environment/2021/sep/14/most-plans-for-new-coal-plants-scrapped-since-paris-agreement>
La Chine (qui a la moitié du stock mondial de centrales en service) reste le dernier pays à encore construire des centrales charbon. Si elle choisissait de s'aligner, alors c'est 90% des projets qui seraient annulés.

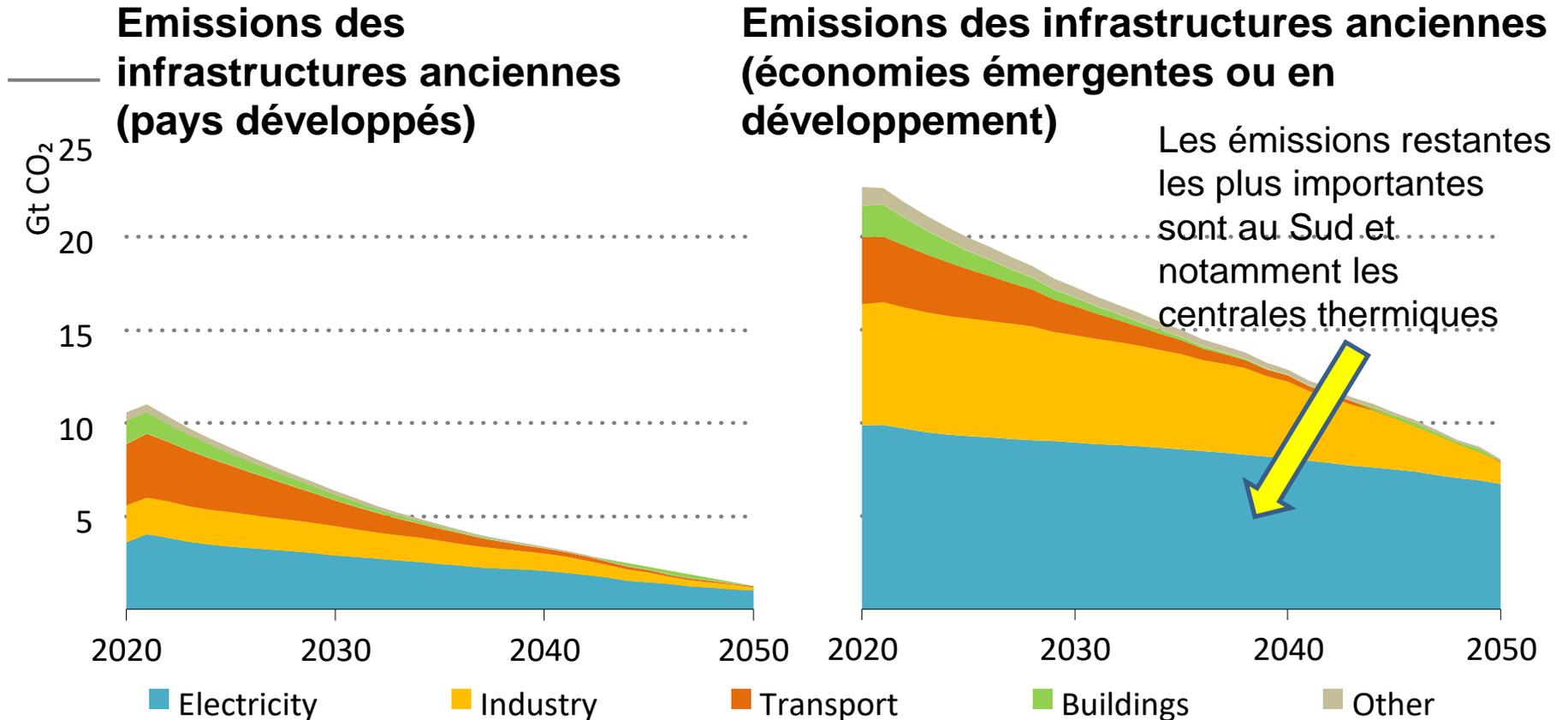
La quantité de charbon consommée reste préoccupante comme le montre la série précédente
Voir aussi la carte dynamique des centrales sur
<https://www.carbonbrief.org/mapped-worlds-coal-power-plants/>

Dans cet exemple, la **donnée physique (les émissions) n'a pas vraiment baissé**. Les **infrastructures** sont même restées à un niveau similaire. Les politiques, les entreprises, les ONG, les financiers ont agi. Varier le nombre de centrales influe sur la **dérivée seconde** des émissions. Celles-ci vont aussi dépendre du **taux de charge** des installations.

Le discours « *il ne se passe rien* » décrit mal la réalité d'épisodes majeurs de la lutte pour le climat, **encore en cours** notamment en Chine.



Fossiles: Le poids du passé



Dans un scénario compatible Accord de Paris (1,5°C/2°C, ici celui de l'AIE en 2021), les économies émergentes ou en développement représentent les trois quart des émissions issues des infrastructures existantes (cf. anciennes centrales à charbon dans les pays émergents en bleu à droite] d'ici à 2050.

La transition est une dynamique



En haut, la voiture familiale Berlingo; en bas, l'urbaine AMI (Documents Citroën)



Exemple de l'auto. Le **stock** de véhicules en circulation reste dominé de façon écrasante par le **moteur thermique** à l'essence et au diesel. De même, la part de marché du neuf n'est encore que de 15% environ pour les autos électriques (VE). A ce rythme, le changement serait partiel et très lent. Pourtant, nul ne doute désormais que le VE va assez rapidement **dominer puis remplacer** son homologue thermique.

Cette projection s'est désormais imposée dans notre vision de l'avenir... elle est basée sur l'anticipation d'une accélération des ventes de VE (liée à la parole politique) puis d'une part de marché majoritaire. Soit **une dérivée seconde du stock**. La transition est une **dynamique...**



GMC-Hummer électrique 2021. 0 à 96 km/h en 3 secondes. Puissance 1000 chevaux... Et poids non mentionné.



Rebond pour qui?

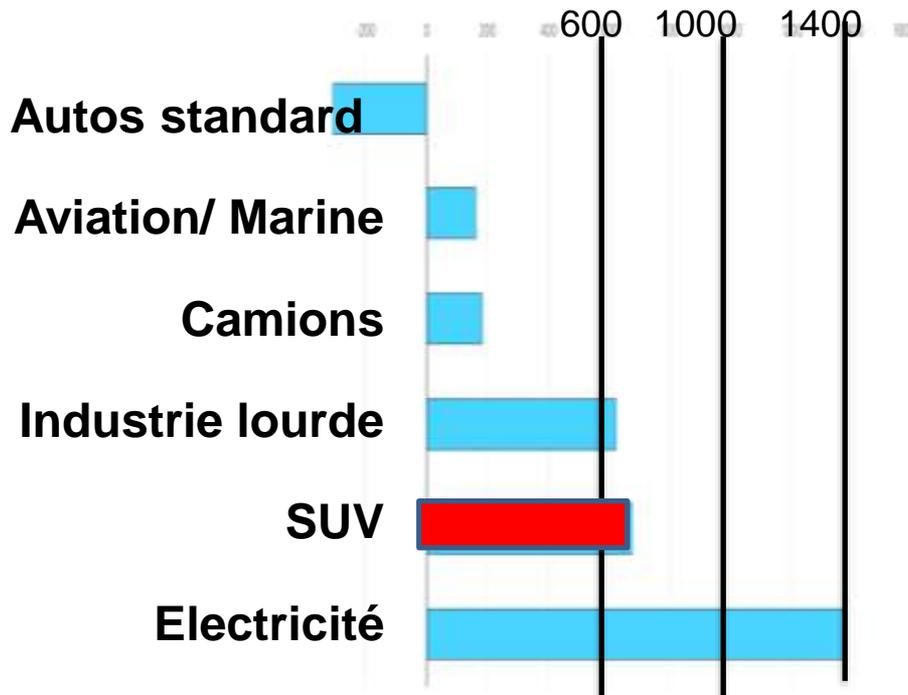
Les progrès techniques continus tendent à **être capturés par les fournisseurs d'équipement ou d'énergie**. C'est le cas pour les SUV et pour leurs avatars électriques, de plus en plus performants mais aussi de plus en plus lourds et moins aérodynamiques.

Même si les prix n'augmentent pas, l'accroissement des performances des appareils (par exemple l'ordinateur) est absorbée en partie par les couches logicielles successives et l'inflation des tailles des applications. Un enjeu majeur est de mettre le progrès technique **au service de la transition et de l'équité...** et pas le contraire.



Le rebond des SUV

+674 MtCO₂/an supplémentaires



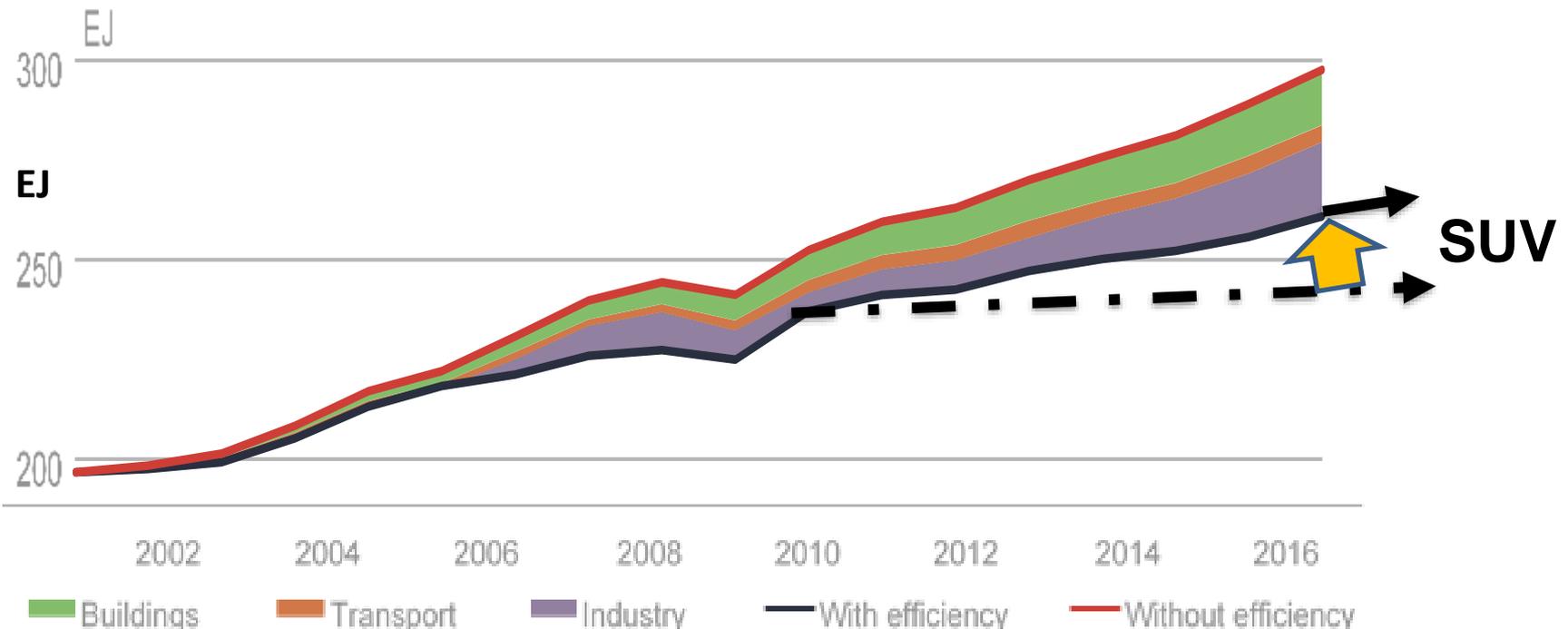
Entre 2010 et 2021 les « SUV » passent de 20 à 45% des ventes mondiales de véhicules légers soit environ 50 millions d'unités par an. **Si les SUV étaient un pays, ils seraient au sixième rang (!)** (*) Véhicules Utilitaires Sport / « *Sport-Utility Vehicles* »

(*) [AIE 2021
<https://www.iea.org/commentaries/global-suv-sales-set-another-record-in-2021-setting-back-efforts-to-reduce-emissions>]

Duplicité. Les constructeurs auto ont « capté » l'amélioration continue des efficacités techniques depuis trente ans. Une série de mesures marketing a imposé des véhicules plus lourds, plus puissants et moins aérodynamiques. Les constructeurs européens (ACAEA) ont utilisé de manœuvre dilatoires : Accords Volontaires de 1999 non appliqués; Ils ont dilué les réglementations (directive 2008), Enfin ils ont systématisé la triche sur les mesures d'émission et de pollution (Affaire Volkswagen...). Le SUV procède initialement du refus de l'efficacité par les constructeurs américains alliés aux sceptiques du climat.

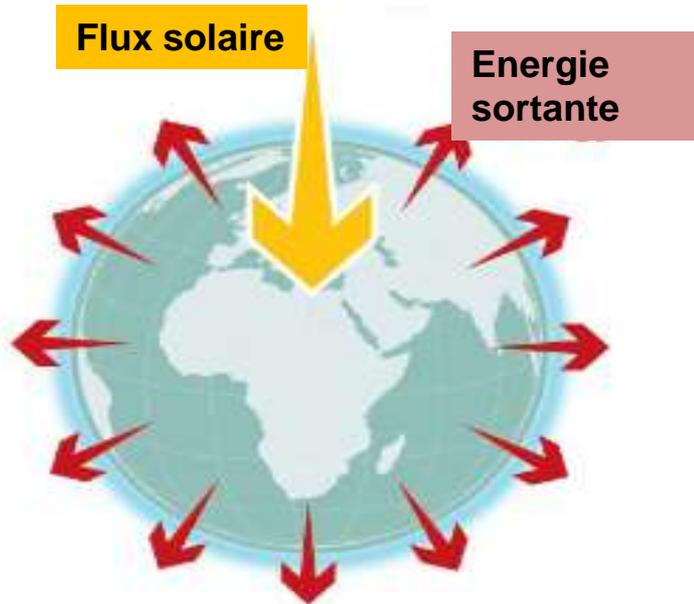
Le boulet des SUV...

Criminel? Sans les véhicules lourds et peu aérodynamiques (SUV) les émissions se seraient presque stabilisées sur 2010-2020. Un enjeu essentiel des prochaines années est d'électrifier le parc avec des véhicules de taille raisonnable –et si possible partagés.



Notes sur le graphe: Attention le point de départ se trouve à 150 EJ. Les pays couverts sont les membres de l'AIE plus la Chine, l'Inde, le Brésil, l'Indonésie, la Russie, l'Afrique du Sud et l'Argentine. Le chiffre n'inclut pas les usages non énergétiques ni la perte dans le système énergétique.

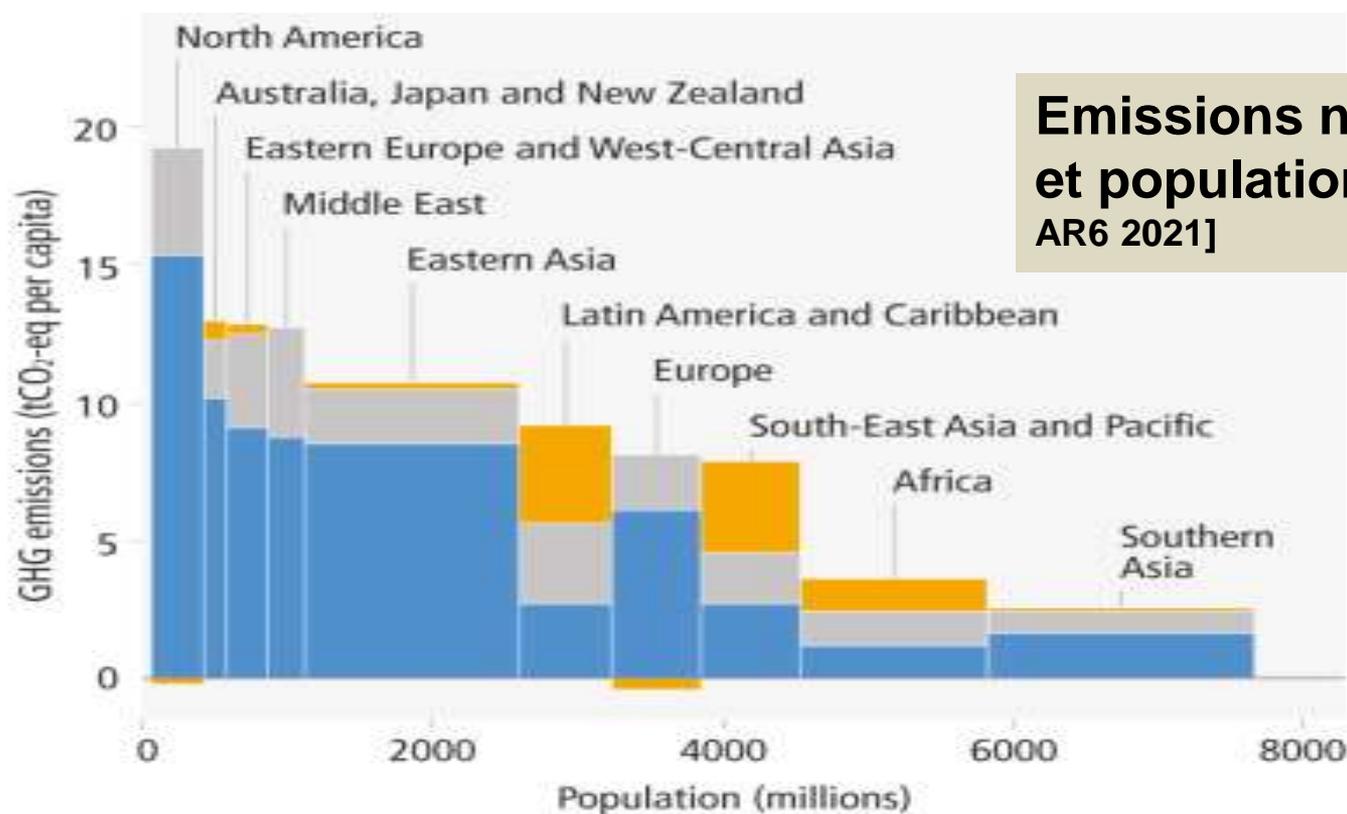
Plan: La transition climatique



- ✓ Le budget carbone du GIEC donne au monde sa feuille de route
- ✓ L'Accord de Paris est puissant et a déjà des impacts significatifs
- ✓ **Équité et pragmatisme: L'action de l'Europe dans les pays émergents**
- ✓ Au cœur des solutions du GIEC, la sobriété, l'efficacité, l'électrification.
- ✓ Conclusion, une révolution industrielle mondiale

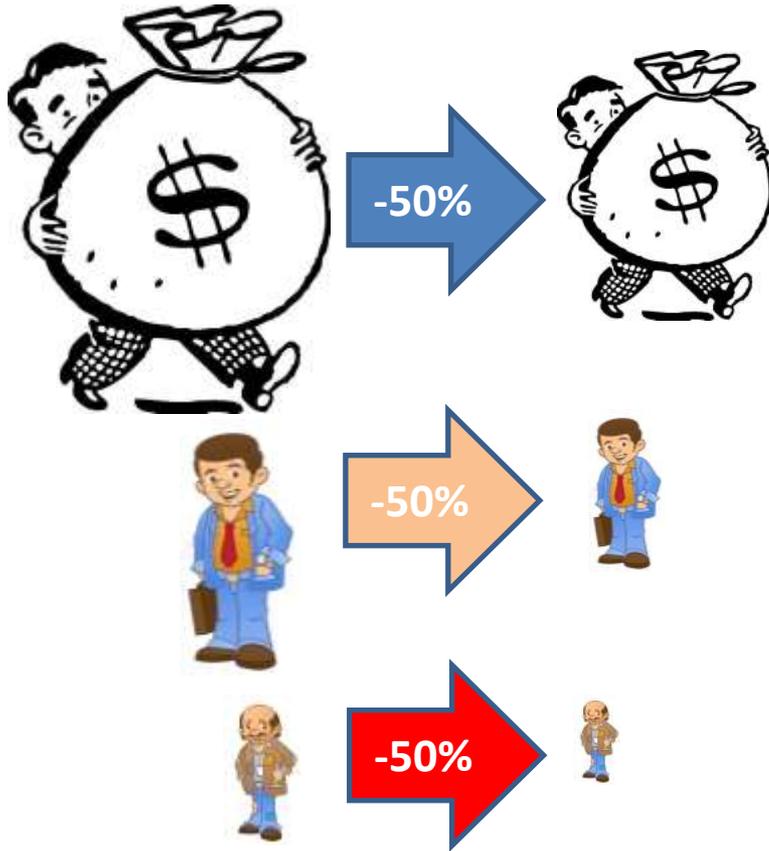
Rappel de la répartition des émissions

Le GIEC (wg1) donne une trajectoire nécessaire des émissions. Il ne nous dit pas comment répartir l'effort. Quelle serait une répartition juste et efficace? La question est laissée aux politiques. Des « grands principes » sont énoncés par le groupe de la mitigation (wg3).



Emissions nettes par région et populations en 2019 [GIEC AR6 2021]

Trop simple le « per capita »



Division par deux des émissions. Mais ce « per capita » seul est non seulement peu opérant mais aussi inéquitable. Il est contraire à l'esprit de la Convention Climat (CCNUCC).

La convergence des émissions « per-capita » séduit beaucoup de personnes qui « débarquent » dans la question climatique. Or cette idée ne répond pas aux exigences d'équité, une notion à la fois morale et pratique.

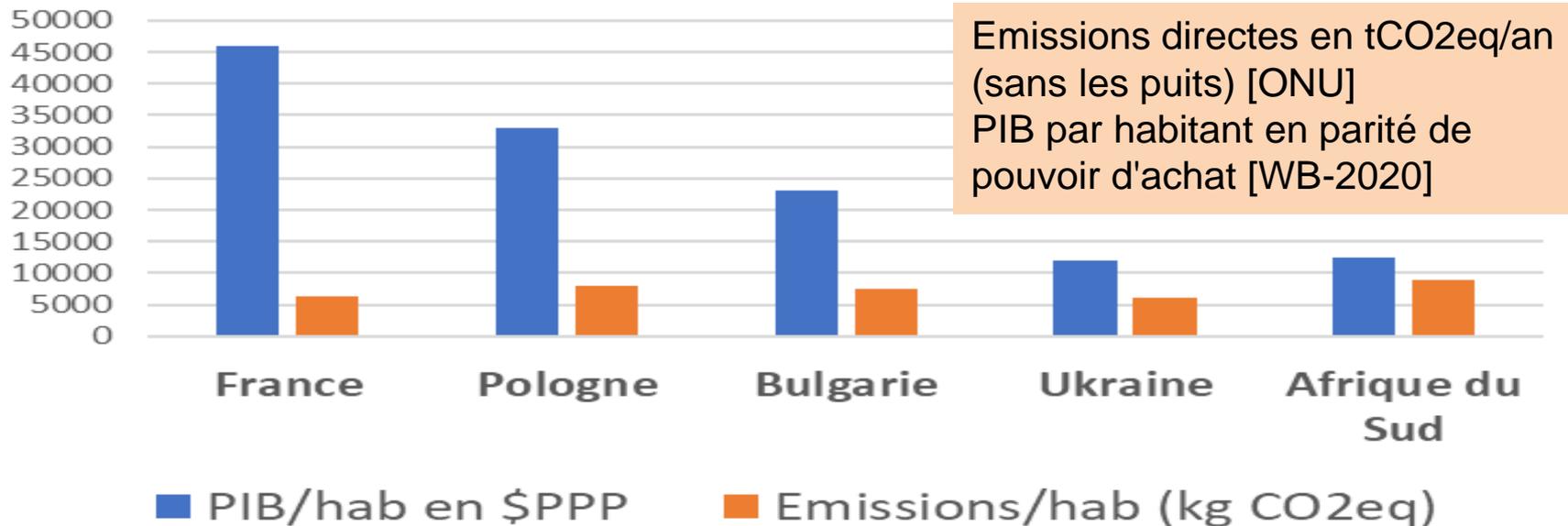
Une transition réussie a besoin de la participation –et de l'assentiment– de la majorité des humains, qui vivent aujourd'hui dans les pays émergents ou pauvres.

Le « per capita » néglige aussi les besoins spécifiques à chaque pays: besoins de chauffage ou de rafraîchissement, qualité des sols agricoles, distances à parcourir...

Chacun chez soi? Impossible

Ces cinq pays ont des émissions par habitant comparables. Mais certains n'ont pas la possibilité d'organiser leur transition car ils sont beaucoup plus pauvres. Ils n'ont pas la **capacité à agir**.

PIB et émissions par habitant



Gouvernance. Dans l'Union Européenne (cas de la Pologne et de la Bulgarie), cette solidarité nécessaire s'organise bon an mal an via une gouvernance commune bien plus efficace que le régime international de la Convention Climat.

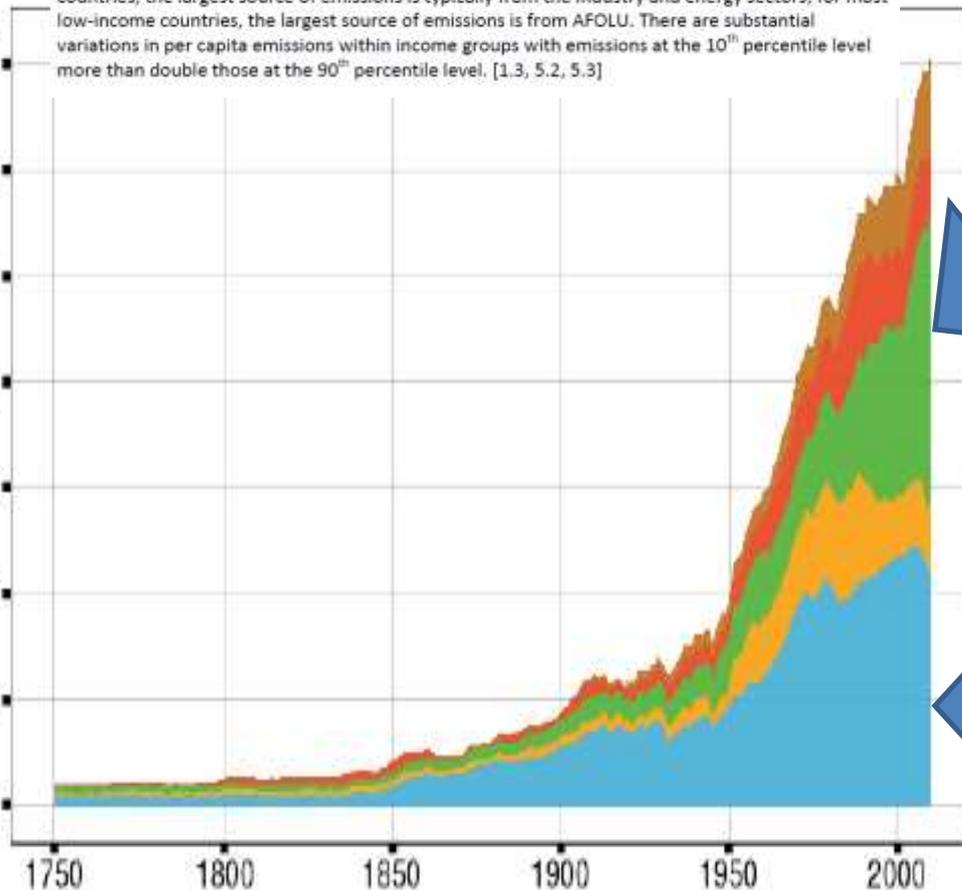
Niveau technique. Le PIB est souvent utilisé comme approximation pour la capacité d'action. En réalité le niveau d'éducation et l'avancée technique vont aussi jouer.

Emissions passées

Les émissions historiques sont –en bonne partie- à l'origine de la richesse présente. L'équité suppose d'en tenir compte aussi.

Emissions de CO₂ (énergie, industrie, usage des terres) en MDs tCO₂/an

Per-capita emissions are highly unequal (high confidence). In 2010, median per capita emissions (1.4t CO₂eq/cap) for the group of low-income countries are around 9 times lower than median per capita emissions (13t CO₂eq/cap) of high income countries (Figure SPM.4). For high-income countries, the largest source of emissions is typically from the industry and energy sectors; for most low-income countries, the largest source of emissions is from AFOLU. There are substantial variations in per capita emissions within income groups with emissions at the 10th percentile level more than double those at the 90th percentile level. [1.3, 5.2, 5.3]



Le **croissance des émissions de l'Asie** domine la période récente

Mais on remarque la **stabilité globale des pays riches** malgré leurs engagements. La « responsabilité historique » des pays OCDE, est visible dans la surface en bleu..

OECD 1990 Economies in Transition Asia Latin America Middle East and Africa

Critères de l'équité



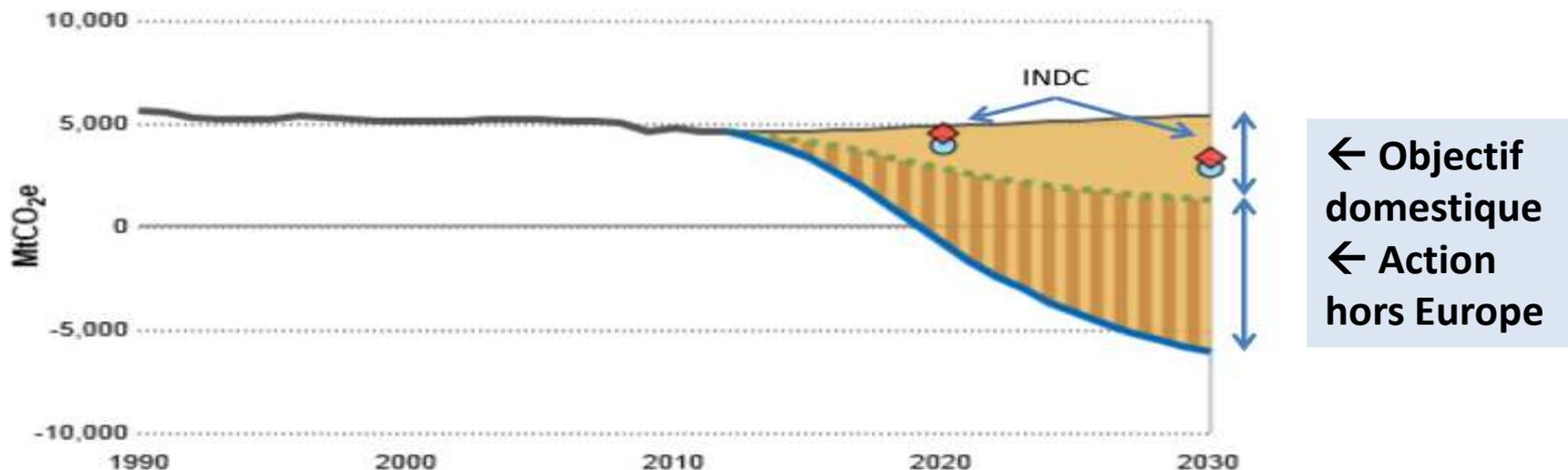
Il s'agit de concilier des principes de l'ONU avec des critères négociables dans un traité :

- La **responsabilité** présente (par ex. les émissions présentes per capita) et/ou la **responsabilité historique** (cumul des émissions passées).
- La **capacité à agir** (par ex. le PIB par habitant, la capacité technique et le potentiel de recherche.)

Thémis (en grec « loi divine ») est l'allégorie de la Justice et du droit, représentée avec une épée ou un glaive à la main. Le genou dénudé symbolise la clémence et la réceptivité au malheur humain, tandis que la balance est le symbole non violent de l'équité, et que le bandeau en lin représente l'impartialité. <http://www.justice.gouv.fr/histoire-et-patrimoine-10050/les-symboles-de-la-justice-21974.html>

Exemple de trajectoire plus équitable (UE).

En hachuré les réductions à assurer hors du territoire de l'UE.

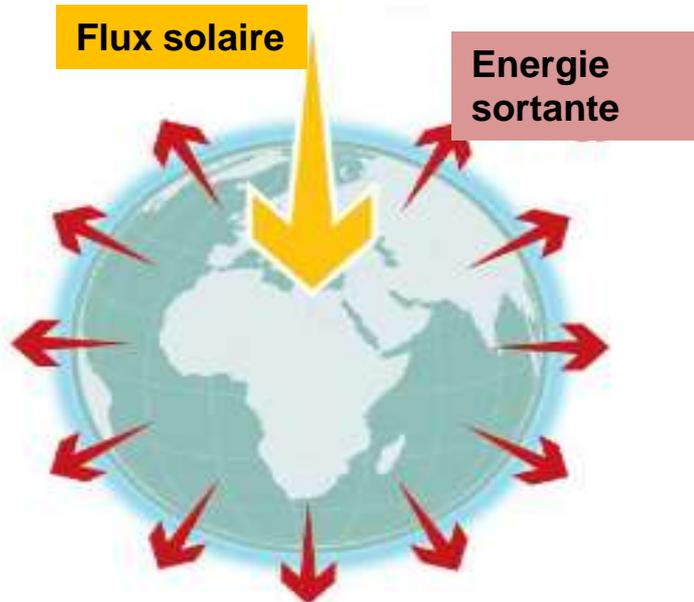


Budget carbone de l'UE compatible avec 2°C, avec une répartition équitable (source: EcoEquity GDR, scénario « Strong 2°C »).

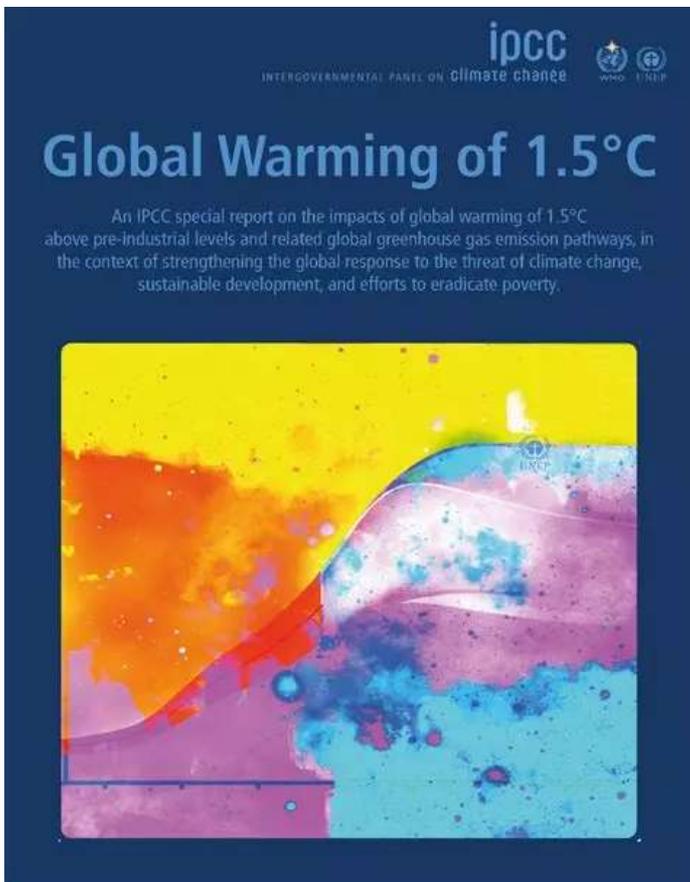
Si l'on répartit le budget carbone mondial restant en fonction des trois critères de l'équité de l'ONU, alors les Etats-Unis et l'Union Européenne se voient –en toute hypothèse- assigner des objectifs « **ambitieux au-delà du négatif** ». L'atténuation et l'adaptation ont **un caractère collectif et mondial**, en supplément de l'action domestique développée, par exemple, par la Fresque du Climat

[https://reseauactionclimat.org/wp-content/uploads/2022/02/2022-02-02-rapport_equite_vf.pdf réalisé avec les travaux du SEI/Eco-Equity]

Plan: La transition climatique



- ✓ Le budget carbone du GIEC donne au monde sa feuille de route
- ✓ L'Accord de Paris est puissant et a déjà des impacts significatifs
- ✓ Équité et pragmatisme: L'action de l'Europe dans les pays émergents
- ✓ **Au cœur des solutions du GIEC, la sobriété, l'efficacité, l'électrification.**
- ✓ Conclusion, une révolution industrielle mondiale



Le groupe 3 du GIEC (wg3 AR6 et wg3 1.5C) cadre et détaille les solutions permettant de tenir les objectifs de l'Accord de Paris.

(*) Selon le GIEC, le défi de l'électrification –à hauteur des deux tiers du bilan énergétique en 2050- représente un défi bien plus difficile que la décarbonisation du système électrique pour lequel les solutions sont désormais moins chères que les fossiles.

Résumé des solutions

- Le chemin des 2°C et des 1,5°C est **physiquement, techniquement et financièrement possible...** politiquement très difficile.
- Selon le GIEC il faut « **sortir des fossiles** », le plus vite possible.
- Une constante : **l'électrification, le boom long terme de l'efficacité et des renouvelables (*)**.
- Des changements radicaux (industrie, transport, agriculture...) sur la base de **technologies existantes**

6^{ème} rapport du GIEC : Solutions



<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

Le 6^{ème} rapport décrit aussi l'échec du processus de Kyoto basé sur des réductions d'émissions peu effectives au final, même pour les parties contraintes (H. Winckler).

- Le climat est un bien commun, **une action collective globale est plus efficace** qu'une action individuelle.
- **L'innovation dans les technologies vertes**, et la création d'**infrastructures durables** ont les caractéristiques d'un bien public à encourager.
- L'amortissement long des investissements énergétiques crée **des irréversibilités et des verrous**. Attention à des choix « faussement raisonnables » de réduction pas assez radicales qui vont **verrouiller le changement (« lock-in »)** et créer des investissements « échoués » non amortissables.

Efficacité : il en reste [Source RTE]

Consommation unitaire des équipements				Efficacité énergétique		
Bientôt		Réfrigérateur	C 473 kWh	A+ 221 kWh	A+++ 119 kWh	-75%
		Congélateur indépendant	C 493 kWh	A+ 247 kWh	A+++ 135 kWh	-73%
		Lave-linge	C 251 kWh	A+ 183 kWh	A+++ 154 kWh	-39%
		Sèche-linge	C 434 kWh	A+ 242 kWh	A+++ 143 kWh	-67%
		Lave-vaisselle	C 303 kWh	A+ 216 kWh	A+++ 172 kWh	-43%
TIC		TV 42"	C 138 kWh	A+ 54 kWh	A+++ 24 kWh	-83%
		Informatique	Fixe 250 kWh	Portable 50 kWh	Tablette 10 kWh	-96%
Cuisson		Plaques électriques	Fonte 300 kWh	Vitrocéramique 230 kWh	Induction 180 kWh	-40%
		Four 60L	C 315 kWh	A+ 155 kWh	A+++ 84 kWh	-73%
Éclairage		Lampe 800 lumens	Incandescent 60 kWh	Halogène Éco 43 kWh	LED 10 kWh	-83%

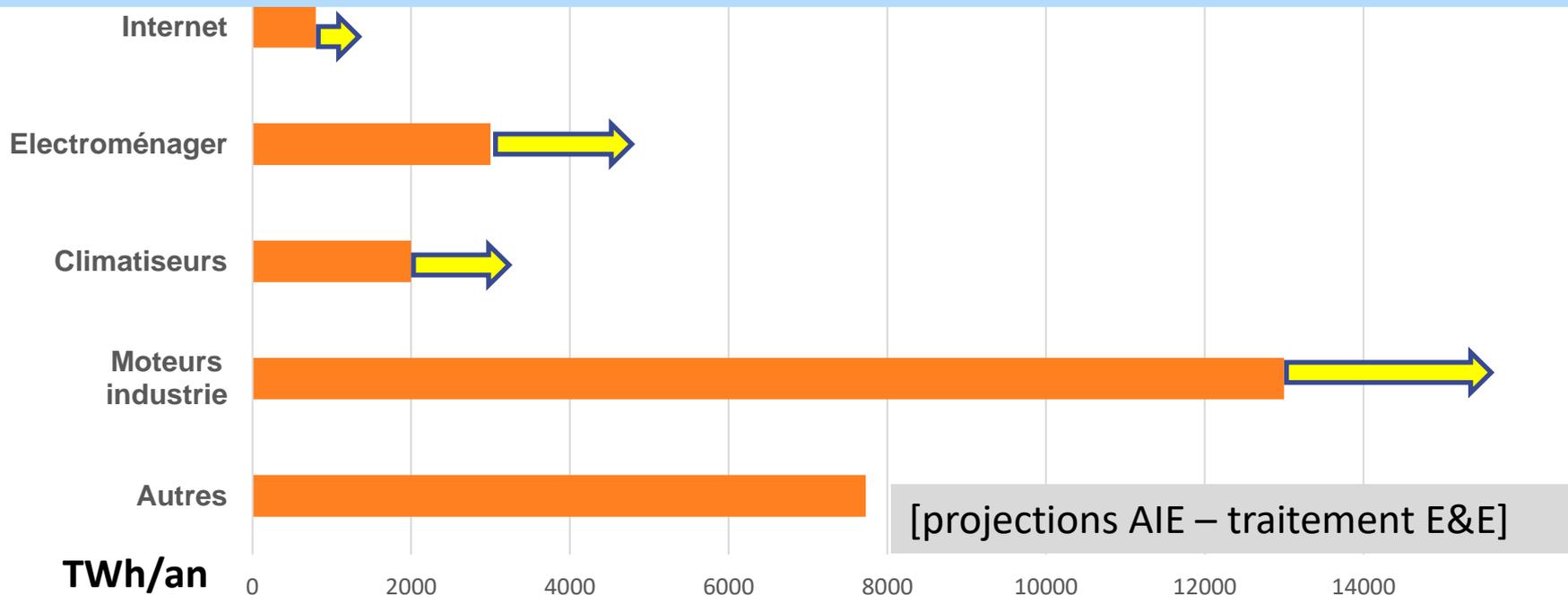
Nos équipements consomment de moins en moins d'énergie pour leur fonctionnement. Cette performance unitaire est liée à des **politiques de normalisation**, à des labels, et une sensibilisation des consommateurs et des professionnels. Résultat, les consommations électriques des ménages et du tertiaire en France ou dans l'UE sont en baisse tendancielle.

Selon RTE, l'adoption des technologies « top-ten » par un ménage français moyen **va encore diviser sa consommation d'électroménager par deux.**

Electricité: les secteurs en expansion

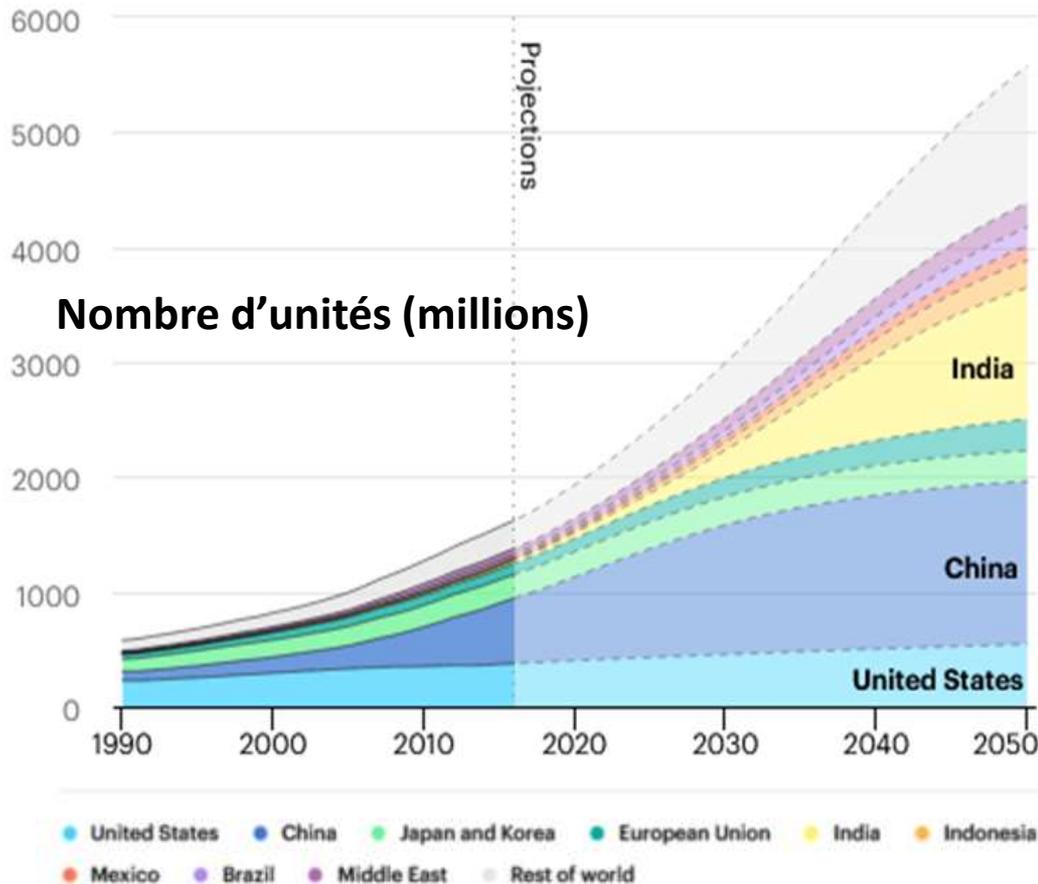
Monde: Demandes électriques d'ici 2030.

Evolution « laisser-faire » entre l'année 2019 et projection sur 2030 (flèches jaunes)



Internet est important... mais la climatisation, l'électroménager ou les moteurs ont des croissances mondiales tout aussi préoccupantes, liées surtout à l'augmentation des taux d'équipements. Par ailleurs, **un kWh sur deux dans le monde est consommé par un moteur industriel**, en majorité non normé et non optimisé

Climatiseurs



Avec déjà **2 milliards d'unités en service**, l'air-conditionné détermine aussi la pointe de consommation électrique dans la majorité des pays. 68% des appareils sont domestiques. Seulement 10% des ménages ont un climatiseur dans les pays où la température moyenne dépasse 25°C.

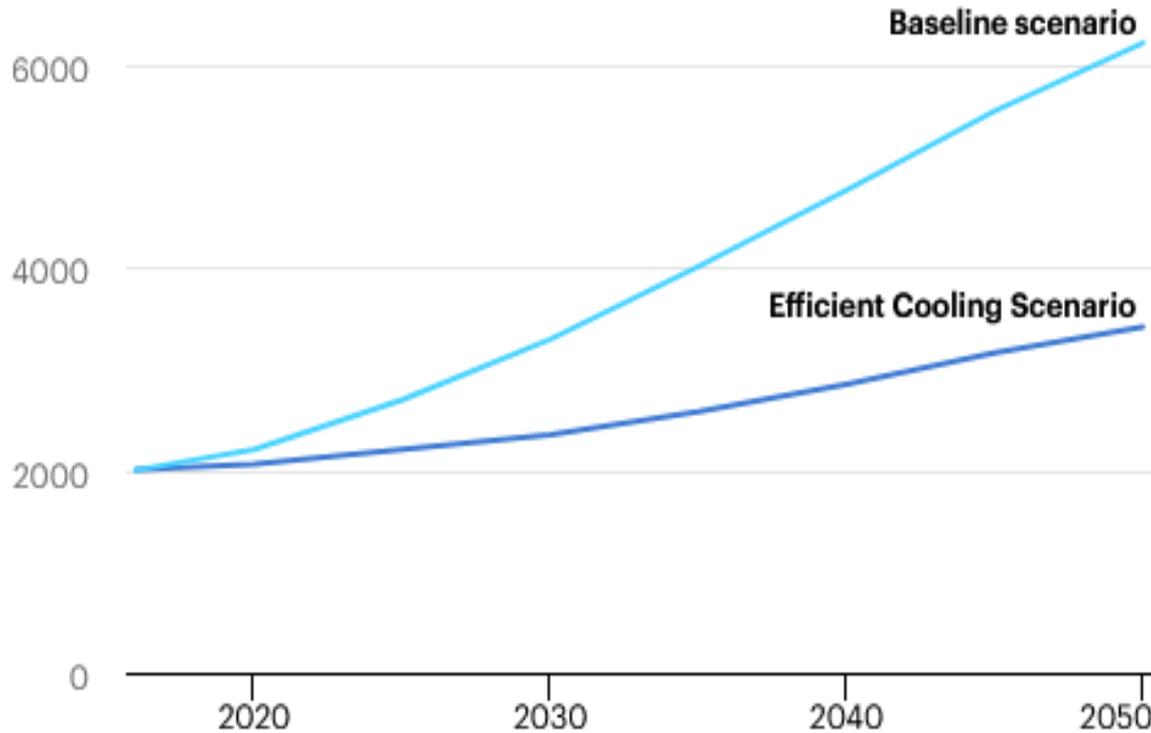
Dans l'habitat mondial, le **principal déterminant** de l'augmentation de la consommation est **la climatisation**. Elle pourrait dépasser **+70%** d'ici dix ans. Plus que le réchauffement, c'est **l'urbanisation** et la **sortie de la pauvreté** qui l'explique. La **sobriété** ou les **techniques vernaculaires** ne répondent que marginalement à ces évolutions au Sud.

<https://www.iea.org/reports/cooling#tracking-progress>

L'outil de normalisation

TWh

Consommation des climatiseurs avec et sans norme généralisée

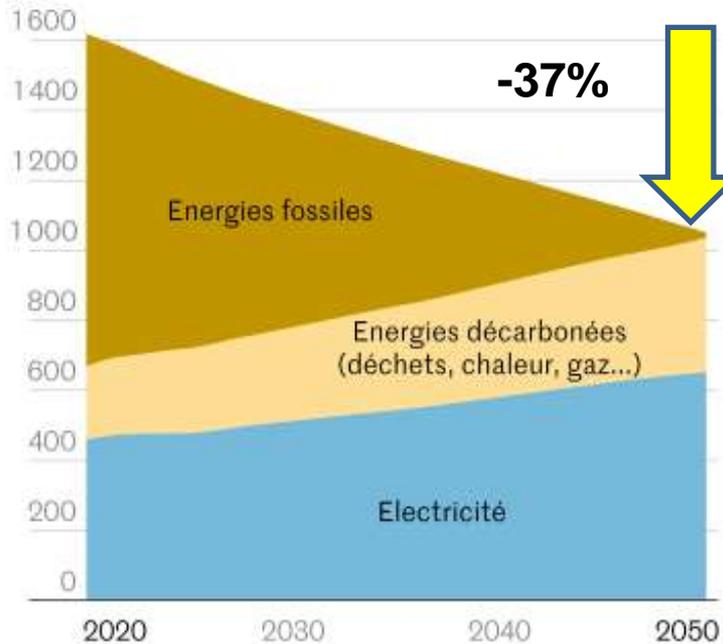


Seuls un tiers des climatiseurs sont concernés par une norme...

C'est l'un des plus importants potentiels techniques au monde (2500 TWh), équivalent à 350 centrales nucléaires de 1 GW [total actuel 420 GW]

La croissance de l'air-conditionné et les potentiels d'efficacité entre 2016 et 2050. La plus grande partie de la croissance se produit dans les pays émergents.

La baisse de la demande est actée



Décarboner la France suppose d'abord une baisse des consommations (quel que soit le scénario d'offre). Présentation de la **Stratégie Nationale Bas Carbone de la France (SNBC)** [Infographie du Monde le 25/10/2021].

La focalisation des débats sur le « match nucléaire-renouvelables » n'aide pas à comprendre l'essentiel. Pour décarboner la France et le monde, une majorité d'experts et d'organismes ne proposent plus de scénario de croissance des consommations d'énergie.

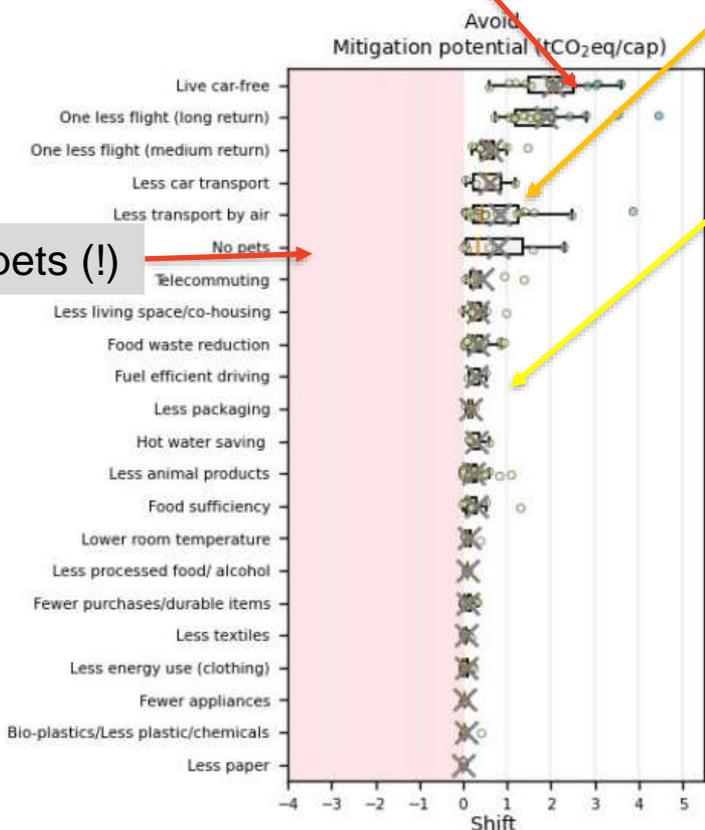
Ce n'est pas la « décroissance », car une grande partie de cette baisse est inscrite dans la modernisation de l'industrie et du transport. Elle provient aussi de la multiplication des convertisseurs sans pertes thermiques (auto électrique, pompes à chaleur, moteurs...). Le reste vient de la sobriété et de l'efficacité, deux notions avant tout collectives et systémiques.



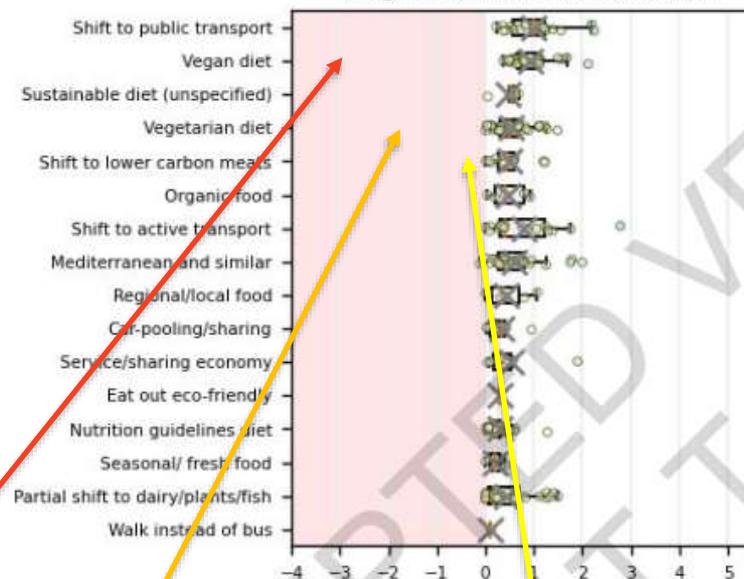
Sobriété: même le GIEC s'y met

Le chapitre 5 de la 6^{ème} revue du GIEC montre bien la complémentarité entre la **sobriété radicale** de quelques uns et la **restriction plus modeste** de toute la population. La sobriété à grande échelle pose la question des consensus (par ex. « **no pets ?** »), alors que l'efficacité a un impact **plus systématique** et démontré.

Vivre sans auto / moins d'auto / conduite efficace



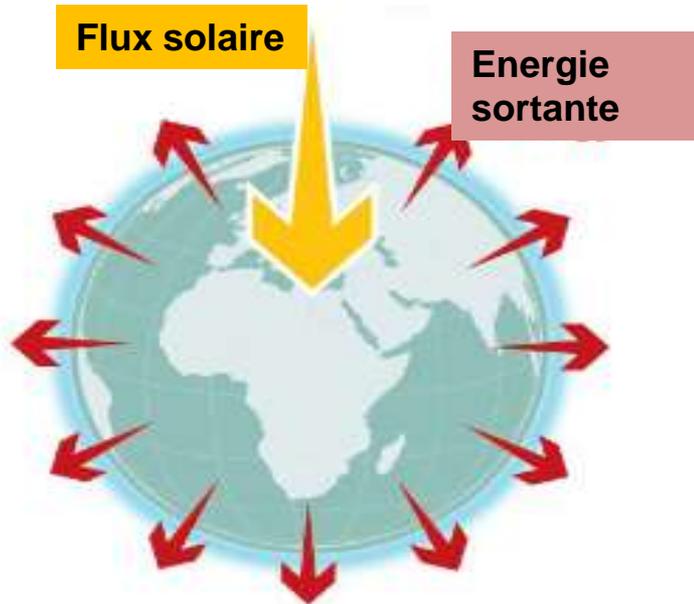
Mitigation potential (tCO₂eq/cap)



Vegan <> Vegetarien <> Plus de viande rouge

[figure 5.8] AR6 2022

Plan: La transition climatique



- ✓ Le budget carbone du GIEC donne au monde sa feuille de route
- ✓ L'Accord de Paris est puissant et a déjà des impacts significatifs
- ✓ Équité et pragmatisme: L'action de l'Europe dans les pays émergents
- ✓ Au cœur des solutions du GIEC, la sobriété, l'efficacité, l'électrification.
- ✓ **Conclusion, une révolution industrielle mondiale**

Et le « zéro carbone »?



<https://www.net-zero-initiative.com/fr>

Pour s'y retrouver, une piste sérieuse est le travail « **Net Zero Initiative** » porté par César Dugast et al. de Carbone4 avec d'autres think tanks. Ce cadre **sépare nettement les comptes entre bilan carbone de l'entreprise et initiatives extérieures**. Ces dernières sont encouragées mais pas « additionnées ». La réduction est prioritaire, la séquestration et l'évitement ne sont pas « fongibles ».

L'idée du zero net est un **succès important des défenseurs du climat**, dans l'Accord de Paris et dans les débats. Elle a changé la donne pour les états et les entreprises : tout le monde veut être zero carbone. En deux ans (2019-2022), plus des deux tiers du PIB global sont désormais couverts par un tel objectif.

La « neutralité carbone » à l'échelle des acteurs est à la mode mais n'est pas demandée par les traités.

(*) <https://rmi.org/four-questions-ceos-must-answer-this-year-to-achieve-net-zero/>



La centrale de Eemshaven (NL) fonctionne au charbon et à la biomasse depuis 2015. Elle comprend deux unités de 770 MW. Le propriétaire, l'allemand RWE, s'oppose à sa fermeture imposée par le plan climat aux Pays-Bas. La firme allemande invoque la **Charte Européenne de l'Energie** qui donne aux investisseurs des droits de recours privilégiés.

<https://caneurope.org/german-energy-rwe-energy-charter-treaty-claims-netherlands/>

Les « sunk costs »

Les « sunk costs » ou **coûts échoués**, correspondent à des investissements autorisés par le régulateur, mais devenues inutiles à cause d'un **nouveau cadre** réglementaire.

Le fournisseur (notamment le concessionnaire d'une délégation de service public DSP) est fondé à demander une indemnisation négociée ou contentieuse. Cette indemnisation doit être **en rapport** avec les pertes subies. Cette situation sera de plus en plus fréquente selon le GIEC. Pour la PME mal conseillée, le seul temps de retour (même avec une prime aux réductions d'émissions) risque d'induire une mauvaise programmation des dépenses. Elle reste alors engluée avec un équipement trop vite obsolète.



Les barrières

De nombreux freins existent vis-à-vis de l'efficacité énergétique, qui limitent la mise en œuvre des potentiels ou la renchérissent.



De nombreuses barrières restent **spécifiques aux PME**:

Peu **d'offres spécifiques d'équipements** par rapport aux industries fortes consommatrices (exemple de la papeterie avec quatre acteurs... et zéro en PME). Réseau gaz-électricité, assurances, banques, vérificateurs de sécurité... sont **réticents** et retardent l'action.

Une attention **encore faible** des pouvoirs publics et de l'ADEME

Enfin c'est **l'attention limitée du dirigeant ou du gestionnaire** qui limite l'action.

L'action CO2 peut être une vraie **marque de différenciation** pour des entreprises qui veulent attirer des jeunes : transports routiers, agro-alimentaire, bureaux d'études...





TPE-PME, comment réussir le passage à la neutralité carbone ?

Antoine Bonduelle et Stéphanie Goujon

Rapport du CESE

<https://www.lecese.fr/travaux-publies/tpe-pme-comment-reussir-le-passage-la-neutralite-carbone>

Pour les PME-TPE

Les émissions des PME-TPE représentent une part non négligeable de 12 à 14% des GES en France (soit la moitié de l'industrie). Cela inclut le chauffage des bureaux, le trajets des salariés, les véhicules utilitaires, les fournitures de la construction, la cuisson des artisans dans le tertiaire.

<https://www.ee-consultant.fr/?Combien-emettent-les-PME-TPE>

274 grandes entreprises, 5322 ETI, représentent 99,5% de l'énergie de procédé en France. En face, 4 millions de TPE, 4,8 millions de camionnettes, la moitié des salariés du privé, deux tiers du tertiaire en cafés, restaurants, boutiques, une grande part des bureaux, et un tiers des routiers. Côté approvisionnement, le maçon est le premier acheteur de ciment...

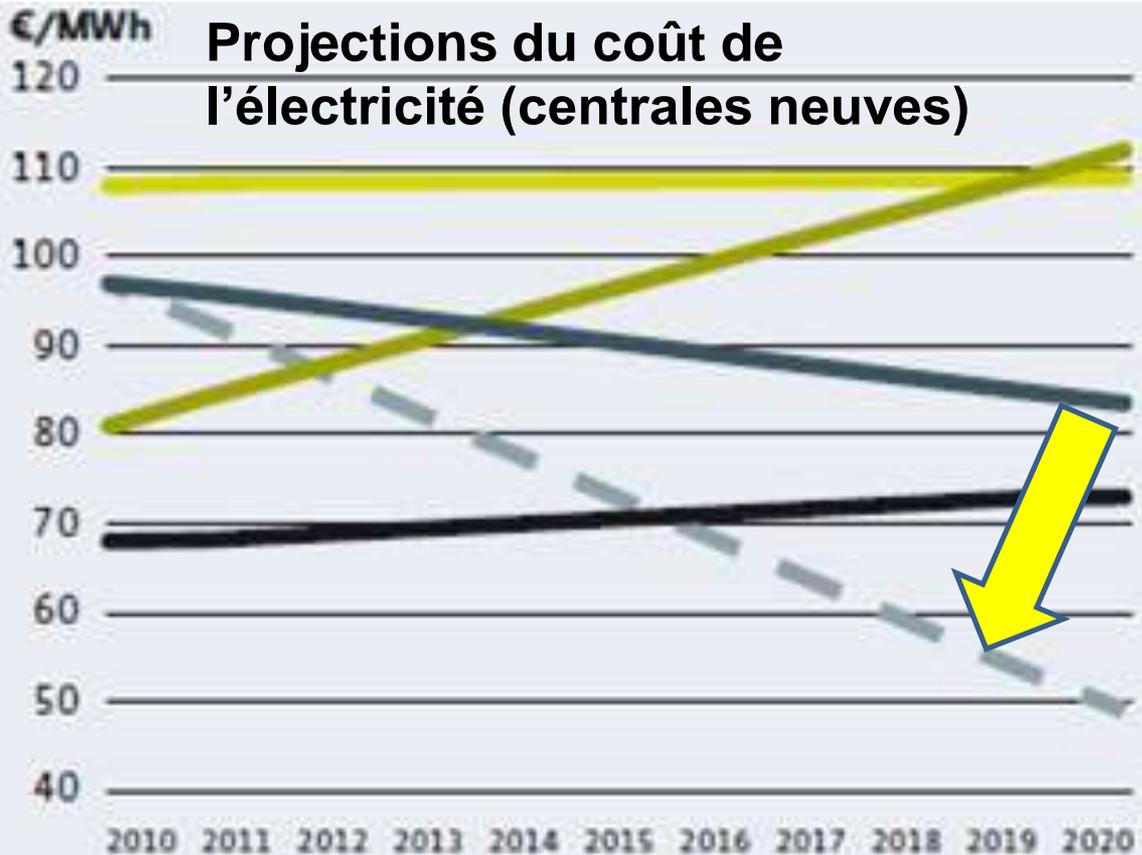


Bières d'Abbayes. De gauche à droite, la Achel, la Westvleteren, la Rochefort. Selon Pierre Musso, le développement de la méthode industrielle (heures fixes, ateliers, recettes éprouvées...) s'est développé dans les monastères. « *La Religion industrielle. Monastère, manufacture, usine. Une généalogie de l'entreprise* », Fayard, Paris, 2017.

L'industrie

L'observation montre que les coûts unitaires baissent **en fonction des productions cumulées** si les conditions sont maîtrisées. La **série reproductible** est consubstantielle de la notion d'industrie

Un enjeu essentiel est de les mettre ces gains au service de la transition et du développement, en limitant les effets rebond [*par exemple, Ford crée son marché en abaissant toujours les prix, il induit un réseau routier et un urbanismes toujours plus dépendants de l'auto*].



La projection estimée à l'époque par l'industrie, déjà favorable à l'éolien posé offshore (en grisé) laisse la place à une évolution gagnante sans subvention. Le sort du charbon est plié. A noter que la courbe se lit « à distance et profondeur constante ».

Rapport de 2013 ici: https://winddenmark.dk/sites/windpower.org/files/media/document/Megavind_-_The_Danish_Wind_Power_Hub.pdf

Megavind-DK

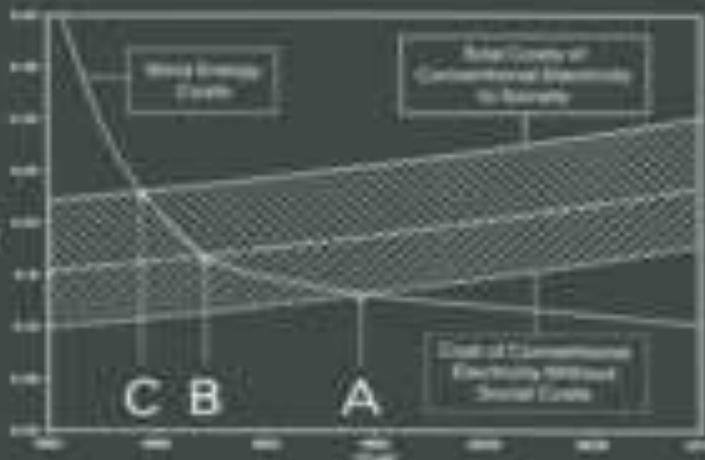
« Baisser les coûts de moitié après 2020 »

En 2007, Siemens-Bonus parie d'être moins cher que charbon et gaz avant 2020 : la feuille de route inclut la logistique d'installation, la turbine, la disponibilité annuelle, les fondations... le gouvernement danois investit 1 milliard d'Euro. **Objectif atteint.**

Olav Hohmeyer

Social Costs of Energy Consumption

Springer Verlag



Social Costs of Energy Consumption, Springer Verlag 1988, Olav Hohmeyer.

Bande son de circonstance:

<https://www.youtube.com/watch?v=nULs4JW3tPI>

Qui aurait pu prévoir?

Baisse de coût des Energies Renouvelables sur 40 ans. En 1988, Olav Hohmeyer, professeur à Oldenburg (Basse-Saxe), prévoit pour **2017** le croisement entre l'électricité éolienne et solaire avec les sources fossiles (gaz) en se basant sur les courbes d'apprentissage.

Il montre que le marché croit exponentiellement conjointement avec la baisse des coûts.

Il prévoit un croisement dix ans plus tôt si l'on applique une **taxation carbone-environnement**.

Il vise étonnamment juste.

Conclusion



L'ICAM face aux défis des transitions climatiques

- Une révolution industrielle liée à la **transition climatique** est en cours et même s'accélère avec les crises présentes.
- L'action des ingénieurs et des entreprises sera cruciale pour ces changements. C'est le cas pour **l'efficacité énergétique** et **l'électrification** en particulier dans les pays émergents mais aussi dans le tissu économique français.
- Le rôle des ICAM est de porter une vision positive, concrète, mais aussi **porteuse de développement et d'équité** dans cette transition

Les vues présentées sont extraites d'une série de cours (12h à 28h) présentés à titre professionnel ou intégrés à l'enseignement d'écoles d'ingénieurs dont IMT-NE Douai, Université de Nice, IMT-SudTelecom Evry, EIL-ULCO Dunkerque... et même l'ICAM. Merci pour votre attention. Antoine Bonduelle contact@ee-consultant.fr