

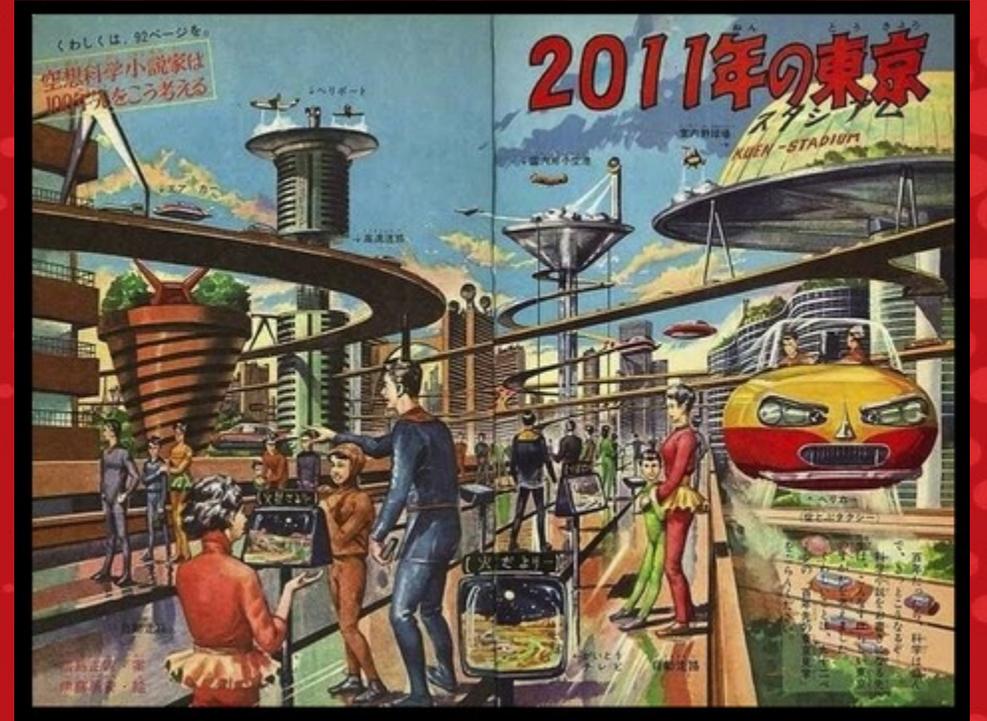


DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

Quelle mobilité pour demain ?

5 avril 2022

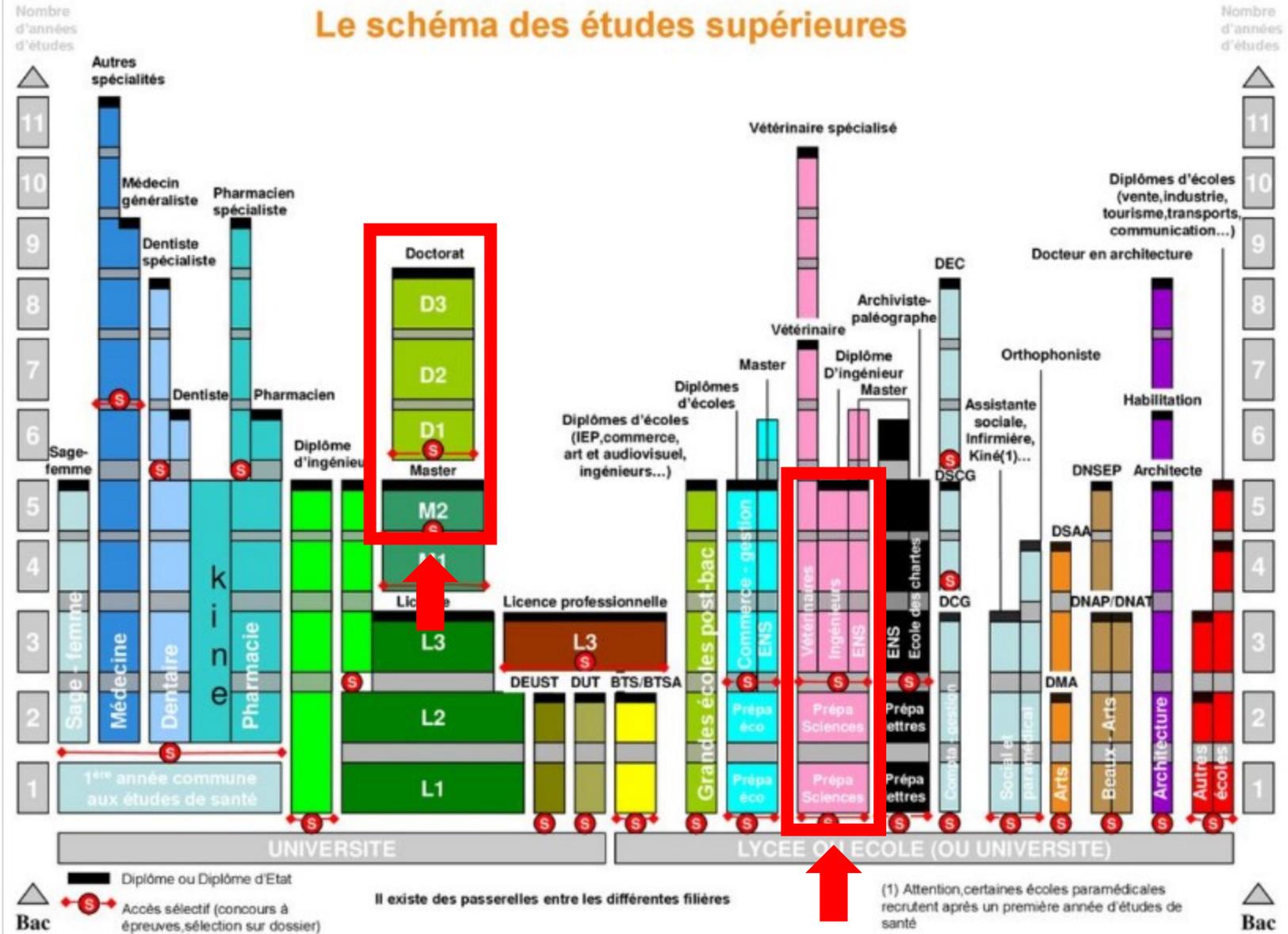
Boris BERSENEFF



- ▶ **Votre intervenant**
- ▶ **Pétrole, énergie, changement climatique...**
- ▶ **Quelques réflexions autour de la mobilité de demain**

Votre intervenant

Mon parcours



Mon métier

Ingénieur



QUIZ Es-tu fait pour une école d'ingénieurs ? | sup-orientation.com



Ecoles d'ingénieurs : qu'est-ce qu'être Ingénieur ? - Studyrama ... grandes-ecoles.studyrama.com



Il y a toujours aussi peu de femmes chez les In... étudiant.lefigaro.fr



https://www.usinenouvelle.com/mediatheque... usinenouvelle.com



Ingénieurs: cinq parcours d'avenir - L'Express leexpress.fr



Devenir Ingénieur en informatique industrielle - Fiche métier ... studyrama.com



Comment devenir Ingénieur en G...



Fiche métier : Ingénieur - Technicien Essais



D- Fiche métier Ingénieur en informatique...



Fiche métier : Ingénieur optronique



Comprendre le travail du chercheur : de la ... fondation-elzheimer.org



Chercheur - Fiche métier - Emploipublic Infos.emploi-public.fr



Qu'est-ce qu'un bon chercheur ? franceculture.fr



Devenir chercheur en Sciences de la Vi... vaincreelzheimer.org



Fiche métier Chercheur en sciences (H/F) | quefrance-emploi.com



Thèse Jeune Chercheur Entrepreneur 2016 (volet E... europe-bfc.eu



Devenir chercheur : métier de chercheur guide-made-emploi.com



Vis ma vie de chercheur en Fra... lepoint.fr



Chercheur en biologie - Toulouse out ! toulousegout.canalblog.com



Chercheur : un métier à risques ? - Sciences et A... sciencesetavenir.fr



Les métiers de la recherche scientifi... orientation-pour-tous.fr



Comment devenir Chercheur au CNRS ... fichemetier.fr

Ingénieur.e

Résout des **problèmes techniques** en utilisant des compétences et connaissances **techniques et scientifiques**.

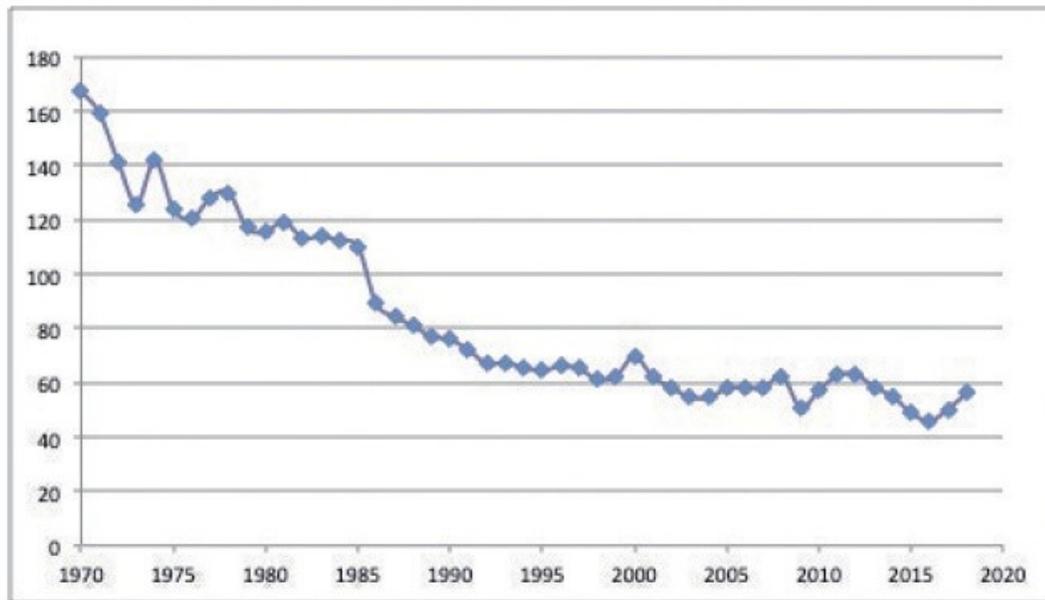
Chercheur.se

Développe des **nouvelles connaissances** techniques et scientifiques.

Pétrole, énergie, changement climatique...

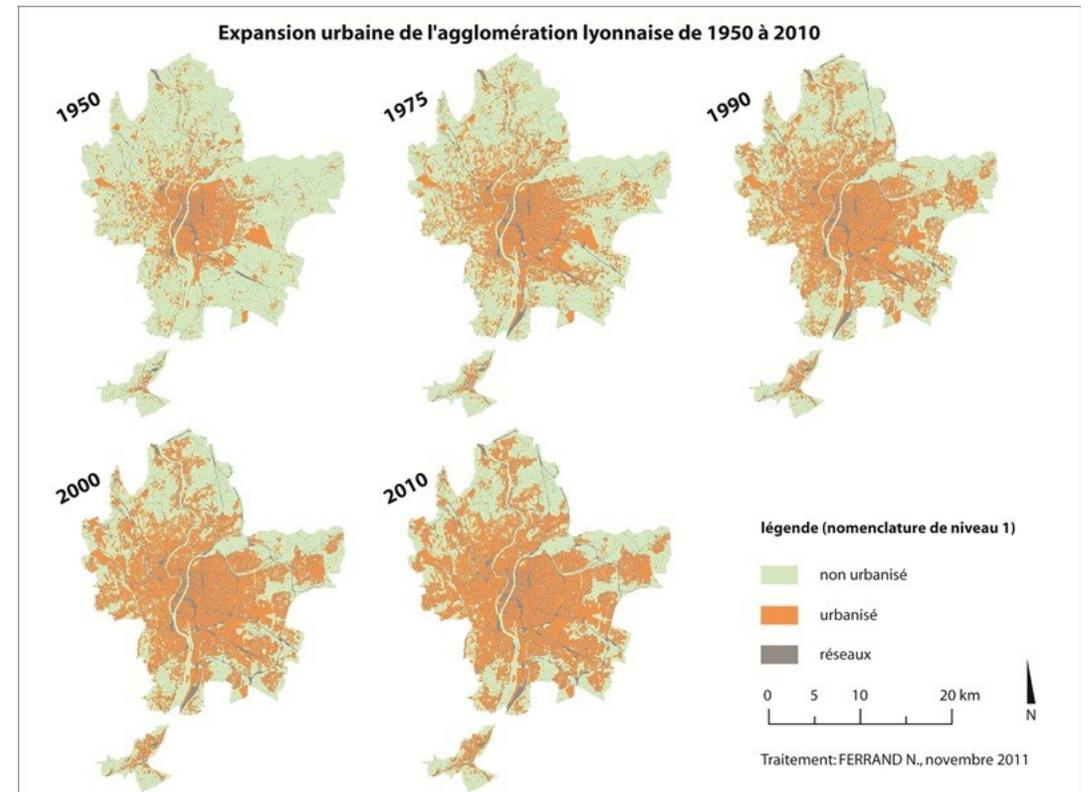
Non les carburants ne sont pas chers !

- ▶ Mais l'étalement urbain s'amplifie
- ▶ Et donc les distances parcourues et donc le coût des déplacements



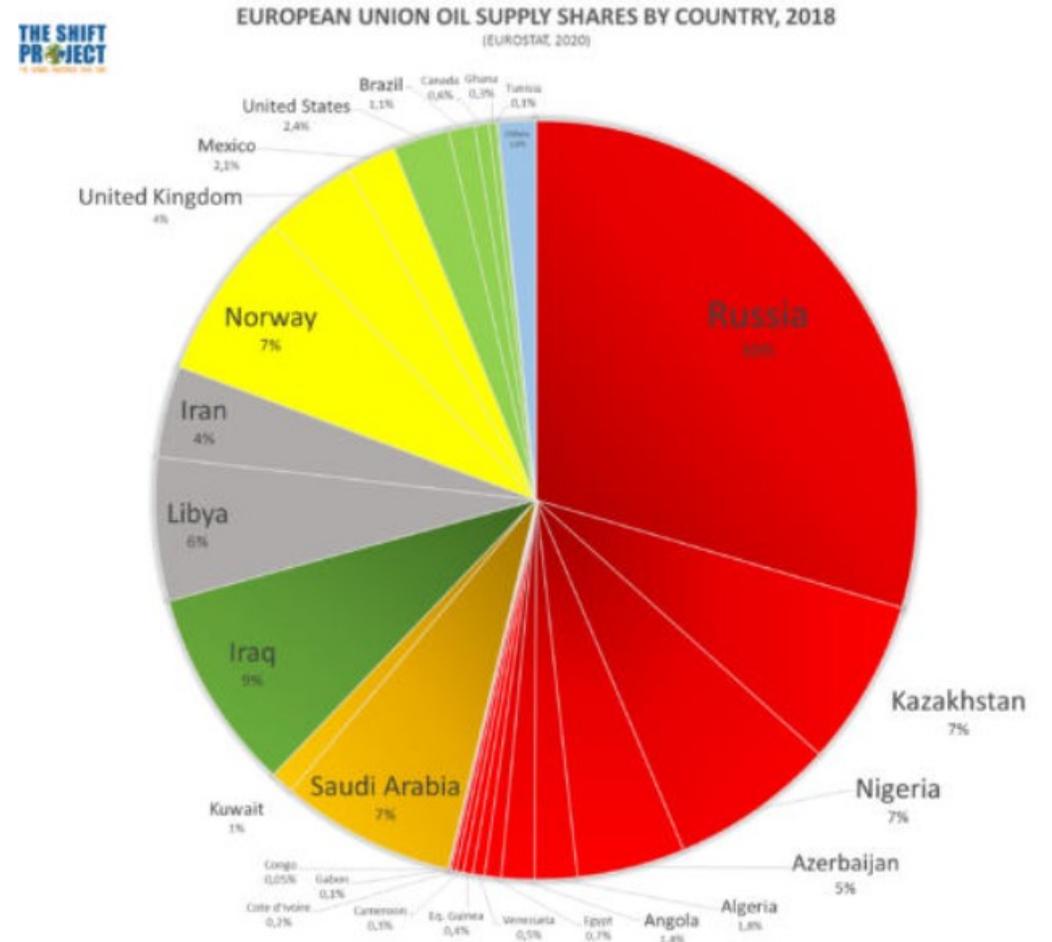
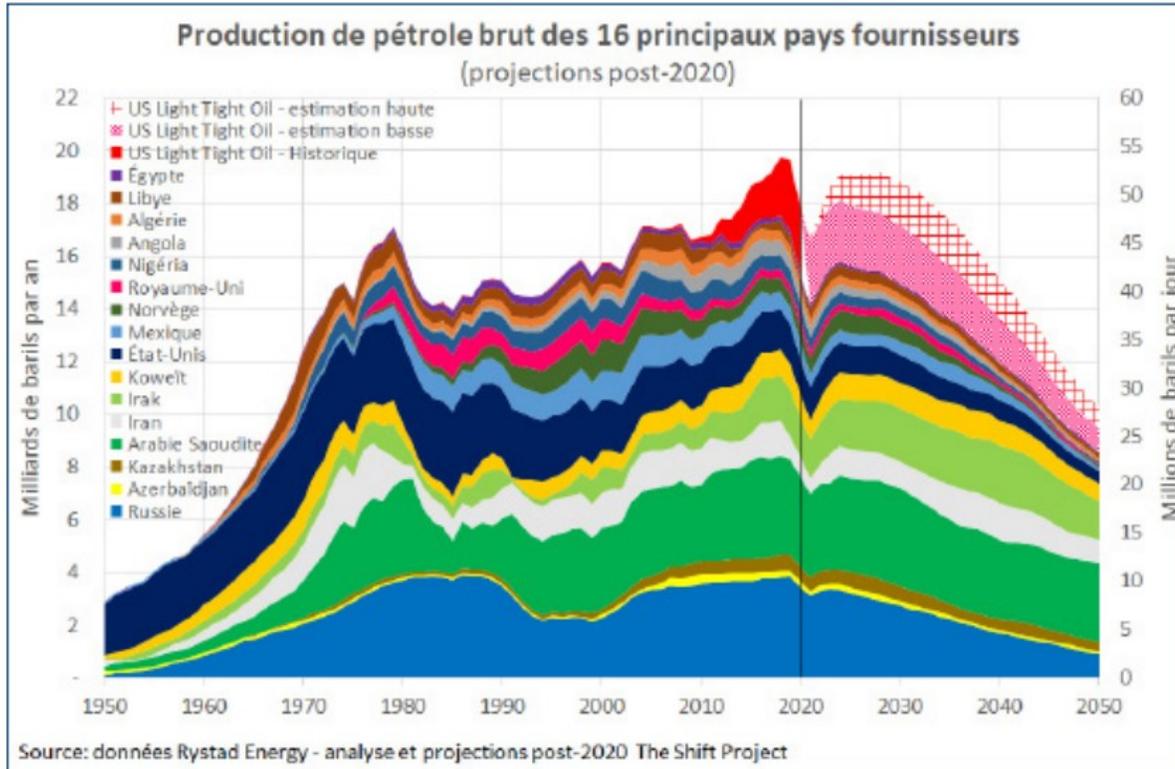
**Nombre de minutes de travail payé au SMIC
pour acheter le carburant nécessaire pour
parcourir 100 km**

<https://www.cairn.info/revue-transports-urbains-2019-2-page-29.htm>



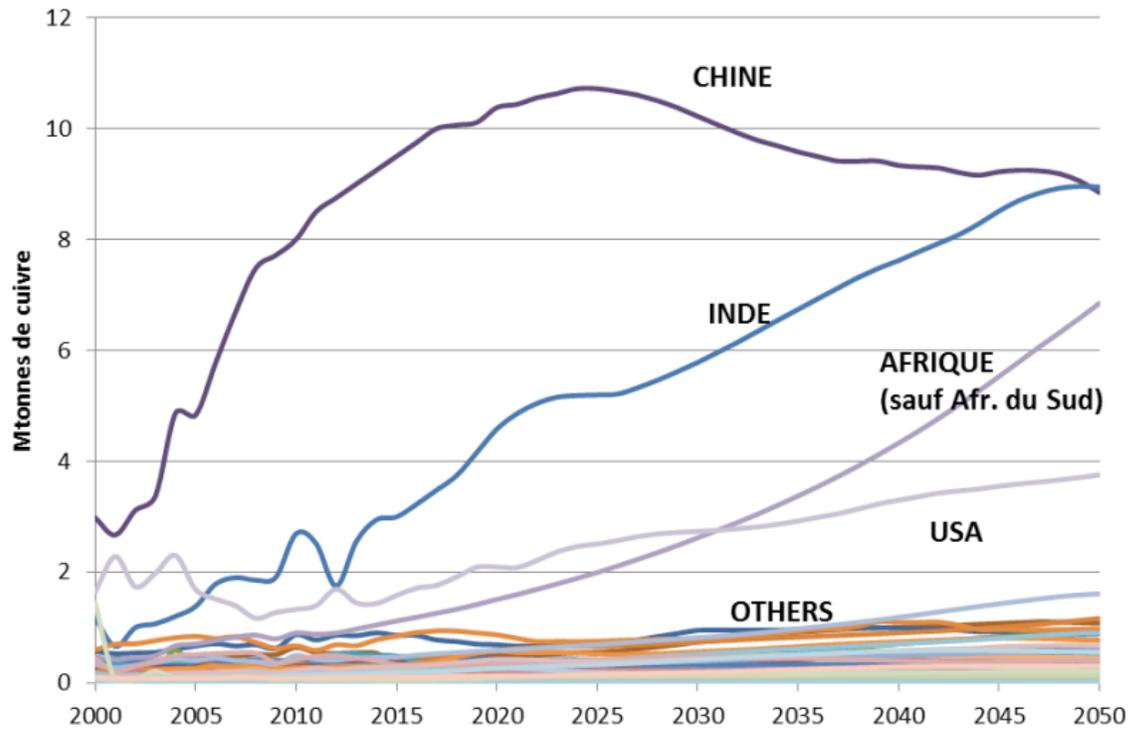
<https://www.projetsdepaysage.fr/tude-du-d-veloppement-de-l-agglom-ration-lyonnaise-depuis-1950>

Pas pour tout le monde !

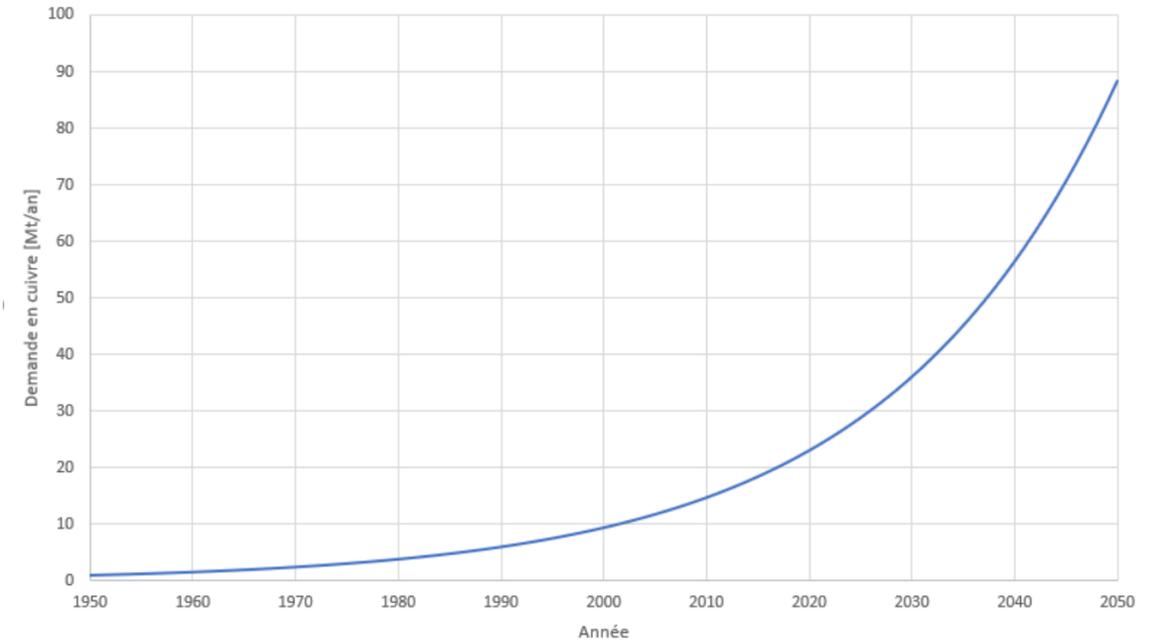


Transport = 70% de la facture pétrolière française (50 Mtep/73 Mtep)

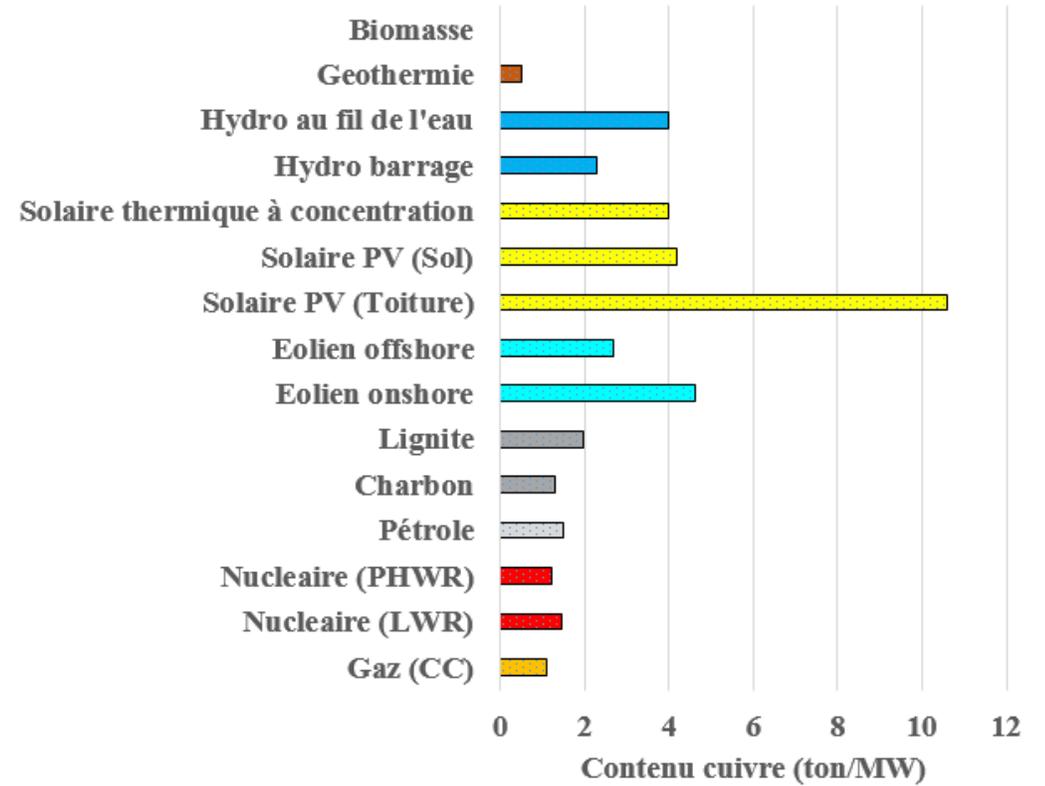
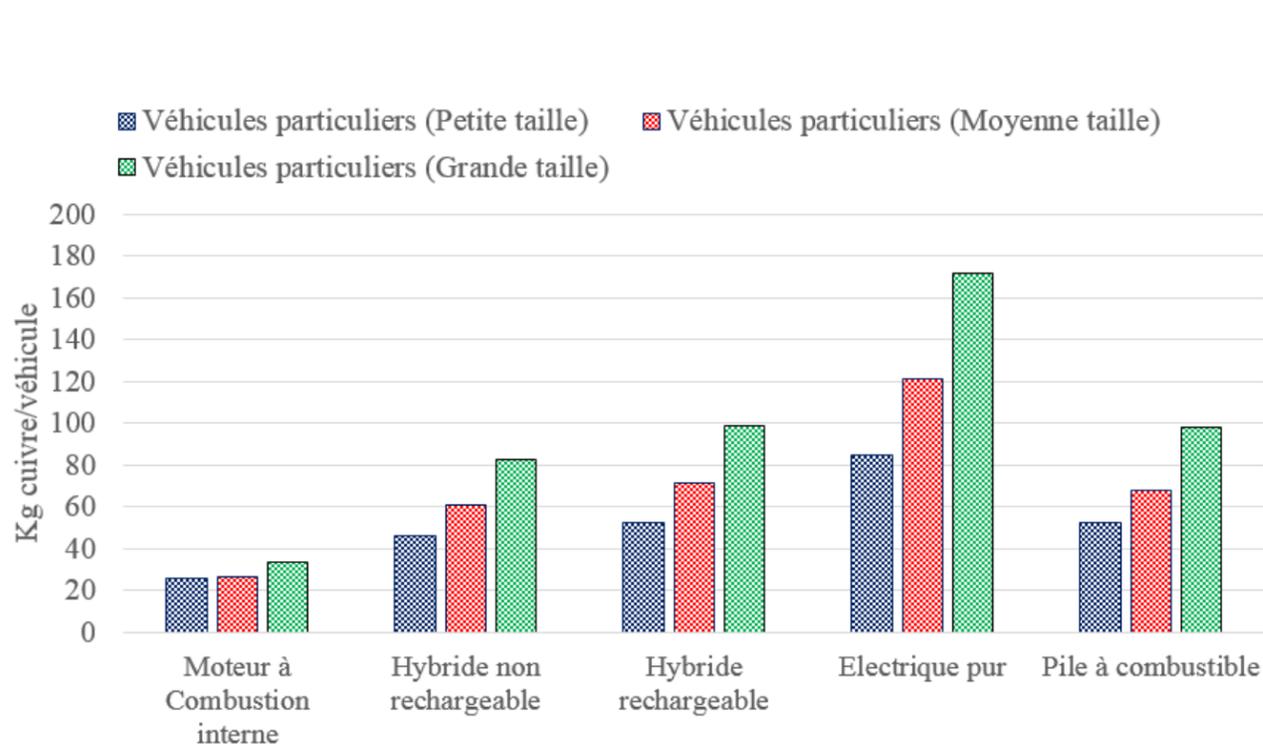
Consommation de cuivre raffiné par pays



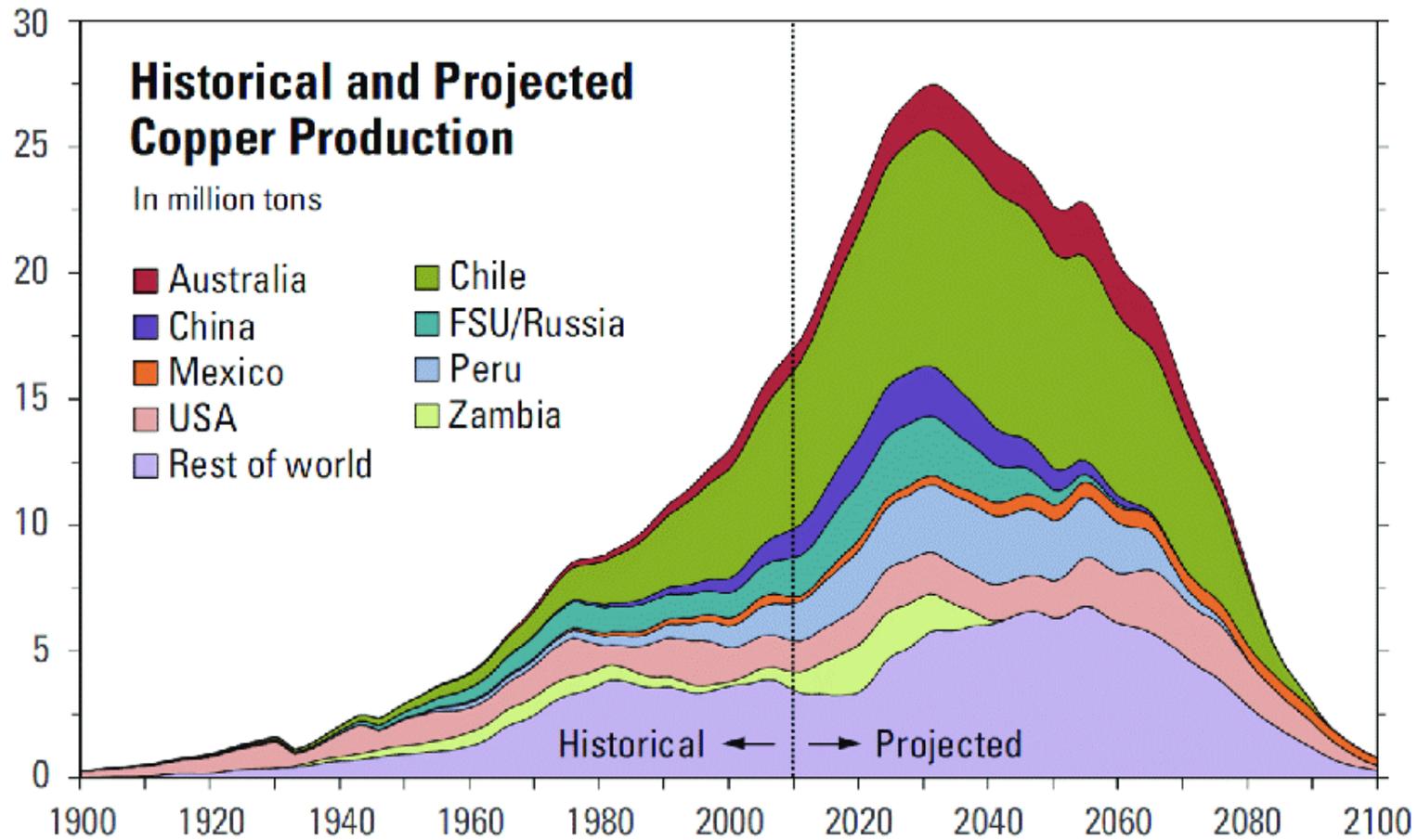
Demande annuelle en cuivre (projection à partir de 2015)



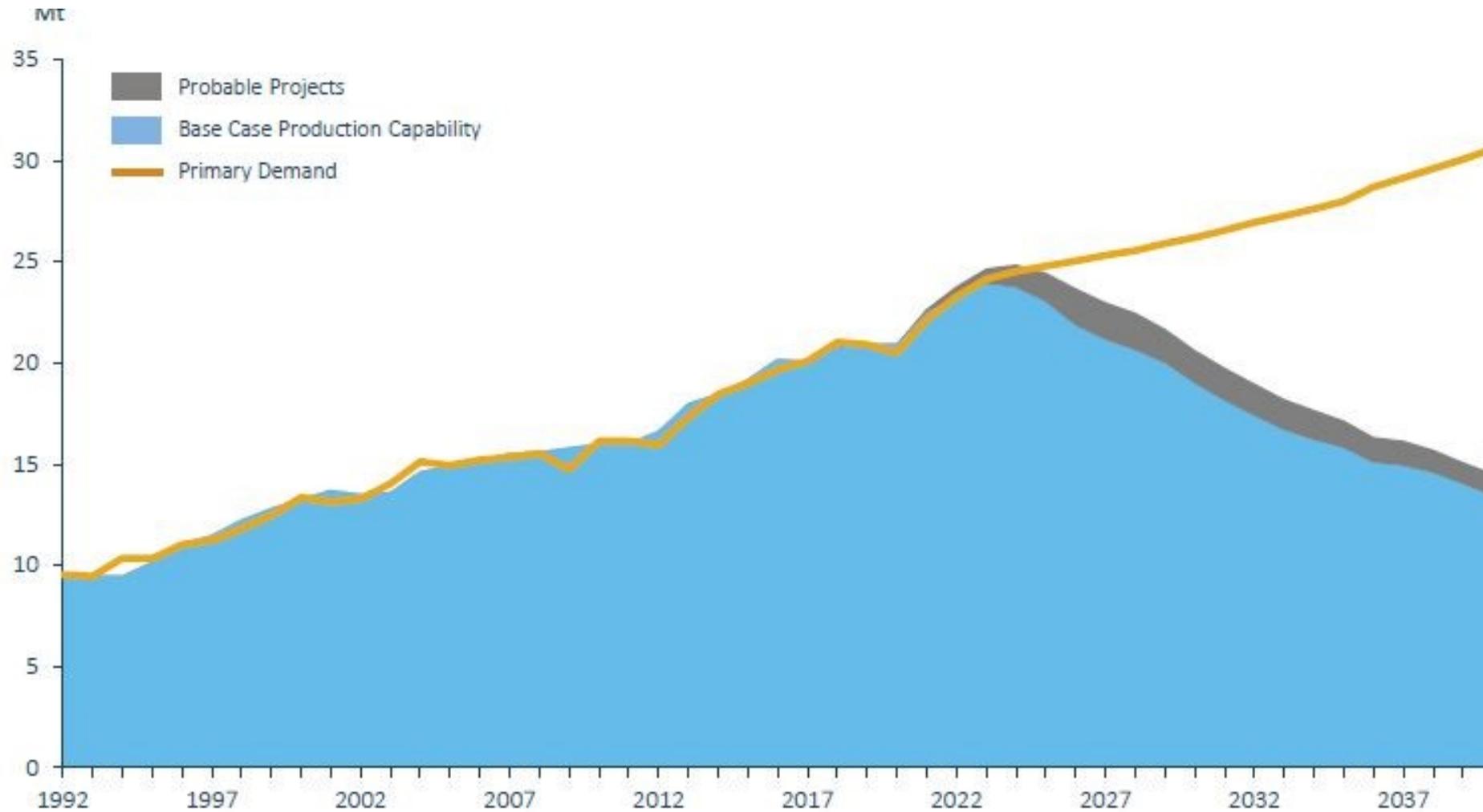
https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01503020/file/RENEVIER_4PAGES.pdf



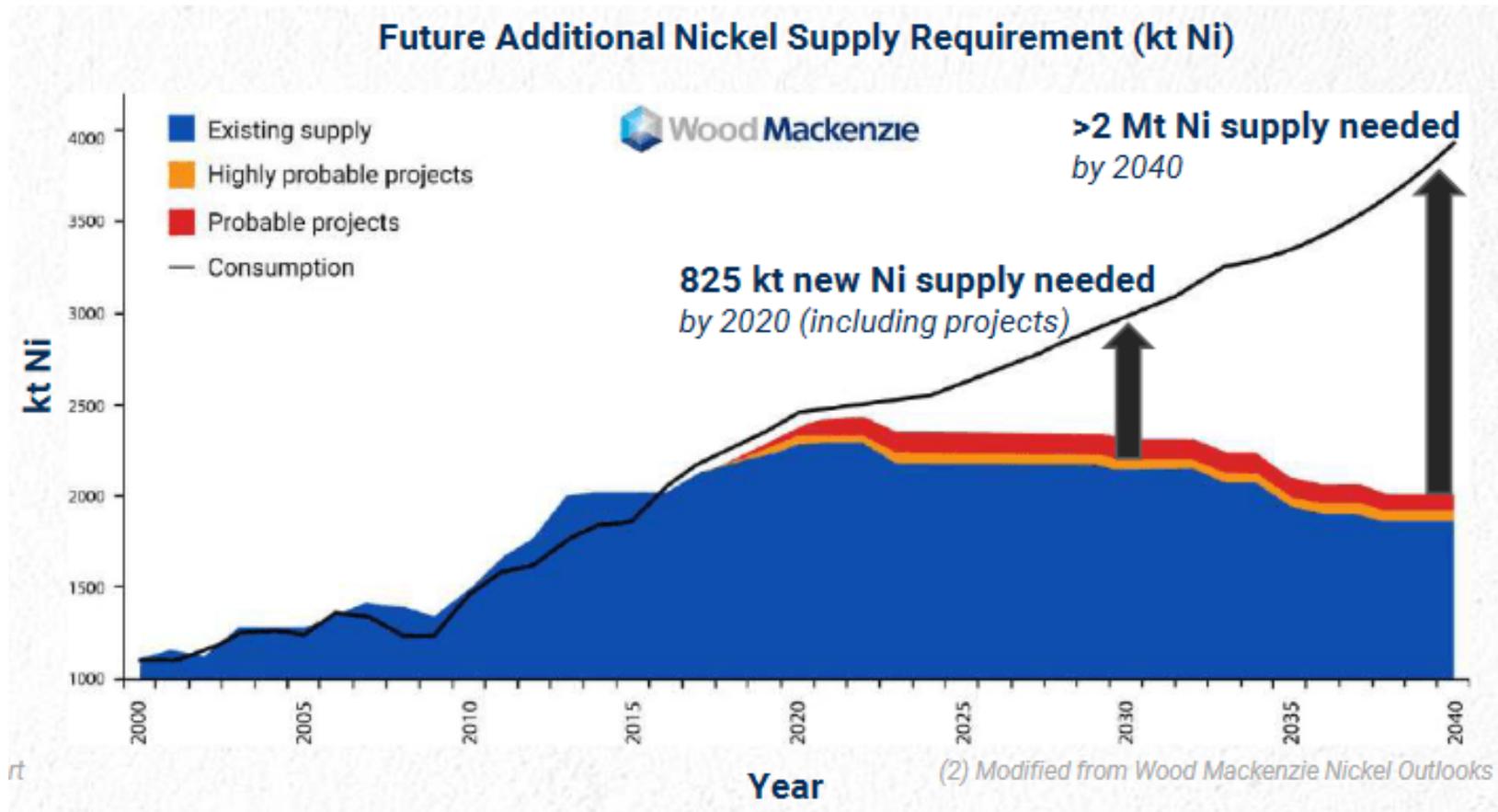
<https://storymaps.arcgis.com/stories/a35a29a8987d440c8dc2c2d4e420bec6>



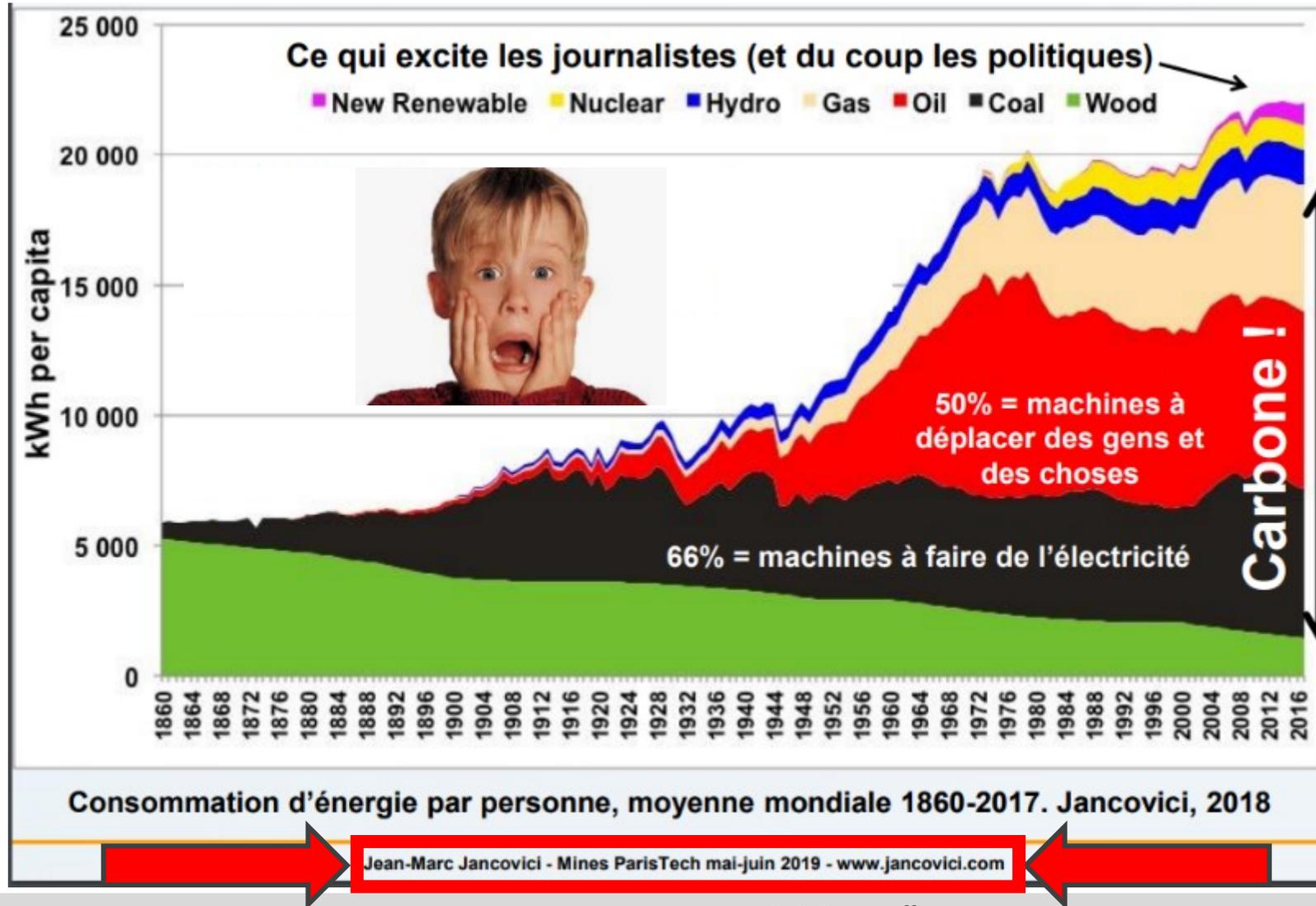
<https://storymaps.arcgis.com/stories/a35a29a8987d440c8dc2c2d4e420bec6>



Source: Wood Mackenzie October 2020



L'énergie, dans le monde, c'est principalement des énergies fossiles !



Au fait, l'énergie, qu'est-ce que c'est ?

L'énergie c'est ce qui quantifie la transformation de l'environnement

Utilisez de l'énergie c'est **extraire de l'énergie de son environnement** et la transformer avec un convertisseur (loi de conservation de l'énergie)

La seule énergie que les hommes peuvent convertir en direct, c'est la biomasse et ses dérivés comestibles



Pour utiliser « plus puissant que soi » il faut un autre convertisseur, et l'énergie qui l'alimente




« Utiliser de plus en plus d'énergie », c'est aujourd'hui en pratique « commander de plus en plus de machinerie »

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

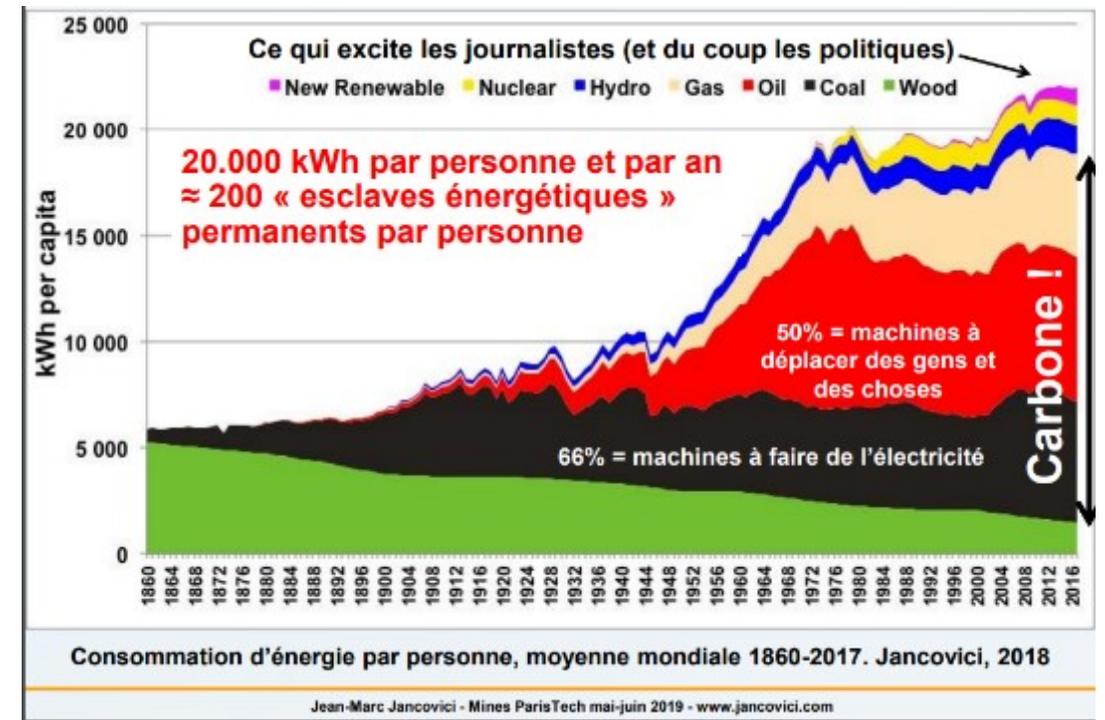
Notre monde moderne est un monde très énergivore et qui fonctionne principalement au pétrole et au charbon car ces **énergies fossiles sont quasi gratuites** (eu égard aux services rendus)

L'homme produit avec machine, ou la machine produit avec hommes ?



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Coût du travail manuel : **2000 €**/kWh (bras) \curvearrowright /5000
 Coût du pétrole utile : **0.4 €**/kWh

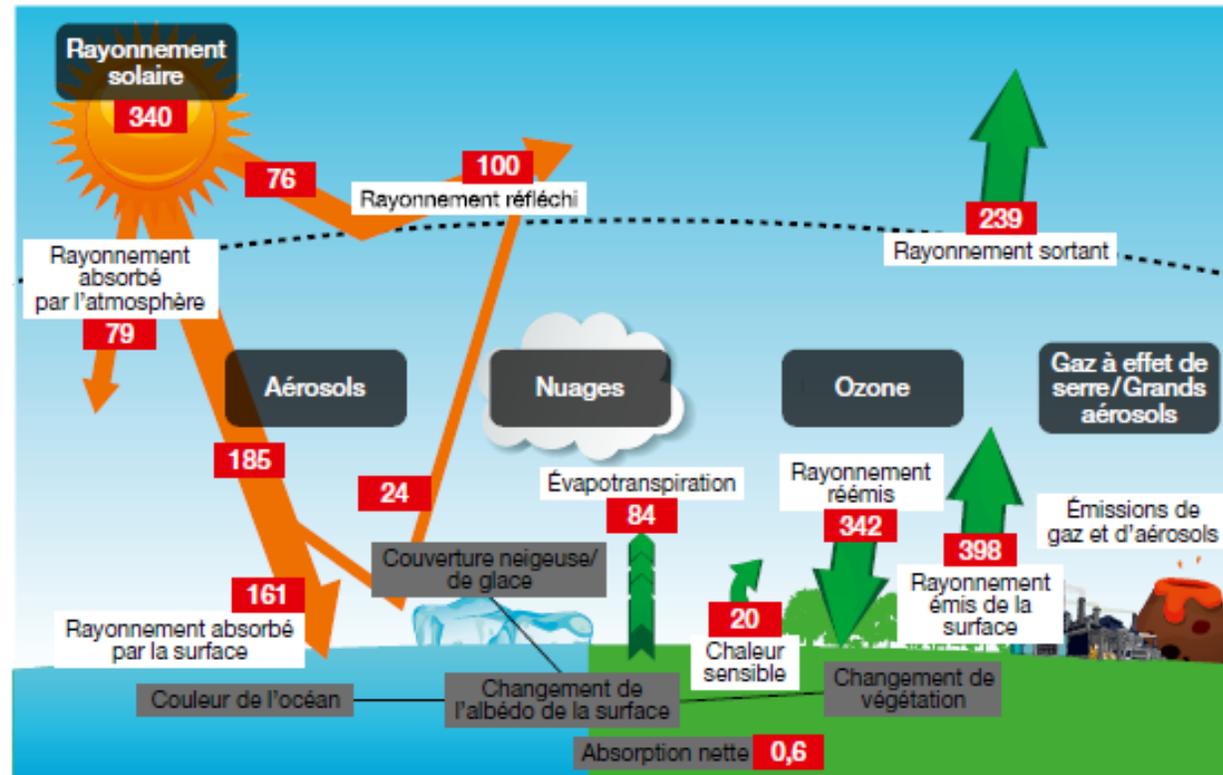


C'est quoi le problème avec les énergies fossiles ?

Causes du changement climatique

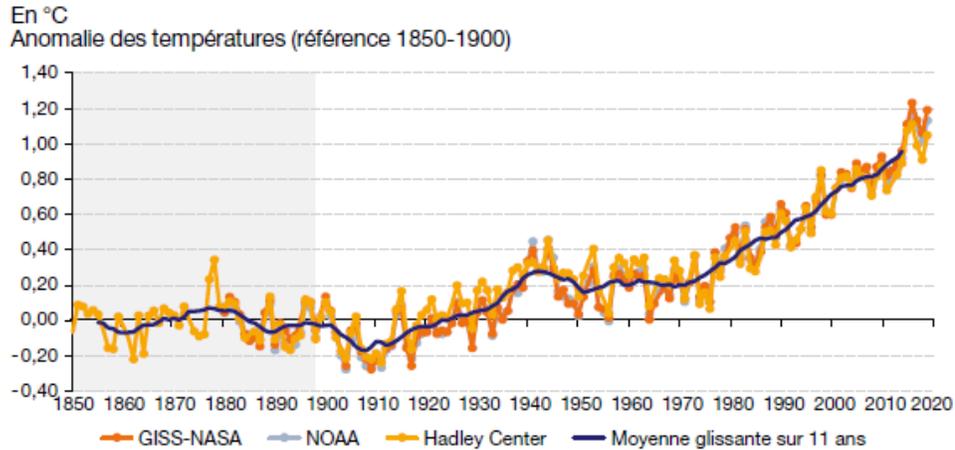
L'EFFET DE SERRE NATUREL ET SES PERTURBATIONS
PAR LES ACTIVITÉS HUMAINES

Flux d'énergie actuels en W/m^2



Quelles sont les observations ?

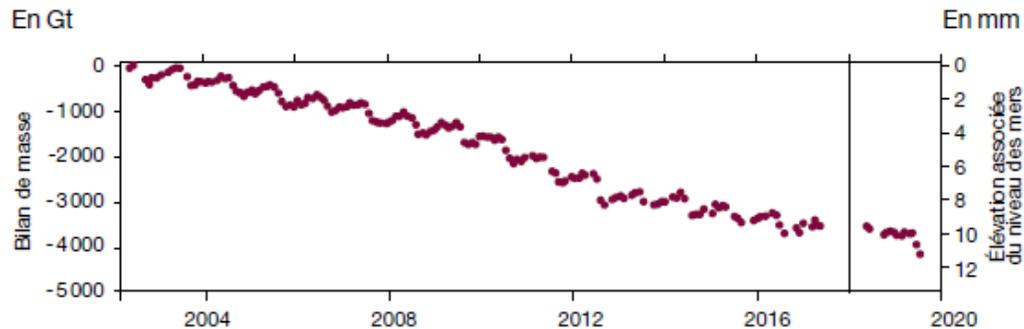
ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE MONDIALE DE 1850 À 2019



Note : en grisé la période préindustrielle 1850-1900.

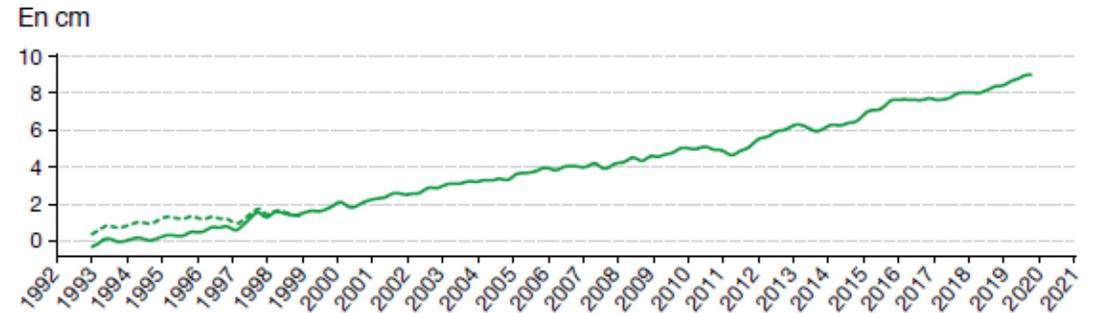
Sources : NASA ; NOAA ; Hadley Center

BILAN DE MASSE DES GLACES DU GROENLAND DE 2002 À 2019



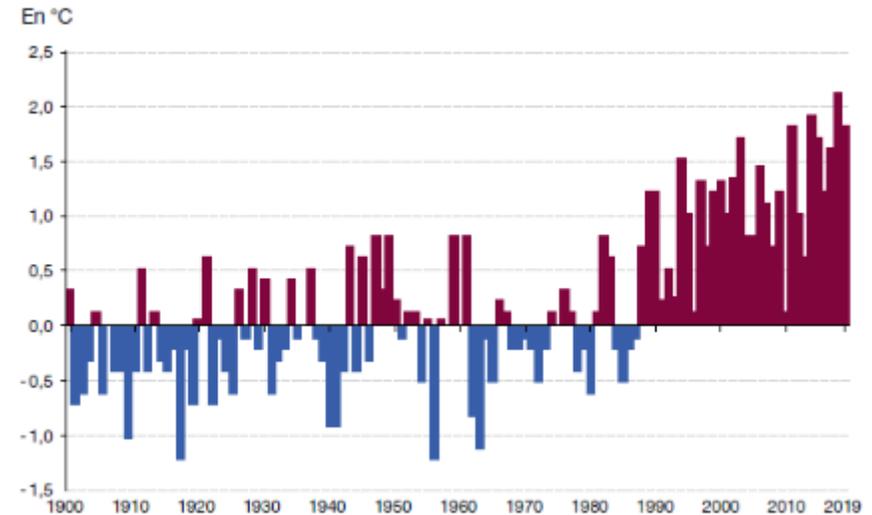
Source : GRACE, GRACE-FO. Traitement : Danish Meteorological Institute, GEUS, DTU Space

ÉVOLUTION DU NIVEAU MOYEN DES MERS DU GLOBE DEPUIS 1993



Source : E.U. Copernicus Marine Service Information

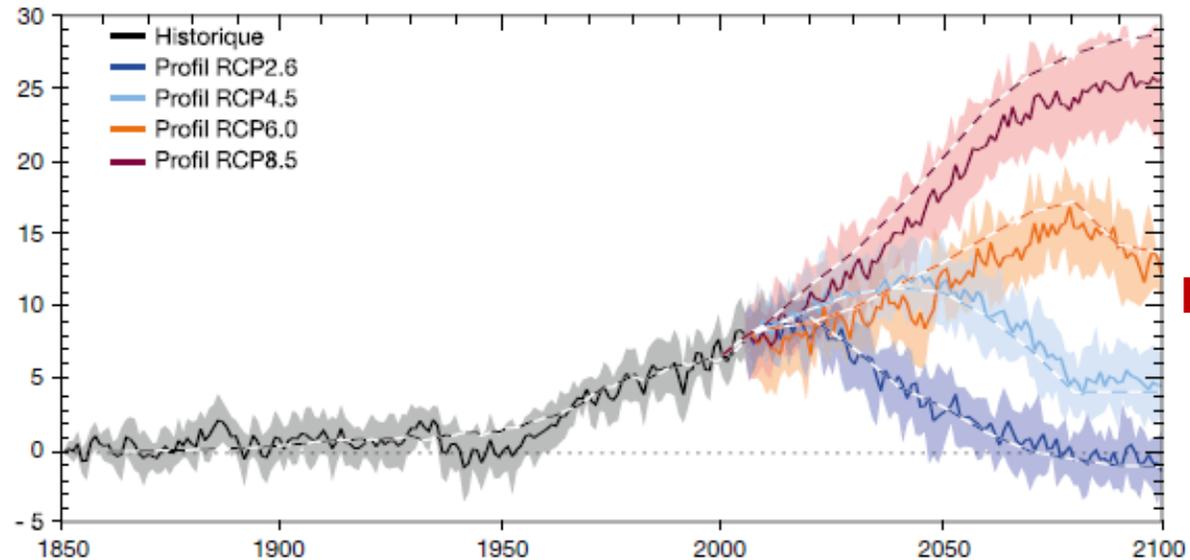
ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE EN FRANCE MÉTROPOLITAINE DEPUIS 1900



Que va-t-il se passer ?

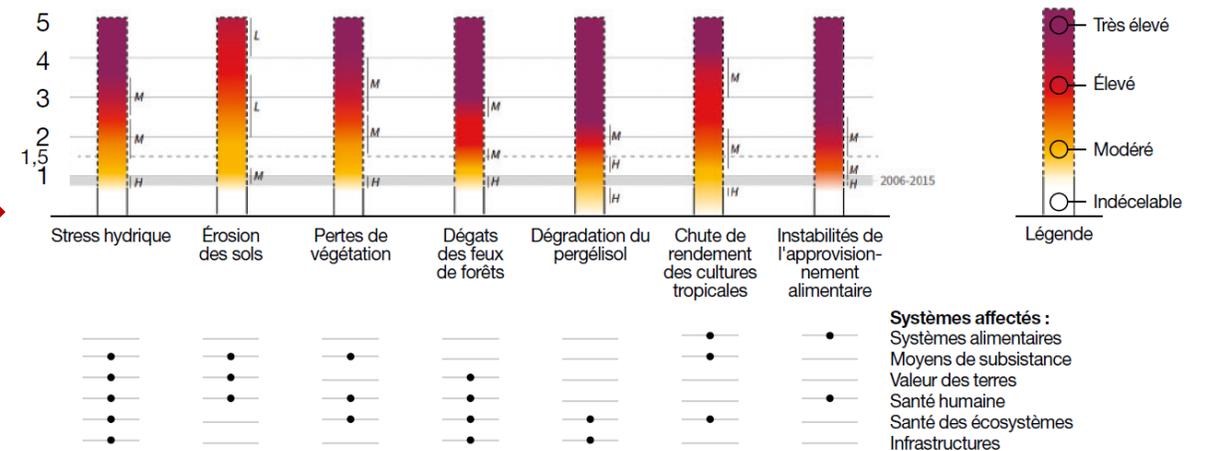
PROJECTIONS DES ÉMISSIONS LIÉES AUX ÉNERGIES FOSSILES SUIVANT QUATRE PROFILS D'ÉVOLUTION DE GES (LES RCP DU GIEC)

En GtC

Source : Giec, 1^{er} groupe de travail, 2013

CONSÉQUENCES POUR LE MONDE

Impacts de l'augmentation de la température sur les systèmes terrestres naturels et humains

Hausse des températures moyennes mondiales par rapport aux niveaux préindustriels
En °C

Source : Giec, SRCCL, 2019

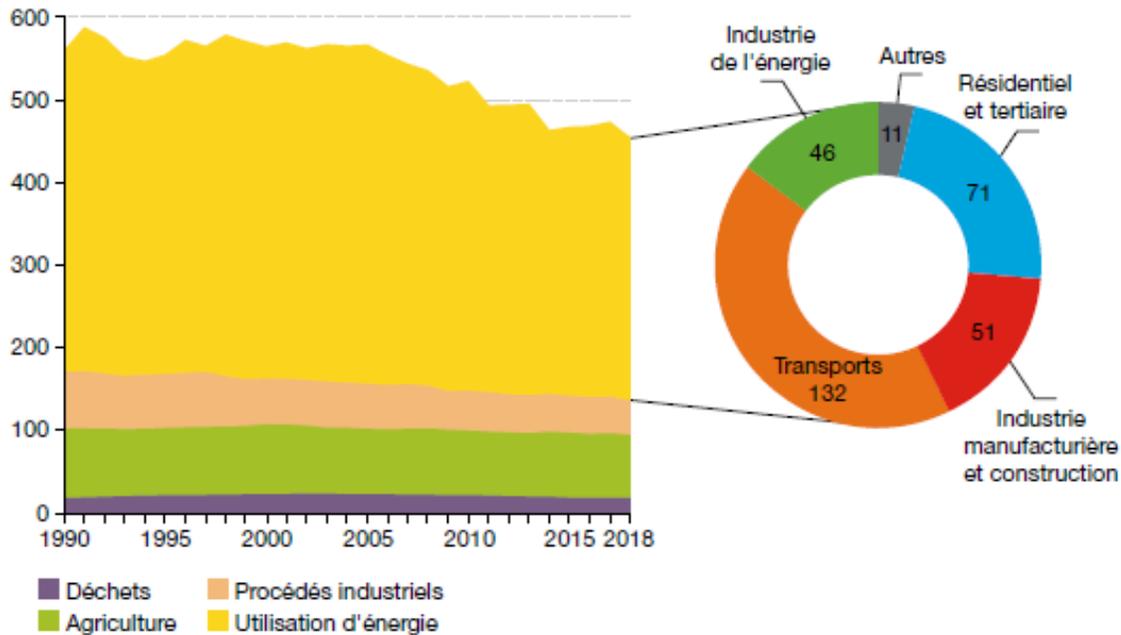
↓

Un monde instable !

Que peut-on faire ? **Objectif -5% de CO₂ par an pour espérer limiter la hausse à +2°C !**

RÉPARTITION PAR SOURCE DES ÉMISSIONS DE GES EN FRANCE ENTRE 1990 ET 2018

En Mt CO₂ éq



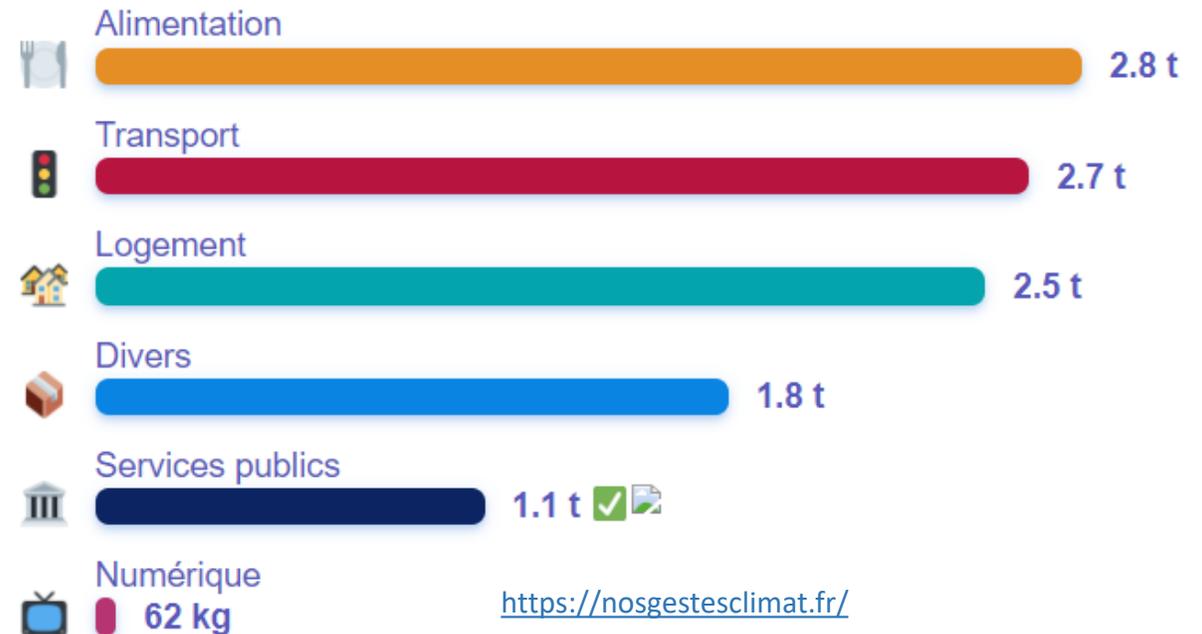
Source : AEE, 2020

La France

Un Français émet en moyenne

11 tonnes de CO₂e / an

[comprendre le calcul](#)



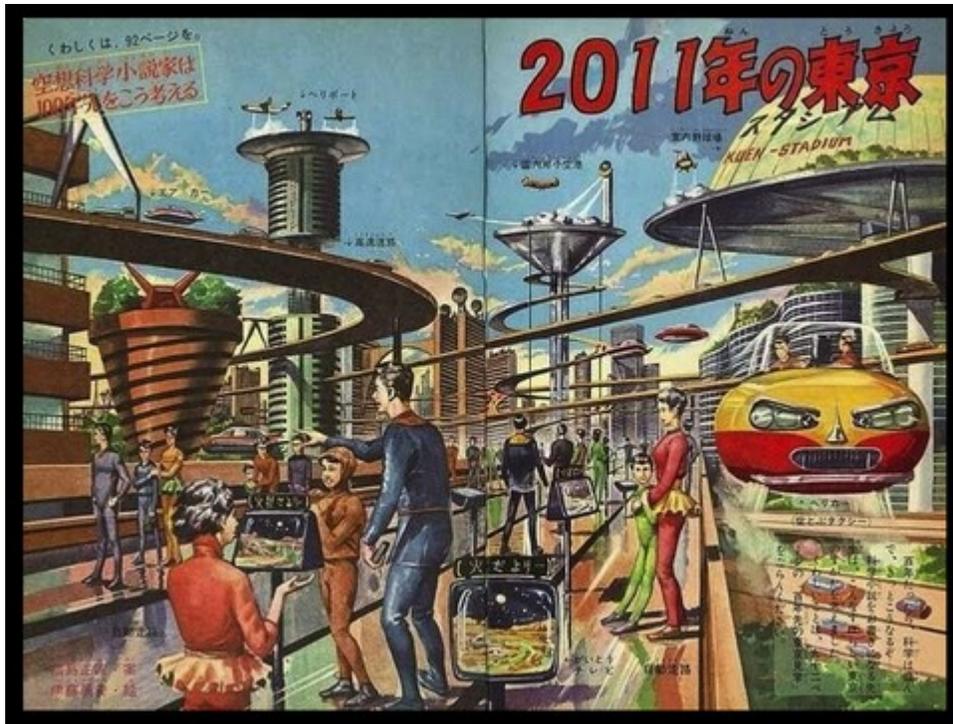
Le Français moyen

Objectif 2t/an !

Soyez **très** inquiets !



Quelques réflexions autour de la mobilité de demain



Quel sont les moyens de transport les plus efficaces en ville ?

Que ce soit d'un point de vue énergétique ou d'emprise au sol, le bus, le scooter et le vélo sont les moyens de transports les plus efficaces dans des espaces limités et contraints

Efficient transport

Have small frontal area per person
Have small weight per person
Go slowly
Go steadily
Convert energy efficiently



	Voiture	1,4 t	10 m ²	1,3 personne
		→ >1000 kg & 7.7 m ² par personne		
	Quadricycle	500 kg	3 m ²	1 personne
		→ 500 kg & 3 m ² par personne		
	Bus	12 t	42 m ²	30 personnes
		→ 430 kg & 1.4 m ² par personne		
	Scooter	125 kg	2 m ²	1 personne
		→ 125 kg & 2 m ² par personne		
	Vélo électrique	20 kg	1 m ²	1 personne
		→ 20 kg & 1 m ² par personne		
	Vélo	10 kg	1 m ²	1 personne
		→ 10 kg & 1 m ² par personne		

Source: Frost & Sullivan, PREDIT, 6t - Bureau de Recherche.

Appelons les plutôt : **véhicules zéros émissions**

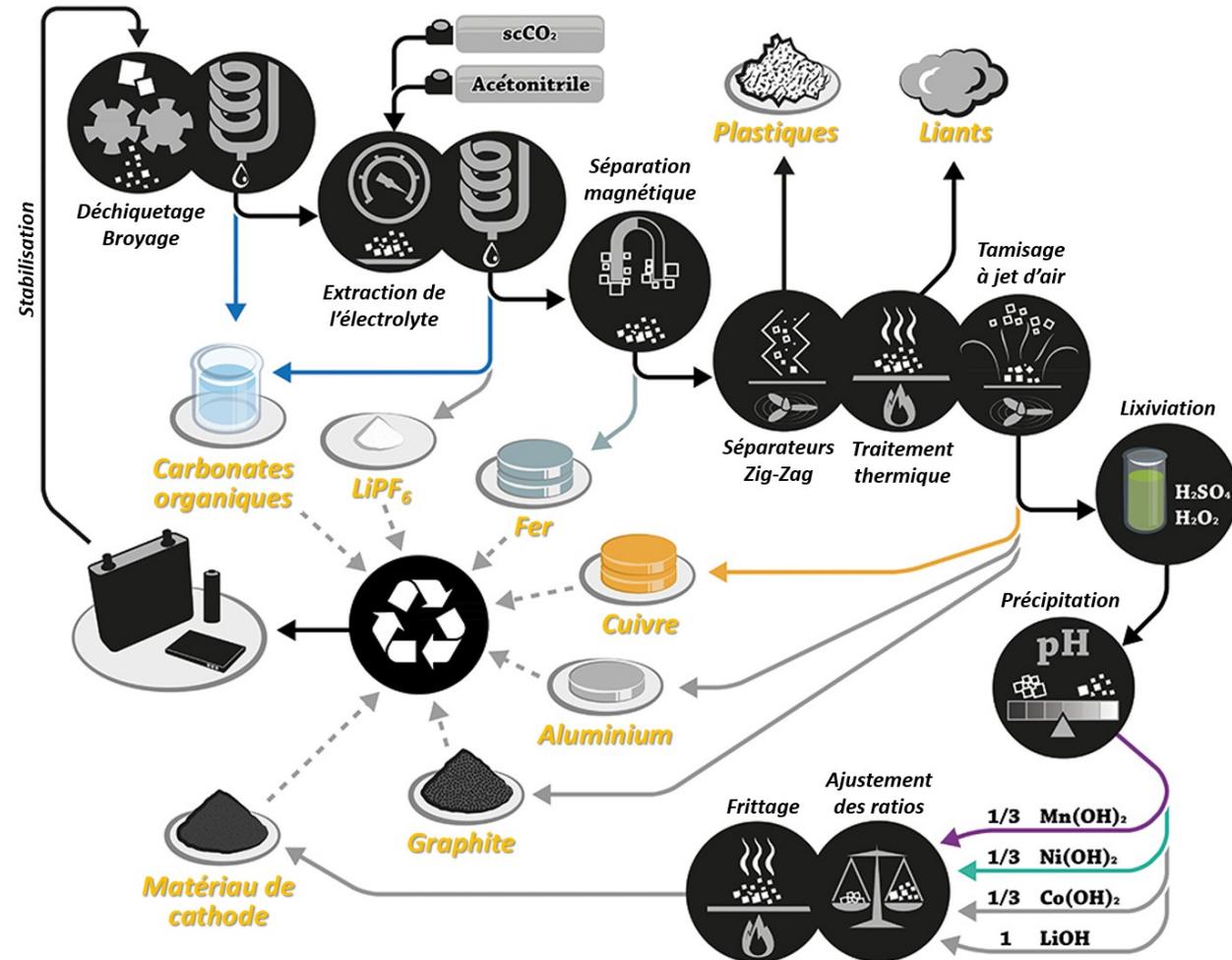
- ▶ Pas de CO₂
 - ▶ Pas de Nox
 - ▶ Très peu de particules
- 
- 
- ▶ Silencieux
 - ▶ Autonomie suffisante pour 80% des usages quotidiens
 - ▶ Moins cher
 - ▶ Agréable

Nombre de morts par an

- ▶ Tabac : 75 000 (Covid-19 : 143 000 sur 2 ans)
- ▶ Pollution atmosphérique : 48 000
- ▶ Alcool : 49 000
- ▶ Route : 2947 (2021)

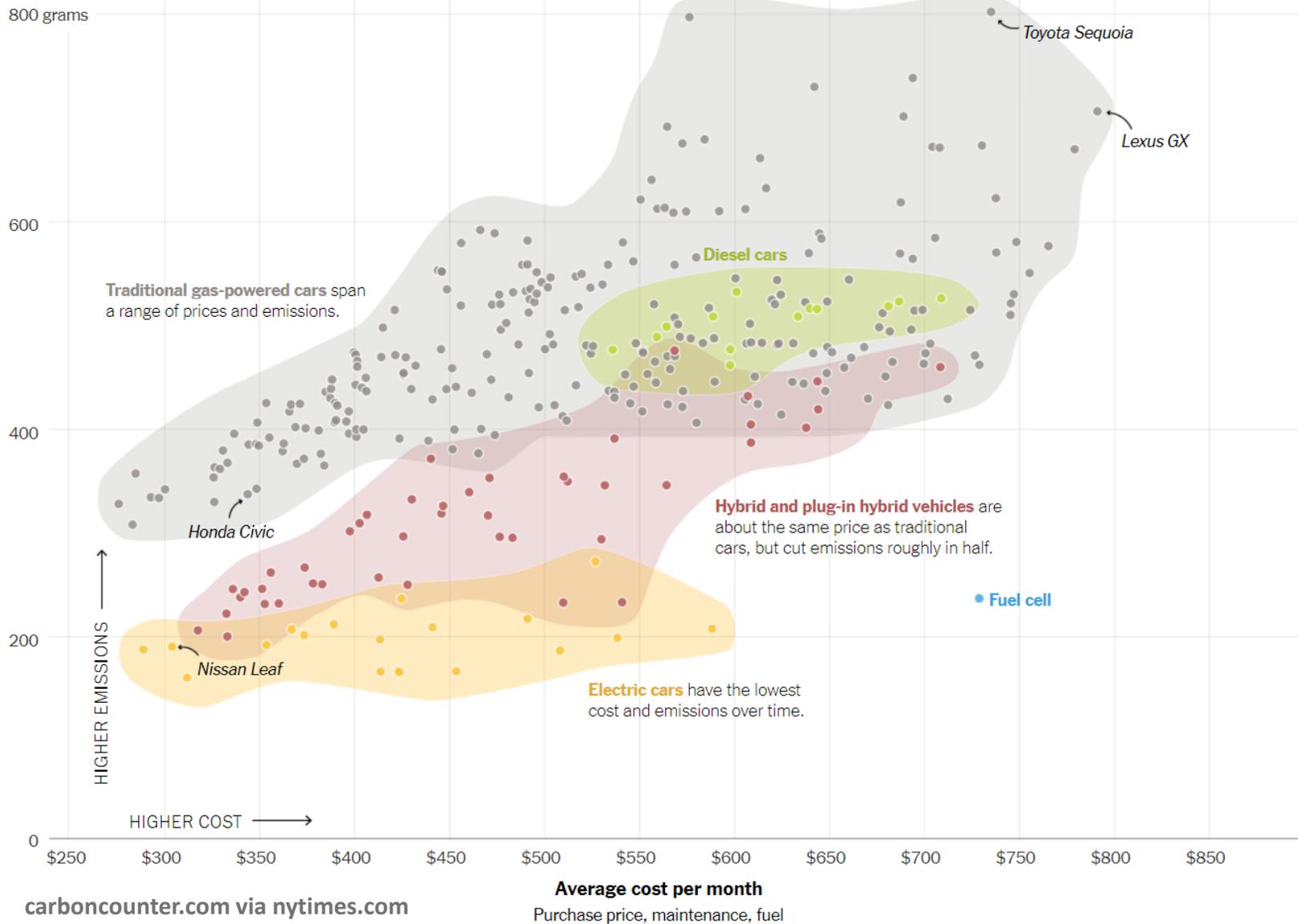
(source : Santé Publique France via LeMonde.fr, 5 avril 2022)

On sait faire !



Quid du bilan carbone d'un véhicule zéros émissions ?

Average carbon dioxide emissions per mile



Quel véhicule rejette le plus de CO₂

Le Parisien

En tonnes équivalent CO₂, pour 150 000 km

VOITURE ÉLECTRIQUE

Fabrication

VOITURE THERMIQUE

6,57 tonnes éq. CO₂

3,74 tonnes éq. CO₂

0,36

Assemblage

0,44

6,21

Fabrication des composants

3,3

dont 3,15 pour la fabrication de la batterie



Utilisation

2,34 tonnes éq. CO₂

18,26 tonnes éq. CO₂

zéro

Emissions en phase d'usage

15,84



2,34

Batterie

Production d'énergie

Carburant

2,42

Bilan total

9 tonnes éq. CO₂

22 tonnes éq. CO₂

SOURCE : ADEME.

LP/INFOGRAPHIE.

Une solution loin d'être miraculeuse

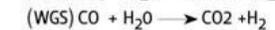
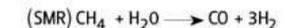
- ▶ L'hydrogène est un vecteur et non une source d'énergie, il faut le produire.
- ▶ H₂ « gris » produit à partir de gaz naturel
- ▶ H₂ « vert » d'abord une bonne idée pour :
 - Métallurgie
 - Production d'engrais azoté
 - Transport lourd

HYDROGEN PRODUCTION PATHWAYS AND COMPARATIVE CARBON EMISSIONS



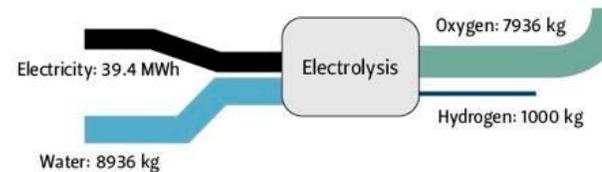
GREY/BROWN Production

Uses natural gas or gasified fossil fuel as feedstock through a steam reformer



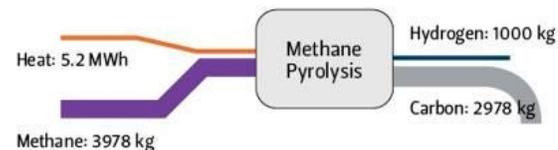
BLUE Production

Grey/Brown with carbon capture



GREEN/PINK Production

Uses water as a feedstock through an electrolyzer



TURQUOISE Production

Uses natural gas or a gasified fossil fuel as feedstock through a pyrolyzer



SOURCES Graphic from GTM, February 2021. Colors with descriptions based on Medlock, *Forum*, May 2021.

d'abord la **sobriété** **subie** ou **organisée**

puis la **technologie**

Et enfin... **vous !**