



Transport et Énergie

Cédric JUNG

2022





Cédric JUNG – 21 ans
Phalsbourgeois



Retrouver mes travaux sur:
<https://cedric-jung.eu/fr/>



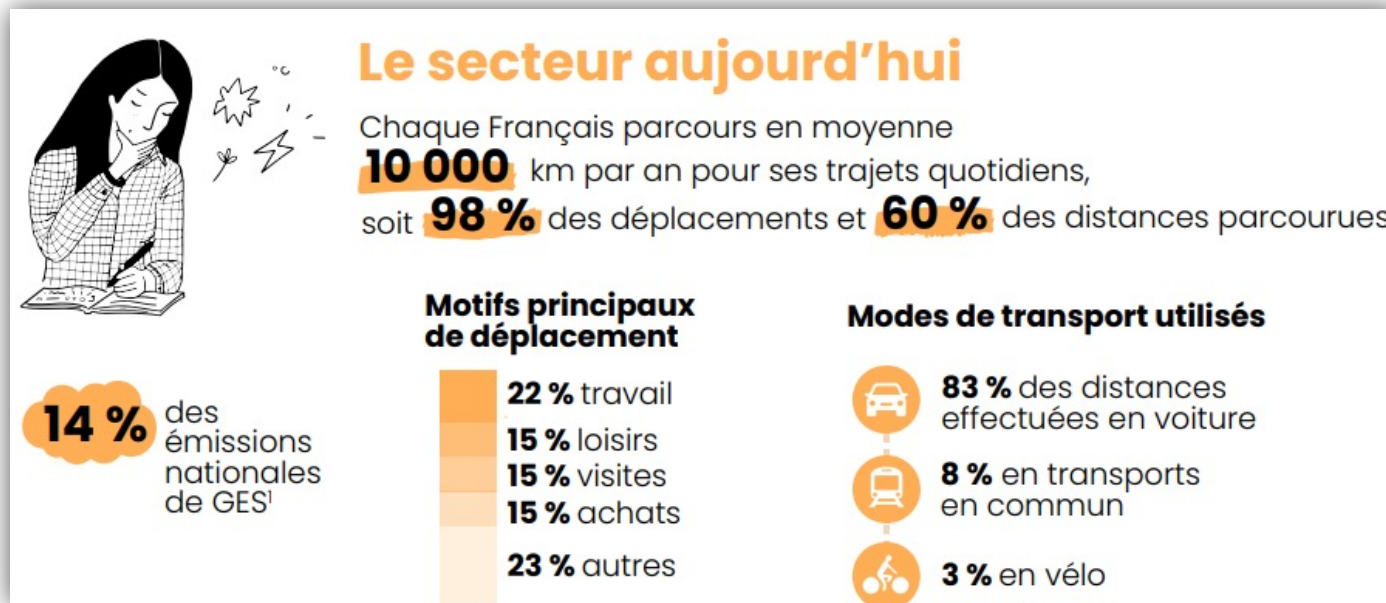
1. Définition des types de transports
2. Définition de la notion d'énergie
3. Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle
4. Solutions possibles en admettant les contraintes précédentes
5. La fin du messianisme technologique ?



1) Définition des types de transports



■ Transport **quotidien** et individuel



« Le Plan », Plan de transformation de l'économie Française, *The Shift Project*, consulté le 4 avril 2022, <https://ilnousfautunplan.fr/le-plan/>.



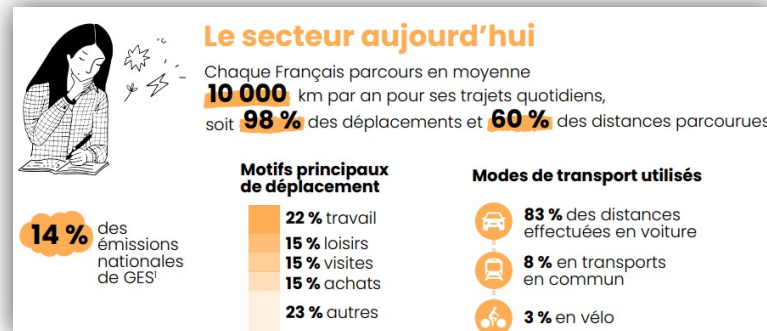
■ Transport **quotidien** et individuel

Pourquoi on a autant de trajet quotidien depuis le siècle dernier ?

- Transport plus rapide
 - Coût du transport plus faible
- ➔ On peut se permettre d'habiter de 20 à 40km de son lieu de travail car les transports sont plus rapide

Cours de Physique de 6^{ème} permet le choix de son domicile

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{ou} \quad t = \frac{d}{v} \quad \text{ou} \quad d = t \times v$$



« Le Plan », Plan de transformation de l'économie Française, *The Shift Project*, consulté le 4 avril 2022, <https://ilnousfautunplan.fr/le-plan/>.

Si le coût de l'énergie augmente, problème de déplacement ➔ apparition de contestation type Gilets Jaunes



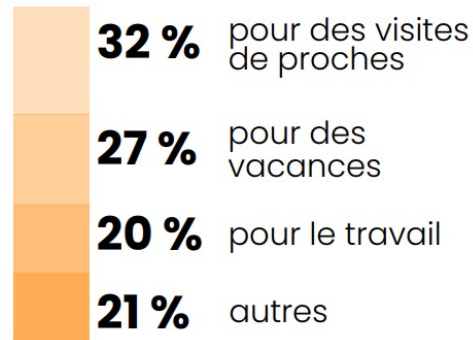
■ Transport longue distance



9 % des émissions nationales de GES¹

Le secteur aujourd'hui

Chaque Français fait **6,3** voyages de plus de 80 km par an, soit **8 500** km en moyenne



85 % des distances sont effectuées en avion ou en voiture



Le train représente **12 %** des distances, alors qu'il émet **40 fois moins** que la voiture



L'avion long courrier représente **2 %** des voyages, alors qu'il émet **1/3** des GES du secteur

« Le Plan », Plan de transformation de l'économie Française, *The Shift Project*, consulté le 4 avril 2022, <https://ilnousfautunplan.fr/le-plan/>.



■ FRET



Le secteur aujourd'hui

27 tonnes transportées sur 200 km² par Français et par an

465 000
c'est **le nombre d'emplois**
dans le transport
de biens essentiels
(nourriture, médicaments,
vêtements, etc.)



89 % des marchandises
transportées par la route
(contre 34 % en 1960)



9 % des marchandises
transportées en train

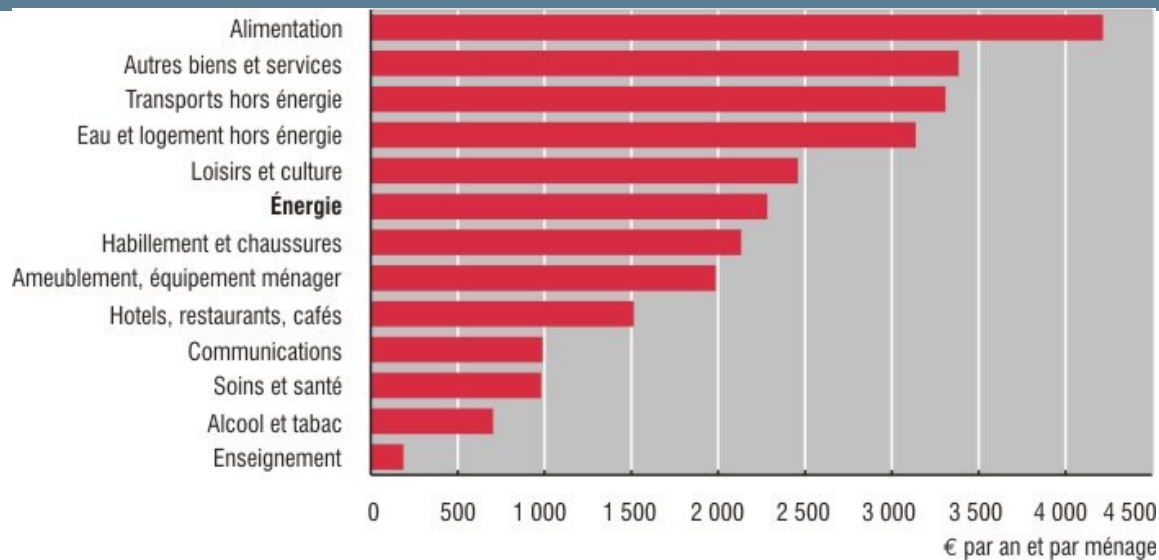
9 %

des
émissions
nationales
de GES¹

« Le Plan », Plan de transformation de l'économie Française, *The Shift Project*, consulté le 4 avril 2022, <https://ilnousfautunplan.fr/le-plan/>.



II) Définition de la notion d'énergie

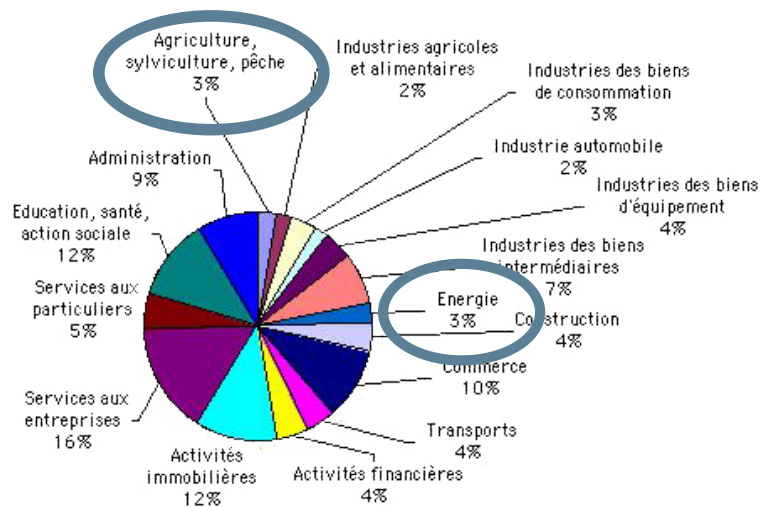


Part dans le budget des ménages **8%**.

Les dépenses des ménages en 2006 par postes budgétaires

Pourquoi s'en soucier ?

« Les dépenses d'énergie des ménages depuis 20 ans : - Insee Première - 1315 »
<https://www.insee.fr/fr/statistiques/1281149>.

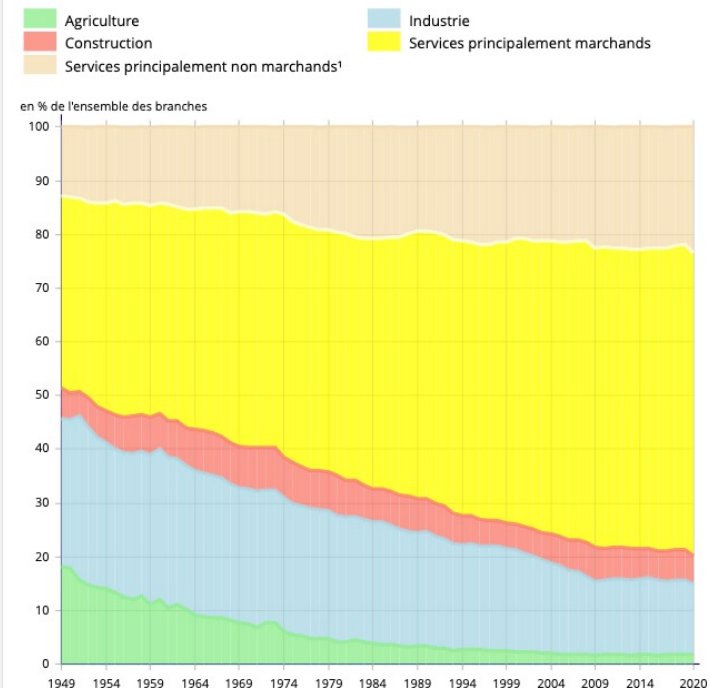


Part de chaque nature d'activité dans le PIB français en 2003.

Source INSEE/comptes de la Nation 2004

Pourquoi s'en soucier ?

Valeur ajoutée par branche

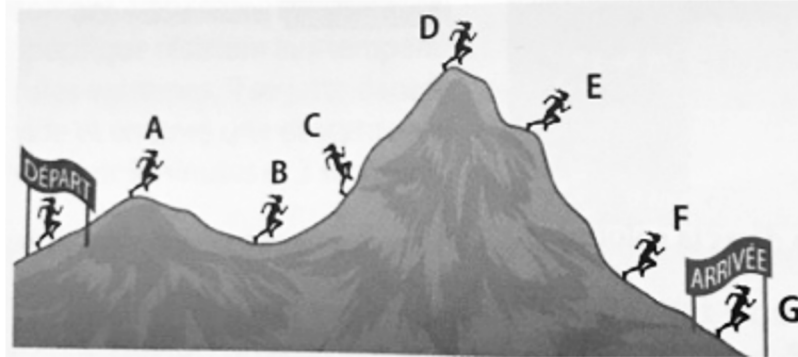


« Valeur ajoutée par branche de 1949 à 2020 | Insee ».

<https://www.insee.fr/fr/statistiques/2830197>.



L'énergie c'est la capacité d'un système à modifier un état.



Pas d'énergie pas de transport
Pas de bras pas de chocolat



Faut-il économiser de l'énergie ?

Aller Neustadtmühle - Rocher de Dabo
à pied 250 m 625 m

375 m de dénivelé
1 homme : 80 kg

$$E_p = m g z$$

On considère juste l'énergie pour vaincre la gravité.

$$E_p = 80 \times 9,8 \times 375 \times (2,7 \times 10^{-7})$$

= 0,08 kWh conversion en kWh

Si on le fait tout les jours,

$$0,08 \times 365 = 29,2 \text{ kWh}$$

Objectif déplacer un homme de Neustadtmühle à Dabo



Energie nécessaire pour un allé: 0.08kWh

Energie nécessaire pour un allé par jour pendant 1 an: 29.2kWh



Pouvoir calorifique diesel 38MJ/L
essence 35MJ/L

Pour 1L de diesel on a donc
 $38 \times 10^6 \times 2,7 \times 10^{-7} = 10 \text{ kWh}$

$$\frac{10}{0,08} = 125$$

On peut faire 125 fois
le montage de Dabo avec 1L

C'est pour donner un ordre de
grandeur

Energie nécessaire pour un allé: 0.08kWh

Energie nécessaire pour un allé par jour
pendant 1 an: 29.2kWh → 3L de diesel

car 1L → 10kWh

Autrement dit avec 1L vous avez autant
d'énergie que pour faire l'équivalent de
125 monté à pied.

« Le pétrole contient de l'énergie sous
une forme très dense »



Si on prend comme base 200 €/kWh

On a un coût pour l'énergie venant de l'homme de $0,08 \times 200 = 16 \text{ €}$

La où pour 2,5 €/L, on a

d'où $0,25 \text{ €/kWh}$
 $0,08 \times 0,25 = 0,02 \text{ €}$

$$\frac{0,02}{16} = \frac{1}{800}$$

↳ On a divisé le coût unitaire d'une transformation de l'environnement par 800

(en prenant 1,5 €/L on est même à une division par 1300)

« Le pétrole contient de l'énergie sous une forme très dense »

Avec une base de 200 €/kWh (SMIC)

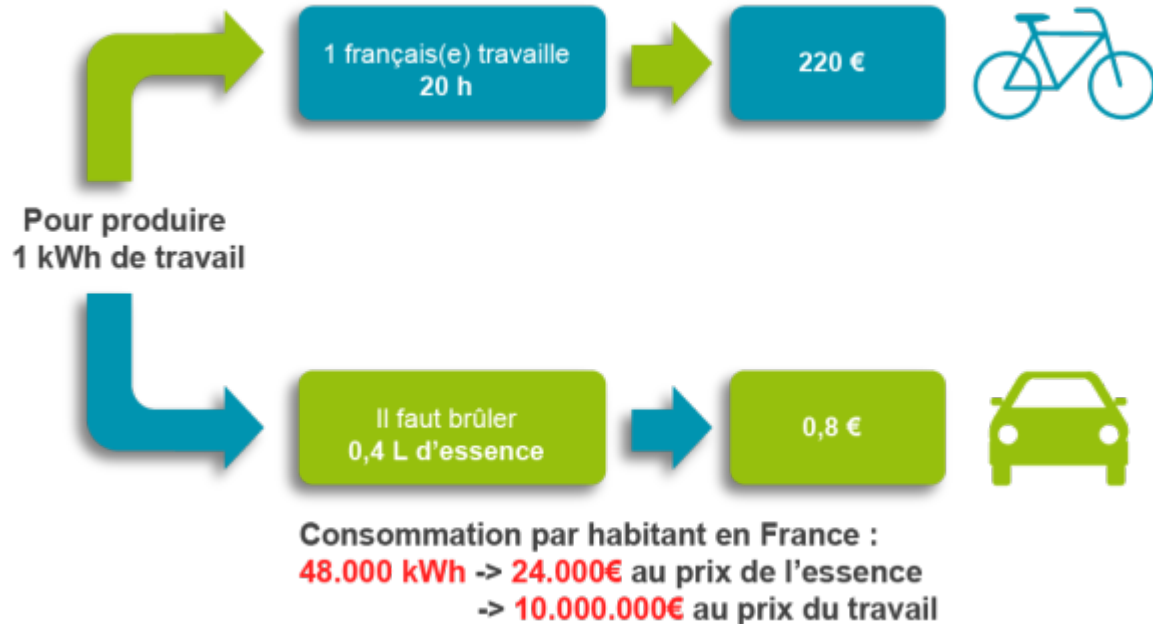
→ 16 € pour faire l'allé à pied avec un homme

Avec une base 2,5 €/L

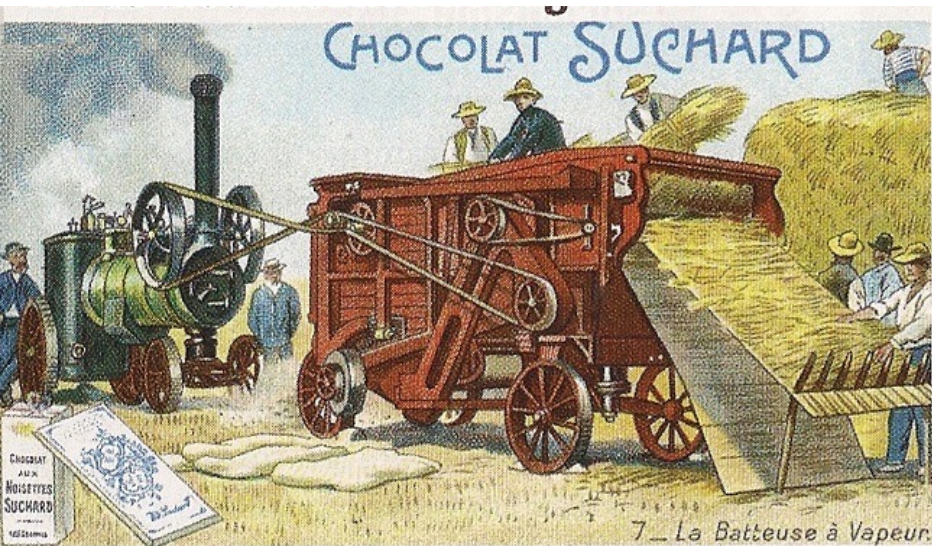
→ 0.02 € pour faire l'allé à pied avec le diesel

On a divisé le coût unitaire d'une transformation de l'environnement par 800

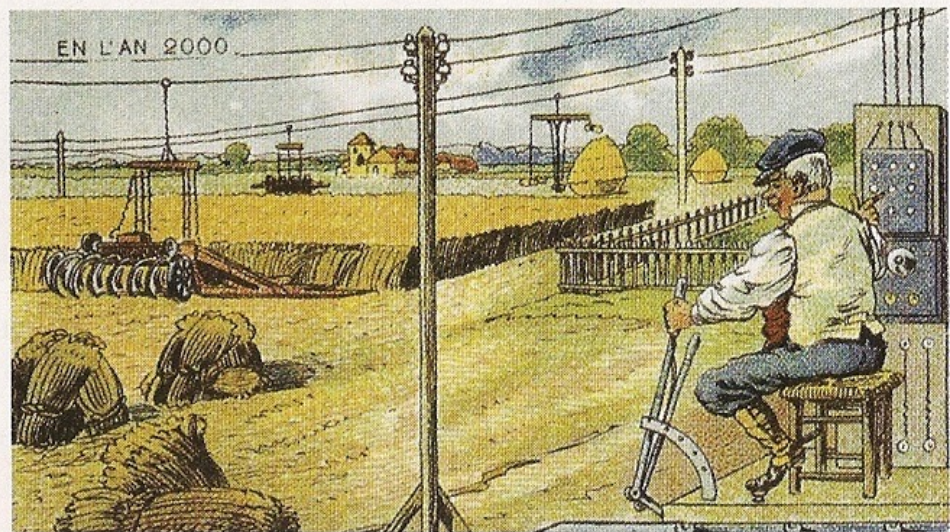
Ici j'ai considéré qu'on déplaçait une masse de 80kg, pour une voiture cela coûte plus cher ($1T \gg 80kg$)



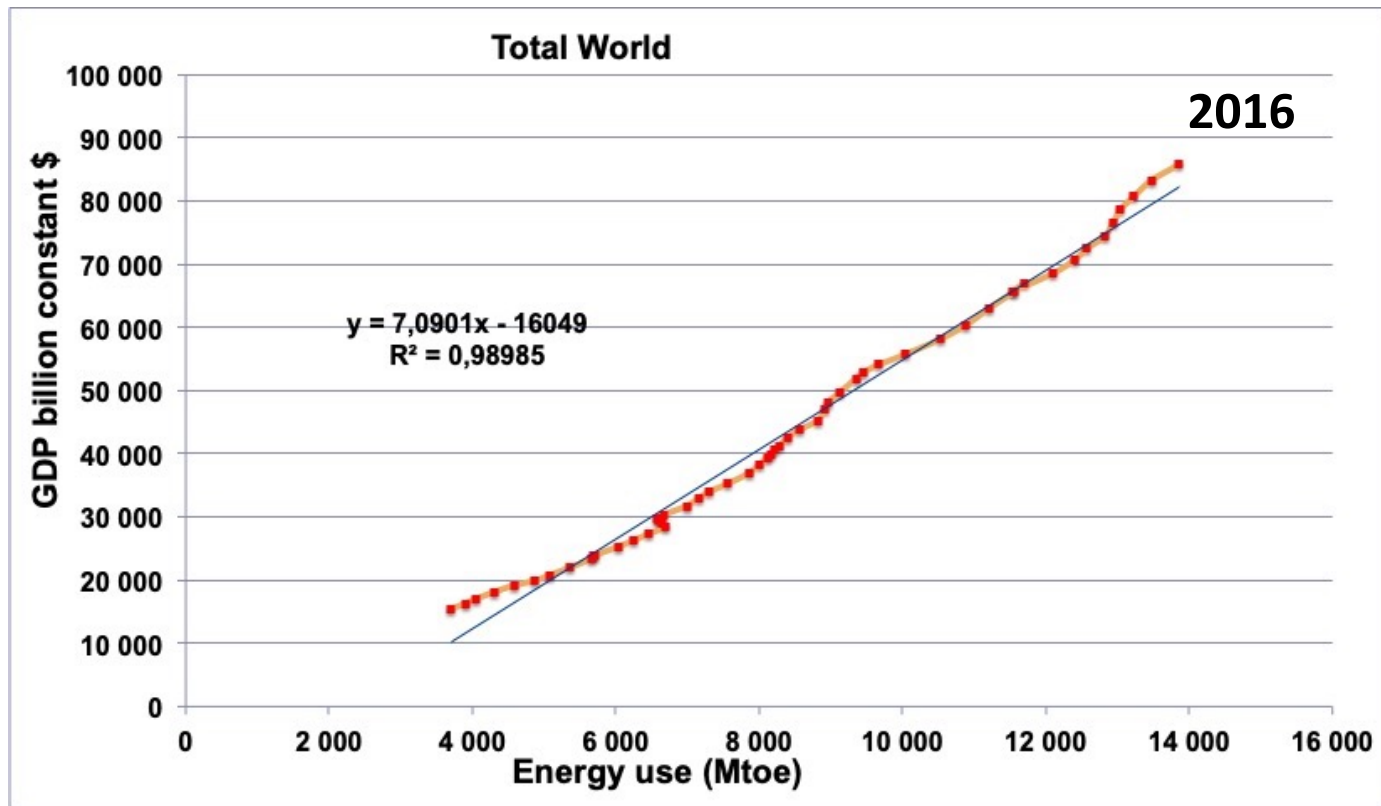
- « Consommation d'énergie - Mix énergétique - Exemples et applications », consulté le 5 avril 2022, http://stockage.univ-valenciennes.fr/EcoPEM/BoiteB/co/l_c.html.



▲ Une moissonneuse-batteuse à vapeur, vers 1910, chromolithographie publicitaire Suchard.



▲ Villemard, *En l'an 2000*, 1910, chromolithographie (BnF, Paris).



- « Etude du lien entre PIB et consommation d'énergie », The Shift Project, consulté le 13 avril 2022, <https://theshiftproject.org/lien-pib-energie/>.

« Energies » → « Machines »



Consommation d'électricité



- « éco2mix - La production d'électricité par filière », consulté le 23 avril 2022 à 12h45, <https://www.rte-france.com/eco2mix/la-production-deelectricite-par-filiere>.

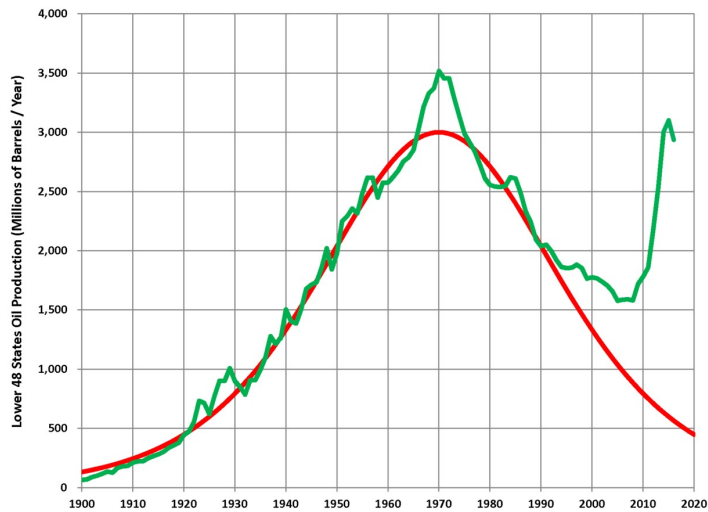


III) Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle



III) Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle

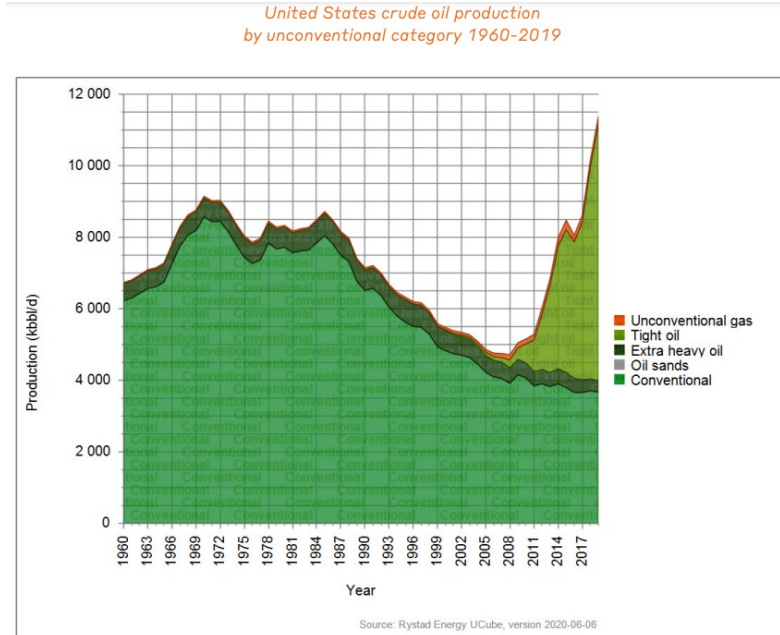
1) L'accès au pétrole



Pic du pétrole conventionnel franchi en 2008

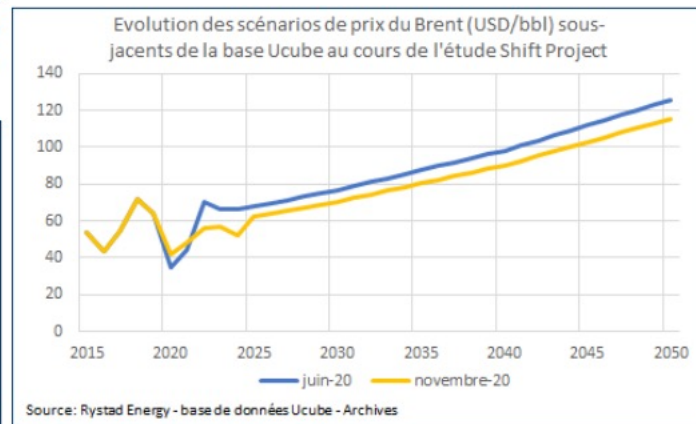
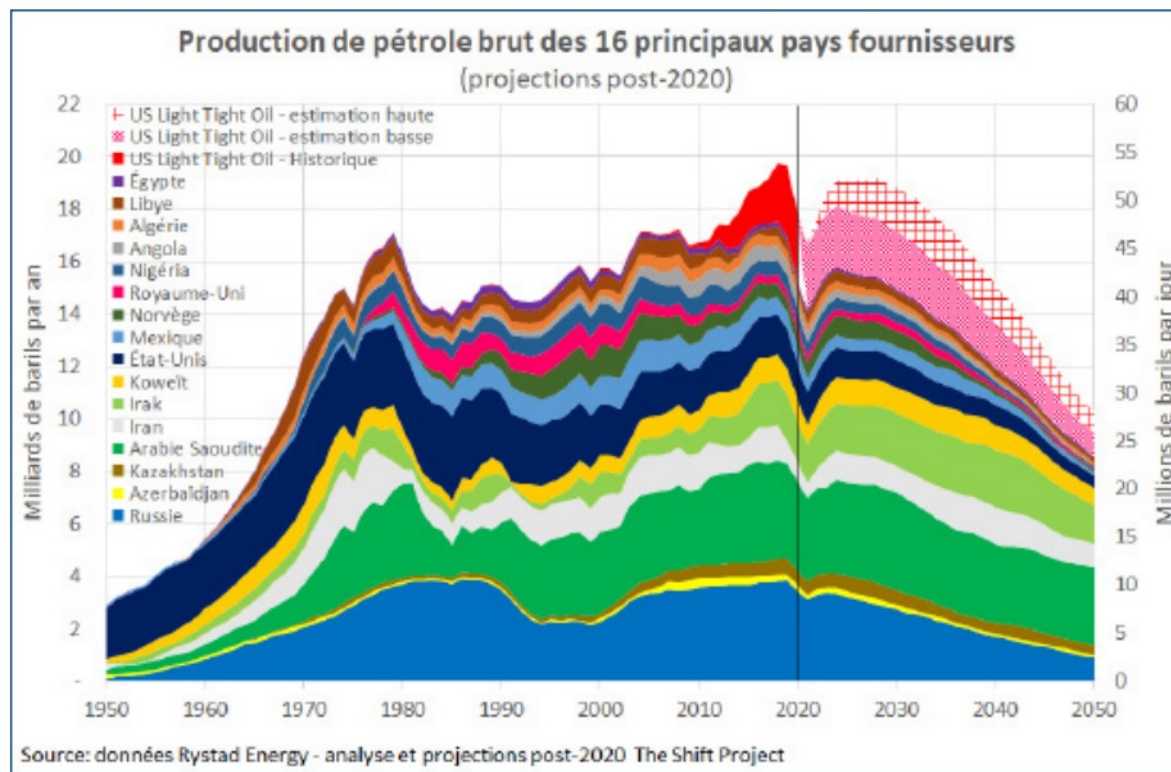
Nature et ampleur du déclin de la production existante

Rôle prépondérant du tight oil américain et des champs conventionnels géants du golfe Persique





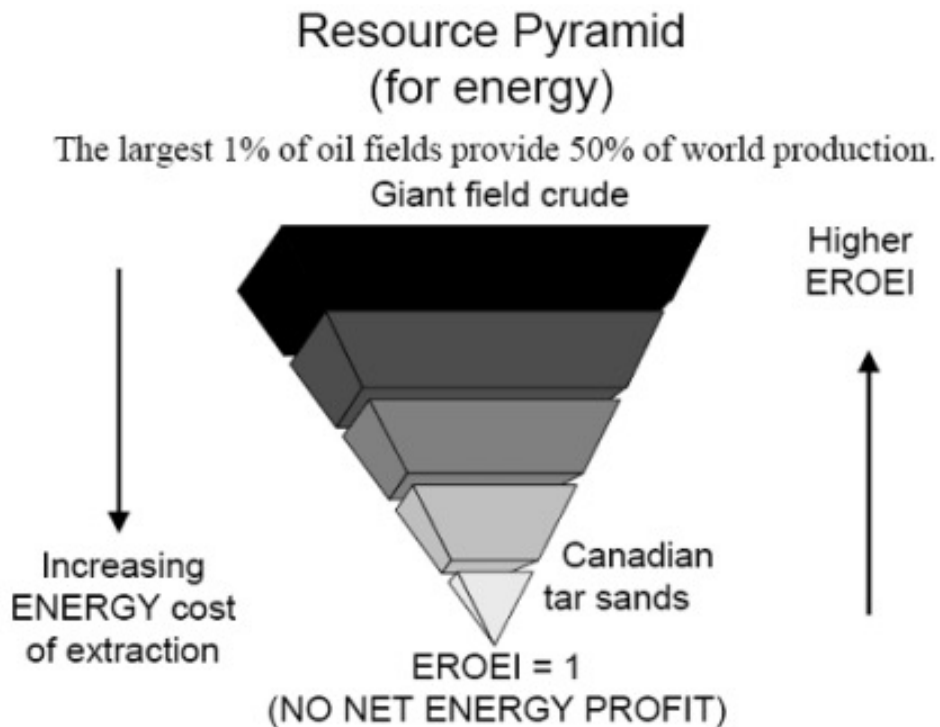
L'analyse des principaux facteurs d'incertitudes conduit à retenir deux estimations de trajectoire, haute et basse, reflétant un potentiel de croissance plus faible qu'au cours de la décennie 2010, puis un déclin attendu durant la décennie 2030.



Actuellement on est à
100\$ pour le Brent

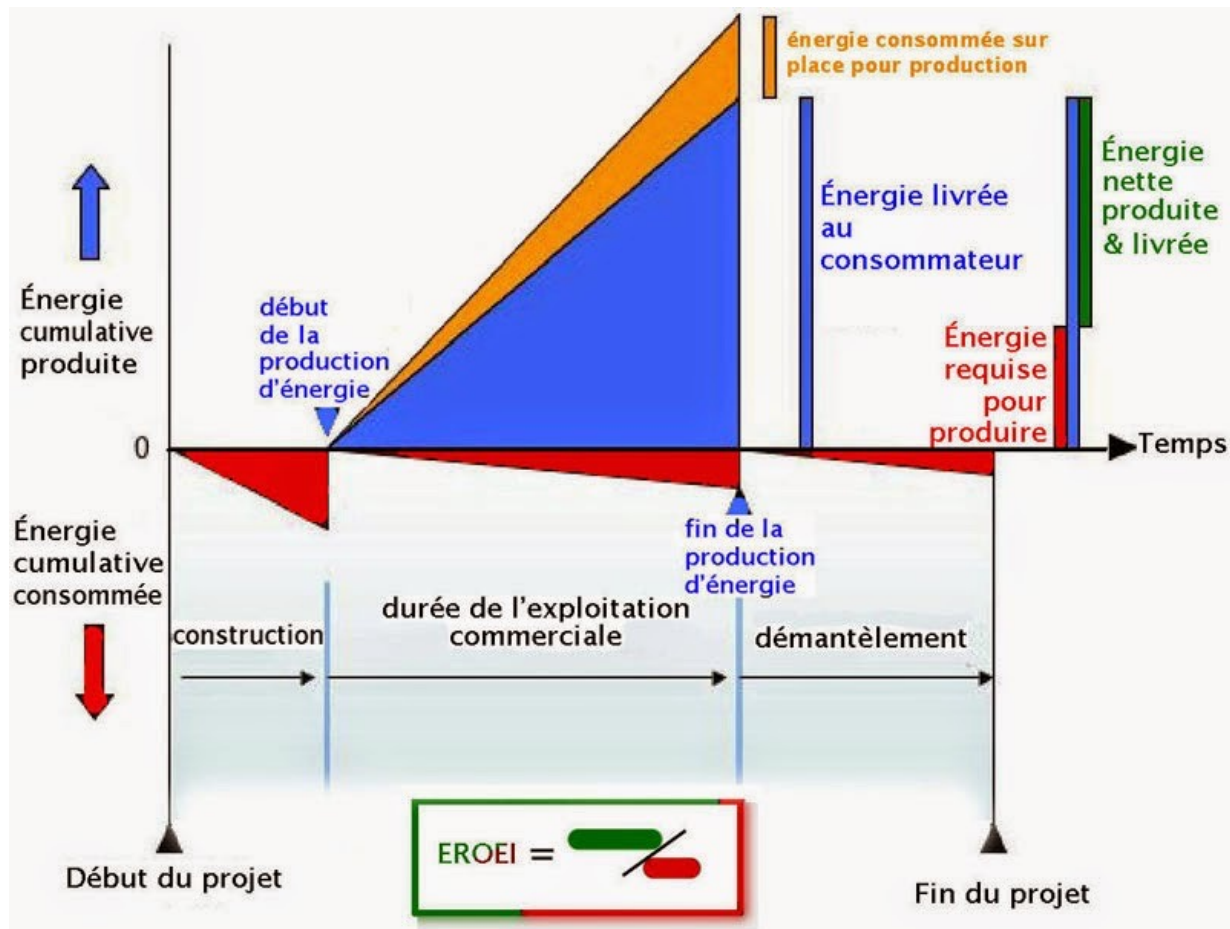
Contre 70\$ il y a 1 an

The Shift Project. « Publication du nouveau rapport du Shift sur l'approvisionnement pétrolier », 27 mai 2021. <https://theshiftproject.org/article/nouveau-rapport-approvisionnement-petrolier-europe/>.



- Joni Karjalainen et al., « Energy models and scenarios in the era of climate change », *Finland: Finland Futures Research Centre, 2014.*

Figure 2.4. Resource pyramid for energy (Lardelli 2008).

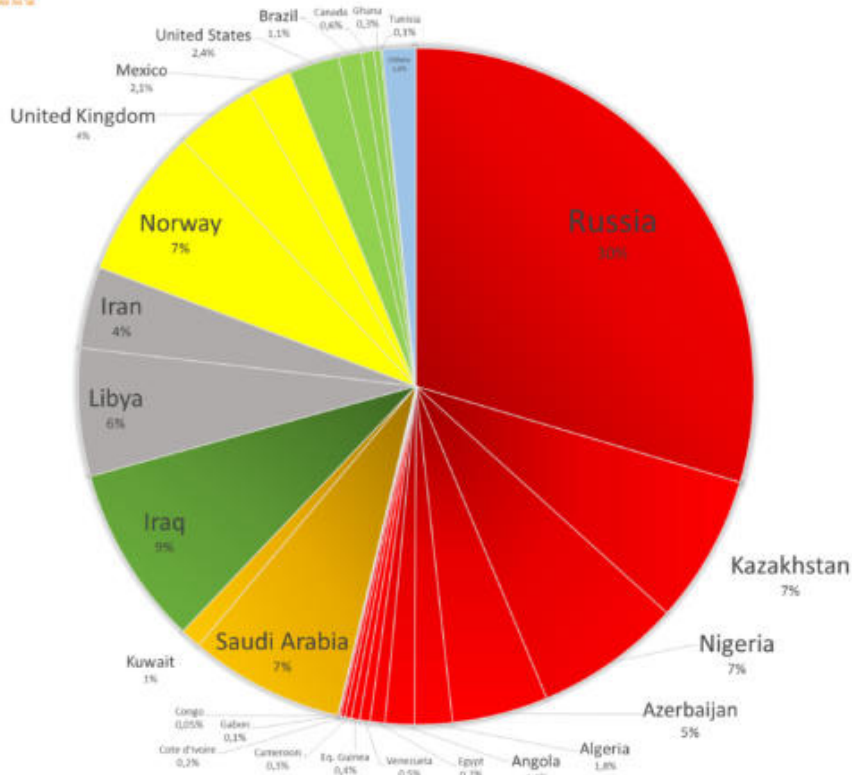


Problème des gisements non conventionnels



EUROPEAN UNION OIL SUPPLY SHARES BY COUNTRY, 2018

(EUROSTAT, 2020)



RYSTAD's production forecast 2019 – 2030

& production life cycle appraisal
(June 2020)

DECLINES – MILD to STEEP -15%

Russia	-9%	Azerbaijan	-28%
Kazakhstan	-7%	Algeria	-13%
Nigeria	-31%	Angola	-30%

Mostly mature production (> 50% of total output in 2019)

SOUND & STEADY LEVEL +2%

mostly relying on fields under development
& early producing fields

Saudi Arabia : 24% of mature production
Kuwait : 60% of mature production

SOUND GROWTH Iraq +25%

mostly relying on early producing fields

Low mature production share (13% of total)

SMALL GROWTHS – VERY UNCERTAIN +11%

within long term capacity decline

Mostly mature production (> 50% of total)
Troublesome "above ground" conditions

SMALL to MEDIUM GROWTHS – UNCERTAIN +14%

exclusively relying on yet to be developed discoveries

Norway +16%, UK +18%, Mexico +0,5%

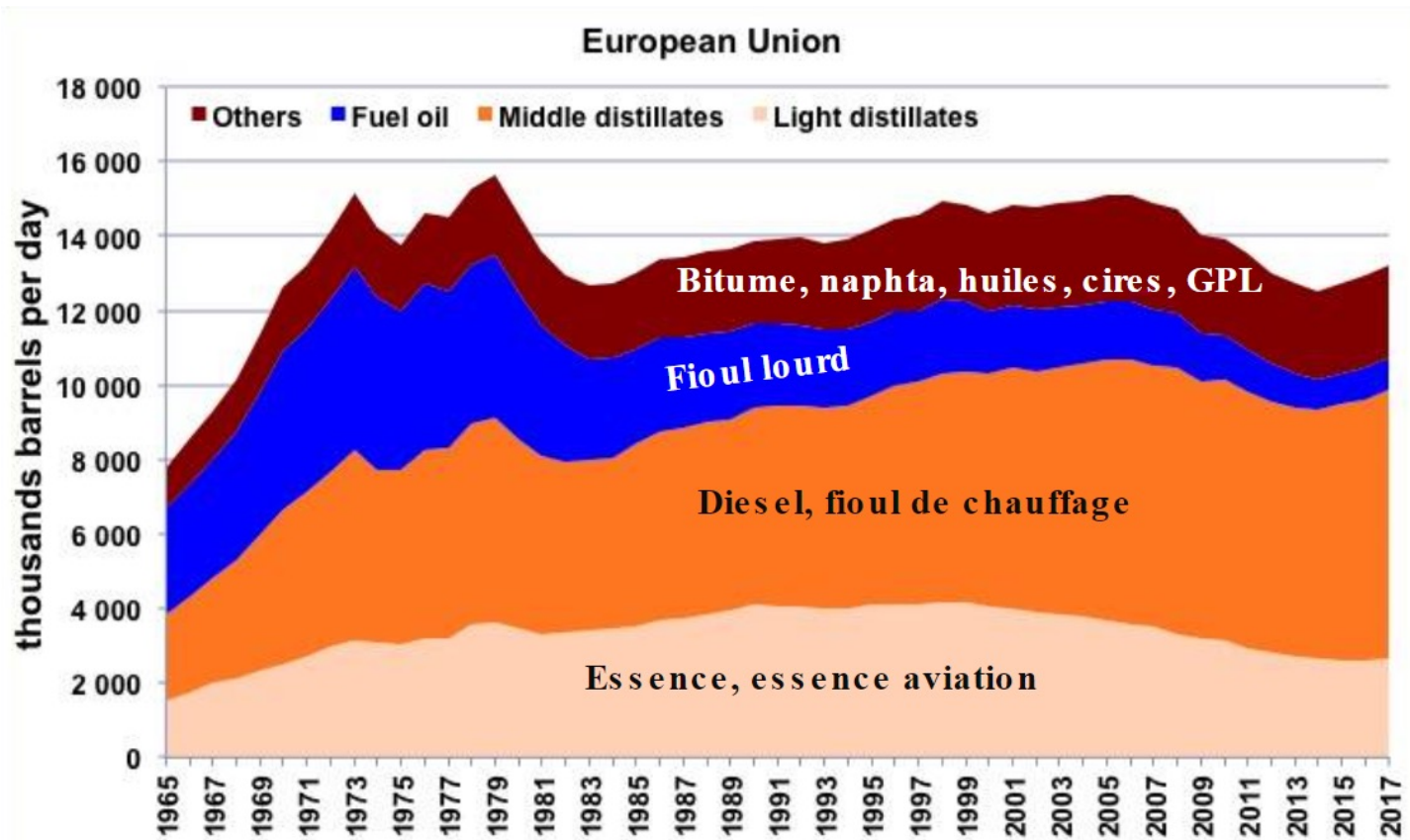
Overwhelmingly mature production (> 75% of total)

MEDIUM to STRONG GROWTHS – UNCERTAIN +34%

US + 27%, Brazil +42%, Canada +16%,
exclusively relying on yet to be developed discoveries

Fairly high mature production share (> 30% of total)

- The Shift Project. « Possible déclin de l'approvisionnement en pétrole de l'UE d'ici 2030 – nouvelle étude du Shift Project », 23 juin 2020. <https://theshiftproject.org/article/ue-declin-approvisionnement-petrole-2030-etude/>.



Répartition de la consommation de produits distillés dans le monde depuis 1965. Données BP Statistical Review, 2018



III) Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle

2) Le climat



La météo



Pull ou T-Shirt

Le climat



Maison provençale ou Maison alsacienne



+5°C, juste un pull en moins ?

Occupation des sols il y a 20 000 ans



Occupation des sols actuellement

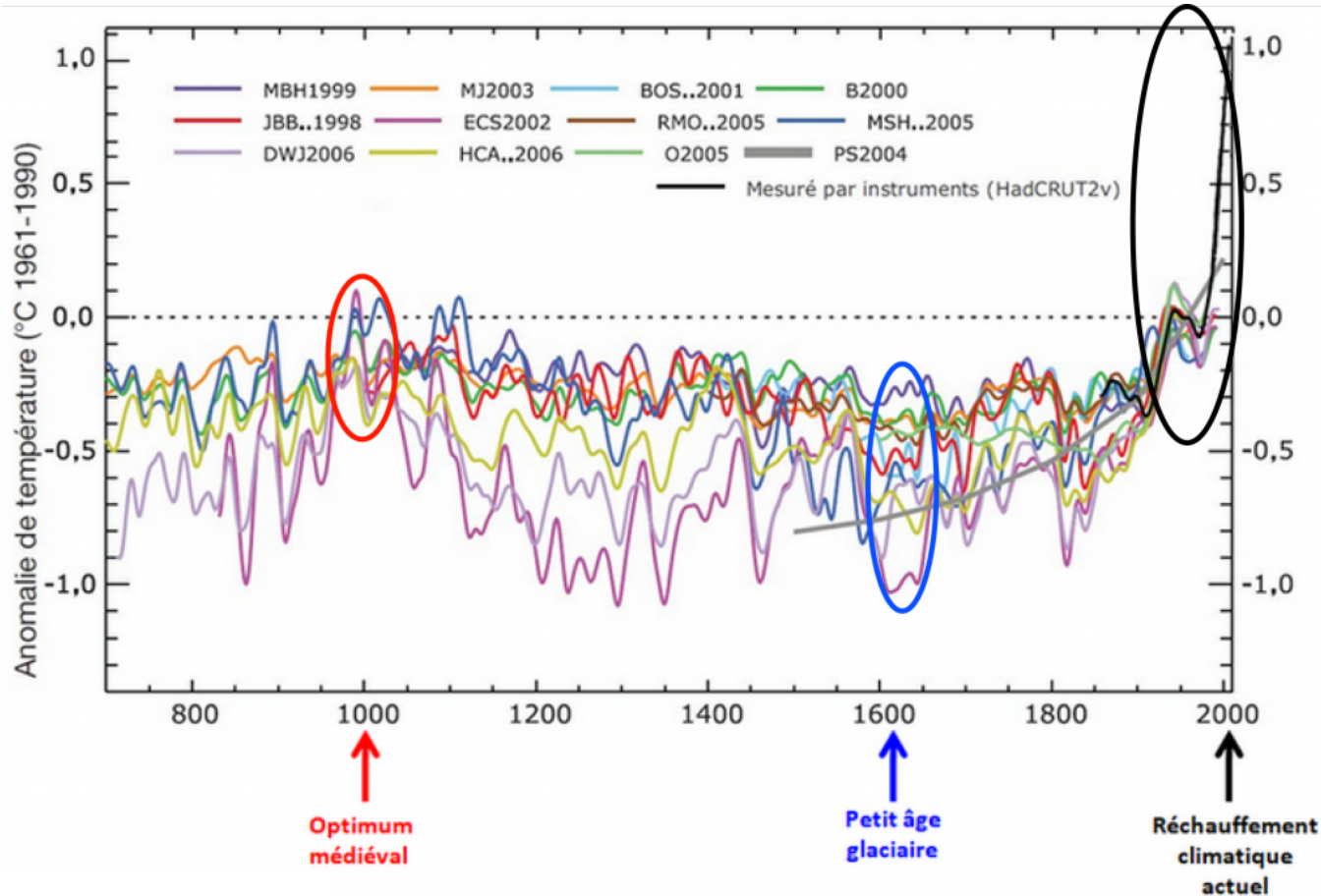


+5°C
En 20 000 ans

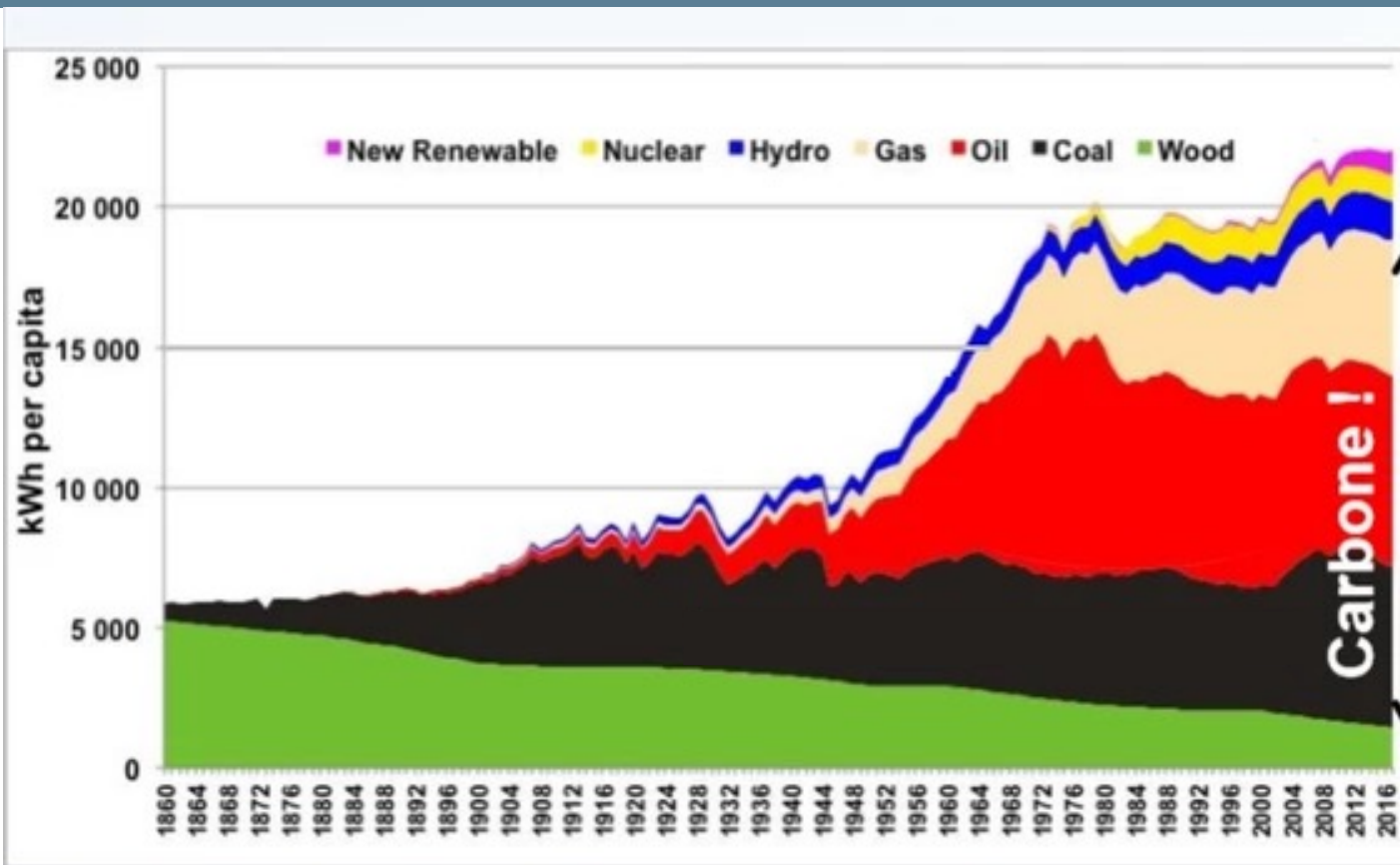


+5°C
En 200 ans

Source: Quaternary Environments Network



- « AR4 Climate Change 2007: Synthesis Report — IPCC », <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>.



Consommation d'énergie par personne, moyenne mondiale 1860-2017. Jancovici, 2018

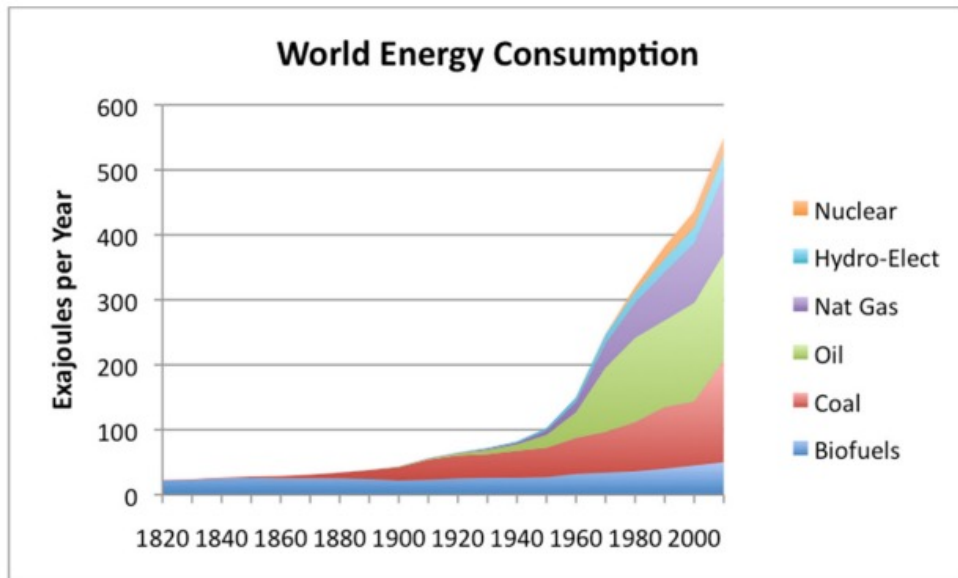


Figure 2.1. World energy consumption 1820-2010 (Tverberg 2012; based on Smil 2010 and BP Statistical Data since 1965).

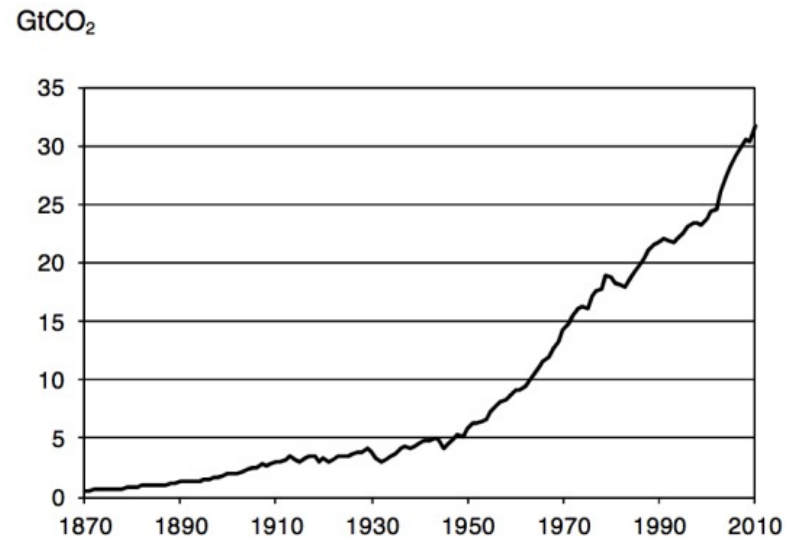


Figure 2.2. Trend of CO₂ emissions from fossil fuel combustion, 1870-2010 (IEA 2013a, 8) Source - CDIAC, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., US.

- Joni Karjalainen et al., « Energy models and scenarios in the era of climate change », *Finland: Finland Futures Research Centre, 2014.*

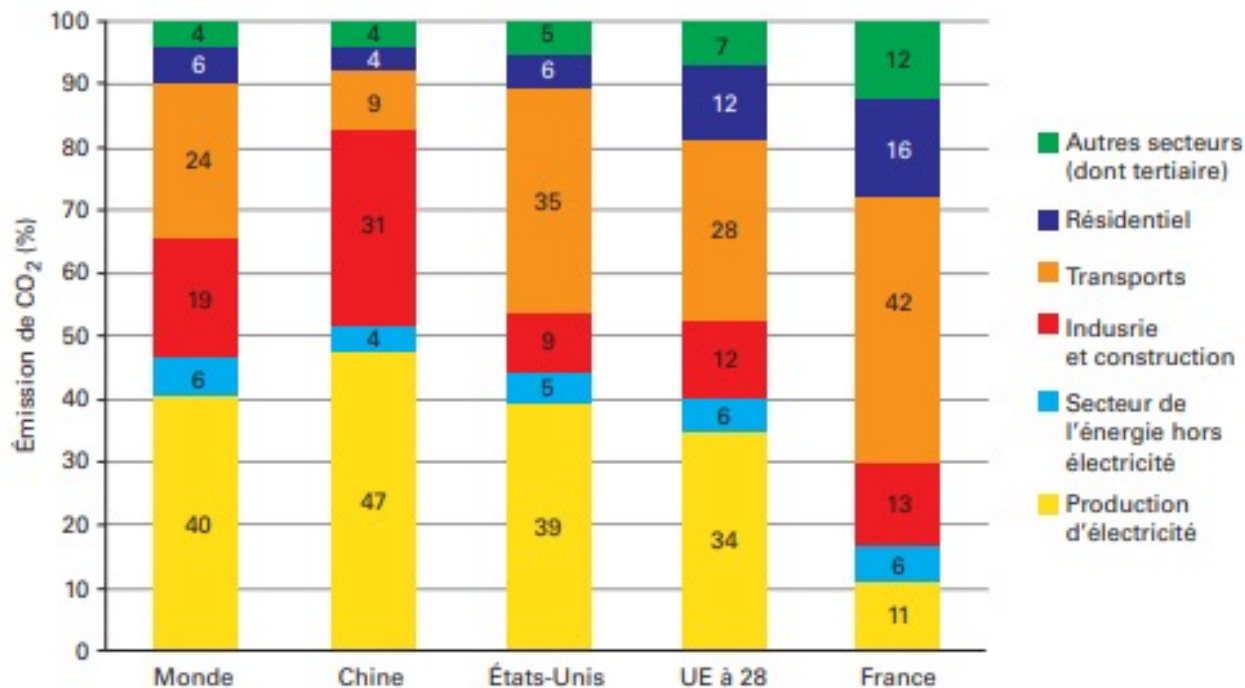


Figure 1 – Origine géographique des émissions de CO₂ en 2016 (doc. AIE, 2018)

- Thierry Alleau, « L'hydrogène, vecteur de la transition énergétique », *Ressources énergétiques et stockage*, août 2020, <https://doi.org/10.51257/a-v1-be8587>.



III) Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle

3) La santé



Les principaux polluants primaires d'origine automobile

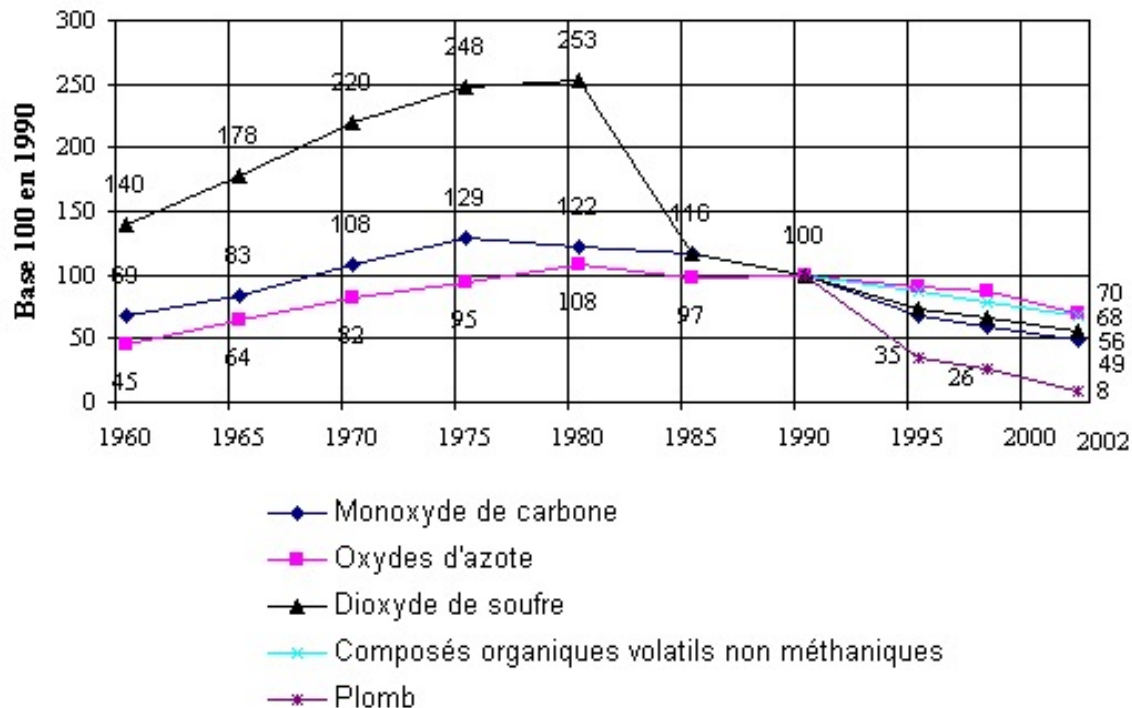
Nom	Symbole chimique ou acronyme	Origine	Dommages
Monoxyde de carbone	CO	Combustion incomplète des carburants	Troubles respiratoires et cardiovasculaires (réduction de la concentration d'oxygène fournie à l'organisme).
Oxydes d'azote	NO _x	Combustion de carburants	Dioxyde d'azote : troubles respiratoires, désagréments oculaires.
Particules fines (de taille inférieure à 10 Conseil général des Ponts et Chaussées)	PM 10	Véhicules (en particulier équipés d'un moteur diesel)	Troubles respiratoires et cardiovasculaires. Les personnes âgées, les enfants et les personnes souffrant de pathologies pulmonaires ou cardiovasculaires chroniques sont particulièrement sensibles aux particules. Des travaux ont montré qu'il existe des interactions entre particules d'origine diesel (PD) et pneumallergènes.
Composés organiques volatils (dont les hydrocarbures)	COV (hydrocarbures : HC)	Evaporation de l'essence et combustion incomplète	Certains sont nocifs (le benzène serait cancérigène)
Dioxyde de soufre	SO ₂	Combustion de carburants soufrés	Troubles respiratoires et cardiovasculaires Pluies acides (acide sulfurique, H ₂ SO ₄)

< 10 µm = 7 fois plus petit que le diamètre d'un cheveu

- « Les nuisances environnementales de l'automobile », 2001 <https://www.senat.fr/rap/r01-113/r01-1132.html>.



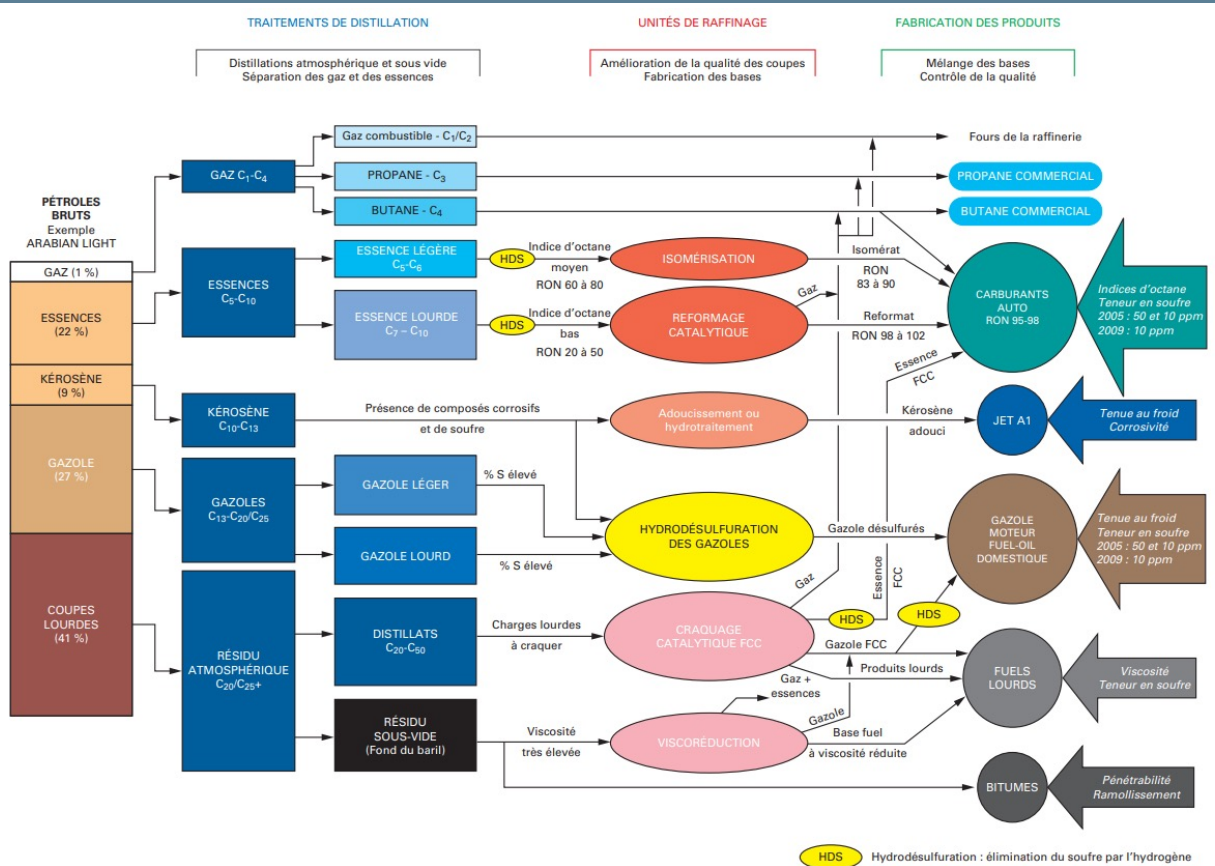
Les polluants primaires de l'air en France (toutes origines confondues)



- « Les nuisances environnementales de l'automobile », 2001
<https://www.senat.fr/rap/r01-113/r01-1132.html>.

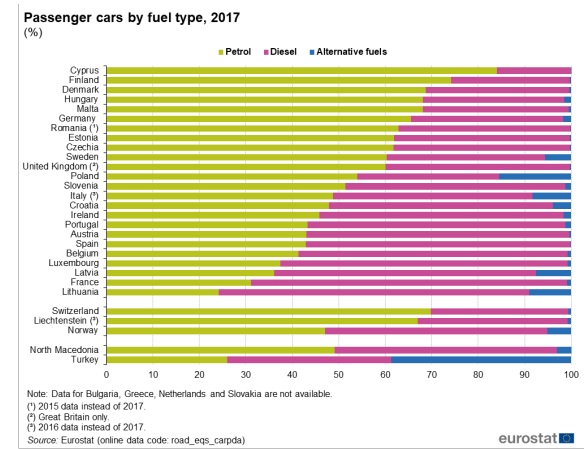
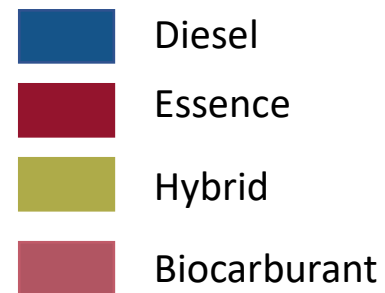
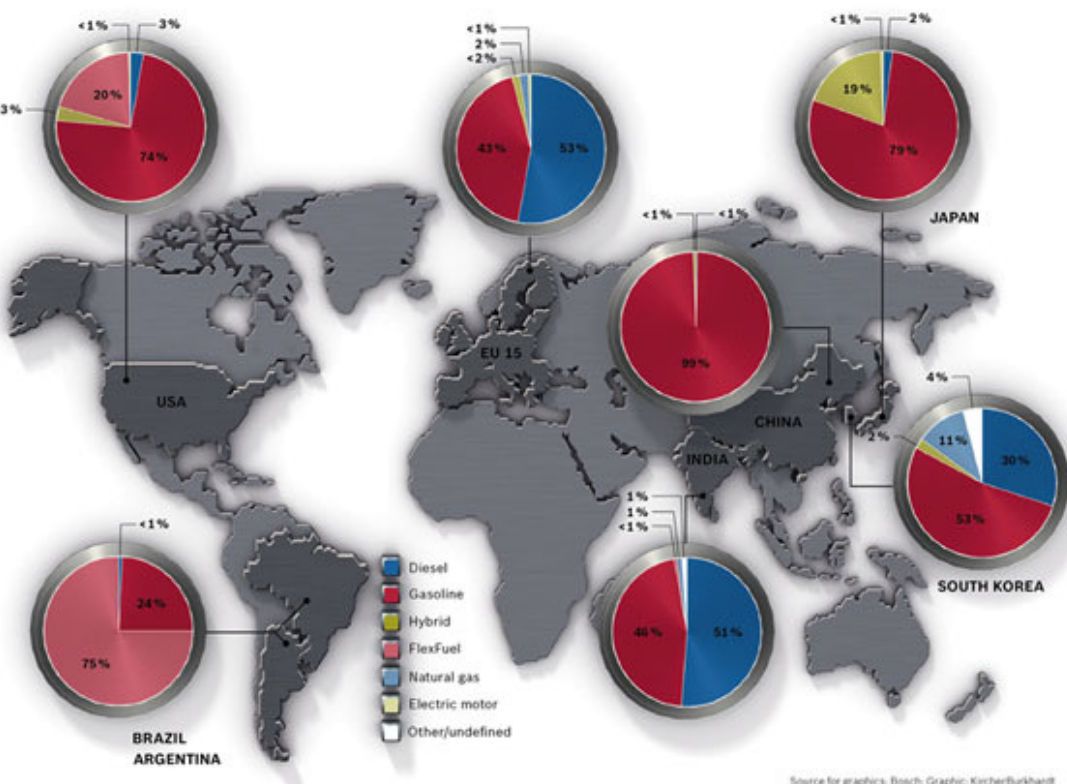


Diesel ou essence ? Du pareil au même ?



- « Pétrole », Techniques de l'Ingénieur, consulté le 13 avril 2022, <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/42215210-combustibles-fossiles/download/be8520/petrole.html>.

⊕ Diesel ou essence ? Du pareil au même ?



« Bosch: World Map of Automotive Powertrains - How People Drive in Europe, the Americas, and Asia », *Automotive World* (blog), 7 novembre 2014, <https://www.automotiveworld.com/news-releases/world-map-automotive-powertrains-people-drive-europe-americas-asia/>.

Diesel : avantage d'un point de vue de la taxation et des normes environnementales

Diesel

Taxé à 141%

Norme	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5a	Euro 5b	Euro 6b	Euro 6c	Euro 6d -TEMP	Euro 6d
Oxydes d'azote (NO _x)	-	-	500	250	180	180	80	80	80	-80
Monoxyde de carbone (CO)	2 720	1 000	640	500	500	500	500	500	500	500
Hydrocarbures (HC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HC + NO _x	970	700	560	300	230	230	170	170	170	170
Particules (PM)	140	80	50	25	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Particules (PN) (nb/km)	-	-	-	-	6 × 10 ¹¹	6 × 10 ¹¹	6 × 10 ¹¹	6 × 10 ¹¹	6 × 10 ¹¹	6 × 10 ¹¹
Valeurs, sauf PN, exprimées en mg/km.										

Essence

Taxé à 164%

Norme	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5 ¹⁵	Euro 6b ¹⁶	Euro 6c	Euro 6d -TEMP	Euro 6d
Oxydes d'azote (NO _x)	-	-	150	80	60	60	60	60	60
Monoxyde de carbone (CO)	2 720	2 200	2 200	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Hydrocarbures (HC)	-	-	200	100	100	100	100	100	100
Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	-	-	-	-	68	68	68	68	68
HC + NO _x	970	500	-	-	-	-	-	-	-
Particules (PM)	-	-	-	-	5 ^{*1}	5 ^{*1}	4,5	4,5	4,5
Particules (PN) (nb/km)	-	-	-	-	-	6 × 10 ^{12*2}	6 × 10 ¹¹	6 × 10 ¹¹	6 × 10 ¹¹
Valeurs, sauf PN, exprimées en mg/km.									





Diesel : moins d'émission direct de CO₂, mais il y a production de suie (effet de serre)

Particule PM_{2,5} sont dangereuses et définir des seuils sur leur masses total est inutile

Production de NO_x plus grande que l'essence: trouble respiratoire

- Laurent Castaignède, *Airvore ou la face obscure des transports*, écosociété, s. d.

Reporterre
le quotidien de l'écologie

Tous les Franciliens sont exposés

La concentration excessive de particules fines PM_{2,5} est celles qui a le plus d'impact sur la santé. Émis par le chauffage urbain et le trafic routier, ce polluant a causé la mort de 6 220 personnes en 2019, selon l'étude. Quant au dioxyde d'azote (NO₂), émis par les véhicules diesel, 3 680 personnes sont décédées après une exposition prolongée. ^① Pour la première fois, les scientifiques ont également évalué le nombre de morts liés à l'ozone (O₃), un polluant secondaire émis principalement l'été sous l'effet du rayonnement solaire : ils sont de l'ordre de 1 700.

- Reporterre, « Île-de France : 1 décès sur 10 causé par la pollution de l'air », Reporterre, le quotidien de l'écologie, consulté le 13 avril 2022, <https://reporterre.net/Ile-de-France-un-deces-sur-dix-cause-par-la-pollution-de-l-air>.



Confinement

- 2 300 décès évités en lien avec une diminution de l'exposition aux particules, dont les sources sont multiples et qui représentent la pollution de fond,
- 1 200 décès évités en lien avec une diminution de l'exposition au dioxyde d'azote (NO₂), liée principalement au trafic routier.

En temps normal

- 40 000 décès par an et près de 8 mois d'espérance de vie perdus en lien avec l'exposition aux particules fines

- « Pollution de l'air ambiant : nouvelles estimations de son impact sur la santé des Français », publié le 14 avril 2021, Santé publique France, <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2021/pollution-de-l-air-ambiant-nouvelles-estimations-de-son-impact-sur-la-sante-des-francais>.



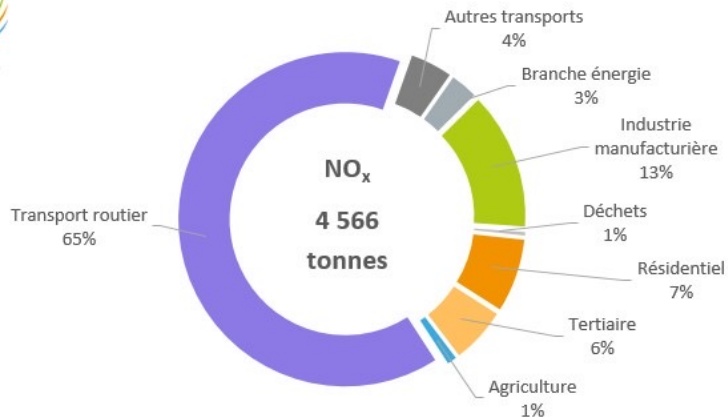
40 000 décès par an et près de 8 mois d'espérance de vie perdus en lien avec l'exposition aux particules fines

Afin d'actualiser les **estimations publiées en 2016** qui portaient sur la période 2007-2008, Santé publique France a réévalué le fardeau que représente la pollution atmosphérique sur la mortalité annuelle en France métropolitaine pour la période 2016-2019.

Il ressort de cette réévaluation que **chaque année près de 40 000 décès seraient attribuables à une exposition des personnes âgées de 30 ans et plus aux particules fines (PM_{2,5})**. Ainsi l'exposition à la pollution de l'air ambiant représente en moyenne pour les personnes âgées de 30 ans et plus une perte d'espérance de vie de près de 8 mois pour les PM_{2,5}.

La pollution de l'air ambiant demeure ainsi un facteur de risque pour la santé en France bien que l'EQIS 2016-2019 suggère une tendance à la baisse de la mortalité en lien avec la pollution de l'air ambiant (7% de la mortalité totale de la population française attribuable à une exposition aux PM_{2,5} versus 9 % sur la période 2007-2008).

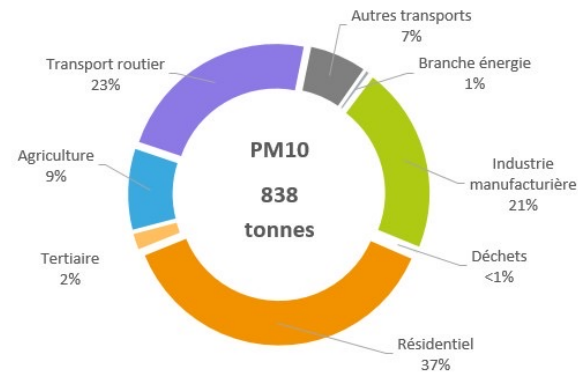
- « Pollution de l'air ambiant : nouvelles estimations de son impact sur la santé des Français », publié le 14 avril 2021, Santé public France, <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2021/pollution-de-l-air-ambiant-nouvelles-estimations-de-son-impact-sur-la-sante-des-francais>.



Eurométropole Strasbourg

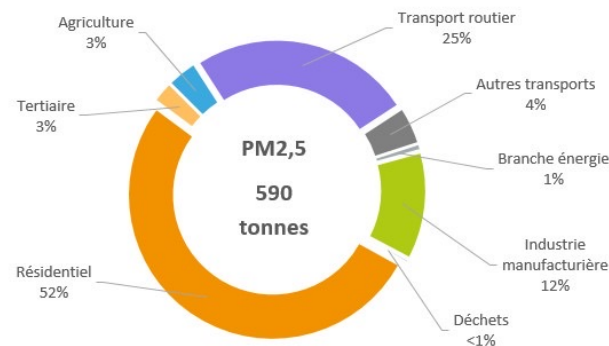
Répartition des émissions de NO_x par secteur d'activité en 2014 - source Atmo Grand Est, Invent'Air V2016

- « La qualité de l'air dans l'Eurométropole de Strasbourg », consulté le 14 avril 2022, <https://www.strasbourg.eu/qualite-air-eurometropole-strasbourg>.



Eurométropole Strasbourg

Répartition des émissions de PM10 par secteur d'activité en 2014 - source Atmo Grand Est, Invent'Air V2016



Eurométropole Strasbourg

Répartition des émissions de PM2,5 par secteur d'activité en 2014 - source Atmo Grand Est, Invent'Air V2016

1. Problème d'approvisionnement en pétrole
2. Problème climatique
3. Problème de santé



IV) Solutions possibles en admettant les contraintes précédentes

- Réduction de la vitesse maximale d'une voiture à 130 km/h
 - Moteur moins puissant → moins de consommation, et poids plus léger, moins cher
 - Carrosserie plus légère, moins couteuse en matériaux
- Réduction de la taille des véhicules
 - Masse de la voiture réduite → consommation d'énergie moindre
On est passé de une 4 CV de 456kg → à une voiture de moyenne 1250kg
- Accepter moins de confort : est-ce nécessaire d'avoir des sièges chauffant ?

On a fait des progrès sur la consommation de carburant

En réalité la 2CV consommait de 5 à 6L/100km à une voiture française actuelle moyenne de 6 à 7L/100km

→ Le défaut de nos voitures c'est bien leur masse.

- Moteurs à compression variable (<https://www.youtube.com/watch?v=YJXu2GJTYZQ>)



Partenariat avec PSA

75 millions d'euros d'investissement

But: augmentation du rendement →
diminution de la consommation en
carburant

Permet également de se passer du turbo-
compresseur

Aurait pu être industrialisé depuis
longtemps: rétention de technologie pour
pouvoir s'adapter au nouvelle norme
facilement



How Green is Your Electric Vehicle? Check The Fuel Source

Cleaner power grids mean cleaner electric cars

● Coal-fired ● Oil-fired ● Gas-fired ● Renewables ● Nuclear



China



Germany



Japan



U.S.



Netherlands



U.K.



France



Norway

Note: Renewables include geothermal, solar, wind, biomass and waste, large and small hydro sources

Source: Bloomberg New Energy Finance

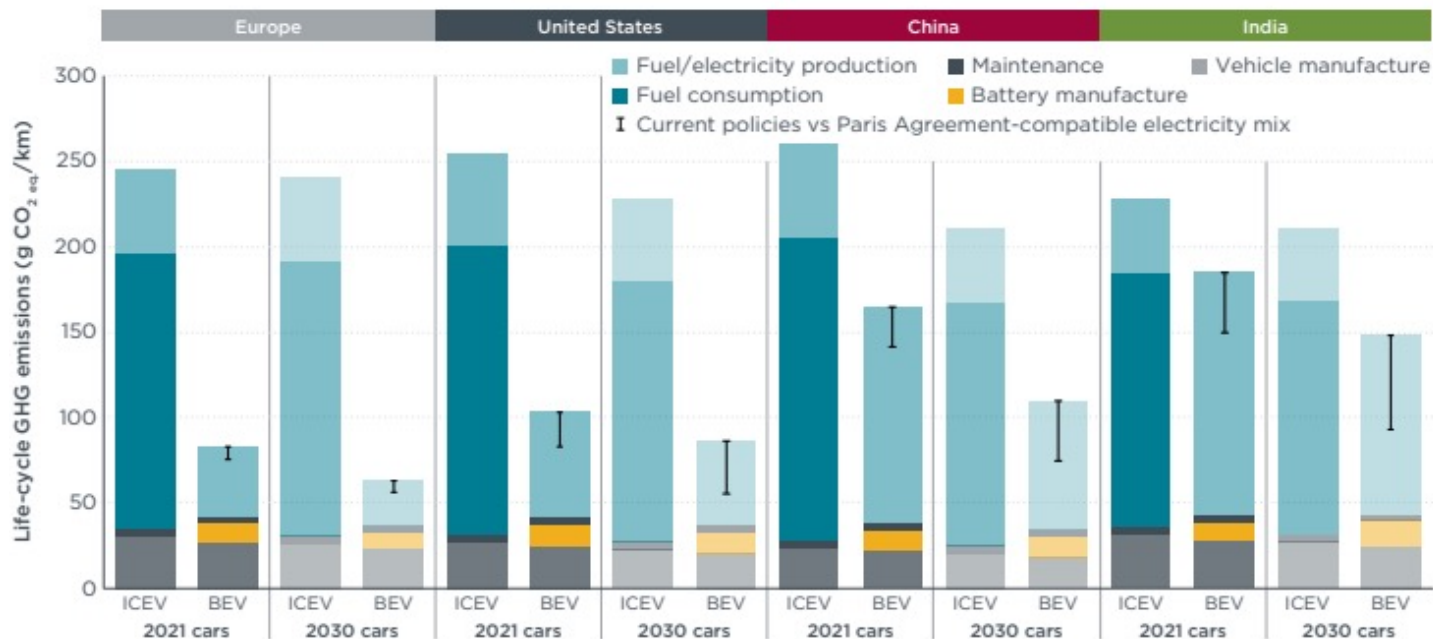


Figure ES.1. Life-cycle GHG emissions of average medium-size gasoline internal combustion engine (ICEVs) and battery electric vehicles (BEVs) registered in Europe, the United States, China, and India in 2021 and projected to be registered in 2030. The error bars indicate the difference between the development of the electricity mix according to stated policies (the higher values) and what is required to align with the Paris Agreement.

- « A Global Comparison of the Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Combustion Engine and Electric Passenger Cars », *International Council on Clean Transportation*
<https://theicct.org/publication/a-global-comparison-of-the-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-of-combustion-engine-and-electric-passenger-cars/>.

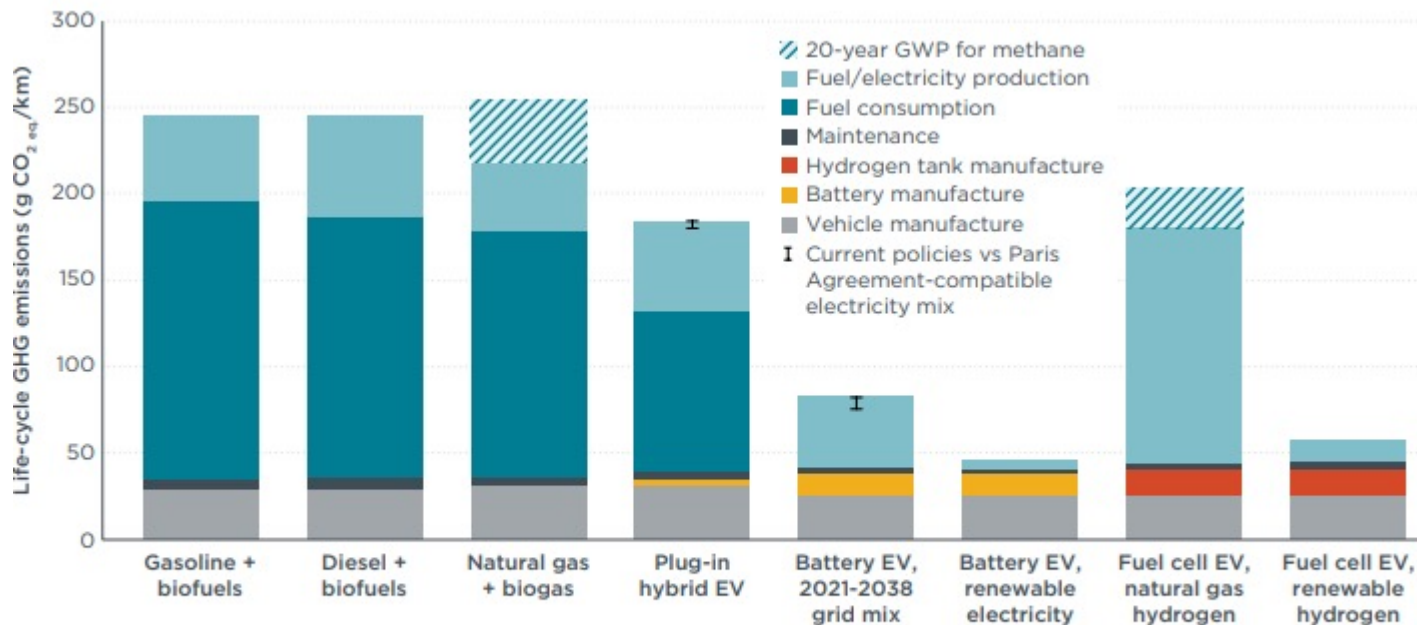
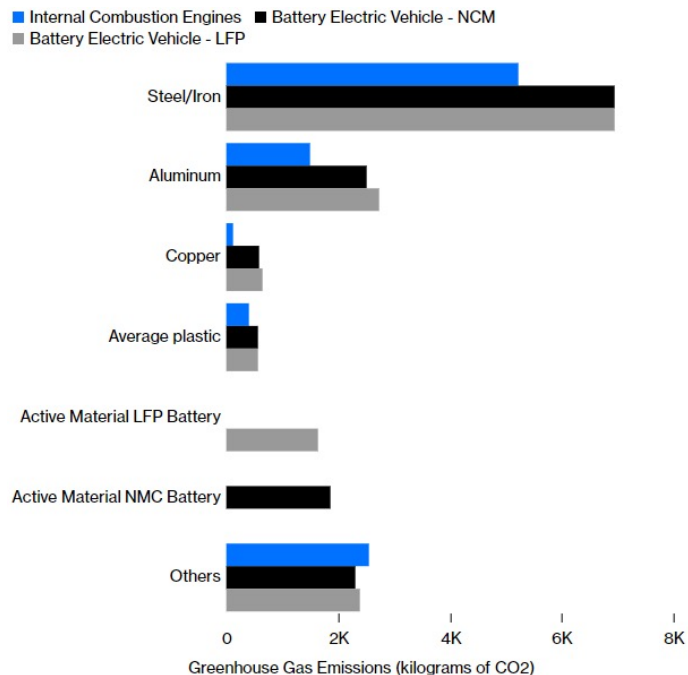


Figure 3.2. Life-cycle GHG emissions of lower medium segment gasoline, diesel, and CNG ICEVs, PHEVs, BEVs, and FCEVs registered in Europe in 2021.

- « A Global Comparison of the Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Combustion Engine and Electric Passenger Cars », *International Council on Clean Transportation*
<https://theicct.org/publication/a-global-comparison-of-the-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-of-combustion-engine-and-electric-passenger-cars/>.

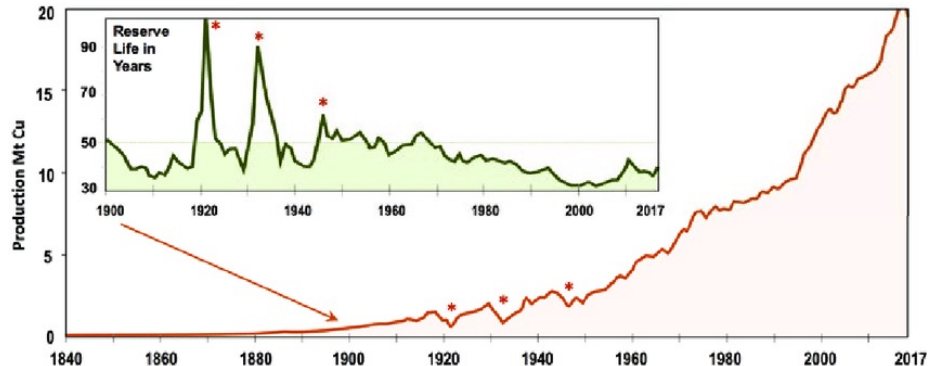


Greenpeace East Asia
Note: Cradle-to-gate greenhouse gas emissions breakdown by material

- « The Electric Vehicle Supply Chain Has a Dirty Secret », *Bloomberg.Com*, 3 novembre 2021, <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2021-11-03/cop26-evs-aren-t-as-green-as-you-think-the-supply-chain-is-carbon-intensive>.

Réserve: difficile à estimer mais on aurait au moins entre 30 et 50 années de production ✓

Production: ✗



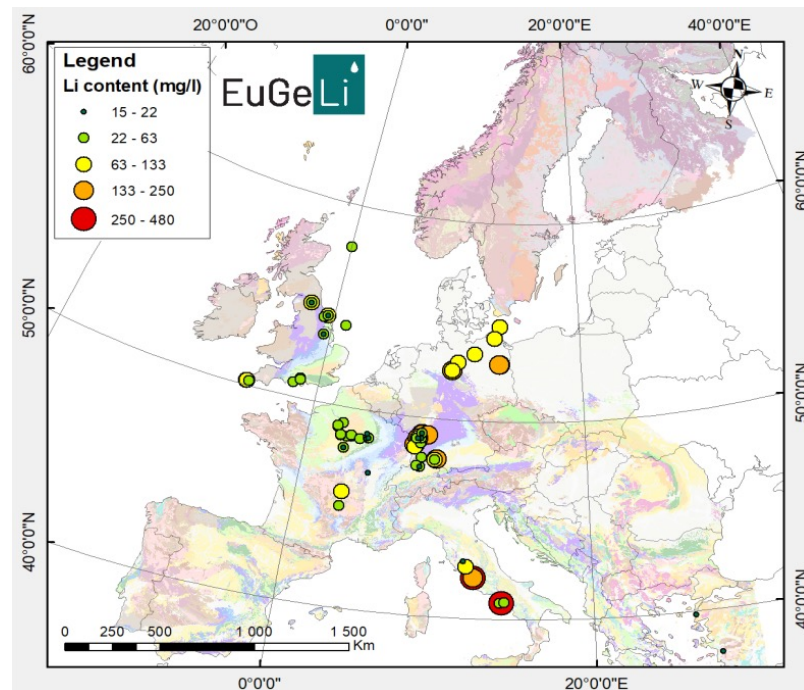
« Les tensions sur le cuivre viennent du fait que **la demande augmente encore plus rapidement que la production**. Il est clair que nous ne pourrons pas tout faire en même temps : produits électriques traditionnels, moteurs de voitures électriques, bobines d'induction pour éoliennes... »

- Philippe Gauthier, « Le cuivre, loin de l'épuisement », *Énergie et environnement* (blog), 27 mars 2022, <https://energieetenvironnement.com/2022/03/27/le-cuivre-loin-de-lepuisement/>.



Réserve: *L'Association française des professionnels de la géothermie évalue aujourd'hui la coproduction possible de lithium en Alsace à 15 000 tonnes par an.* ✓

Production: ✗
Pas avant 20 ans !



- « L'exploitation de nos ressources en lithium, une opportunité industrielle majeure pour la France | Connaissances des énergies », 29 juin 2021, <https://www.connaissancesdesenergies.org/tribune-actualite-energies/exploitation-de-nos-ressources-en-lithium-une-opportunite-industrielle-majeure-pour-la-france>.
- Bernard Sanjuan Sanjuan, Blandine Gourcerol, et Romain Millot, « Les saumures géothermales : une nouvelle ressource en lithium ? », *Géochronique*, Sur la route du Lithium, n°156 (décembre 2020): 7 pages.



Problème de matériaux:
Non pas la rareté mais l'accessibilité

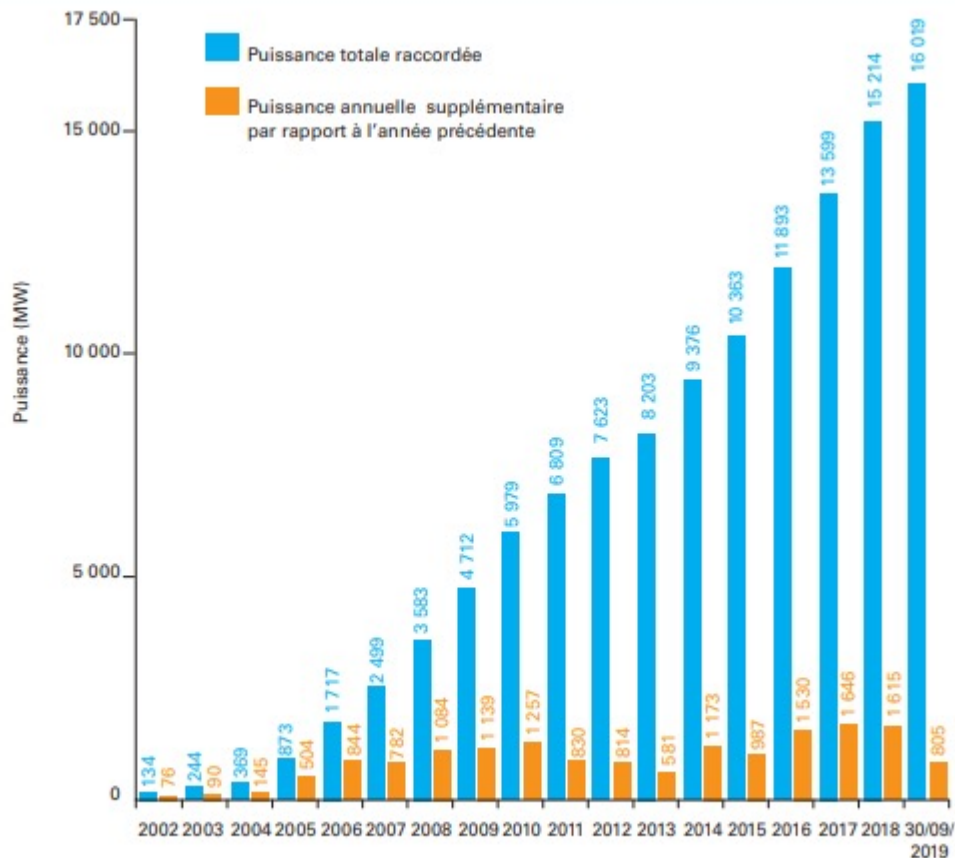


Figure 2 - Évolution de la puissance éolienne raccordée en France (doc. Observ'ER)

- Thierry Alleau, « L'hydrogène, vecteur de la transition énergétique », *Ressources énergétiques et stockage*, août 2020, <https://doi.org/10.51257/a-v1-be8587>.



Rte éCO2mix - La production d'électricité par filière ?

PÉRIODE

samedi 23 avril 2022

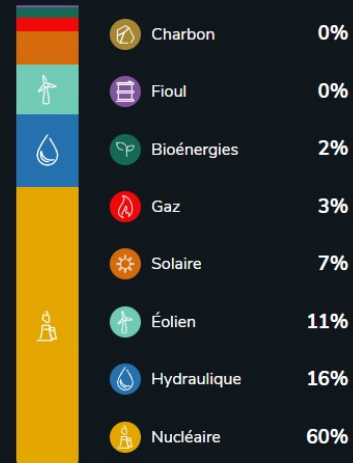
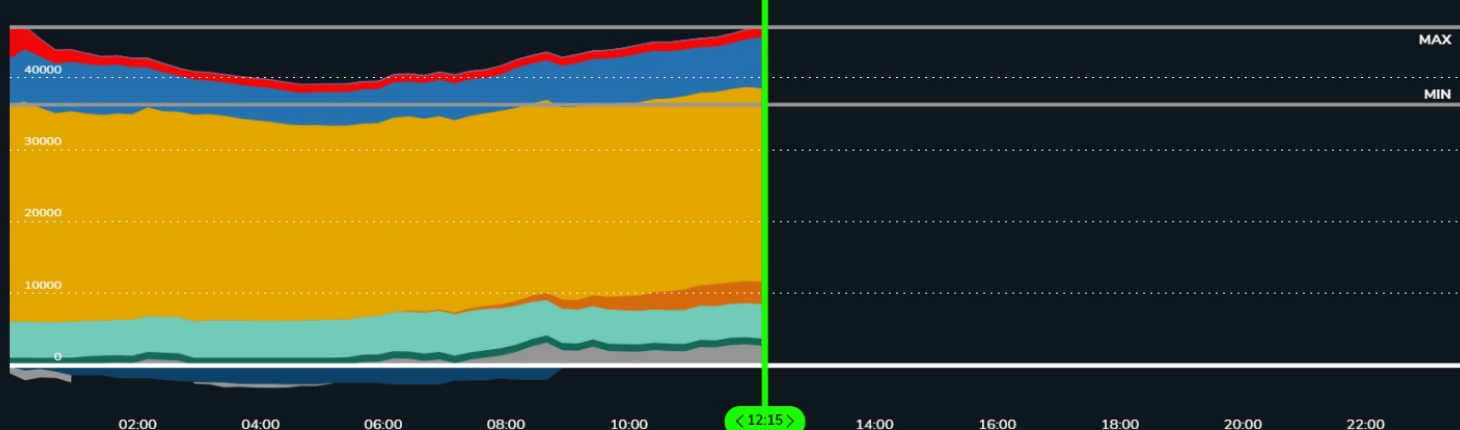
min

max

Import 2687 MW Fioul 147 MW Charbon 24 MW Gaz 1349 MW Hydraulique 7093 MW Nucléaire 26901 MW Solaire 3169 MW Éolien 4797 MW Bioénergies 1005 MW

Pompage 86 MW Export 0 MW

Données temps réel



- « éCO2mix - La production d'électricité par filière », consulté le 23 avril 2022 à 12h45, <https://www.rte-france.com/eco2mix/la-production-deelectricite-par-filiere>.



Ordre de grandeur

10 000 km / an pour les trajets quotidiens

83% en voiture : 8300 km/an en voiture

5L/100 km \Rightarrow 415L par an par français

1L de carburant : 38 MJ

415 x 38 = 15 770 MJ/an/français

Pour 60 millions de personnes :

$9,6 \times 10^{11}$ MJ par an de consommation

Or un réacteur 900MW :

$2,16 \times 10^{10}$ MJ de production par an

Alors

44 réacteurs (900MW)!

On a actuellement 56 réacteurs en France

- Même si on divise par 2 le nombre de voiture, on a tout de même besoin de 20 réacteurs 900 MW



Le secteur aujourd'hui

Chaque Français parcourt en moyenne **10 000** km par an pour ses trajets quotidiens, soit **98 %** des déplacements et **60 %** des distances parcourues

14 % des émissions nationales de GES!

Motifs principaux de déplacement

- 22 % travail
- 15 % loisirs
- 15 % visites
- 15 % achats
- 23 % autres

Modes de transport utilisés

- 83 %** des distances effectuées en voiture
- 8 %** en transports en commun
- 3 %** en vélo

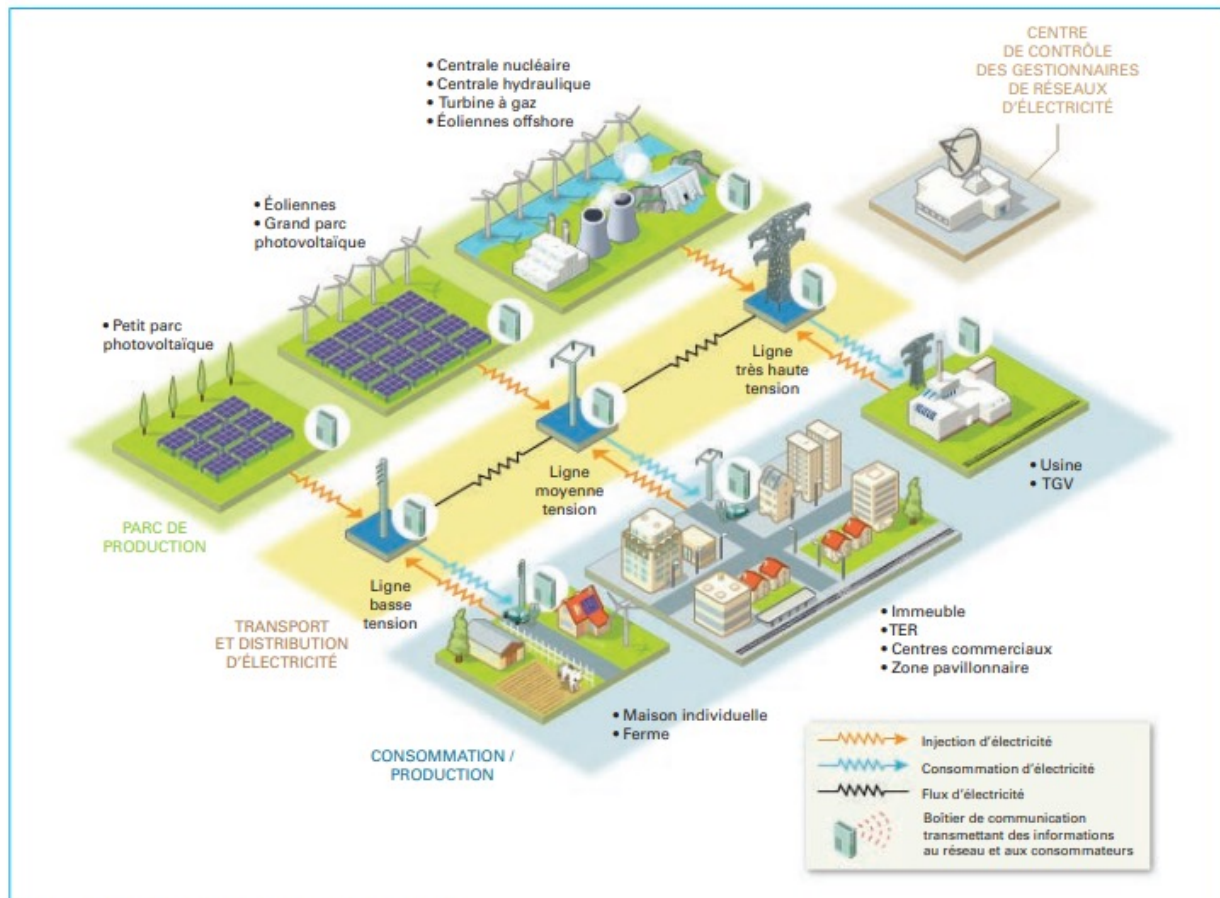


Figure 2 - Vision CRE du réseau électrique intelligent

- Alain Doulet et Jean-Paul Horson, « Smart Grids : contexte, acteurs et enjeux », *Réseaux électriques et applications*, juillet 2019, <https://doi.org/10.5125/7/a-v1-d4963>.

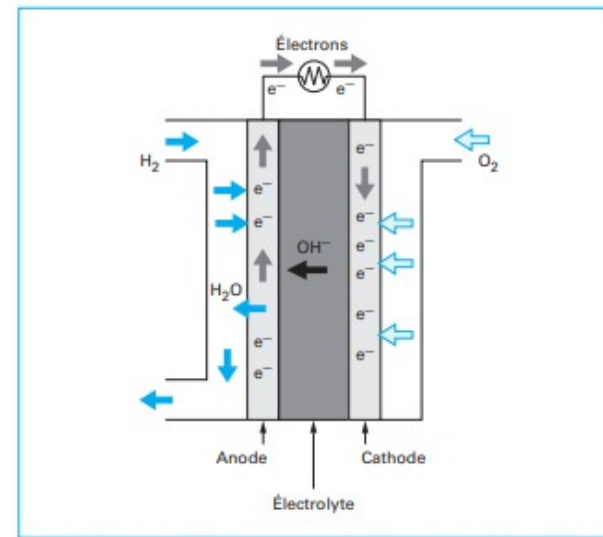
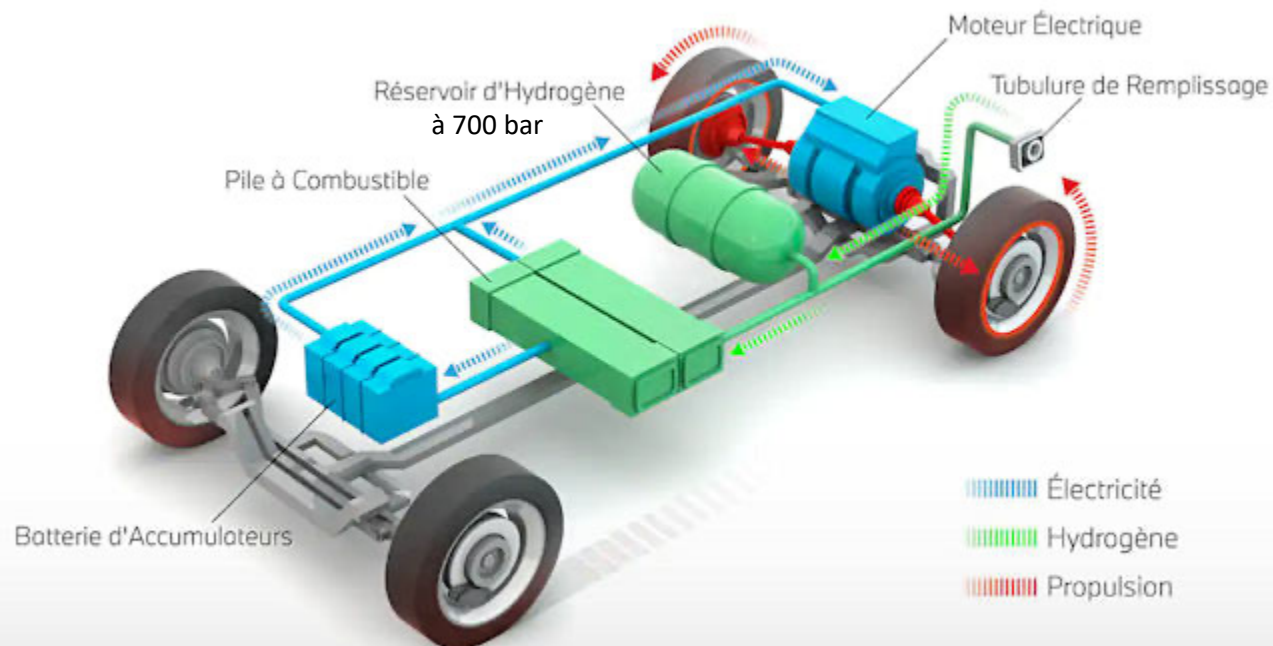
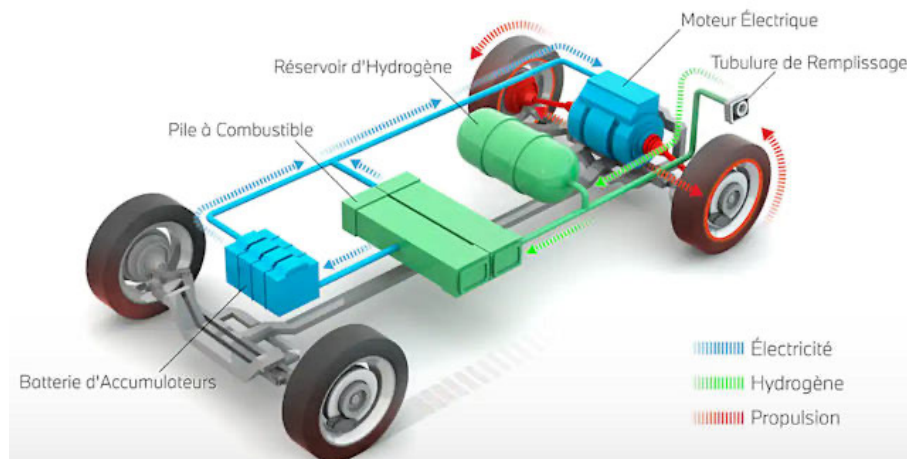


Figure 1 - Principe de fonctionnement d'une pile à combustible [5] [6] [7] [8]

- Farida Darkrim-Lamari et Pierre Malbrunot, « Combustible hydrogène - Utilisation », *Chimie verte*, octobre 2013, <https://doi.org/10.51257/a-v2-be8566>.



- Avantage : **extension de l'autonomie** par rapport à une voiture 100% électrique
- On a tout de même besoin de **batterie** électrique, et de **moteur électrique**
→ tension sur les matières premières
- Problème lié à la **production de H₂**, à la **distribution de H₂**
- Problème lié au **stockage de H₂** (réservoir en matériaux composites non renouvelable)
- **Pile à combustible** complexe à fabriquer et à recycler, et fragile





- « 14ème Journée Recherche à Polytech Lille », *Polytech Lille* (blog), consulté le 14 avril 2022, <https://www.polytech-lille.fr/transition-energetique-solutions-et-challenges-technologiques/>.

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Solutions et challenges technologiques ?



14ÈME JOURNÉE RECHERCHE
À POLYTECH LILLE
JEUDI 17 MARS 2022

En partenariat avec le groupe de recherche
« COMASY, Continuum de l'énergie » de l'Université de Lille



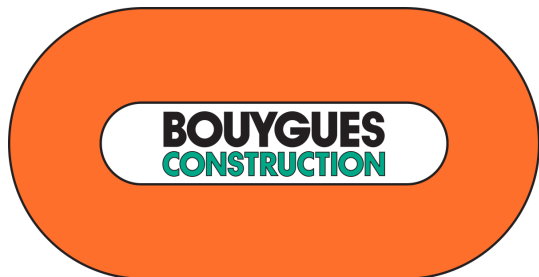
- Problème d'approvisionnement en pétrole
- Difficulté d'approvisionnement en matériaux
- Réseau électrique à moderniser
- Problème d'acceptation



V) La fin du messianisme technologique ?



Quel est le rapport entre ces deux éléments ?



Un bâtiment + mutualisé



L'approche Officity Value vous donne la possibilité de **générer des revenus complémentaires** dans les immeubles de bureaux, en **intensifiant l'usage des espaces communs** et en **proposant des services innovants**.



Four banal



2022-2027 : les leviers pour décarboner



Regrouper les lieux d'habitat, d'achat et d'activité sur les surfaces déjà urbanisées



Renforcer la qualité de la desserte en transports en commun et étendre les réseaux



Sécuriser la pratique de la marche, du vélo et des autres cycles légers



Simplifier l'enchaînement des modes de transport de longue distance et des modes de proximité



Faciliter l'usage des vélos à assistance électrique et des véhicules de petite taille



Favoriser par le système réglementaire et fiscal les pratiques alternatives à la voiture en solo

Ce ne sont pas des solutions technologiques.

Retour au commun, fin du modèle pavillonnaire et de l'extension de la ville en campagne

« Le Plan », Plan de transformation de l'économie Française, *The Shift Project*, consulté le 4 avril 2022, <https://ilnousfautunplan.fr/le-plan/>.

Dans le Plan de transformation de l'économie Française:

1. Déconstruire le « système voiture »
 1. Développer un urbanisme qui réduit les distances de déplacement
 2. Mettre en place une fiscalité cohérente et incitative à l'utilisation de modes alternatifs à la voiture solo
 3. Rendre moins **attractive** l'utilisation de la voiture en solo
2. Développer un système de modes actifs et partagés
3. Susciter et accompagner le **changement de comportement**
4. La nécessité d'évaluer les politiques mises en œuvre

« Le Plan », Plan de transformation de l'économie Française, *The Shift Project*, consulté le 4 avril 2022, <https://ilnousfautunplan.fr/le-plan/>.



Plan incliné

44 m de dénivellé

300 T de fret (elle pèse 30 T)

Energie dépensée "selon l'axe vertical"

$$300 / 25 = 12 \Rightarrow 12 \text{ camions de } 44 \text{ T}$$

En considérant seulement l'énergie pour vaincre la gravité :

$$E = m \cdot g \cdot z$$

$$= 12 \times 44 \times 9,8 \times 44 \times 2,7 \times 10^{-7} \times 1000$$

$$E = 61,4 \text{ kWh}$$



89 % des marchandises transportées par la route (contre 34 % en 1960)



Source : VNF

- « Voies navigables de France : Un canal d'avenir au service du développement durable ». Consulté le 5 avril 2022. <https://www.senat.fr/rap/r13-724/r13-7243.html>.



- Utilisation du transport fluvial et ferroviaire
- **Mais aussi réduction de la demande !**



La transformation à horizon 2050

Transport fluvial **x 3**
Transport ferroviaire **x 2**
Demande **- 25 %**

« Le Plan », Plan de transformation de l'économie Française, *The Shift Project*, consulté le 4 avril 2022, <https://ilnousfautunplan.fr/le-plan/>.



VI) Conclusion



- The Shift Project et Jean-Marc Jancovici <https://www.youtube.com/watch?v=Vjkq8V5rVy0>

The image shows a YouTube video player. The main video frame shows Jean-Marc Jancovici speaking at a podium with a 'SciencesPo' logo. An inset poll is overlaid on the right side of the video. The poll question is 'Selon vous, qu'est-ce que l'énergie ?' (According to you, what is energy?). There are four options: A: 'Ma facture d'électricité, de gaz... et le pain', B: 'Il faut l'économiser !', C: 'Il faut 100% renouvelable !', and D: 'Il faut l'économiser !'. The video player interface includes a progress bar at 8:57 / 2:24:40 and various control icons. Below the video, the title is 'Jancovici : CO2 ou PIB, il faut choisir - Sciences Po - 29/08/2019 - [EN subtitles available]'. The video has 2,879,403 views and was posted on August 30, 2019. The channel name is 'Jean-Marc Jancovici' with 189k subscribers. There are buttons for '22 K' likes, 'JE N'AIME PAS', 'PARTAGER', 'TÉLÉCHARGER', 'EXTRAIT', 'ENREGISTRER', and 'ABONNÉ'.

SciencesPo

SciencesPo

8:57 / 2:24:40

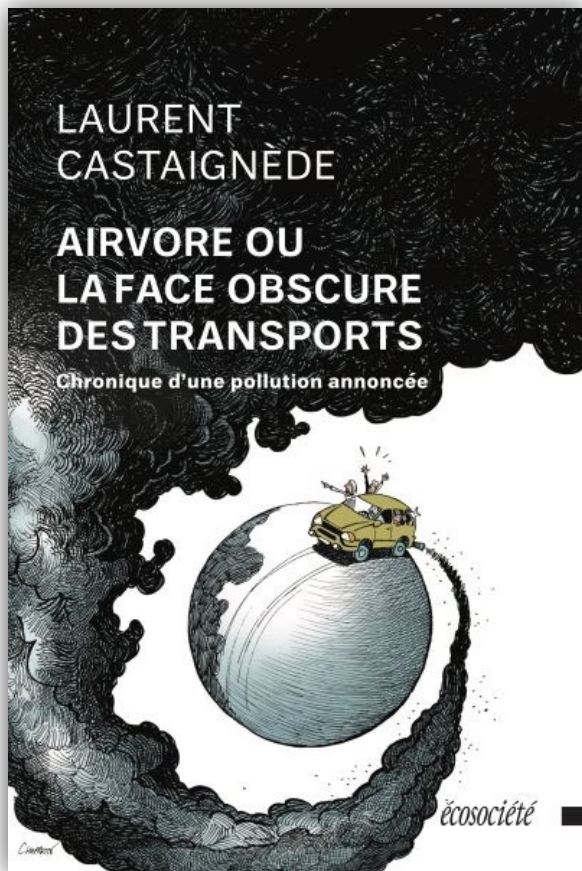
Jancovici : CO2 ou PIB, il faut choisir - Sciences Po - 29/08/2019 - [EN subtitles available]

2 879 403 vues • 30 août 2019

22 K JE N'AIME PAS PARTAGER TÉLÉCHARGER EXTRAIT ENREGISTRER ...

Jean-Marc Jancovici
189 k abonnés

ABONNÉ



- Laurent Castaignède, *Airvore ou la face obscure des transports*, écosociété, s. d.



THE SHIFT
PROJECT

THE CARBON
TRANSITION
THINK TANK

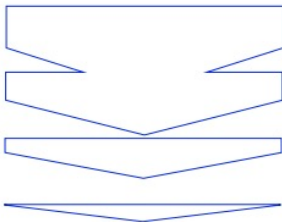
PLAN DE TRANSFORMATION DE L'ÉCONOMIE FRANÇAISE

Lancé par le Shift Project au printemps 2020, le Plan de transformation de l'économie française (PTEF) vise à proposer des **solutions pragmatiques pour décarboner l'économie**, secteur par secteur, en favorisant la résilience et l'emploi.

Né dans le sillage de la crise sanitaire, ce plan s'inscrit dans la perspective du fameux « monde d'après » et a vocation à alimenter

le **débat public**, en particulier en amont de l'élection présidentielle de 2022. Il s'agit de concevoir à grande échelle un **programme systémique de mesures opérationnelles** destinées à rendre l'économie compatible avec la limite des 2 °C. Cela implique de **libérer l'économie française de la double contrainte carbone** en réduisant à la fois sa dépendance aux énergies fossiles et ses émissions de gaz à effet de serre.

Notre objectif est de convaincre un maximum de décideurs politiques et économiques de planifier la transition, avec des propositions concrètes et chiffrées afin de faire baisser les émissions de gaz à effet de serre du pays de 5 % par an dès 2022.



UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE CONCENTRÉE SUR LES FLUX PHYSIQUES

L'élaboration du PTEF repose sur quatre piliers :

- Adopter une **approche globale, systémique et cohérente** du point de vue des lois de la physique et de la technique, et des flux économiques.
- S'intéresser aux **vraies ressources rares : les ressources physiques et les compétences**, l'emploi étant au cœur du dispositif.

- The Shift Project. « Crise(s), climat : plan de transformation de l'économie française ». <https://theshiftproject.org/crises-climat-plan-de-transformation-de-leconomie-francaise/>.



Elaboration du projet alimentaire pour les territoires du PETR du Pays de Sarrebourg et de la ComCom du Saulnois

Financé par



Diagnostic du système alimentaire

Mai 2021



Et rapports similaires produits par l'Etat afin de les critiquer positivement comme négativement



- Gaël Giraud et Zeynep Kahraman, « How Dependent is Growth from Primary Energy? The Dependency ratio of Energy in 33 Countries (1970-2011) », décembre 2014, <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01151590>



Jedi 24 mars, 18 h 30 : « L'hydrogène vecteur d'énergie et de décarbonation » par **Rose-Noëlle VANNIER**, Professeur à Centrale Lille Institut, chercheur à l'Unité de Catalyse et Chimie du Solide.

L'hydrogène apparaît aujourd'hui comme un vecteur d'énergie pour le stockage de l'électricité produite par intermittence ou lors des heures creuses mais également comme un moyen de décarbonation. Produit par électrolyse, il peut être directement injecté dans le réseau de gaz jusqu'à hauteur de 20 %, on parle alors d'hythane (Projet GRHYD sur Dunkerque, coordonné par Engie). Il peut être transformé en méthane par réaction avec le dioxyde de carbone ou en d'autres molécules plateformes pour donner de nouveaux combustibles ou être utilisé directement dans une pile à combustible pour reproduire de l'électricité. Des entreprises telles qu'ArcelorMittal envisage son utilisation directe pour la réduction de l'acier.

Après une présentation du contexte et des applications, l'exposé se terminera par un focus sur les activités de recherche sur le sujet en Hauts de France et plus précisément sur le site de Villeneuve d'Ascq.

Rose-Noëlle VANNIER est Professeur à Centrale Lille Institut, chercheur à l'Unité de Catalyse et Chimie du Solide, Unité Mixte de Recherche, Université de Lille, CNRS, Centrale Lille et Université d'Artois, directrice de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Lille, école interne de Centrale Lille Institut

- « Conférences festival 2022 », consulté le 13 avril 2022, <http://www.dev.scienceenlivre.org/conferences-festival-2022/>.

The screenshot shows a video player interface. The main content is a presentation slide titled "Hydrogène : vecteur de décarbonation" with the UCCS logo. The slide contains three news items:

- 4 février 2022**, Jean Castex à Dunkerque annonce un investissement de 1,7 milliards d'euros pour décarboner les usines de Dunkerque en Fos-sur-Mer. Remplacement d'éd 2030 de trois hauts fourneaux sur cinq (deux à Dunkerque) par des unités de réduction directe du minerai par de l'hydrogène.
- DUNKERQUE-PORT ET H2V S'ENGAGENT DANS L'HYDROGÈNE VERT**
22 décembre 2020
Ce 22 décembre 2020 Daniel DESCHODT, président par intérim du directeur de Dunkerque-Port, et Alain SAMSONI, président SAMI H2V, ont signé un bail à construction portant sur un terrain d'environ 12 hectares pour installer une usine de production d'hydrogène sur ce territoire résolument engagé dans la transition énergétique.
- L'usine H2V59 à Lezou**
Rage va produire en masse de l'hydrogène vert par le procédé d'électrolyse de l'eau, avec une électricité à base d'énergie renouvelable garantissant une empreinte carbone nulle. Cet ambitieux projet de « Power-to-Gas » dans les Hauts-de-France permettra également de répondre aux besoins des clients sur l'hydrogène vert en lien avec la décarbonation (industrie et mobilité).

La mise en service de l'usine, prévue en 2022-2023 va générer 70 emplois directs et 100 emplois indirects. Elle produira 28 000 tonnes d'hydrogène par an, soit 3% de la production française.

The video player shows a timestamp of 11:24 / 1:00:55 and standard playback controls.



- Karjalainen, Joni, Mira Käkönen, Jarmo Vehmas, et Jyrki Luukkanen. *Energy Models and Scenarios in the Era of Climate Change*, 2014.
- The Shift Project. « Possible déclin de l’approvisionnement en pétrole de l’UE d’ici 2030 – nouvelle étude du Shift Project », 23 juin 2020. <https://theshiftproject.org/article/ue-declin-approvisionnements-petrole-2030-etude/>.
- The Shift Project. « Publication du nouveau rapport du Shift sur l’approvisionnement pétrolier », 27 mai 2021. <https://theshiftproject.org/article/nouveau-rapport-approvisionnement-petrolier-europe/>.
- Joni Karjalainen et al., « Energy models and scenarios in the era of climate change », *Finland: Finland Futures Research Centre*, 2014.
- « Pétrole », Techniques de l’Ingénieur, consulté le 13 avril 2022, <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/42215210-combustibles-fossiles/download/be8520/petrole.html>.



ANNEXES



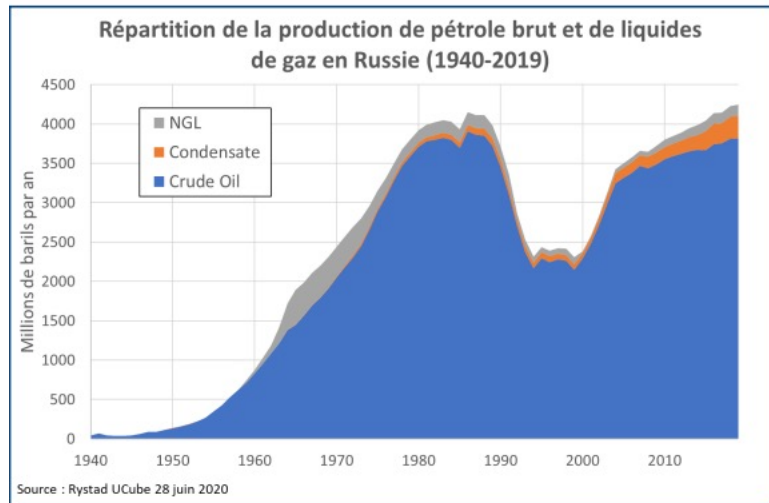
Russie

La Fédération de Russie, qui émerge à la suite de l'éclatement de l'Union Soviétique, est un producteur majeur de pétrole. La Russie a connu un premier pic de production du pétrole brut en 1986, 5 ans avant l'effondrement de l'URSS, mais produit plus de 10 millions de barils de pétrole par jour, soit un dixième de la consommation mondiale en 2019 à l'instar des États-Unis et de l'Arabie Saoudite. Historiquement fournisseur majeur de l'Europe en hydrocarbures, la Russie se tourne aujourd'hui davantage vers les centres de consommation situés en Asie. Ainsi, 30 % du pétrole exporté par la Russie seraient à ce jour à destination de l'Asie contre 6 % en 2006.

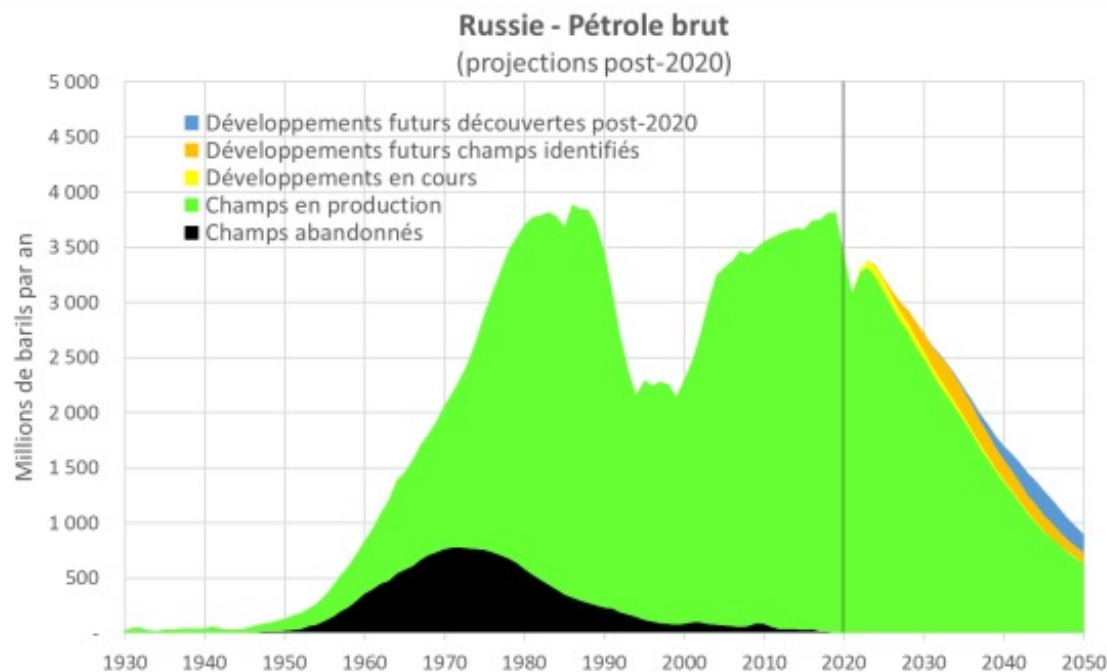
La Russie est un pays pétrolier ancien et mature. Les réserves baissent depuis 1990. Les volumes des champs en production, à la date de 2020, devraient subir une baisse modérée de l'ordre de 35% à 2030, puis plus marquée de l'ordre de 80% à 2050, cohérente avec la prédominance des champs *onshore*.

La Russie possède 41 champs, en cours de développement et non développés, pour un volume de 6 milliards de barils et **conserve par ailleurs un potentiel important de découvertes additionnelles d'ici à 2050**, estimé à près de 30 milliards de barils de pétrole brut. Sauf à pouvoir développer rapidement ses ressources non conventionnelles (shale oil du Bazhenov et LTO de l'Achimov en Sibérie Occidentale), **le développement de nouveaux champs ne devrait toutefois pas pouvoir compenser le déclin des champs actuellement en production.** La production de pétrole brut devrait dans ce cas s'établir à 2,7 milliards de barils (7,5 Mb/j) en 2030 contre 3,8 milliards de barils en 2019 (10,5 Mb/j) et proche de 1 milliard de barils (2,5 Mb/j) en 2050.

Parmi les 16 principaux pays fournisseurs de l'UE27, **la Russie est au deuxième rang des réserves totales, identifiées et potentielles, de pétrole brut conventionnel avec environ 100 milliards de barils**, derrière l'Arabie Saoudite et devant l'Irak.



- The Shift Project. « Publication du nouveau rapport du Shift sur l'approvisionnement pétrolier », 27 mai 2021. <https://theshiftproject.org/article/nouveau-rapport-approvisionnement-petrolier-europe/>.



Source: données Rystad Energy - analyse et projections post-2020 The Shift Project

2,7 milliards de barils (7,5 Mb/j)
en 2030 contre 3,8 milliards de
barils en 2019 (10,5 Mb/j)

- The Shift Project. « Publication du nouveau rapport du Shift sur l’approvisionnement pétrolier », 27 mai 2021. <https://theshiftproject.org/article/nouveau-rapport-approvisionnement-petrolier-europe/>.

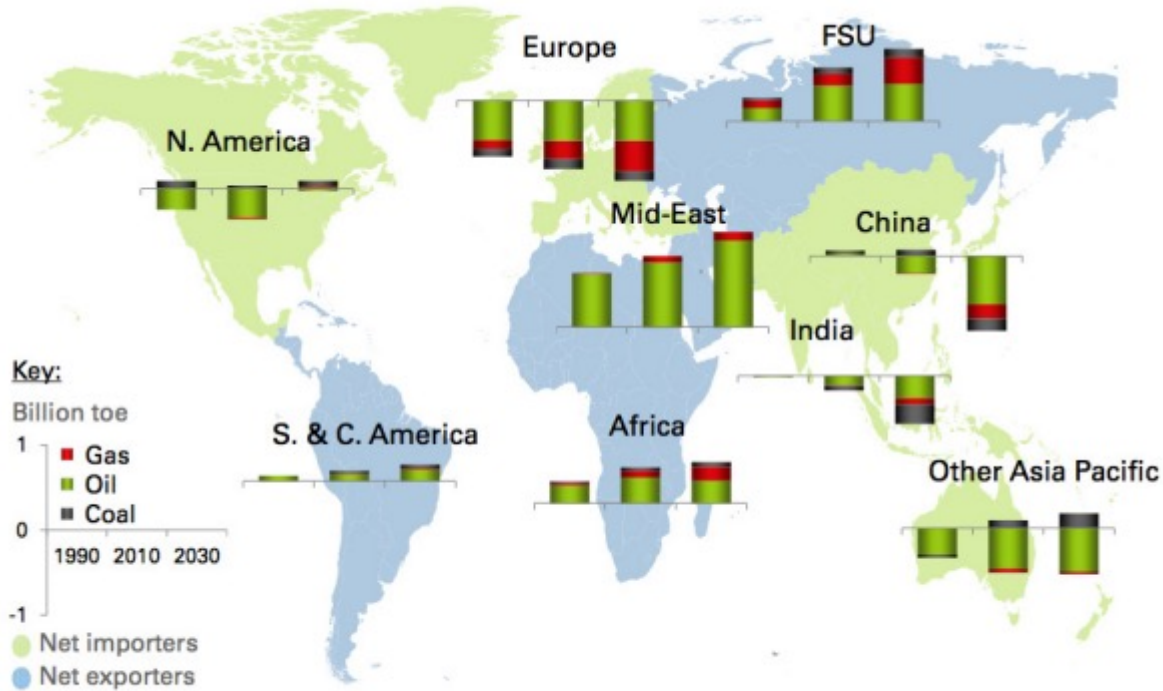
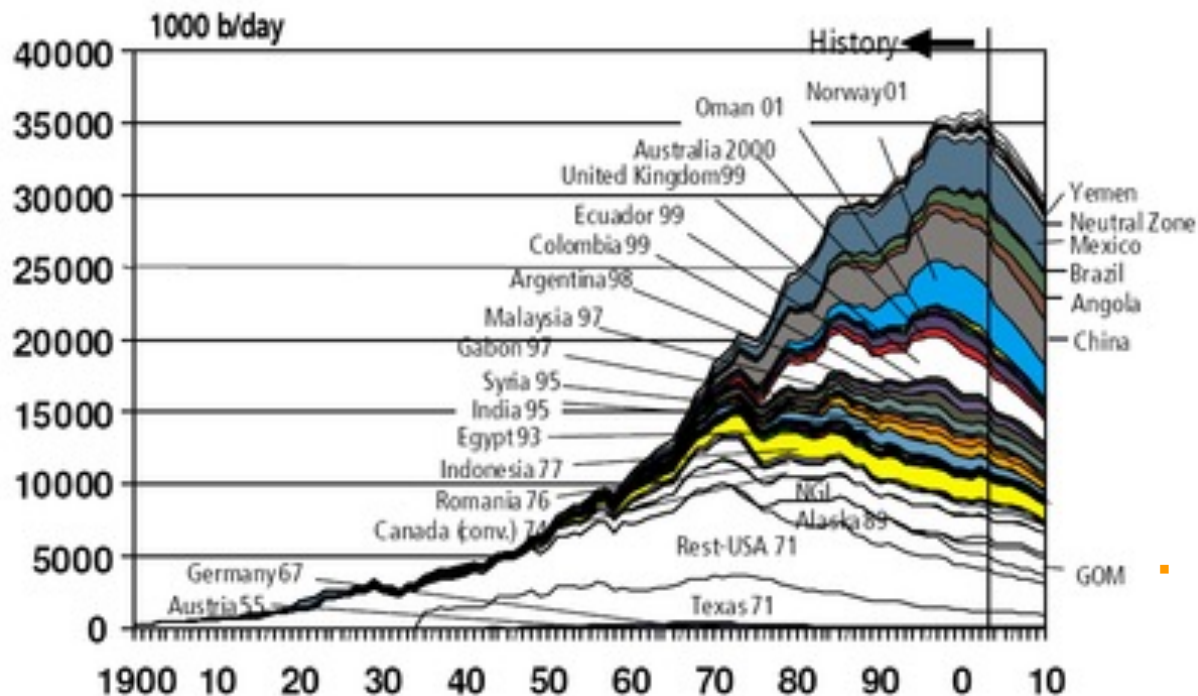


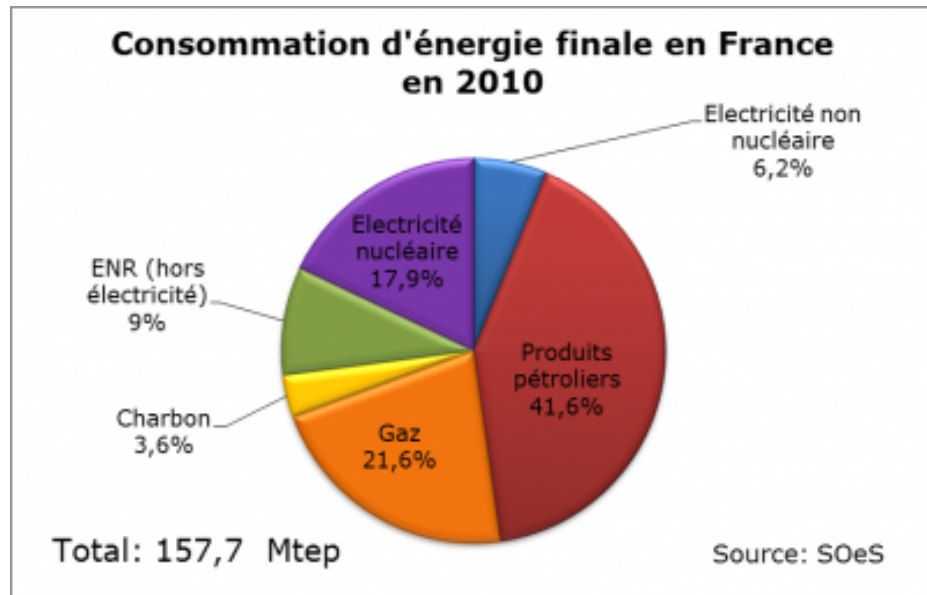
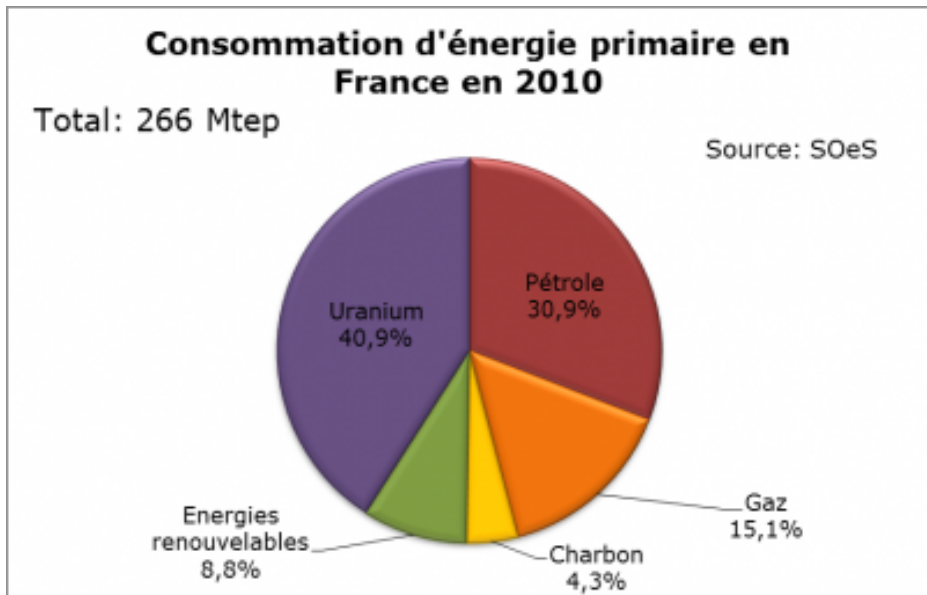
Figure 2.3. Energy imports and exports (BP 2012).

- Joni Karjalainen et al., « Energy models and scenarios in the era of climate change », Finland: Finland Futures Research Centre, 2014.

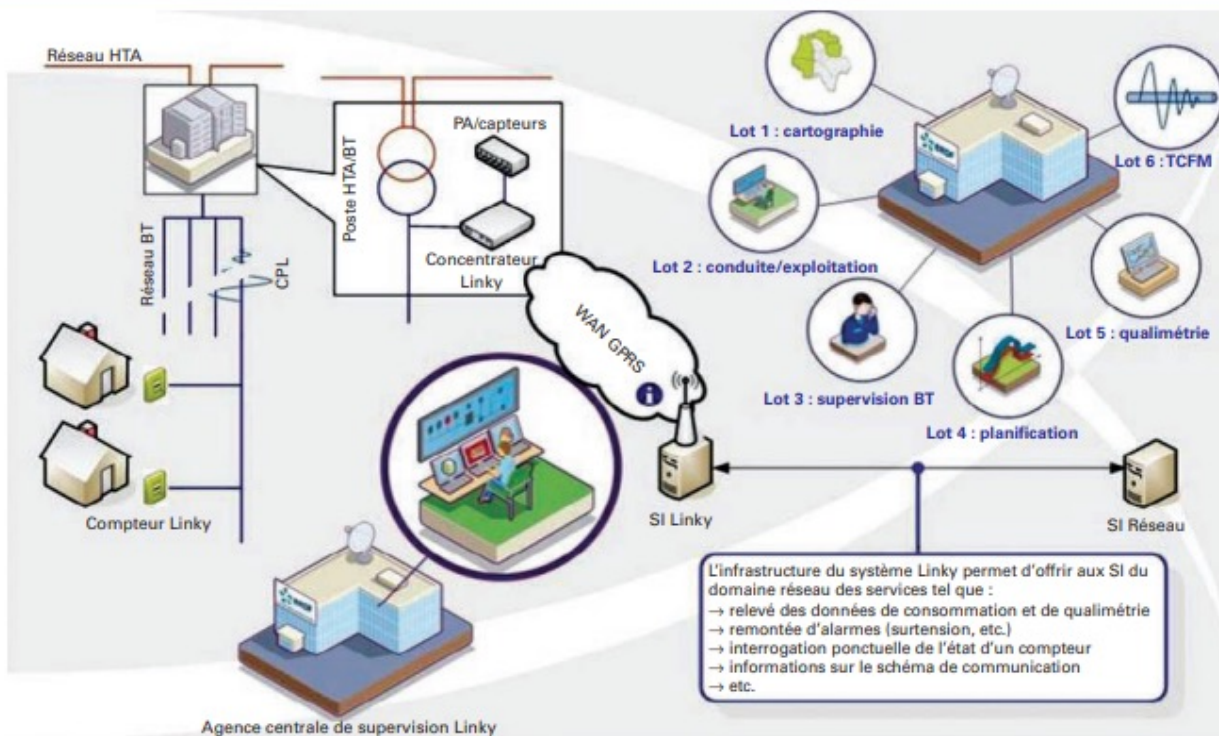


Source: Industry database, 2003 (IHS 2003)
OGJ, 9 Feb 2004 (Jan-Nov 2003)

- Government, U. S. Hubbert peak graph showing the world's oil production peak. Public domain document « Strategic Significance of America's Oil Shale Resource Volume I Assessment of Strategic Issues » at http://www.fossil.energy.gov/programs/reserves/npr/publications/npr_strategic_significancev1.pdf https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hubbert_world_2004.png.



- The Shift Project. « Nucléaire : quelle est sa place dans l'énergie en France ? », 2 août 2011. <https://theshiftproject.org/article/place-du-nucleaire-en-france/>.



- Alain Doulet et Jean-Paul Horson, « Smart Grids : contexte, acteurs et enjeux », *Réseaux électriques et applications*, juillet 2019, <https://doi.org/10.51257/a-v1-d4963>.

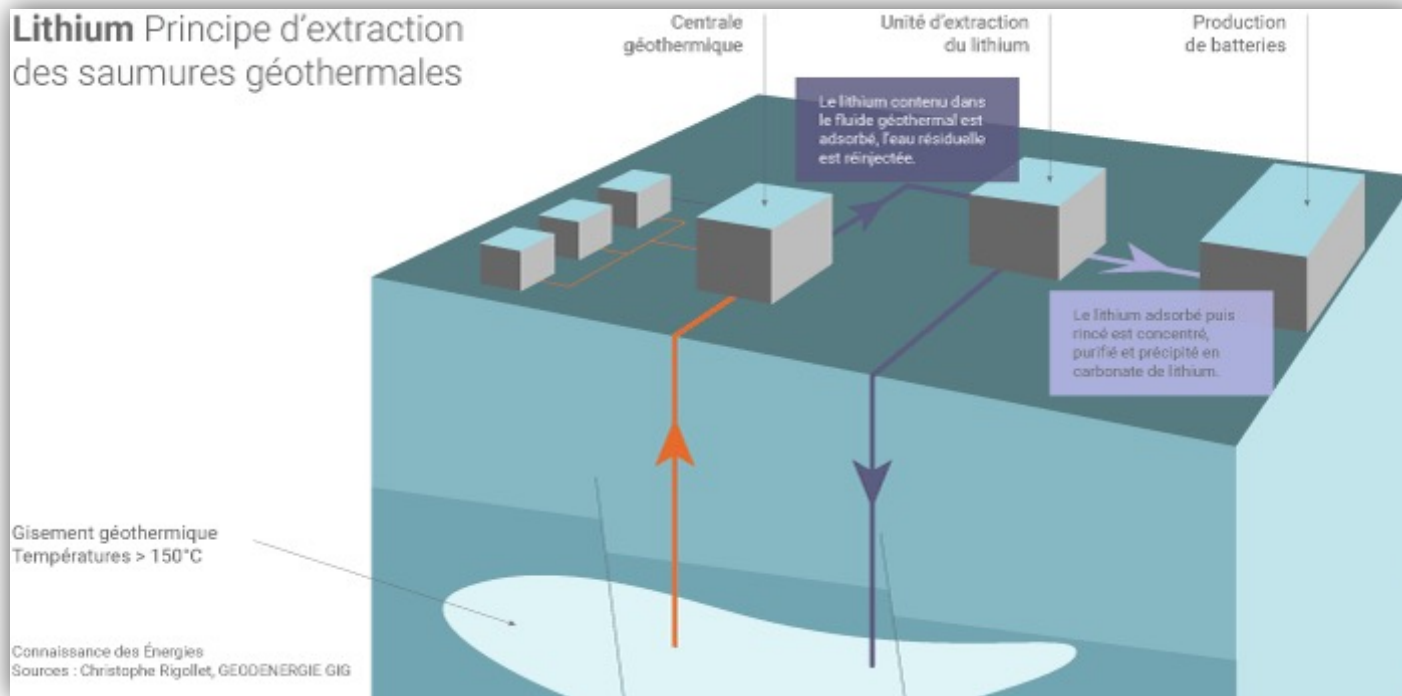
Figure 6 – Contribution du compteur Linky aux fonctions de gestion de réseau



Louis XVI à l'échafaud

Et de fait, à partir de 1783, la France connaît des hivers terriblement froids, des printemps catastrophiques, avec orages, pluies diluviennes, grêles, toujours au moment où les récoltes à venir sont sur pied. Puis, peu avant 1789, les jonctions d'approvisionnement en denrées agricoles entre deux saisons deviennent impossibles à réaliser. Le blé est si cher que le travail d'une semaine d'un ouvrier lui permet alors à peine d'acheter le pain nécessaire à sa propre nourriture. La situation des paysans est désespérée, la Révolution éclate en 1789.

- Nathalie Lamoureux, « Les mystères de l'histoire - Le volcan de la Révolution », Le Point, 9 juillet 2013, https://www.lepoint.fr/culture/les-mysteres-de-l-histoire-le-volcan-de-la-revolution-09-07-2013-1702139_3.php.



- « L'exploitation de nos ressources en lithium, une opportunité industrielle majeure pour la France | Connaissances des énergies », 29 juin 2021, <https://www.connaissancesenergies.org/tribune-actualite-energies/l'exploitation-de-nos-ressources-en-lithium-une-opportunit-e-industrielle-majeure-pour-la-france>.



Lycée ERCKMANN-CHATRIAN 1^{er}S
Année scolaire 2016/2017

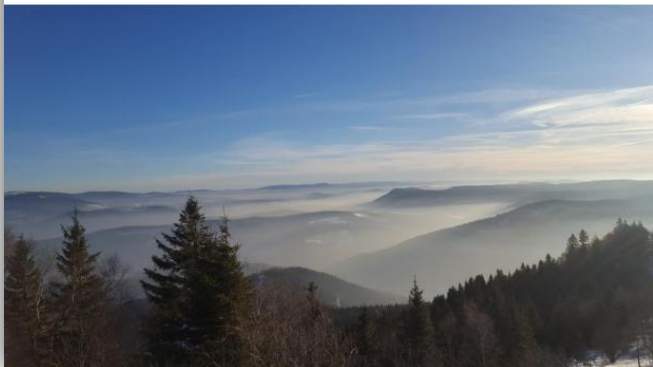
Maryam LARSANOVA
Madeline CHAMBLAY
Cédric JUNG

Travail Personnel Encadré



Photographies prises au Donon le 22 janvier 2017

Le dépérissement des conifères vosgiens est-il
encore lié principalement aux pluies acides ?



Retrouver mes travaux sur:
<https://cedric-jung.eu/fr/>

On se doit de **rester humble**:

« La vérité ne se possède pas elle se
cherche » *Albert Jacquard*



DÉCOUVERTO

Une association qui allie culture et randonnée. Nous proposons des livres et une application mobile vous permettant de voir autrement votre environnement. Apprenez en vous promenant !

Télécharger l'application

Points de vente des livres

Plus de **600 randonnées** disponible sur l'application et le site internet

