

l'association



DécouVerto

vous propose

de venir parler

de Transport  
Energies

et d'

# DécouVerto

...entre la culture et la randonnée

Nous vous proposons des livres et une application permettant de voir votre environnement différemment ...



decouverte.fr

decouverte@yahoo.com  
facebook.com/decouverte

# DécouVerto



# DécouVerto

Téléchargez gratuitement l'application pour smartphone alliant GPS de randonnée et audioguide forestier !!!!



Des balades culturelles guidées par GPS et commentées par votre smartphone ainsi que le tracé des rando proposées dans les différents livres ...

# Cédric Jung





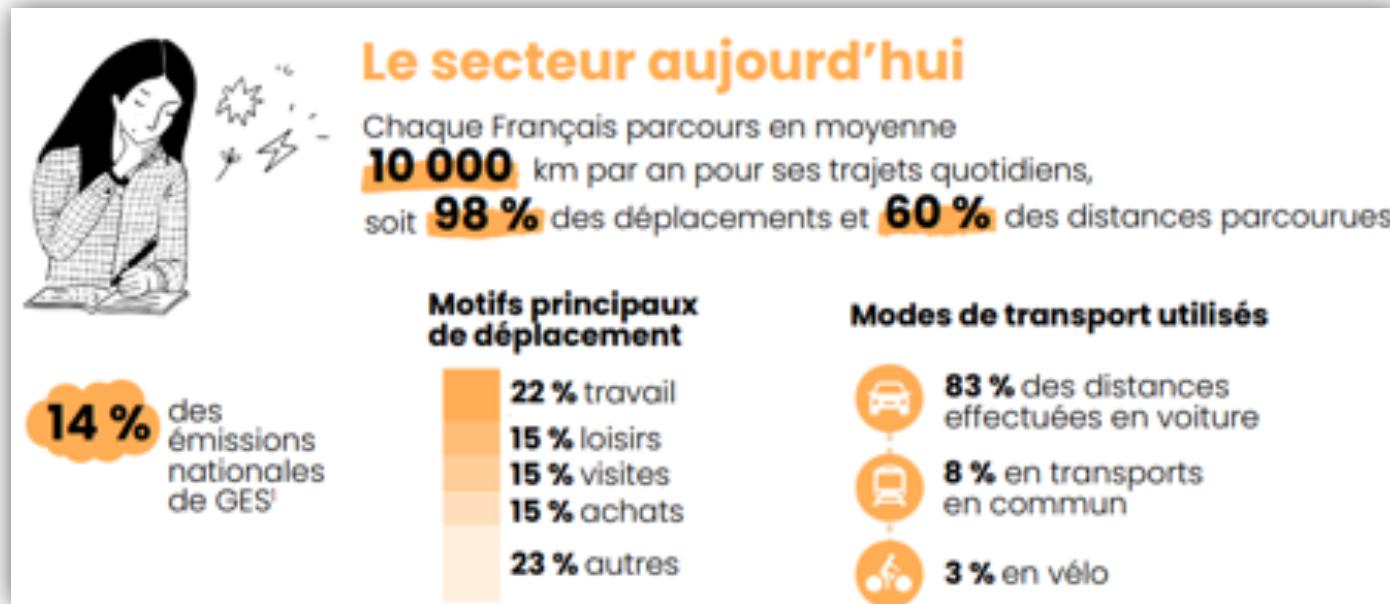
1. Définition des types de transports
2. Définition de la notion d'énergie
3. Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle
4. Solutions possibles en admettant les contraintes précédentes
5. La fin du messianisme technologique ?



## I) 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



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

Cours de Physique de 6<sup>ème</sup> permet le choix de son domicile

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

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



## ■ Transport longue distance



« 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 km<sup>2</sup> 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 GES<sup>1</sup>

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

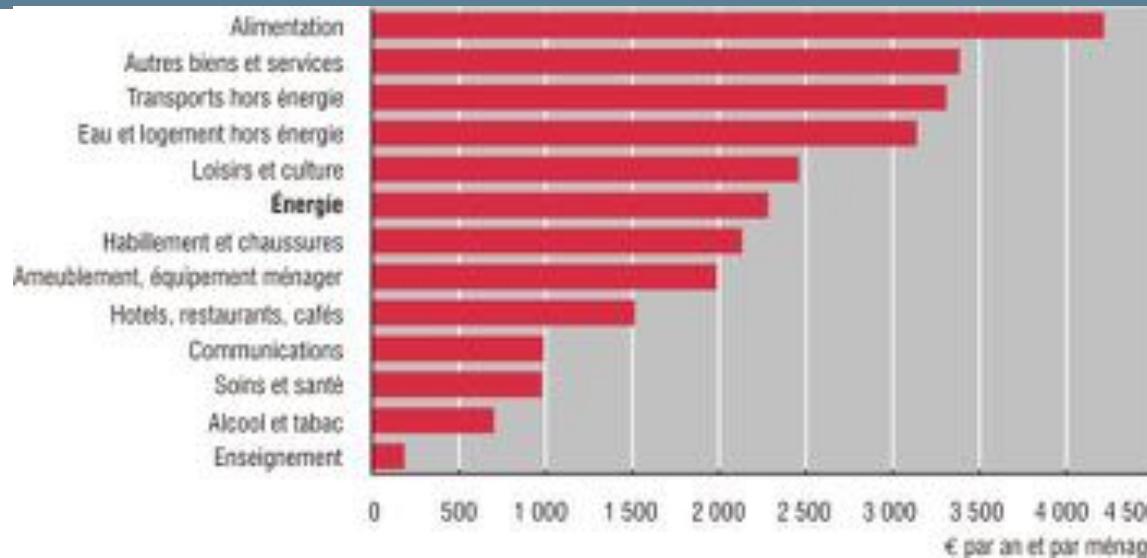


## II) Définition de la notion d'énergie



## Définition de la notion d'énergie

12



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

Les dépenses des ménages en 2006 par poste budgétaire

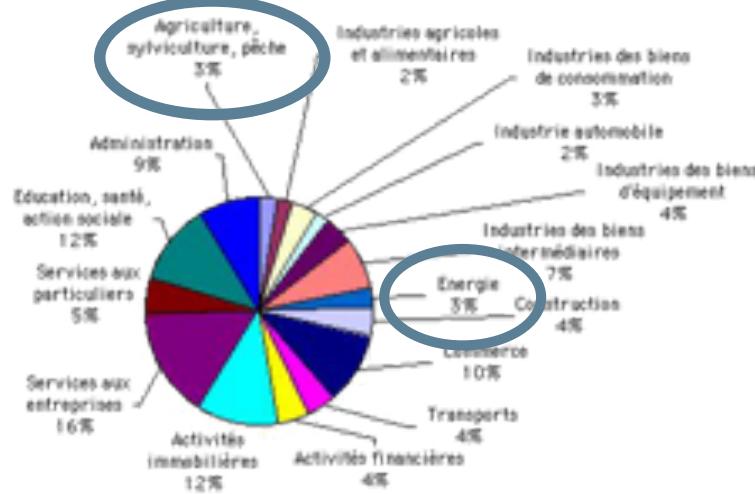
### Pourquoi s'en soucier ?

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



# Energie et agriculture un sujet secondaire ?

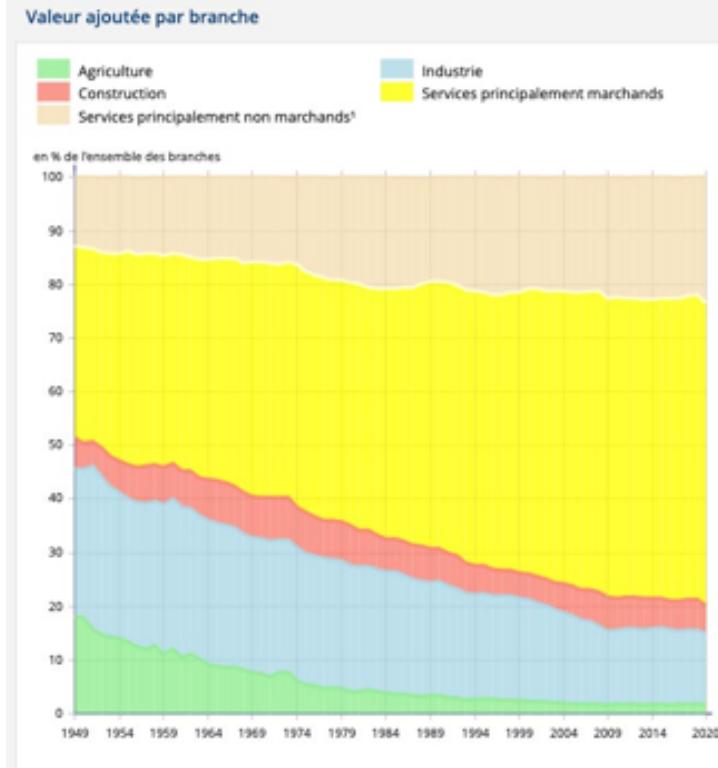
13



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

Source INSEE/comptes de la Nation 2004

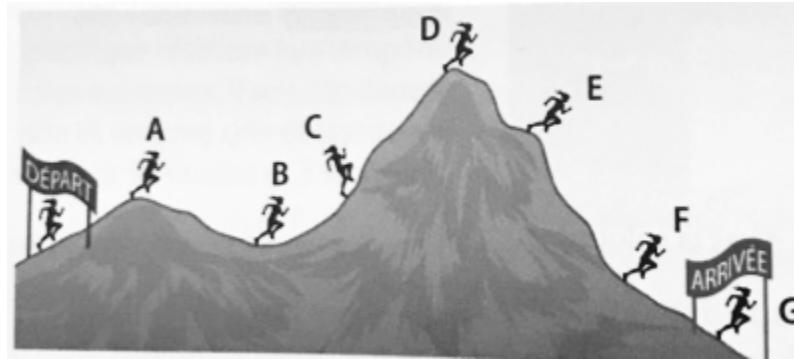
## Pourquoi s'en soucier ?



« Valeur ajoutée par branche 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 ?



## Coût de l'énergie: Ordre de grandeur

Aller Neustadt mühle - Roter Dabo  
à pied 250 m 625 m

375 m de dénivelé  
1 homme : 80 kg

$$E_p = m g \Delta h$$

On considère juste l'énergie pour vaincre la gravité

$$E_p = 80 \times 9,8 \times 375 \times \underbrace{\left(2,7 \times 10^{-7}\right)}_{\text{conversion en kWh}}$$
$$= 0,08 \text{ kWh}$$

Si on le fait tout les jours,

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

Objectif déplacer un homme de Neustadt mühle à Dabo



Energie nécessaire pour un allé: 0.08kWh

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



## Coût de l'énergie: Ordre de grandeur

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  
la montée 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 »



## Coût de l'énergie: Ordre de grandeur

Si on prend comme base 200€/kWh

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

Donc pour 2,5€/L, on a  
d'où  $0,25\text{ €}/\text{kWh}$   
 $0,08 \times 0,25 = 0,02\text{ €}$

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

↳ 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 divisor 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 >> 80kg)



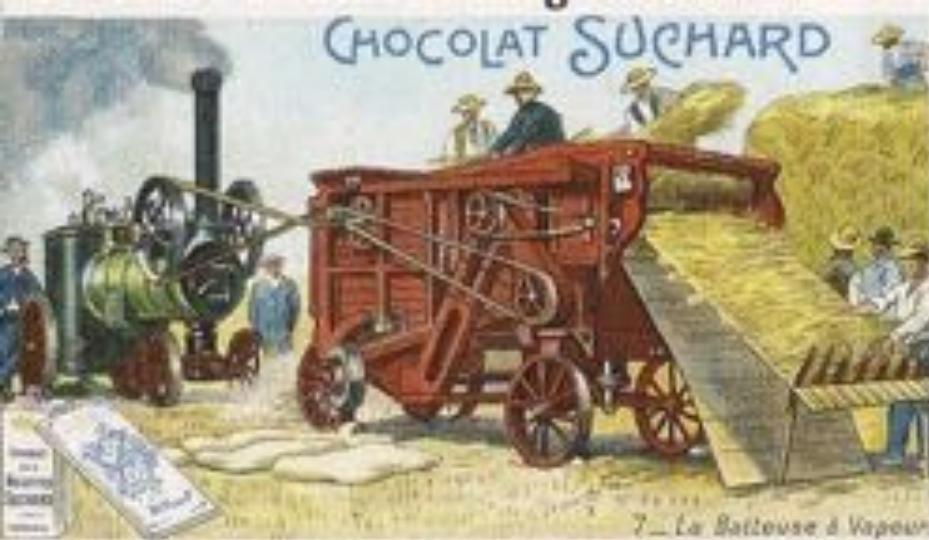
## Coût de l'énergie: Ordre de grandeur



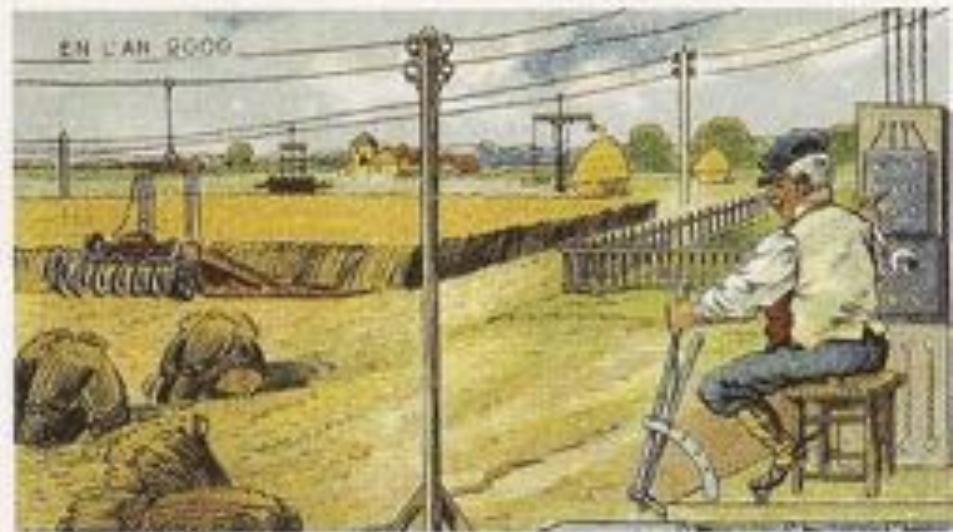
- « Consommation d'énergie - Mix énergétique - Exemples et applications », consulté le 5 avril 2022, [http://stockage.univ-valenciennes.fr/EcoPEM/BoiteB/co/I\\_c.html](http://stockage.univ-valenciennes.fr/EcoPEM/BoiteB/co/I_c.html).



## Industrialisation s'explique par ces nouvelles formes d'énergie



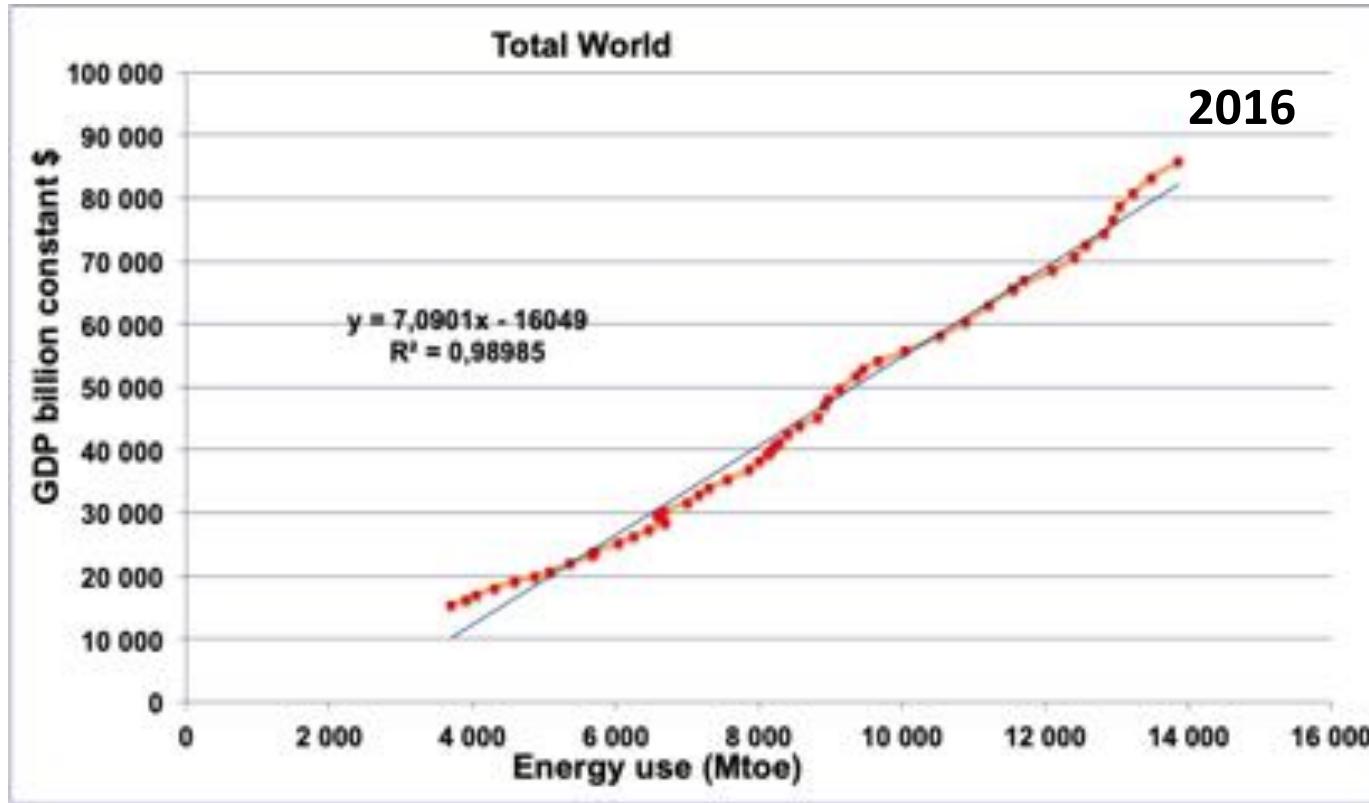
▲ Une moissonneuse-batteuse à vapeur, vers 1910,  
chromolithographie publicitaire Suchard.



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

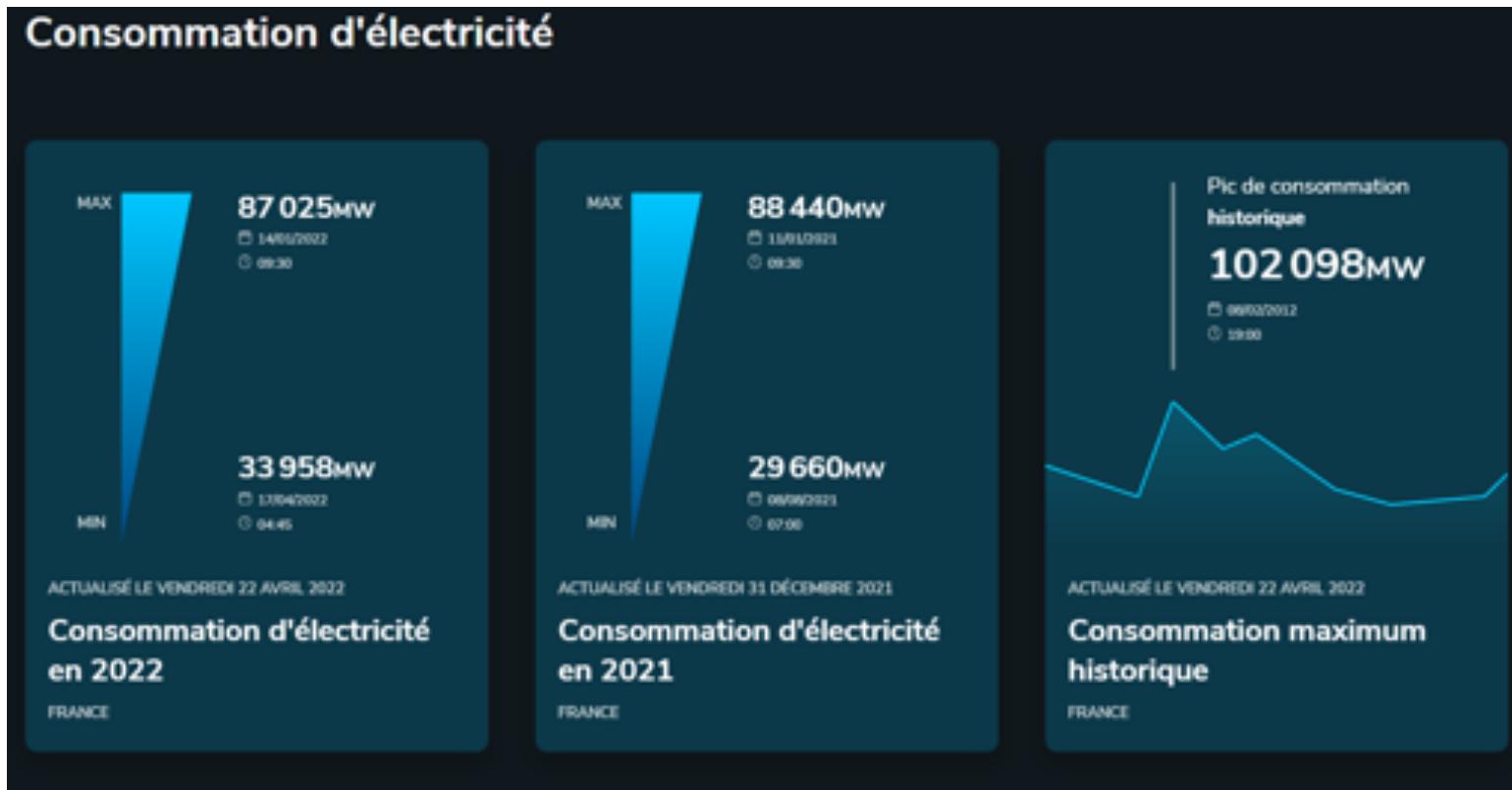


## Relation PIB – Consommation d'énergie



- « 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 »



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



### III) Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle



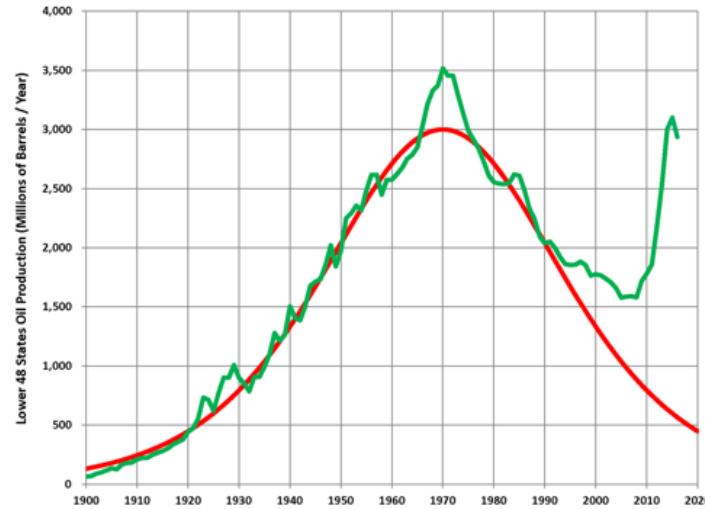
III) Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle

## 1 ) L'accès au pétrole

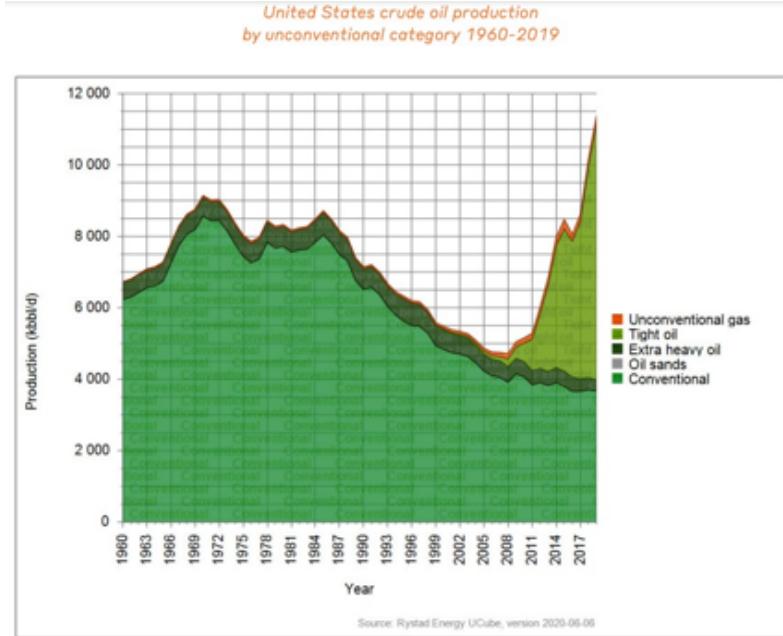


# Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle: accès au pétrole

25



Pic du pétrole conventionnel franchi en 2008



Nature et ampleur du déclin de la production existante

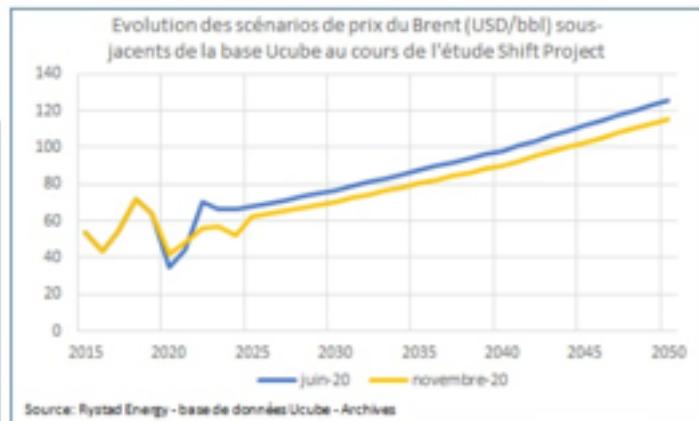
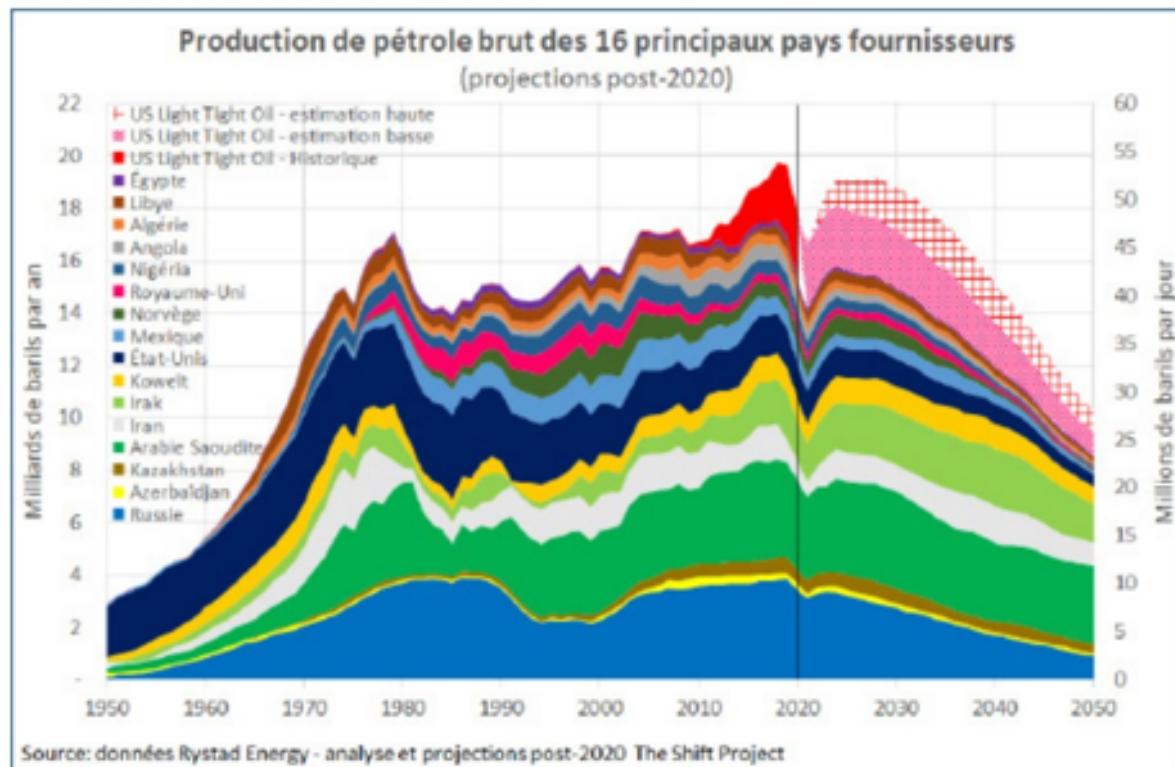
Rôle prépondérant du tight oil américain et des champs conventionnels géants du golfe Persique



# Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle: accès au pétrole

26

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/>.



## Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle: accès au pétrole

27

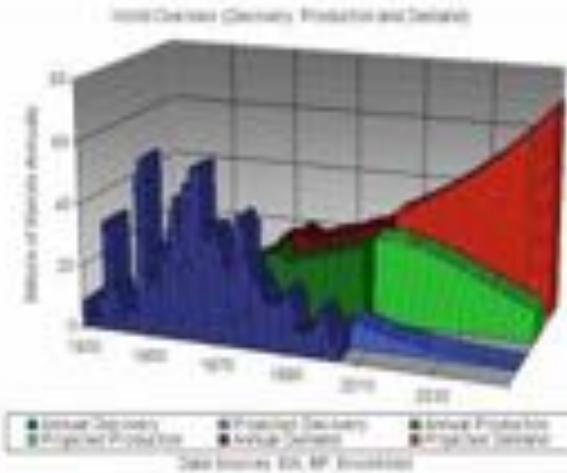


- Joni Karjalainen et al., « Energy models and scenarios in the era of climate change », *Finland: Finland Futures Research Centre*, 2014.

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

## Peak oil

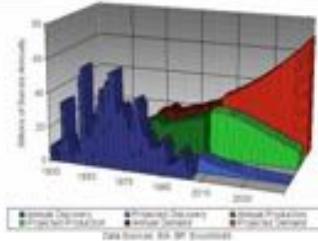
## EROEI



## Taux de retour énergétique

- 1900 : un baril permet d'extraire 100 barils
- 1990 : un baril permet d'extraire 35 barils
- 2007 : un baril permet d'extraire 12 barils

## **Peak oil**



## **EROEI**

### **Taux de retour énergétique**

1900 : un baril permet d'extraire 100 barils  
1990 : un baril permet d'extraire 35 barils  
2007 : un baril permet d'extraire 12 barils

## **Pic du phosphore**

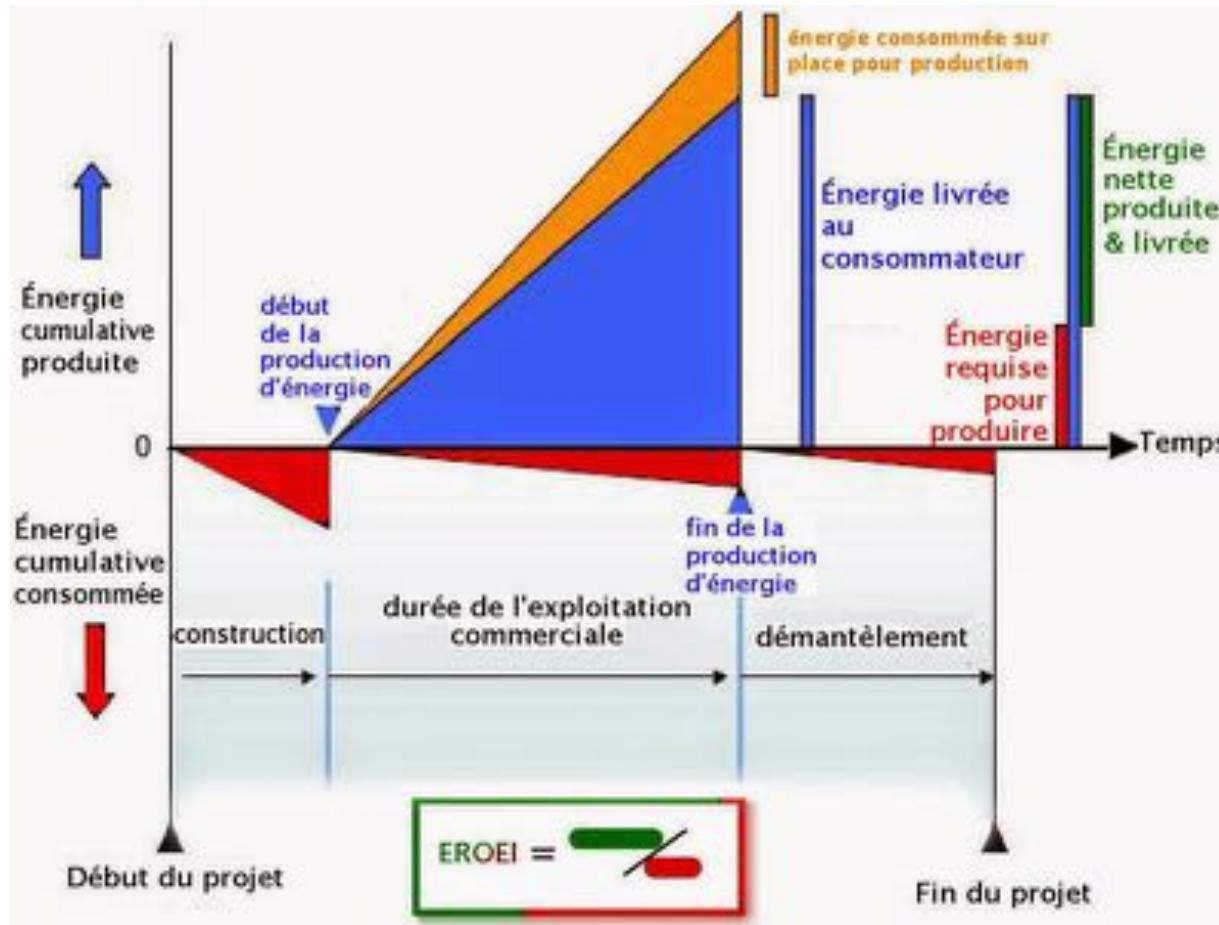
Vers 2030

## **Pic des métaux**

Dans les deux décennies  
(Cuivre, antimoine, platine, etc.)



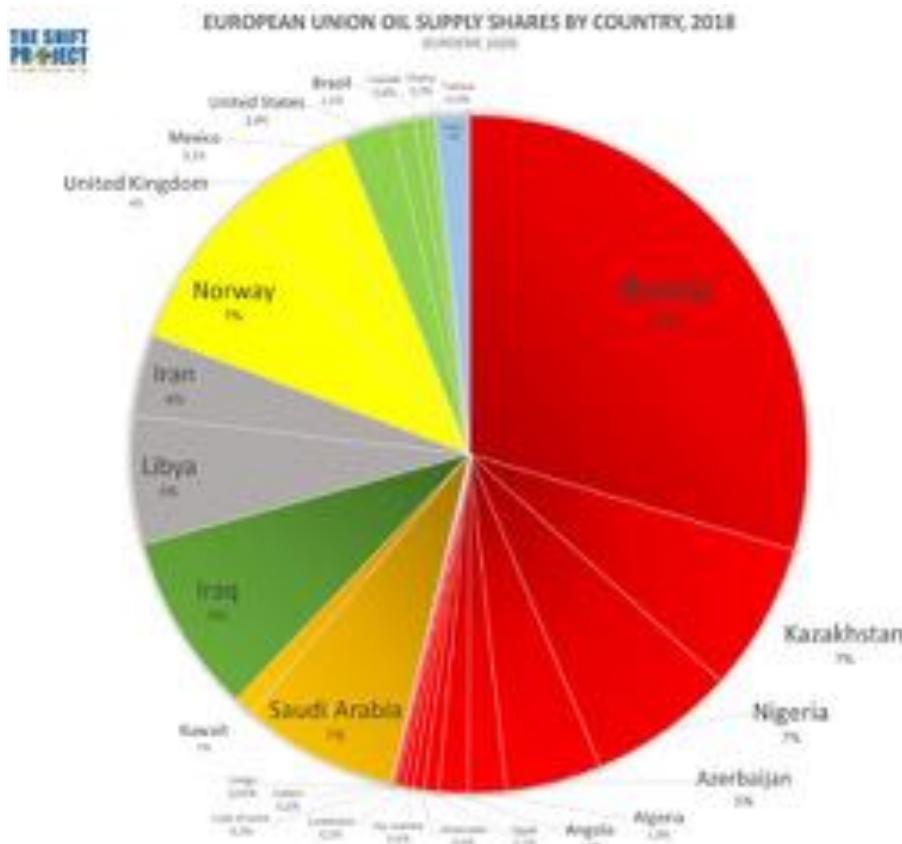
## Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle: accès au pétrole



Problème des gisements non conventionnels



# Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle: accès au pétrole



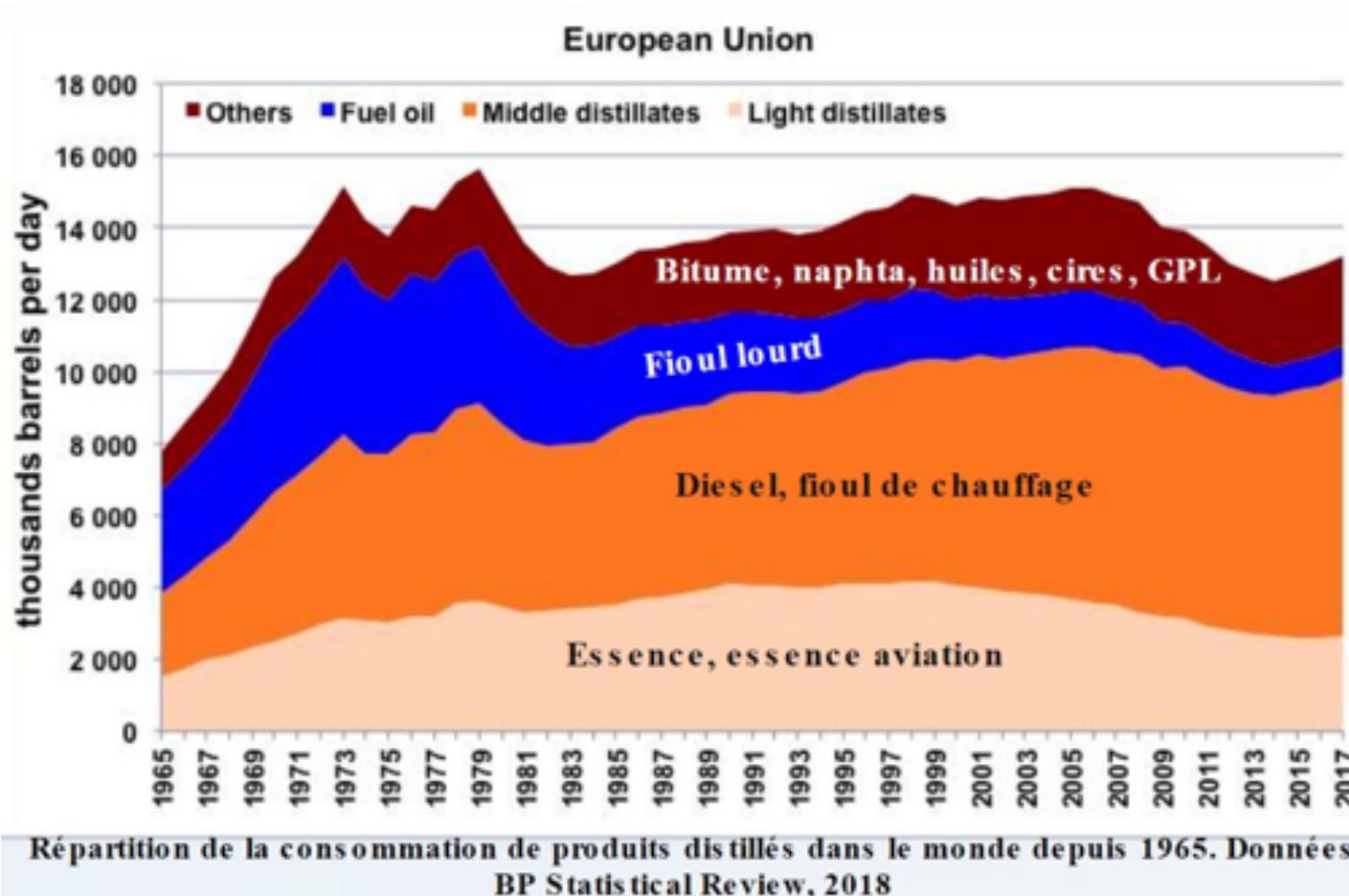
- The Shift Project. « Possible déclin de l'approvisionnement en pétrole de l'UE d'ici 2030 – nouvelle étude du Shift Project », 23 juin 2020. <https://theshiftproject.org/article/ue-declin-approvisionnements-petrole-2030-etude/>.





## Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle: accès au pétrole

33





# Russie

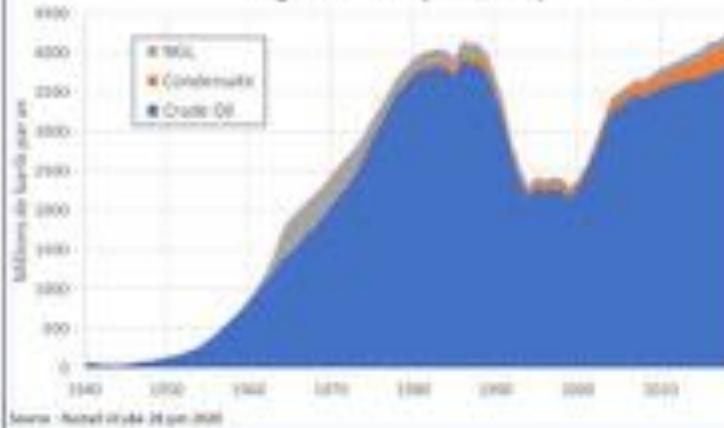
La Fédération de Russie, qui émerge à la suite de l'écclatement de l'Union Soviétique, est un producteur majeur de pétrole. La Russie a connu un premier pic de production du pétrole brut en 1986, 5 ans avant l'effondrement de l'URSS, mais produit plus de 10 millions de barils de pétrole par jour, soit un dixième de la consommation mondiale en 2019 à l'instar des Etats-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.

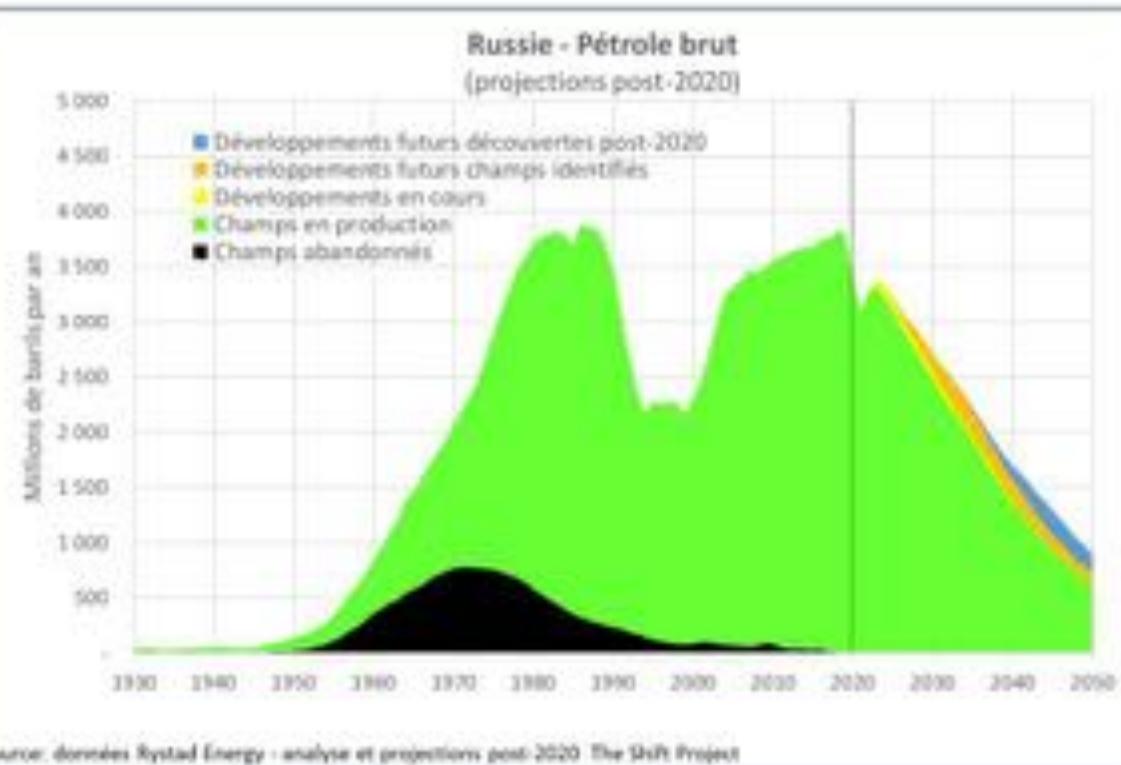
La Russie possède 41 champs, en cours de développement et non développés, pour un volume de 6 milliards de barils et **conserve par ailleurs un potentiel important de découvertes additionnelles d'ici à 2050**, estimé à près de 30 milliards de barils de pétrole brut. Sauf à pouvoir développer rapidement 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.

Répartition de la production de pétrole brut et de liquides de gaz en Russie (1940-2019)



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



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/>

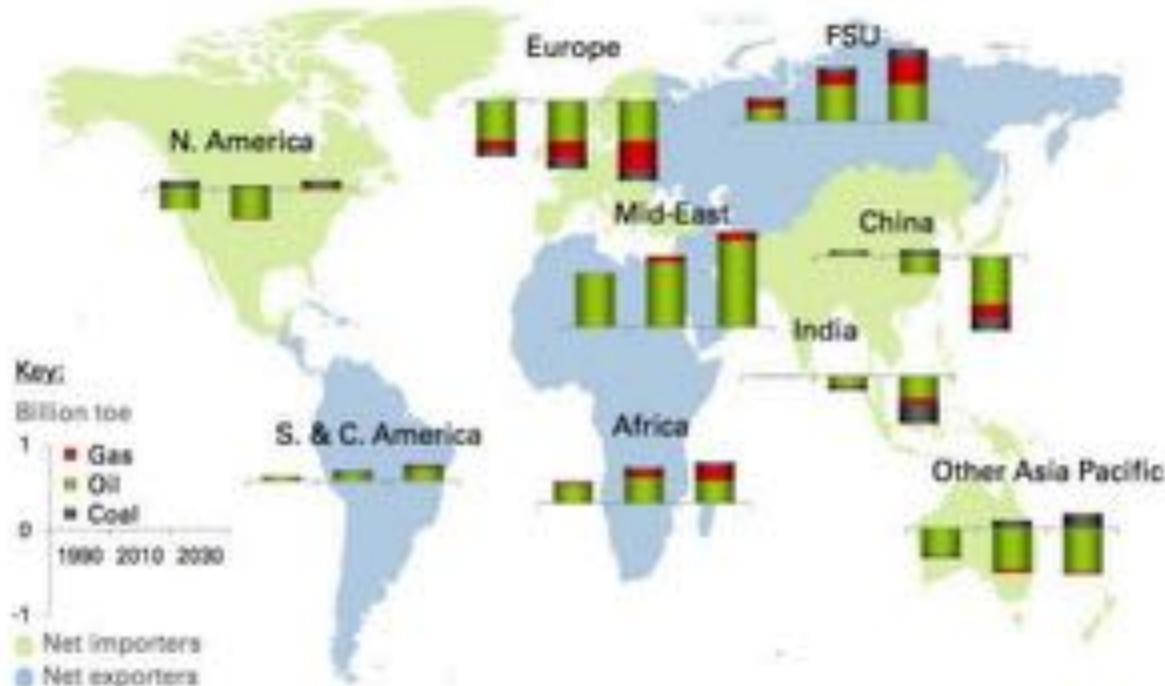


Figure 2.3. Energy imports and exports (BP 2012).

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



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



# Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle: changement climatique

39

+5°C, juste un pull en moins ?

Occupation des sols il y a 20 000 ans



Source: Quaternary Environments Network

+5°C  
En 20 000 ans

Occupation des sols actuellement

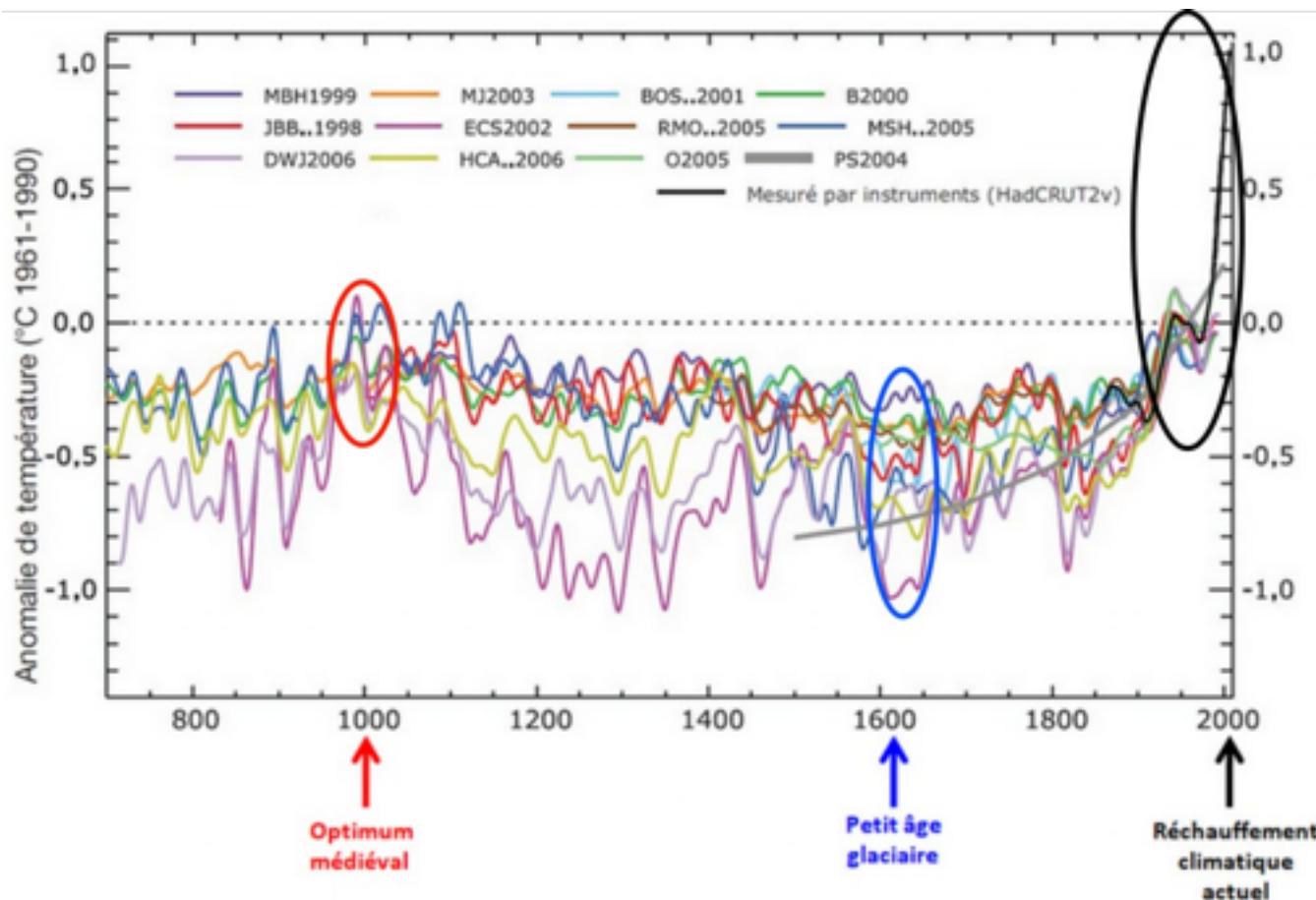


?

+5°C  
En 200 ans



# Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle: changement climatique



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

### Louis XVI à l'échafaud

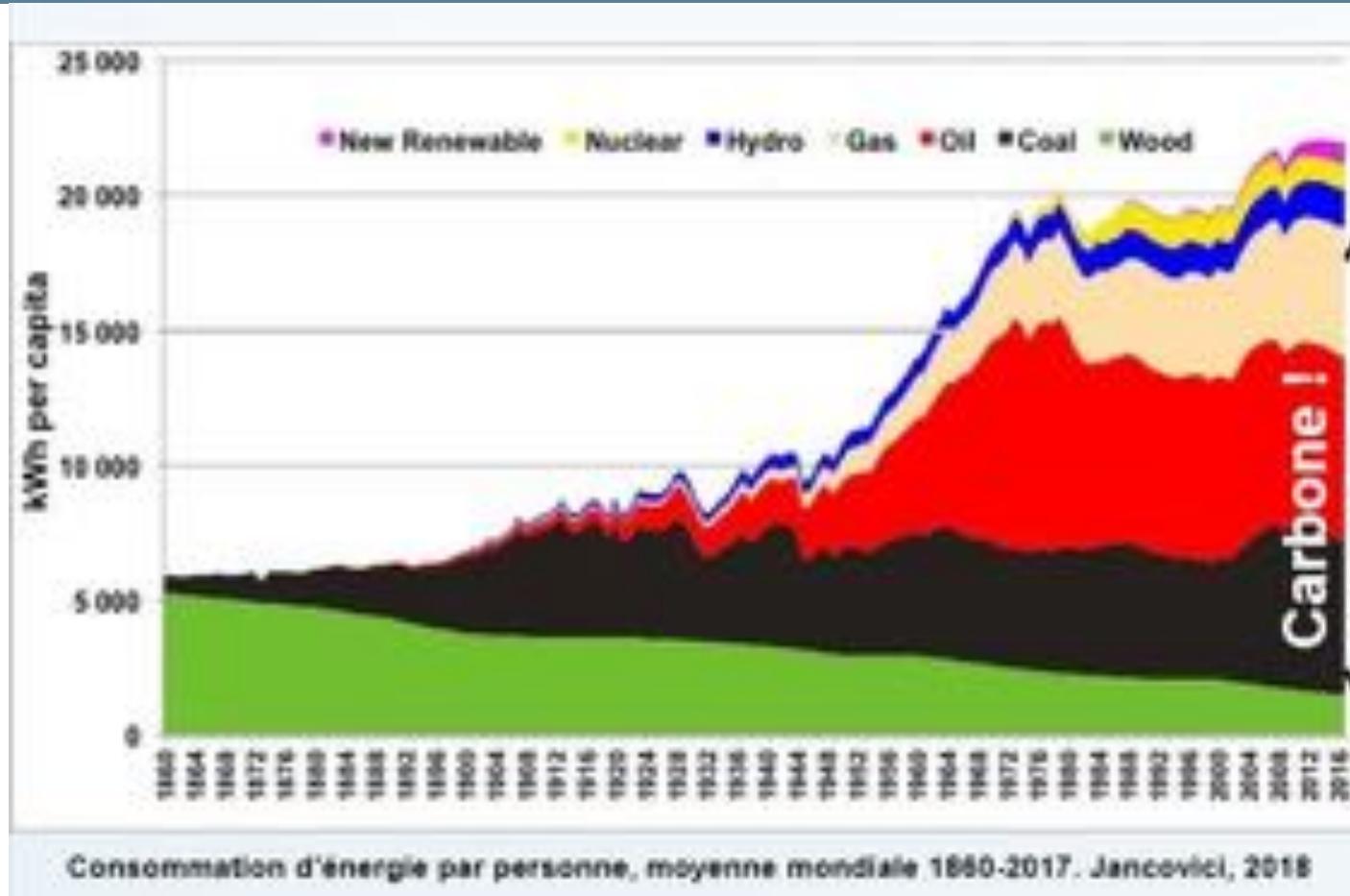
Et de fait, à partir de 1783, la France connaît des hivers terriblement froids, des printemps catastrophiques, avec orages, pluies diluvien-nes, grêles, toujours au moment où les récoltes à venir sont sur pied. Puis, peu avant 1789, les jonctions d'approvisionnement en denrées agricoles entre deux saisons 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](https://www.lepoint.fr/culture/les-mysteres-de-l-histoire-le-volcan-de-la-revolution-09-07-2013-1702139_3.php).



## Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle : changement climatique

42



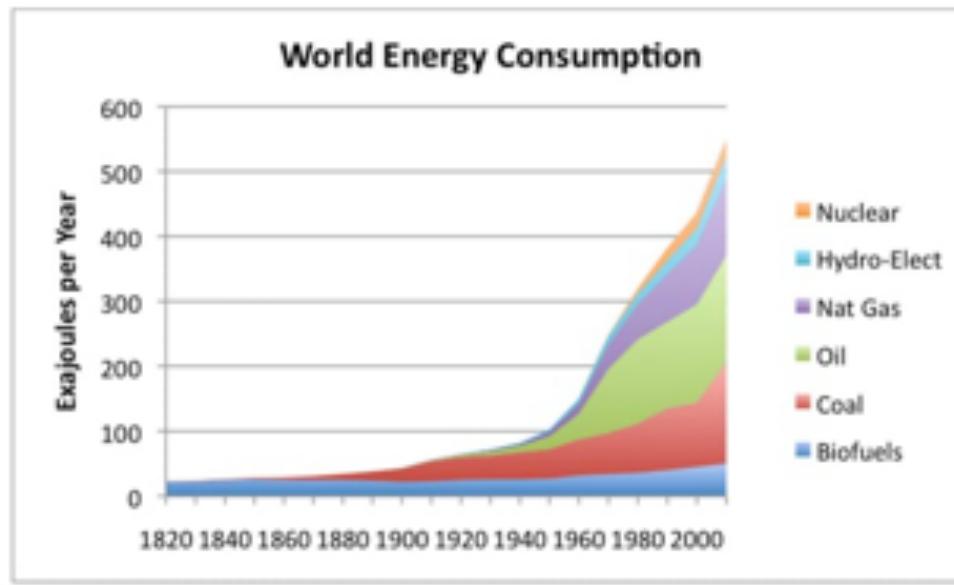


Figure 2.1. World energy consumption 1820-2010 (Tverberg 2012; based on Smeil 2010 and BP Statistical Data since 1965).

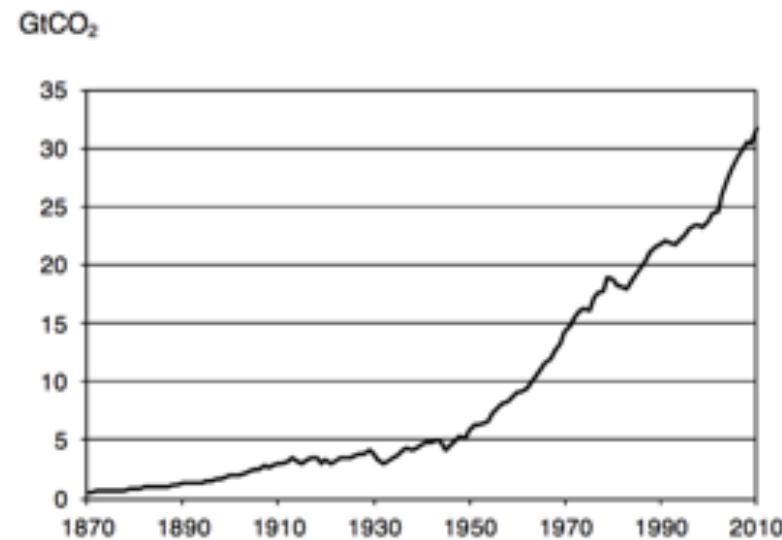


Figure 2.2. Trend of CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel combustion, 1870-2010 (IEA 2013a, 8) Source - CDIAC, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., US.

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



## Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle: changement climatique

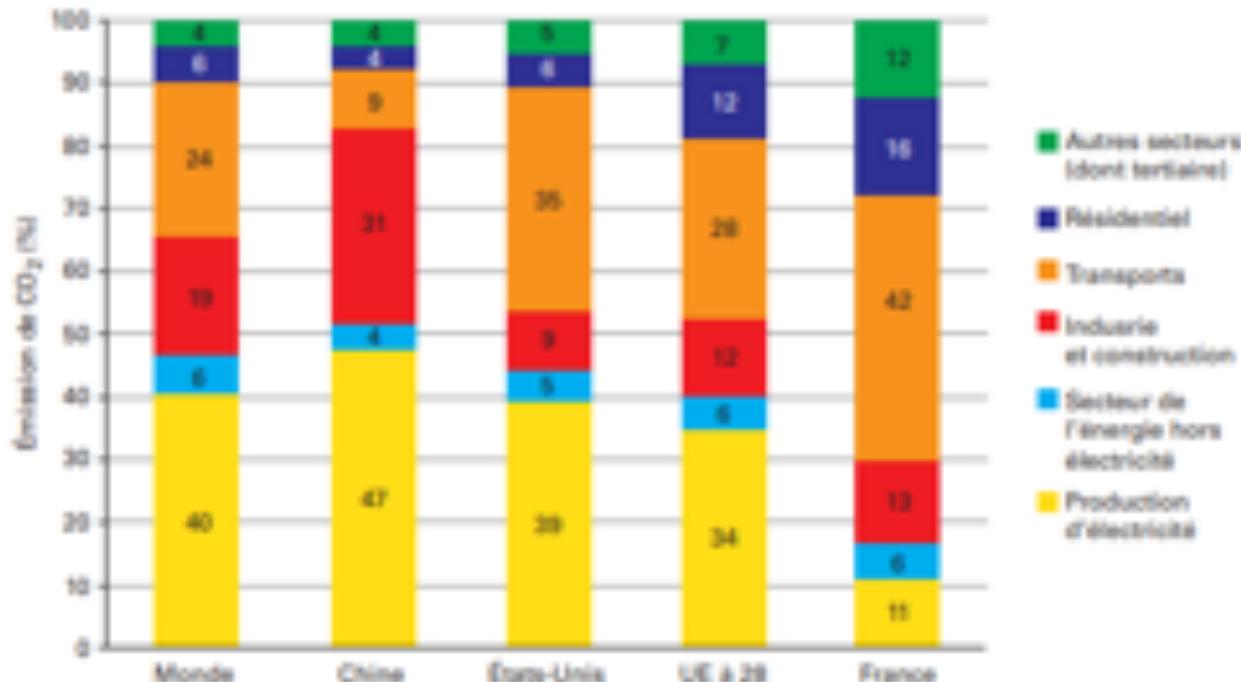


Figure 1 - Origine géographique des émissions de CO<sub>2</sub> en 2016 (Bn. t). Alé, 2018)

- 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



# Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle : la santé

*Les principaux polluants primaires d'origine automobile*

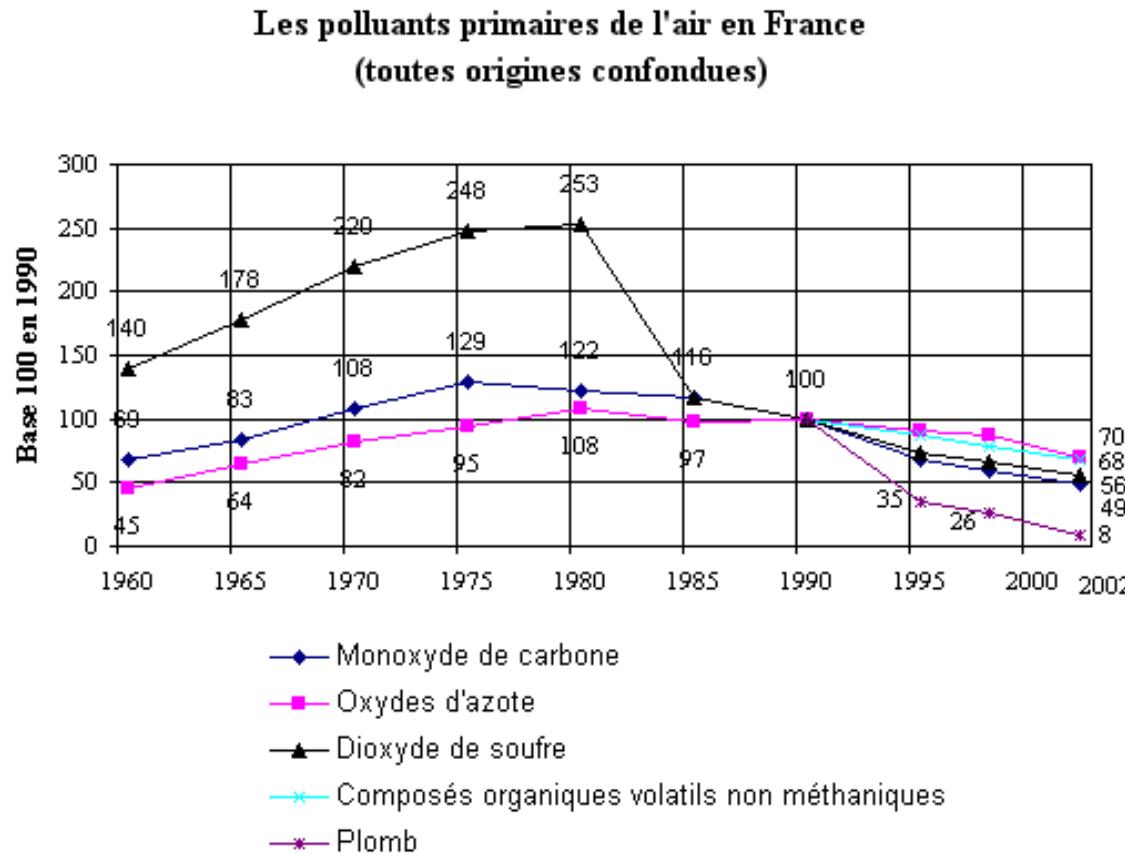
Nom	Symbole chimique ou acronyme	Origine	Dommages
Monoxyde de carbone	CO	Combustion incomplète des carburants	Troubles respiratoires et cardiovasculaires (réduction de la concentration d'oxygène fournie à l'organisme).
Oxydes d'azote	NO <sub>x</sub>	Combustion de carburants	Dioxyde d'azote : troubles 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 cancérogène)
Dioxyde de soufre	SO <sub>2</sub>	Combustion de carburants soufrés	Troubles respiratoires et cardiovasculaires Pluies acides (acide sulfurique, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )

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

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



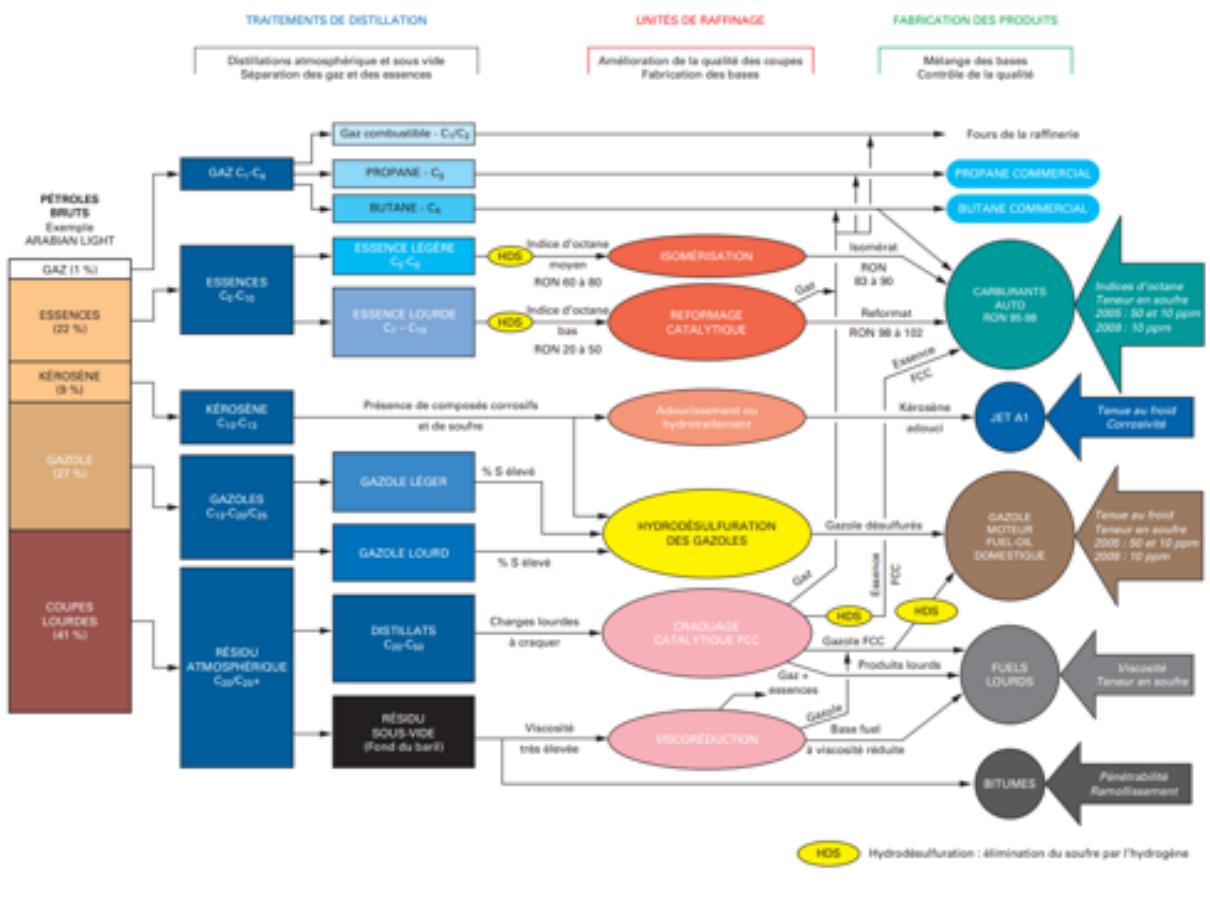
## Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle : la santé



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



# Diesel ou essence ? Du pareil au même ?

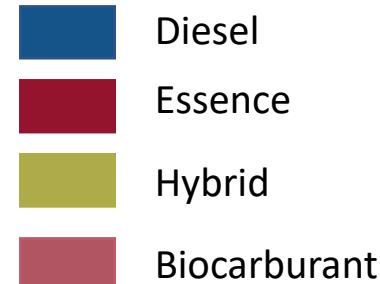
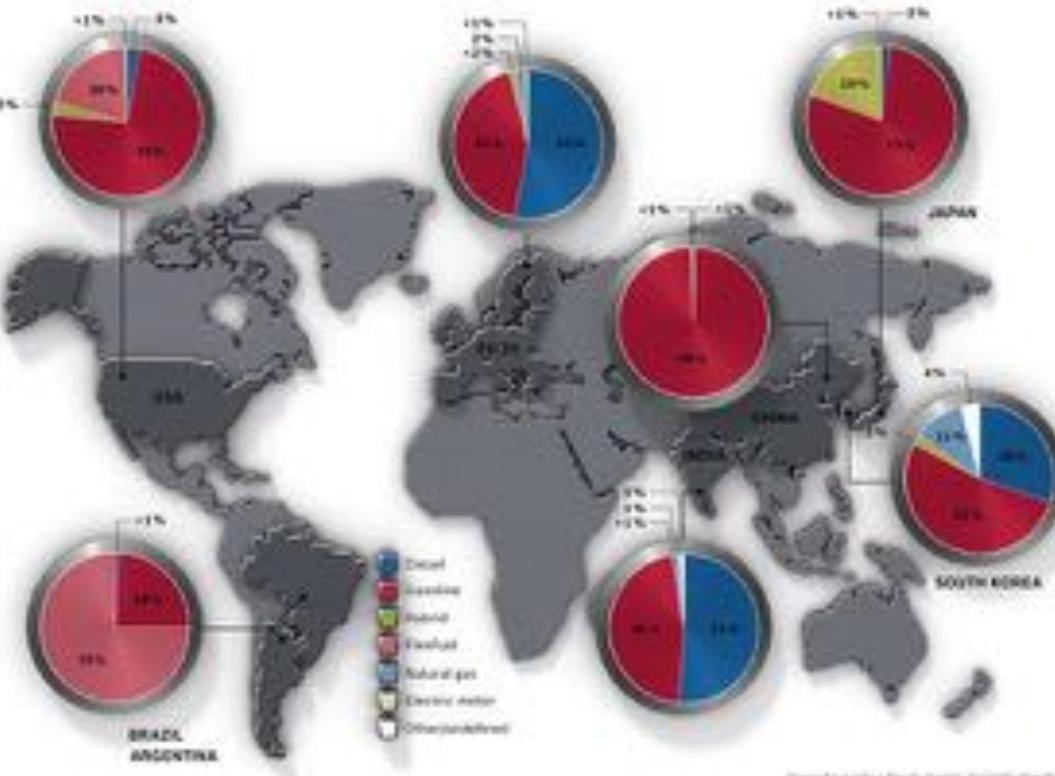


- « Pétrole », Techniques de l'Ingénieur, consulté le 13 avril 2022, <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/42215210-combustibles-fossiles/download/be8520/petrole.html>.

Figure 8 – Schéma simplifié de raffinage (doc. IFP-Training)

# Diesel ou essence ? Du pareil au même ?

49



Passenger cars by fuel type, 2017  
(%)



Note: Data for Bulgaria, Greece, Netherlands and Slovakia are not available.

(\*) 2015 data instead of 2017.

(†) Great Britain only.

(‡) 2016 data instead of 2017.

Source: Eurostat (online data code: road\_eqs\_carpa)

eurostat

- « 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 <sub>x</sub> )	-	-	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 <sub>x</sub>	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)	-	-	-	-	$6 \times 10^{11}$					

Valeurs, sauf PN, exprimées en mg/km.

## Essence

Taxé à 164%



Norme	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5 <sup>15</sup>	Euro 6b <sup>16</sup>	Euro 6c	Euro 6d -TEMP	Euro 6d
Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	-	-	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
HC + NO <sub>x</sub>	970	500	-	-	-	-	-	-	-
Particules (PM)	-	-	-	-	-	5 <sup>17</sup>	5 <sup>17</sup>	4,5	4,5
Particules (PN) (nb/km)	-	-	-	-	-	$6 \times 10^{12}^{18}$	$6 \times 10^{11}$	$6 \times 10^{11}$	$6 \times 10^{11}$

Valeurs, sauf PN, exprimées en mg/km.

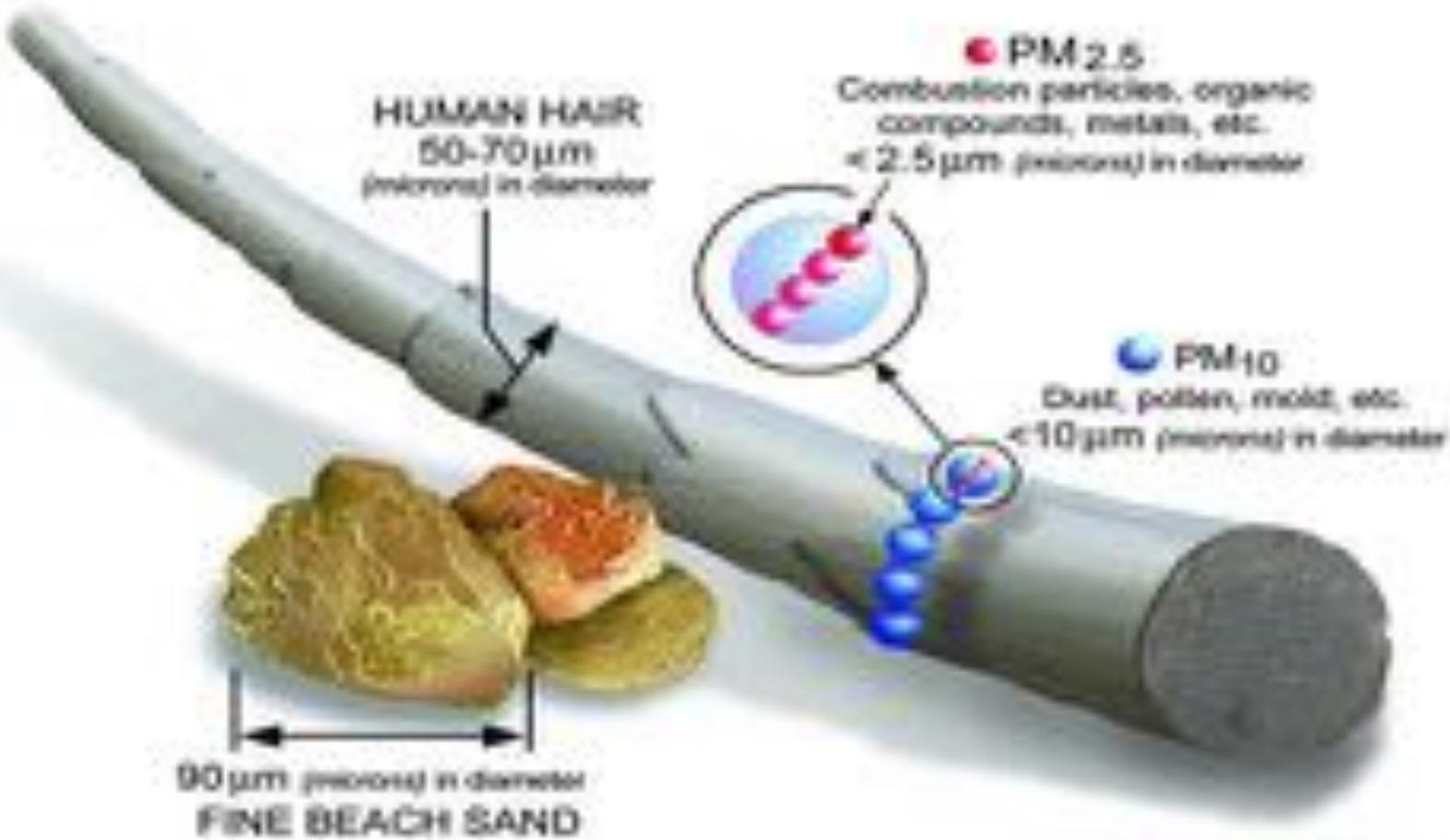


Image courtesy of EPA U.S. EPA



Diesel : moins d'émission directe de CO<sub>2</sub>, mais il y a production de suie (effet de serre)

Particule PM2,5 sont dangereuses et définir des seuils sur leur masse totale est inutile

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

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



## Tous les Franciliens sont exposés

La concentration excessive de particules fines PM2,5 est celle 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 (NO<sub>2</sub>), 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 (O<sub>3</sub>), 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 (NO<sub>2</sub>), 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 public 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.

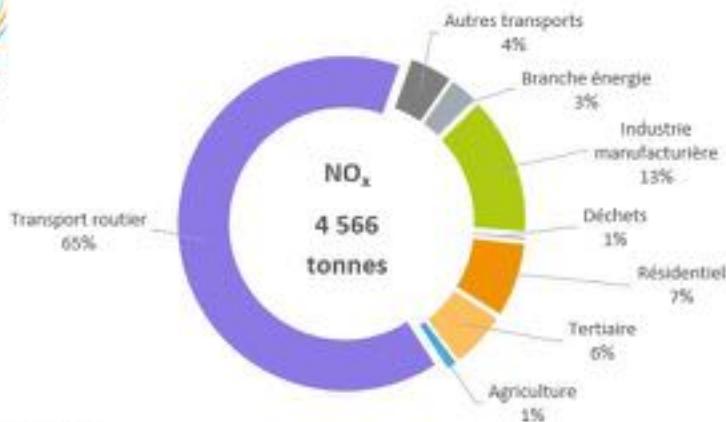
Il ressort de cette réévaluation que chaque année près de 40 000 décès seraient attribuables à une exposition des personnes âgées de 30 ans et plus aux particules fines ( $PM_{2,5}$ ). Ainsi l'exposition à la pollution de l'air ambiant représente en moyenne pour les personnes âgées de 30 ans et plus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



## Problèmes limitant l'idée de la voiture individuelle : la santé



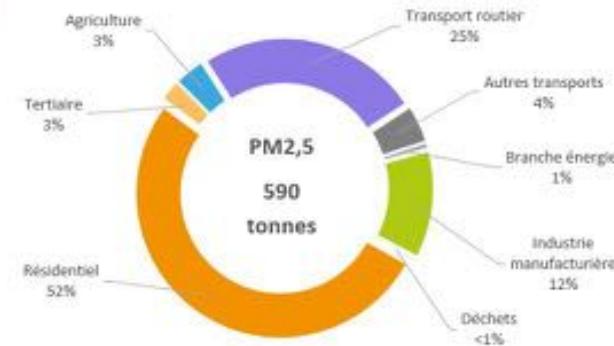
Eurométropole Strasbourg

Répartition des émissions de NO<sub>x</sub> par secteur d'activité en 2014 - source Atmo Grand Est, Invent'Air V2016



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

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



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 d'une 2 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.



## Rétention de technologie: un exemple

- 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



# Voiture électrique: d'où provient l'énergie primaire

## 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

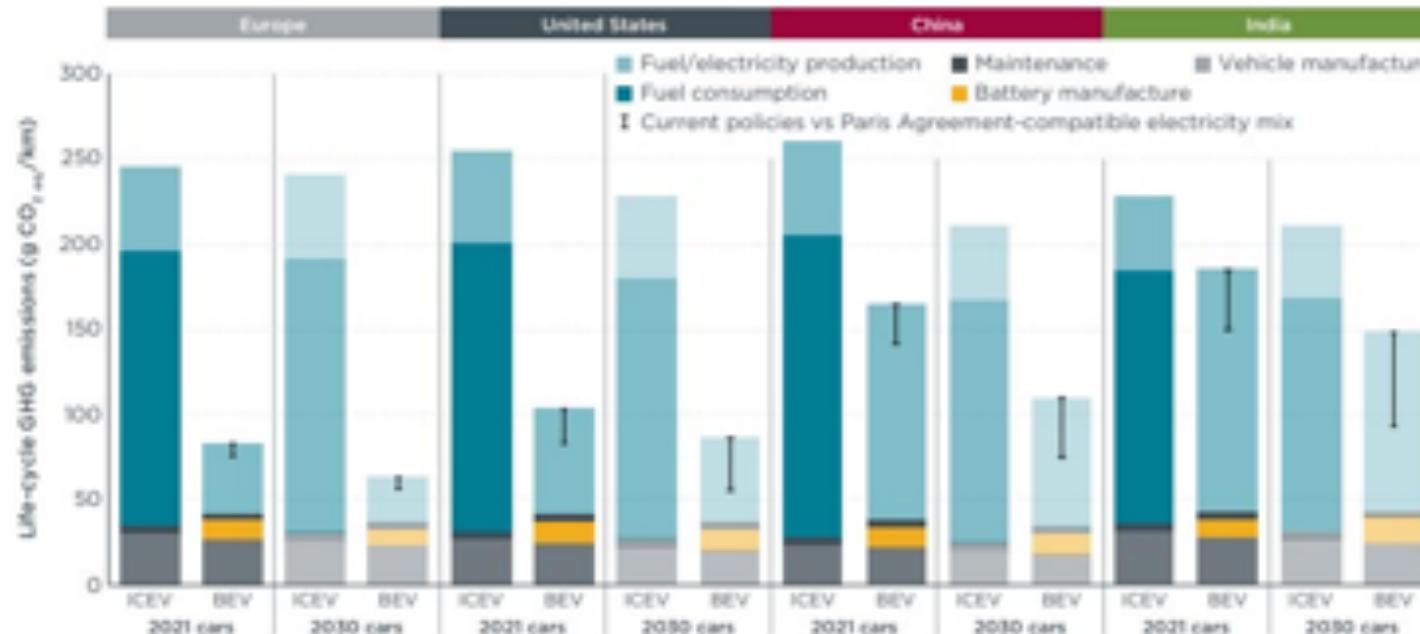


Norway

Note: Renewables include geothermal, solar, wind, biomass and waste, large and small hydro sources  
Source: Bloomberg New Energy Finance

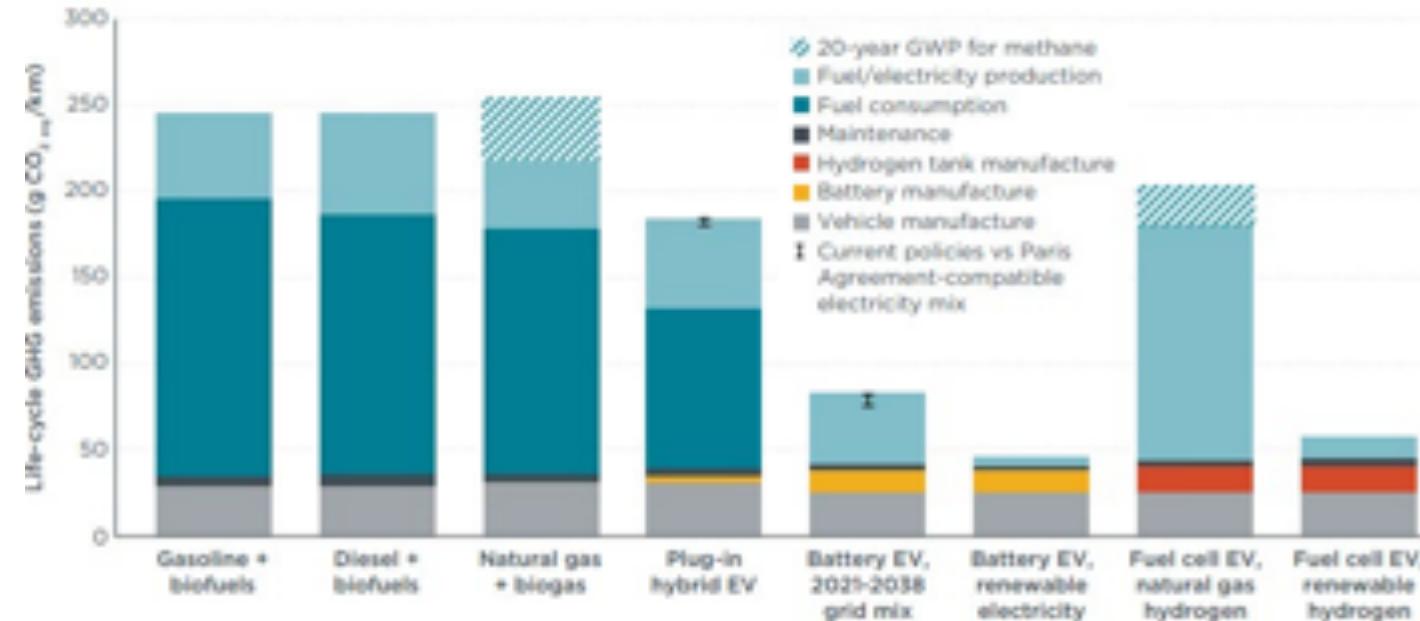


# Voiture électrique: bilan carbone dans le monde



- « 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/>.

ICE : moteur thermique ; BE : batteries électriques

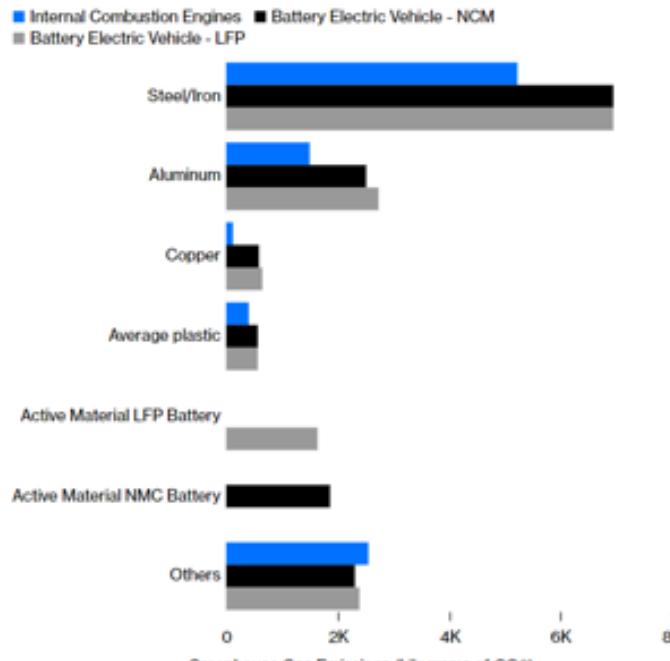


■ « A Global Comparison of the Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Combustion Engine and Electric Passenger Cars », *International Council on Clean Transportation* <https://theicct.org/publication/a-global-comparison-of-the-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-of-combustion-engine-and-electric-passenger-cars/>.

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.



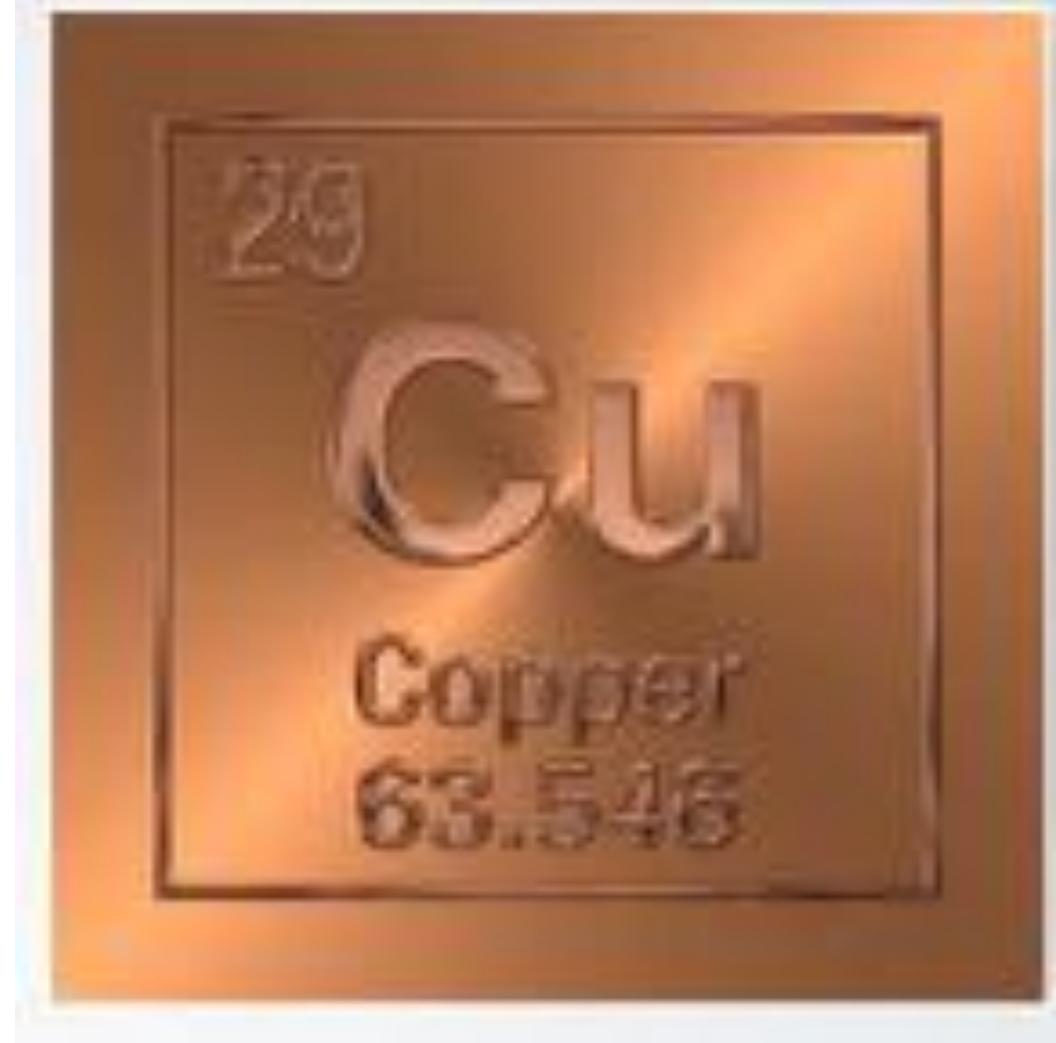
# Voiture électrique: fabrication



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>.



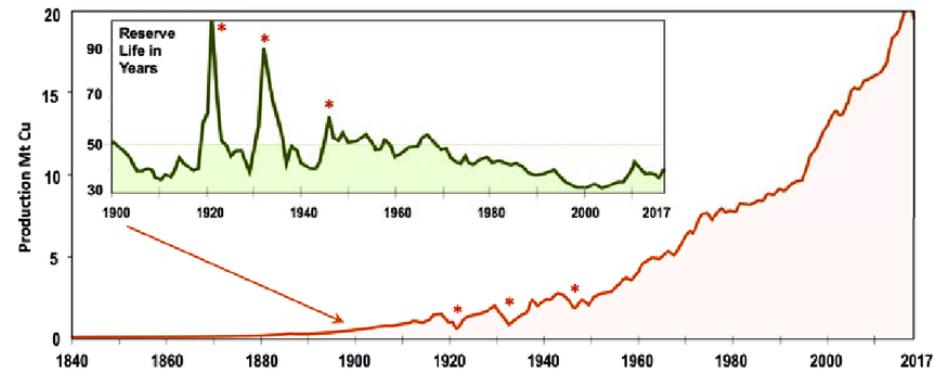


## Problème de matière première : exemple du cuivre

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/>.

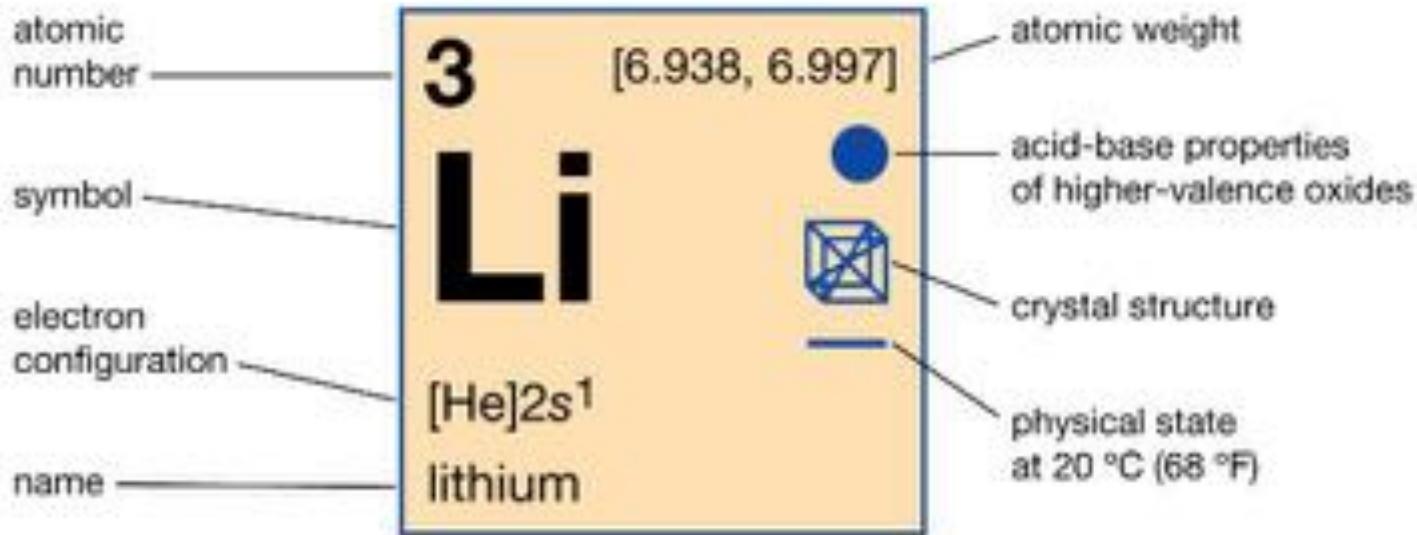








# Lithium



Alkali metals

Solid



Body-centred cubic



Strongly basic





## Pourquoi les champs sont-ils si colorés ?

Les teintes vives des champs ou des bassins de lithium sont dues aux différentes concentrations de carbonate de lithium. Leurs couleurs peuvent aller d'un blanc rosé, à un turquoise, en passant par un jaune canari très concentré.

Un article paru en 2015 dans le *New Scientist* décrit les champs comme des « *paysages surréalistes où naissent les batteries* ».

## Pourquoi l'extraction du lithium nuit à l'environnement ?

Tout type d'extraction de ressources est néfaste pour la planète. En effet, l'extraction de ces matières premières peut entraîner une dégradation des sols, des pénuries d'eau, une perte de biodiversité, des dommages aux fonctions des écosystèmes et une augmentation du réchauffement climatique.

Lorsque nous pensons à l'extraction, nous pensons aux combustibles fossiles comme le charbon et le gaz. Cependant le lithium présente lui aussi des inconvénients bien qu'il ouvre la voie à un avenir électrique... Le lithium peut être décrit comme le minéral non renouvelable qui rend possible l'énergie renouvelable - souvent vanté comme le prochain pétrole.

## *L'extraction du lithium nuit inévitablement au sol et entraîne une contamination de l'air. 99*

Selon un rapport des Amis de la Terre (en anglais), l'extraction du lithium nuit inévitablement au sol et entraîne une contamination de l'air. À mesure que la demande augmente, les impacts de l'exploitation minière « touchent de plus en plus les communautés où cette extraction nocive a lieu, mettant en péril leur accès à l'eau », indique le rapport.

Les salines d'Amérique du Sud où l'on trouve du lithium sont situées dans des territoires arides. Dans ces endroits, l'accès à l'eau est essentiel pour les communautés locales et leurs subsistances, ainsi que pour la flore et la faune locales.

Dans les salines d'Atacama au Chili, l'exploitation minière consomme, contamine et détourne les rares ressources en eau des communautés locales.

***Environ 2,2 millions de litres d'eau sont nécessaires pour produire une tonne de lithium. 99***

La production de lithium par les bassins d'évaporation utilise beaucoup d'eau, près de 21 millions de litres par jour. Environ 2,2 millions de litres d'eau sont nécessaires pour produire une tonne de lithium. « *L'extraction du lithium a provoqué des conflits liés à l'eau avec différentes communautés, comme la communauté de Toconao dans le nord du Chili* », précise le rapport des Amis de la Terre.



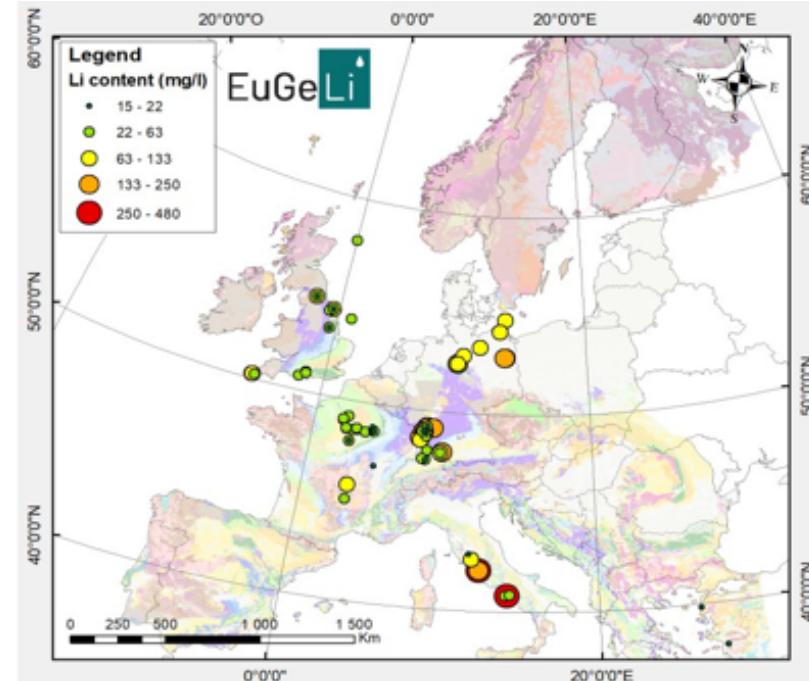
## Problème de matière première : exemple du lithium

77

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: **X**  
**Pas avant 20 ans !**

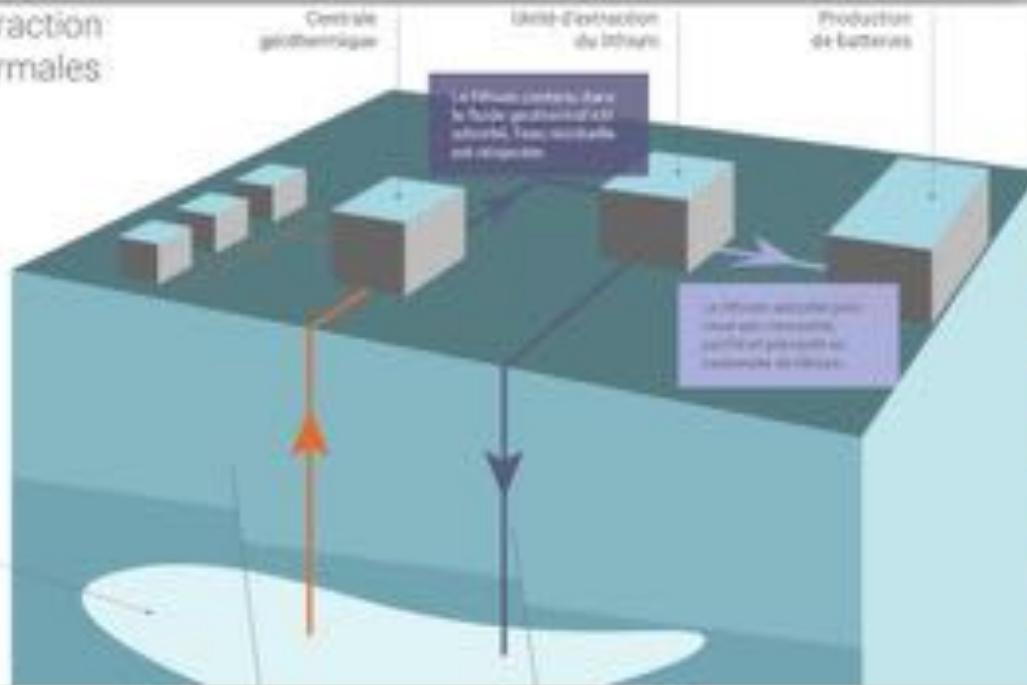


- « L'exploitation de nos ressources en lithium, une opportunité industrielle majeure pour la France | Connaissances des énergies », 29 juin 2021, <https://www.connaissancesdesenergies.org/tribune-actualite-energies/lexploitation-de-nos-ressources-en-lithium-une-opportunit%C3%A9-industrielle-majeure-pour-la-france>.
- 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.



## Exploitation du Lithium en Alsace

**Lithium** Principe d'extraction  
des saumures géothermales



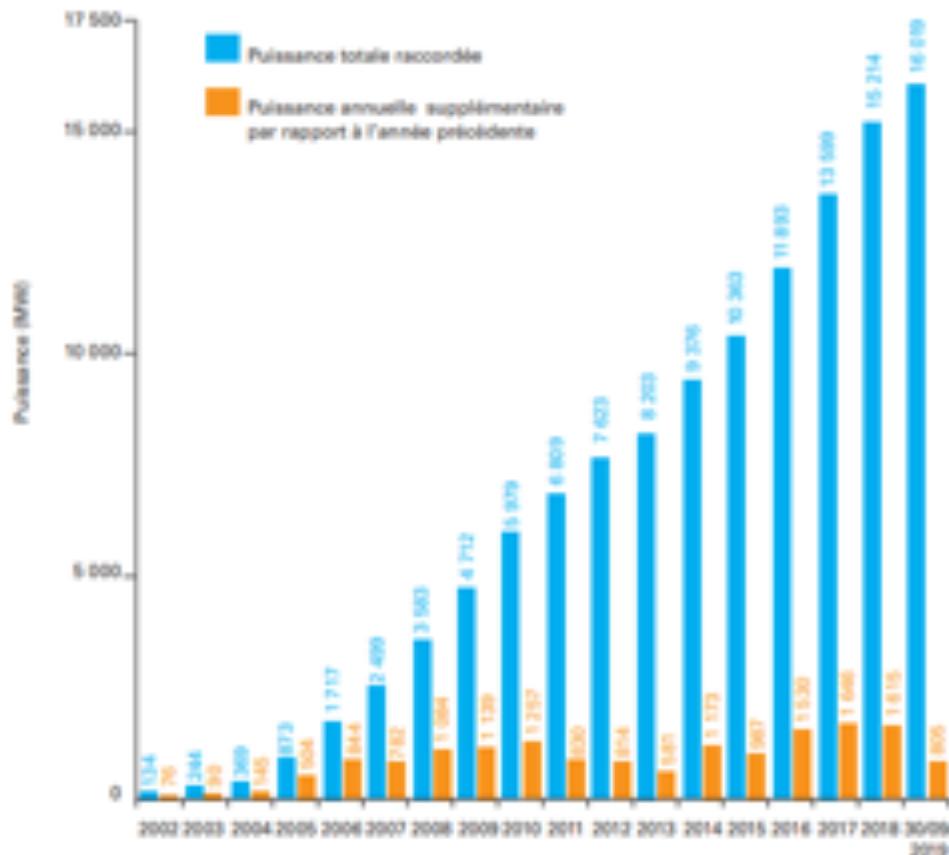
- « L'exploitation de nos ressources en lithium, une opportunité industrielle majeure pour la France | Connaissances des énergies », 29 juin 2021, <https://www.connaissancesdesenergies.org/tribune-actualite-energies/lexploitation-de-nos-ressources-en-lithium-une-opportunité-industrielle-majeure-pour-la-france>.



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



# Evolution de la puissance éolienne raccordée en France

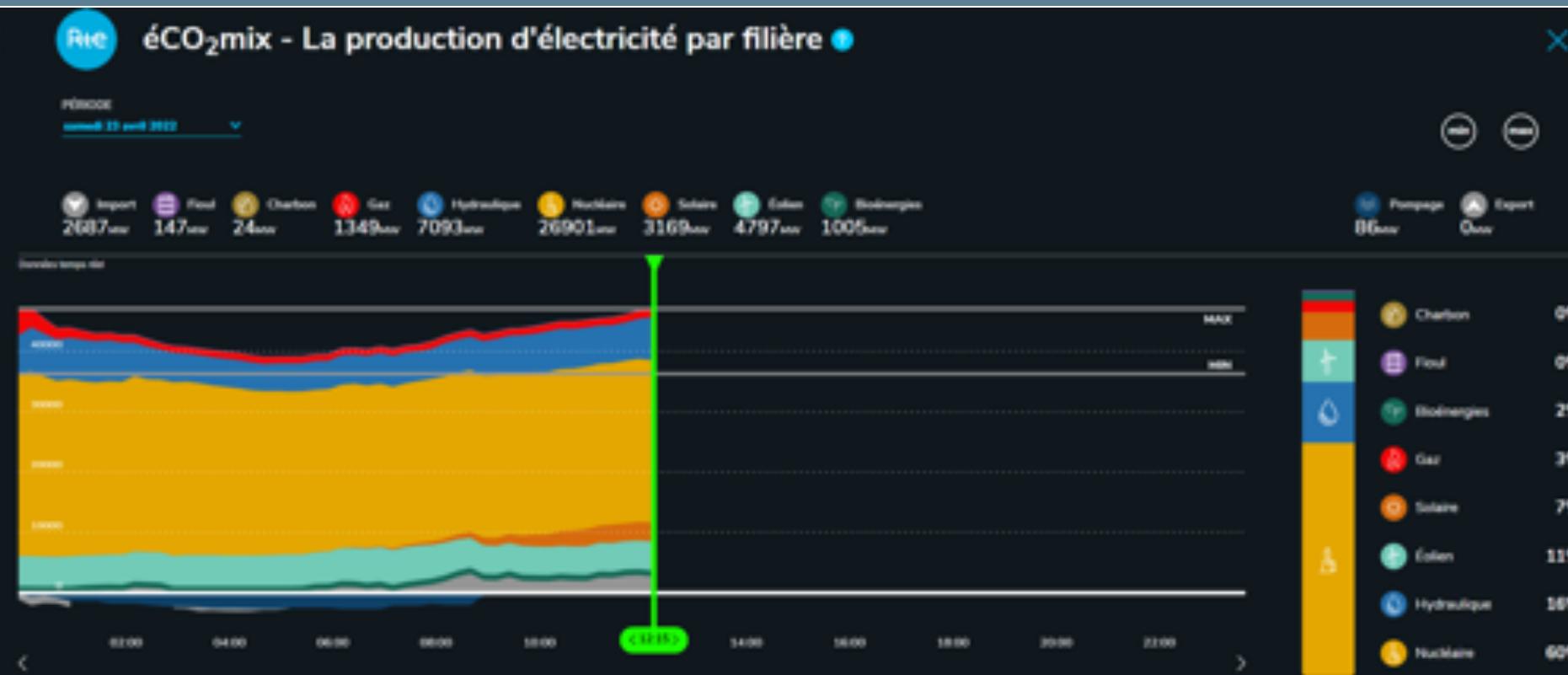


- Thierry Alleau, « L'hydrogène, vecteur de la transition énergétique », *Ressources énergétiques et stockage*, août 2020, <https://doi.org/10.51257/a-v1-be8587>.



## Mix énergétique

81



- « éCO<sub>2</sub>mix - La production d'électricité par filière », consulté le 23 avril 2022 à 12h45, <https://www.rte-france.com/eco2mix/la-production-delectricite-par-filiere>.

# Miam miam kWh : c'est pas durable, mais qu'est-ce que c'est bon...

SciencesPo

82



carbone 4



www.manicore.com

THE SHII  
PRJECT



# Combien de centrale nucléaire en plus pour des voitures électriques ?

83

## 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

$$415 \times 38 = 15770 \text{ MJ/an/français}$$

Pour 60 millions de personnes :

$$3,6 \times 10^{11} \text{ MJ par an de consommation}$$

On un réacteur 900 MW :

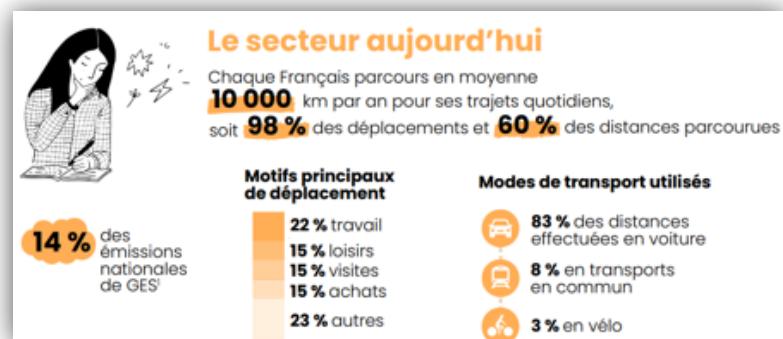
$$2,16 \times 10^{10} \text{ MJ de production par an}$$

Alors

44 réacteurs (900 MW) !

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



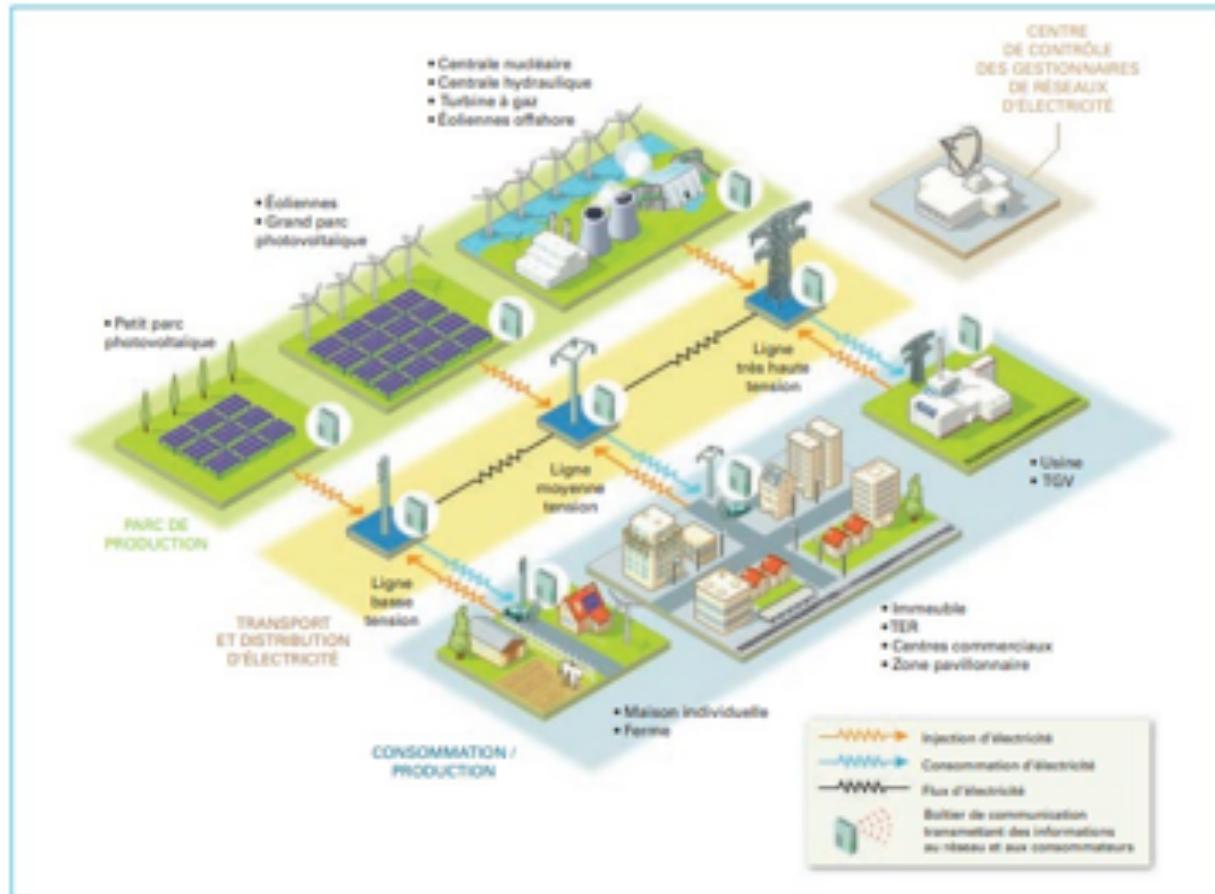


Figure 2 – Vision CRE du réseau électrique intelligent

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





# Voiture à hydrogène ?

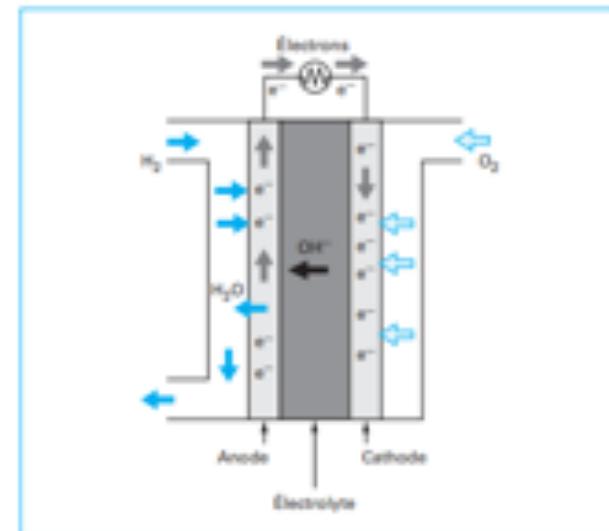
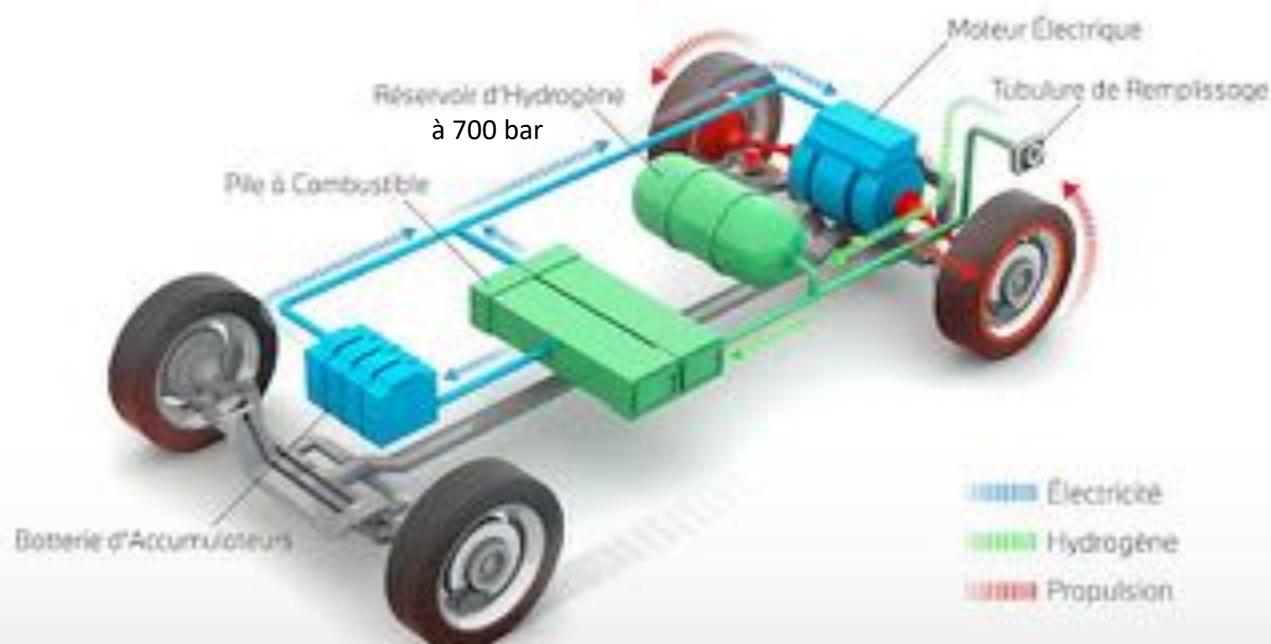


Figure 1 - Principe de fonctionnement d'une pile à combustible (1) (2) (3)

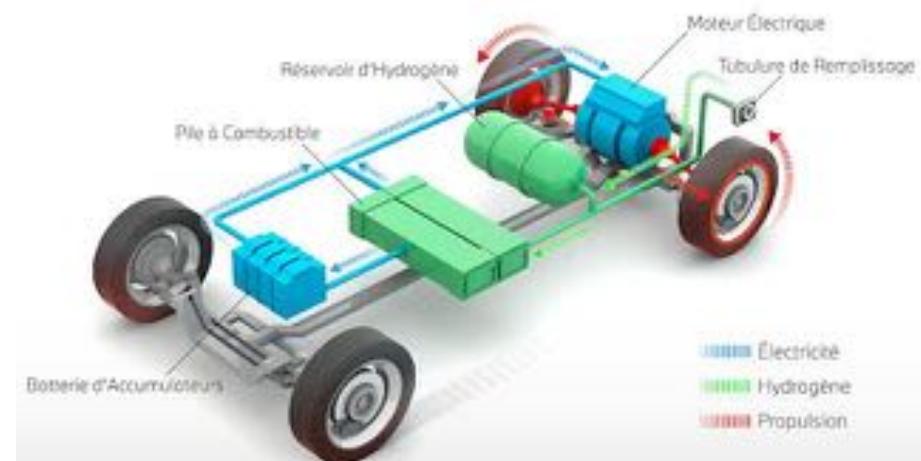
- Farida Darkrim-Lamari et Pierre Malbrunot, « Combustible hydrogène - Utilisation », *Chimie verte*, octobre 2013, <https://doi.org/10.51257/a-v2-be8566>.



## Voiture à hydrogène ?

87

- 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 H<sub>2</sub>**, à la **distribution de H<sub>2</sub>**
- Problème lié au **stockage de H<sub>2</sub>** (réservoir en matériaux composites non renouvelable)
- **Pile à combustible complexe à fabriquer et à recycler, et fragile**

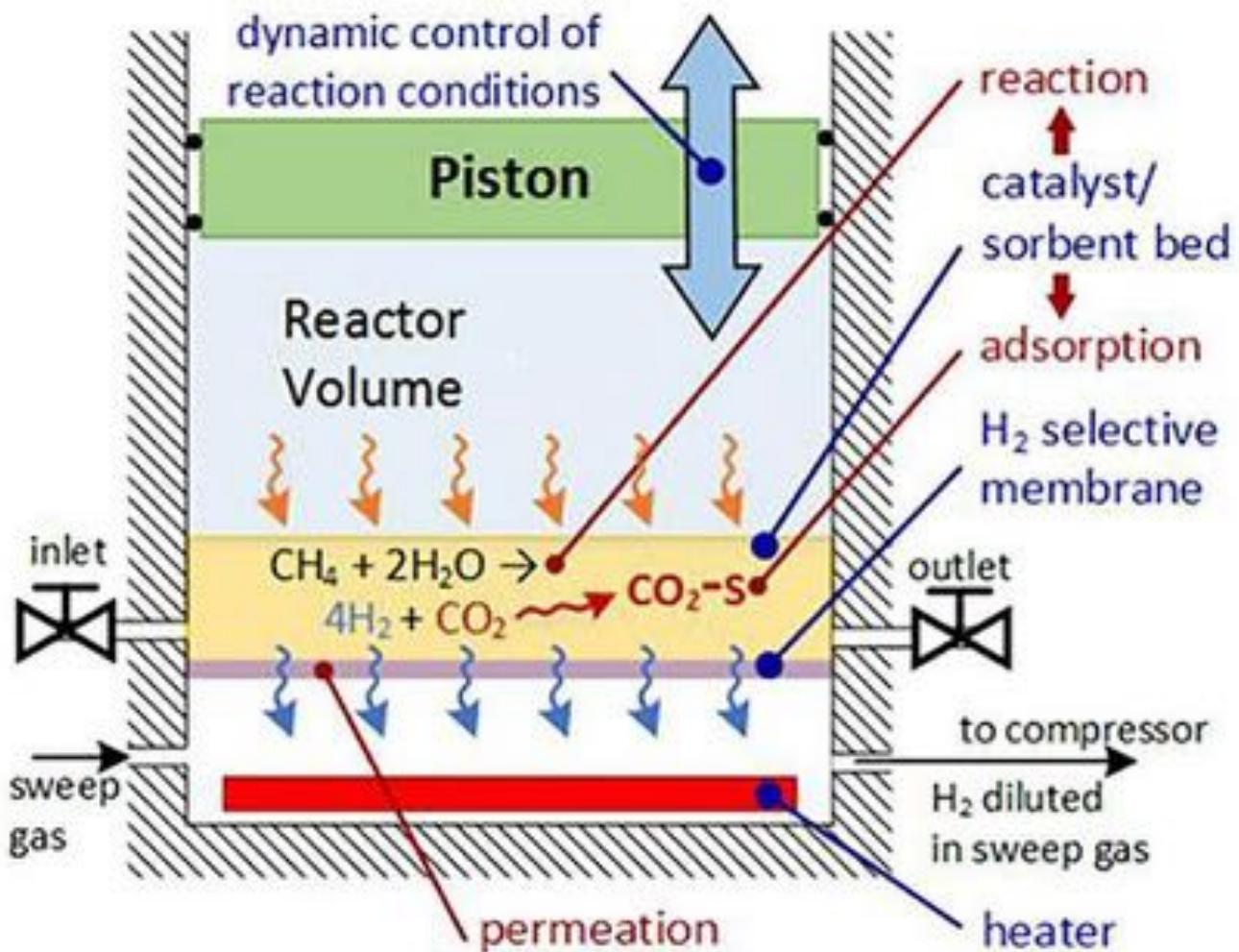


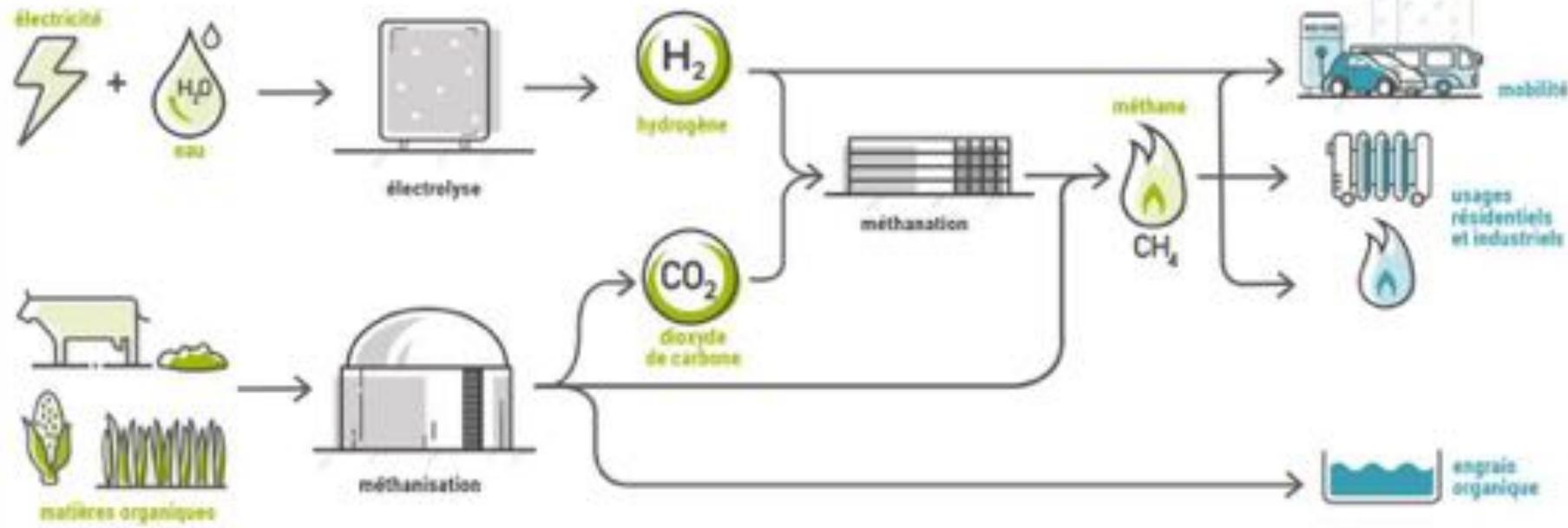
**Les dix éléments chimiques les plus abondants dans la Voie lactée<sup>†</sup>**

Nombre atomique	Élément	Fraction de masse en pourcentage	Fraction de masse en partie par million	
1	Hydrogène	73,9 %	739000	
2	Hélium	24 %	240000	
8	Oxygène	1 %	10400	
6	Carbone	0,5 %	4600	
10	Néon	0,1 %	1340	
26	Fer	0,1 %	1090	
7	Azote	0,1 %	960	
14	Silicium	0,07 %	650	
12	Magnésium	0,06 %	580	
16	Soufre	0,04 %	440	

Hydrogène	92,1 %
Hélium	7,8 %
Oxygène	0,061 %
Carbone	0,030 %
Nitrogène	0,0084 %
Néon	0,0076 %
Fer	0,0037 %
Silicium	0,0031 %
Magnésium	0,0024 %
Sulfure	0,0015 %
Autres	0,0015 %

Table: Composition chimique du Soleil.



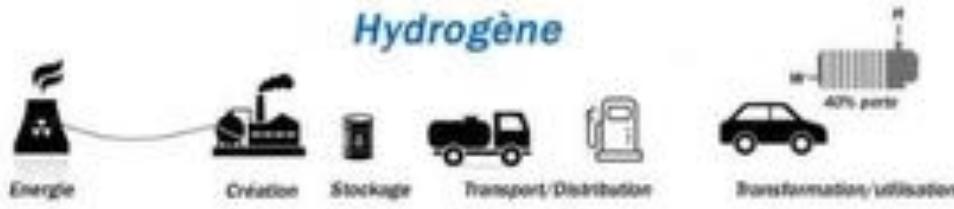




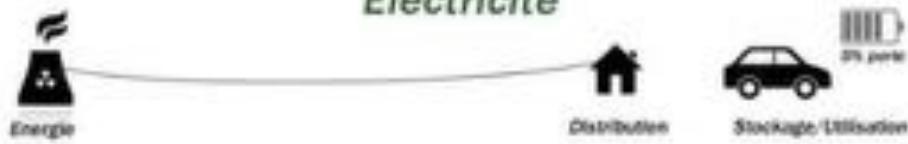
## Pétrole



## Hydrogène



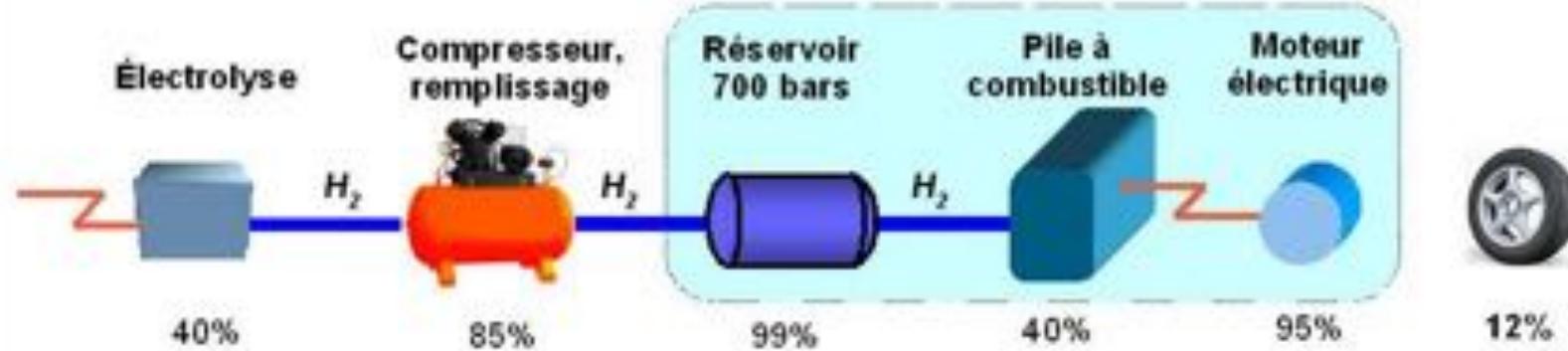
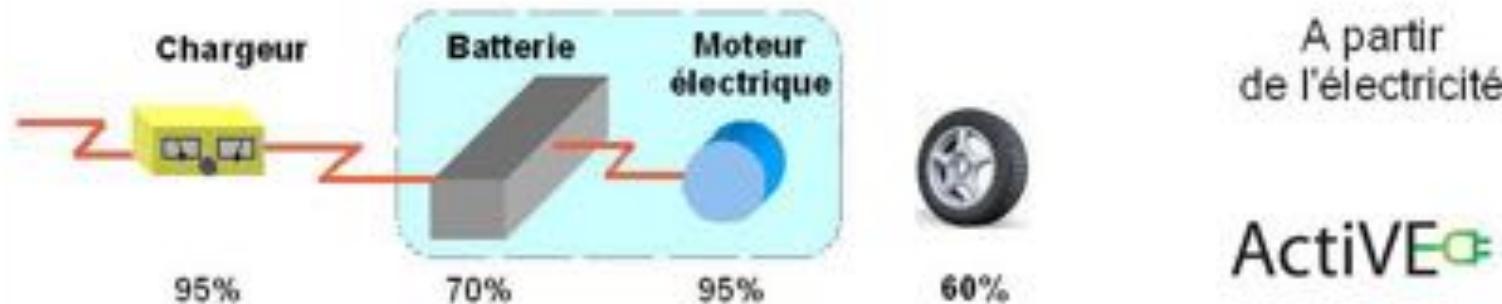
## Électricité







Un réservoir d'hydrogène liquide à la température de -253 °C.



**100 kWh**

(pétrole, gaz,  
charbon etc.)

↓ -60%

**40 kWh**

(électricité)

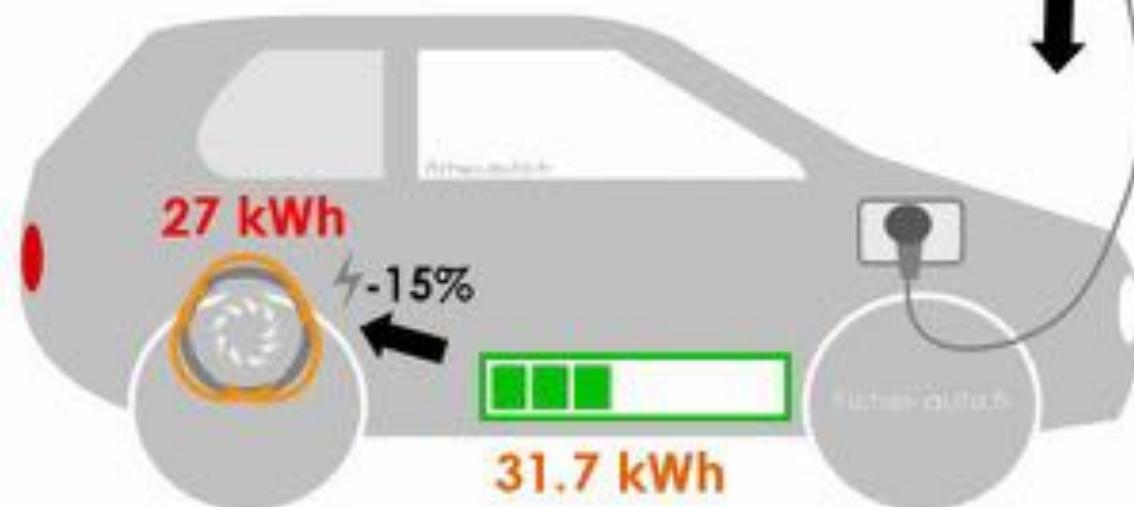
Centrale  
électrique

⚡ -10%

Prise  
domestique

**36 kWh**

⚡ -12%





- 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 ?



The image shows a promotional graphic for Bouygues Construction. At the top is a large orange circle containing a white capsule with the text "BOUYGUES CONSTRUCTION". Below this is a white rectangular area with the text "Un bâtiment + mutualisé". To the left is a photograph of a modern office common area with people working at desks under large pendant lights. To the right is a text block: "L'approche Officity Value vous donne la possibilité de générer des revenus complémentaires dans les immeubles de bureaux, en intégrant l'usage des espaces communs et en proposant des services innovants." At the bottom is a graphic showing a green circle with a white cross and a grey circle with icons related to common areas.



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



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 dénivelé

300 T de fret (elle pèse 30T)

Energie dissipée "selon l'axe vertical"

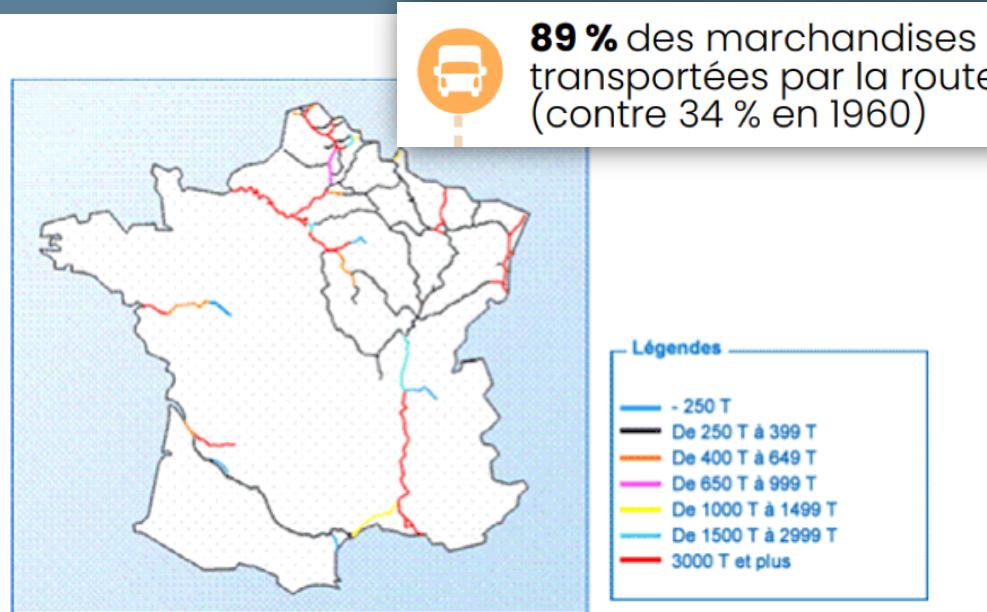
$$300/25 = 12 \Rightarrow 12 \text{ camions de } 44 \text{ T}$$

En considérant seulement l'énergie pour vaincre la gravité :

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

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

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



- « 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/>.





# Conclusion ?

On se doit de **rester humble**:  
« La vérité ne se possède pas elle se  
cherche » *Albert Jacquard*

# Retrouvez nous sur [www.Decouerto.fr](http://www.Decouerto.fr)

Accueil   Calendrier   Livres   Application   Boutique   Randonnées

# DÉCOUERTO

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 **800 randonnées** disponibles  
à télécharger dès maintenant !

