

S'extraire du pétrole ? Le défi de la Transition énergétique

Journées Nationales de la Géologie

Conférence-CPIE-Côte Basque

10/05/2025



Marc Blaizot

Société Géologique de France

marc.blaizot@gmail.com

<https://www.geosoc.fr/>

ASPO-France (Association for the Study of Peak Oil)

<https://aspofrance.org/>



Plan de la présentation

- 1- Les énergies et leur évolution au XXIème siècle
- 2 - L'emprise du pétrole sur l'économie globale et comment évolue l'industrie pétrolière ?
- 3- Comment aller vers le monde énergétique d'après , sans pétrole ?
- 4- Conclusions : quels chemins pour la TE : est-ce possible ?

Une grandeur physique aussi appelée travail (ou quantité de chaleur) qui permet un changement d'état d'un système : température-vitesse-composition-forme

Et de mesurer cette transformation ; unités de mesures : **joule**, calorie, kilowatt-heure, tec, bep, btu

1 J = énergie d'une masse de 1 kg qui tombe de 10 cm.

1 C = énergie nécessaire pour chauffer 1g d'eau de 1°C

A ne pas confondre avec la Puissance d'une machine ou d'un moteur qui permet cette création/transformation d'énergies : Watt et ses multiples , cheval-vapeur...

Energie = Puissance*temps

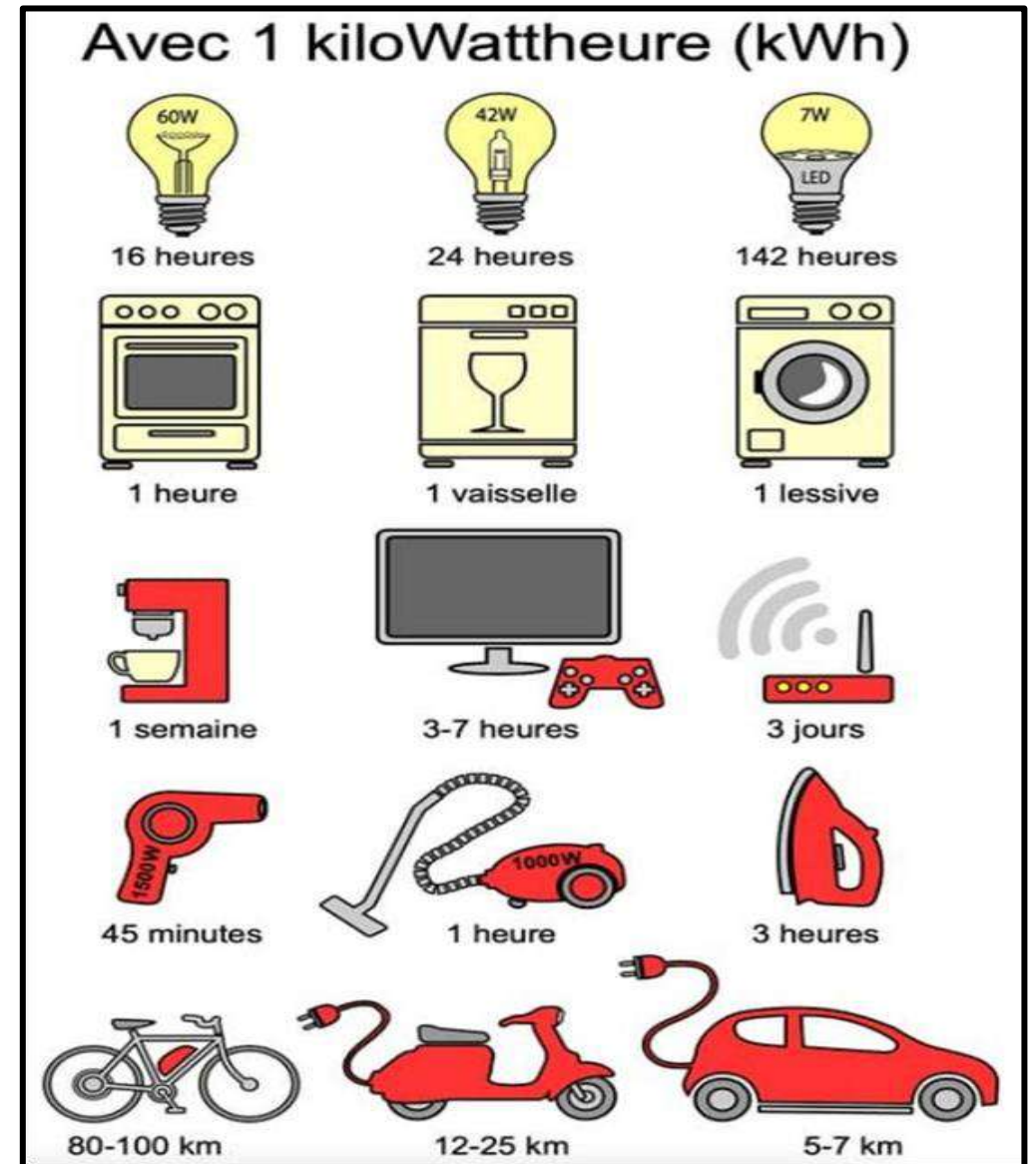
Joule= Watt*seconde

Wattheure = $60 \times 60 = 3600$ joules

Une éolienne de 2 MW de puissance va produire en une journée venteuse : $2 \times 24 = 48$ MWh

mais sur l'année ? $= 48 \times 365 \times 0,2 = 3500$ MWh

C'est quoi l'énergie?

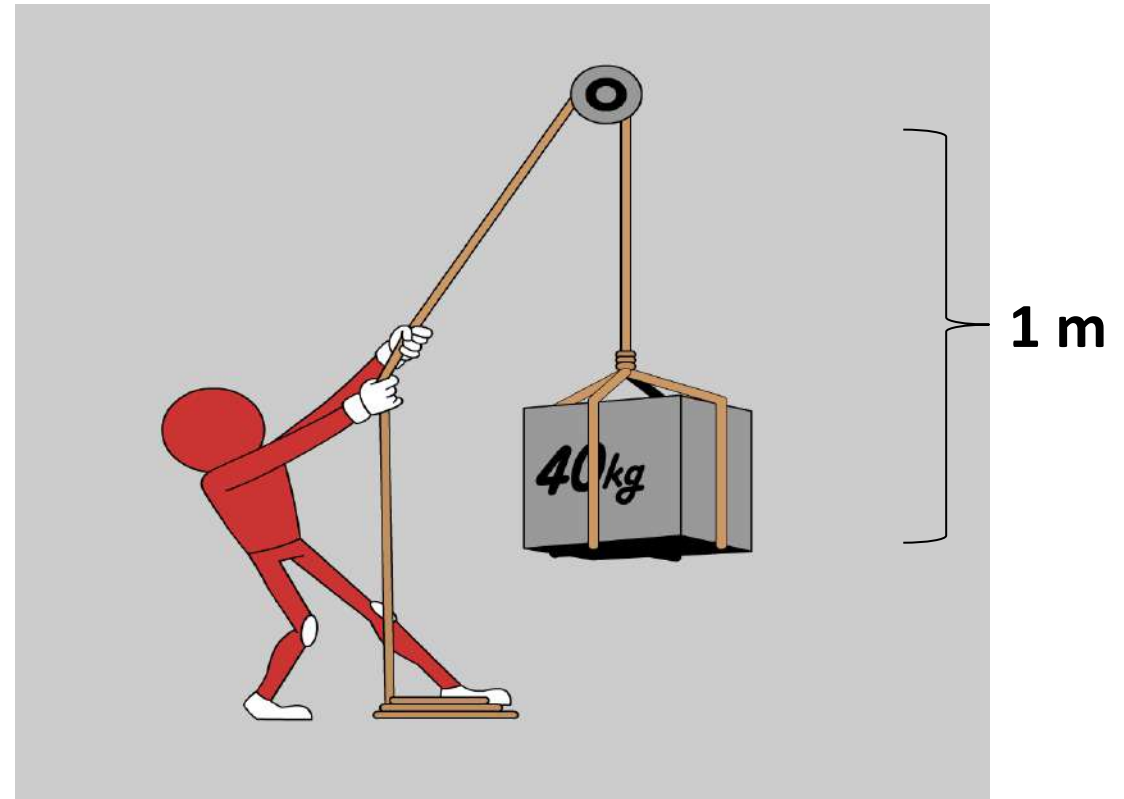
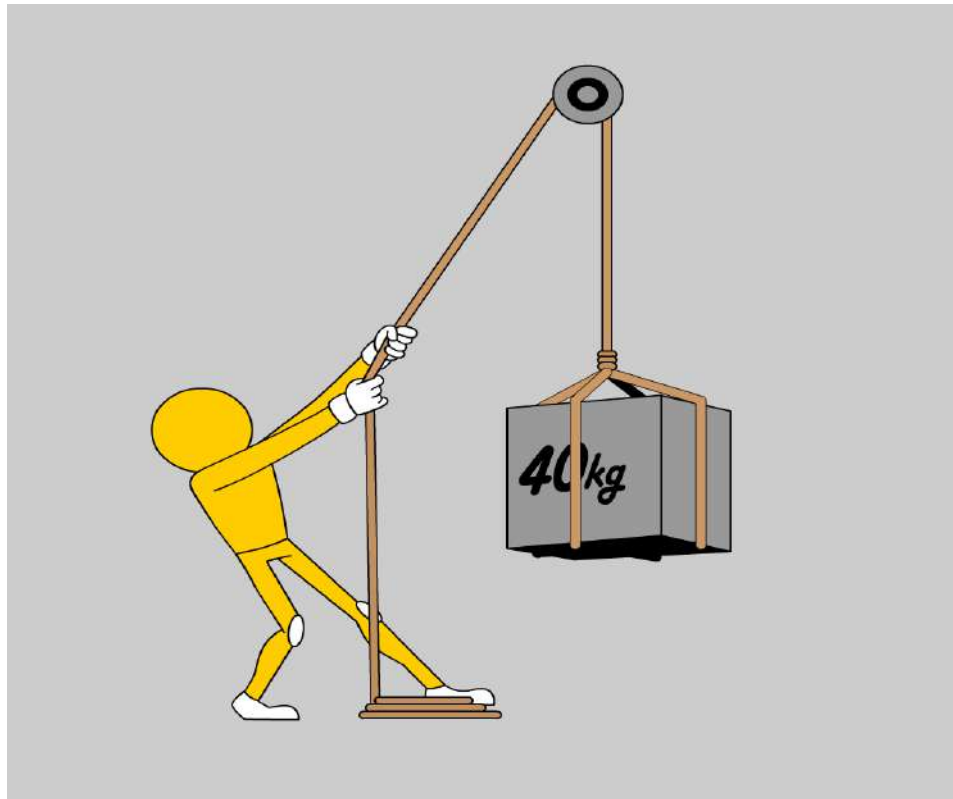


Force, Energie, Puissance

$$\begin{aligned}\text{Force} &= F = M \gamma \\ &= 40 \text{ kg} \times 9,8 \text{ ms}^{-2} \\ &= 392 \text{ N (Newton)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Déplacement (l)} &= 1 \text{ m pendant } 2 \text{ s} \\ \text{Energie} &= F l = 392 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 392 \text{ J} \\ &\quad \text{(Joule)}\end{aligned}$$

$$\text{Puissance} = 392 \text{ J} / 2 \text{ s} = 196 \text{ W (Watt)}$$



L'énergie ? De la radioactivité solaire ou terrestre

Toutes les formes d'énergie disponibles dérivent directement ou indirectement de l'énergie nucléaire :

1-l'énergie **solaire** a une origine nucléaire (la fusion de molécules d'Hydrogène **dans notre étoile, le soleil à près de 15 millions de degrés**) , et son transport sous forme de photons vers la Terre

2-avec elle, tout ce qui en découle : vent, hydroélectricité (cycle de l'eau),biomasse,

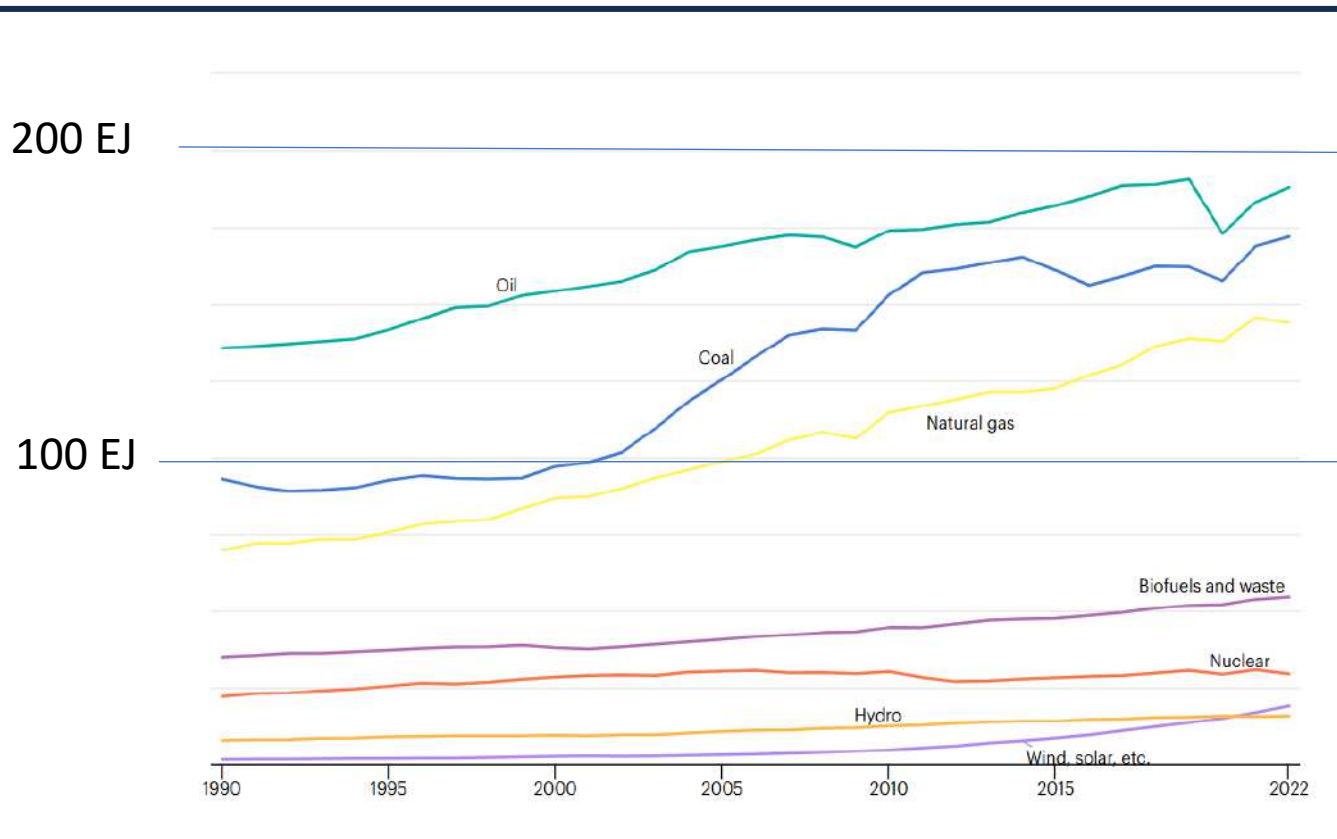
3-les combustibles fossiles sont de l'énergie solaire ancienne (biomasse animale ou végétale) donc du « vieux nucléaire »,

4-la géothermie (chaleur de la Terre) provient de la chaleur libérée par 4,5 milliards d'années de radioactivité naturelle **du cœur de notre planète**

5-L'énergie atomique provient de la désintégration accélérée/provoquée par l'homme, d'éléments radioactifs (fission) présents dans **certaines roches de notre planète**

L'énergie mondiale en 2022 : 630 Exajoules

ou 15 Gtep (tonne équivalent pétrole) ou 175 000 TWh (conso France 2550 TWh)



	2002	2012	2022	2022-2002
Pétroles	154	177	188	+ 34
Gaz	90	119	147	+ 57
Charbons	101	163	178	+ 77
Biomasse/fuels	38	46	54	+ 16
Nucléaire	29	27	29	+0
Renouvelables	13	19	35	+ 22
TOTAL	425	551	630	+ 205

<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&energy=Balances>

1 exajoule = 24 Mtep = 278 TWh

And the winner is: King Coal mais pourquoi ?

Production record de charbon en ...2024 : 8,8 Gt dont 4,9 Gt consommée en Chine et 1,3 Gt en Inde

Depuis 2015 (Accord de Paris)
+ 13 % = 260 GW de capacité supplémentaires pour un total de **2175 GW (monde) soit 6500 centrales** électriques fonctionnant au charbon,
Toutes les prévisions fausses : AIE, BP Outlook, WEF qui prévoyaient un pic en...2011!

Chine et Inde mènent la danse, macabre; en construction: Chine : 160 Gw et Inde : 90 GW

Pourquoi ? Pilotable : 24/24 et 7/7 , très simple d'utilisation, bien réparti, belles réserves, la nourriture de l'industrie, indispensable aux EnR (silicium, ciment, acier pour éoliennes et PV)



QUELQUES QUALITES et CONTRAINTES des énergies

Une population mondiale qui VEUT avoir accès à l'énergie : 1 Milliard d'humains sans accès à l'électricité donc accès difficile à : eau/alimentation, transport, chauffage/clim, et aux...autres humains(ordinateurs, serveurs...).

Une énergie (ou un mix énergétique) doit être :

- FIABLE/PILOTABLE et ABORDABLE (abondance, facilité de transport, et prix modéré)
- DURABLE (Climat, santé, empreintes matériaux et surface et besoin en eau)

Charbon et pétrole : très abordables , très fiables , très facilement transportables (solide et liquide) , abondance discutable, pas durable (GES, santé)

Gaz : plus ou moins abordable, plus ou moins fiable (tuyaux russes....),abondant, difficilement transportable (gaz), peu durable (transition)

Renouvelables éoliens et solaires : très abordables, peu fiables (intermittence sauf batteries) , transportables (électrons), abondance en devenir, durables mais empreinte au sol...

Renouvelable hydroélectricité :très abordable, fiable (aujourd'hui) , transportable (électrons), abondance long terme ?

Renouvelable Géothermies: très abordable, peu transportable (eau), abondante et renouvelable

Nucléaire : très abordable, fiable , transportable (électrons), abondant, durabilité discutable (déchets longue vie , eau refroidissement)

Plan de la présentation

- 1- Les énergies et leur évolution au XXIème siècle
- 2 - L'emprise du pétrole sur l'économie globale et comment évolue l'industrie pétrolière ?
- 3- Comment aller vers le monde énergétique d'après , sans pétrole ?
- 4- Conclusions : quels chemins pour la TE : est-ce possible ?

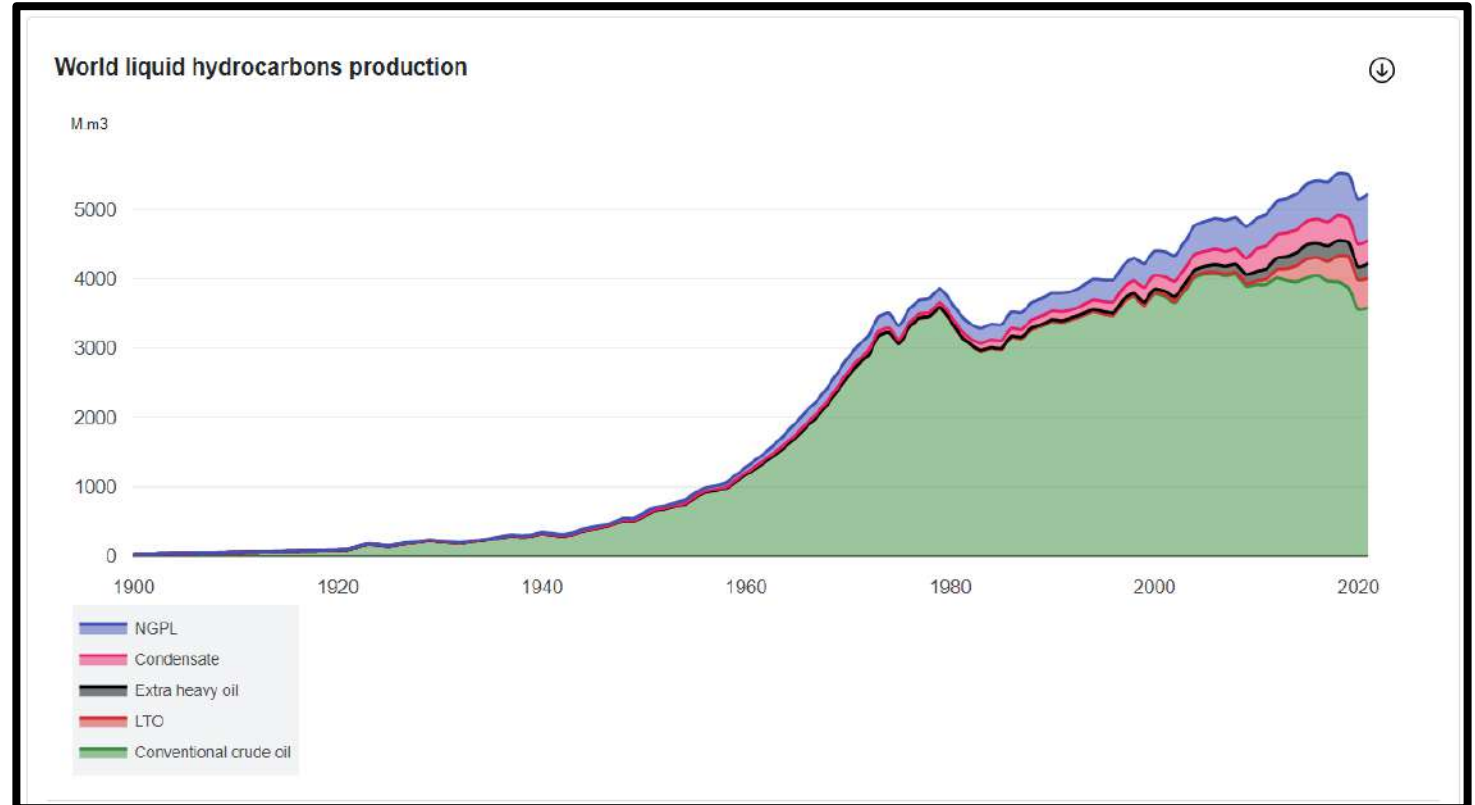
La production mondiale de (des) pétrole(s)

Pétrole conventionnel et les autres

Peak Oil conventionnel :
2006-2007

Peak tous pétroles : 2019 ?

Des chocs pétroliers par
augmentation des prix
(guerre du Kippour 1973-74
guerre Iran-Irak 1980-81)
suivis de récessions
économiques et
effondrement de la
demande en pétrole ou des
...pandémies suivie d'une
reprise rapide (2022)



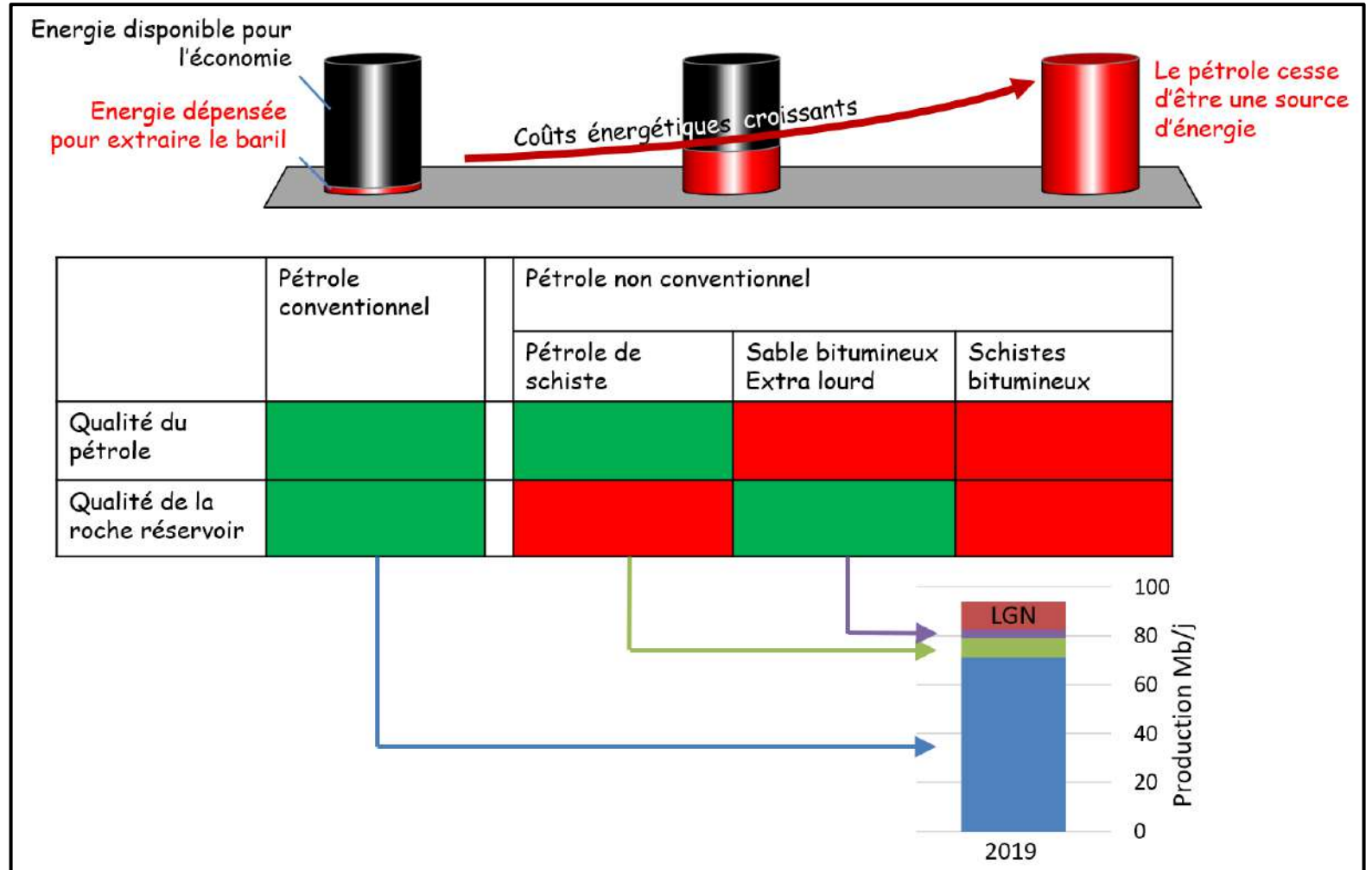
Production mondiale 2019 : 5000 Mm3/an ou 100 Mb/j ou 1000 b/s

Types de pétrole et coût d'extraction

La production pétrolière ne s'arrêtera probablement pas faute de réserves mais du fait de son coût économique et énergétique

Indice EROEI : Energy Return on Energy Invested

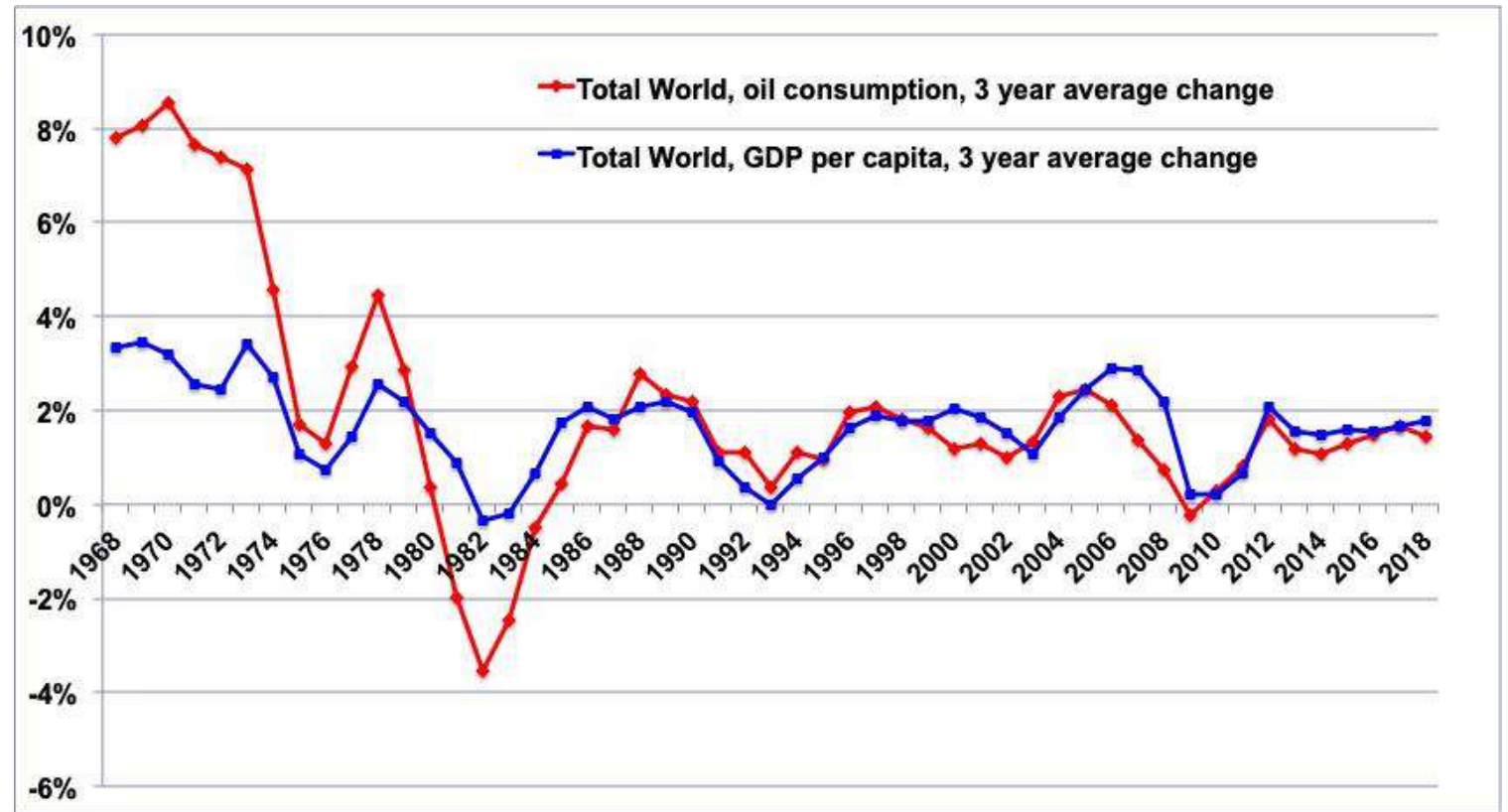
Ce dernier est très dépendant de la nature du pétrole et du réservoir naturel dans lequel il se trouve



Pétrole et richesse par habitant ; une extraordinaire corrélation

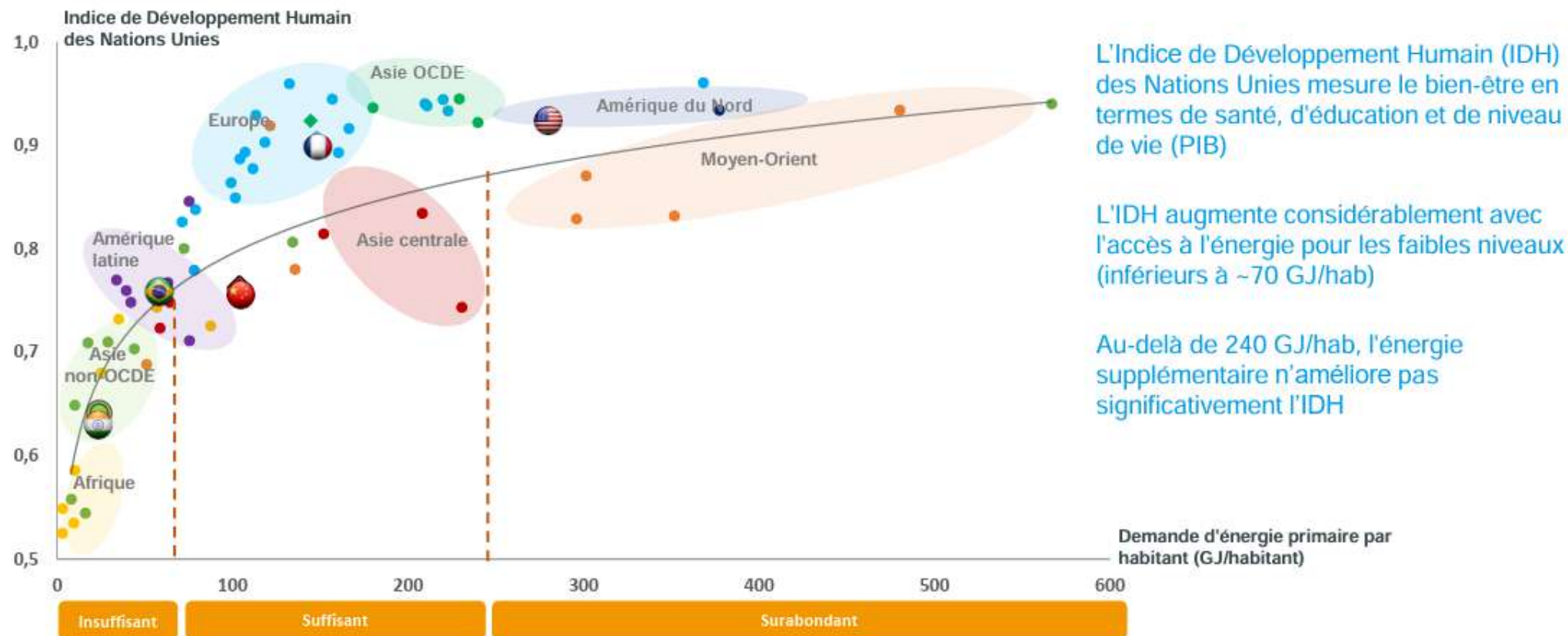
La corrélation du sens de la variation est parfaite, et celle de l'amplitude presque parfaite avec un fait essentiel : **c'est la variation de la consommation de pétrole qui précède celle du PIB depuis 1972.**

Le pétrole et plus largement les énergies sont l'alimentation du développement humain



World Bank report in JM Jancovici

Accès à l'énergie et développement humain



Aujourd'hui, environ 4,5 milliards de personnes ont un accès insuffisant à l'énergie (moins de ~70 GJ/habitant)

Les émissions de GES et énergies fossiles : une extraordinaire corrélation ...aussi !

d'après : <https://dieselnet.com/news/2020/12/unep.php>

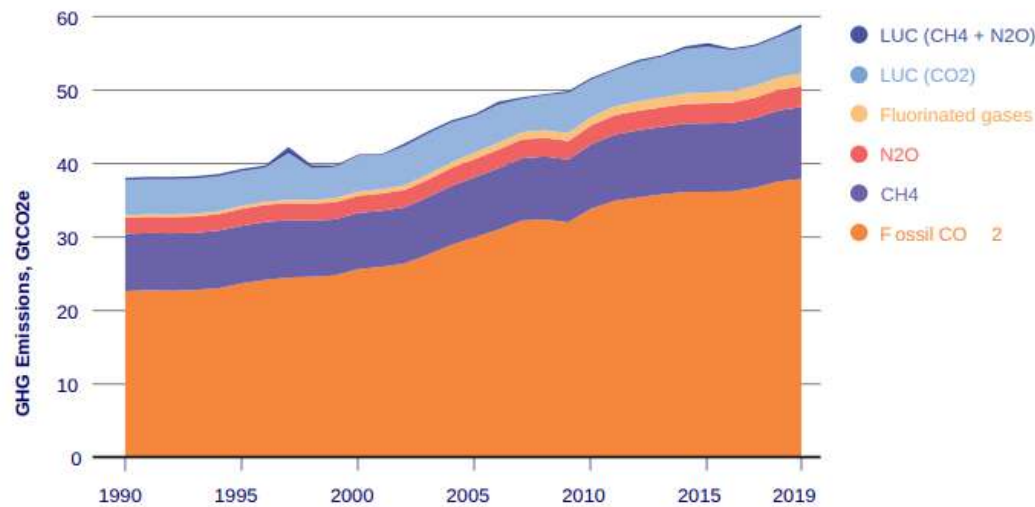


Figure 1. Global GHG emissions from all sources

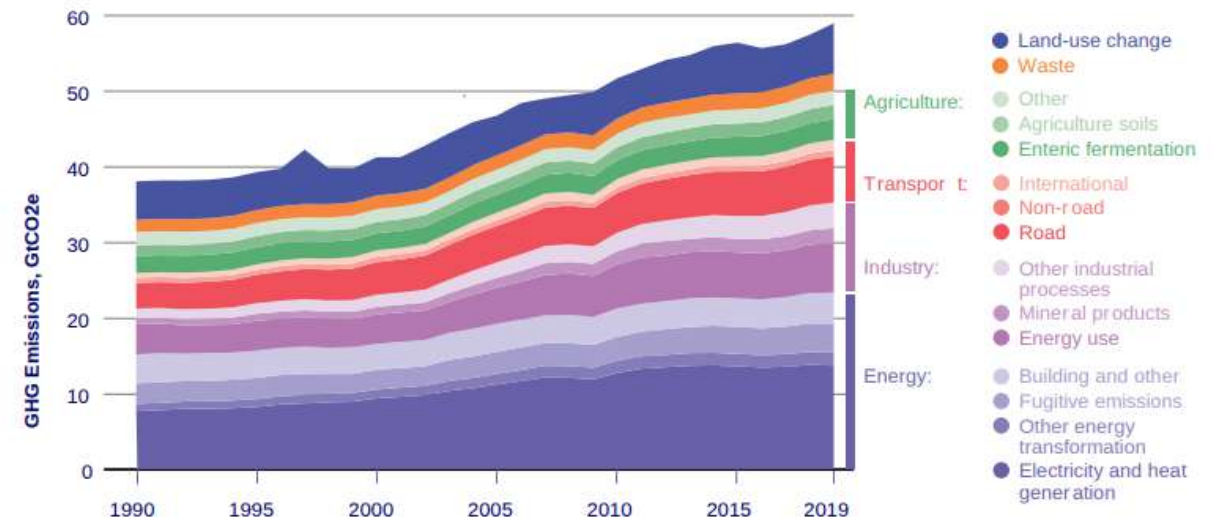


Figure 2. Global GHG emissions by sector of the economy

Production d'énergie et émissions de GES :

Charbon : 1060 g/kWh- Pétrole : 760 g/kWh- Gaz : 450 g/kWh-

Géothermie : 30 g/kWh- Hydro et Eolien : 10 g/kWh- Nucléaire : 7 g/kWh

Les émissions directes et indirectes de CO2

Le CO2 n'est pas un polluant et est nécessaire à la vie ; si sa concentration était nulle, la température moyenne de la planète serait de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ et la photosynthèse serait impossible ; mais son augmentation et sa concentration actuelle (420 ppm) entraîne un effet de serre **d'où une augmentation des températures beaucoup trop forte et rapide** ,

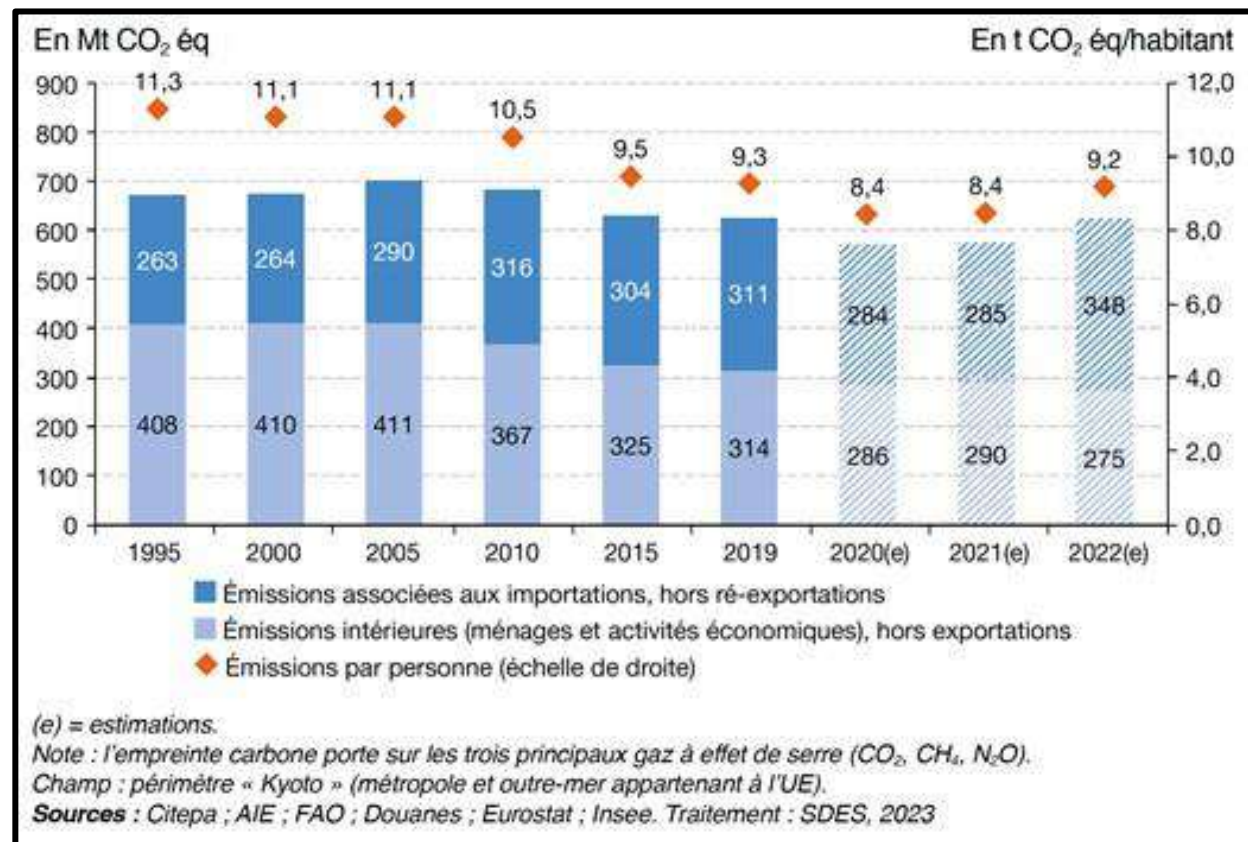
Les 4 principaux secteurs avec émissions de CO2 anthropique dans le monde sont :

- **Le transport** et notamment les transports routiers (automobile en particulier) qui sont responsables d'une grande quantité d'émissions directes (10 %) et d'une bonne partie des émissions indirectes de plusieurs industries (chimie, métaux, plastiques, énergies...)
- **La production d'électricité et de chaleur** à partir d'énergies fossiles (charbon ou gaz)
- **Le bâtiment**, qui émet lui aussi de grandes quantités de CO2 en direct (par la consommation énergétique) mais contribue aussi aux émissions indirectes des industries des matériaux.
- **L'agriculture**, en particulier l'élevage et la riziculture, qui émet environ 5% du CO2 mondial en émissions directes, mais contribue à la déforestation et aux émissions agricoles en général.

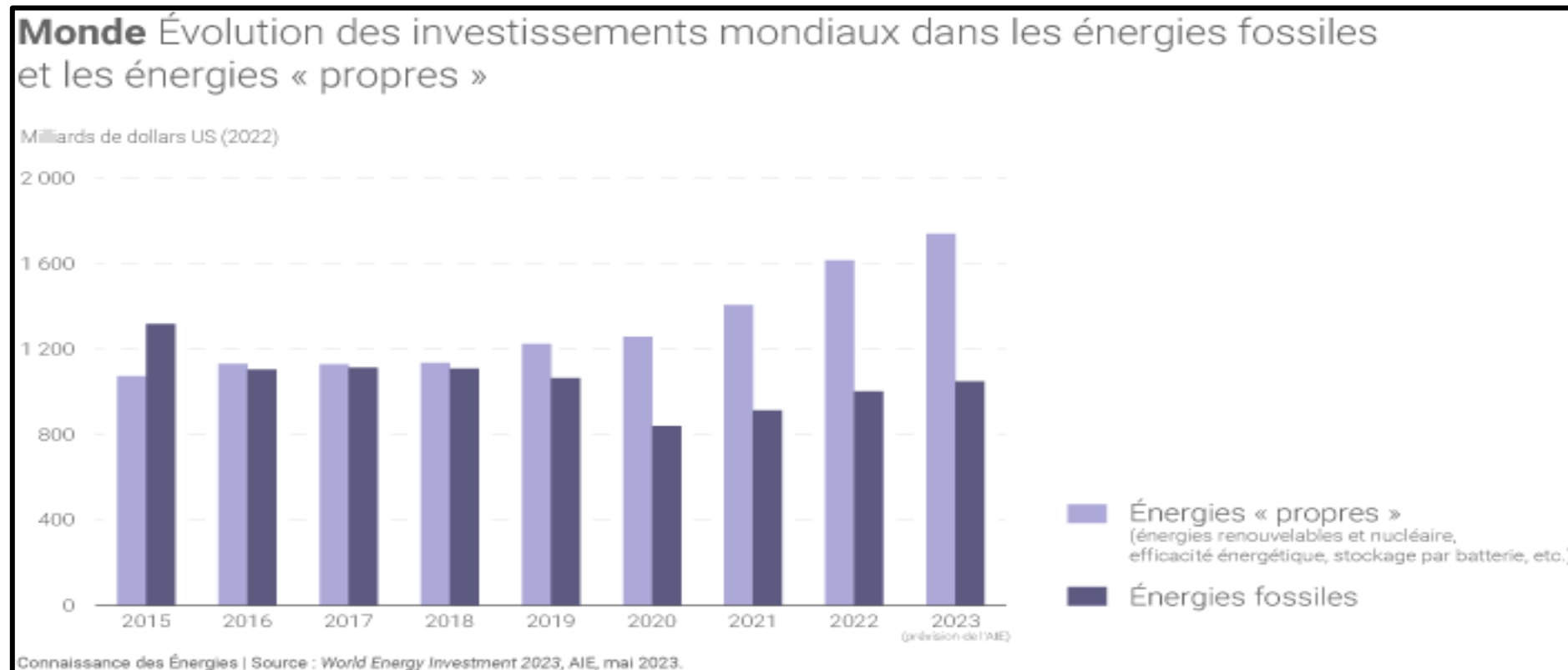
L'empreinte carbone d'un français

En 2022, les émissions de GES liées aux importations sont supérieures à toutes celles émises en France: déficit du commerce extérieur avec pays à forte intensité d'émissions (Chine) :

la décarbonation doit être mondiale !



Récente Evolution des investissements pétroliers/gaziers et d'énergies renouvelables



Quid des compagnies pétrolières ?

De Total à Totalenergies

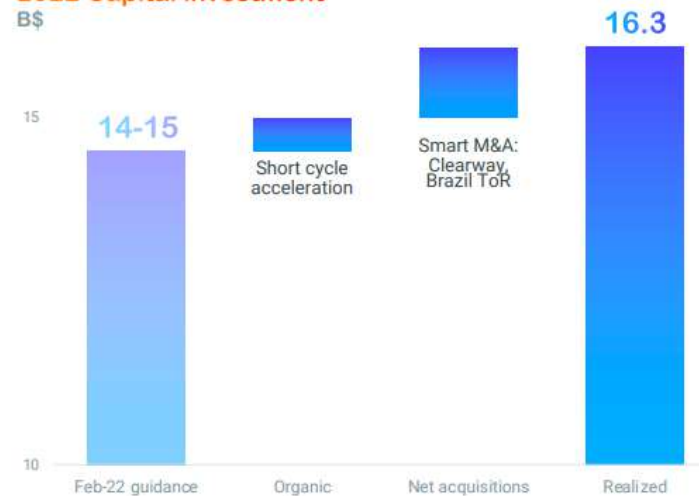
Investissements 2022
mondiaux : 16 Gus\$
-75 % dans les fossiles
(pétrole et gaz)
-25 % ENR Electricité

Puissance EnR :
16 GW en 2020 et 21 GW
en 2022

Accelerating investment to seize opportunities in favorable markets



2022 Capital investment*
B\$



De Total à TotalEnergies : quelle évolution pour 2023 ?

Investissements 2023 mondiaux :
16 à 18 Gus\$

65 % dans les fossiles (pétrole et gaz) dont 50% maintien des productions et 50 % en projets nouveaux

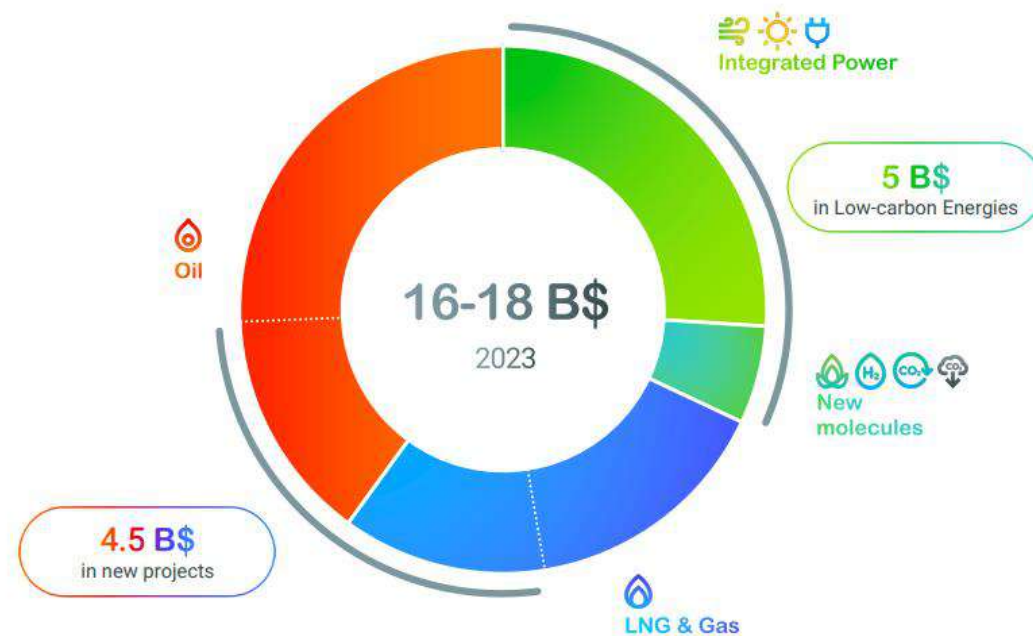
35 % dans les EnR (solaire et éolien offshore)

Puissance de production en EnR :
26 GW en 2023 et 100 GW en 2030

Est-ce tenable quand tous les autres pétroliers rétrogradent ?



Capital investment supporting the transition



Capex = organic investments + acquisitions - asset sales

February 2023 — Results and Objectives 20

Plan de la présentation

- 1- Les énergies et leur évolution au XXI ème siècle
- 2 - L'emprise du pétrole sur l'économie globale et comment évolue l'industrie pétrolière ?
- 3- Comment aller vers le monde énergétique d'après , sans pétrole ?
- 4- Conclusions : quels chemins pour la TE : est-ce possible ?

Un monde sans pétrole ?

Les substituts sans modifications d'usage : CCUS, gaz, schistes bitumineux, e-fuels, biofuels, recyclage des plastiques, efficacité énergétique (pompes à chaleur, chaleur fatale)

Les substituts ou adaptations avec modifications des usages : **Electricité/batteries , géothermie, hydrogène**

La sobriété ou la décroissance :

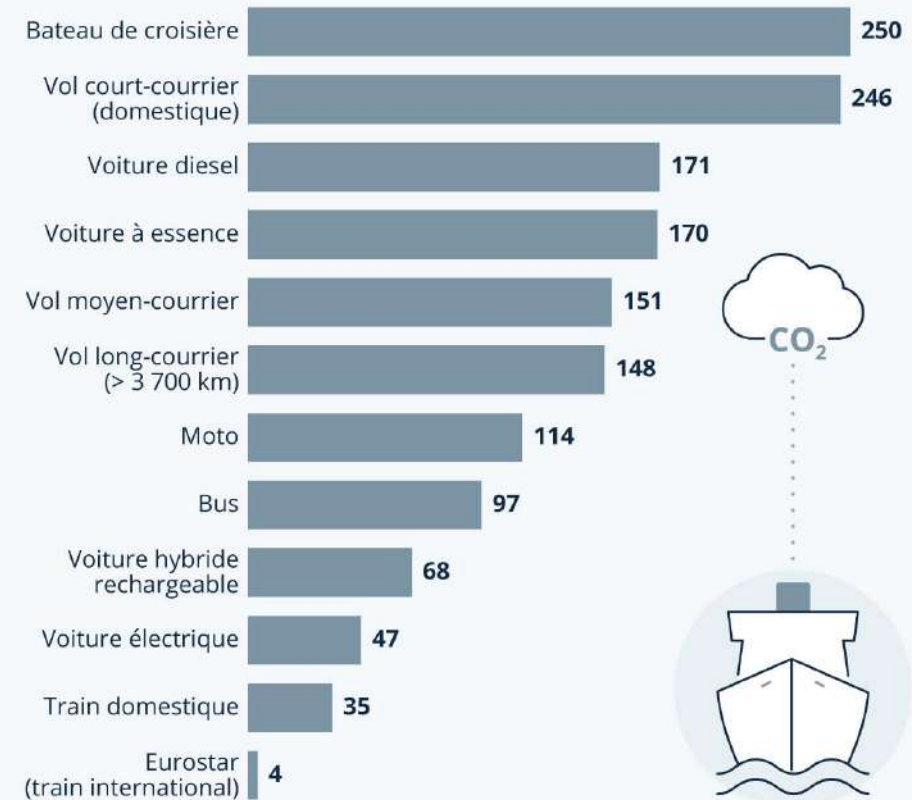
difficile à proposer dans les pays du sud les plus....pauvres et peuplés et dans les pays du nord les plus... addicts

Mais le plus efficace c'est de se débarrasser d'abord du...charbon !

Les transports : la question majeure à résoudre

L'empreinte carbone du transport de voyageurs

Émissions de gaz à effet de serre des modes de transport, en grammes d'équivalent CO₂ par passager-kilomètre



Sources : OWID, ICCT et gouvernement britannique via Visual Capitalist



Comment s'extraire du pétrole ? Ou plutôt comment s'extraire de l'automobile thermique ...

Monde : au 01/01/2022

1 milliard de voitures particulières

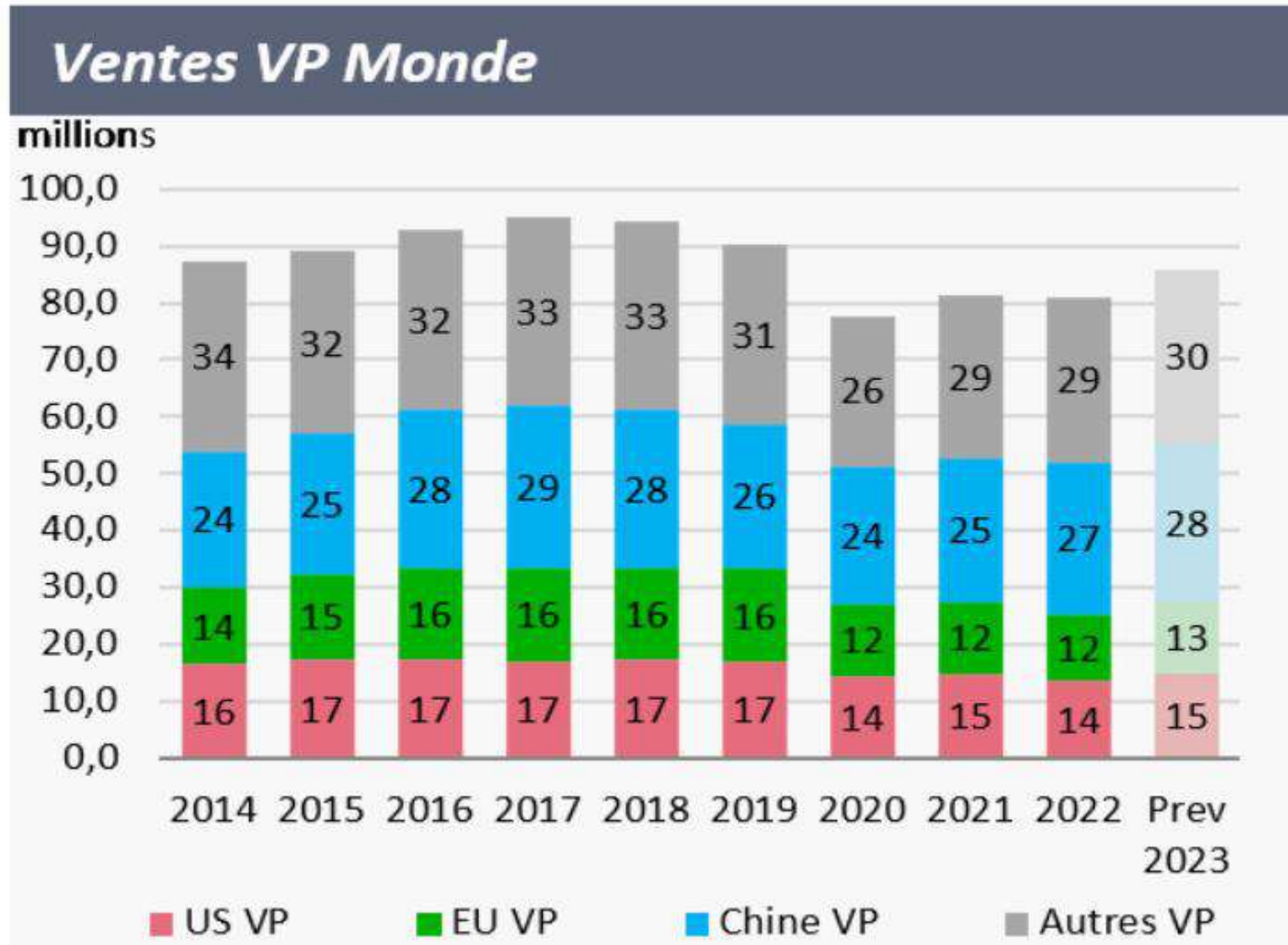
400 millions de véhicules utilitaires

Consommation mondiale de carburants routiers : 6 milliards de litres/jour

Consommation française : 45 Milliards de litres/an en 2019,

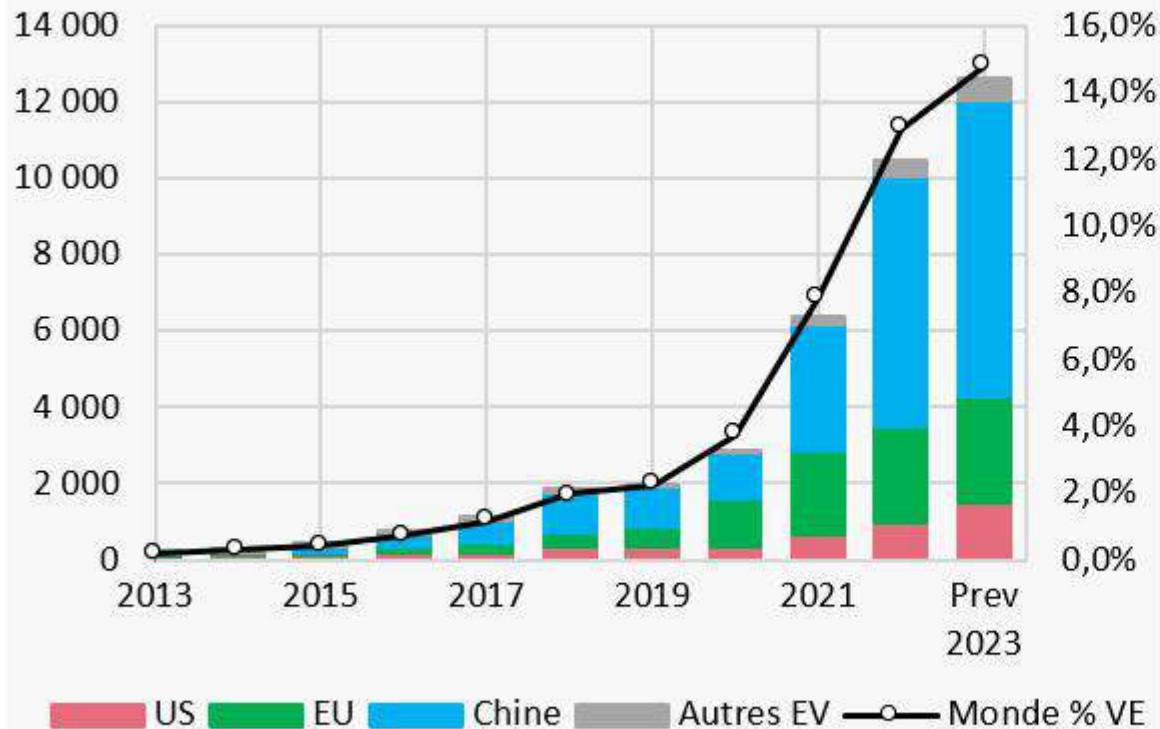
Pour remplacer en France par une flotte de VE il faudrait : 140 TWh soit 30 % de la consommation électrique française 2024 (VT = 6,5 l/100 km VE = 20 kWh/100 km)

Substitution/Frugalité : stagnation des ventes mondiales d'automobiles ou un *peak* civilisationnel en 2017 ?



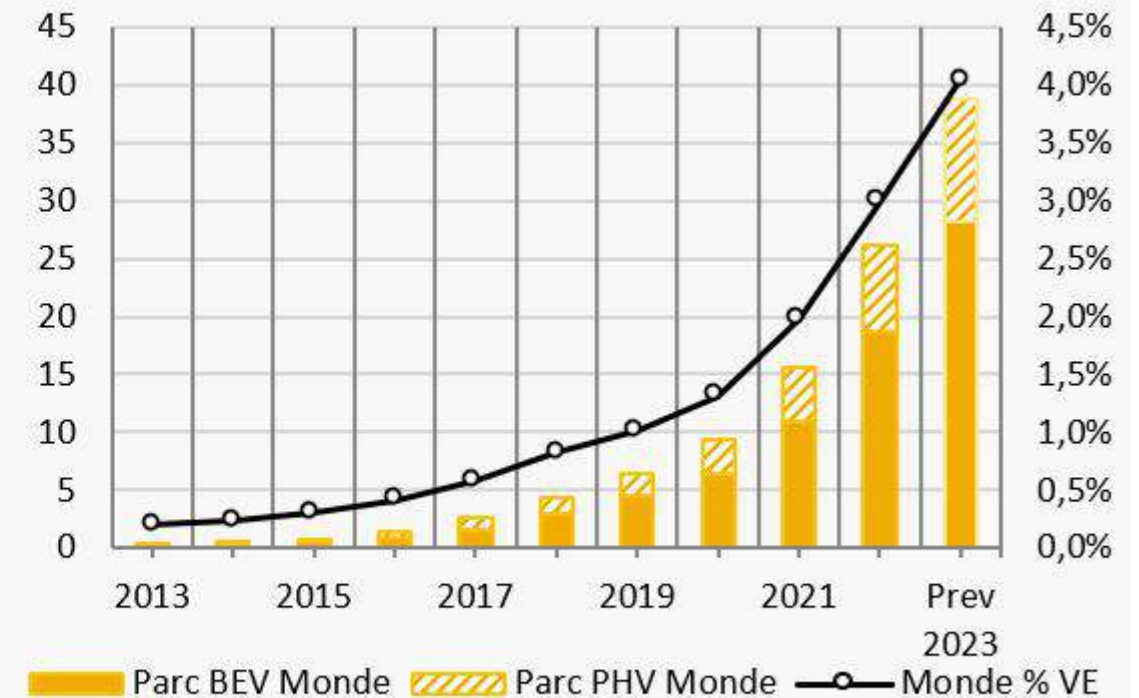
Une deuxième solution ? L'adaptation : les véhicules électriques (VE) : Chine + Europe

Ventes VE (BEV+PHEV en milliers) et taux VE



Parc VE Monde

millions VE



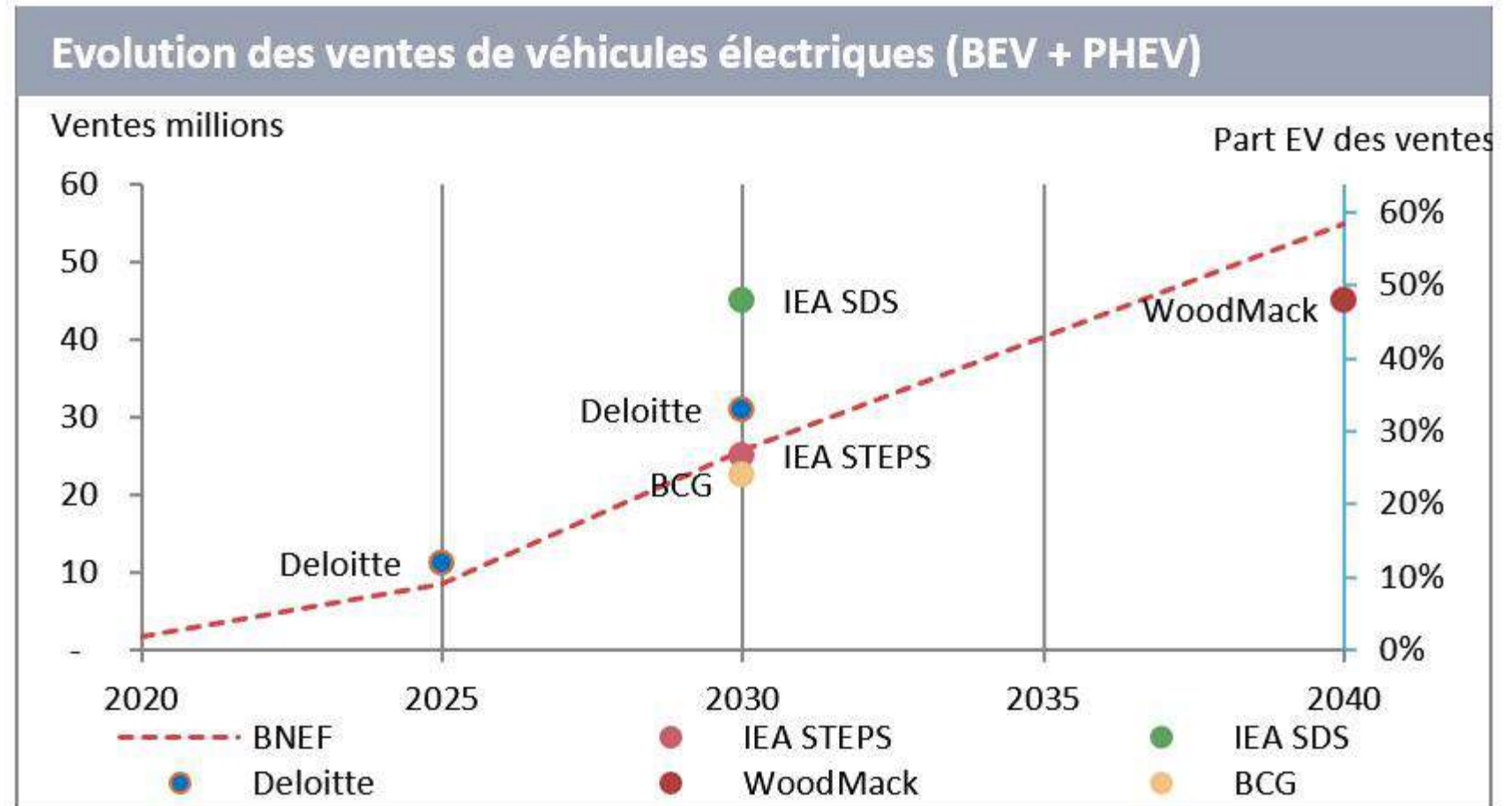
Source : Marklines, IFPEN

Battery Electric Vehicles and Plug-Hybrid Electric Vehicles

Les voitures électriques : et si cela continuait ?

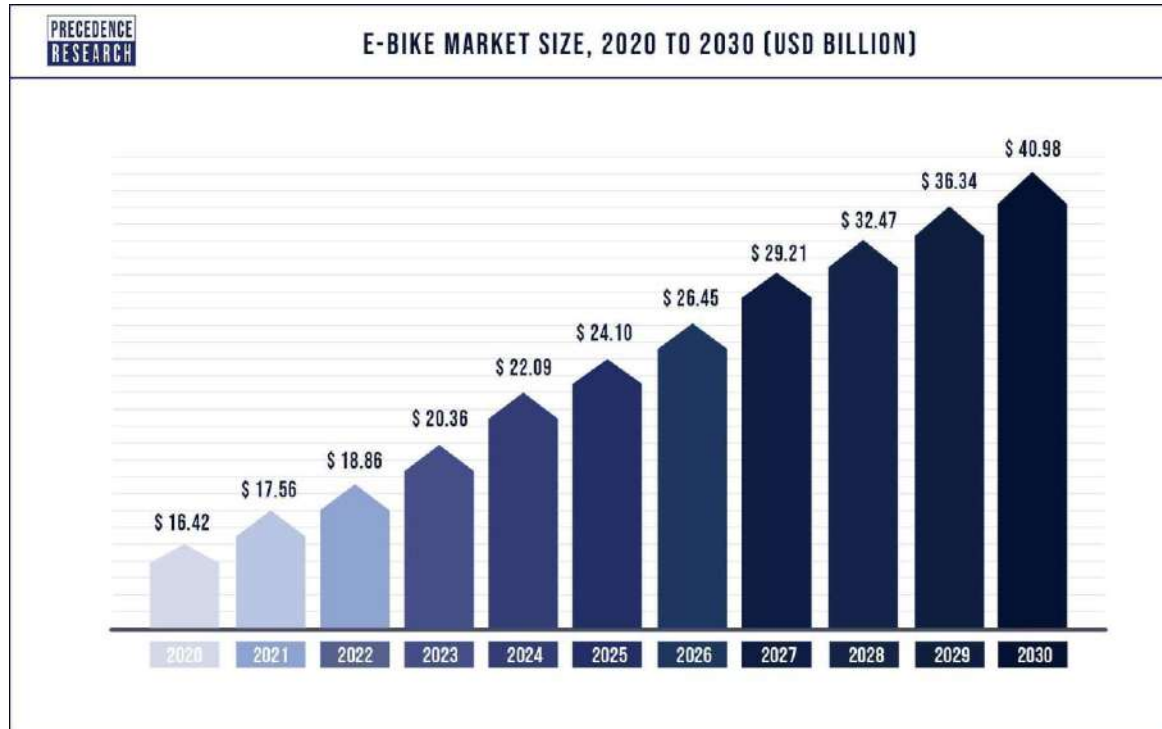
Evolution mondiale (Europe 100 % en 2035)

Un modèle à promouvoir car une nette amélioration par rapport à la voiture thermique en termes d'émissions (en France, pas en Allemagne), de souveraineté mais veiller aux poids,,,



Source : AIE, BG, BNEF, Deloitte, WoodMack, IFPEN

Une 3 ème solution : le vélo surtout le VAE si ils remplacent des ... voitures !



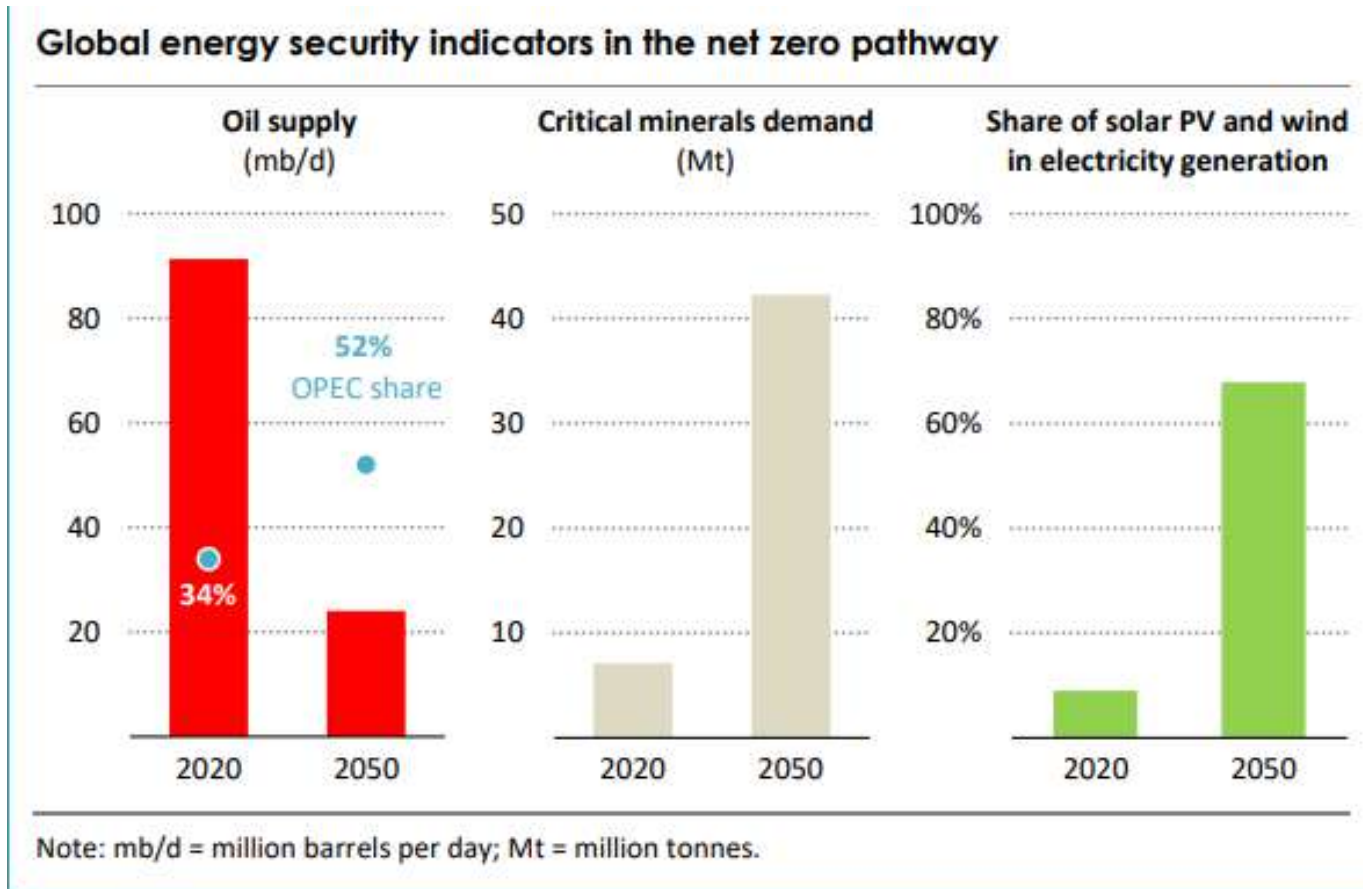
Monde- VAE prévision en G\$



France -2021

S'extraire du pétrole = extraire des métaux

« No metals, no Transition »



S'extraire du pétrole = extraire des métaux

À côté du lithium, du cobalt, du nickel et du graphite, **le cuivre (Doctor Copper) aura un rôle clef dans la TE :**

- 3 fois plus de Cu dans une voiture électrique (= 60 à 90 kg/voiture)
- 5 à 20 t de Cu pour relier une éolienne moyenne de 2MW

Production 2022 : 20MT et recyclage : 8 MT (40% de la prod)

Estimation 2032 : 40 MT de consommation : 30MT de prod et 10 MT de recyclage

Réserves mondiales : 800 Mt

20 G\$ d'investissements annuels mais développements freinés/bloqués par difficultés politiques, sociétales, **environnementales** (eau/espace) et techniques (teneur)



Les métaux de l'électromobilité

Le Lithium –Production 2020 : 100 000t/an dans 13 mines actuelles- Besoin *6 en 10 ans- 6 à 8 mines nouvelles par an qui apportent 45000 t/a chaque année,

Le graphite naturel : 70 mines actuelles (Chine et Afrique de l'Est) -100 mines supplémentaires en 10 ans à 56 000t/a

Le graphite synthétique (fait au charbon) : 54 usines supplémentaires en 10 ans à 57000 t/a sauf si remplacement par silicium (= charbon aussi)

Le nickel : 72 mines supplémentaires en 10 ans à 420000 t/a

Le cobalt : 30 (si recyclage) à 60 mines nouvelles à 5000 t/a

Quantités de métaux par véhicule électrique



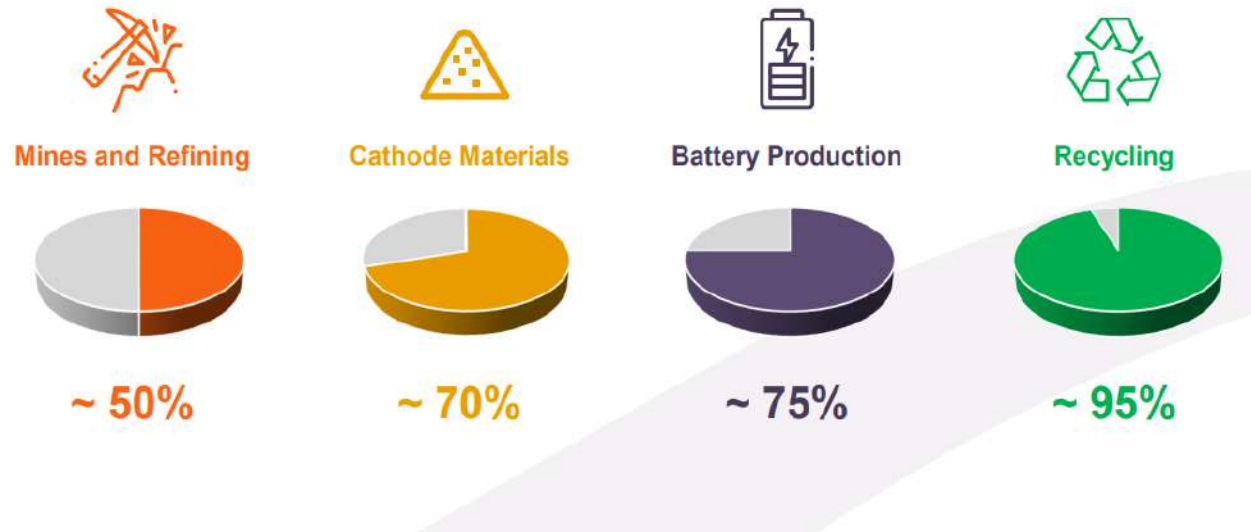
* base batterie NMC811



Comment extraire les métaux ? = comment s'extraire de Chine ?

La Chine a pris de l'avance...

Part de la demande couverte par des projets Chinois



Décision EU – pour de bonnes raisons – **le passage à l'électrique**. (100 % ventes en 2035): Exit le moteur à explosion beaucoup plus complexe)
-- **bonjour les batteries, qui concentrent 50 % de la valeur d'un VE !**
Quelle souveraineté ? La dépendance à la Chine n'est que sur le graphite (et l'Afrique peut remplacer) et le traitement des minerais que l'Europe peut faire,

Possible en Europe ? Géologiquement oui mais quelle acceptabilité sociétale ?

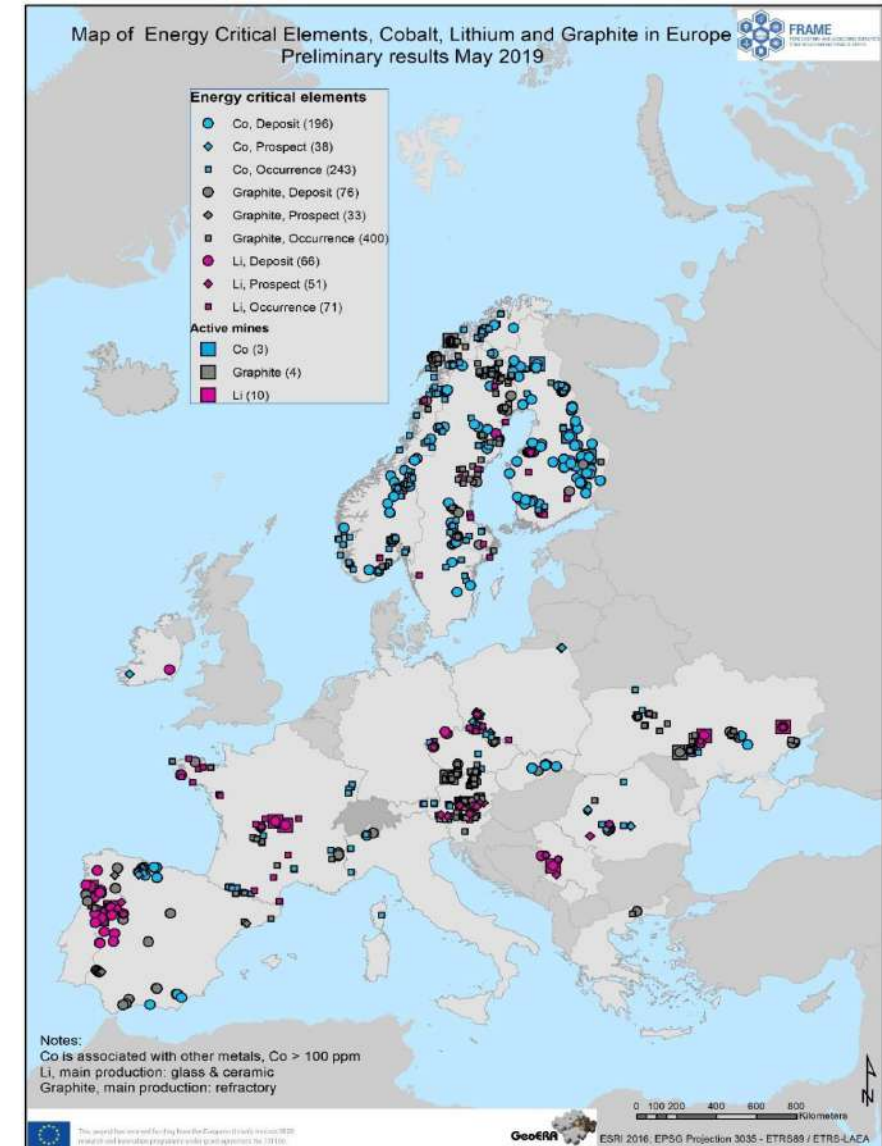
Les gisements potentiels de métaux pour
l'électromobilité (batteries) et énergies renouvelables
Graphite/Lithium/Cobalt/Cuivre

L'autre gisement potentiel : le recyclage

40 % seulement sur les DEEE

100 millions de téléphones dans les tiroirs français

	Eau (M ³ /tonne)	
	Déchets	Minerai
Aluminium	12-16	50-600
Cuivre	15	40-200
Zinc	20	75-100
Nickel	20	60-320
Cobalt	30-100	40-2000
Terres rares	250-1250	1275-1800



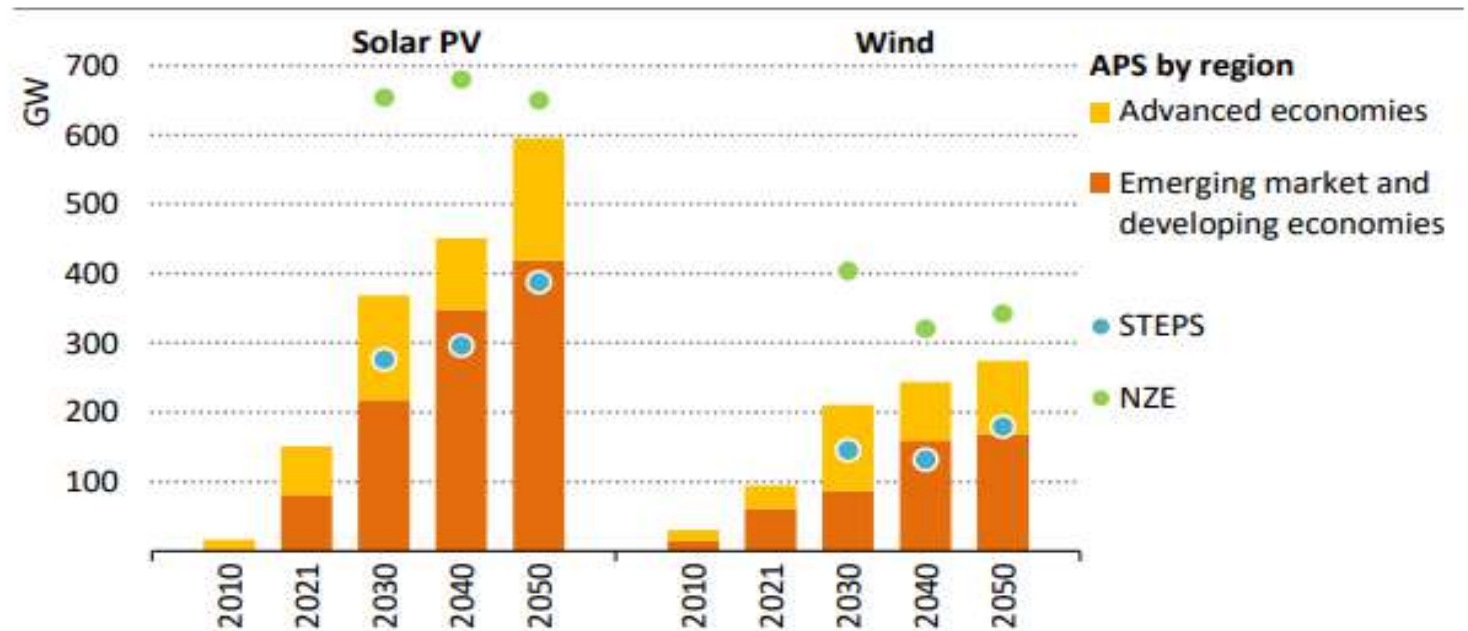
EnR : et la suite ? Brillante ...pour le solaire si stabilisation des réseaux électriques sans black-out (**production=consommation**)

2010-2021: un saut quantique dans les installations d'EnR mondiales
Passées de 120 à 340 GW (soit 200 centrales atomiques)

Pour le moment : une affaire essentiellement chinoise !
Et solaire ! mais la France aussi!

Le solaire chinois c'est 50 % du solaire mondial

Figure 2.15 ▶ Annual capacity additions of solar PV and wind by scenario, 2010-2050

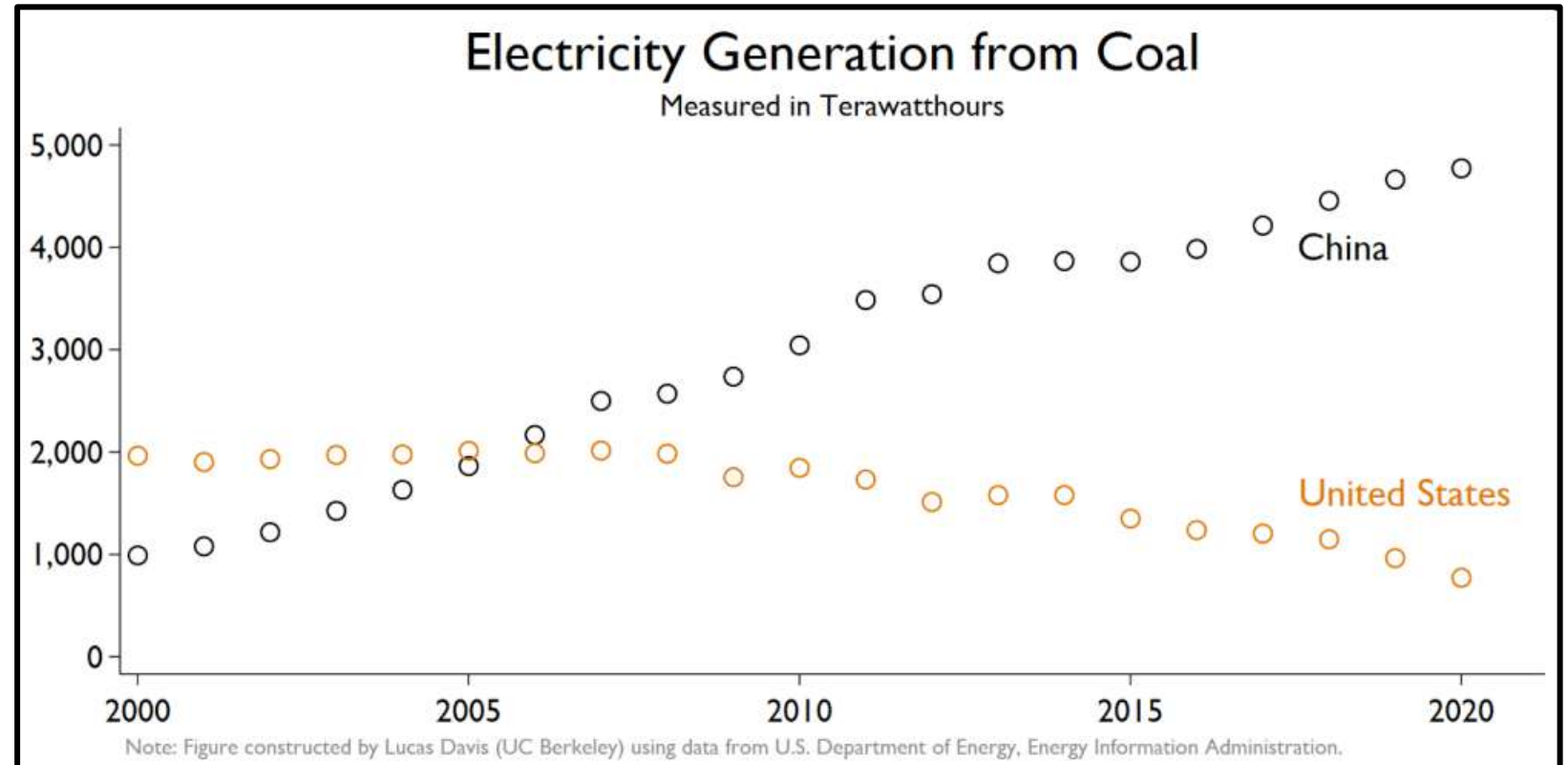


IEA. CC BY 4.0.

Solar PV and wind capacity additions more than double to 2030 in the APS to replace unabated coal and meet rising electricity demand

Oui à la fée électricité ! Mais regarder ce qu'il y a derrière !

*Pour son électricité la Chine construit une usine électrique à charbon **chaque semaine** et chacune aura une **durée de vie de...35 ans !***
Les USA sortent du charbon** (au profit du gaz) **en avance sur leur proposition



Oui à l'électricité renouvelable ? Regarder ce qu'il y a derrière

Une éolienne de moyenne importance (2 MW) :

1000 T de béton, associées à 600 T de CO₂

300 T d'acier associées à 600 T de CO₂

25 T de pétrole (plastiques, composites)

10 T de cuivre

et tant d'autres métaux !



L'empreinte surfacique ; la seconde question à résoudre des EnR

Type Energie	Puissance en kW/m2	Production annuelle kWh/m2/an
Nucléaire	2	12800
Gaz	3	14000
Hydro	0,1	240
Solaire	0,1	150
Eolien	0,1	250

Comment arbitrer /optimiser ?
Augmenter la puissance et l'efficacité mais
Utiliser les friches industrielles et les toits
Favoriser l'offshore pour l'éolien ?

L'énergie électrique nucléaire (fission)

10 % de l'électricité **mondiale**-
33 pays- **436 centrales**

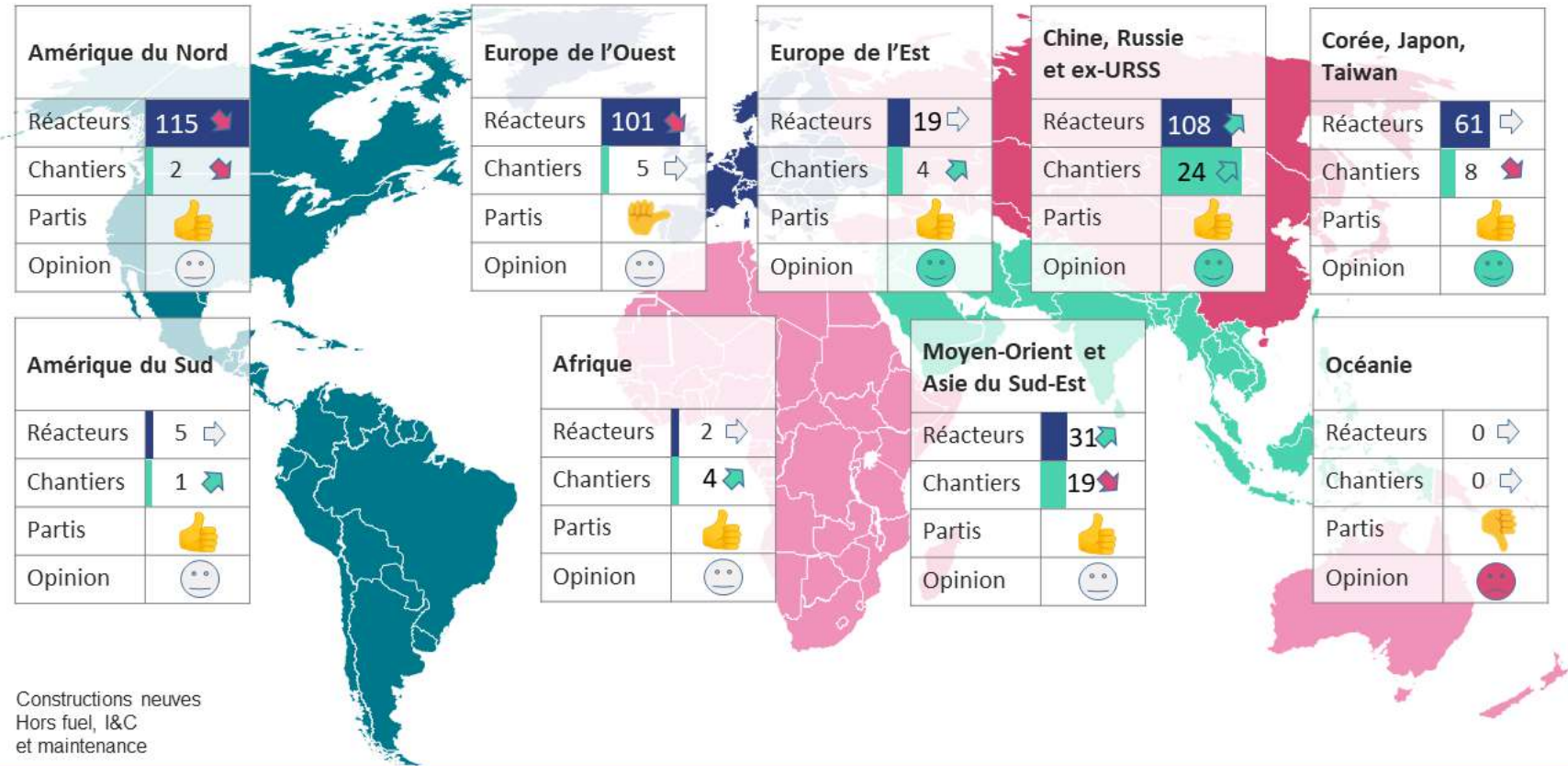
Arrêt depuis Fukushima
(2011) mais en forte reprise
depuis 2020 :

-57 centrales en construction
dont 16 en Chine

-130 centrales en phase
d'études

La voie nouvelle des SMR
(small modular reactors) de
100 à 300 MW de type RNR
(Réacteur à neutrons rapides):

Extension du marché,
réduction des coûts,
réduction forte des déchets
qui deviennent combustibles !



La géothermie : ubiquiste ; l'oubliée de la TE !

1-Très basse température

Moins de 200 m et de 20 °C-

Conduction-

Boucles fermées (ouvertes)

Pompes à chaleur

Potentiel France: 100 TWh/y

2-Basse à moyenne température

Moins de 3000 m et 90 °C-

Convection- Aquifères

Boucles ouvertes (ou fermées)

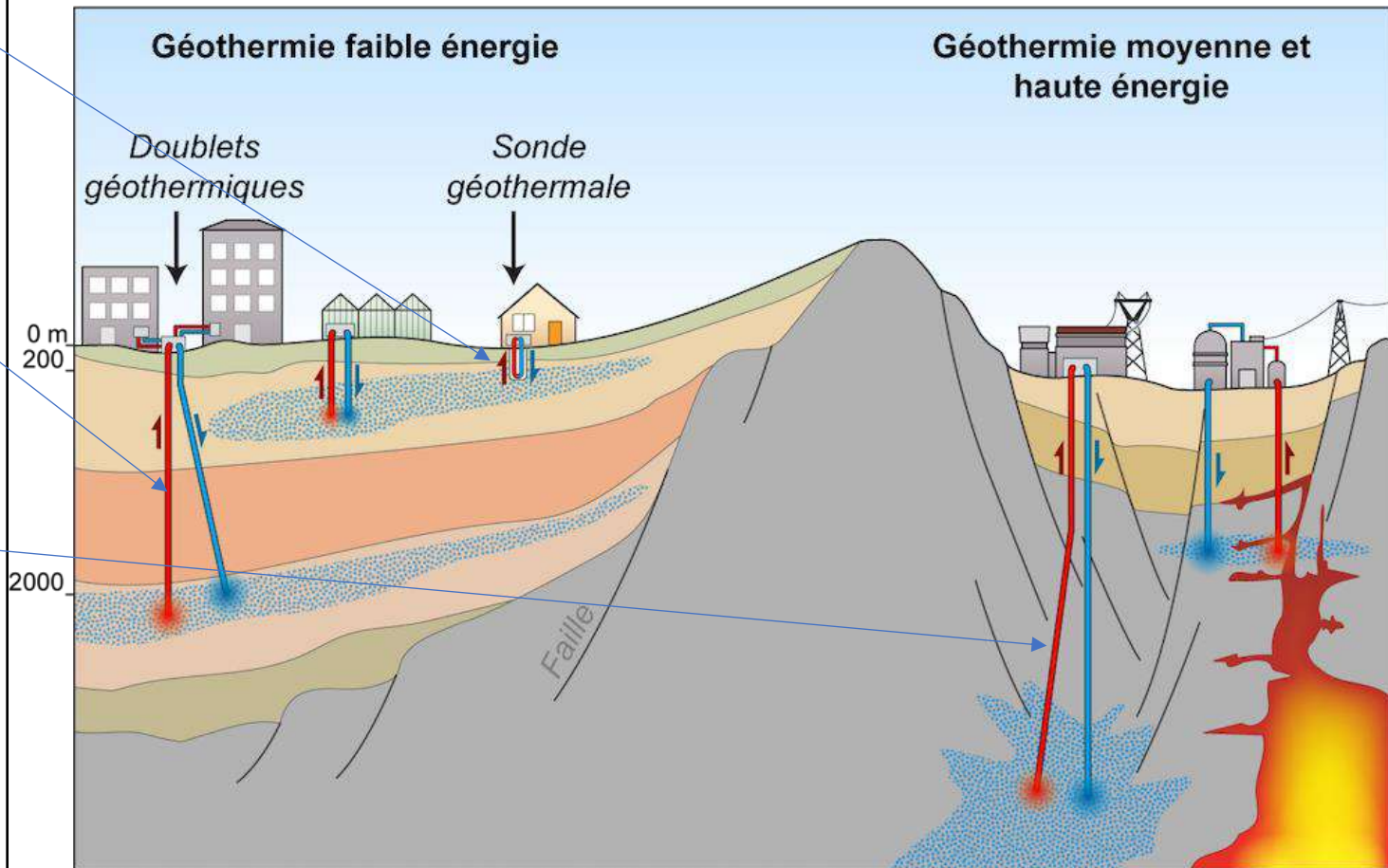
3-Haute ou TH température

Plus de 100 °C- vapeur ou liquide,

Chaleur ou électricité

Généralement très profond sauf zones tectoniques actives

(Volcaniques)



L'hydrogène : mode d'emploi :



En 1874, Jules Vernes prédisait dans son roman L'Île mystérieuse, « que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisés isolément ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisables et d'une intensité que la houille ne saurait avoir »,

Aujourd'hui 95 % de l'hydrogène gris est fait par vapo-réformage du méthane ou du charbon

$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{CO}_2$ pour une tonne d'Hydrogène ; 11 t de CO_2 ! C'est 95 % de la production mondiale

Demain: l'hydrogène vert l'électrolyse de l'eau ?

$\text{H}_2\text{O} = \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2$ c'est énormément d'électricité (500 MWh pour 10 t) et beaucoup d'eau (9t pour 1t)

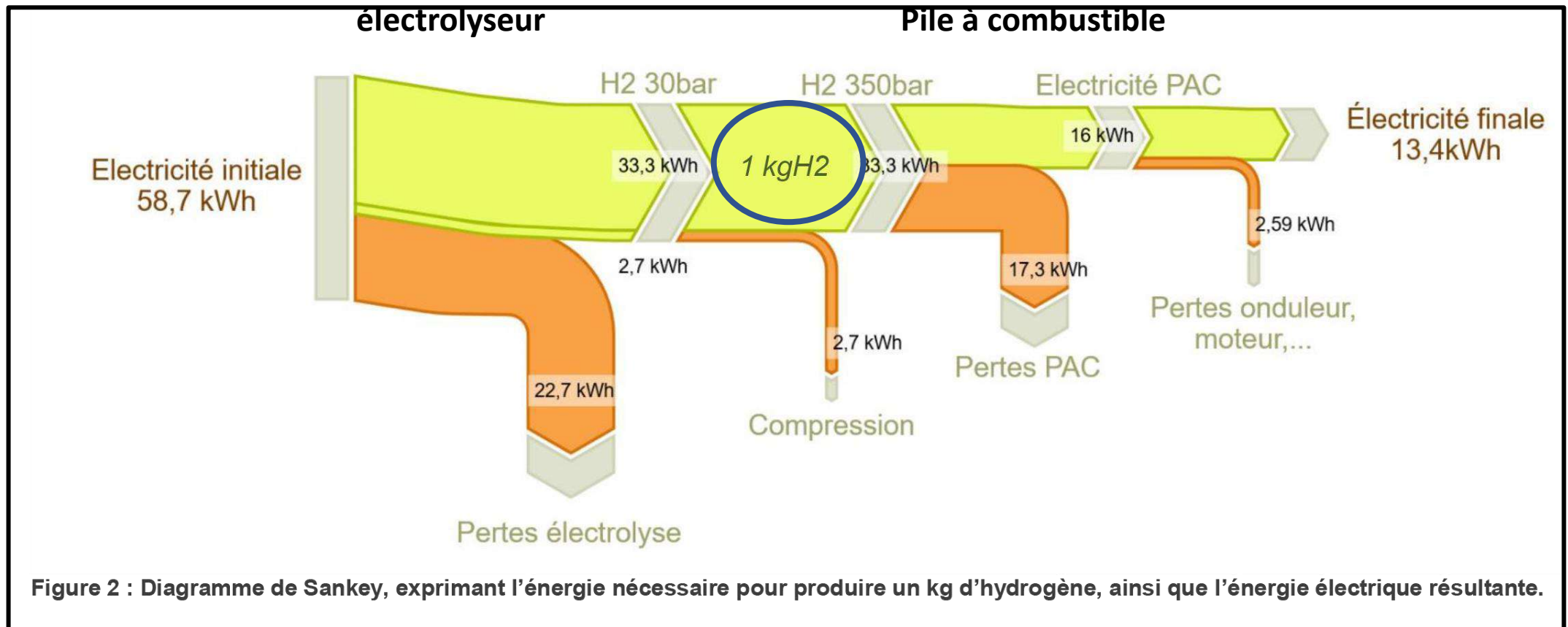
puis PAC (Pile A Combustible) pour retransformer l' H_2 en ...électricité ;

H_2 est un moyen de stockage lorsque la production d'électricité intermittente dépasse la consommation et là où l'eau abondante,

Après demain , l'hydrogène naturel géologique dit blanc ? une nouvelle économie encore dans les limbes :

prochaine conférence CPIE-Côte Basque: 11 octobre 2025

Le mauvais rendement de l'électromobilité avec hydrogène et pile à combustible...



Plan de la présentation

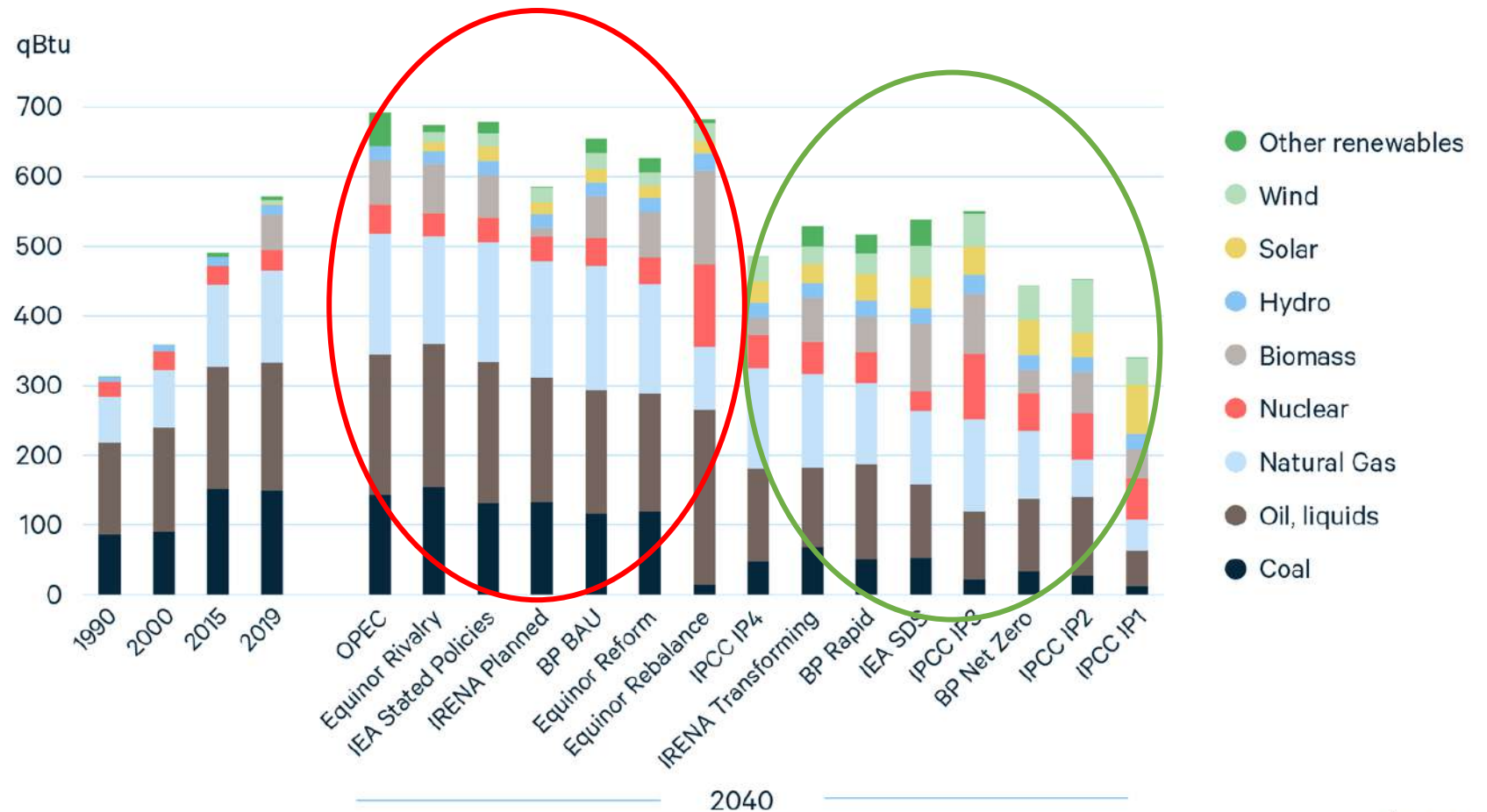
- 1- Les énergies et leur évolution au XXI ème siècle
- 2 - L'emprise du pétrole sur l'économie globale et comment évolue l'industrie pétrolière ?
- 3- Comment aller vers le monde énergétique d'après , sans pétrole ?
- 4- Conclusions : quels chemins pour la TE : est-ce possible ?

Le monde énergétique de demain

De très nombreux scénarios !

50/50 avec des consommations **supérieures** (=proportionnelles à la population) dominées par les fossiles ou ...**inférieures** (sobriété) dominées par le nuk + EnR

Plutôt diminution des fossiles
Forte augmentation nucléaire



Quadrillion de Btu = +/- 1 Exajoule

Le chemin vers le Net Zero

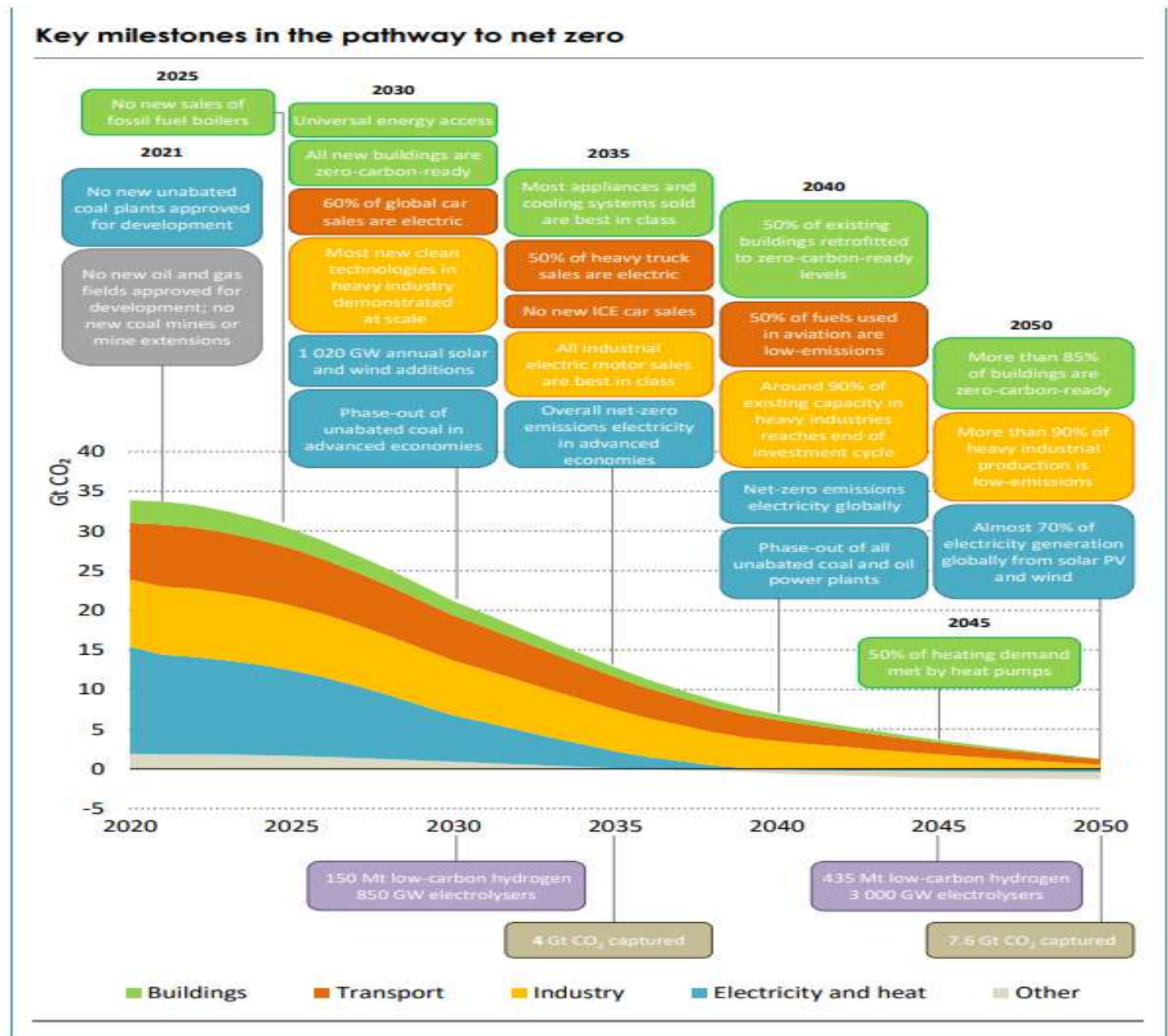
Objectif mondial : Net zero
Emissions en 2050 permettant de

1-limiter la hausse des températures en 2100 à 1,5°C-2°C

2-d'avoir un accès universel à une énergie bon marché

La quadrature du cercle ?
Tout en même temps ?

D'après Agence Internationale de l'Energie



Les problèmes du Net zero : les réseaux électriques, la prévision de consommation et le stockage de l'énergie (STEP, AGES, Batteries)

Alerte de l'AIE octobre 2023:

- 1500 GW de capacités d'énergies renouvelables non connectées aux réseaux mondiaux fin 2022 soit 5 ans (2022) la capacité installée annuelle et soit 25 fois la totalité du parc nucléaire français...
- Rénover et/ou construire 80 Millions de km de réseau électrique en 10 ans !
C'est-à-dire la longueur du réseau mondial actuel
- Investissements : 600 G euros/an jusqu'en 2030
- Sinon : 60 GT d'émissions de GES supplémentaires entre 2030 et 2050

Conclusions : La Transition énergétique

LONGUE, CHAOTIQUE, DIFFICILE, CHERE, DOULOUREUSE oui

Car 82 % de l'énergie mondiale vient des fossiles

- 1- la démographie mondiale augmente (de 8 à 10 milliards en 2050/2060)
- 2- une ampleur et une vitesse inégalées : 4 à 5 % du PIB mondial/an pendant 30 ans

1-La précédente transition mondiale (bois +traction animale+ renouvelables) vers les énergies fossiles (charbon +pétrole) s'est faite en 150 ans...avec 1 à 2 milliards d'humains

2-Appauvrissement à court terme certain : emplois inadaptés, inflation, taxes, dévalorisation du capital investi (humain et équipement) , compétitions/guerres ?

3-Opinions publiques mondiales, surtout celles du « Sud » de + en + méfiantes envers les autorités (politiques , techniques, scientifiques) : multiplication de promesses, d'incohérences, de retards et surtout de contraintes sur leur croissance

TRILEMME : Soutenable-Accessible-Bon marché

Réduire les émissions - Sécuriser l'accès (risques géopolitiques sur métaux) - Réduire les coûts de l'énergie,

**mais les coûts de la TE sont inférieurs à ceux de
l'inaction (4% PIB/a contre 8 %)**

Conclusions : la Transition énergétique

POSSIBLE, FAISABLE et EN MARCHÉ mais à AMPLIFIER

Inflexions évidentes des émissions de CO₂ et de CH₄ : plusieurs milliards de T évitées :

18 pays ont eu une baisse d'émissions depuis 2000 : série de petites diminutions mais aussi des résultats significatifs (75 % des émissions liées au chauffage dans les pays... nordiques grâce aux PACs !)

Inflexions fortes et évidentes des politiques publiques : IRA (USA) : subventions ou FFF55 (EU): taxes d'entrée et financements considérables (100 aines de Milliards) pour la transition vers le NZE

Développement accéléré du ... solaire : 320 GW installés en 2023 (+30 %par / 2022) grâce aux techno nouvelles : couches minces Si, antireflets/Solar trackers/miniaturisation électronique = - de Si, Ag, Ga, Cu

Les conditions :

1- Penser mix énergétique et sa diversification géographique

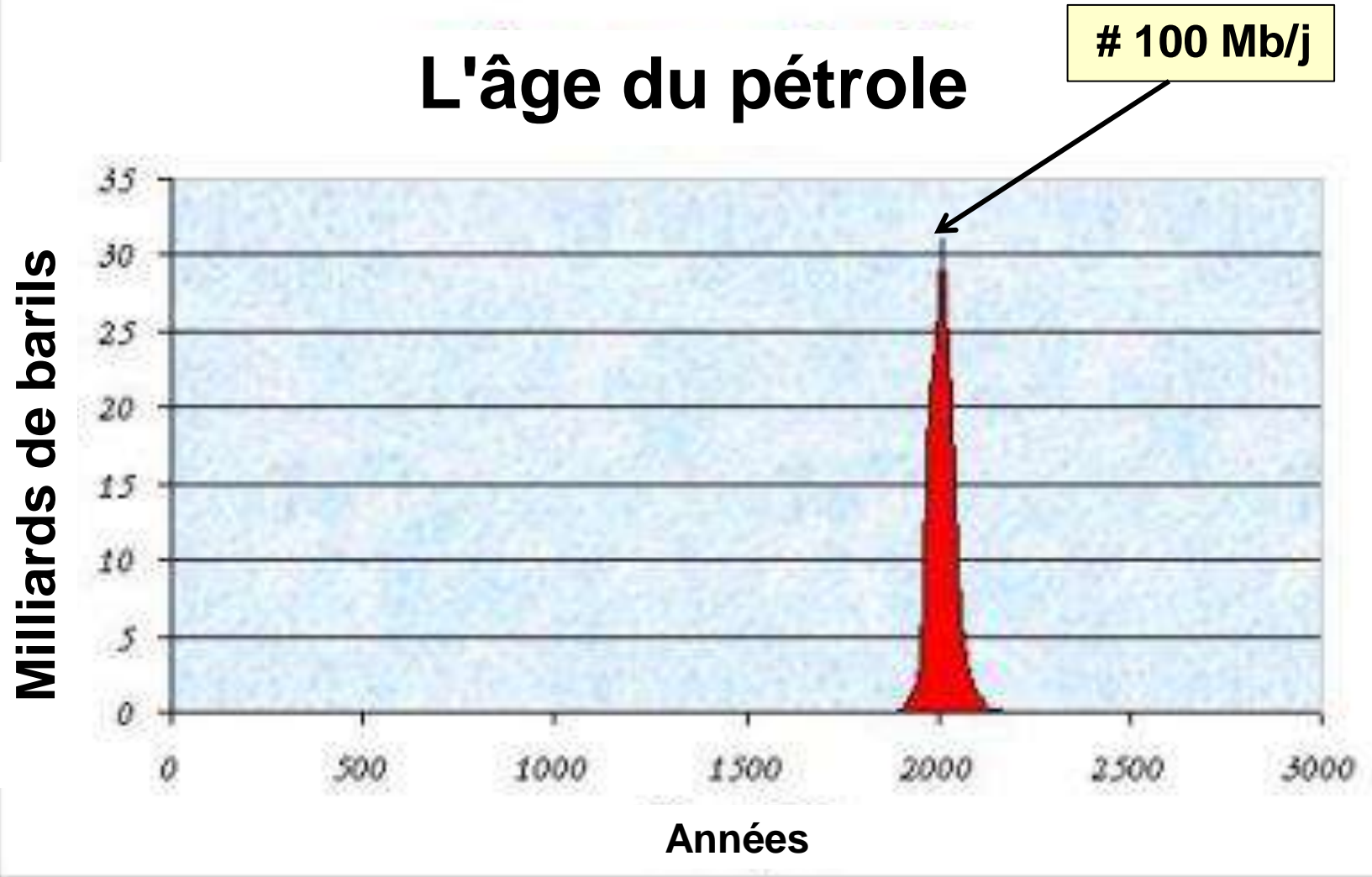
2-Ne pas détruire la vieille économie (Fossiles) mais la mettre au service des énergies nouvelles

3-Assurer le développement (à pas de géants)de la colonne vertébrale de la TE : le réseau électrique et de ses vertèbres : les stockages .

4-Assurer le développement de mines métalliques partout (stop au NIMBY)

5-Essayer la sobriété/décroissance : « moins acheter et non pas mieux jeter »

L'âge du pétrole



1baril de pétrole (b) = 159 litres
1b/j # 50 t/an

Références /pour aller plus loin...

Babusiaux Denis, Bauquis Pierre-René – 2017-Quelles reserves, quelles productions, et à quel prix ? Dunod Edition-

Biteau Jean-Jacques, Baudin François-2017- Géologie du pétrole- Dunod Edition-

IEA-2025-Annual Report : <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/key-findings#abstract>

IFPEN-2022- <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective>

Jancovi Jean-Marc - 2018- : <https://jancovici.com/transition-energetique/l-energie-et-nous/lenergie-de-quoi-sagit-il-exactement/>

Knoll Andrew -2021 : Une brève histoire de la Terre- Edition/ Les liens qui libèrent,

Laherrere Jean , Charles A.S. Hall , Roger Bentley , 2022- How much oil remains for the world to produce? Comparing assessment methods, and separating fact from fiction. Current Research in Environmental Sustainability

Smil Vaclav-2022 : Comment marche vraiment le monde ? Editions Cassini,

Sovacool Benjamin -2015-How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions- Energy Research and Social Sciences-

Pitron Guillaume- 2018- La guerre des métaux rares- Edition : Les liens qui libèrent-

Mila esker

Muchas gracias

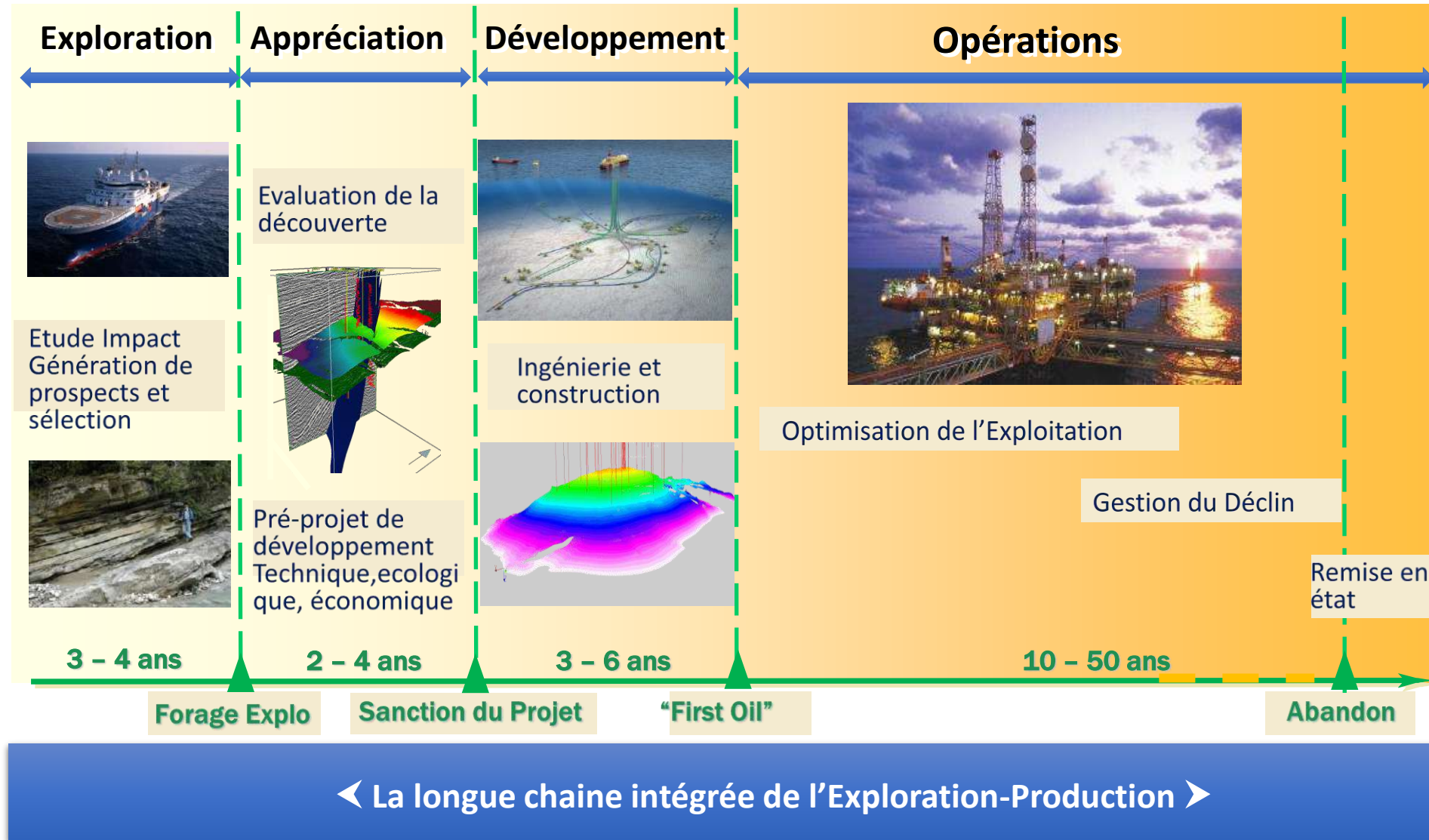
Merci beaucoup

pour votre attention



Back-up slides

Comment extraire du pétrole ?

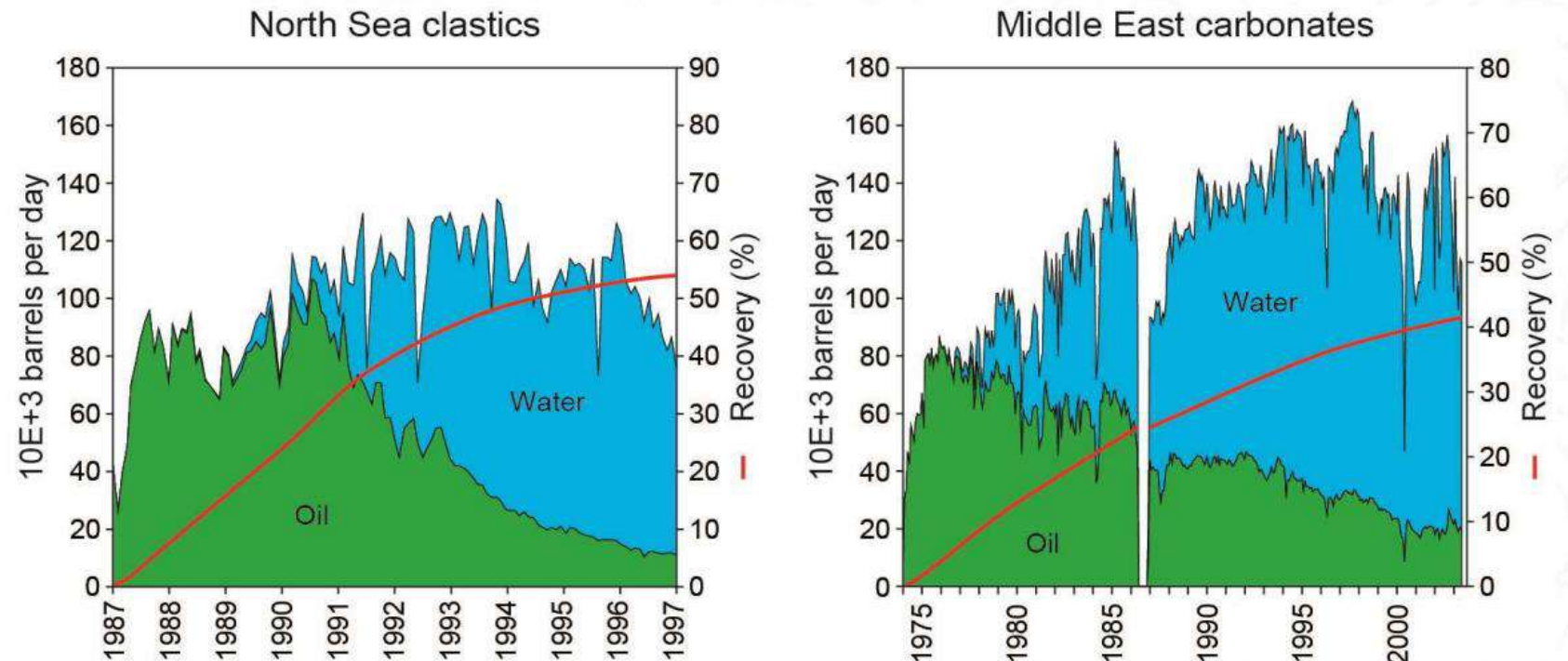


Produire du pétrole c'est très rapidement produire de l'eau (salée et chaude)

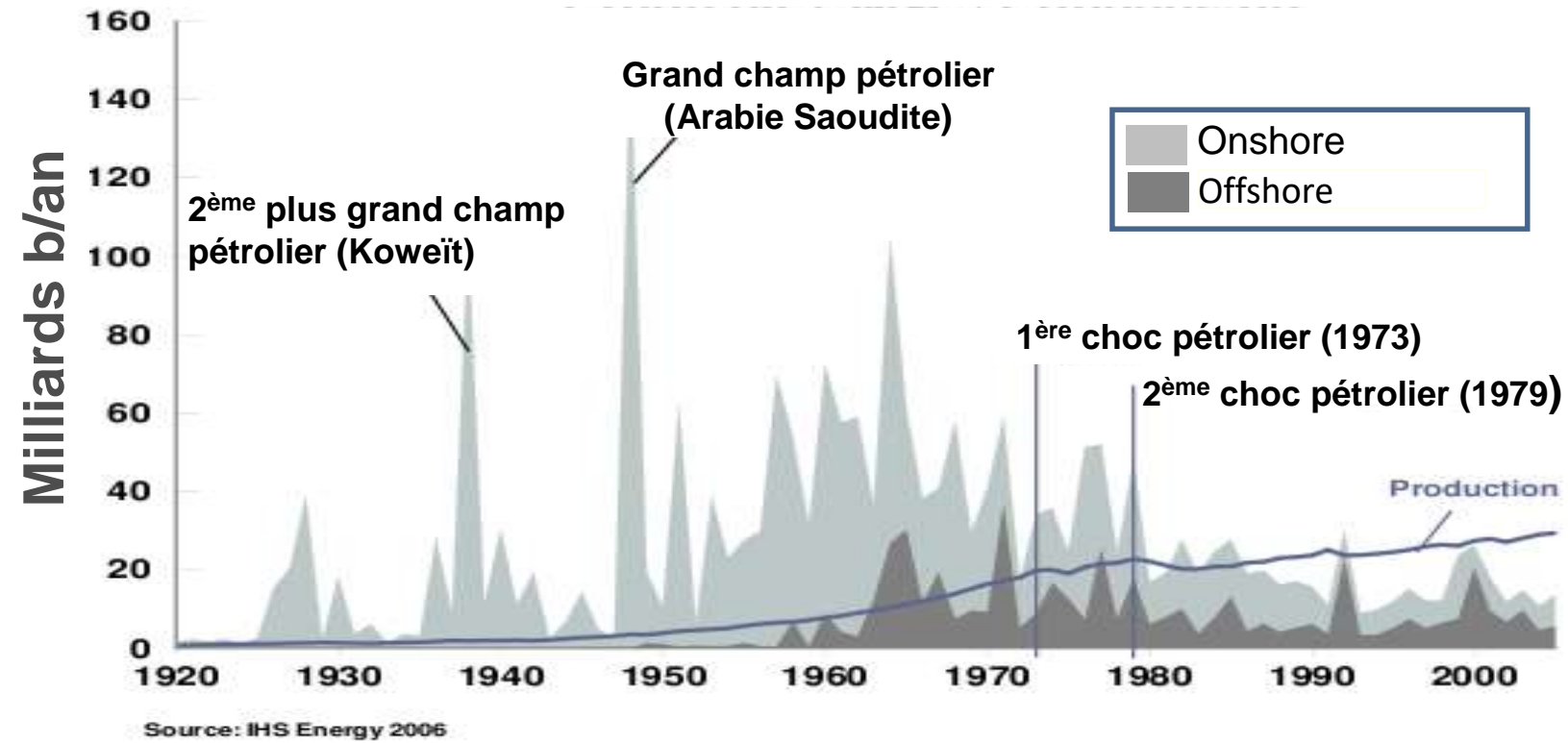
Exemple de champs pétroliers typiques:

- 1-réservoir gréseux offshore
- 2-réservoir carbonaté onshore

Oil Production World Profiles



DECOUVERTES ET PRODUCTION MONDIALES D'HYDROCARBURES



Offshore

◀ Historique des découvertes d'hydrocarbures ▶

Les réserves d'hydrocarbures : définitions et incertitudes associées

Les compagnies et instituts pétroliers ont pris la règle suivante :

Les réserves dites prouvées : 90 % de chances d'être **produites** aux conditions économiques et techniques actuelles et court terme

Analogie : poisson est pris et dans votre panier

Les réserves dites probables : 50 % de chances d'être produites aux conditions techniques et économiques court-moyen terme , qu'on peut estimer raisonnablement

Analogie ; poisson est pris ,au bout de la ligne...

Les réserves dites possibles : 10 % de chances d'être produites si les conditions s'améliorent ,,,

Analogie : je vois sauter du poisson dans la rivière mais je n'ai pas de ligne

Les ressources : pas encore découvertes/trouvées/vues

Analogie : pour trouver du poisson (sans idée de leur nombre, taille, espèce) , je vais au bord d'une rivière

Les réserves de pétrole – (OPEP et ASPO, 2022)

ASPO : Réserves
(récupérables) 2P =
Prouvées + Probables
= Conv
= **800 Gb**

Très différentes des
réserves 1P annoncées par
l'OPEP, BP Outlook, OGJ,
AIE...
= **1800 Gb**

