

ECOLE NATIONALE DES INGÉNIEURS
DE LA VILLE ABDELMAJID MEZIANE

E.N.I.V

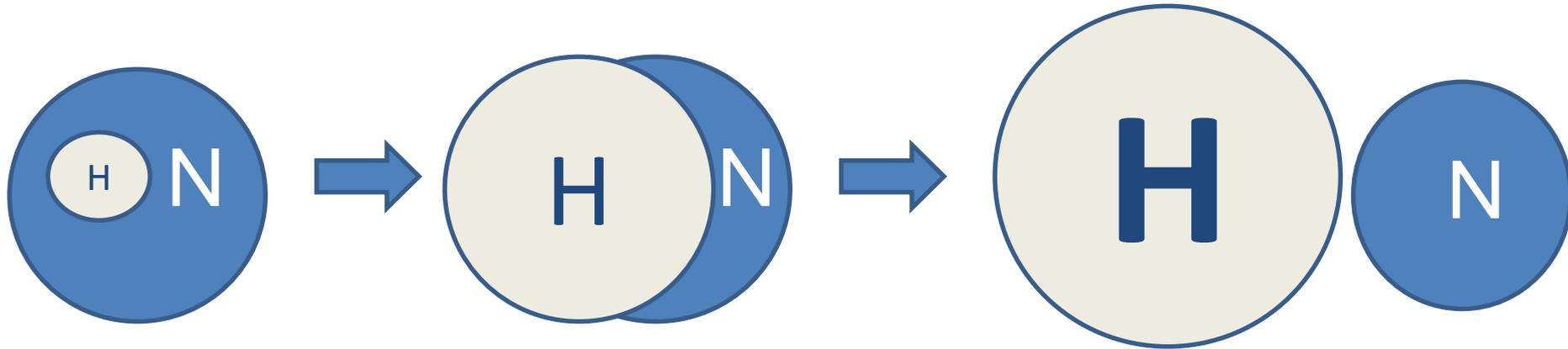
INITIATION À L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE



SOMMAIRE

- Introduction
- Définitions et notions sur l'efficacité énergétique.
- Production d'énergie.
- EXEMPLE : Comment produit on l'énergie électrique à partir du charbon, du pétrole ou du gaz naturel?
- Terminologie
- Comment faire face à la demande croissante d'énergie ?
- Conclusion

T e m p s



Evolution schématique des
relations homme-nature
au cours des temps historiques



- La ville est avant tout un espace, un ensemble qui s'insère dans un milieu. Aussi, l'emplacement d'une ville peut s'expliquer par une caractéristique géographique ou environnementale particulière, telle que la présence d'un fleuve ou d'une mer, pour le commerce ou le tourisme.
- La réduction de la pollution se fait essentiellement par la réduction des émissions polluantes dans la ville; par l'amélioration des transports dans la ville par exemple (réseaux, transports en commun, carburants, etc.). Ainsi, « la politique globale des transports prévoit le développement des modes de transports individuels et collectifs, en prenant en compte la protection de l'environnement, la limitation de la consommation des espaces agricoles et naturels, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la sécurité; la réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants

DÉFINITIONS

Efficacité énergétique (energy efficiency) :

Minimisation de la consommation d'énergie pour assurer un **service**

Objectifs économiques, sociaux et environnementaux.

Exemples de **services** : - déplacement en kilomètres - éclairage en lumens (lux.m²) - chauffage : m² à une certaine température... Exemples de convertisseurs : - moteur (électrique, thermique...) - lampe - chaudière...

Rendement énergétique (energy conversion efficiency) : Rapport de l'énergie « utile » (ou « produite » par un **convertisseur** d'énergie) sur l'énergie « absorbée » (ou « consommée »)

Exemples de convertisseurs: moteur (électrique, thermique...), Lampe, chaudière...

Du rendement à l'efficacité énergétique :

Pour assurer un service, il y a nécessairement des transformations donc une dépense d'énergie,

Dans la plupart des cas, nos services « consomment » de l' « **énergie finale** » (directement consommable) elle-même « produite » à partir de « **ressources primaires** »,

D'où les dénominations de « **producteurs** » d'énergie et de « **consommateurs** » d'énergie finale.

Mais, dans tous les cas, on a à faire à des **transformations** énergétiques.

Cependant, il est pertinent de distinguer l'**efficacité** de :

- de la **production d'énergie finale** à partir de ressources primaires.
- de la **consommation d'énergie finale** pour la transformer en service.

Notions caractérisant les performances d'une filière énergétique depuis l'amont (énergie primaire) jusqu'à l'aval (énergie utile).

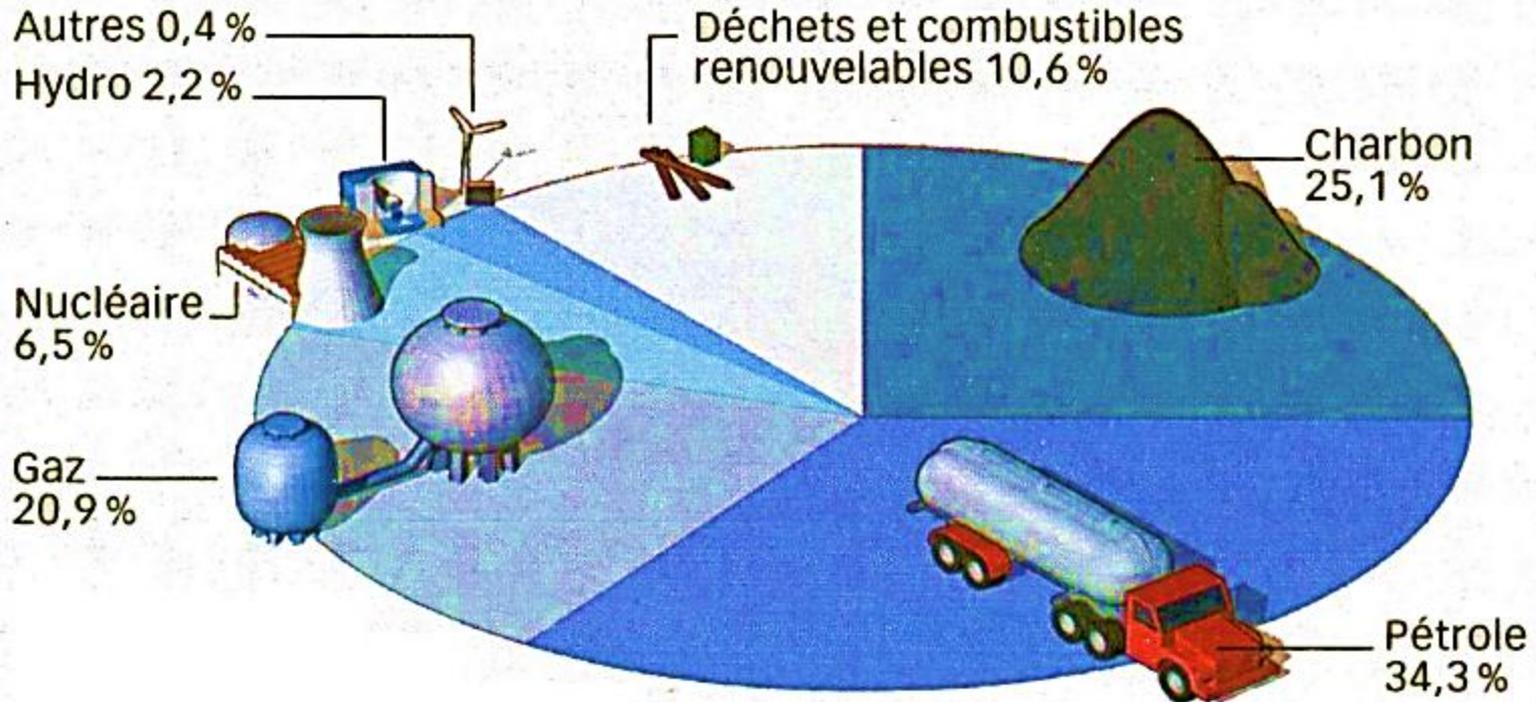
Energie primaire : énergie brute, c'est-à-dire à la source et non transformée (houille, lignite, pétrole brut, gaz naturel, électricité d'origine hydraulique ou nucléaire); ce critère sert à mesurer le taux d'indépendance énergétique national ;

Energie finale (ou disponible chez l'utilisateur) : énergie qui se présente sous une forme « raffinée » pour sa consommation finale (essence à la pompe, fioul ou gaz « entrée chaudière », électricité aux bornes de l'appareil...) ; la consommation thermique finale est donnée avec ou sans correction du climat ;

Energie utile : énergie dont dispose effectivement l'utilisateur après la dernière conversion par ses propres appareils (rendement global d'exploitation).

Aujourd'hui : Production d'énergie primaire dans le monde

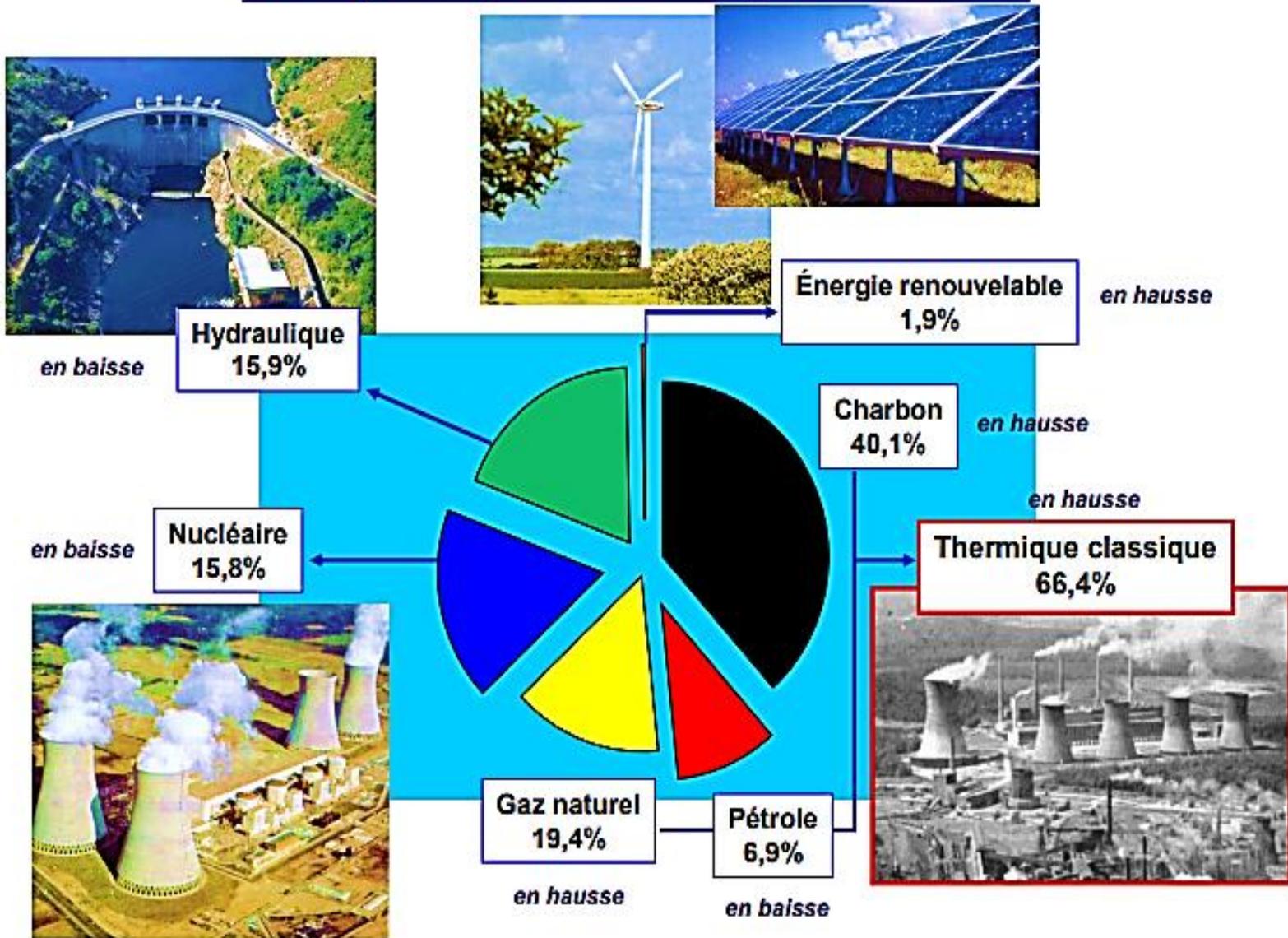
Les différentes sources d'énergie



Les énergies fossiles représentent 80,3% , l'énergie nucléaire 6,5% et les énergies « renouvelables » 13,2% (1 TEP = 11 600 kWh ~42 GJ).

La production d'énergie primaire dans le monde a plus que doublé entre 1973 et 2022.

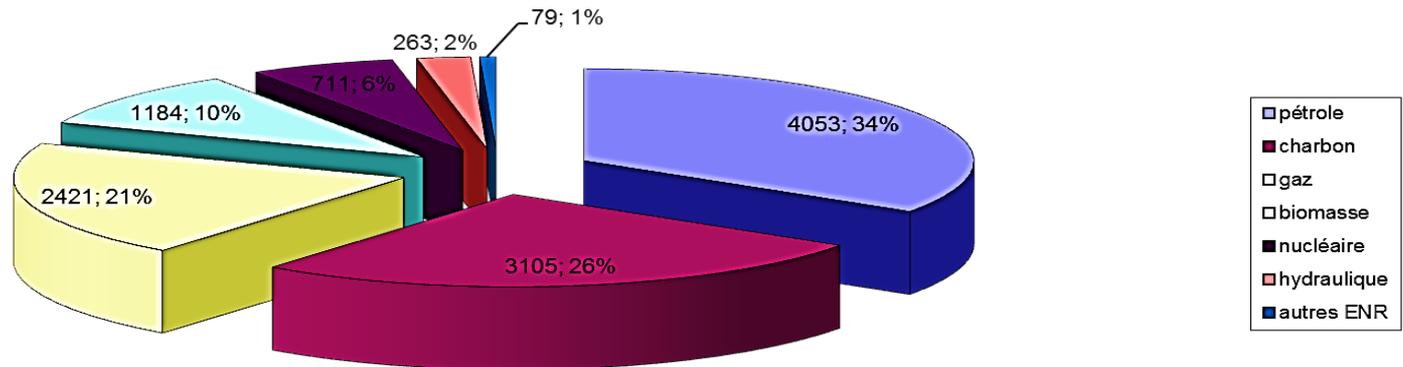
Les moyens de production électrique dans le monde



Une consommation à 80% fossile

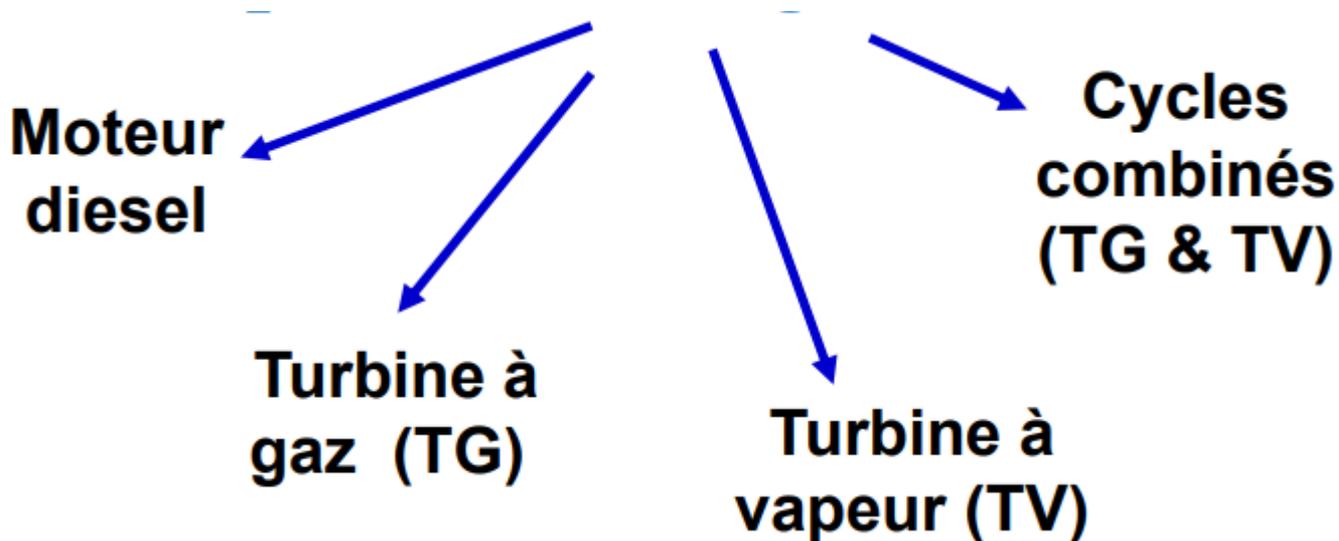
- (AIE / IEA 2008)

Consommation mondiale d'énergie primaire en 2006 d'après WEO 2008
en Mtep



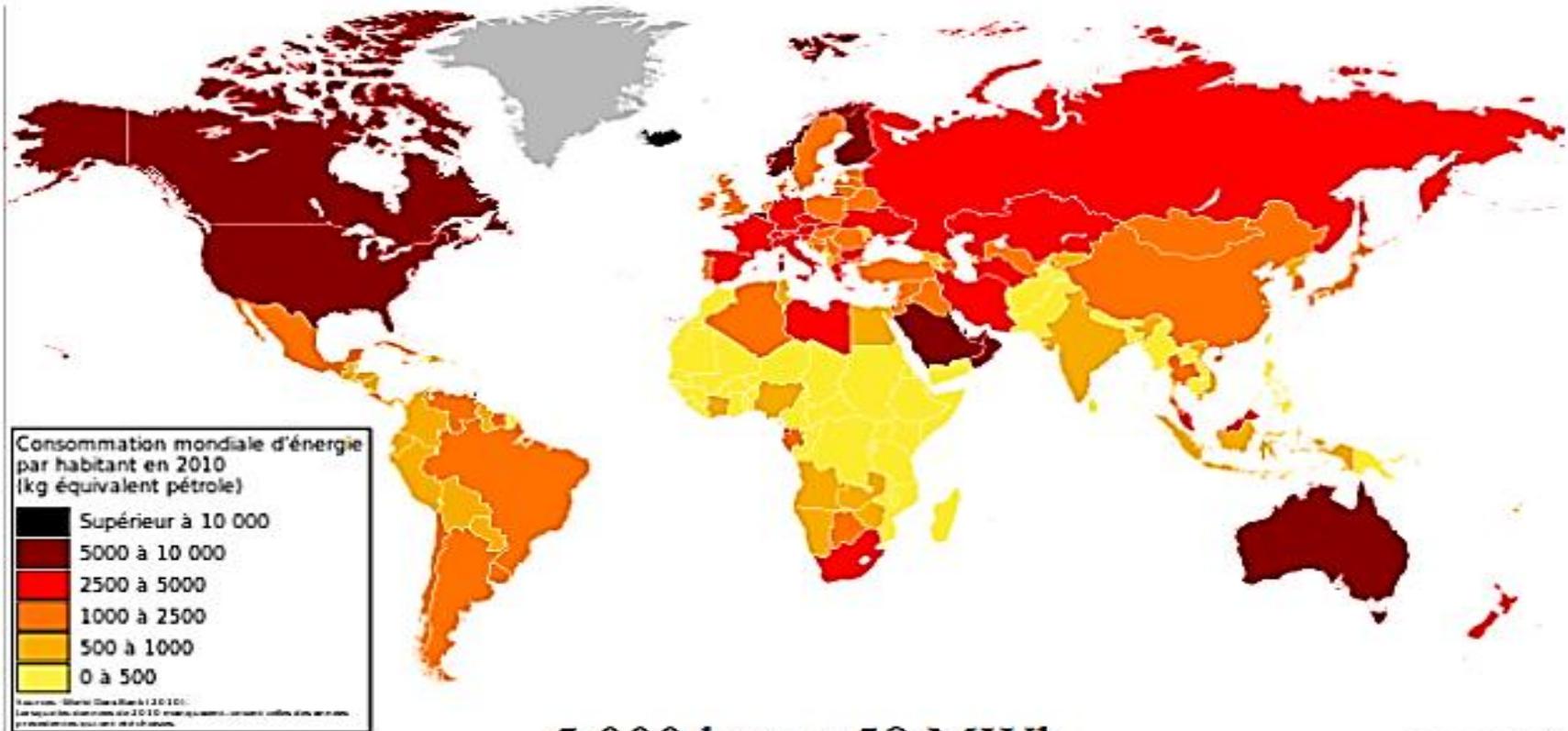
Total = 12 Gtep soit 1,8 tep/an/terrien en moyenne

EXEMPLE : Comment produit-on l'énergie électrique à partir du charbon, du pétrole ou du gaz naturel?



La consommation d'énergie aujourd'hui

Qui consomme (dans le monde) ?



5 000 kep = 58 MWh

1kep~1 litre de carburant

On constate une très forte disparité entre les continents...

Consommation mondiale d'énergie primaire en 2006
≈ 11. GTep = 127.6 x 10¹² kWh

Population mondiale en 2006 ≈ 6.56 milliards

Consommation mondiale d'énergie primaire par personne
en 2006 ≈ 6.56 x 10⁹

127.6 x 10¹² kWh / 6.56 x 10⁹ ≈ 17.5 10³ kWh/an
ou 1.5 Tep/an

Source: International Energy Annual 2006
<http://www.eia.doe.gov/iea/>

La question des économies d'énergie

- **1 litre pétrole** = 25000 heures de travail d'un homme en puissance musculaire.
- **P**our faire 10 km tiré par un vélo on payerai seulement 0.2 €. C'est que cela nous coûte en essence!!!!

Des défis ...

Faire face à la demande croissante d'énergie en gérant les ressources énergétiques existantes ou nouvelles et en respectant l'environnement.

Des questions sérieuses ...

Des économies d'énergie sont-elles possibles ?

Réserve des énergies fossiles ?

L'avenir des énergies renouvelables ?

Le charbon : énergie de l'avenir ?

La renaissance de l'énergie nucléaire ?

Les gaz à effet de serre, que faire du CO₂ ?

ENERGIE **les solutions**

Diversifier les ressources en combustible

- Fissile (nucléaire) / question du retraitement, nouveaux réacteurs (HTR...)
- Fossile (pétrole, gaz, charbon, carburants de synthèse)
- Biomasse, biogaz, biocarburants
- Hydrogène

Développer les énergies renouvelables

- Champs éolien, hydrolien
- Solaire thermique et photovoltaïque

Réviser les grandes filières industrielles et développer de nouvelles filières

- Réduire la consommation énergétique
- S'adapter à de nouveaux vecteurs énergétiques

Augmenter l'efficacité énergétique

- Habitat
- Transport
- Industrie

ENVIRONNEMENT A préserver

Contraintes sur les émissions de gaz

- Limitation des gaz à effet de serre CO₂, CH₄
Réchauffement climatique
- Limitation des Composés Organiques Volatils (COV) *Santé publique*
- Elimination des poussières *Santé publique*

Contraintes sur les effluents liquides

- Traitement des eaux usées
- Potabilisation, alimentation en eau

Contraintes sur les déchets

- Dangerosité et quantité



Déconstruction, tri, valorisation
énergétique et matière

TERMINOLOGIE

Puissance et énergie

La **puissance P**,
c'est le débit de la conversion **d'énergie E** = P.t/ 1kWh= 3600 kJ

P en watts (W) et **E en joules (J)** **t en secondes (s)**
en kilowatts (kW) et **en kilowattheures (kWh)** -- **en heures (h)**

La puissance est donc une caractéristique du convertisseur d'énergie :
un **brûleur** de 20 kW peut transformer un **combustible** en **chaleur** deux fois plus vite qu'un brûleur de 10 kW. (1kWh=860 kcalorie)

Un moteur électrique de 20 kW peut transformer de **l'électricité** en **travail mécanique** deux fois plus vite qu'un moteur de 10 kW... Vouloir réaliser plus vite des services énergétiques conduit à des convertisseurs plus gros, plus chers et nécessitant plus de matières premières et d'énergie grise.

- **L**a Terre s'est globalement réchauffée de **0,56** à **0,92°** entre 1906 et 2005
- **S**ur l'ensemble de la planète, le niveau moyen de la mer s'est élevé de 1,8 mm/an depuis 1961 et de 3,1 mm/an depuis 1993.
- **M**esurée depuis 1978 l'étendue annuelle moyenne des glaces a diminué de 2,7 % par décennie dans l'océan Arctique, avec un recul plus marqué en été (7,4 %).

.....**Réchauffement**

Impacts du réchauffement

Les observations effectuées sur tous les continents et dans la plupart des océans montrent qu'une multitude de systèmes naturels sont touchés par les changements climatiques régionaux, en particulier par la hausse des températures.

Impacts du réchauffement

- **60%** des services d'origine écosystémique étudiés sont en cours de dégradation
- **L**a probabilité d'apparition de changements non linéaires est augmentée par ces dégradations
- **L**es effets néfastes frappent en priorité les pauvres.
- **C**hangements dans le manteau neigeux, les glaces et le gélisol : multiplication et extension des lacs glaciaires, une instabilité accrue des sols dans les régions montagneuses et d'autres zones à pergélisol ...
- **C**ertains systèmes hydrologiques ont été perturbés par l'intensification du ruissellement et la précocité des crues.
- **D**ans les écosystèmes terrestres, le caractère hâtif des phénomènes printaniers et la migration d'espèces animales et végétales vers les pôles et vers les hauteurs sont associés au réchauffement récent avec un degré de confiance très élevé.

Impacts du réchauffement

Dans certains écosystèmes marins et d'eau douce, le déplacement des aires de répartition et les variations du degré d'abondance des algues, du plancton et des poissons sont liés à la hausse de la température de l'eau ainsi qu'aux modifications de la couche de glace, de la salinité, de la teneur en oxygène et de la circulation de l'eau.

.....**effet de serre**

Effet de serre

- Les émissions mondiales de GES imputables aux activités humaines ont augmenté depuis l'époque préindustrielle; la hausse a été de plus **70 %** entre 1970 et 2020.
- L'essentiel de l'élévation de la température moyenne observée depuis le milieu du XXe siècle est *très probablement* attribuable à la hausse des concentrations de GES anthropiques.

.....Stratégies insuffisantes et impuissantes ???

Tonne d'Équivalent Pétrole (TEP)

Equivalences en tonne d'équivalent pétrole (tep) des différentes énergies selon l'[Agence internationale de l'énergie](#), 1 tep équivaut à :

- 41,868 GJ, soit exactement 10 Gcal on prend couramment 42 GJ;
- 39,68 MBtu ; (1 Btu \approx 1055 J)/ Btu: British thermal unit.
- 11 630 kWh ;
- 1,43 tonne équivalent charbon.

N.B : l'énergie électrique lorsqu'on l'exprime en tep correspond généralement à l'énergie primaire utilisée pour la production, calculée en tenant compte un rendement « conventionnel » de production. Depuis 2002 les bilans conformes à la norme internationale comptent pour **1 MWh** électrique : **0,26 tep** pour le nucléaire; **0,086 tep** pour l'hydraulique, l'éolien et le solaire; 0,86 tep pour la géothermie et **0,086 tep** pour l'électricité secondaire (thermique).

Pouvoir énergétique

▣ Le pouvoir énergétique moyen des combustibles est (selon le [Conseil mondial de l'énergie](#)) :

- 1 tonne d'uranium (réacteur à eau légère en cycle ouvert) = 10 000 à 16 000 tep ;
- 1 tonne de tourbe = 0,2275 tep ;
- 1 tonne de bois = 0,3215 tep ;
- 1 tonne de pétrole brut correspond à peu près à 7,35 barils (1 baril US ~159,0L, $\rho=0,86$) ;
- 1 000 m³ de gaz naturel ont un pouvoir calorifique net de 36 GJ.

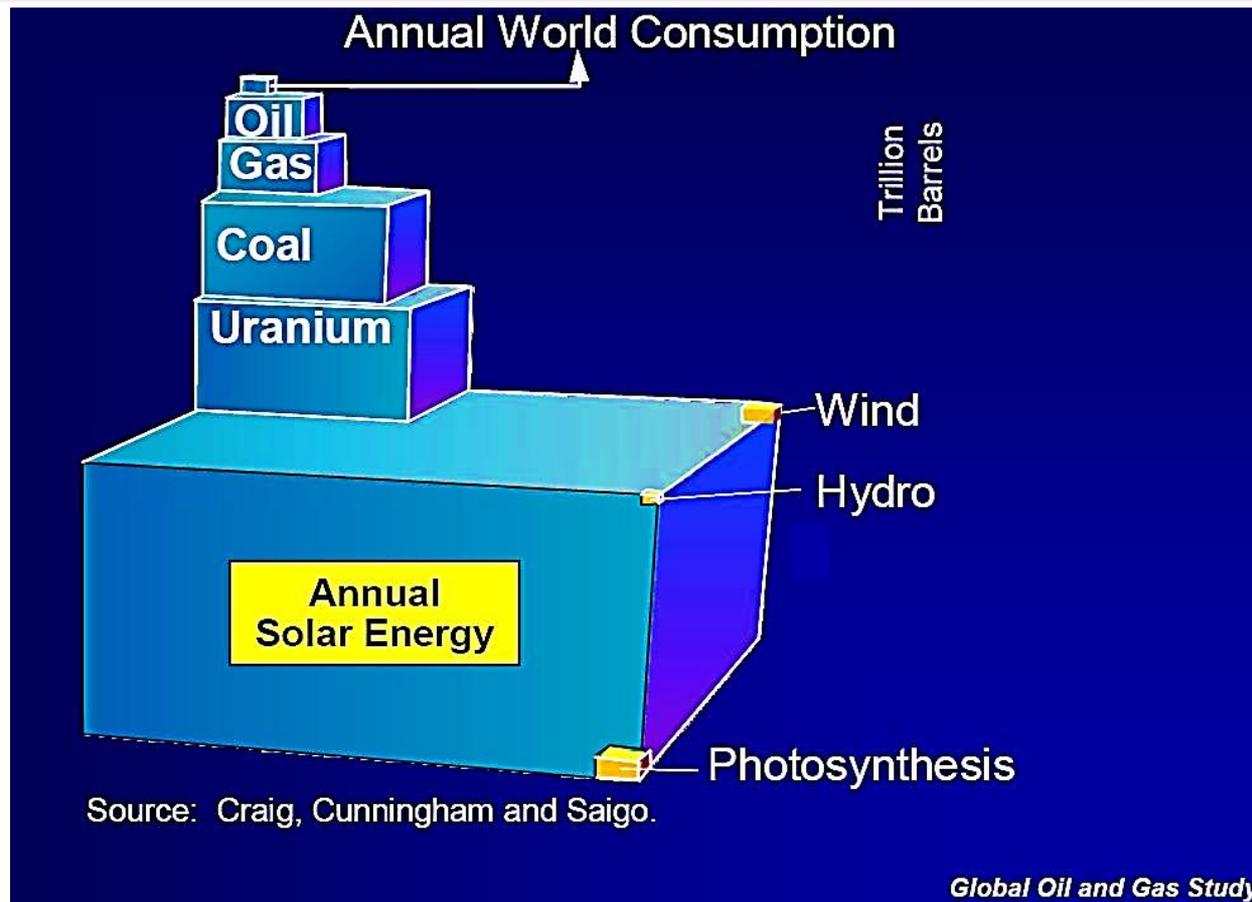
(Ces coefficients de conversion approximatifs, peuvent varier selon le gisement et l'époque.)

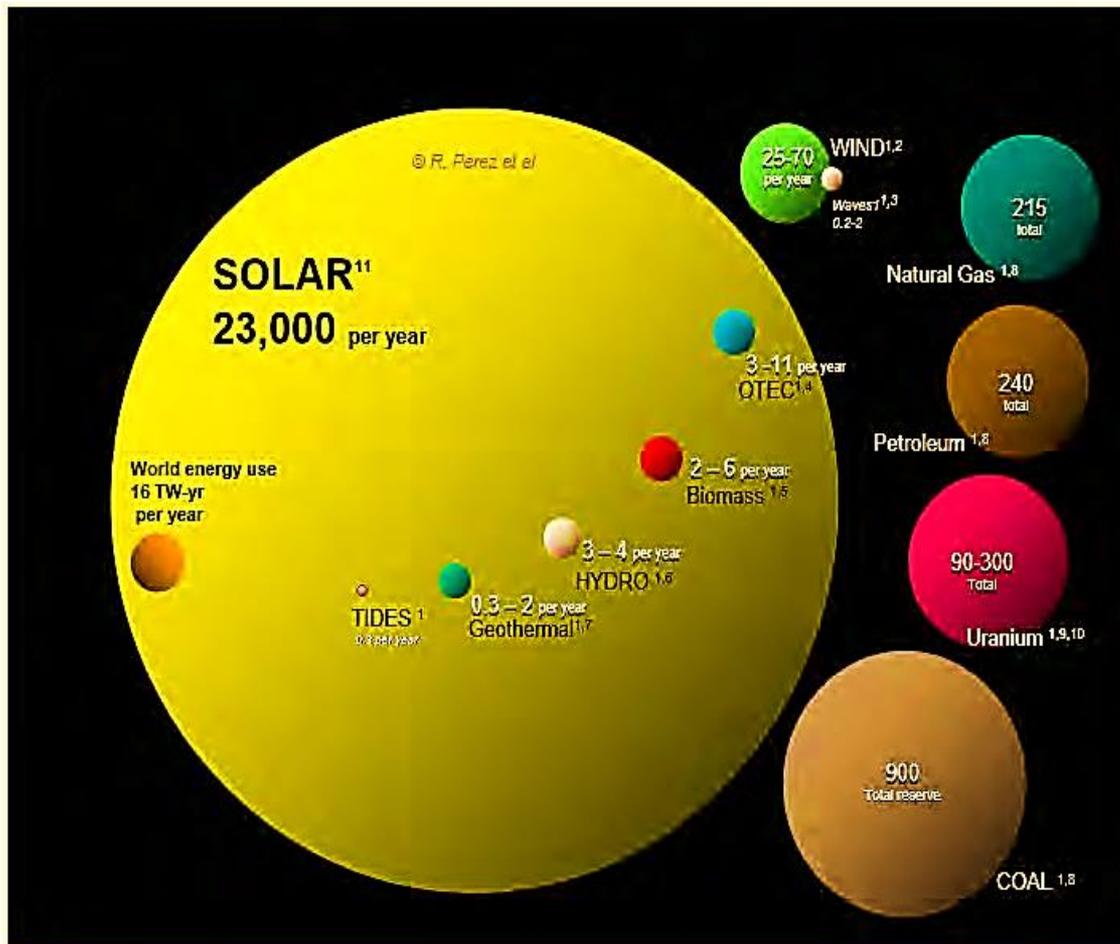
Où passe toute cette énergie?

Quelques exemples

- ▣ **L**ogements : 25m²/pers. en 1970, 40m²/pers. en 2010. Consommation moyenne chauffage, ventilation, rafraichissement et éclairage 250 kWh/m²/an soit 10 MWh ep/pers.
- ▣ **A**limentation, conditionnement, transport :
 - 1kg de bœuf = 1kg de pétrole et de gaz,
 - 100g de chocolat = 50 à 100 g d'hydrocarbures;
- ▣ **T**ransport : une voiture par adulte (parc automobile multiplié par 2 entre 1975 et 2010)/ 12800 km/an, 6,9 L/100 km soit 880 L/an ou 9 MWh, avion long courrier plein 5 L/100km/pass.
Soit 1 MWh pour 2000 km.
- ▣ **P**roduit manufacturés et usage : un ordinateur portable ~ 3500kWh (fabrication, emballage et transport) + 500kWh ep/an

L'énergie solaire : une énergie inépuisable qui pourrait satisfaire intégralement les besoins de l'humanité





R. Perez and M. Perez, “A Fundamental Look at Energy Reserves for the Planet,” IEA, 2009.

Mais il faut régler le problème de la variabilité de la source :

- Aléas météorologique, alternance jour-nuit, variations saisonnières, variations locales
- Adaptation de la demande (smart grids...)
- Stockage
- Transport.

les termes importants du scénario « Blue Map » AIE à réaliser d'ici 2050 :

- ▣ Augmentation de l'efficacité énergétique : réduction de l'ép de 16% par rapport à 2007 des réductions de GES 75% par rapport à 2005.
- ▣ Développement des ENR : 40% du mix, 55% de l'électricité
- ▣ Développement du Nucléaire : **21%**
- ▣ Développement des solutions CCS : presque 100% des capacités de production électriques

Voir http://fr.wikipedia.org/wiki/Séquestration_géologique_du_dioxyde_de_carbone par exemple

- ▣ Développement massif des agrocarburants...

CONCLUSION 1

- ⦿ L'économie mondiale est alimentée par une consommation massive d'énergie à 80% issue des combustibles fossiles
- ⦿ Le pétrole qui représente aujourd'hui 1/3 de la consommation est une ressource en déclin.
- ⦿ Le charbon qui pourrait satisfaire les besoins pour un siècle environ, est malheureusement un combustible parmi les plus émetteurs de CO₂ par kWh produit
- ⦿ Sa consommation est fortement relancée notamment par la croissance exponentielle de l'économie chinoise principalement tournée vers l'exportation.

CONCLUSION 2

- Si les tendances actuelles se poursuivent, le gaz naturel devrait être épuisé au cours de ce siècle, à moins d'un recours massif aux gaz non conventionnels comme l'envisage par exemple les Etats-Unis, la Pologne... L'Europe s'approvisionne en Russie, Norvège (en déclin), en Algérie, au Qatar. Les tensions sont fortes autour des réserves asiatiques (Sibérie, Mers noire et Caspienne). Le commerce avec l'Iran est entravé par l'embargo européen lié au programme d'enrichissement d'uranium.
- Les risques de conflits pour le partage des ressources fossiles ne sont pas improbables : la guerre d'Irak, par exemple, n'a semble-t-il pas été déclenchée que pour des causes « humanitaires ». Les difficultés politiques pour mettre en place un gazoduc entre le Moyen-Orient et l'Europe occidentale via l'Asie centrale sont symptomatiques de la crispation autour de l'exploitation des ressources.

CONCLUSION 3

- ① **P**our assurer un avenir harmonieux à tous, il est urgent que les économies « avancées » (OCDE) fassent des efforts massifs d'économie pour diviser par **4 à 8** leurs consommations (frugalité, efficacité, ENR, nucléaire 4^{ème} génération si les conditions de sécurité le permettent...), et que les économies émergentes s'orientent au plus vite vers une croissance « bas carbone » orientée en priorité vers les besoins intérieurs. Une part importante de l'économie devrait être « relocalisée » pour limiter les transports les plus dispendieux.
- ① **C'**est une partie des conditions d'un développement pacifique et maîtrisé des autres parties du Monde basé sur la satisfaction des besoins fondamentaux des populations (alimentation, eau, santé, logement, vêture, accès aux savoirs et à l'intégration sociale) tout en maintenant les acquis et l'ouverture internationale dus à la technologie...

CONCLUSION 4

- ◎ Le pire n'est jamais certain ! Selon le rapport du GIEC-: "Close to 80 percent of the world's energy supply could be met by renewables by mid-century (...)" ceci sous condition de politiques publiques très volontaristes.
- ◎ The findings (...) also indicate that the rising penetration of renewable energies could lead to cumulative greenhouse gas savings equivalent to **220 to 560 Gigatonnes** of carbon dioxide (GtCO₂eq) between 2010 and 2050.
- ◎ Et pour finir une vision en apparence moins optimiste, mais qui est cohérente avec celle du GIEC

Bibliographie

- ⦿ <http://petrole.blog.lemonde.fr/2011/11/06/trop-tard-pour-limiter-le-rechauffement-a-2%C2%B0c-selon-nature/2/>
- ⦿ <http://www.nature.com/nclimate/journal/v1/n8/full/nclimate1258.html>
- ⦿ <http://energie.mines-nancy.univ-lorraine.fr/resources/actualites/2018/S7/pres-rentree-2A.pdf>
- ⦿ <http://www.infoguerre.fr/matrices-strategiques/projet-nabucco-est-il-mort-et-pourquoi/>

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

série de TD : Terminologie A PREPARER CHEZ VOUS ET A NOUS LA RETOURNER

