

# Quelle énergie durable pour demain ?

INCROYABLE ! NOUS CONSOMMONS DE PLUS EN PLUS D'ÉNERGIE ! Y EN AURA-T-IL ASSEZ POUR TOUT LE MONDE ?

ET ON FAIT CHANGER LE CLIMAT AVEC LE CO<sub>2</sub> !

## Un kilowatt-heure (1 kWh), c'est :



L'énergie dégagée par la combustion d'un verre d'essence.



L'énergie dégagée par la combustion de 140 grammes de charbon.



L'énergie dégagée par la combustion de 100 litres de gaz naturel.



L'énergie dégagée par la combustion de 200 grammes de bois sec.



L'énergie fournie par la chute d'une hauteur de 1 000 mètres de 360 litres d'eau.



C'est la quantité de travail fourni en 50 heures avec une pelle.

1750

25 ans 4 000 kWh



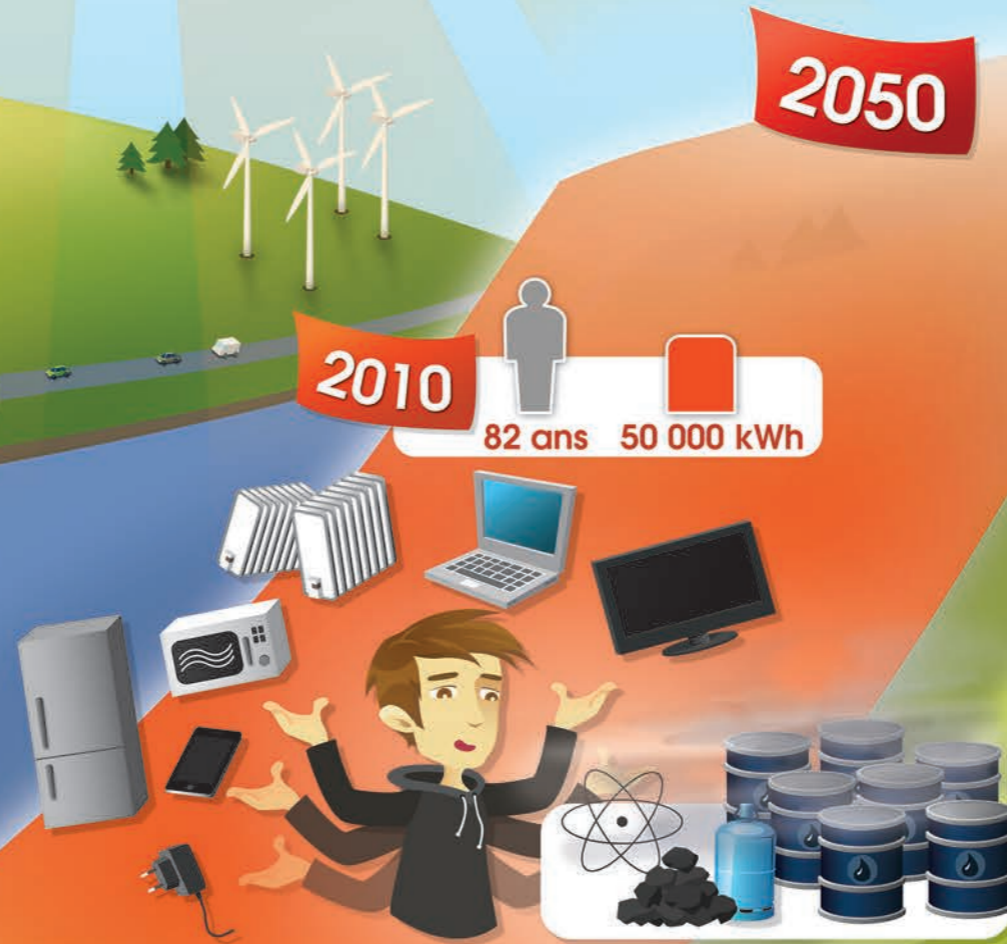
1950

67 ans 18 000 kWh



2010

82 ans 50 000 kWh



2050



Nous sommes face à un défi énergétique que nous devons résoudre progressivement : réduire nos émissions de CO<sub>2</sub> et notre dépendance vis-à-vis des énergies de stock.

Cette exposition présente les recherches liées à l'utilisation d'autres sources d'énergie et l'adaptation nécessaire de nos comportements.

Un site fournit de nombreuses informations complémentaires : <http://energiepourdemain.fr>



Espérance de vie en France



Énergie consommée par an et par personne en France



universcience



# Beaucoup d'énergie consommée sans le savoir

Culture du coton  
(Ouzbékistan)  
**5 kWh**

Filature, tissage, ennoblissement  
du tissu (Inde)  
**+ 30 kWh**

Confection du jeans, délavage,  
traitement (Bangladesh)  
**+ 4 kWh**

Transports  
20 000 km en porte-conteneur  
7 000 km en semi-remorque  
**+ 3 kWh**

70 séchages en machine  
**+ 80 kWh**

70 lavages en machine  
**+ 24 kWh**

**Super Jeans  
Denim  
39,90 €**

Stockage en entrepôt  
Livraison au magasin (France)  
**+ 1 kWh**

**14 LITRES ÉQUIVALENT  
PÉTROLE CACHÉS DANS  
MON JEANS\* !!**

*\* Soit 140 kWh pour sa fabrication et son utilisation pendant 2 ans*

## On peut diminuer ce coût en énergie

- en espaçant les lavages
- en utilisant une machine à laver de classe A+++
- en remplissant bien la machine à laver
- en utilisant le minimum de lessive nécessaire
- en évitant si possible le sèche-linge



Utiliser plus longtemps le jeans et le recycler, au lieu de le jeter, est le meilleur moyen d'économiser énergie et CO<sub>2</sub> et de réduire ses déchets.

**IL FAUT DE L'ÉNERGIE POUR TOUT... MAIS QU'EST-CE QUI EN CONSOMME LE PLUS ?**



## Cycle de vie : autres exemples



1 kg de fraises  
Locales : 0,2 kWh  
Par avion : 50 kWh



1 kg de bœuf  
15 kWh et  
16 kg de CO<sub>2</sub>



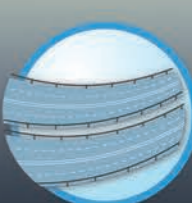
1 kg de lait  
0,8 kWh et  
1 kg de CO<sub>2</sub>



Ordinateur + écran plat  
Fabrication : 900 kWh et 900 kg  
de CO<sub>2</sub> / Usage : 100 kWh et  
7 kg de CO<sub>2</sub> par an



Smartphone  
Fabrication : 57 kg de CO<sub>2</sub>  
Transport : 3kg de CO<sub>2</sub>  
3 ans d'utilisation : 0,5 kg CO<sub>2</sub>



Autoroute  
60 000 litres de  
pétrole par km

# Le stock des combustibles fossiles s'épuise

ET ON REMET LE DIOXYDE DE CARBONE DANS L'AIR :  
1 000 TONNES PAR SECONDE.

CHAQUE JOUR, ON BRÛLE  
**13 MILLIARDS** DE LITRES DE  
PÉTROLE QUI AVAIENT MIS DES  
MILLIONS D'ANNÉES À SE FORMER !

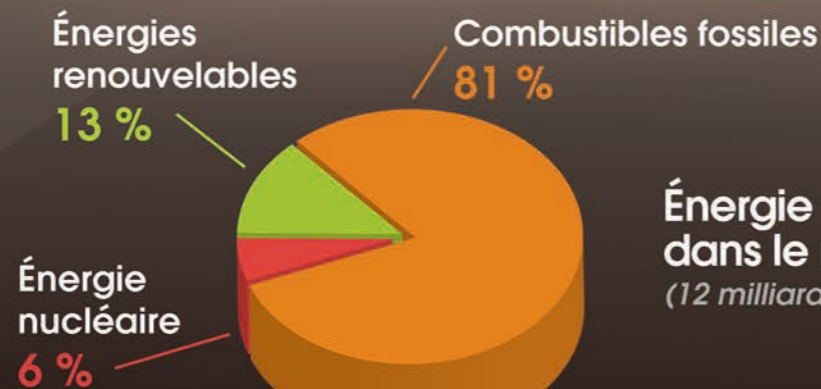


Plusieurs dizaines de millions d'années



Les combustibles fossiles proviennent d'**organismes vivants** (végétaux, micro-algues).

Au cours de **millions d'années** la chaleur et la pression les ont transformés en gaz naturel, en pétrole et en charbon.

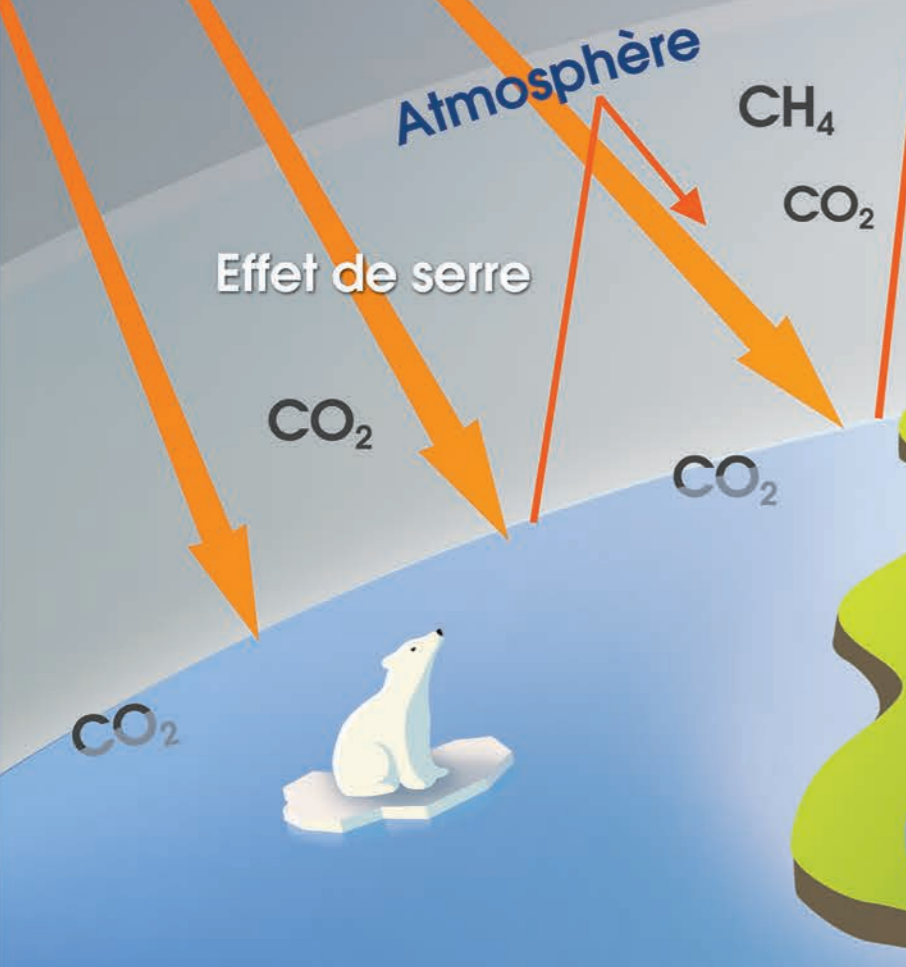


Chaque année, on découvre moitié moins de pétrole ou de gaz conventionnel que ce que l'on consomme. Les stocks de charbon, de gaz et de pétrole s'épuisent.

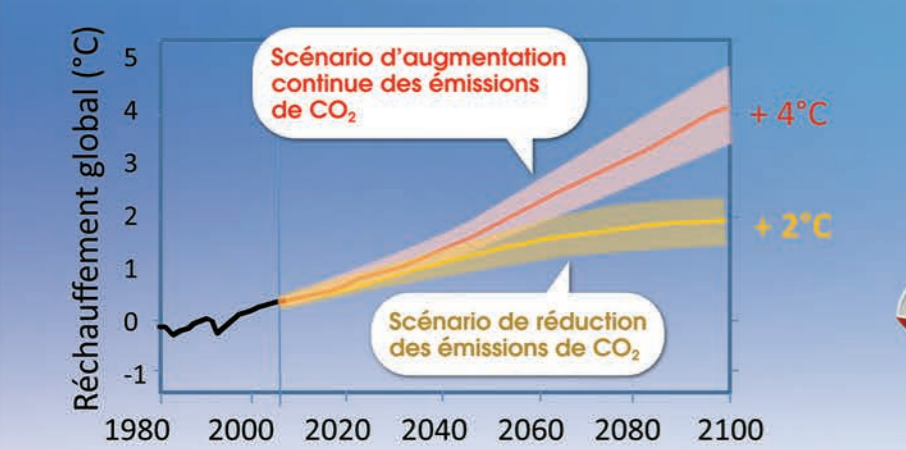
# Les impacts de notre consommation

## Changement climatique

L'effet de serre naturel est dû à la vapeur d'eau et au dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) dans l'atmosphère. Les activités humaines engendrent beaucoup de  $\text{CO}_2$  et de méthane ( $\text{CH}_4$ ) qui sont responsables d'un réchauffement du climat.

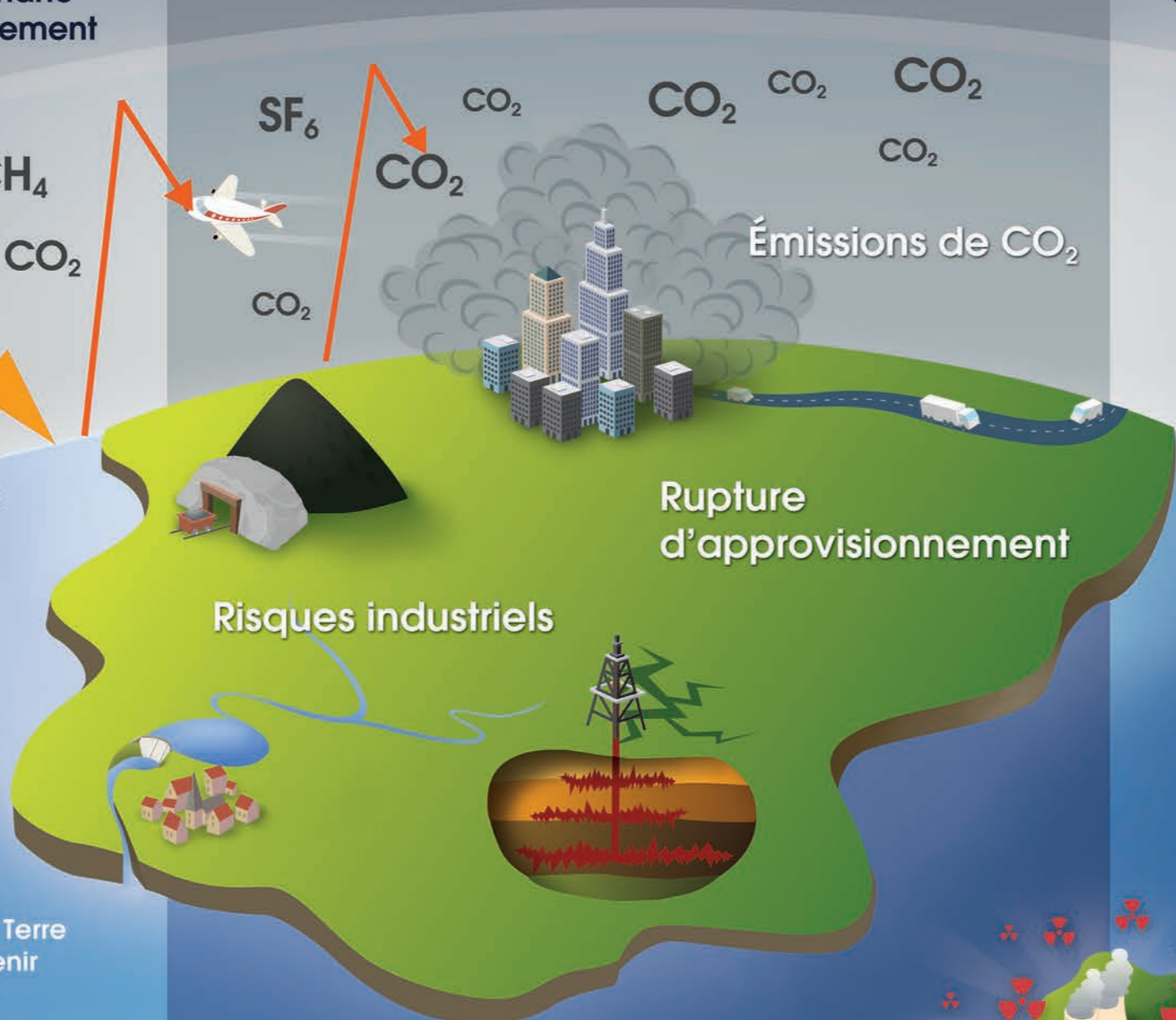


Accroissement des températures moyennes sur Terre en fonction du  $\text{CO}_2$  émis dans les années à venir



## Risques

La réduction des risques passe par l'amélioration des techniques, la réglementation et le contrôle, le changement des comportements individuels.

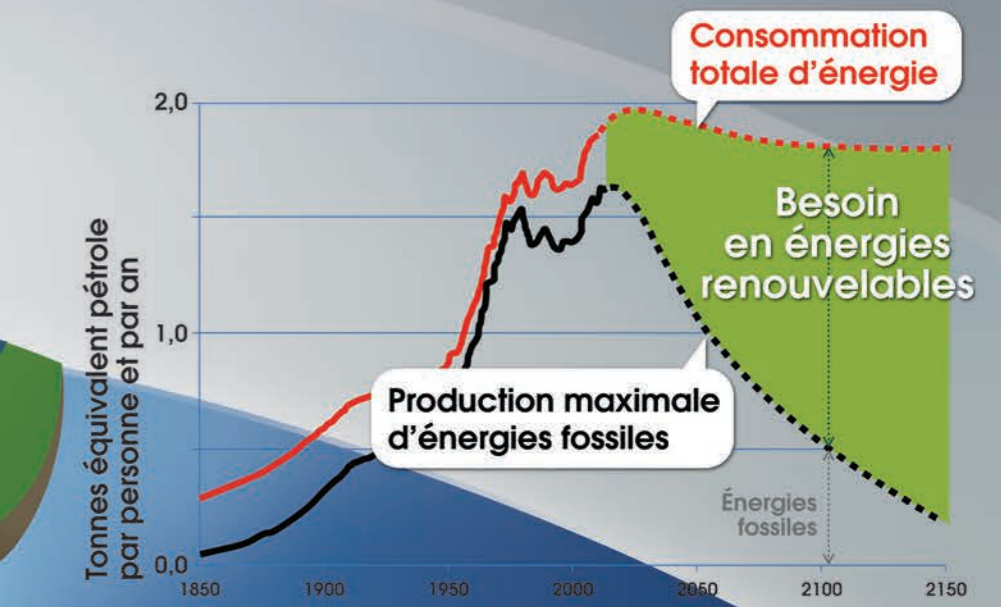


Risques sur la santé et l'environnement

## Épuisement des stocks

Les stocks exploitables de charbon, de gaz et de pétrole ne pourront peut-être pas satisfaire la demande croissante d'énergie au-delà de 2020, voire 2025.

### Scénarios de consommation de l'énergie



**Courbe rouge pointillée :** Scénario de consommation d'énergie, pour 10 milliards d'habitants et 18 Gtep d'énergie primaire en 2100.

**Courbe noire pointillée :** Scénario de production d'énergies fossiles proposé par J. Laherrère - 2012.

Dans les centrales nucléaires, on n'utilise pas de combustible fossile mais de l'uranium. Au rythme actuel de consommation, l'uranium bon marché sera épuisé vers 2090.

# Les sources d'énergies renouvelables

Les deux principales sources d'énergie sont la lumière et le vent.

Elles sont intermittentes :  et parfois facilement stockables : 

La quantité d'énergie renouvelable réellement exploitable

dans le monde représenterait plus de 4 fois la production actuelle : 

L'énergie durable doit pouvoir répondre aux besoins de tous dans le présent et le futur avec une bonne efficacité et un impact limité sur l'environnement.

## Biomasse

La matière organique (les végétaux, les animaux...) brûle en dégageant de l'énergie. Elle peut aussi être transformée en carburant. 200 g de bois sec brûlé => 1kWh

## Solaire thermique

L'énergie de la lumière est transformée en chaleur dans le capteur.

0,3 m<sup>2</sup> de capteur thermique en un jour, l'été => 1kWh

## Hydraulique

Le mouvement de l'eau (chute, courant, vagues...) peut fournir de l'électricité.

40 m<sup>3</sup> d'eau tombant de 10 m => 1KWh

## Géothermie

On peut pomper les eaux chaudes souterraines pour en extraire la chaleur.

40 l d'eau qui passent de 80 °C à 60 °C => 1 kWh

## Éolien

Le mouvement des molécules d'air (le vent) fait tourner les pales d'une éolienne pour fournir de l'électricité.

3 heures de vent à 30 km/h dans une éolienne de 2,2 mètres de diamètre => 1kWh

Vitesse des vents dans le Golfe du Lion, du 1 au 7 Janvier 2012



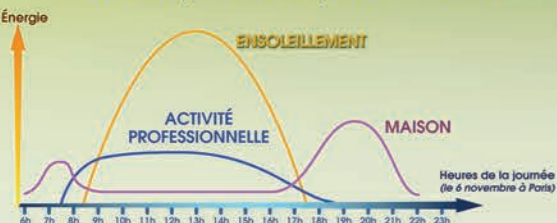
## Photovoltaïque

L'énergie de la lumière est convertie en électricité dans les panneaux solaires.

2 à 3 m<sup>2</sup> de panneaux solaires en un jour => 1 kWh

Production photovoltaïque et utilisation



LA LUMIÈRE DU SOLEIL EST UNE SOURCE D'ÉNERGIE GIGANTESQUE MAIS ELLE NE FAIT QUE PASSER...



L'énergie de la mer est très peu exploitée : énergie thermique, énergie des vagues, énergie des courants, énergie des marées... C'est un réservoir gigantesque.

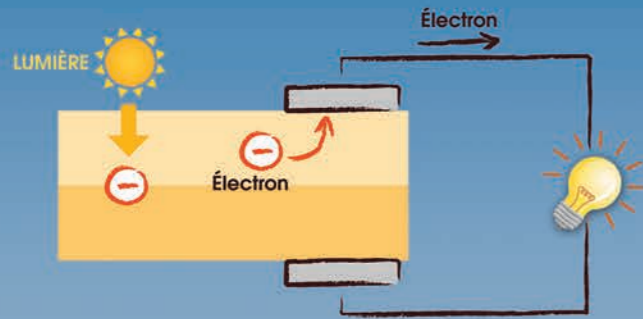
# Électricité durable : les nouvelles stars

## Éoliennes

Pour produire de l'électricité, il suffit de faire bouger un circuit fermé et un champ magnétique l'un par rapport à l'autre. Ce système convertit l'énergie du mouvement en énergie électrique. Son rendement peut être très bon (90 %).

### Panneaux solaires photovoltaïques

L'énergie de la lumière est convertie en électricité. Le rendement de conversion est situé entre 10 et 20 % selon les matériaux photovoltaïques et ne cesse d'être amélioré.

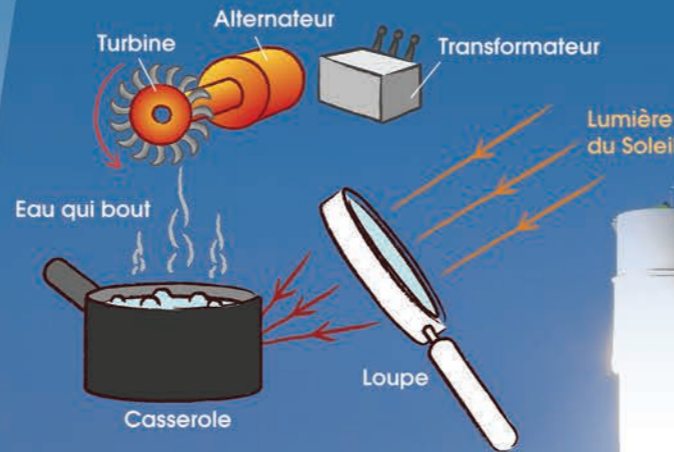


À Toul : 1 million de m<sup>2</sup> de panneaux solaires sur 360 ha alimenteront 55 000 personnes en 2015, 0,1 TWh/an, soit 0,02 % de la production française.

- + Fonctionne de jour, avec ou sans Soleil
- 🔍 Reste à améliorer le coût et le rendement

### Centrales solaires à concentration

La lumière directe du Soleil concentrée sur le four est convertie en chaleur. Dans le four, la chaleur transforme un liquide en vapeur qui fait tourner une turbine. La turbine fait tourner un générateur électrique.



Dans le sud de l'Espagne : 2 650 miroirs sur 185 ha alimenteront 55 000 personnes, 0,1 TWh/an.

La chaleur stockée dans la journée peut faire tourner la turbine 15 heures après le coucher du Soleil.

- + + Stocke la chaleur
- 🔍 Reste à améliorer le rendement avec une plus haute température

PRODUIRE UN PEU D'ÉLECTRICITÉ C'EST FACILE... MAIS BEAUCOUP ?

1 Wh en quelques minutes

Énergie produite par une éolienne marine de 3 600 kW

- 🌊 Vent 50 kmh => 3 600 kW
- 🌊 Vent 25 kmh => 800 kW
- 🌊 Vent 10 kmh => 40 kW
- = Vent 5 kmh => 0 kW

En Manche et en Atlantique : 600 éoliennes de 5 MW fourniront 9 TWh par an en 2020, soit 1,5 % de la production française.



Éolienne au large de Norfolk (Angleterre) 3,6 MW

+ Très bon rendement

IL FAUT AMÉLIORER LES RENDEMENTS ET LE STOCKAGE !

# Des carburants avec le Soleil

Les plantes utilisent le CO<sub>2</sub> et les rayons du Soleil pour synthétiser des molécules riches en énergie : les lipides et les glucides. Ces molécules peuvent être transformées en carburants.

## La première génération d'agrocarburants

On les utilise déjà mélangés aux carburants fossiles

Au-delà de 10 % de ces agrocarburants, leur production mobilise trop de surface agricole. Elle entre en concurrence avec l'alimentaire.



## La seconde génération

Ces carburants sont ceux de demain

Ressources non alimentaires  
Résidus de végétaux



Ces carburants sont déjà produits dans les laboratoires de recherche. Il s'agit d'inventer les unités de production industrielle.

## La troisième génération

Ce sont peut-être les carburants du futur



En quelques jours, les micro-algues peuvent grossir en accumulant des lipides (plus de 50% de leur poids sec). Elles n'ont besoin que d'eau, de lumière, de CO<sub>2</sub> et de sels minéraux, sans apport organique.



Rendement des plantes et des algues en tonnes équivalent pétrole par hectare et par an.



# Moins d'énergie consommée, moins de CO<sub>2</sub> émis, plus de confort

## Habitat à consommation réduite

UN BÂTIMENT BIEN ORIENTÉ PAR RAPPORT AU SOLEIL PEUT CONSOMMER 10 FOIS MOINS.

**Bilan énergétique**  
(électricité)  
Chauffage : 4 500 kWh/an  
Eau chaude : 1 500 kWh/an  
Autres : 2 000 kWh/an  
Total : 8 000 kWh/an  
pour une superficie de 200 m<sup>2</sup>

ORIENTATION,  
TOIT

ISOLATION  
THERMIQUE

POMPE À CHALEUR  
1 kWh d'électricité fournit  
3 à 4 kWh de chaleur.

ÉQUIPEMENT  
machine à laver,  
réfrigérateur...

PUITS CANADIEN  
réchauffe l'air en hiver  
et le refroidit en été.

ÉCLAIRAGE  
naturel, fluocompact  
et LED.

TRANSPORT  
vélo électrique :  
0,4 kWh pour 60 km.

PANNEAUX  
thermiques et  
photovoltaïques :  
8000 kWh/an.

CASQUETTE  
fait de l'ombre  
en été.

FENÊTRES  
grandes ouvertures Sud.  
Double vitrage.

OUI, S'IL EST BIEN ISOLÉ !

## Maison à énergie positive



Une maison qui produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme dans l'année.

© Cythelia

## Immeuble des années 60 rénové



Si la structure du bâtiment est solide, la transformation économise les coûts de la destruction et de la construction.

© Lacaton et Vassal

## Futur possible de l'habitat



Le projet Canopea, un écosystème urbain en relation avec des voisins et des transports.

© ENSAG



# Les transports de demain

800 millions de véhicules roulent sur les routes du monde, plus d'un milliard en 2020... Dans le futur, les véhicules auront une consommation réduite ou seront électriques.

ON PASSE VOUS PRENDRE DANS 5 MINUTES ? UNE BONNE IDÉE, CE CO-VOITURAGE !

GÉNIAL, DES VOITURES SILENCIEUSES, J'ENTENDS MIEUX MA MUSIQUE ! MAIS D'OÙ VIENT LEUR ÉLECTRICITÉ ?



- VÉLO ÉLECTRIQUE**
- VOITURE LÉGÈRE**
- VOITURE HYBRIDE CHARGEABLE**
- VOITURE ÉLECTRIQUE**
- TRAIN**
- BUS**
- FERROUTAGE**
- AVION À BIOCARBURANTS**
- BATEAU**

Émissions de CO<sub>2</sub> en g/km



Batteries

H<sub>2</sub>  
Hydrogène  
100m

Capacité des batteries

x10 = x10 =

Réseau électrique

Moteur à très faible consommation de carburant  
 Moteur à plus forte consommation de carburant

Économique Prix élevé

# Mieux vivre dans les villes

Dans le monde, la moitié de la population vit en ville.

En France, 70 % des gaz à effet de serre viennent des villes. La maîtrise des émissions de CO<sub>2</sub> et le développement des énergies renouvelables est un défi pour toutes les villes.



## Organisation

Elle conditionne les transports, la qualité de la vie (espaces verts), les loisirs et la culture.



## Transports

Transports individuels et collectifs interconnectés sans carburant fossile.



## Performance énergétique

Rénover et construire les bâtiments pour plus de performance énergétique. Cela concerne 30 millions de logements en France.



## Valorisation des déchets

Les déchets sont à réduire et recycler. Grâce à la cogénération : récupération de la chaleur pour produire de l'électricité et alimenter les réseaux de chauffage.



## Énergies renouvelables

Aujourd'hui dans les écoquartiers, on utilise des capteurs solaires, de la géothermie...

LUMIÈRE, CHALEUR, EAU CHAUDE...  
IL FAUT POUVOIR MESURER POUR RÉDUIRE.

## Les objectifs pour le futur :

- Réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.
- Augmenter l'efficacité énergétique.
- Augmenter la part des énergies renouvelables dans notre consommation.
- Consommer moins d'énergie.

La France s'est engagée à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 75 % en 2050. L'Union Européenne a adopté un "plan énergie climat" pour réduire les émissions de gaz à effet de serre de 20 %, augmenter la part des énergies renouvelables de 20 % et l'efficacité énergétique de 20 % en 2020.

2010 / 2050

Exemple d'émissions de CO<sub>2</sub> en 2010.

Scénario d'émissions de CO<sub>2</sub> en 2050.

Tonnes de CO<sub>2</sub> par an et par personne

