



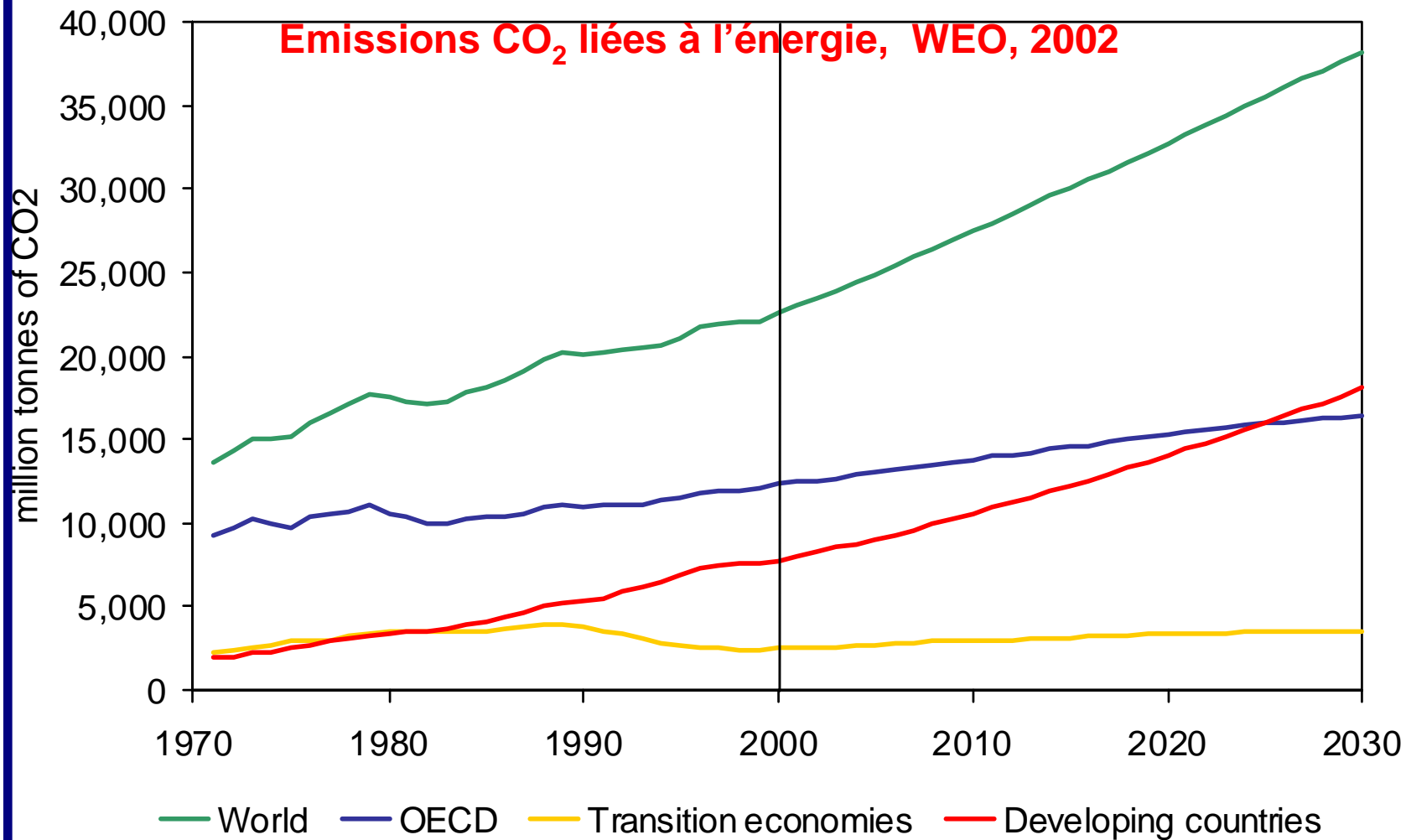
Dynamique de l'énergie, Stabilisation du climat

Cédric Philibert
Agence Internationale de l'Énergie

Eurosol Forum 2004/Odeillo
20 Octobre 2004

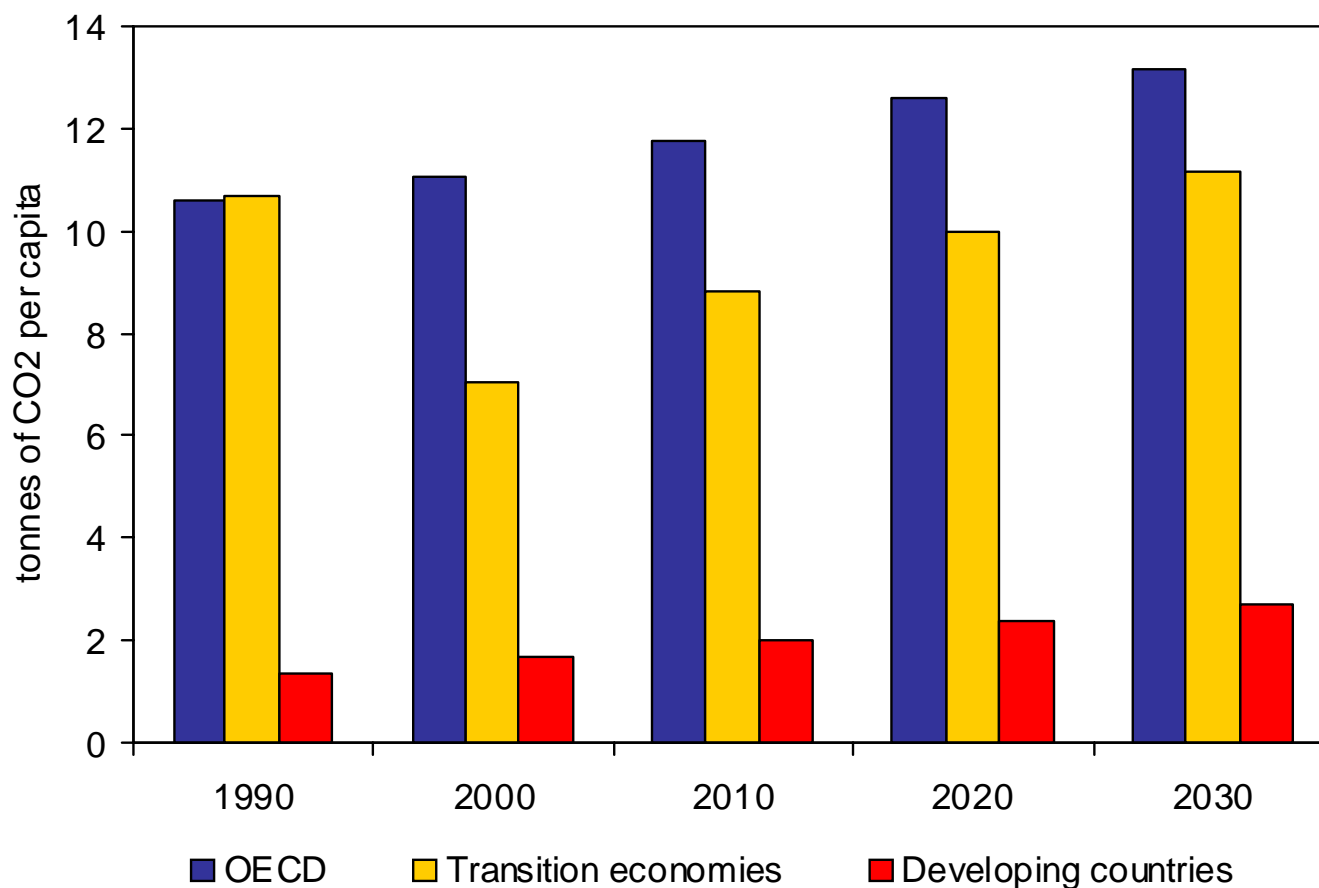


Les émissions croissent





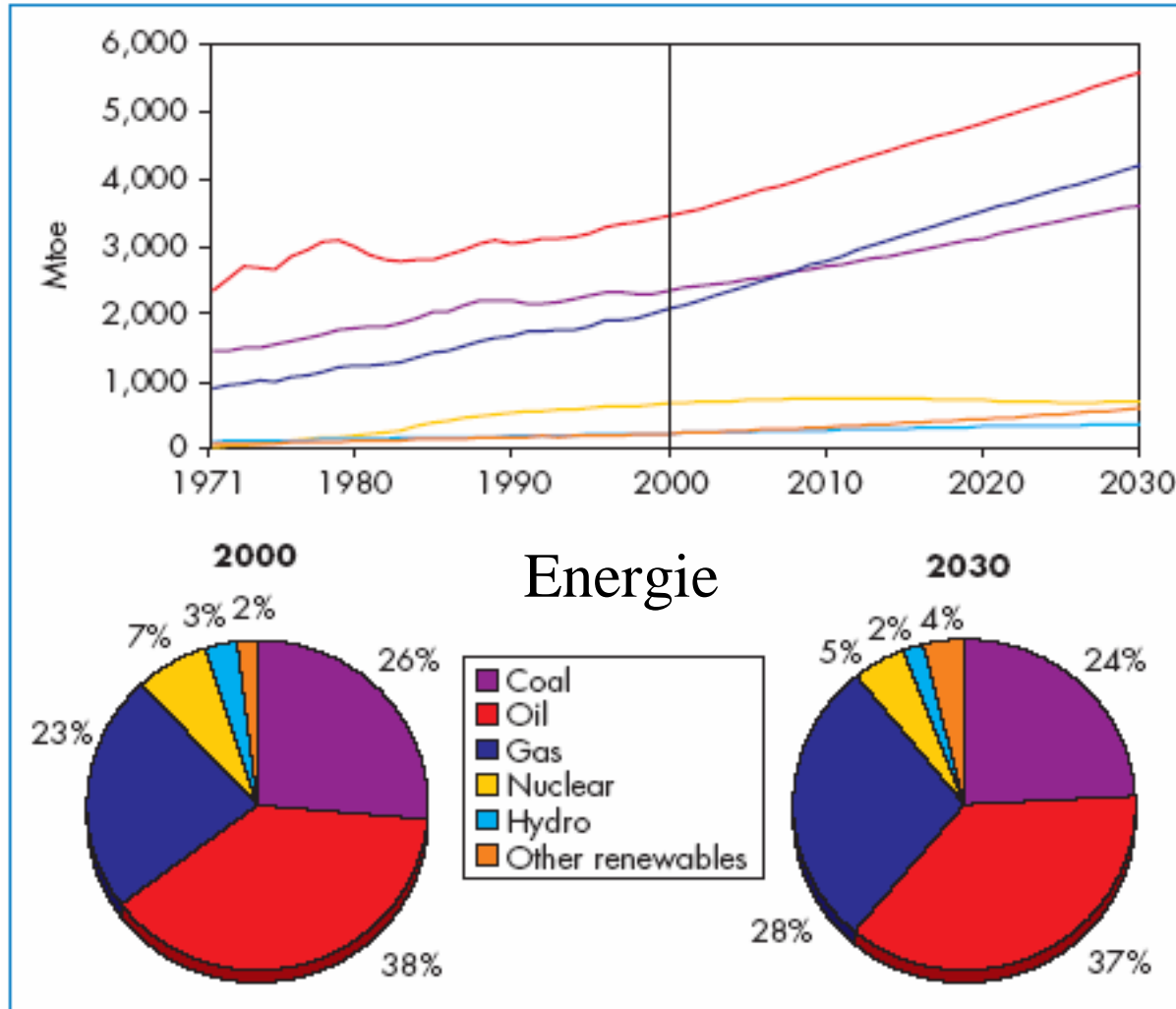
Emissions de CO₂ par habitant



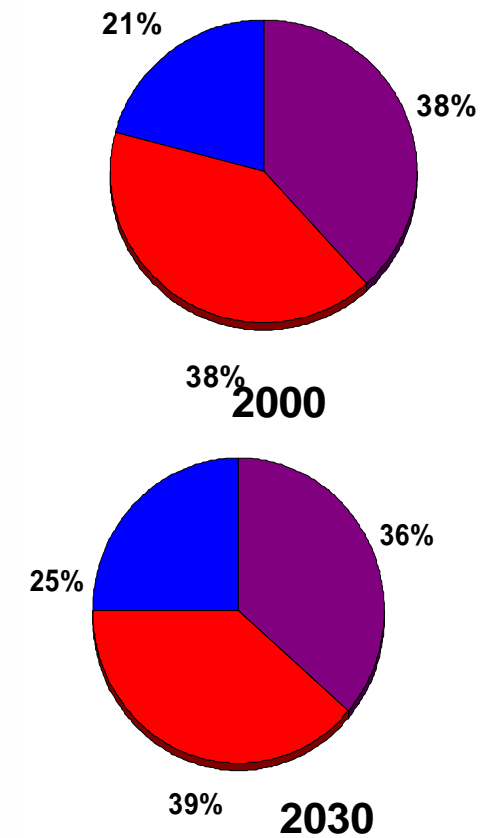
Source: WEO 2002



Les énergies fossiles dominent

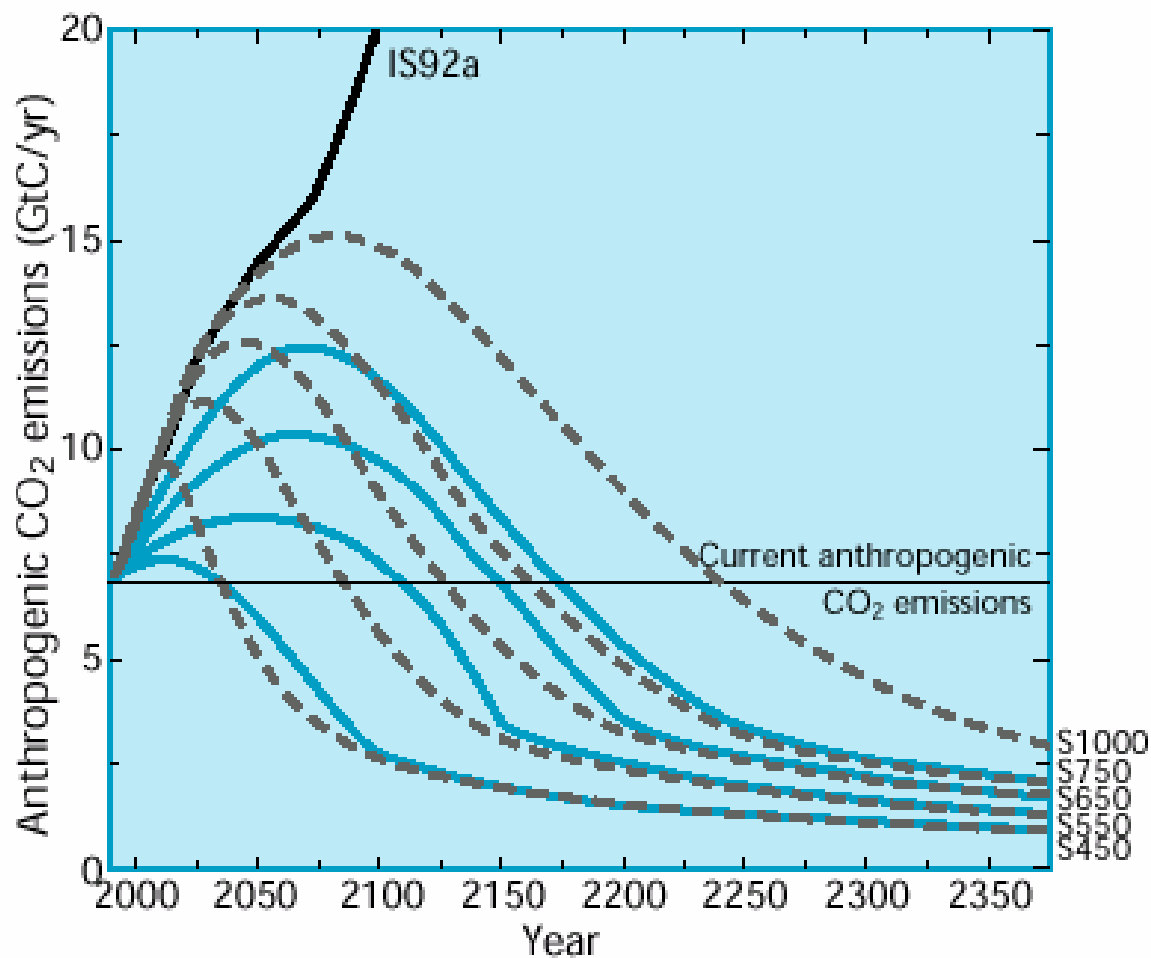


Emissions CO₂





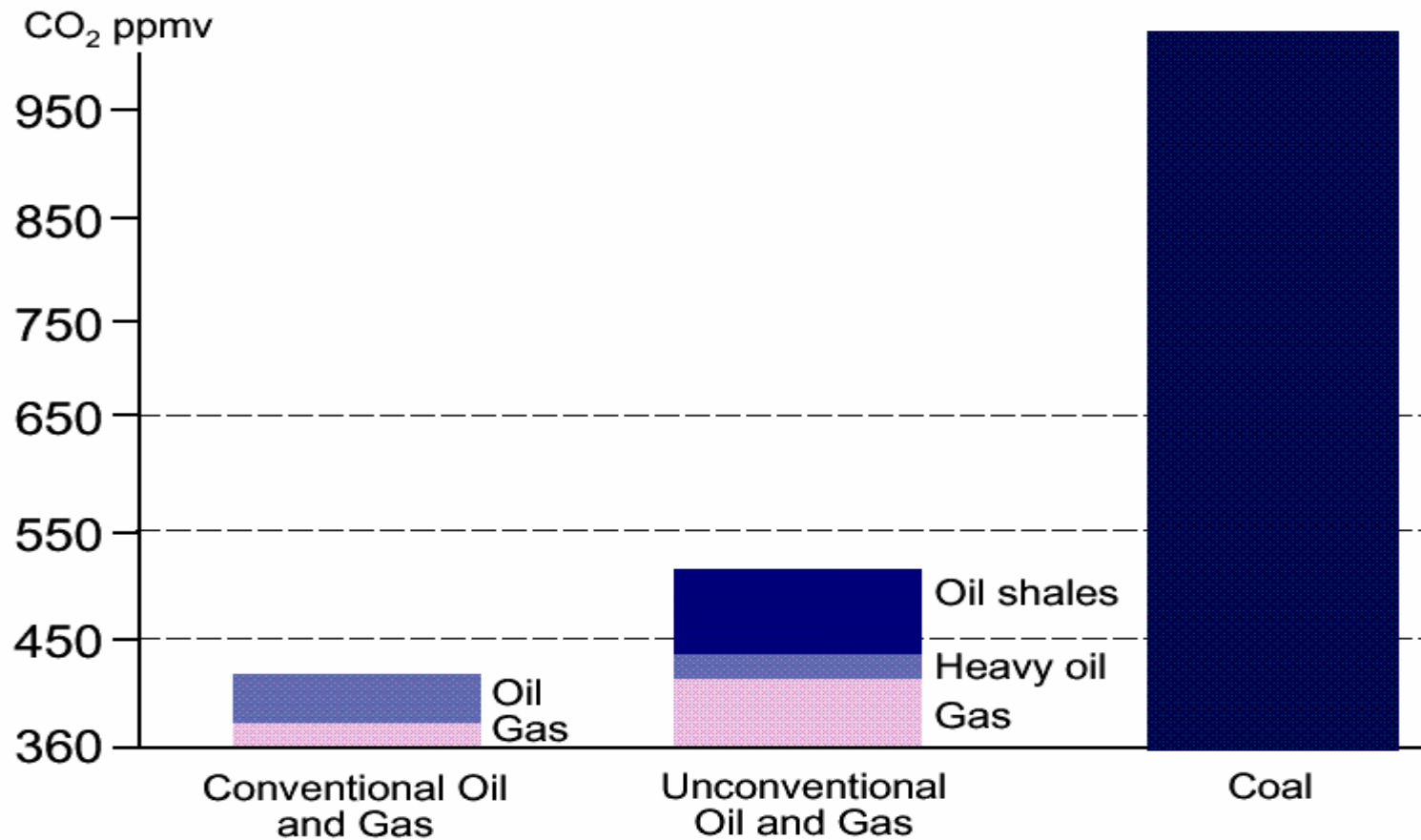
Stabiliser la concentration de CO₂



Source: IPCC TAR



Des réserves plus que suffisantes

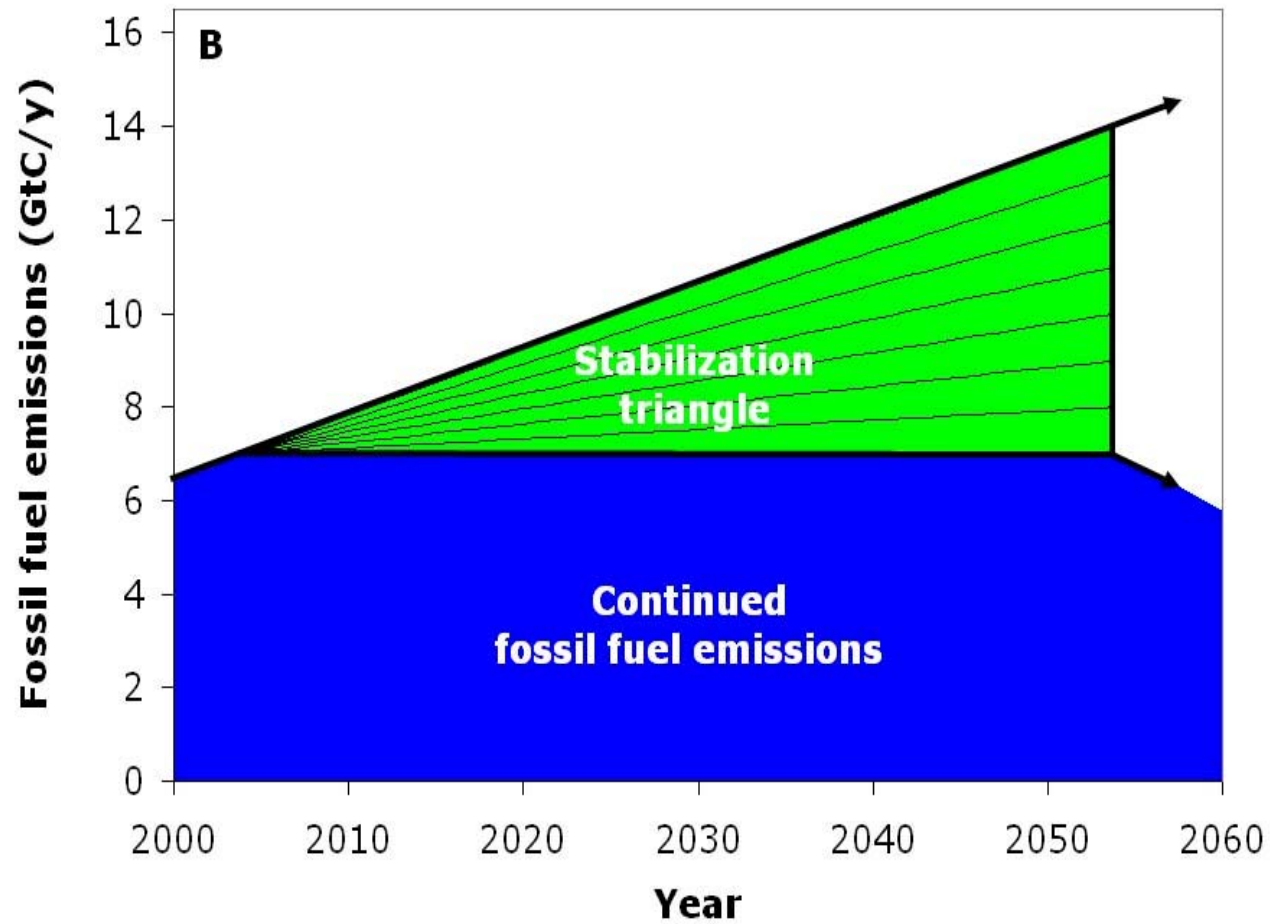


Source: Shell Global scenarios 1998-2020



Le Triangle de stabilisation

(Pacala & Socolow 2004)





Les technologies disponibles

- Améliorer l'efficacité énergétique (usages finals)
 - ◆ Bâtiment tertiaire
 - ◆ Industrie
 - ◆ Transport
- Transformer l'énergie plus efficacement
- Passer au gaz
- Développer les énergies "sans carbone":
 - ◆ Nucléaire
 - ◆ Capture et stockage du CO₂
 - ◆ Renouvelables
- *Exclure une quelconque de ces options conduira à des coûts ou des concentrations plus élevées*



Le défi de l'efficacité



High performance buildings



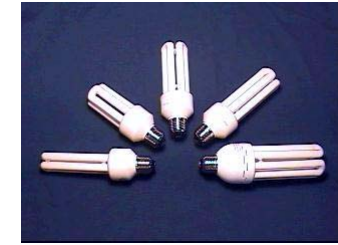
Least life-cycle cost appliances



Labelling and certification

- Des réductions substantielles d'énergie et d'émissions à des coûts négatifs ou nuls
- Une amélioration de la sécurité énergétique
- Une amélioration de la compétitivité et du bien-être social
- "Des centaines de technologies" (GIEC)

"Le moyen le moins cher, le plus propre et le plus sûr d'atteindre tous nos objectifs est d'utiliser moins d'énergie" - UK White Paper



Compact Fluorescent Lamps



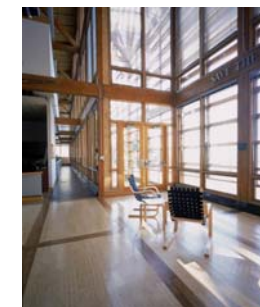
LED traffic lights



Efficient information and communication technologies



Reducing standby power consumption



Super windows & daylighting



Passer au gaz

- **Gaz plutôt que pétrole plutôt que charbon (jusqu'à 43% de réductions d'émissions)**
- **Ratio réserves prouvées/production : 60-65 ans; ressources: peut-être 170 ans**
- **Mais: 9 ans Amérique du Nord, 250 Proche Orient; problèmes de transport**
- **Ratio réserves/consommation totale d'énergie inférieure à 3 ans en Chine, Inde et États-Unis**



Energie nucléaire

- Actuellement 7,3% de l'énergie primaire
- Préoccupations: risques, déchets, prolifération
- Pays membres ont des politiques contrastées
- Coûts: pas forcément un problème, notamment si le carbone à un prix
- Divers nouveaux concepts pourraient :
 - ◆ Réduire les coûts
 - ◆ Réduire les quantités de déchets et augmenter les ressources
 - ◆ Diminuer les préoccupations de prolifération



Capture et Stockage du CO₂

- Le charbon n'est pas mort...
- Technologies pré- et post-combustion; O₂
 - ◆ Capture pré-combustion peut produire H₂
 - ◆ Abondance de capacités de stockage géologique
 - Quelques expériences en cours
 - Injection dans l'Océan – stockage temporaire!
 - La question de la permanence
- La stabilisation peut nécessiter de stocker des quantités importantes de CO₂ (100s de GT)



Les renouvelables

- **La biomasse et les déchets 11% énergie primaire**
 - ◆ Pas toujours renouvelable, parfois très polluant
 - ◆ L'occupation du territoire peut limiter la biomasse
- **Hydraulique 2.3% énergie primaire**
 - ◆ Mais les nouveaux projets rencontrent souvent des oppositions écologiques et sociales
- **Autres: moins de 1% de l'énergie primaire**
 - ◆ Croissance rapide de l'énergie éolienne
 - ◆ Problèmes de coûts (PV) et d'intermittence (éolien)
- **Potentiel: 9,000 fois consommation mondiale d'énergie**
 - ◆ Les gaz à effet de serre accroissent la capacité du système Terre Atmosphère à capturer l'énergie solaire
 - ◆ Si l'énergie solaire crée le problème elle doit pouvoir le résoudre...



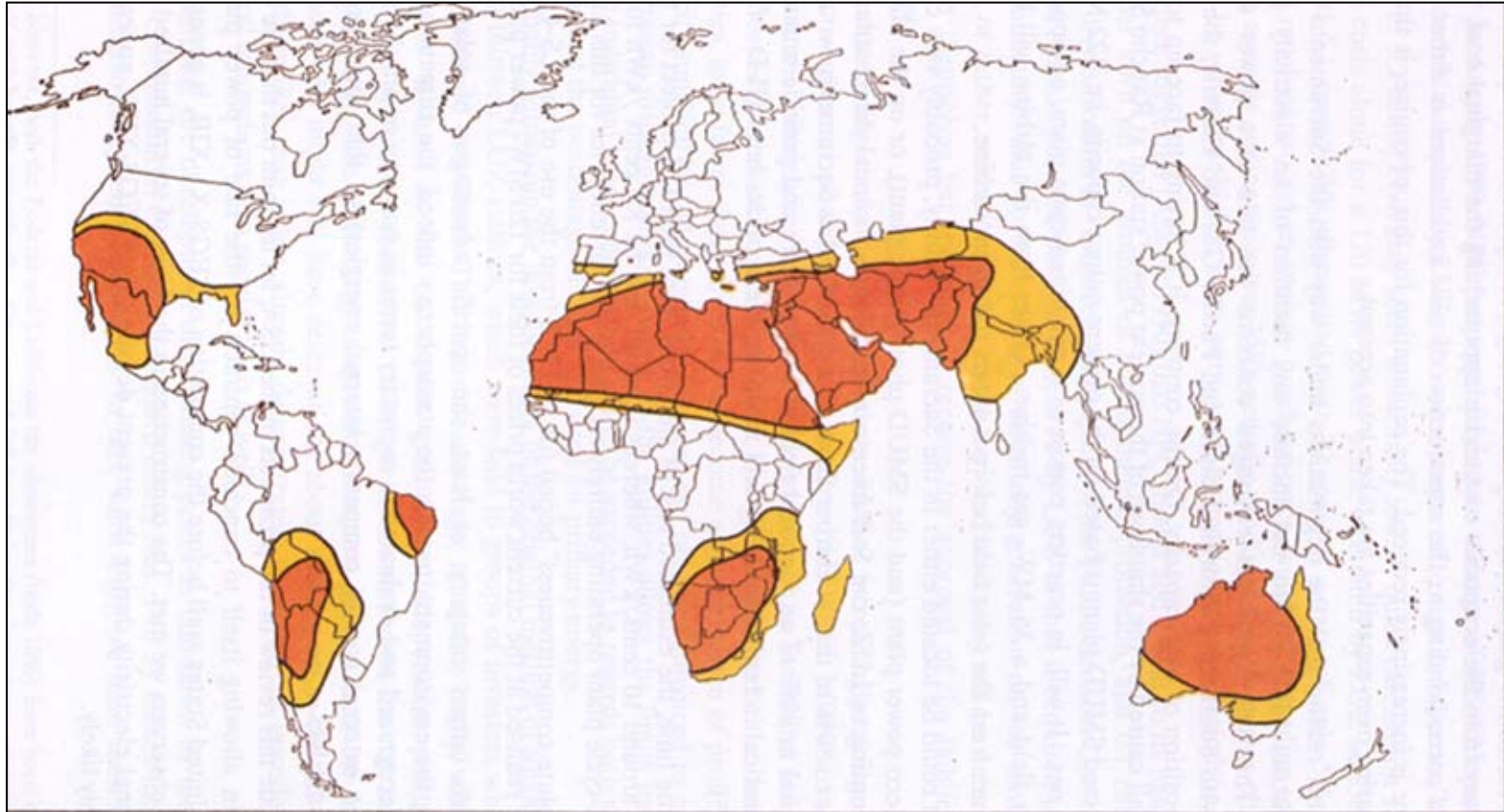
Les centrales solaires existent!

- 354 MWe depuis 84-89 sur le réseau de Los Angeles
- Fonctionnent malgré la disparition du constructeur
- Électricité solaire à concentration moins chère que PV
- Energie garantie par stockage de chaleur ou appoint fossile





Une ressource considérable

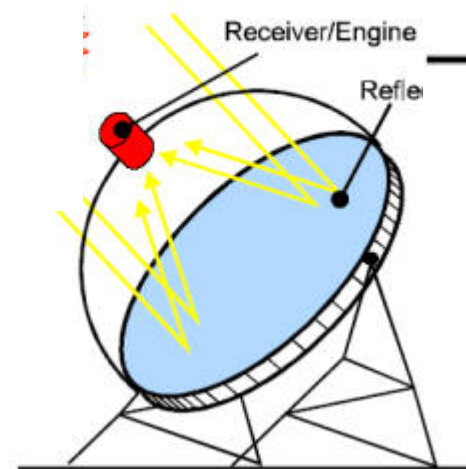
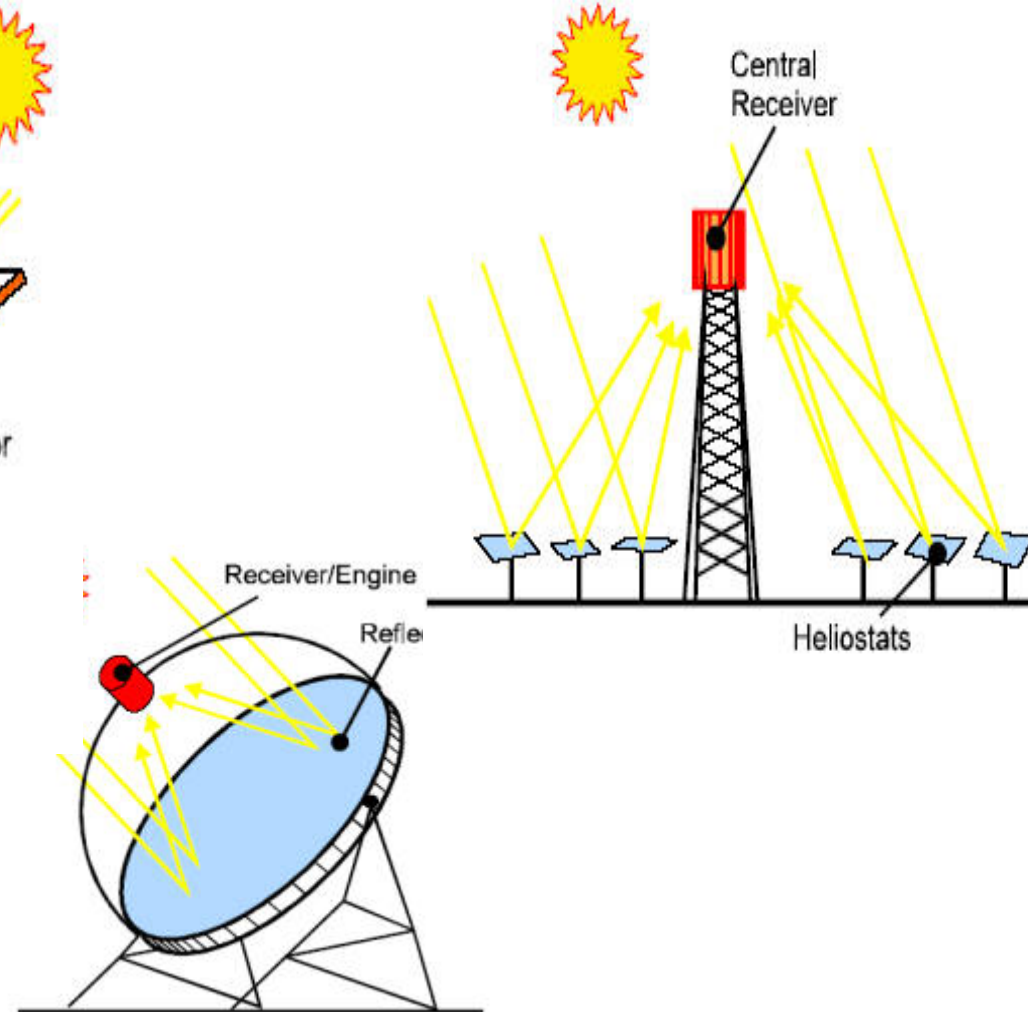
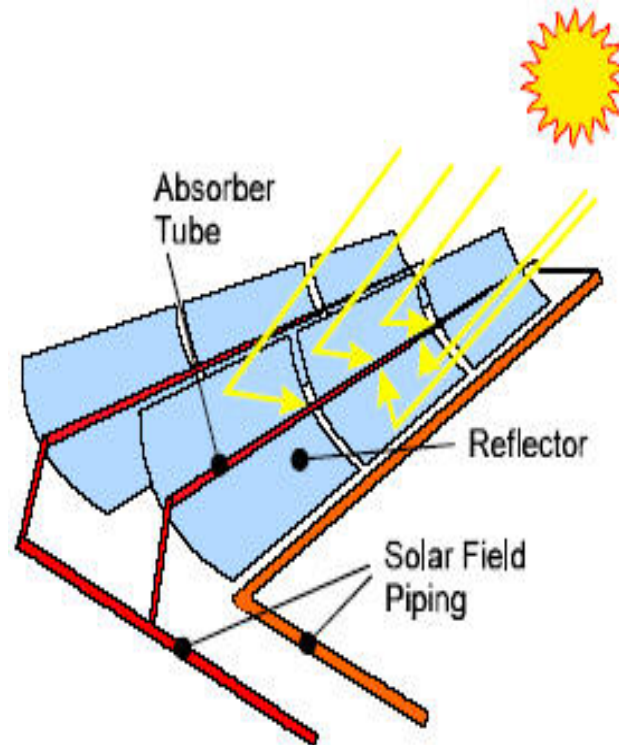


Source: Pharabod & Philibert 1991

- 70 cités (multi-)millionnaires en habitants
- Surtout dans les pays sans objectifs Kyoto!

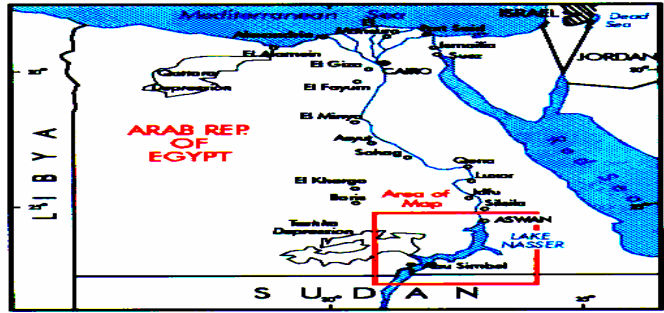


Trois concepts principaux



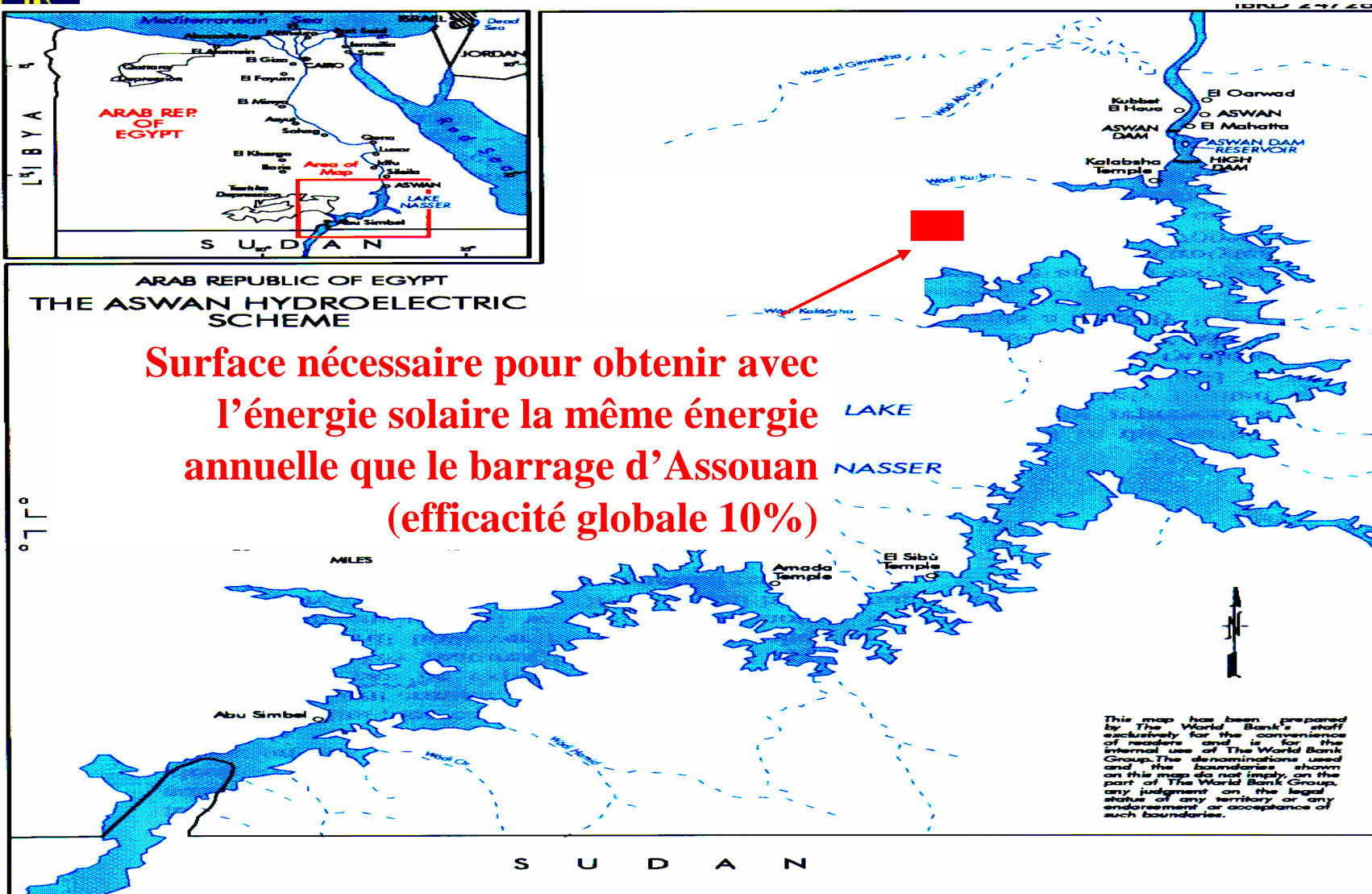


Un problème de surface?



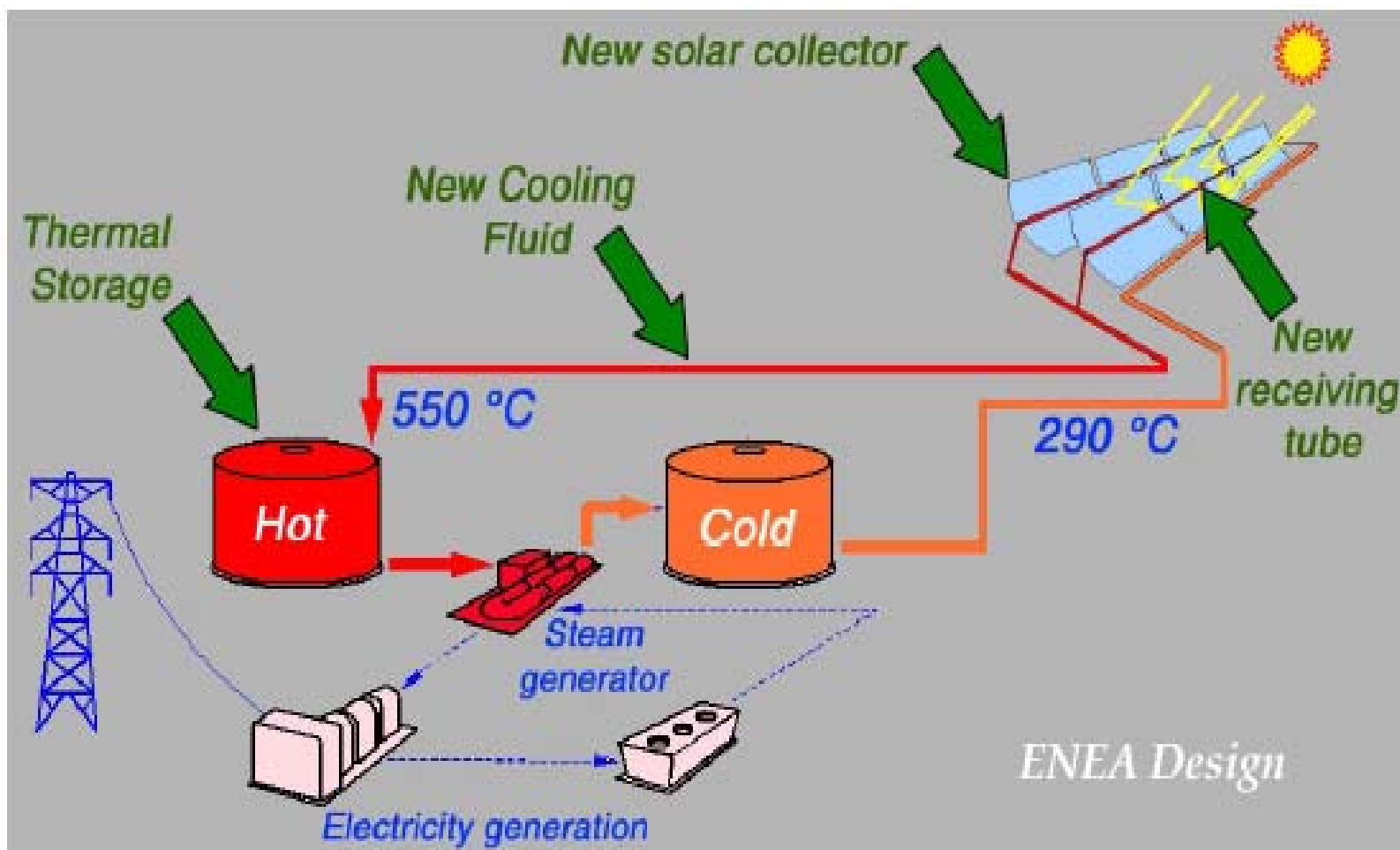
ARAB REPUBLIC OF EGYPT
THE ASWAN HYDROELECTRIC SCHEME

**Surface nécessaire pour obtenir avec
l'énergie solaire la même énergie
annuelle que le barrage d'Assouan
(efficacité globale 10%)**





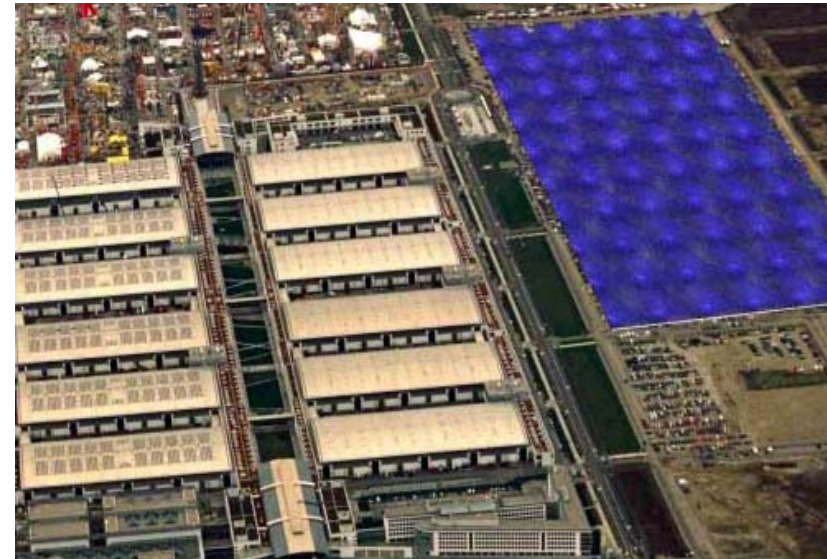
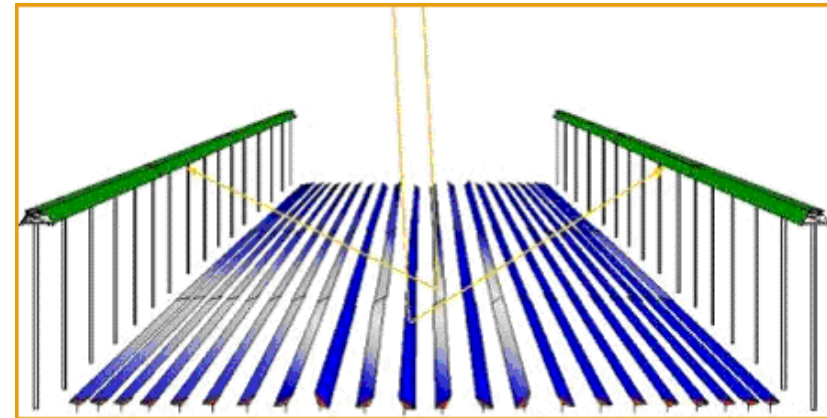
Le stockage de chaleur sécurise la puissance





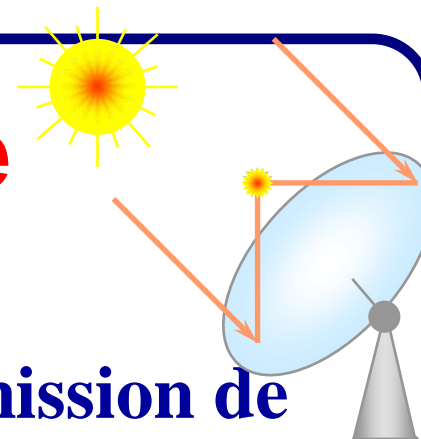
De nouveaux concepts

- Intégration de champs solaires dans des centrales à cycle combiné
- Génération directe de vapeur
- Utilisation de sels fondus pour le stockage et/ou fluide caloporteur (?)
- Réflecteurs linéaires Fresnel
- Systèmes multi-tours





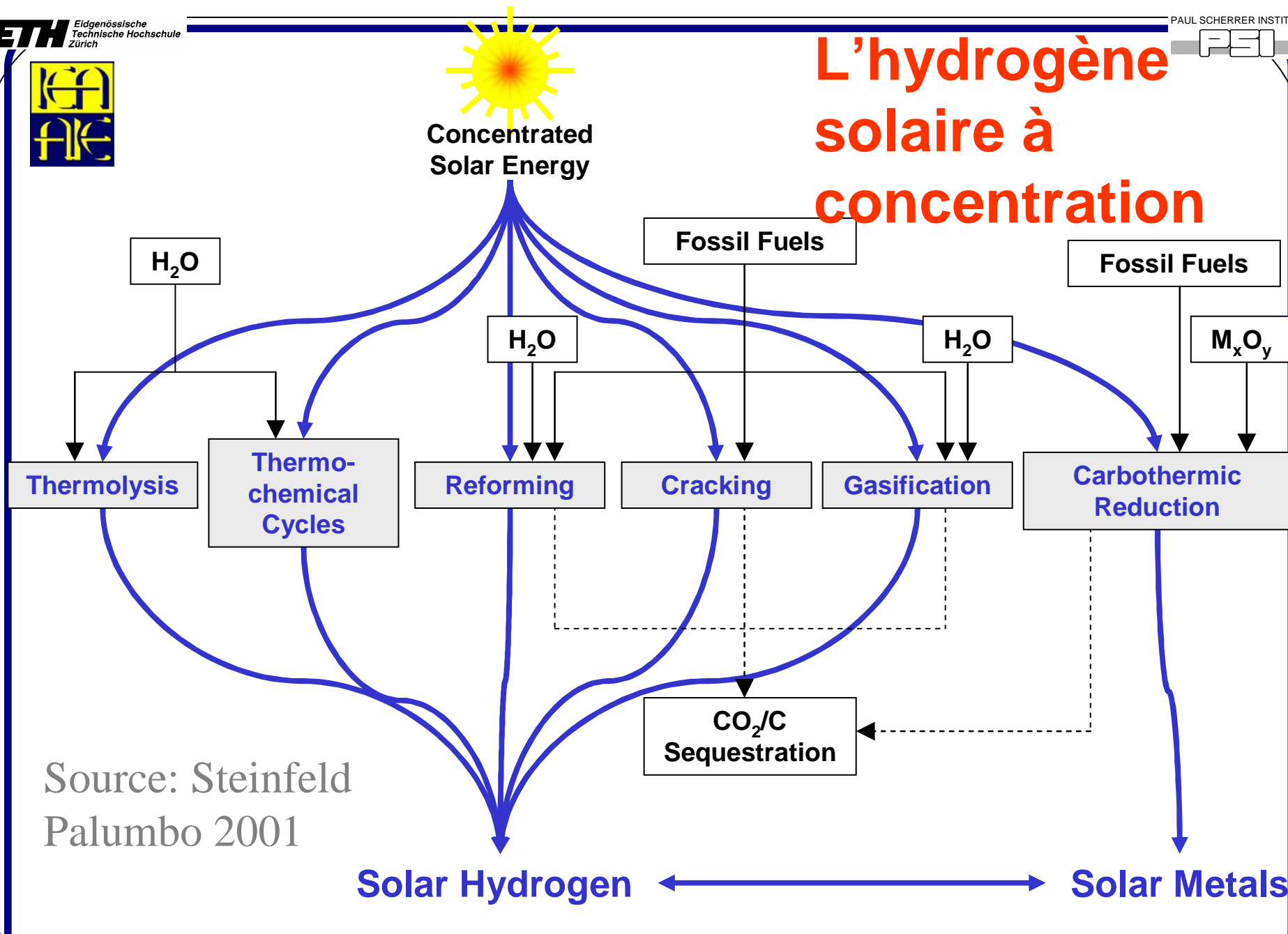
Hydrogène Solaire



- Lorsque toute l'électricité sera sans émission de carbone...
- Cela vaudra la peine d'utiliser l'hydrogène solaire pour alimenter voitures, camions, bateaux et avions
- PV + électrolyse probablement coûteux
 - ◆ Cependant, la “cogénération” directe dans le panneau améliore l'efficacité
- Le solaire à concentration à haute température peut produire efficacement de l'hydrogène selon plusieurs voies



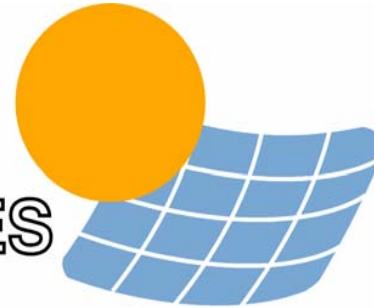
L'hydrogène solaire à concentration



Source: Steinfeld
Palumbo 2001



SolarPACES



- **1 parmi 42 ‘implementing agreements’ de la technologie à l’AIE**
 - ◆ **Renouvelables, efficacité, fusion, combustibles fossiles**
- **15 participants:**
 - ◆ *Afrique du Sud, Algérie, Allemagne, Australie, Brésil, Commission Européenne, Egypte Espagne, États-Unis, France, Israël, Mexique, Royaume-Uni, Russie, Suisse*
- **Depuis 1977, a joué un rôle dans le succès californien**
 - ◆ **Centré sur R&D, partage de l’information, quelques expériences à coûts partagés**
- **Rôle élargi en 1997 à l’éducation du public et au soutien du développement des marchés**
- **www.solarpaces.org**



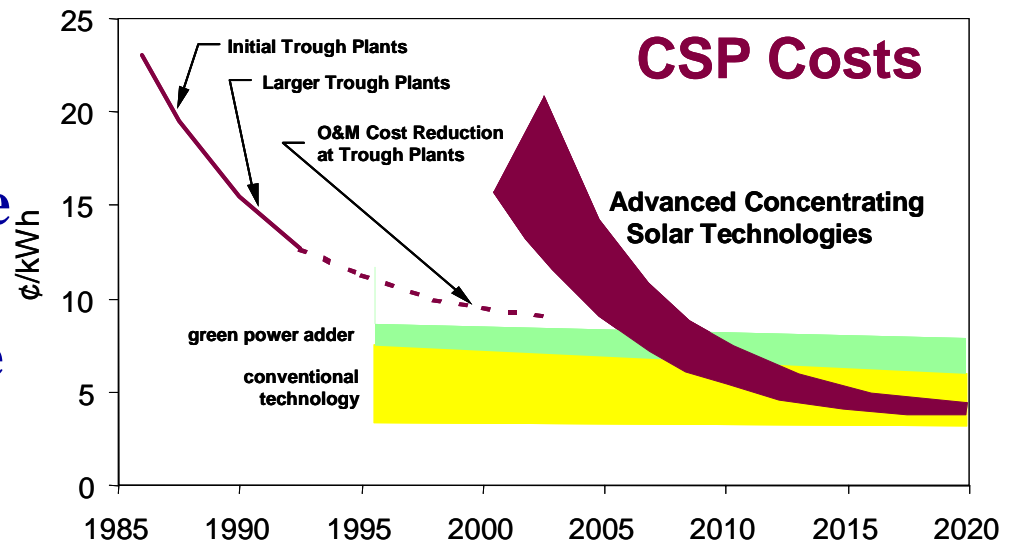
Le soutien du FEM

- **Le programme opérationnel n°7**
- **Des subventions couvrant les coûts additionnels**
- **Des projets en Egypte, Inde, Mexique, Maroc: champs solaires intégrés à de plus importantes centrales à combustibles et cycles combinés**
- **Insuccès jusqu'à présent: risques pays, risques technologiques, industrie faible**



« Global Market Initiative »

- Réunit les industriels, SolarPaces, des gouvernements, le PNUE...
- Vise la construction de 5,000 MWe dans le monde pour bénéficier des processus d'apprentissage et amener le solaire à concentration à la compétitivité





Un renouveau bienvenu

- Projets en Afrique du Sud, Algérie, Australie, Égypte, Espagne, États-Unis, Inde, Israël, Italie, Maroc, Mexique
- Un partenariat Europe-Afrique du Nord?
- De nouveaux efforts de recherche

