



Le Tour des Energies

Blandine Antoine et Elodie Renaud
www.promethee-energie.org

Saint Germain en Laye, le 10 Janvier 2008

Nous vous présentons :

- Energie, climat et bilan planétaire écologique en (très) bref!
- Le Tour des Energies en projets
 - Produire l'énergie
 - La fin des torchères chez les pétroliers?
 - Maîtriser la foudre de Thor!
 - Un océan de promesses...
 - Le solaire thermico-électrique, moins cher que le PV?
 - Une éolienne bon marché
 - Le biodiesel, rempart contre la pauvreté?
 - L'utiliser intelligemment
 - Economie de carburant – une technologie adaptée au parc ancien de véhicules?
 - Repenser l'habitat
 - Optimisation industrielle
 - Energie et développement
 - Déforestation et énergie
 - Electrification rurale

Nous vous présentons :

- Energie, climat et bilan planétaire écologique en (très) bref!
- Le Tour des Energies en projets
 - Produire l'énergie
 - La fin des torchères chez les pétroliers?
 - Maîtriser la foudre de Thor!
 - Un océan de promesses...
 - Le solaire thermico-électrique, moins cher que le PV?
 - Une éolienne bon marché
 - Le biodiesel, rempart contre la pauvreté?
 - L'utiliser intelligemment
 - Economie de carburant – une technologie adaptée au parc ancien de véhicules?
 - Repenser l'habitat
 - Optimisation industrielle
 - Energie et développement
 - Déforestation et énergie
 - Electrification rurale

Où en est la planète

- 1987: Rapport « Notre Avenir Commun »
 - Commission Brundtland
 - Définition du concept de Développement Durable
- 1997: Protocole de Kyoto
 - Réduire les émissions de gaz à effet de serre (dont CO₂, méthane, N₂O, CFC...)
 - Rq: les émissions de CO₂ augmentent 35% plus vite que prévu en 2000
- 10 et 20 ans après: sortie de deux rapports clés (ONU)
 - **GIEC :**
 - L'homme est responsable du réchauffement climatique (certitude): + 0,74°C depuis 1906
 - rôle particulier de la production/conso énergétique
 - Prévvision de ΔT entre 1,1 et 6,4°C
 - intervalle de confiance accrue pour ΔT entre **1,8** et **4°C**
 - Conséquences envisagées: sécheresses, inondations, migrations...
 - **GEO-4 :**
 - Un appel urgent à l'action
 - Empreinte humaine: **21,9** ha/pers Capacité biologique terrestre: **15,7** ha/pers
 - Points de non-retour dans la dégradation de l'environnement: 6ème extinction en cours.
 - Crise **environnementale**, crise de **développement** et crise de **l'énergie** ne font qu'une

Commentaires

- GEO-4: <http://www.unep.org/geo/geo4/media/>
- Résumé en français sur http://www.unep.org/geo/geo4/media/media_briefs/french/FR-Media_Briefs_GEO-4_Global_Web.pdf
- Extraits :
- Taux d'extinction d'espèces 100 fois supérieur à ce qui est indiqué par les fossiles
- les températures moyennes mondiales ont augmenté d'environ 0,74°C depuis 1906.
- Le monde a radicalement changé depuis 1987, au niveau social, économique et politique. La population a augmenté de 34%, le commerce est pratiquement multiplié par 3 et le revenu moyen par habitant a augmenté d'environ 40%.

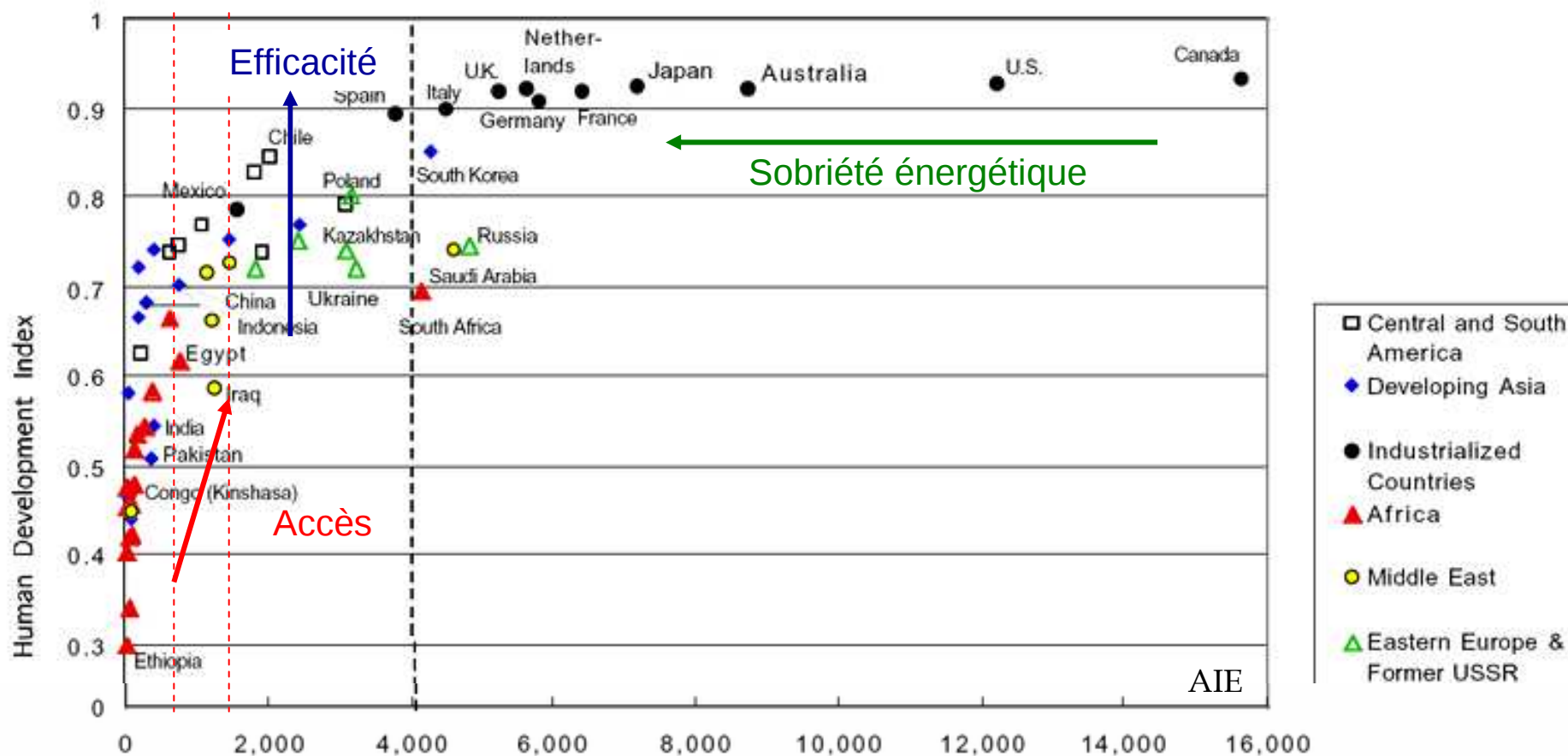
Comment réduire les émissions énergétiques?

Nous avons besoin d'énergie pour :

- Accéder aux services énergétiques
- Assurer à chacun un bon niveau de vie

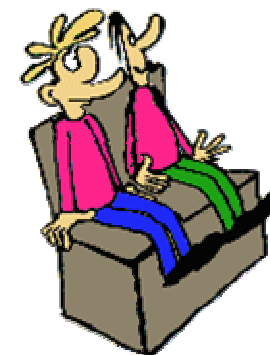
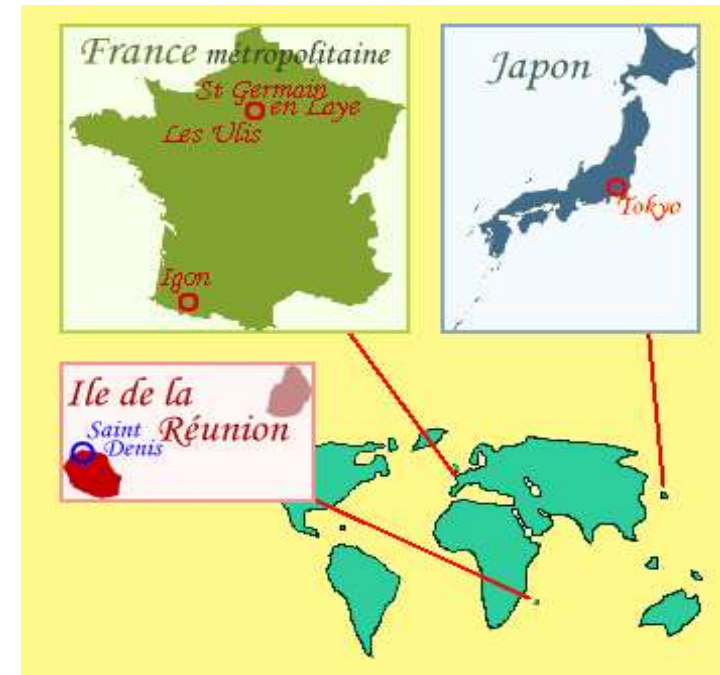
Mais le processus actuel n'est pas durable :

- Pollution
- Tensions sur les ressources
- Réchauffement climatique



$\frac{3}{4}$ des émissions humaines de CO₂ viennent de la combustion d'énergies fossiles

- Prométhée : diffusion d'information scientifique sur technos énergétiques
- Premier projet: le Tour des Energies
 - Un tour du monde à la rencontre d'innovations énergétiques
 - Un partenariat pédagogique monté avec 7 classes pilotes
- Le voyage:
 - 7 mois
 - 17 pays
 - Plus de 200 rencontres
- Le partenariat pédagogique
 - Le 'Kit de Prométhée': 45 pages organisées en 7 thèmes
 - Grand Jeu 'la Chasse au Gaspil'
 - Suivi du voyage (dont animation d'un forum internet)



Commentaires

- Fiches pédagogiques téléchargeables sur <http://promethee.apache.atalan.applixia.net/primaire/index.php> en cliquant sur 'les fiches sur l'énergie'.
- Vous souhaitez aider à les améliorer?
Écrivez nous à promethee.mail@gmail.com !

Nous vous présentons :

- Energie, climat et bilan planétaire écologique en (très) bref!
- Le Tour des Energies en projets
 - Produire l'énergie
 - La fin des torchères chez les pétroliers?
 - Maîtriser la foudre de Thor!
 - Un océan de promesses...
 - Le solaire thermico-électrique, moins cher que le PV?
 - Une éolienne bon marché
 - Le biodiesel, rempart contre la pauvreté?
 - L'utiliser intelligemment
 - Economie de carburant – une technologie adaptée au parc ancien de véhicules?
 - Repenser l'habitat
 - Optimisation industrielle
 - Energie et développement
 - Déforestation et énergie
 - Electrification rurale

Le Tour des Energies



Gaz et charbon

Le chiffre

En 2004, part d'énergie primaire:
34% pétrole + 25% charbon + 21% gaz = 85 %

Avantages

- Pétrole et GN :
extraction bon marché, facilité de transport, haute densité énergétique
- Charbon : Importantes réserves, bon marché

Inconvénients

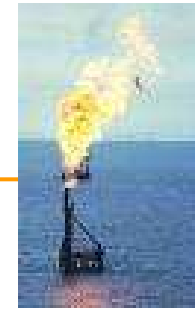
- Pétrole et GN : Source de tensions politiques, non renouvelable, polluant
- Charbon : polluant

Exemples de projets

- L'exploitation de pétrole plus profond, plus visqueux
- Exploitation du charbon
- **Séquestration du carbone** : quelle réalité?
- **Réinjection de gaz** sur les champs pétroliers
- Technologies de **charbon propre**



La fin des torchères chez les pétroliers?



Pourquoi

Torchère → Emission de GES → 170 milliards m³ (2006) = 5,5% de la consommation mondiale

Comment

A court terme : **réinjecter** le gaz

A long terme : l'exploiter?

Bilan

Une **pression** environnementale et médiatique croissante

Une mise en application des **contrats de concession**

FPSO Dalia dans les eaux angolaises profondes (Total):

Réinjection du gaz à compter d'avril 2007
(gisement exploité depuis décembre 2006)

Pistes d'amélioration ...

Comment faire évoluer les pratiques sur les champs existants, ou au sein de pays peu regardants?



FPSO Dalia, Angola

Commentaires

- Sources de statistiques sur l'énergie :
 - BP Statistical Review (site 2003)
 - Site AIE 2004

Le nucléaire

Le chiffre

Fission d'1 g d'U235 → 2 tep; Fusion d'1 g de D + 1,5 g de T → 20 tep

La Fission

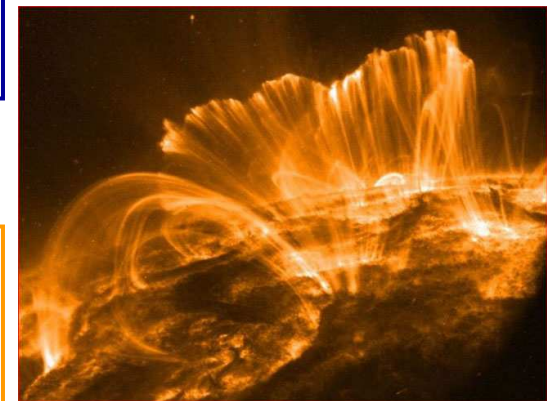
- **A:** Faibles émissions CO2, Grandes réserves de combustible dans pays politiquement stables, Source d'énergie stable
- **I:** Sécurité, Déchets, Prolifération, Soutien public défaillant

La Fusion

- **A:** Disponibilité carburant (40 mg D/l mer, T à partir de Li), Densité énergétique, pas d'HAVL
- **I:** Coûts et incertitudes du développement technologique (notam. matériaux), Fin de vie des centrales

Exemples de projets

- Une centrale au **Thorium**
- Stocker les **déchets**
- Une **géométrie** de combustible plus efficace
- La fusion, inertielle ou thermonucléaire?



Maîtriser la foudre de Thor! (1/2)

Pourquoi

Sécurité, Déchets, Prolifération → nouveau combustible

Comment

$\text{Th232} + n \rightarrow \text{U233}$

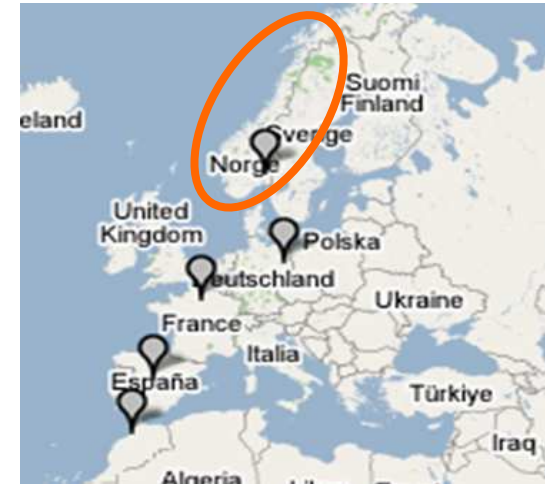
Coupler un réacteur **sous-critique** thorium
à une source extérieure de neutrons
(**accélérateur de proton + source de spallation**)

Bilan

- Réserves de thorium importantes (Inde, Norvège)
- Contrôle extérieur de la réaction : **sûreté renforcée**
- Nombre de masse plus bas : plus faible probabilité de produire des éléments HAVL
 - **Moins de déchets radioactifs**
 - **Réduction du risque de prolifération**
- Spectre rapide → brûler les déchets des centrales classiques : **réduction du volume actuel de déchets rad.**

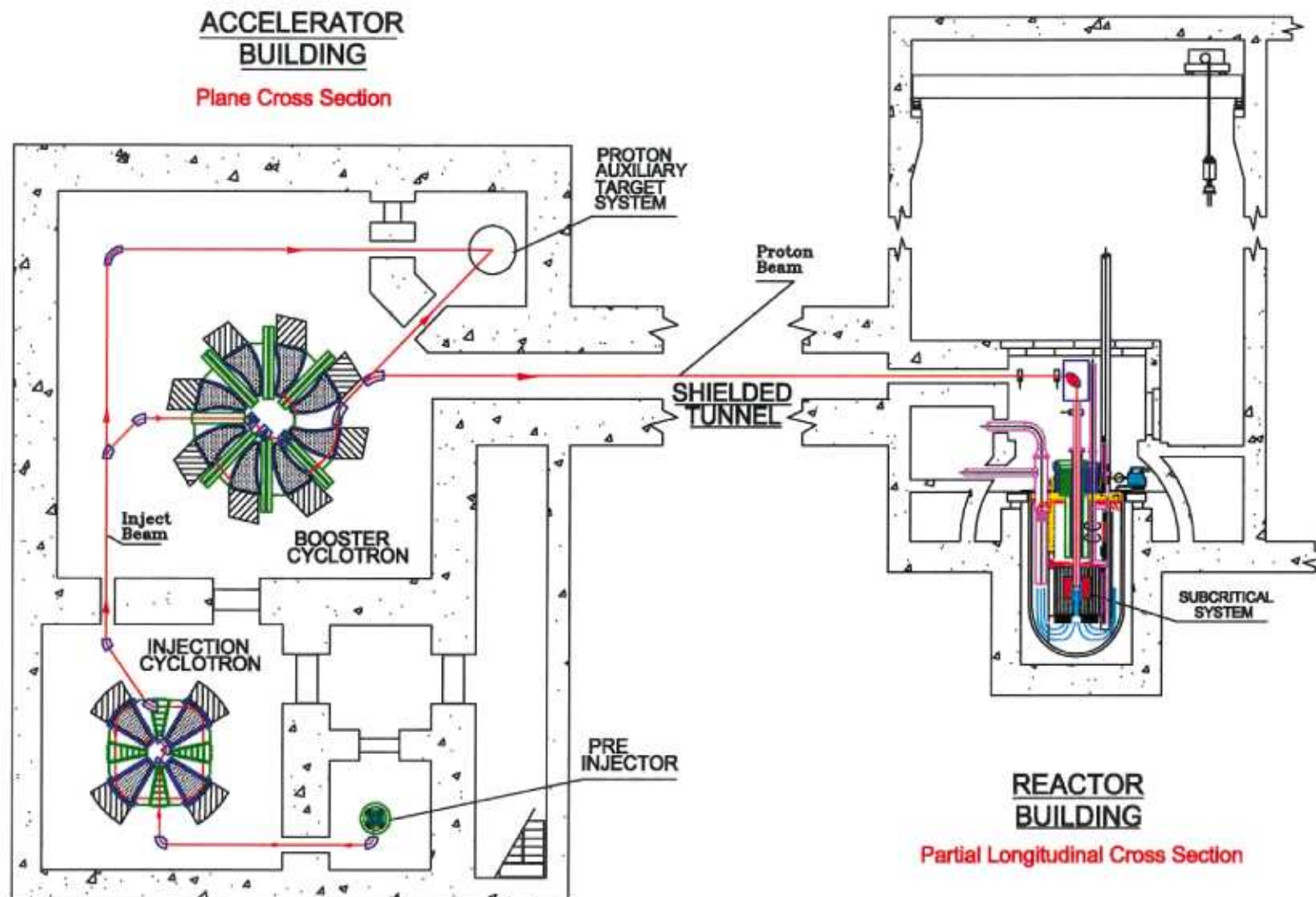
Il faut ...

Un prototype, sur le modèle de coopération international d'ITER?



Prof. Egil Lillestol, Univ. Bergen

Maîtriser la foudre de Thor! (2/2)



L'hydraulique

Le chiffre

Barrages et retenus :

3/4 des sites des pays industrialisés vs 1/5 des pays émergents

En 2004 : 715 GW = 20% de la puissance électrique installée mondiale

Avantages

- Faibles émissions CO₂
- Source stable d'énergie
- Grand potentiel inexploité

Inconvénients

- Lourds investissements
- Problèmes environnementaux (déforestation, déplacement de rivière, impact sur faune et flore etc.)

Exemples de projets

- Le barrage d'Itaipu : un **géant des eaux**
- **Campagne « Rios vivos »** de l'association Ecosistemas : contre la mise en place de barrages en Patagonie
- Exploiter l'énergie des marées avec une **hydrolienne**



Un océan de promesses...

Pourquoi

Courants, Marées, Vagues → potentiel à exploiter

Comment

Les courants et marées via des **Hydrolennes** :
éoliennes plantées sur le sol océanique

Bilan

« Hammerfest Strøm » : début 2004 dans le détroit de Kvaslund

300 kW, 45 mètres de profondeur, 2 m/s de courant

Mai 2007 : création de Hammerfest UK avec Scottish Power.

Projet: Hydrolennes de 1 MW,
déployées en fermes de 50 à 100 MW

Pistes d'amélioration ...

Comment exploiter le potentiel océanique des côtes
françaises, 2ème après le britannique? (cf. Ifremer 2004)



Solaire et éolien

Le chiffre: Irradiation Globale Horizontale (source: <http://ines.solaire.free.fr/dataclim.php#>)

Paris: 3,06 kWh/m²/jour (2,89 à Lille, 4,43 à Ajaccio) 5 en Algérie

Avantages

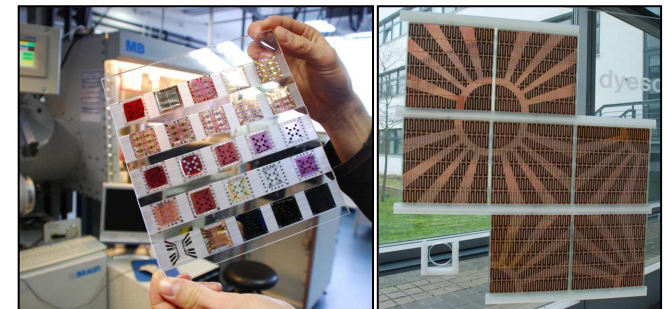
Renouvelable, propre, grand potentiel, décentralisé (perception)
Potentiel éolien mondial = 2-3 TW d'électricité ; 75 GW inst. (2007)

Inconvénients

- Production de faible puissance / m² et coûts associés
- Intermittence
- Toxicité (cellules solaires et batteries)
- Esthétisme, collisions avec oiseaux

Exemples de projets

- Quand **éolien et hydrogène** se combinent : île d'Utsira
- Une **éolienne bon marché** adaptée aux besoins ruraux
- Cellules PV inorganiques, procédé à **nanoparticules**:
PV à coût réduit et efficacité conservée
- Cellules PV **organiques** ou **photochromique**:
PV à coût réduit, fonctionnalités accrues, efficacité moindre
- Le **thermique électrique**



Le solaire thermique, moins cher que le PV?

Pourquoi

Coût du solaire PV → électricité solaire thermique?

Comment

- **Fermes solaires:** concentrateurs solaires (tours / miroirs) associés à moteurs Stirling ou turbines à vapeur
- **Décentralisée:** cogénération électricité et chaleur BT

Bilan

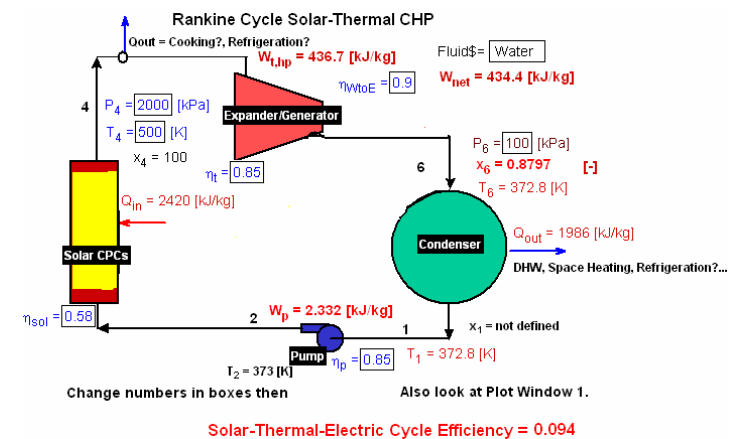
- 330 MWe dans le désert du Mojave, 11 MW à Séville (mars 2007), 45 projets en cours (5 500 MW)
 - 1 MWh évite l'émission de 600 kg CO₂
 - 'retour sur énergie' 5 mois, durée de vie 25-30 ans
 - 200 GWe potentiel dans S/O USA
 - 5% de l'élec mondiale en 2040 ?
- **Cogénération décentralisée:**
 - Collecteurs à tubes de verre sous vide
 - Température de l'eau > 200°C
 - Efficacité cumulée > 50%

Pistes d'amélioration ...

Turbine et caloporteurs à optimiser (UCB/RAEL)



Centrale solaire de Kramer's junction, Californie, Etats-Unis



Commentaires

Un rapport, publié en septembre 2005 par la Fédération européenne de l'industrie solaire thermique (ESTIF), Greenpeace et SolarPaces de l'AIE, a indiqué qu'*« il n'y a pas d'obstacles techniques, économiques ou en matière de ressources à ce que l'énergie solaire thermique satisfasse 5 % des besoins mondiaux en électricité d'ici à 2040 »*

Une éolienne bon marché

Pourquoi

Matériaux de construction et batteries chers
→ non adaptés au milieu rural des PVD

Comment

Baisser le coût des matériaux et du mode de stockage

Bilan

Fabrication d'une éolienne aux **matériaux** locaux et bon marché

Sous-dimensionnement de la batterie
Stockage physique: pomper l'eau, moulin à grain ...

Pistes d'amélioration ...

Comment adapter les technologies aux contextes locaux?



CIFRES, Univ. Polytechnique de Dakar

La biomasse technologique

Avantages

Renouvelable (et potentiellement, bilan CO₂ / CH₄), Disponible, Bonmarché, Facilité de conversion (→ électricité, carburant)

Inconvénients

- Pollution locale (biomasse traditionnelle), engrais
- Rendements de conversion éventuellement limités (ex. éthanol/maïs)
- Compétition pour les ressources en eau/terre, biodiversité

Exemples de projets

- Le retour de la biomasse en Europe : centrales électriques alimentées en « déchets verts »
- Des politiques sociales de développement des agro-carburants (Zambie, Inde, Brésil)
- Captage du méthane des décharges / des lisiers
- La biomasse industrielle: du charbon vert pour la sidérurgie
- Gazéification (Inde) et huiles végétales (Amazonie) pour accéder à l'électricité



Le biodiesel, rempart contre la pauvreté?

Pourquoi

Pauvreté rurale + facture énergétique → carburants locaux

Comment

- Technologie de conversion produits agricoles (oléagineux) → biodiesel
- Obligation d'achat auprès de petits producteurs
- Obligation d'incorporation

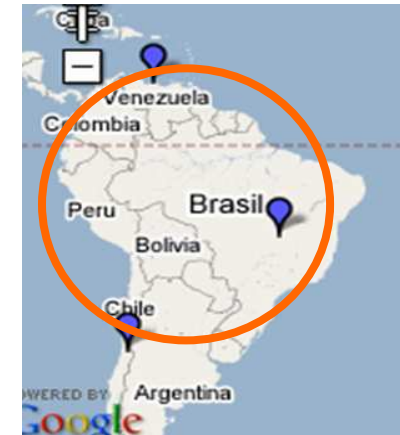
Bilan

20% de réduction de la consommation diesel observée

Pistes d'amélioration ...

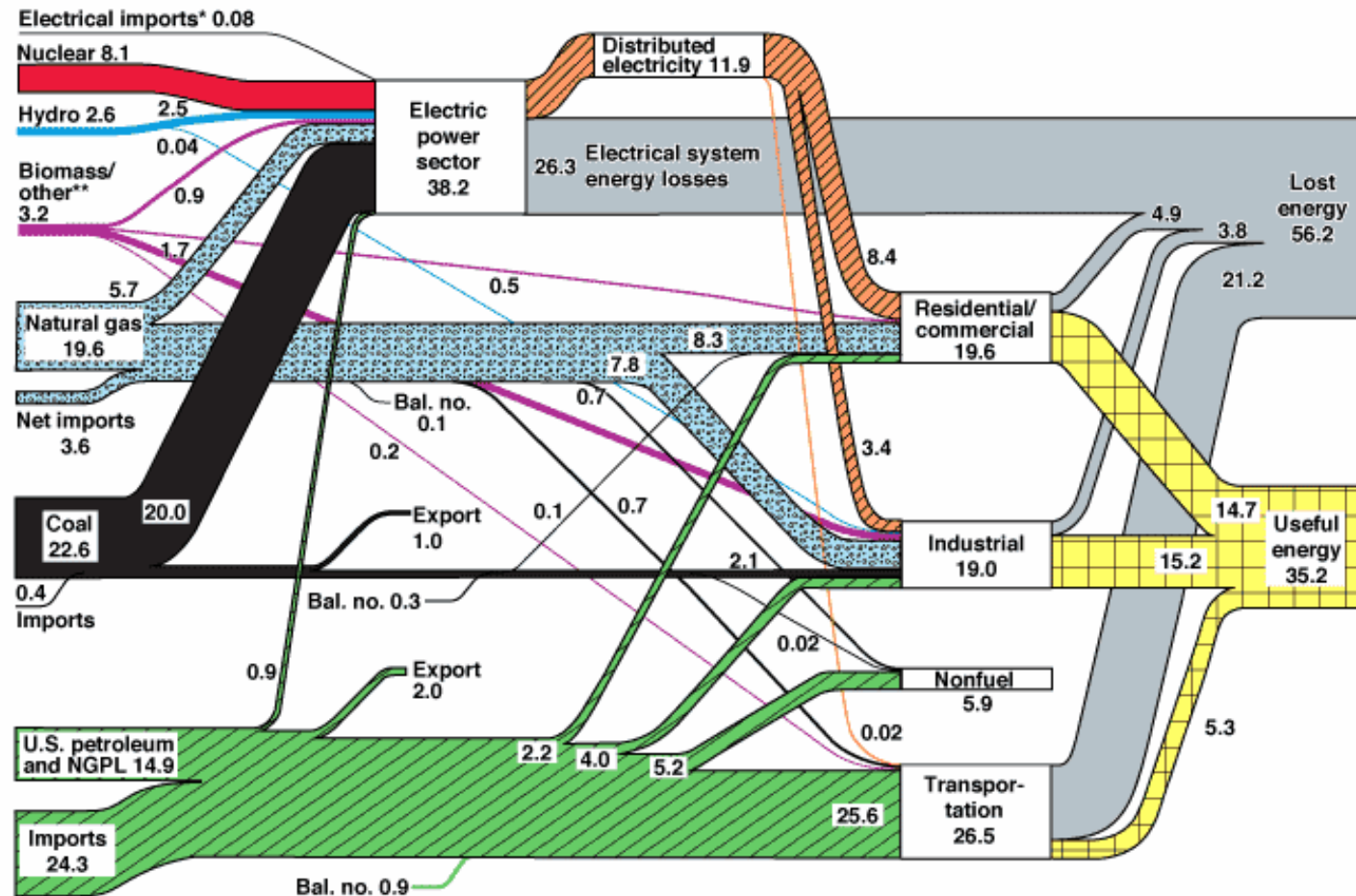
Standardisation

Commentaire: Programme similaire en Inde (plante = jatropha curcas)



A lire de droite à gauche !

U.S. Energy Flow Trends – 2002 Net Primary Resource Consumption ~97 Quads



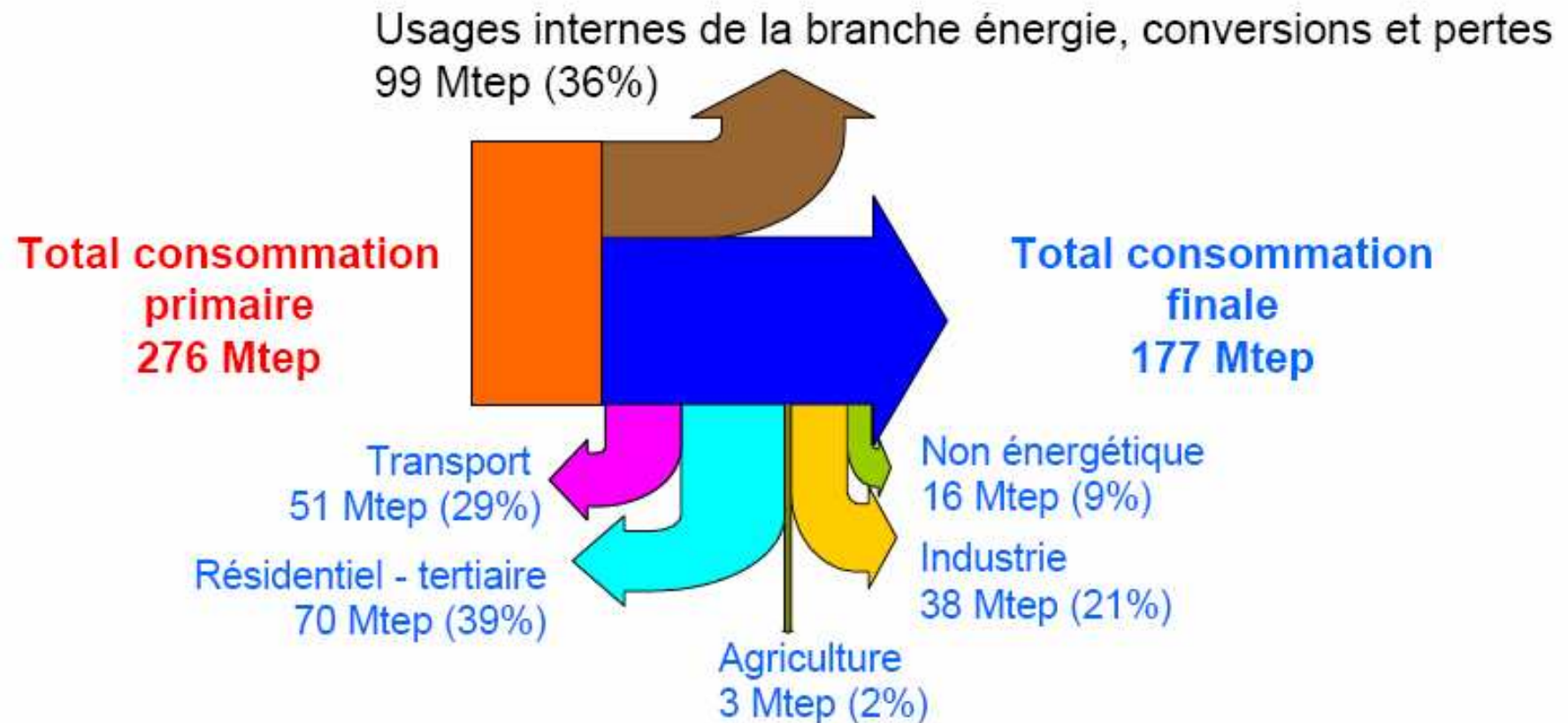
Source: Production and end-use data from Energy Information Administration, *Annual Energy Review 2002*.

*Net fossil-fuel electrical imports.

**Biomass/other includes wood, waste, alcohol, geothermal, solar, and wind.

June 2004
Lawrence Livermore
National Laboratory
<http://eed.llnl.gov/flow>

Le bilan énergétique français



L'efficacité énergétique

Le concept

Négawatt – années 70 (Amory Lovins)

Les moyens

Equipements: Lampes économes en énergie, véhicules et équipements basse consommation, senseurs de présence ou de mouvement, isolation des bâtiments ...

Mais aussi : habitudes et modes de vie

Avantages

- Le moins cher des mégawatts
- Mobilisable rapidement (technologie existante)

Inconvénients

- Difficile mesure (facteur comportemental)
- Retours sur investissements parfois trop longs
- Difficile sensibilisation des industriels et grand public

Exemples de projets

- Des **chaudières** plus efficaces pour les hammams marocains
- **Demand Side Management** chez Eskom
- Foyers améliorés
- **Labellisation**
- Adura: Contrôler l'**éclairage** sur Internet

Economie de carburant?

Pourquoi

Véhicules neufs améliorés → parc ancien de véhicules?

Comment

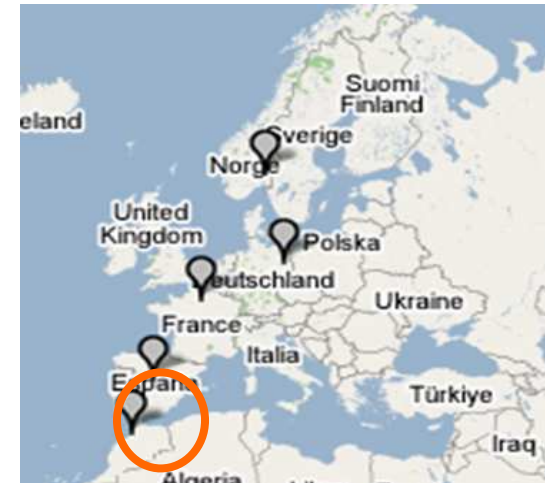
Améliorer la **combustion** dans le moteur en accroissant l'homogénéité du mélange oxygène/carburant.

Bilan

- 5 à 12% d'économie de la consommation démontrée sur des bus barcelonais
- Amélioration de la combustion : meilleure performance du moteur et réduction des émissions de polluants locaux.
- Extension au parc de bus de la ville
- Phase de commercialisation de ce système magnétique.

Pistes d'amélioration ...

Commercialisation du produit?



L'équipe de Ronser et son produit

Repenser l'habitat

Pourquoi

40% de l'énergie primaire consommée en France (Res+Tert.)
Moyenne de consommation française: 240 kWh/m²/an

Comment

Efficacité énergétique:

- Diminuer les pertes thermiques
- Accroître les rendements de conversion

Production d'énergie décentralisée

- Les piles à combustible de Tokyo (détail)
- Le solaire à Fribourg

Bilan

Tokyo: projet de démonstration pour cogénérer électricité et chaleur dans 2 000 maison (PEFCs 1 kWe)

- Combustible: gaz naturel, kerosène ou GPL
- Compact, conversion énergétique efficace, non polluant
- 35% d'efficacité de conversion électrique, 80% conversion énergétique

Fribourg: quartier Vauban

- Normes de construction ambitieuses (65 kWh/m² voire 15)
- Un nouveau mode de vie

Aller plus loin

Cycle de vie, Rénovation de l'ancien (propriétaire/habitant)



Optimiser la chaîne industrielle (1/2)

Pourquoi

Rentabilité & Développement Durable compatibles

Comment

Etat d'esprit du **fondateur** de l'entreprise.

Bilan

4 niveaux d'optimisation:

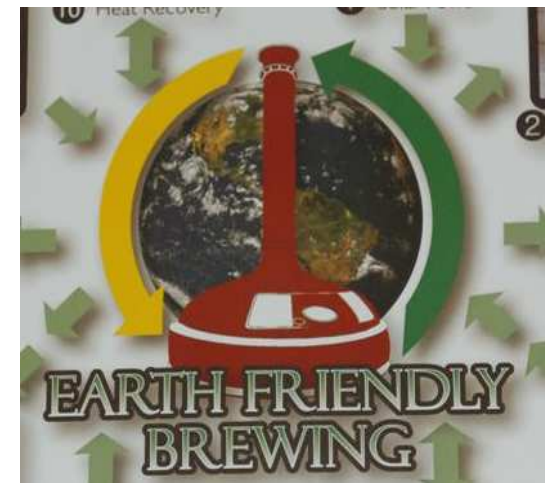
- Augmentation de l'efficacité
- Valorisation des résidus
- S'inscrire dans une logique DD, être précurseur
- Plus qu'une optimisation, une philosophie

7ème brasserie des Etats-Unis

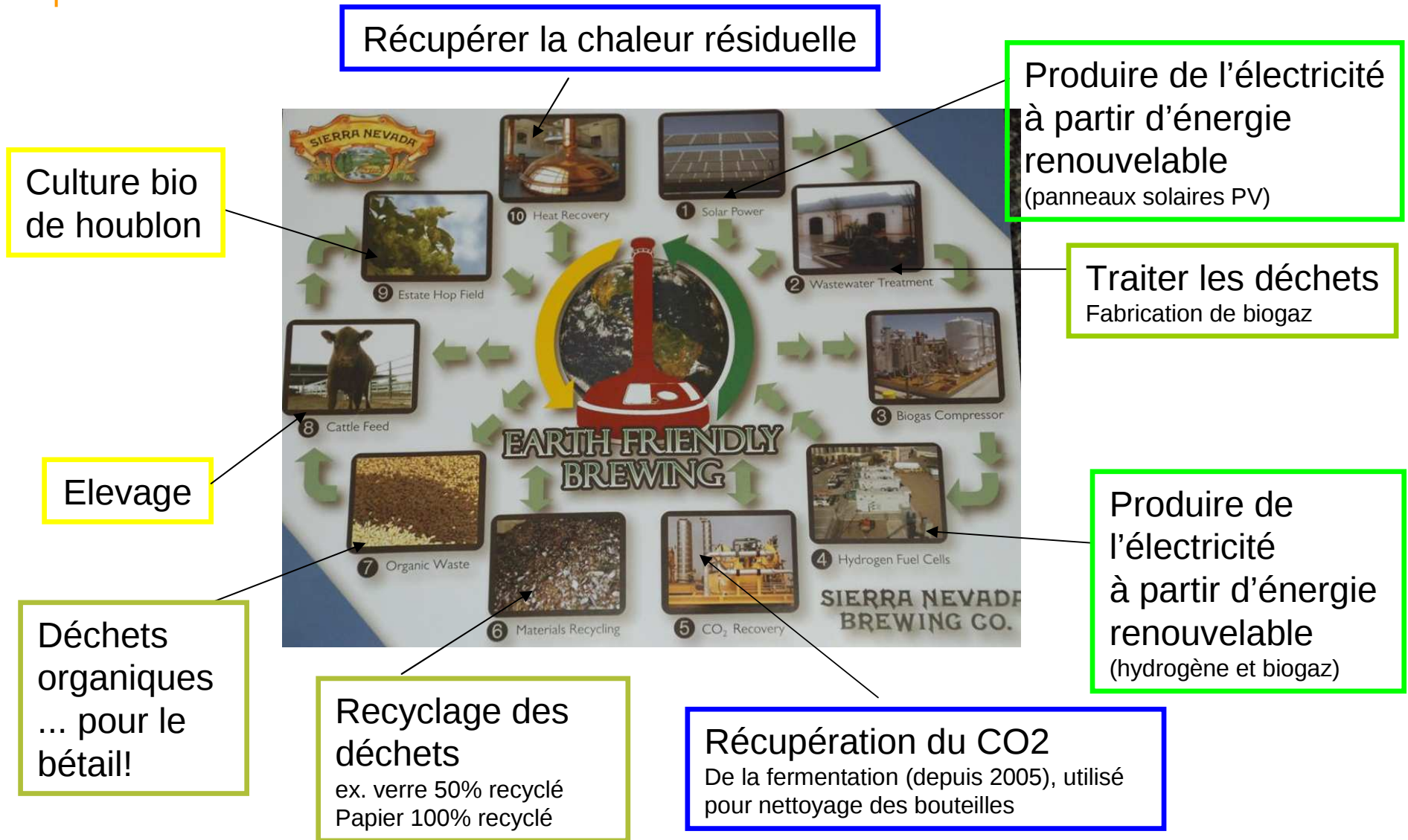
700 000 barils par an

Pistes d'amélioration ...

Valorisation en termes de marketing?



Optimiser la chaîne industrielle (2/2)



L'hydrogène

A retenir

Vecteur d'énergie

Hydrolyse de l'eau ou reformage (charbon, gaz naturel)

Avantages

- Production à la demande
- Stockage de l'électricité

Inconvénients

- Nouvelle technologie → coût des piles à combustible
- Faible densité énergétique
- Perception du public (danger)
- Problèmes de stockage & transport, possibilité de fuites

Exemples de projets

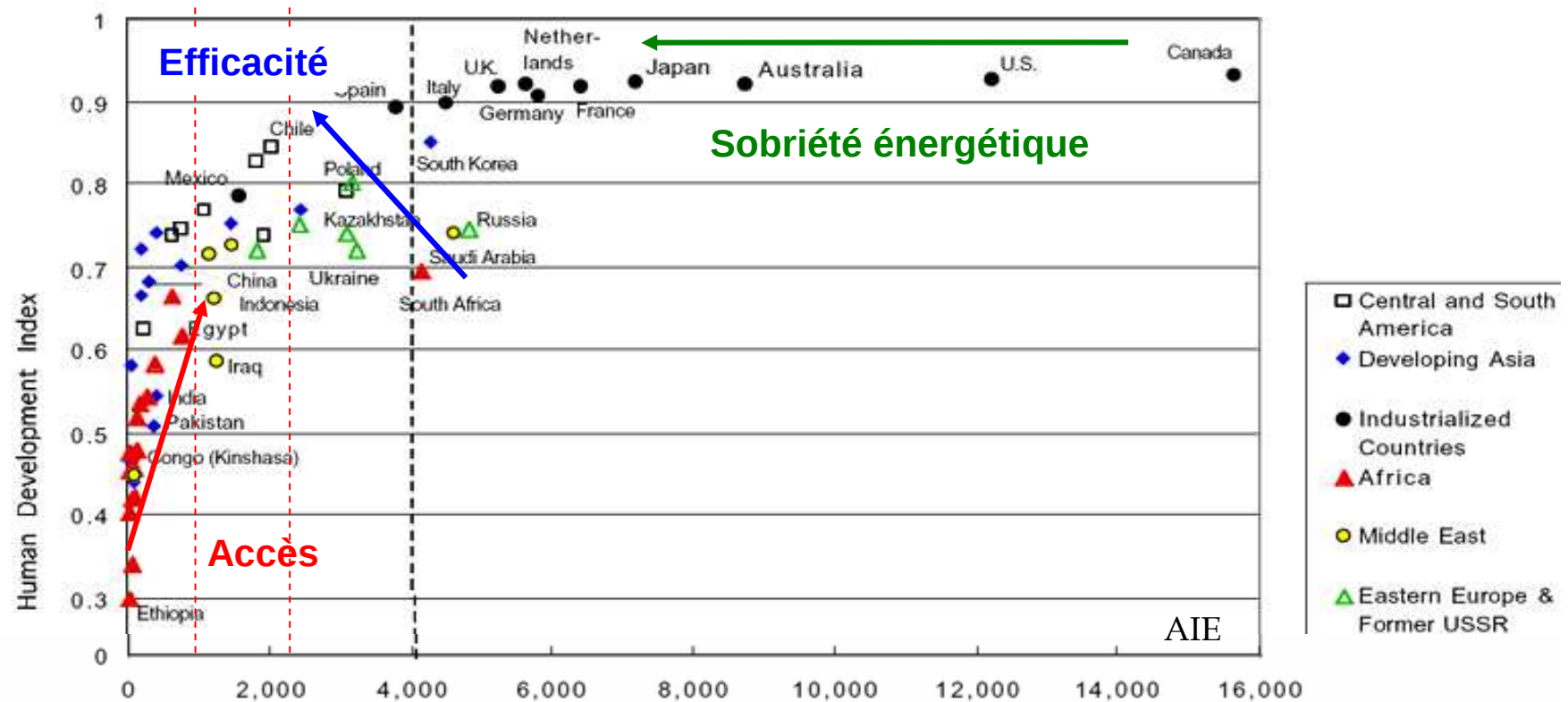
- **Stocker** l'énergie du vent dans des piles à combustibles : une combinaison propre!
- La route de l'hydrogène **Hynor**
- La **cogénération** chez soi avec une pile à combustible (CH4)
- La **voiture** à hydrogène



Energie et développement

Pourquoi

Découplage PIB / consommation énergétique → Service Energétique



Contre la déforestation

Pourquoi

Déforestation → Désertification → Exode rural

Comment

PERACOD: La forêt est une **banque** verte.

Bilan

Transfert de connaissances

Génération de revenus nouveaux:

- apiculture
- plantes médicinales, gomme arabique
- ...

Création de coopératives → **empowerment**

Préservation de la forêt

Pistes d'amélioration ...

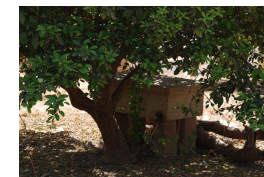
Comment faire appliquer les codes forestiers?



Utiliser un nouveau combustible à base de paille et de boue



Utiliser des fours plus économes en bois



Développer de nouvelles activités (miel)



Vendre les produits de la forêt



Et faire gérer l'argent par les femmes!

Accès à l'énergie moderne

Pourquoi

Accès aux formes modernes d'énergie → Electrification rurale
Illégitimité des populations rurales & inefficacité publique →
appel à des entreprises privées

Comment

Techniquement : extension du réseau
ou production décentralisée

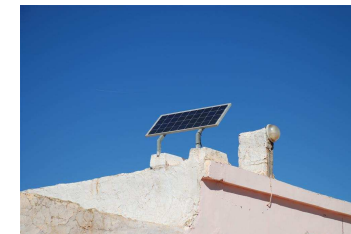
Partenariat **public – privé** :
choix des opérateurs par appels d'offre

Bilan

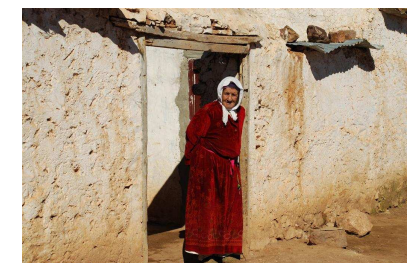
- En 1995 : 18% de la population rurale avait l'électricité
- En 2007 : **97%** (essentiellement via réseau)
- Panneaux solaires de faible puissance (50, 75 et 100 Wc)
- « Location » d'un équipement qui appartient à l'ONE et est installé par un opérateur privé
- Maintenance contractuelle
(permanence au souk & visites obligatoires de contrôle)

Pistes d'amélioration ...

Répliquabilité du programme?



Un kit
minimaliste :
50Wc, pour
3 ampoules
et 3 ou 4
heures de
télévision
noir et blanc



Première famille visitée
avec les équipes de Témassol



Conclusion

- De la Norvège au Brésil,
si les besoins et les obstacles varient ...
... l'inventivité reste et les solutions existent.
- Il est possible de réduire significativement les émissions de GES
MAIS cela ne se fera pas tout seul
- Comment, dans nos activités professionnelles, personnelles et domestiques,
comptons nous atteindre le '**facteur 4**'?

Pour aller plus loin :

- Communiquer la connaissance scientifique et ses incertitudes
 - Des difficultés d'appréhension conceptuelles
 - Les actions de l'Association Prométhée
 - Le monde est en marche : à nous de jouer...
 - ... avec Prométhée?

Mettre à mal les clichés scientifiques

Pourquoi

Une connaissance nécessaire pour des choix partagés

Comment

Responsabilité des sachants

- Le bilan scientifique
- La part d'incertitudes

→ éclairer les choix de société

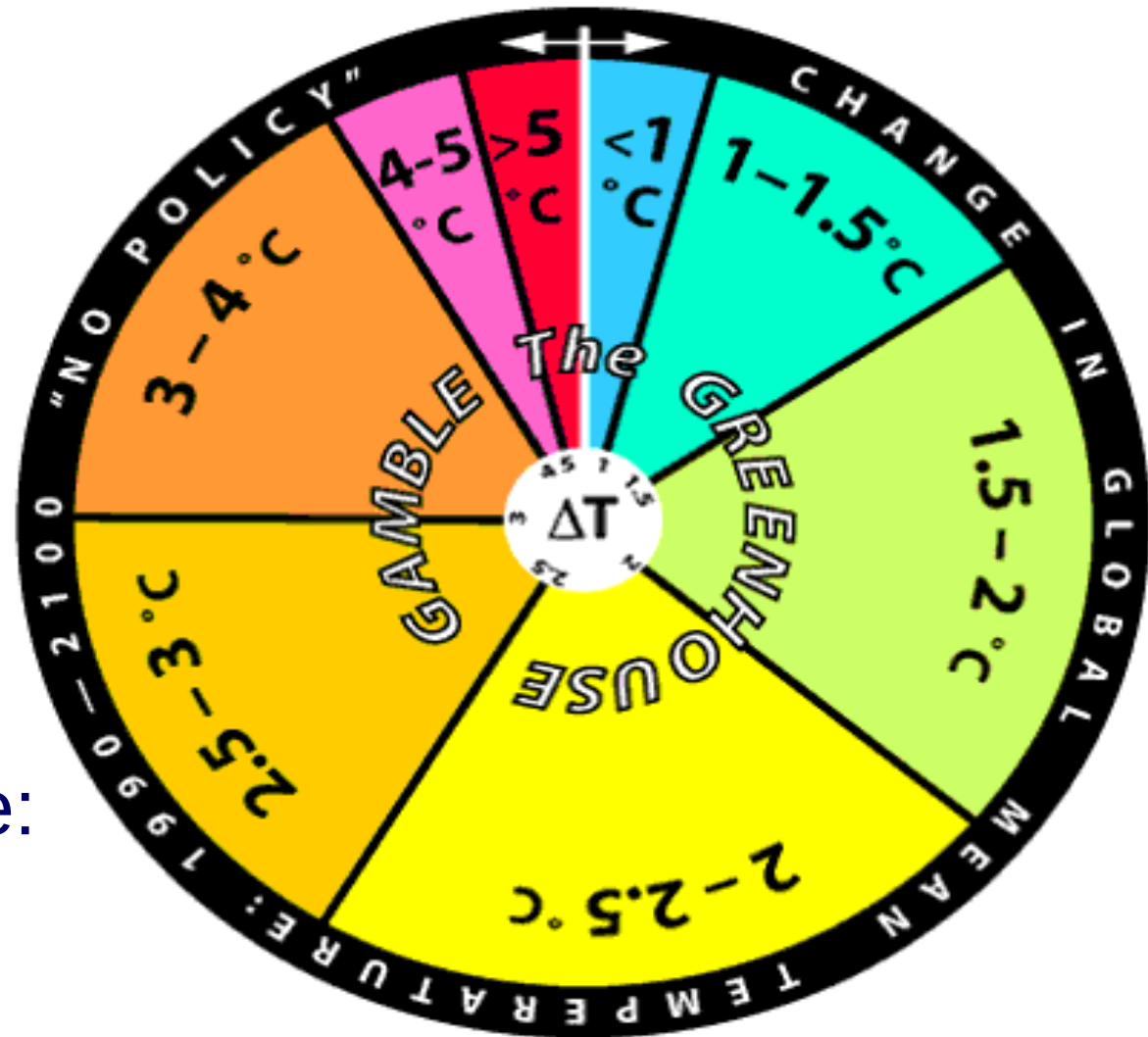
Les difficultés

Enjeux et acteurs

Des concepts mal perçus

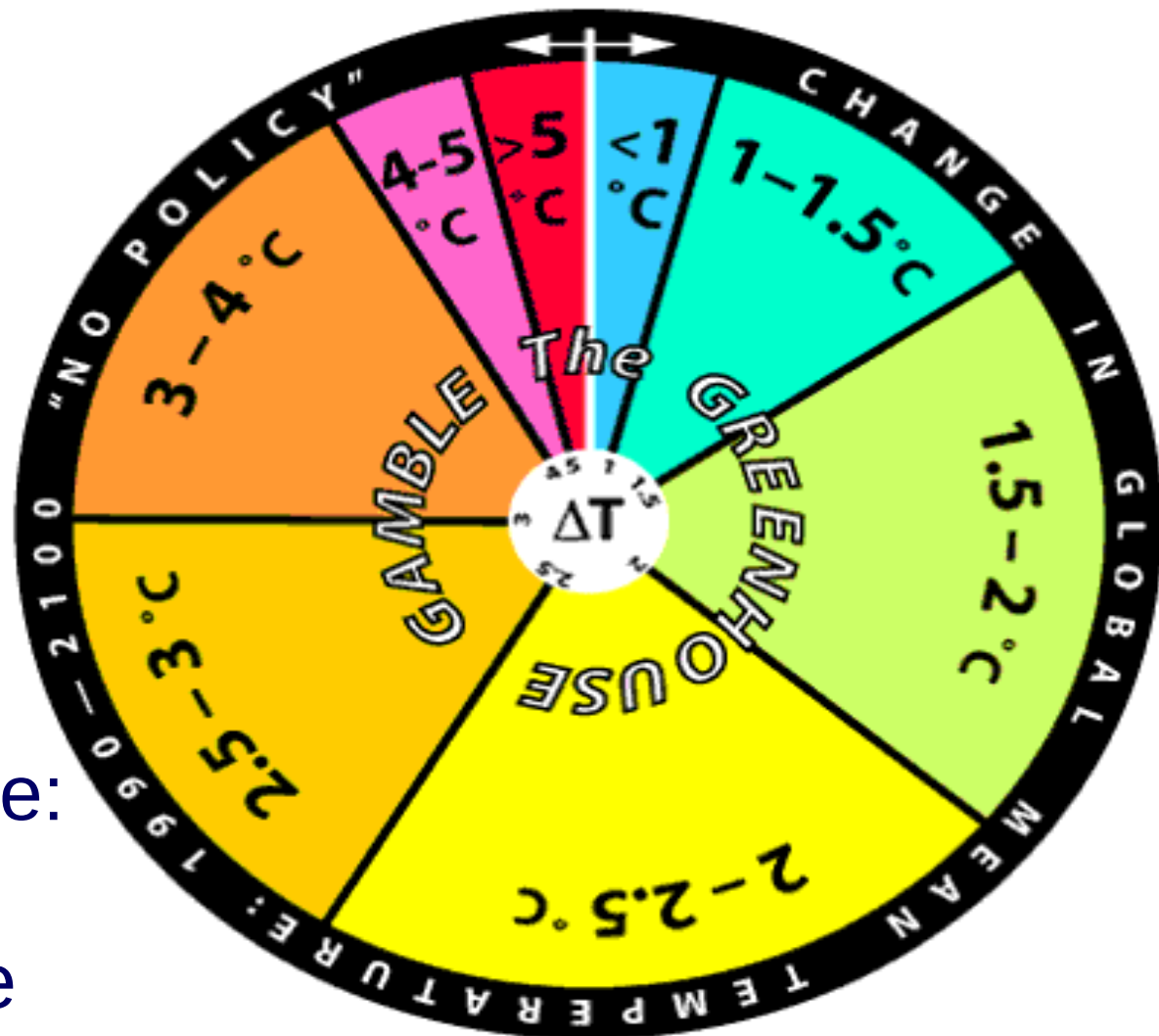
expérience sociologique sur stocks et flux (Stermann)
que veut dire renouvelable?
l'incertitude de la connaissance

Quel niveau de risque ?



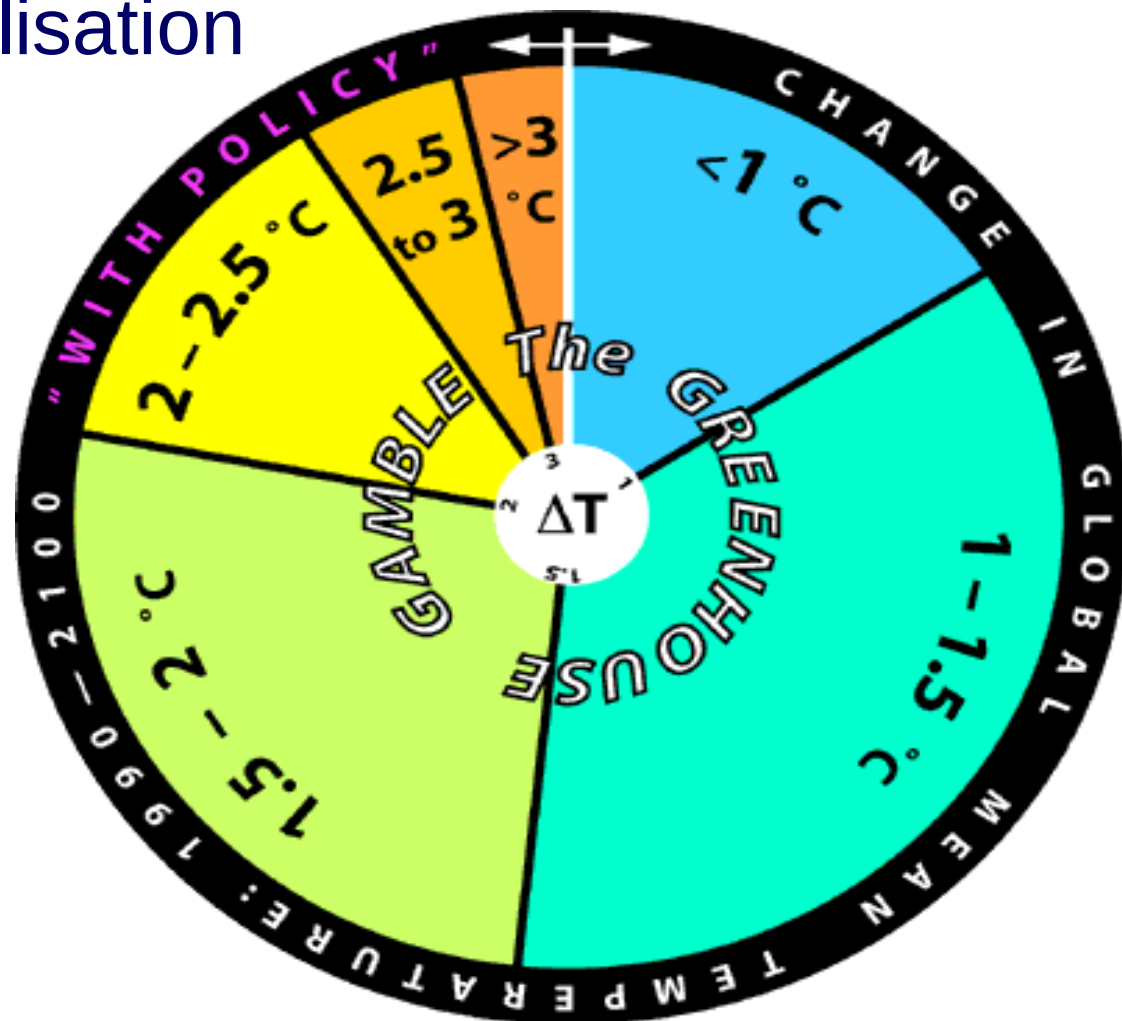
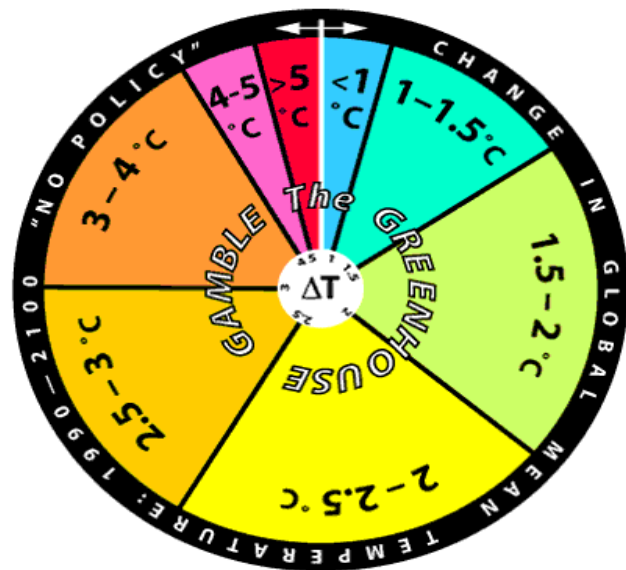
Expérience fictive:
 ΔT en 2100, pas
d'action publique

Quel niveau de risque ?



Expérience fictive:
 ΔT en 2100, pas
d'action publique

Que gagne-t'on dans un
scénario de stabilisation
à 550 ppm?



Sponsors du Tour des Energies

Entreprises et leurs fondations



ONG et instances éducatives

*Amicale des Anciens Elèves
de l'Ecole Sainte Geneviève*

*Amicale des Anciens Elèves
de l'Ecole Polytechnique*



Institutions françaises et européennes



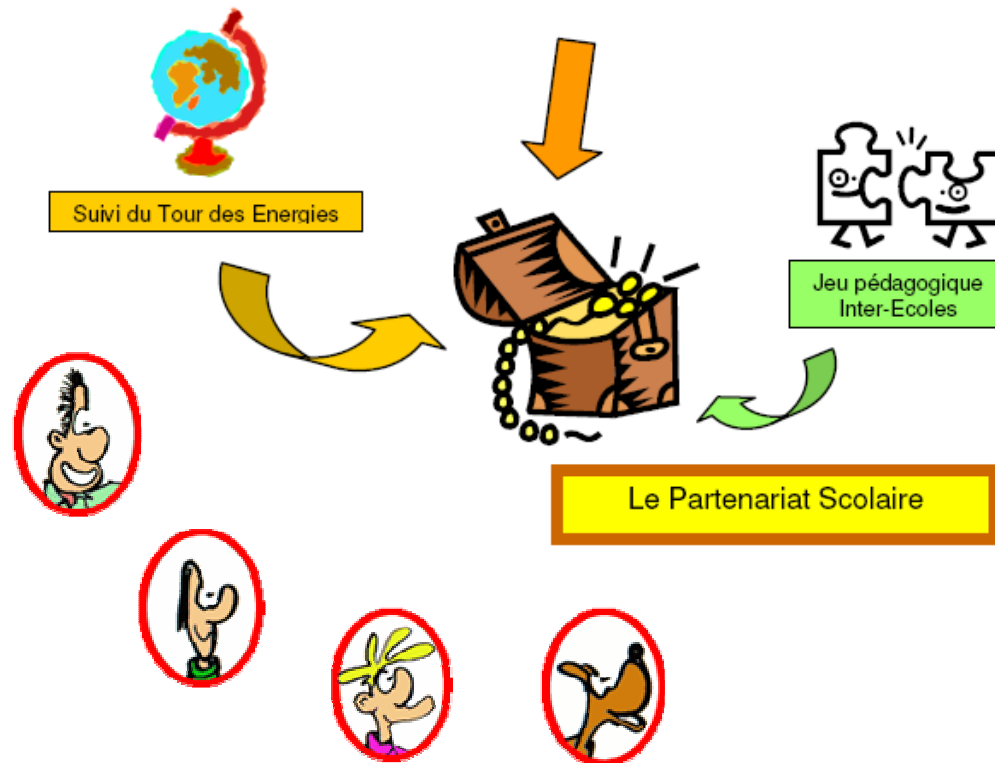
Jeunesse



Media



Partenariat Pédagogique



Interventions dans les écoles primaires de Luanda (Angola), Multan et Lahore (Pakistan), Puducherry (Inde), Tokyo (Japon)... ..



... ainsi que dans des universités : LUMS (Pakistan), Tsinghua University (Chine), Colorado School of Mines (US), Universidad catolica of Chile (Chili), USP (Universidade San Paulo)

Des pistes d'actions : à nous de jouer...

La vie quotidienne

Transports

Achats (achat éclairés, signature CO₂, catalogues de produits verts)

ex: <http://www.community.officedepot.com/environment.asp>

ex: "une bouteille d'eau, remplie à 1/3 de pétrole"

Focus sur l'énergie utile

Réduire la demande

Amélioration des rendements d'utilisation

... avant le recours à des sources renouvelables

Au boulot

Activités sur le site de votre entreprise

tri sélectif, potager bio/AMAP, partenariat avec l'administration pour penser DD ...

Campus verts et préparation à influencer le monde professionnel

exemple de la sustainability pledge du MIT

<http://sustainability.mit.edu/Pledge>

Activités de communication

- et si on voyait ce qu'on émettait?

Univ. Tuft: <http://www.one.revver.com/watch/247328/>

- ... et ce qu'on consommait? (ex: affichage de la conso élec)

- aider à l'action : **empowerment** (responsabilisation)

* des idées pour chacun: <http://www.newdream.org/>;

* la « low carbon diet » : <http://empowermentinstitute.net/lcd/index.html>

* la Star Ac des économies d'énergie : <http://www.energysmackdown.com/> !

... avec Prométhée?

Nous avons besoin d'aide !

- Pérennisation du kit pédagogique
 - Évaluation
 - Refonte du contenu
 - Développement d'une plateforme interactive
 - Contacts institutionnels
(insertion dans le programme scolaire)
- Valorisation du matériel photo & vidéo
 - Montage de films
 - Expositions photo
- Une action au sein de Prométhée?



Pistes d'amélioration ...

Synergies avec d'autres groupe ?

www.promethee-energie.org

promethee.mail@gmail.com