PAUL SCHERRER INSTITUT

PSI

Wir schaffen Wissen – heute für morgen

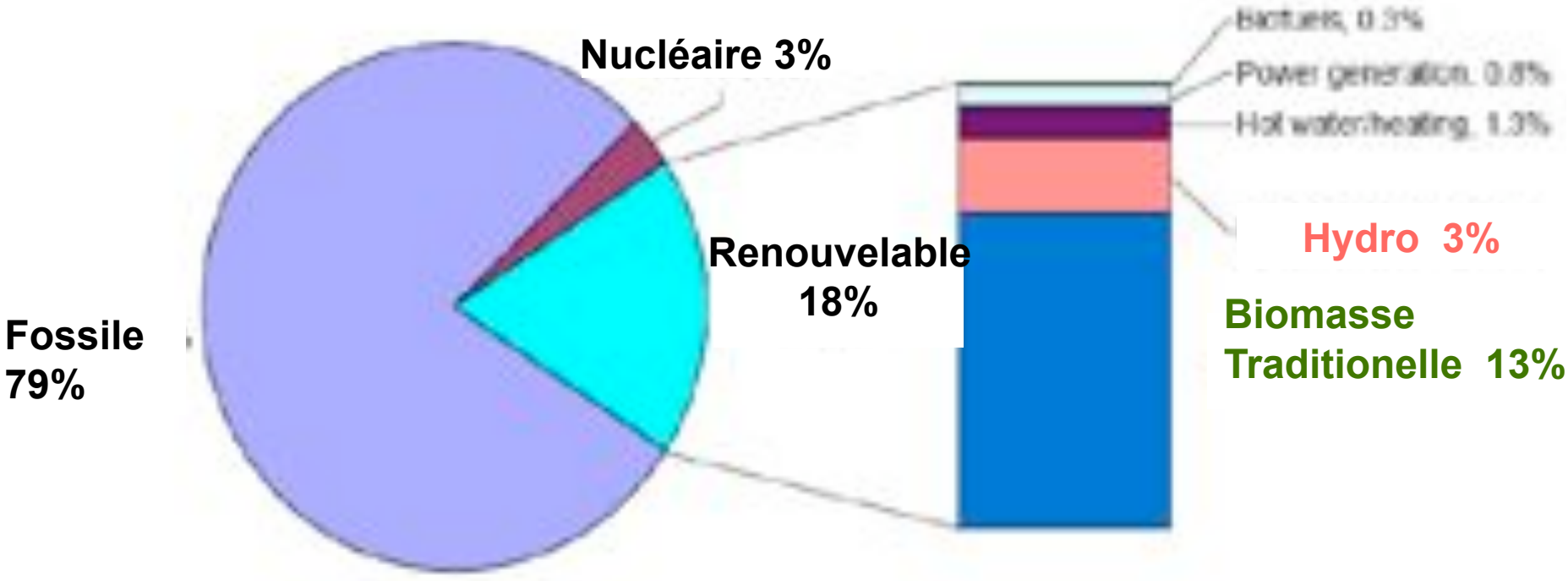
Paul Scherrer Institut

Joël Mesot

Notre avenir énergétique dans 30 (40) ans

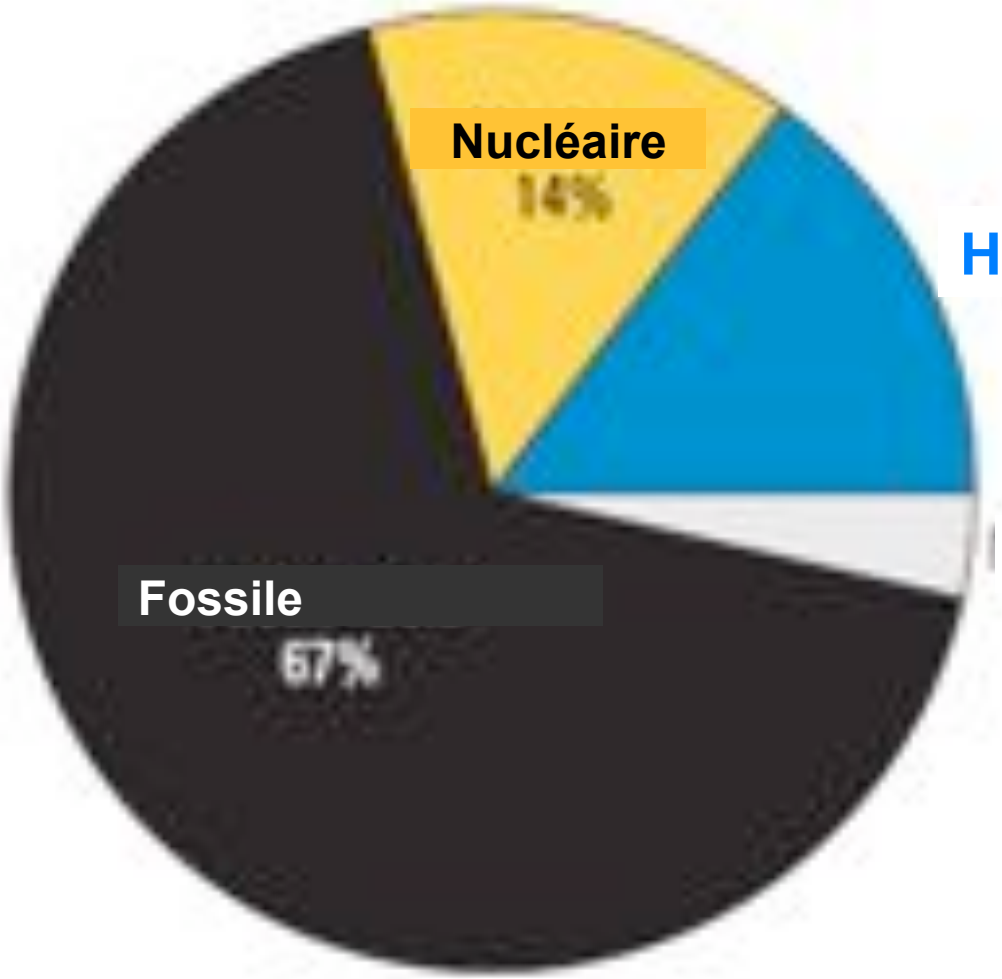
Le domaine des EPF et le PSI : expertises au profit des énergies du futur

Consommation mondiale d'énergie



Source: Renewables 2007, Global Status Report, REN21

Consommation mondiale d'électricité

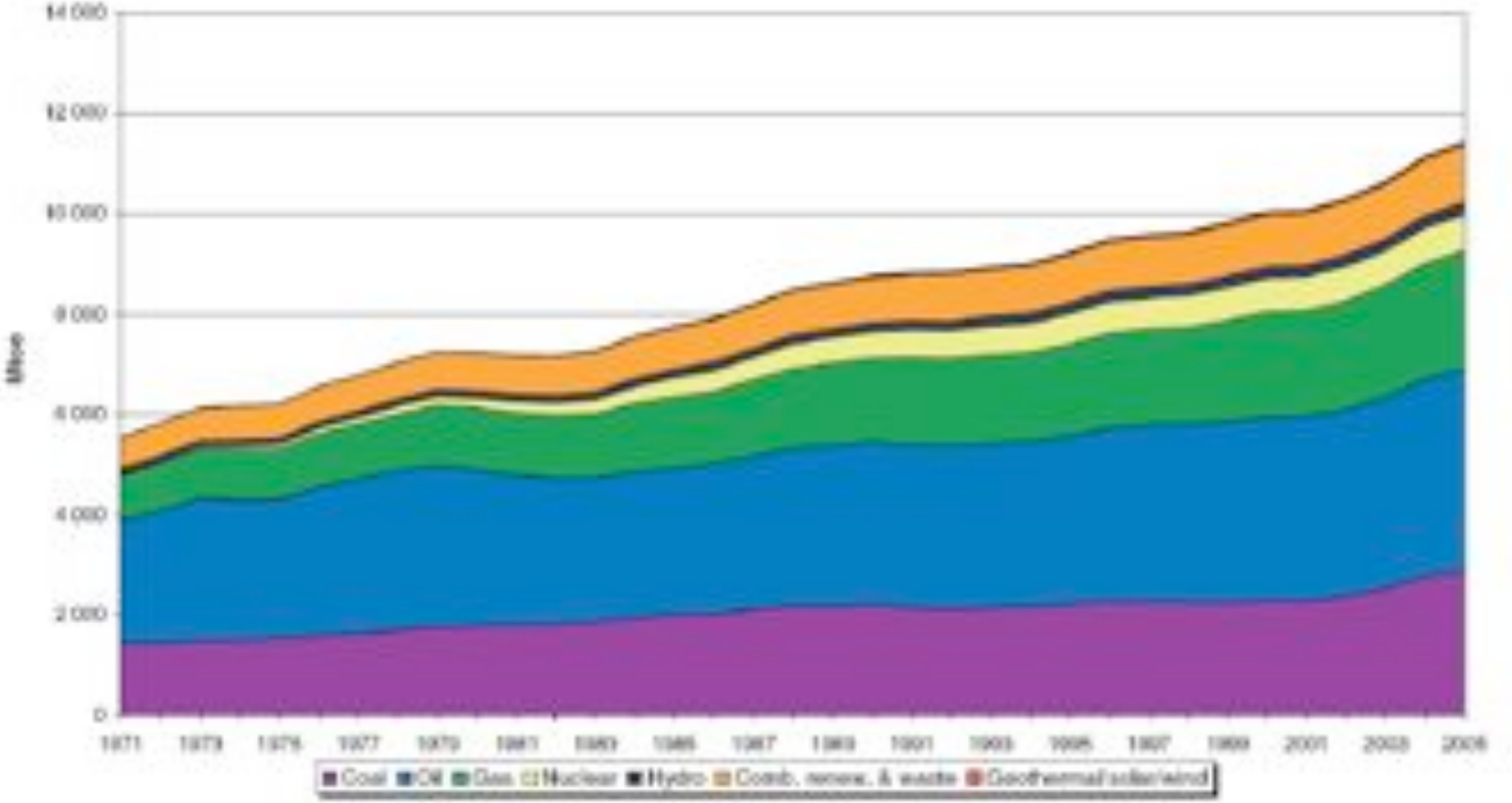


Hydroélectrique 15%

Renouvelables (new) 3.4%

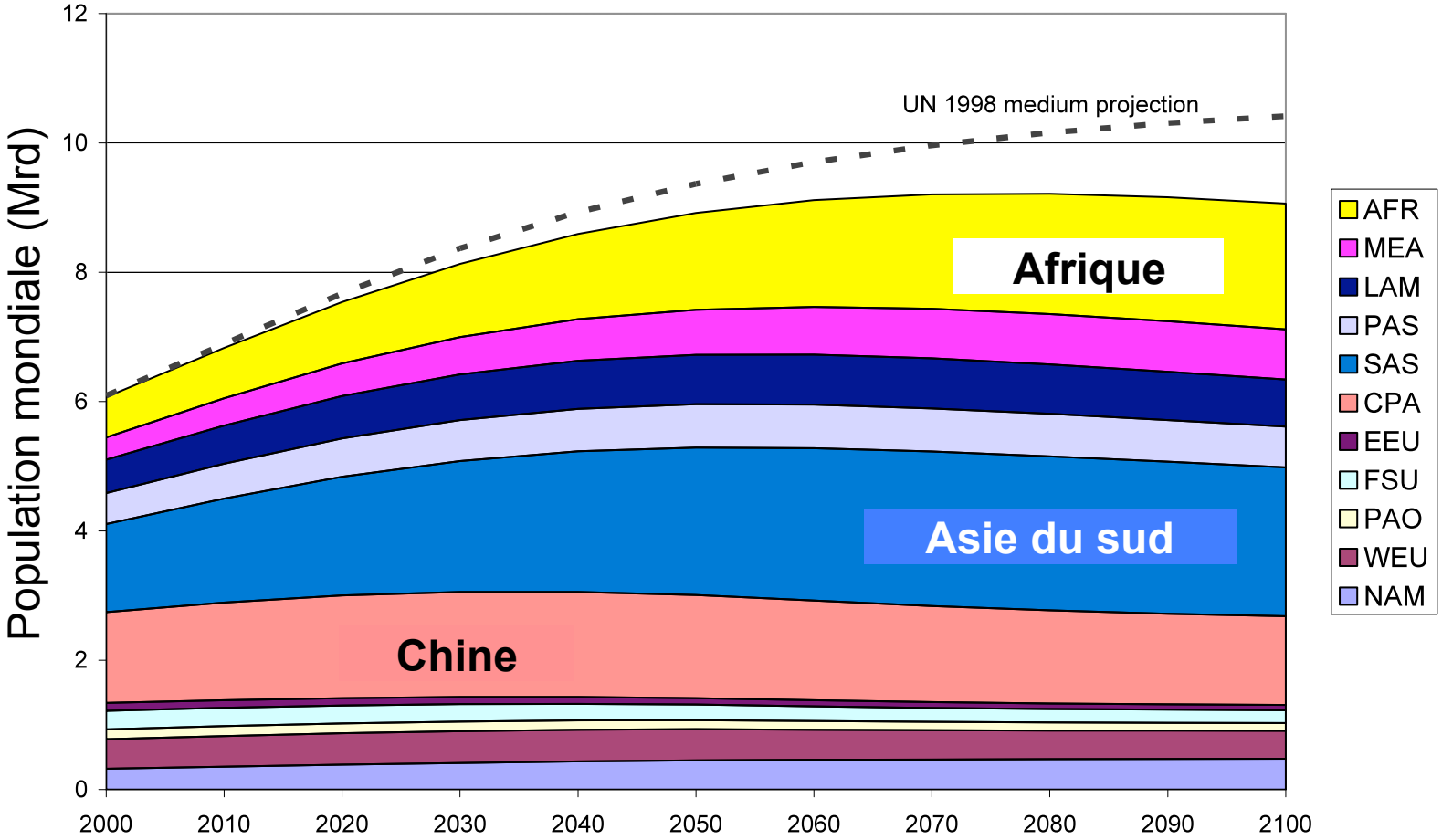
Source: Renewables 2007, Global Status Report, REN21

Développement du besoin mondial en énergie primaire



Source: IPCC (2007); R. Pachauri (2008)

Population mondiale



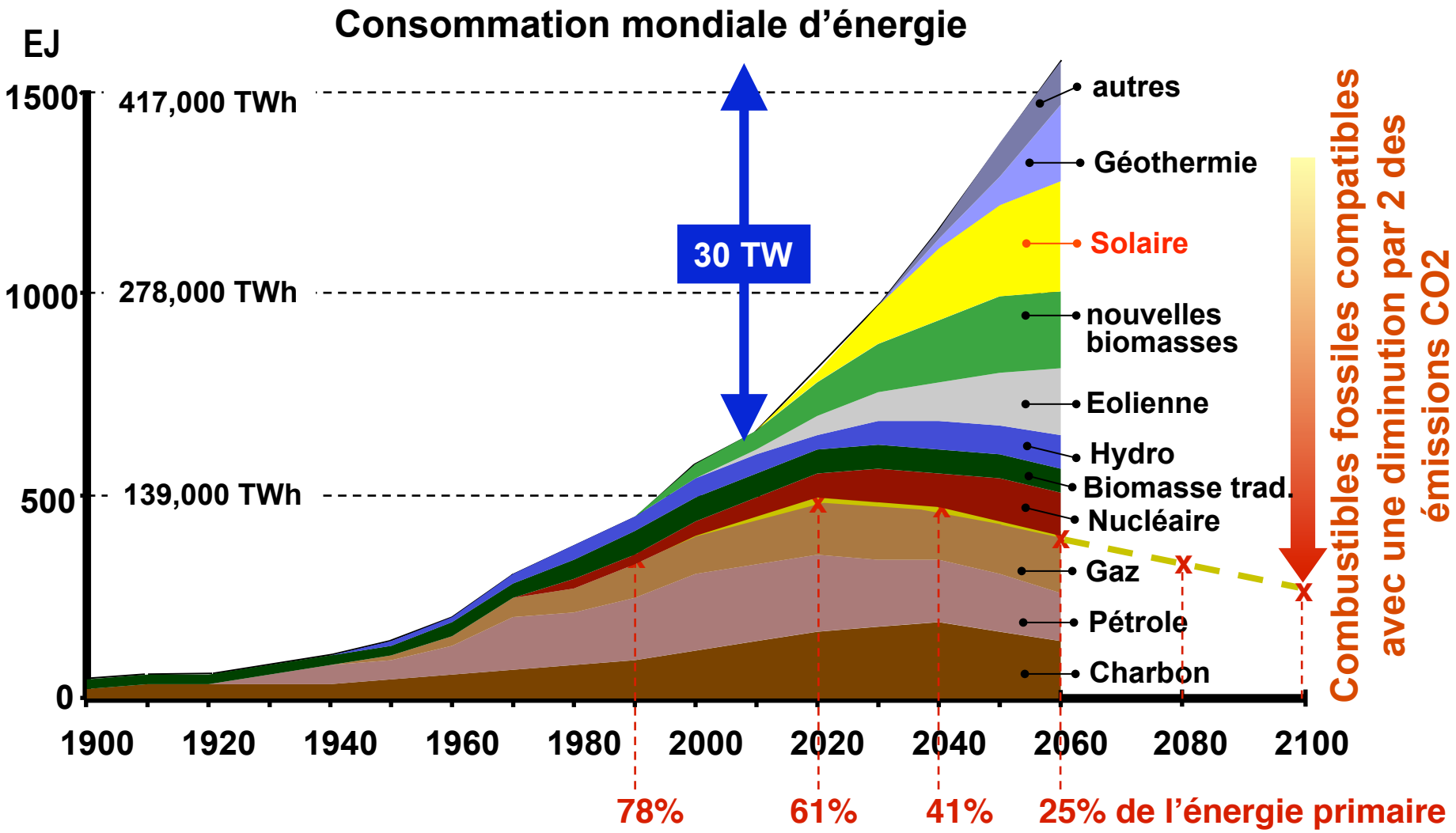
Source: UN 2004

NAM: North America, WEU: Western Europe and Turkey, PAO: Pacific OECD, FSU: Former Soviet Union, EEU: Eastern and Central Europe, CPA: Centrally Planned Asia, SAS: South Asia, PAS: Pacific and Other Asia, LAM: Latin America, MEA: Middle East and North Africa, AFR: Sub-Saharan Africa

Shell – Scénario

1 E = 10^{18}
1 T = 10^{12}

www.shell.com



Importance de la consommation d'énergie primaire / individu

- Consommation globale (2011): 500 EJ / an (1 EJ = 10^{18} Joule)
- exprimée sous forme de puissance continue: 16 TW = 16'000 GW
- distribuée sur 7 Mrd d'individus: 2'250 Watt / individu

- Scénario Shell 2050: 1500 EJ / an, → 48 TW
- distribuée sur 9 Mrd d'individus: 5'300 Watt / individu

- Scénario « durable » pour 2050: 800 EJ / an, → 25 TW
- distribuée sur 9 Mrd d'individus: 2'800 Watt / individu

- Partie fossile « acceptable »: 5 TW
- Besoin supplémentaire en production libre de CO_2: 43 TW / 20 TW !

Couverture des besoins supplémentaires par les énergies renouvelables?

Besoin supplémentaire global pour 2050: 20 – 43 TW

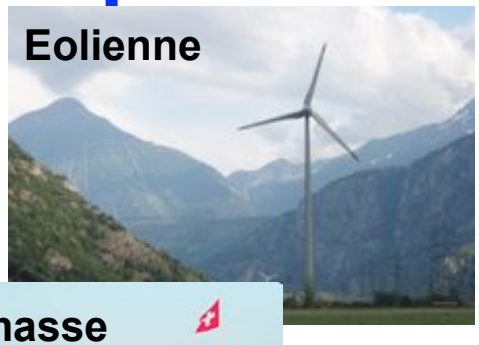
	Potentiel	Réalisable tech.
Eolienne	50 TW	2 TW
Hydro	5 TW	2 TW
Géothermie	12 TW	?
Biomasse	12 TW	5 TW
Solaire	120‘000 TW	600 TW

- **Toutes les énergies renouvelables ont le potentiel de contribuer de manière significative.**
- **Le potentiel en énergie solaire est le plus grand, cependant limité par des raisons économiques. Il est nécessaire de développer les réseaux de distribution et de stockage .**
- **La biomasse peut être en conflit avec d’autres enjeux (alimentation, eau).**

Energies renouvelables: diversifier le portfolio

Commercialisable

Hydro



Eolienne

Photovoltaïque (c-Si)

centralisé

décentralisé

Biomasse

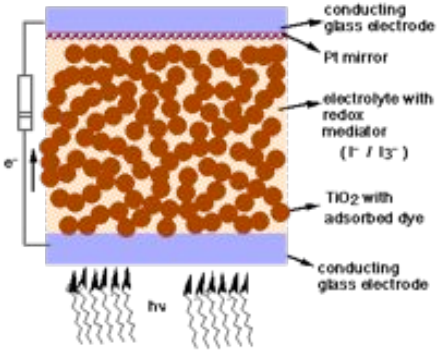
« Electricité solaire »-importée

Géothermie profonde

Laboratoire

Marémotrice

Cellules PV organiques



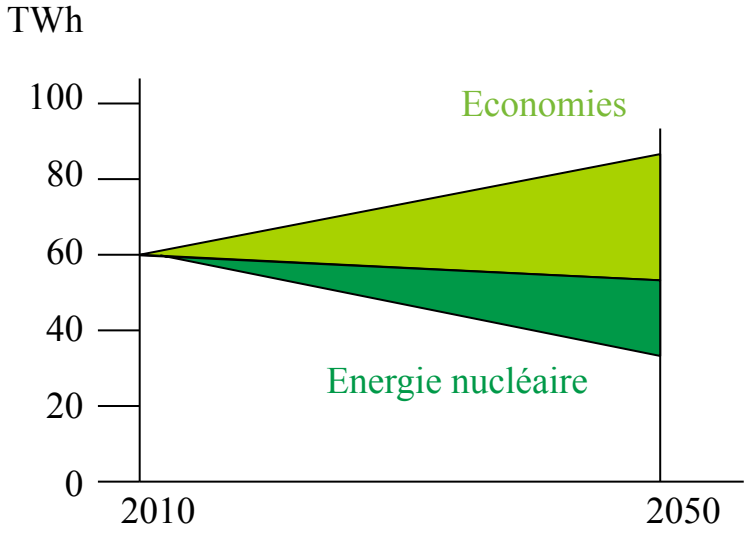
Source et graphique:
Rolf Wüstenhagen, Univ. St. Gallen

Le cas Suisse !

CH: Stratégie énergétique 2050 – un défi

Objectif en matière d'électricité

- Maintien du scénario «consommer comme par le passé»
- Comparaison avec la «Stratégie énergétique 2050» du Conseil fédéral

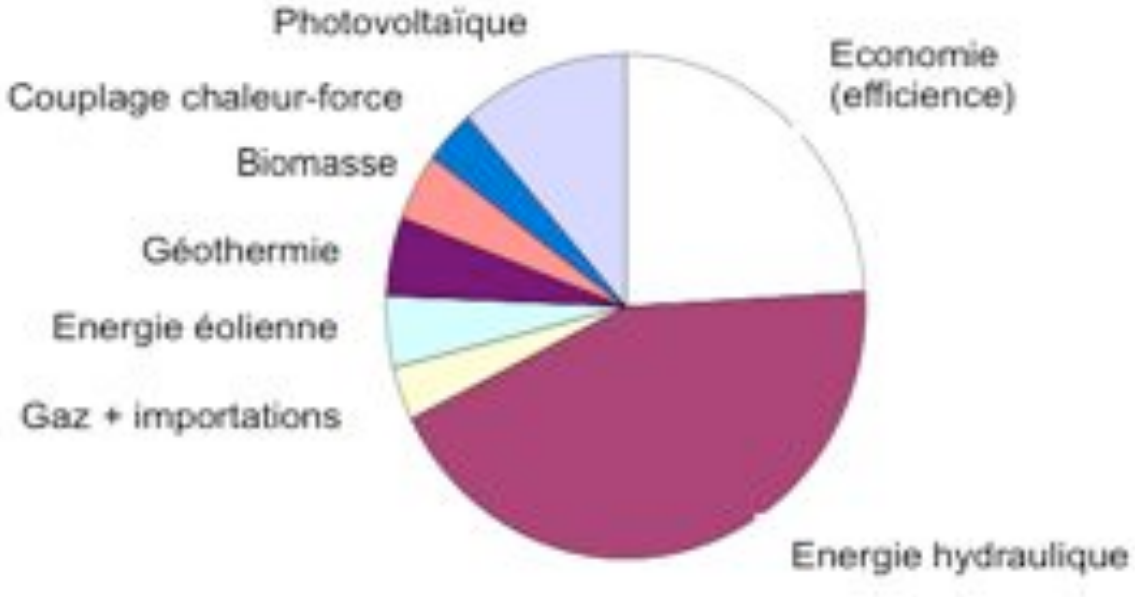


Conclusion:

a)	Economies nécessaires	21-27 TWh
b)	Substitution de l'énergie nucléaire	20 TWh

5 champs d'action

- Efficacité énergetique
- Production d'électricité
- Réseaux et systèmes éner.
- Stockage de l'énergie
- Economie, écologie et société



Energies renouvelables: production électrique

Estimation « Trialogue Energie Suisse (TES) » et « nouvelle politique énergétique (NPE) »

Technique	2050 TES Potentiel / TWh	2050 NPE Potentiel / TWh
Photovoltaïque	8 - 12	10.4
Biomasse	5	3.8
Géothermie	1.5 - 3.5	4.4
Eolienne	2 - 3	4.0
Nouvelles ER (NER):	**16.5 - 23.5**	**22.6**
Hydroélectrique	31-32	39-40
Total	**47.5-55.5**	**61.5-62.5**

Eoliennes en Suisse

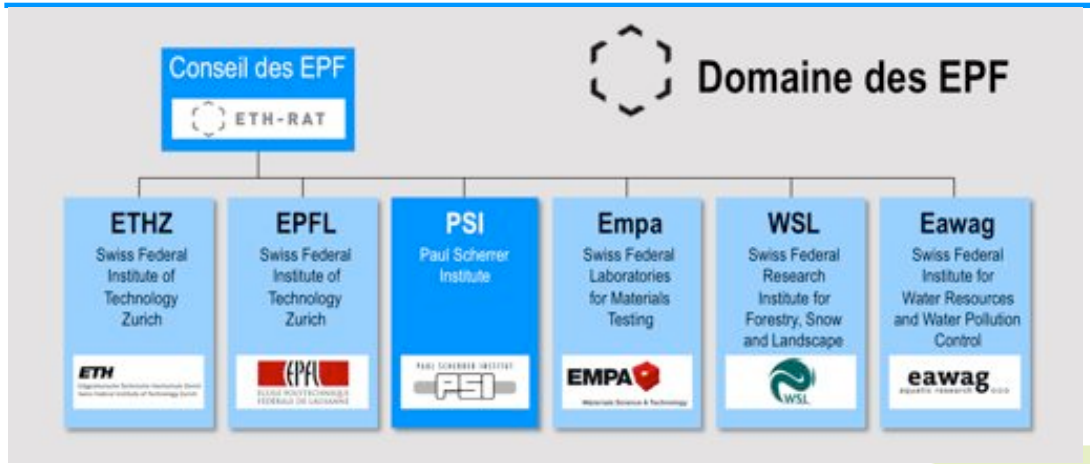
Mont d'Ottan
Valais
Puissance 2 MW
Hauteur 98 m
Rotor 82 m
Production:
4000 MWh / an

1000 Eoliennes @ 2 MW

Production 4'000'000 MWh / an
= 4 TWh / an

Potentiel confirmé par des études 1996, 2002.

Recherche énergétique – pratiquée en réseau



Centre de compétence en énergie et mobilité (CCEM)

- depuis 2006
- Interdisciplinarité
- Compétitivité
- Qualité assurée
- Coordination

ccem.ch

Centre de compétence en énergie et mobilité au PSI

cces

Centre de compétence en environnement et durabilité à l'ETH Zurich

Hautes écoles spécialisées

HSR Hochschule für Technik Rapperswil
FHO Fachhochschule Ostschweiz
Lucerne University of Applied Sciences and Arts
Hochschule Luzern
Berner Fachhochschule
Fachhochschule Nordwestschweiz
zhaw

Industrie (sélection)

Wärtsilä
concawe
ALSTOM
SIEMENS
Ford
FIAT Industrial
BUCHER
SULZER

Recherche énergétique: contributions du domaine des EPF

Méthanisation

Installation de recherche / pilote XPDU

PAUL SCHERRER INSTITUT

agnion

AEW ENERGIE AG
Mitglied der axpo

Centre de compétence en photovoltaïque

Fonctionnalité et technologies de production

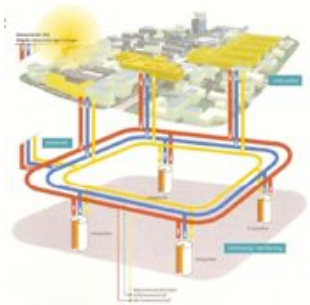
csem

EMPA
Materials Science & Technology

EPFL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Géothermie pour chaleur et électricité

Technologies de forage, stockage



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

EPFL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

unine
UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

NEST – une plateforme d'expérimentation pour la construction

Installation pilote et démonstration

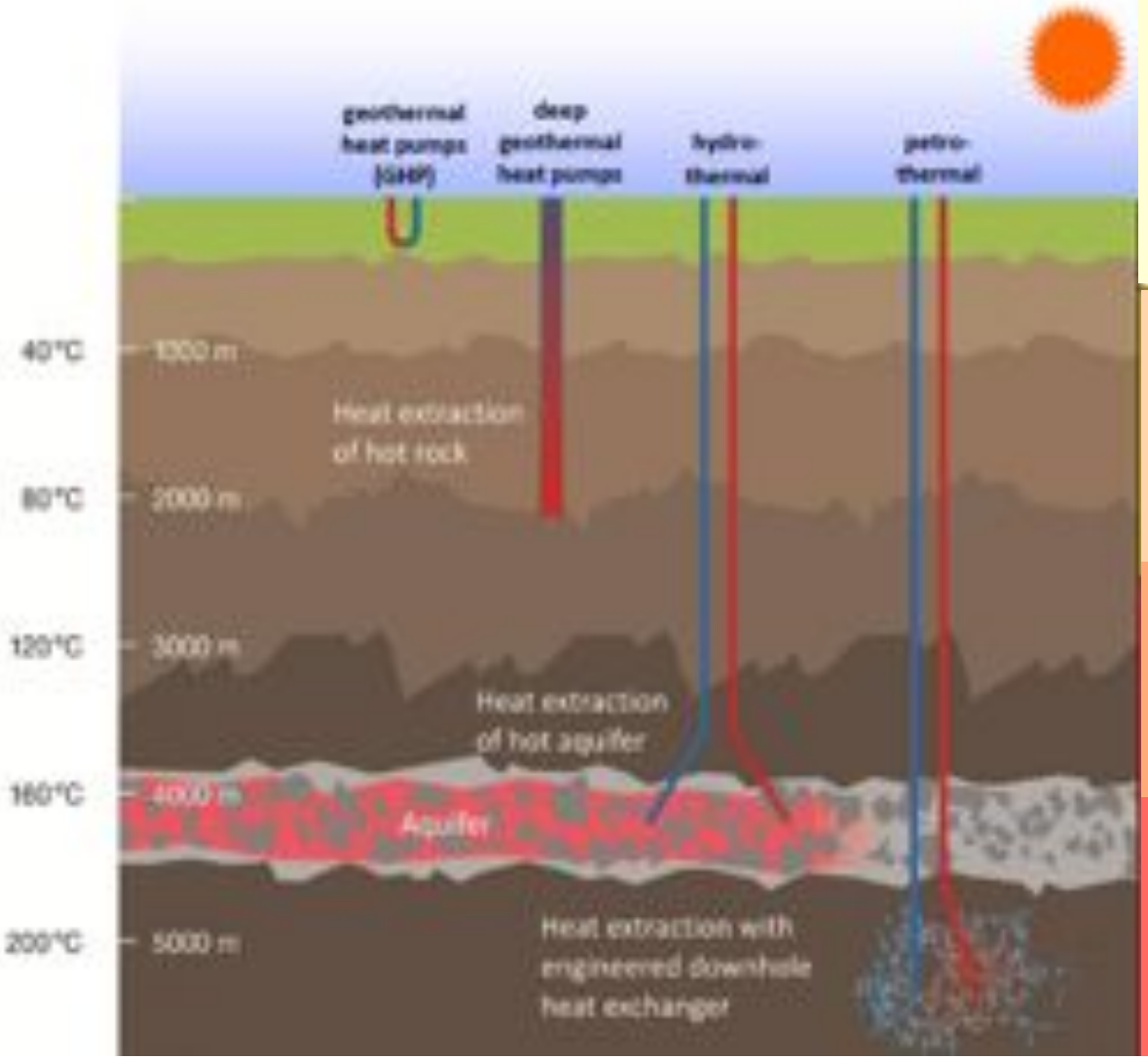
EMPA
Materials Science & Technology

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

EPFL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

eawag
aquatic research

Domaine des EPF: Géothermie profonde



Surface
(< 150 m):
Utilisation de la chaleur ambiante par les pompes à chaleur

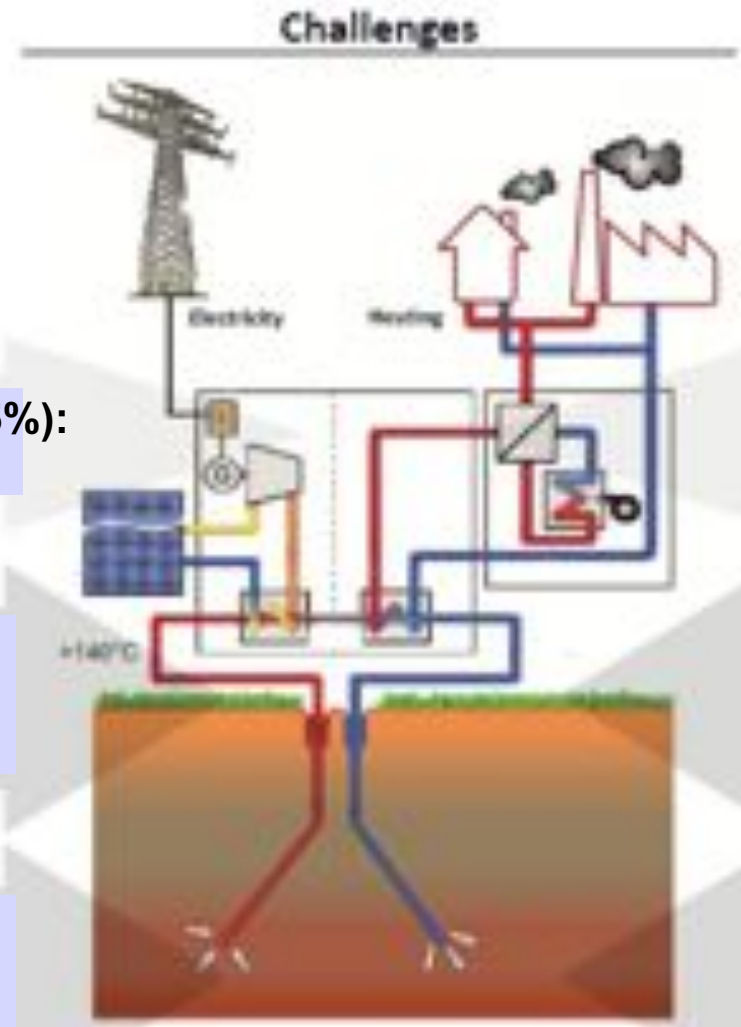
Géothermie profonde < 3000 m:
Eau < 100 C pour distribution de chaleur à distance

Ressources hydrothermales:
Utilisation des sources chaudes

Géothermie profonde:
Réservoirs > 5000 m
Eau> 200 C

Source: Lund, Freeston, Boyd (2010), OFEN

Géothermie: les défis



Production électrique (15%):
- Cycles alternatifs?

Techniques de forage:
- réduction des couts
- procédés alternatifs

Réservoirs-conduits:
- Perforation hydraulique
- Problèmes sismiques

Chauffage à distance (85%):
- Clients, réseau ?

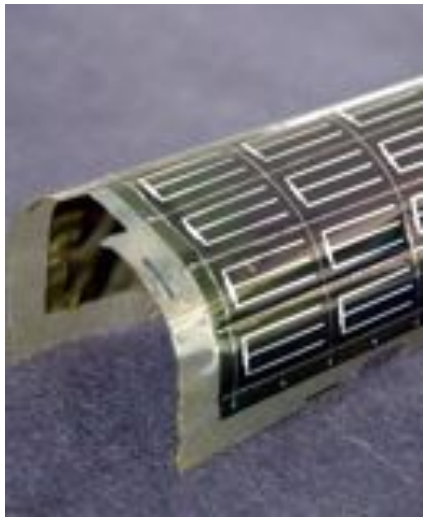
Exploration:
- recensement des lieux
- Diminution des couts

Opération:
- corrosion
- Dépôts de minéraux

Source: Heuze et al. (2003)

Domaine des EPF: Photovoltaïques en couches minces

Silicium amorphe
(IMT Neuchâtel)



Semi-conducteur (CIGS, CIS, CdTe; ETH Zürich et Empa)

ccem.ch

Source: Ch. Brabec, Uni Linz

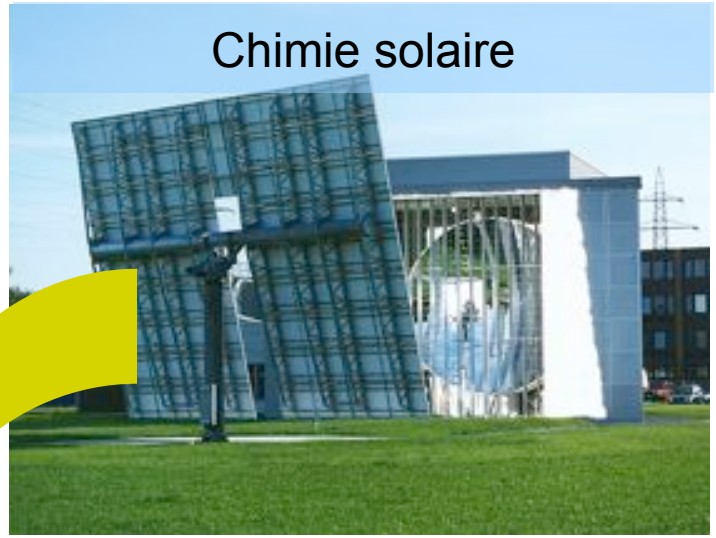
Cellules organiques
(Empa)

Cellules organiques (EPFL)

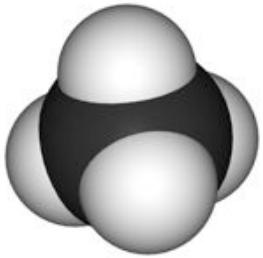
PSI: Département de Recherche Energies Alternatives

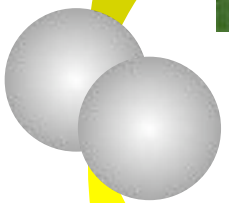
Utilisation des résidus de la biomasse

Chimie solaire



Méthane CH_4





Hydrogène H_2

Piles à combustible
Batteries
Stockage

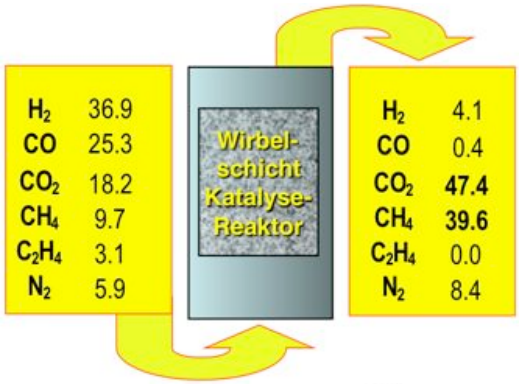
Combustion

Exploitation durable de la biomasse

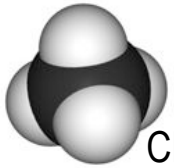
Transformation catalytique: bois → gaz → méthane

Utilisation (des résidus) de la biomasse – méthanisation du bois

1. Comprendre les mécanismes de base

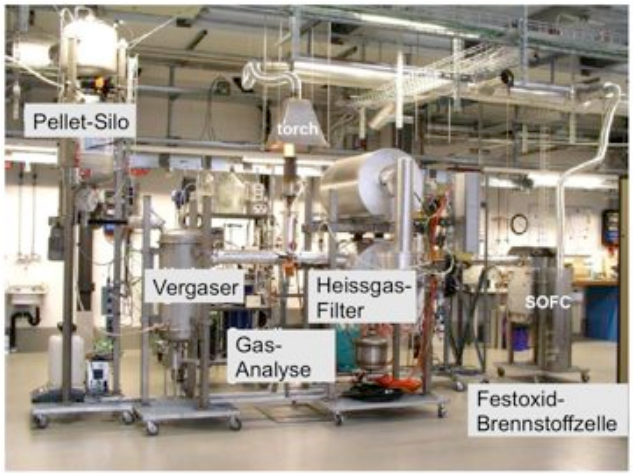


Méthanisation par catalyse



Nouveaux matériaux pour catalyse

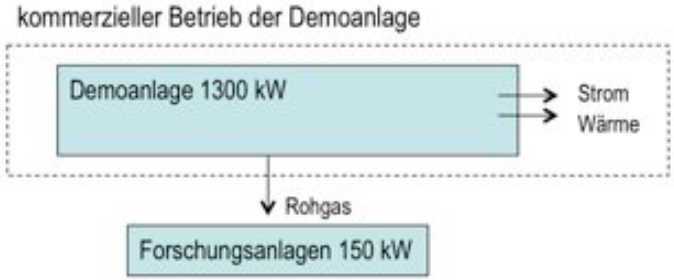
2. Système intégral au PSI



gazéification
purification
production électrique

3. Projet pilote / démonstration

Projet X-PDU (PSI+Industrie)



Recherche fondamentale et appliquée

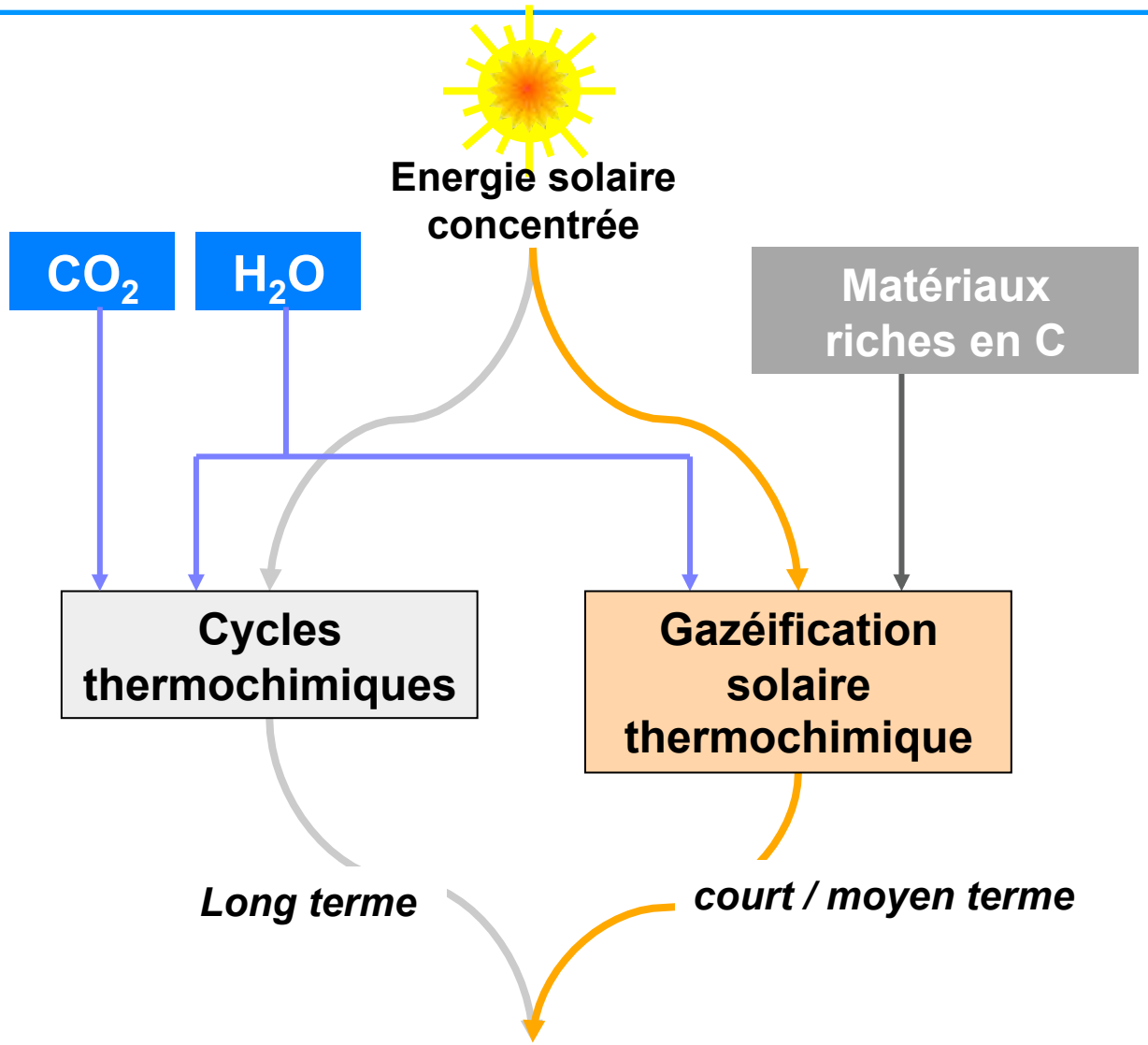
Technologies émergentes

Technologies „clés“

Nouvelles technologies

Technologies établies

Deux processus pour le stockage d'énergie



Aldo Steinfeld
PSI et ETH Zürich

Stockage d'énergie solaire/ Cycle oxyde de Zn – Zn

Oxygène

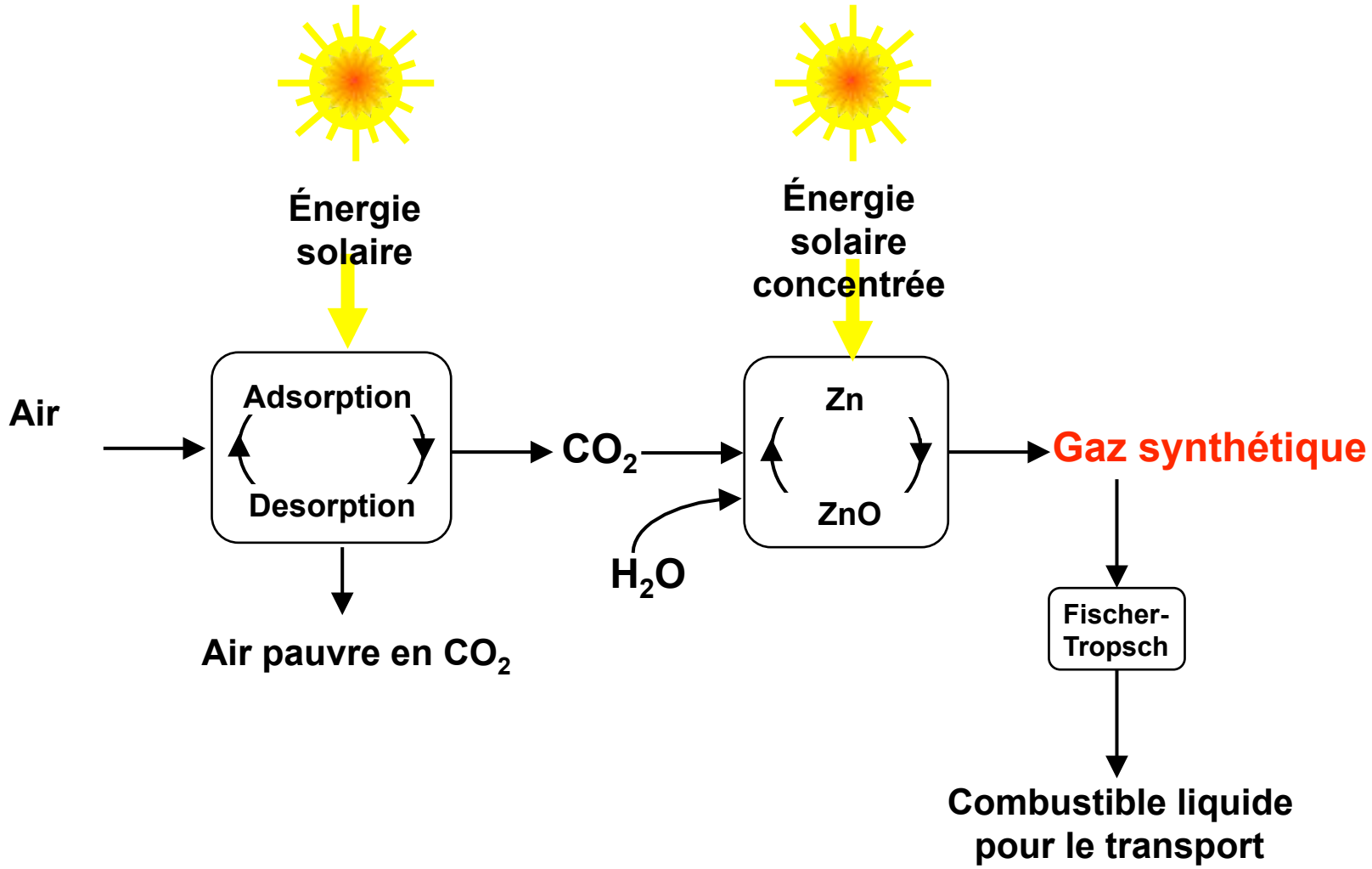
Oxyde de Zn

Zn

Eau

Hydrogène
« solaire »

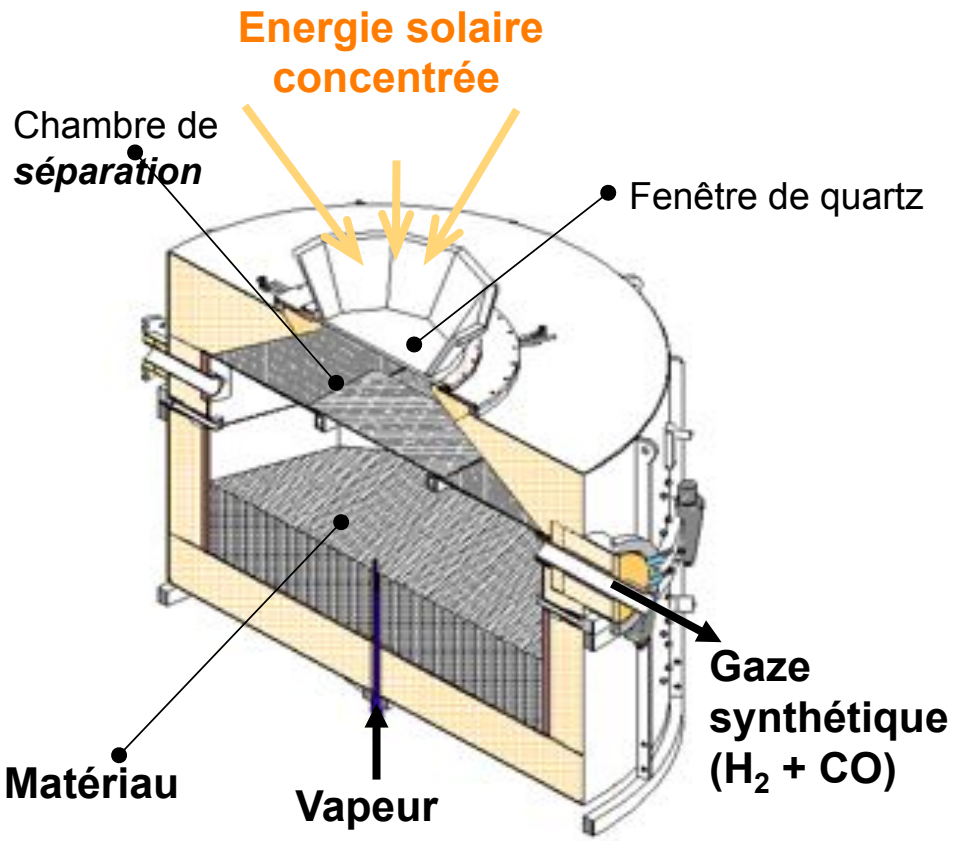
Vision: Cycle fermé CO_2 – pour le Transport



Gazéification thermochimique solaire

Réacteur solaire pour la gazéification de matériaux riches en C

Holcim



Scale-up 2011:
Installation pilote 300 kW
Almeria, Espagne

Energie CH 2050: une opportunité et un défi

Des développements technologiques sont nécessaires dans les domaines:

- des énergies renouvelables
- de l'efficacité énergétique
- du transfert de technologie

La recherche, en particulier dans le domaine des EPF, contribue de manière essentielle au développement de solutions innovantes dans le secteur Cleantech