



Prospective solaire

Cédric Philibert

Division de l'efficacité énergétique et de l'environnement, AIE

EPE, 29 Novembre 2007

© OECD/IEA, 2006

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

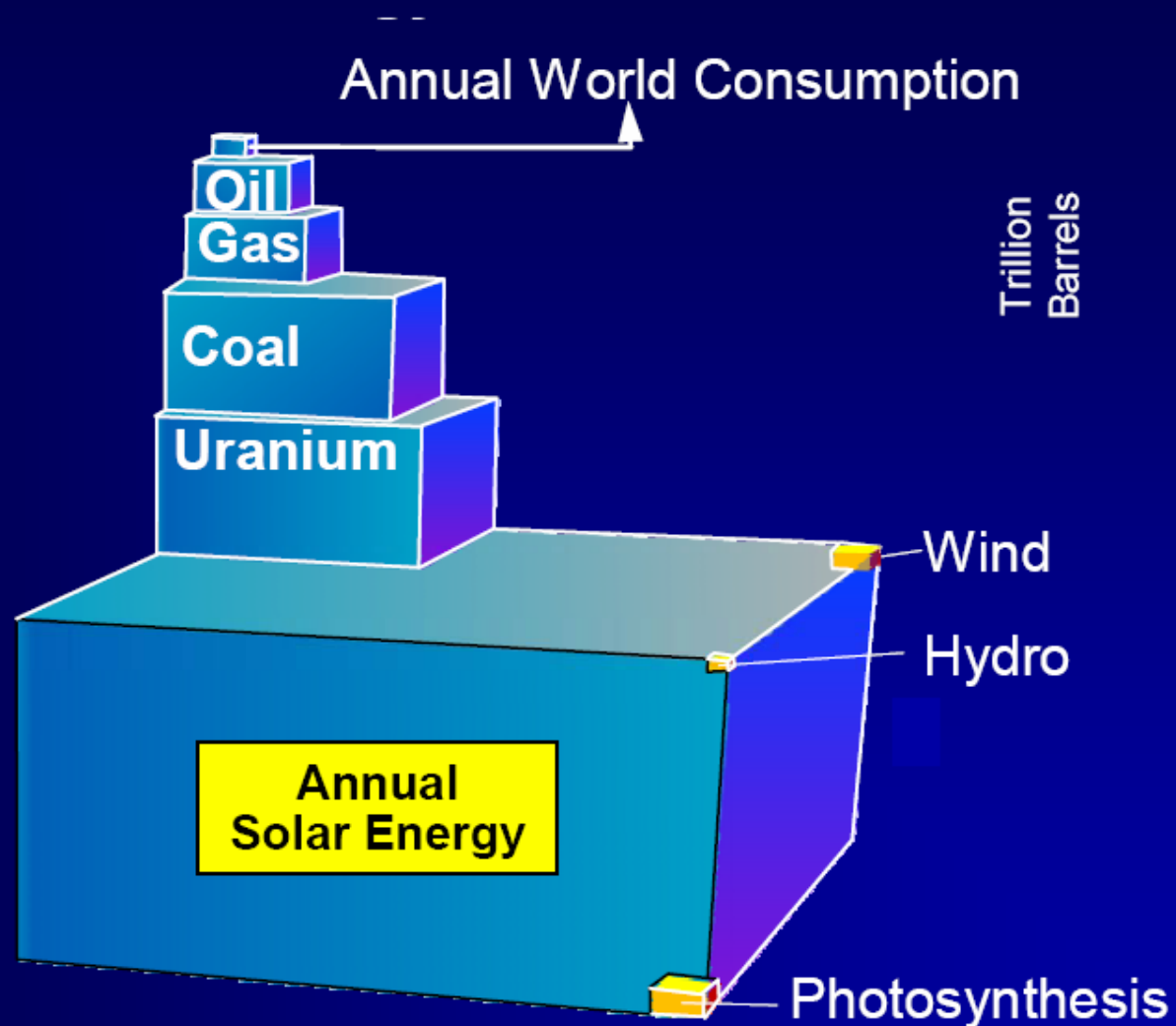
AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE



Menu

- **Introduction:**
 - ◆ **Les ressources**
 - ◆ **La situation actuelle**
 - ◆ **La prospective 2050 de l'AIE**
- **Le solaire à concentration**
- **Le solaire Thermique**
- **Le solaire Photovoltaïque**

Total Energy Resources



Source: Craig, Cunningham and Saigo.



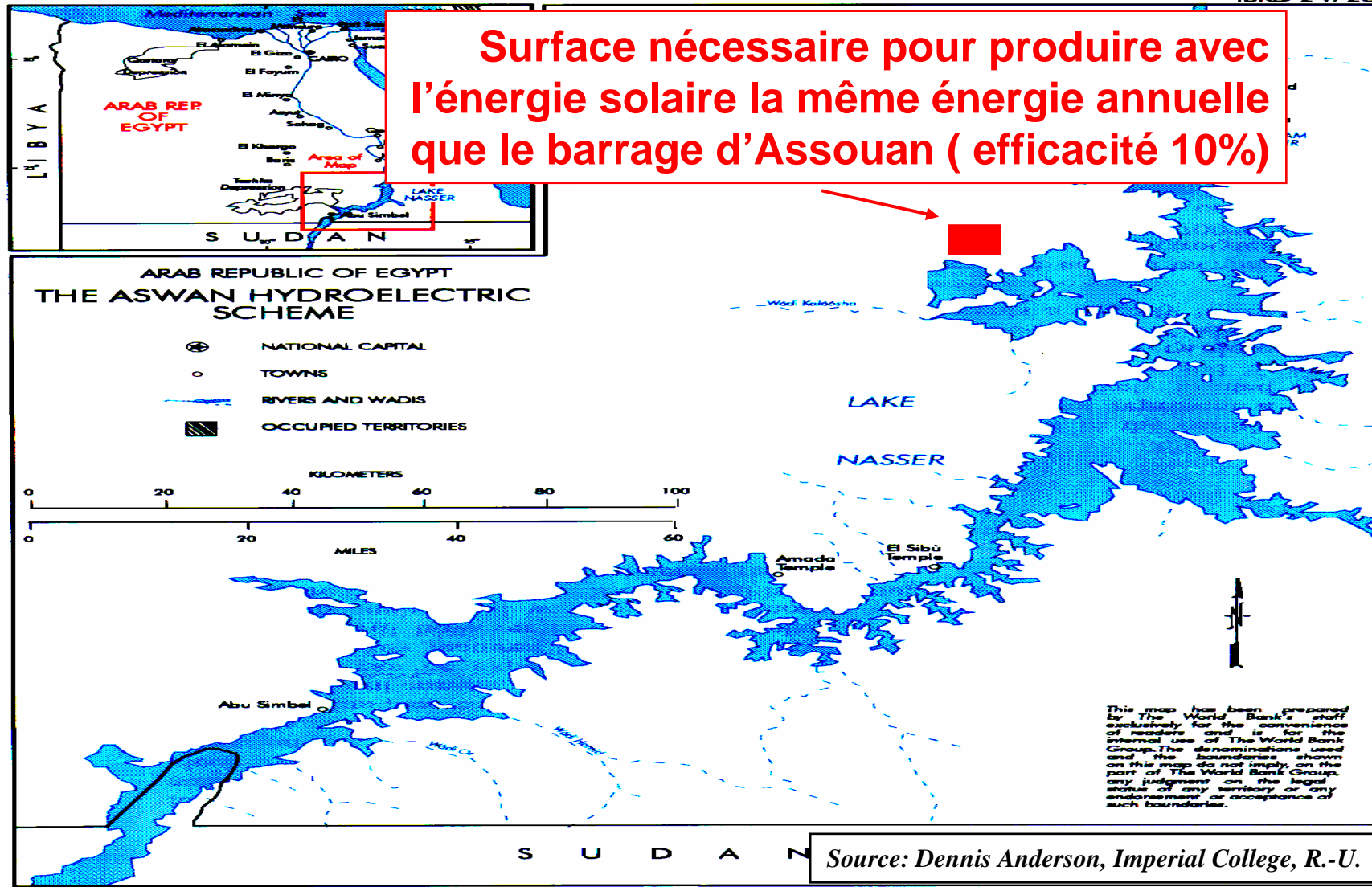
Importance de la ressource

- La Terre reçoit du Soleil en une heure autant d'énergie que l'humanité consomme en un an
- Solaire thermique, PV et solaire concentré
 - ◆ Variations géographiques des besoins et ressources
- Couvrir 0.6% des terres émergées avec des systèmes solaires d'une efficacité nette de 10%
- Le changement climatique: un problème d'énergie solaire...



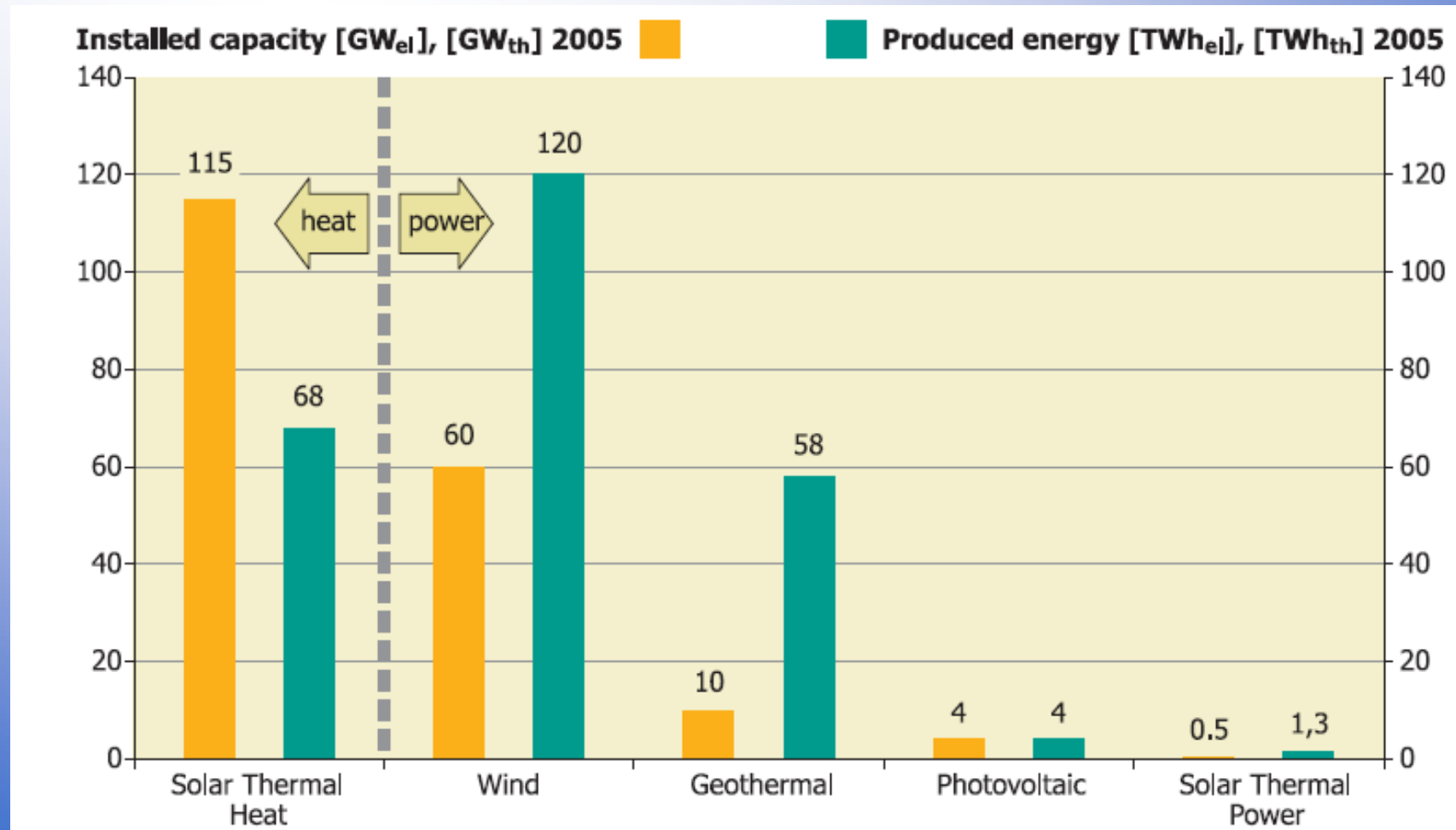
Un problème de surface?

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





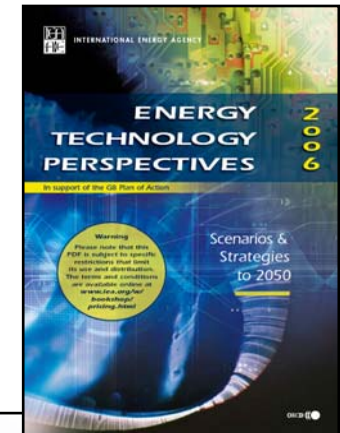
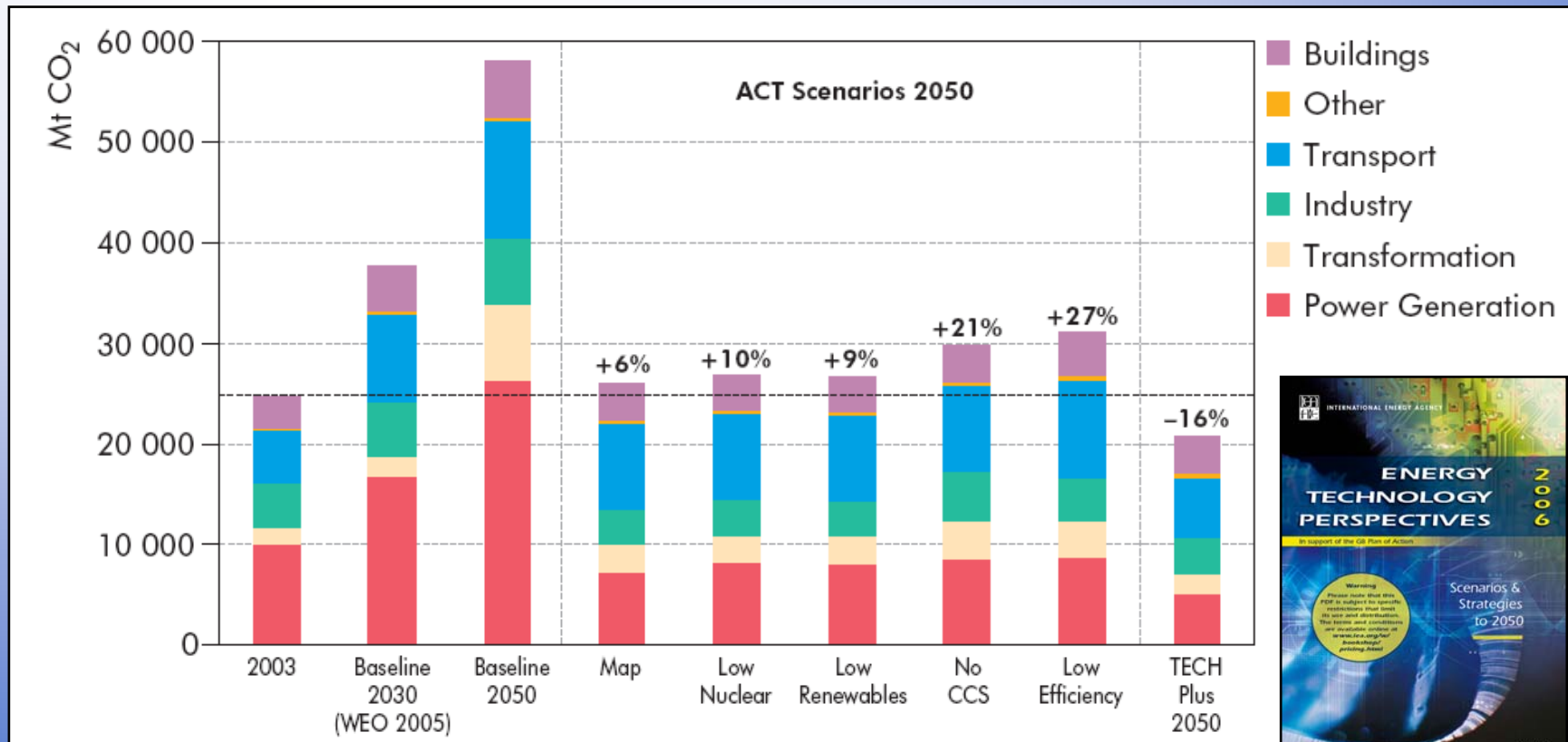
On part de peu...





Ce que peut la technologie

Emissions mondiales de CO₂ (énergie) en 2050 dans les scénarios ETP...



... à demande de services énergétiques inchangée

Key points about solar

ENERGY
TECHNOLOGY
PERSPECTIVES
2008

Scenarios &
Strategies
to 2050

INTERNATIONAL

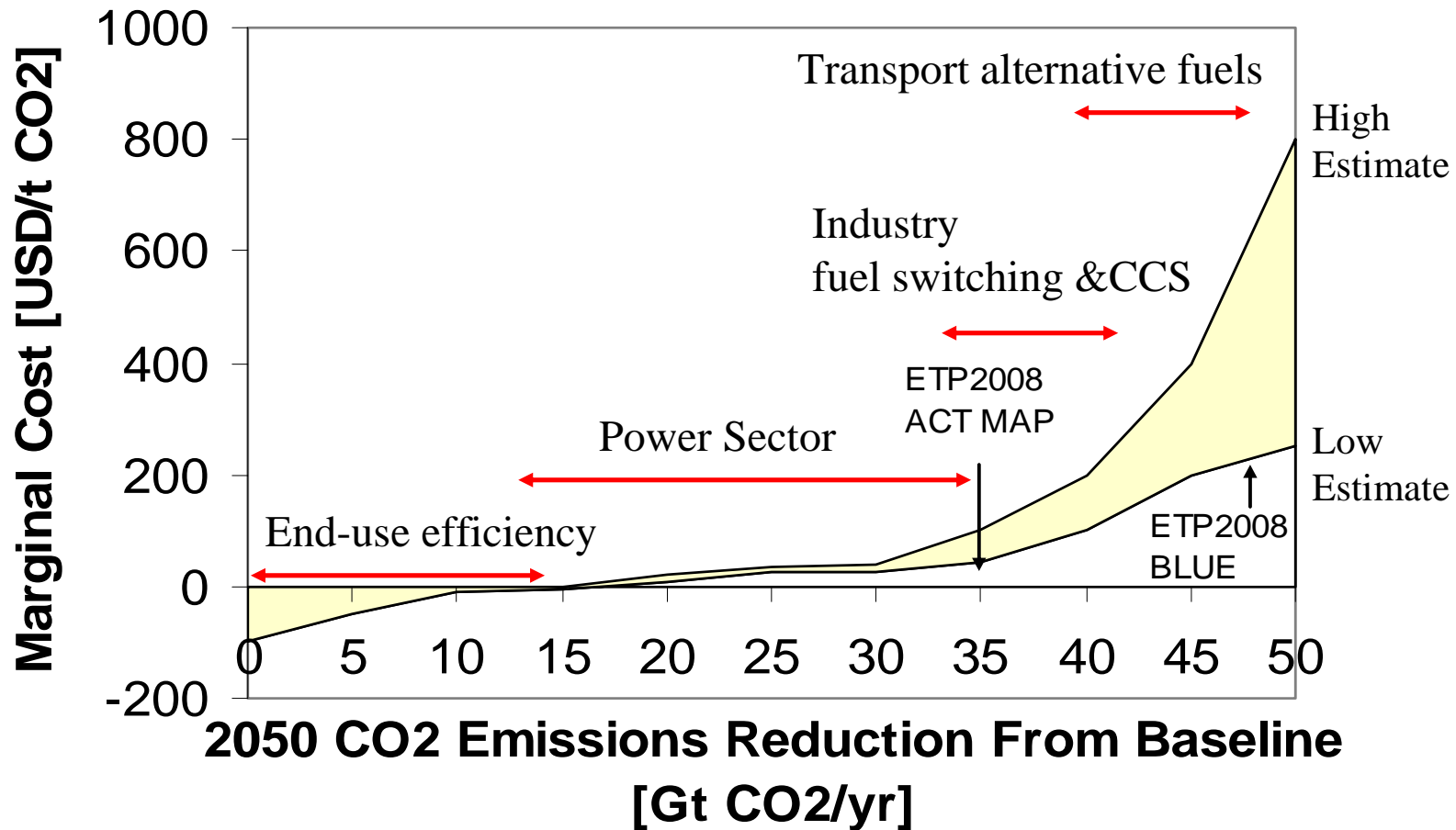
ENERGY
AGENCY



- **CSP capacity by 2050: 300 – 900 GW**
- **PV capacity by 2050: >1000 GW**
- **Solar energy production by 2050:**
 - **Three tiers, about 3000 TWh each:**
 - **Solar thermal heat**
 - **PV power (7% total power)**
 - **CSP power (7% total power)**



A Very Preliminary Estimate: USD 200/t CO₂ Incentive Needed





Le solaire à concentration

- 354 MW depuis 84-89 sur le réseau de Los Angeles
- Electricité moins chère que le PV
- Energie garantie par stockage de chaleur ou appoint fossile
- La ressource coïncide avec les besoins de pointe



Solar Thermal Power Technologies

Concentrating Collectors to generate steam

parabolic trough (PSA)



solar tower (SNL)



Line
Focus
< 500°



linear Fresnel (Solarmundo)



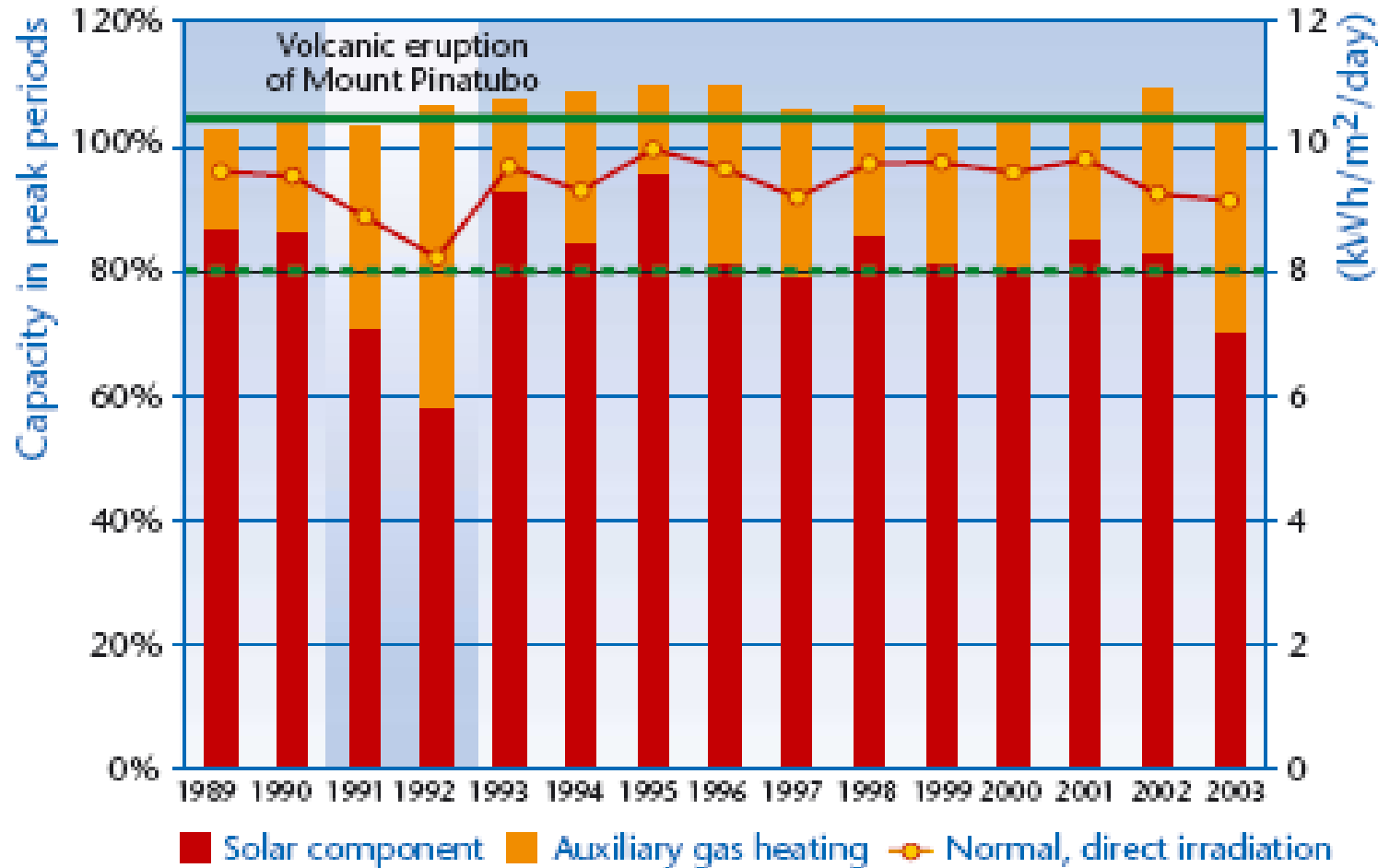
parabolic dish + sterling (SBP)

Point
Focus
~ 1000°



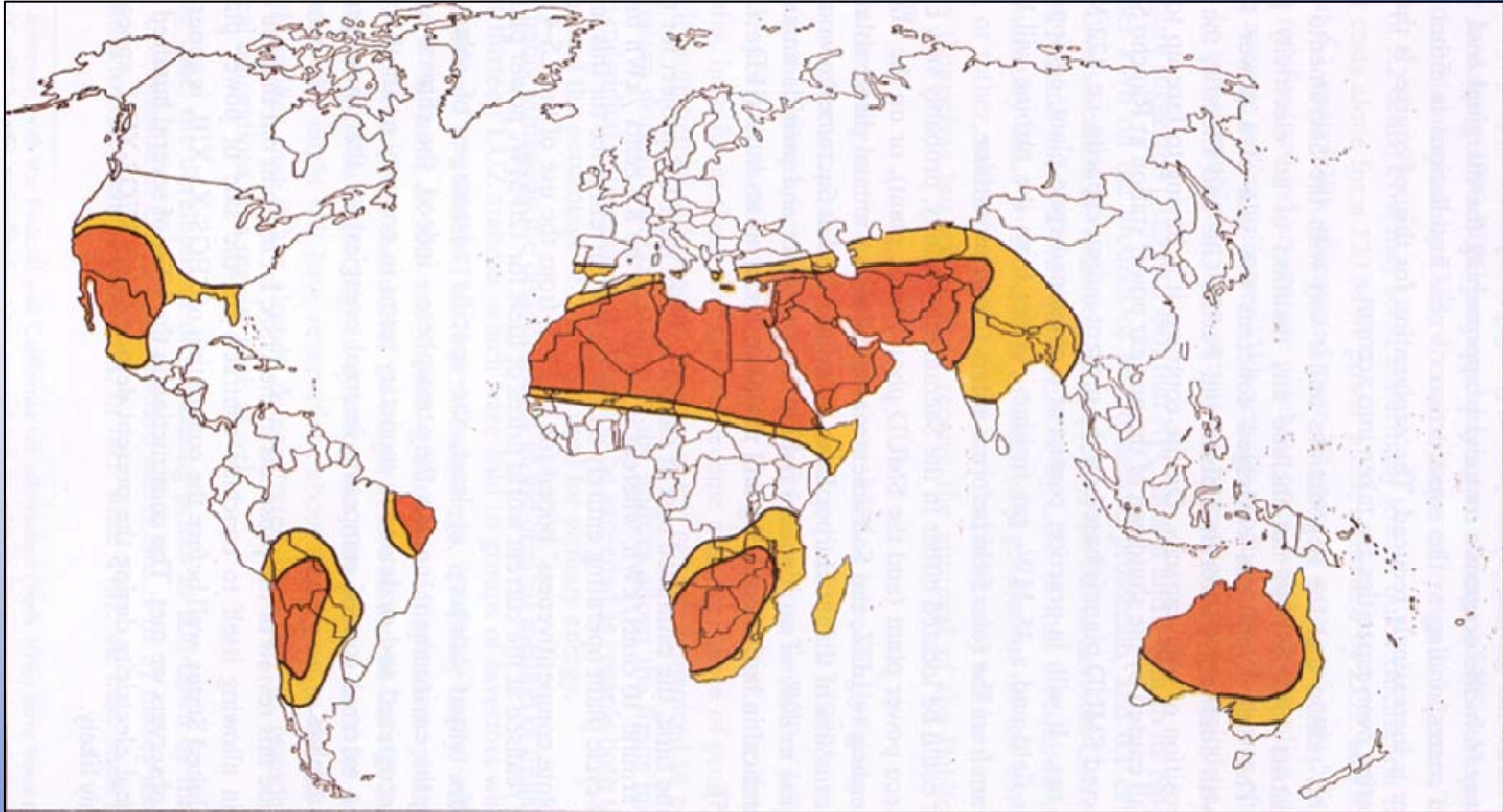
Importance de la ressource

Output in peak periods





Importance de la ressource

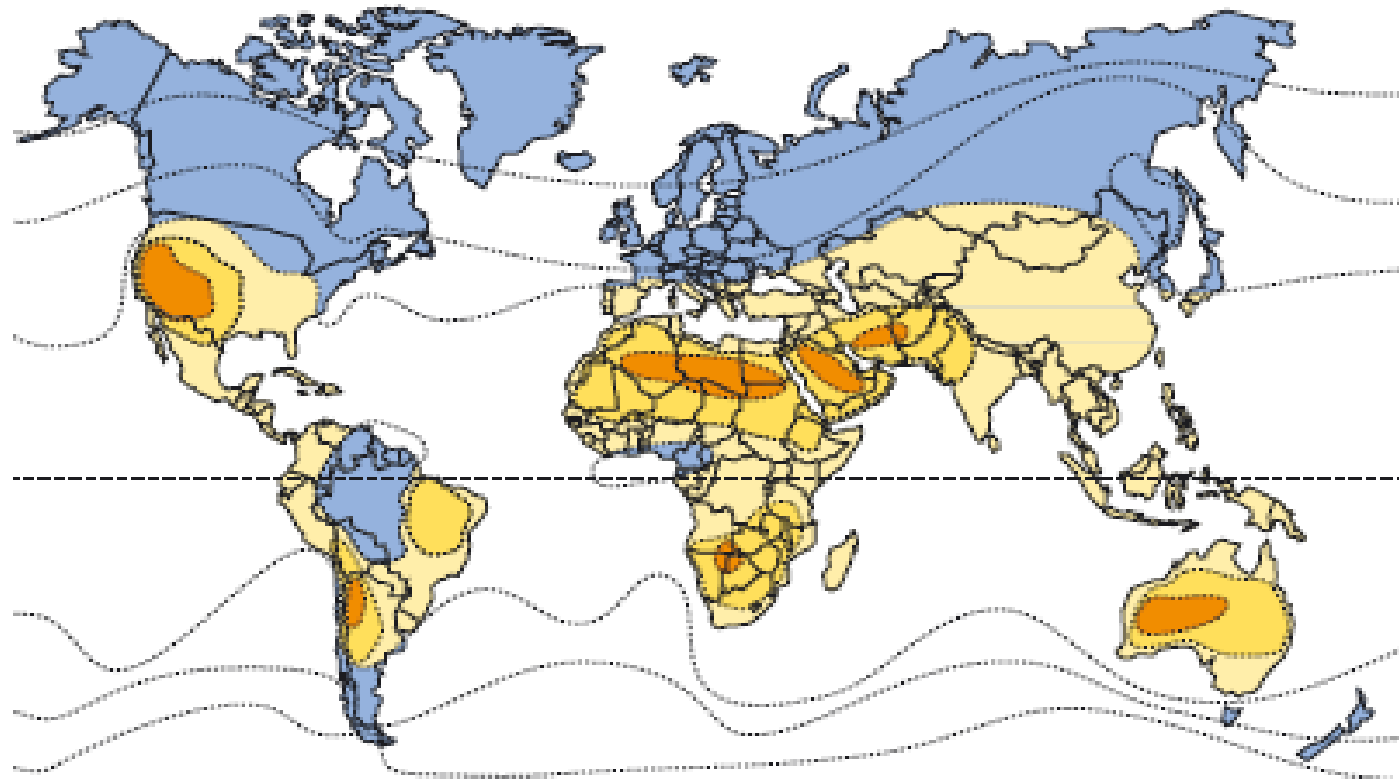


Source: Pharabod & Philibert 1991

- **Concentrée dans les pays sans objectifs Kyoto!**



Une vision plus optimiste



Suitability for solar thermal power plants:

■ Excellent ■ Good ■ Suitable ■ Unsuitable

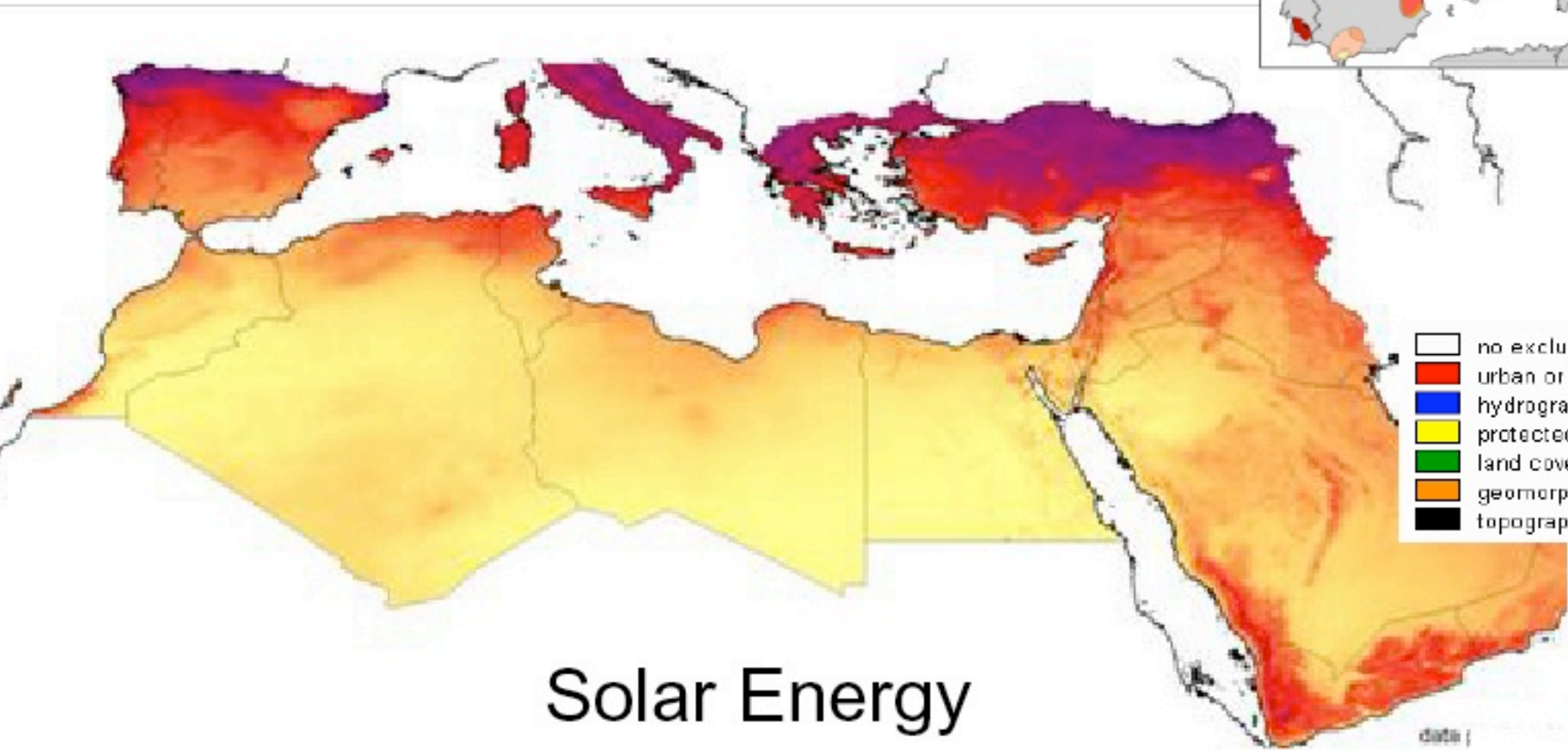
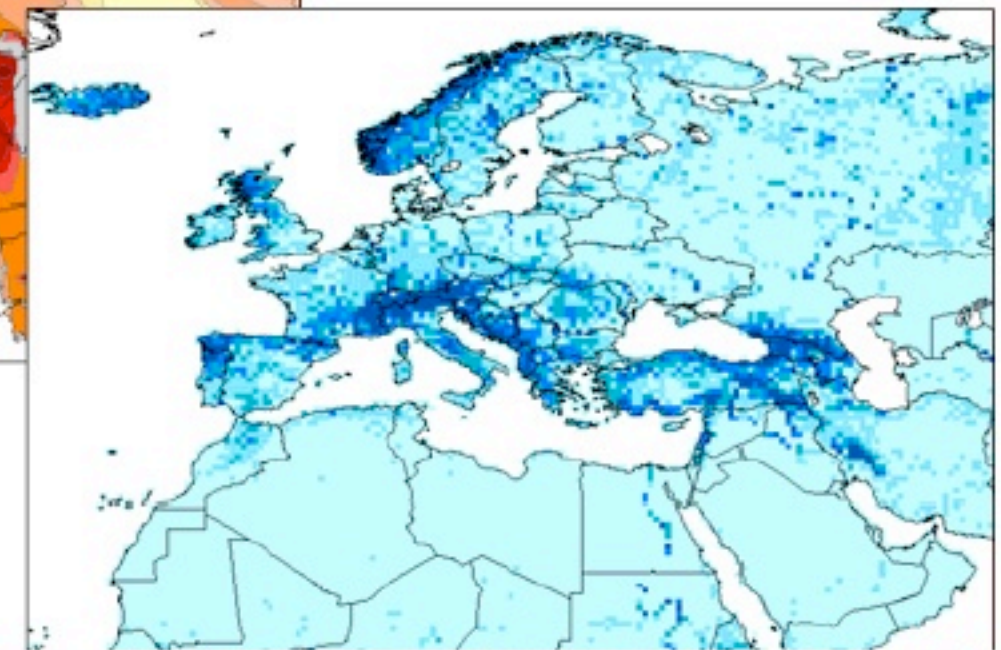
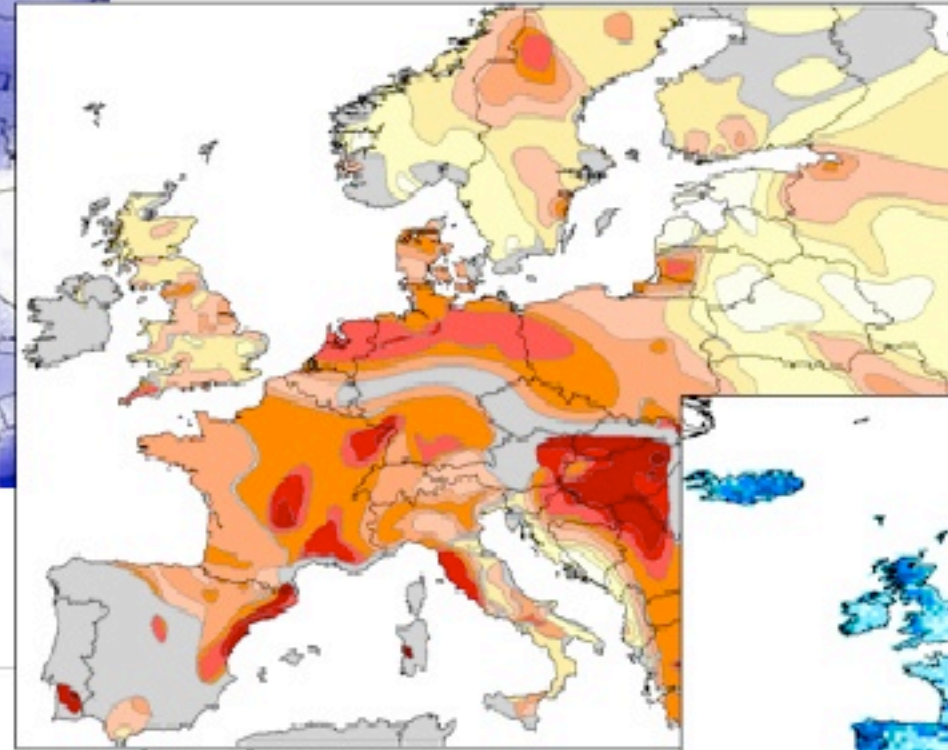
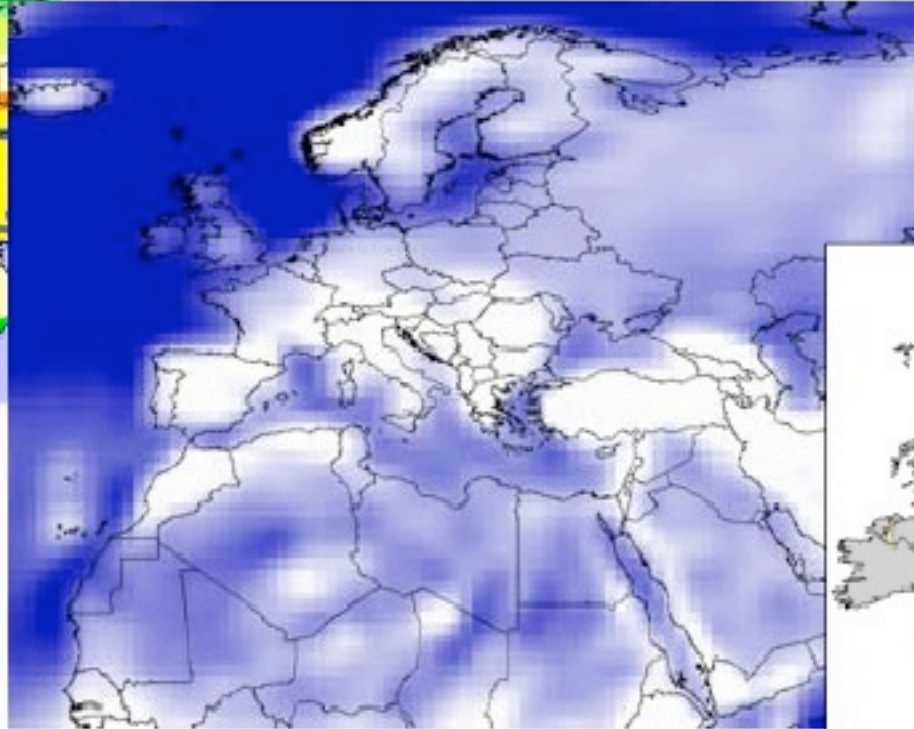
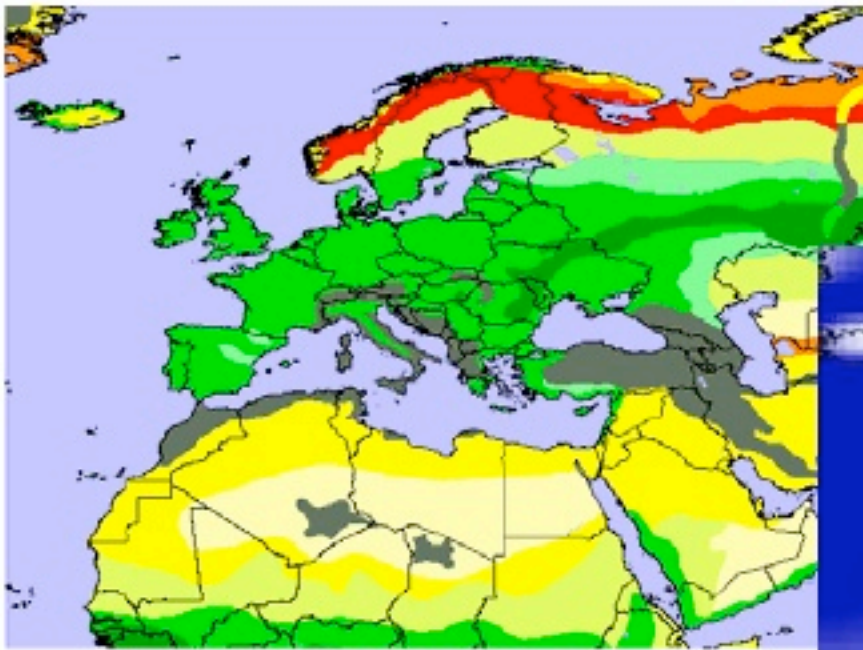
Biomass

Wind Energy

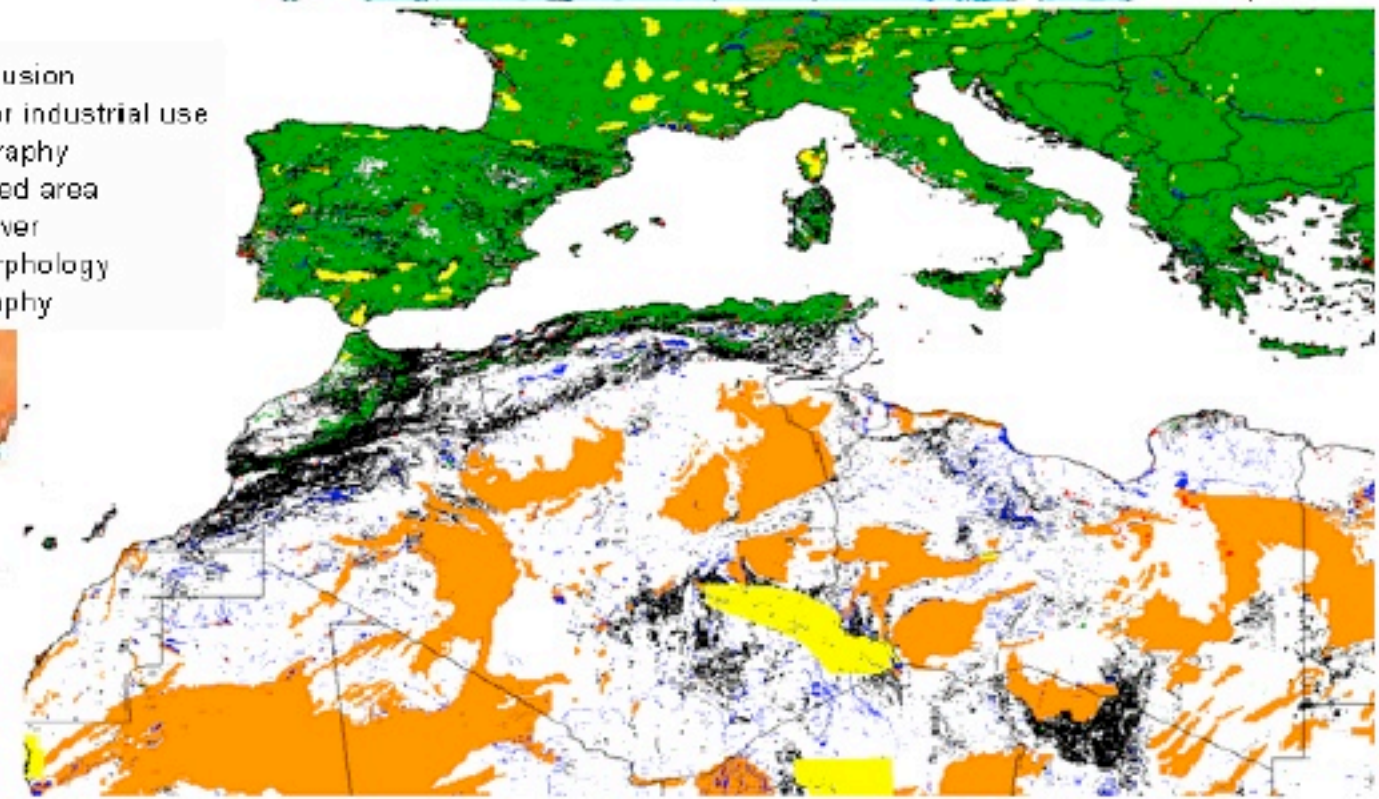
Geothermal Energy

Hydropower

Solar Energy



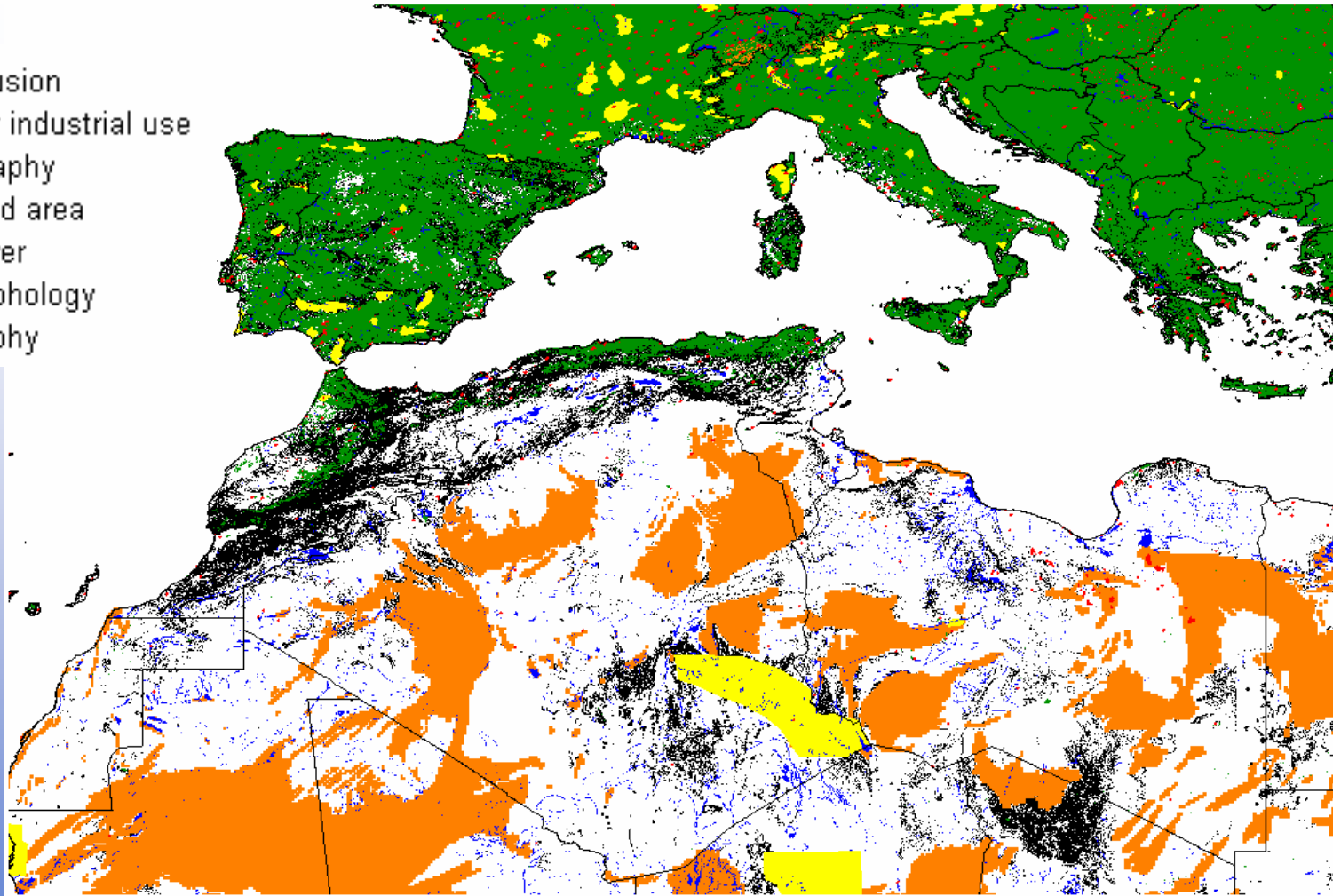
- no exclusion
- urban or industrial use
- hydrography
- protected area
- land cover
- geomorphology
- topography





Zones d'exclusion pour les centrales à concentration

- no exclusion
- urban or industrial use
- hydrography
- protected area
- land cover
- geomorphology
- topography

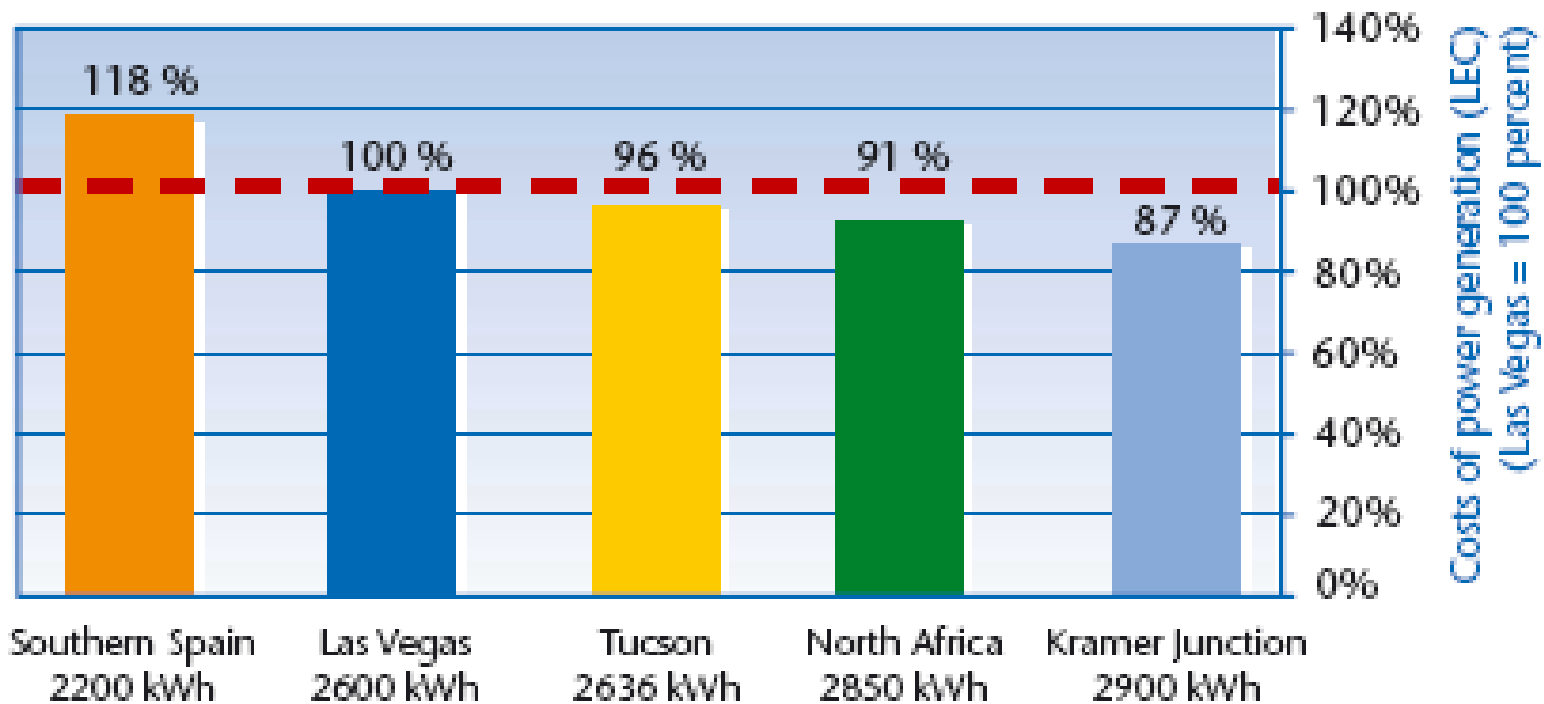




Le coût dépend du soleil

It depends on the location:

Costs of power generation by location



kWh/m²/year (Source: U.S. Department of Energy, SCHOTT's calculations)



La multiplicité des concepts

● Technologiques

- ◆ Assiettes et tours; Pégase
- ◆ Cylindro-paraboliques: nouveaux capteurs, nouveaux caloporteurs, génération directe de vapeur
- ◆ Miroirs linéaires Fresnel
- ◆ Intégration en milieu urbain...

● D'exploitation

- ◆ Centrales 99% solaires 'de pointe' diurne (Nevada) ou continues (Espagne)
- ◆ Intégration dans des centrales à cycle combiné
- ◆ Co-génération pour désalinisation

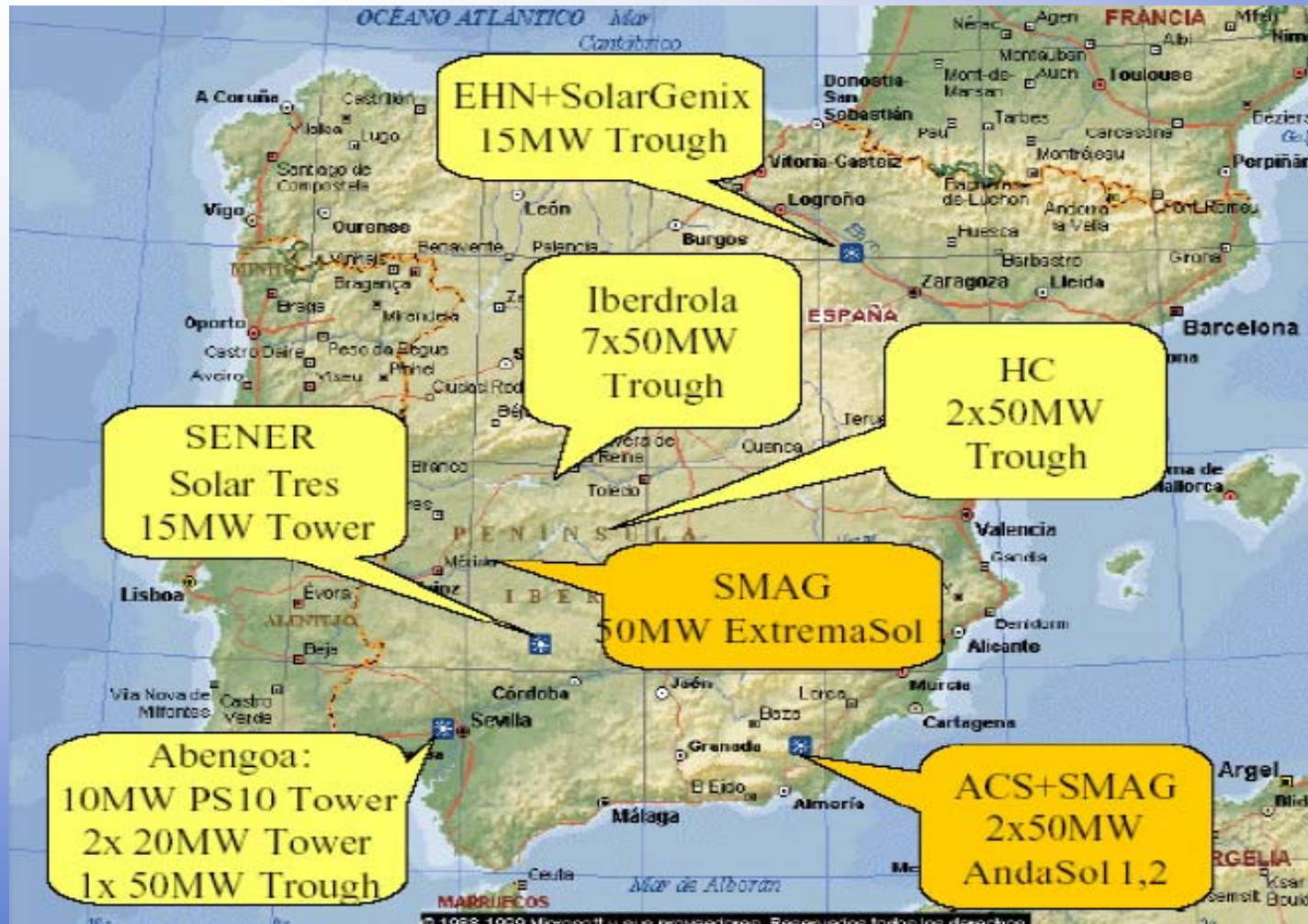


Panorama : l'Espagne

- **Ensoleillement et objectif 'Kyoto'**
- **Bonification du kWh garanti >.18€,
puiss. max. 50 MW, total 500 MWe**
- **Déjà 1000 + MW en projet...**
- **Acteurs: ACS (+Millenium Solar),
Abengoa, Acciona (+Solargénix),
Iberdrola...**



L'Eldorado espagnol





PS-10

Abengoa

Sanlúcar la Mayor

Reliée au réseau!





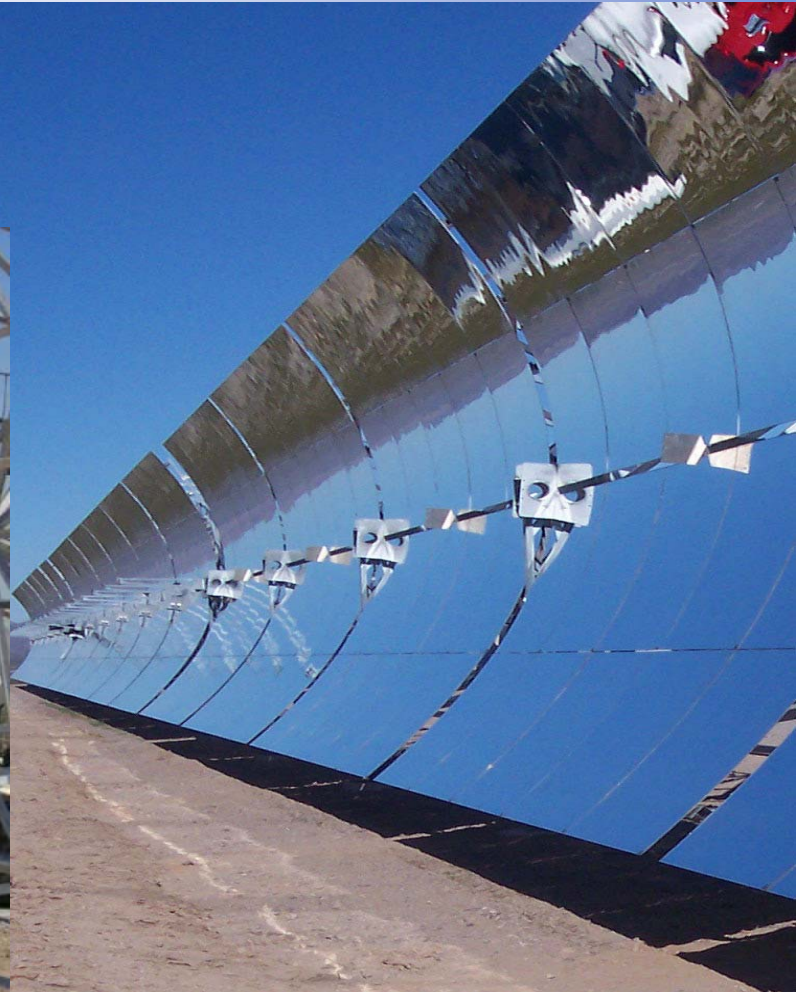
Panorama: les Etats-Unis

- Renewable energy portfolio standards
- 1 000 MW Western States
- Nevada Solar One: 64 MW (Acciona)
- Extension SEGS, 24 MW (FPL, Solel)
- Mojave Solar Park (Solel, SDGE), 500 MW
- Stirling Energy Systems (dishes):
 - ◆ 500 + 350 MW pour SCE, Victorville
 - ◆ 300+600 MW pour SDGE, Imperial Valley



Centrale de 64-MW au Nevada

Reliée au réseau!



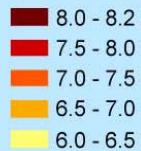
INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE

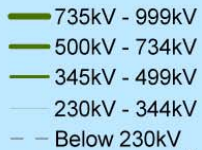
Concentrating Solar Power Prospects of the Southwest United States

Un carré de 100 miles de côté dans le Nevada fournirait assez d'électricité aux Etats-Unis

Direct Normal Solar Radiation kWh/m²/day



Transmission Lines*



July 2007

Potentially sensitive environmental lands, major urban areas, water features, areas with slope > 3%, and remaining areas less than 1 sq.km were excluded to identify those areas with the greatest potential for development.

*Source: POWERmap, powermap.platts.com

©2007 Platts, A Division of The McGraw-Hill Companies

The direct normal solar resource estimates shown are derived from 10 km SUNY data, with modifications by NREL.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE



Panorama (2)

- Afrique du Sud: Upington tour 10 MW (Eskom)
- Algérie: Hassi R'mel, 25 MW + 130 gaz. Appel d'offre lancé. A suivre, Naama, 75 MW + 400 gaz, une autre... Visent à terme l'export vers l'Europe
- Australie: Stanwell, 4 MW sur 1440 charbon; lake Liddel 10 MW
- Chine: 1000 MW en Mongolie (?)
- Egypte: Kuraymat, 30 MW + 116 gaz; appel d'offre lancé; FEM
- Emirats: Abu Dhabi, Dubai: vers 500 MW chacun?
- France: le projet SOLENHA (Euromed/Hautes-Alpes)
- Inde: Mathania, 30 MW + 140 gaz ou fioul
- Iran: 67 MW + 444 MW gaz (cycle combiné en cours)
- Israël: Ashalim (Negev), 230 MW
- Italie: Archimède, Priolo, 5-30 MW sur 740 gaz, sels fondus
- Maroc: Aïn Beni Mathar, 20 MW+ 412 gaz; FEM
- Mexique: Agua Prieta II, 30 MW + 500 gaz; FEM



France: la centrale Solenha

Bientôt 12 MWe reliés au réseau?

photo-montage

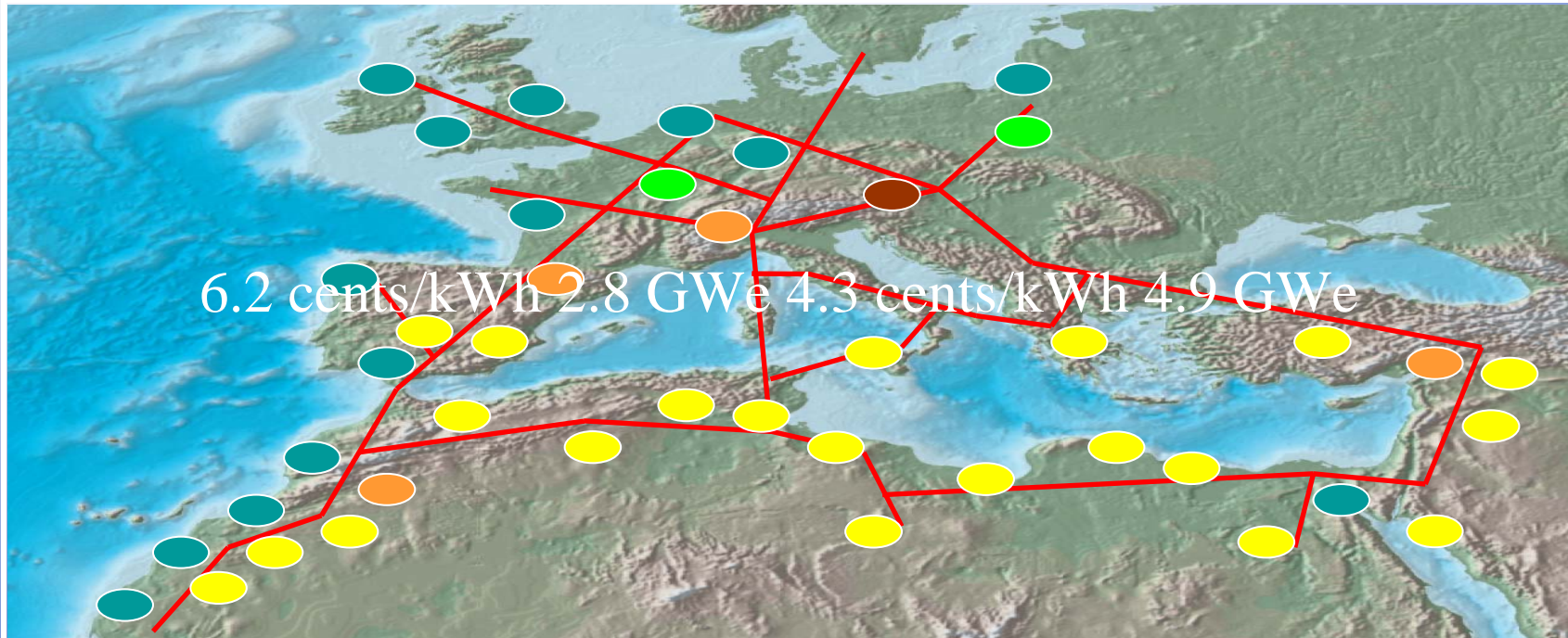




Une coopération N-S?

TREC
Clean Power from the Deserts
Trans-Mediterranean
Renewable Energy Cooperation

- Solar (CSP)
- Wind
- Hydro
- Biomass
- Geothermal



Les lignes HVCC permettent d'exporter vers Europe une électricité moins chère que l'électricité renouvelable locale



Energy Forum:

10,000 SOLAR GIGAWATTS

Clean power from Deserts for the World

DESERTEC Concept

for energy, water and climate security

Gerhard Knies

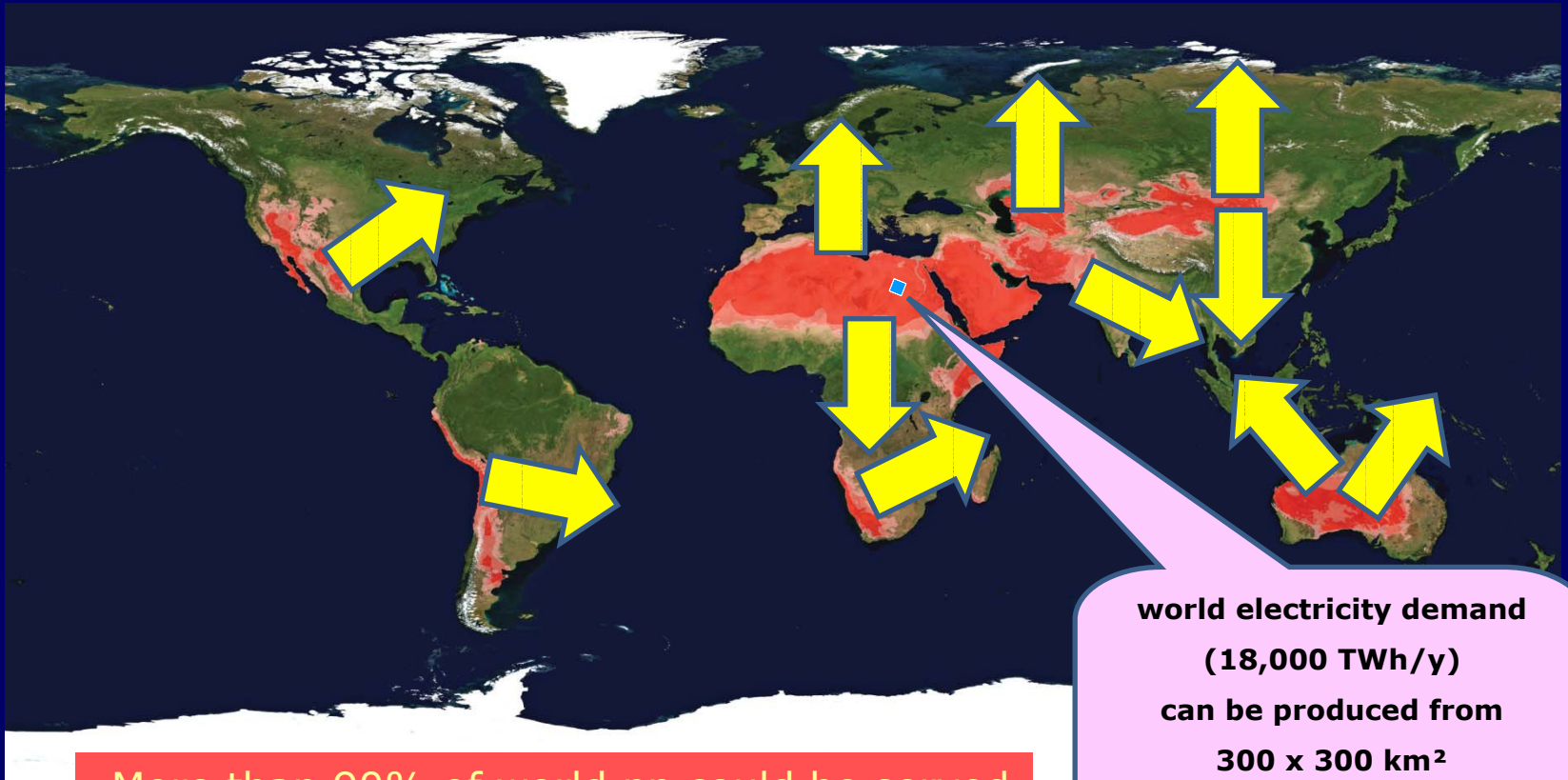
Project manager for The Club of Rome and co-ordinator of TREC

TREC = Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation

www.desertec.org , Gerhard.Knies@trec-eumena.org

There IS a way forward: *DESERTEC* Clean Power from Deserts for the World !

→ 3000 km



More than 90% of world pp could be served
by clean power from deserts (*DESERTEC*) !

world electricity demand
(18,000 TWh/y)
can be produced from
300 x 300 km²
=0.23% of all deserts
distributed over "10 000" sites

DESERTEC Concept for EU-MENA

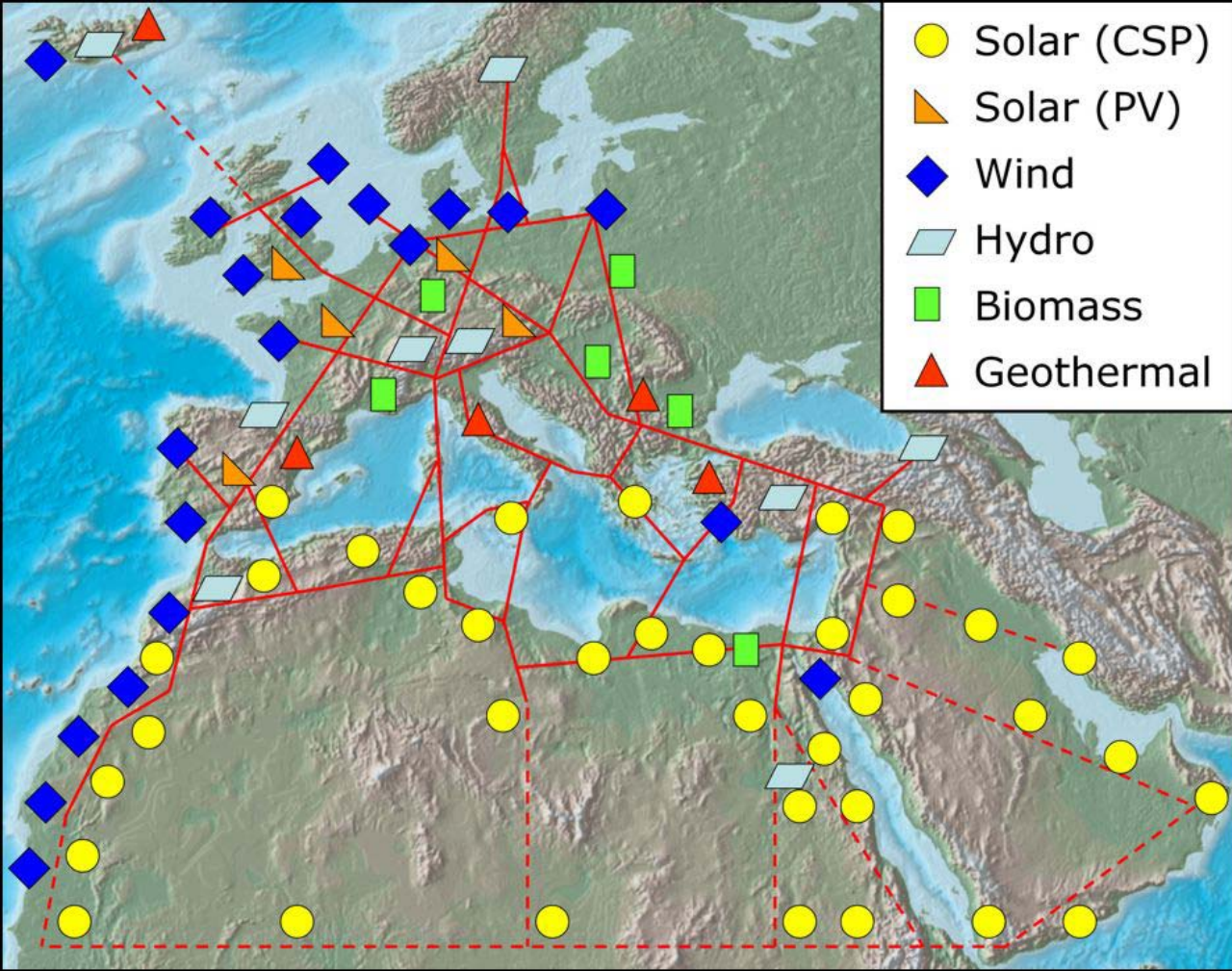
Clean power from deserts for the world: 10,000 solar GW

CoR
White Paper
2007

Sun-belt + technology belt

- synergies
- interconnection
- technology cooperation

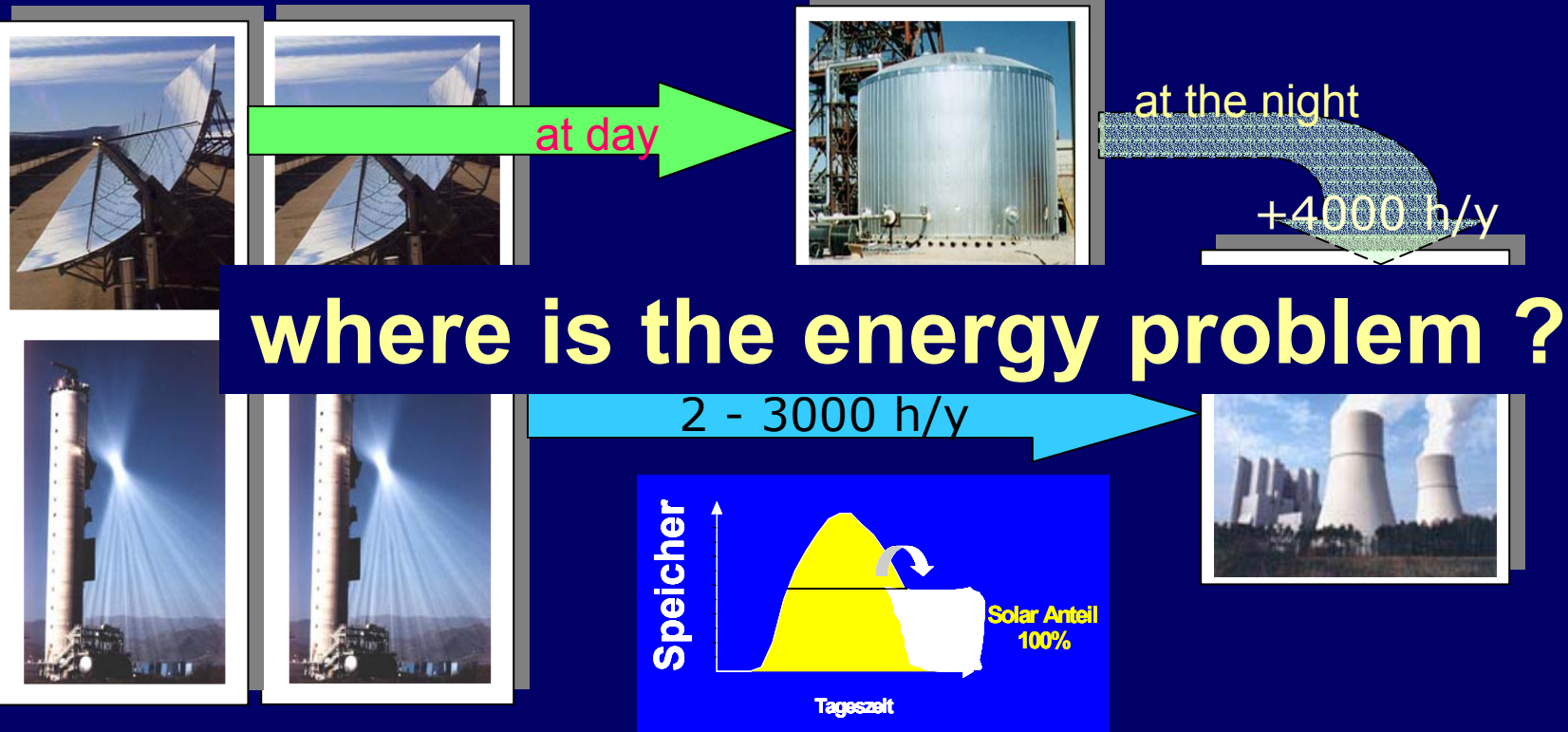
deserts + technology
for energy, water and
climate security



Solar Thermal Power Technologies

Thermal heat storage

just more collectors + storage tanks, not more power-plants:



where is the energy problem ?

Thermal Storage = More operating hours = Cost reduction
= Delivery by demand: **firm capacity**

Potentiel par pays (TWh/y)

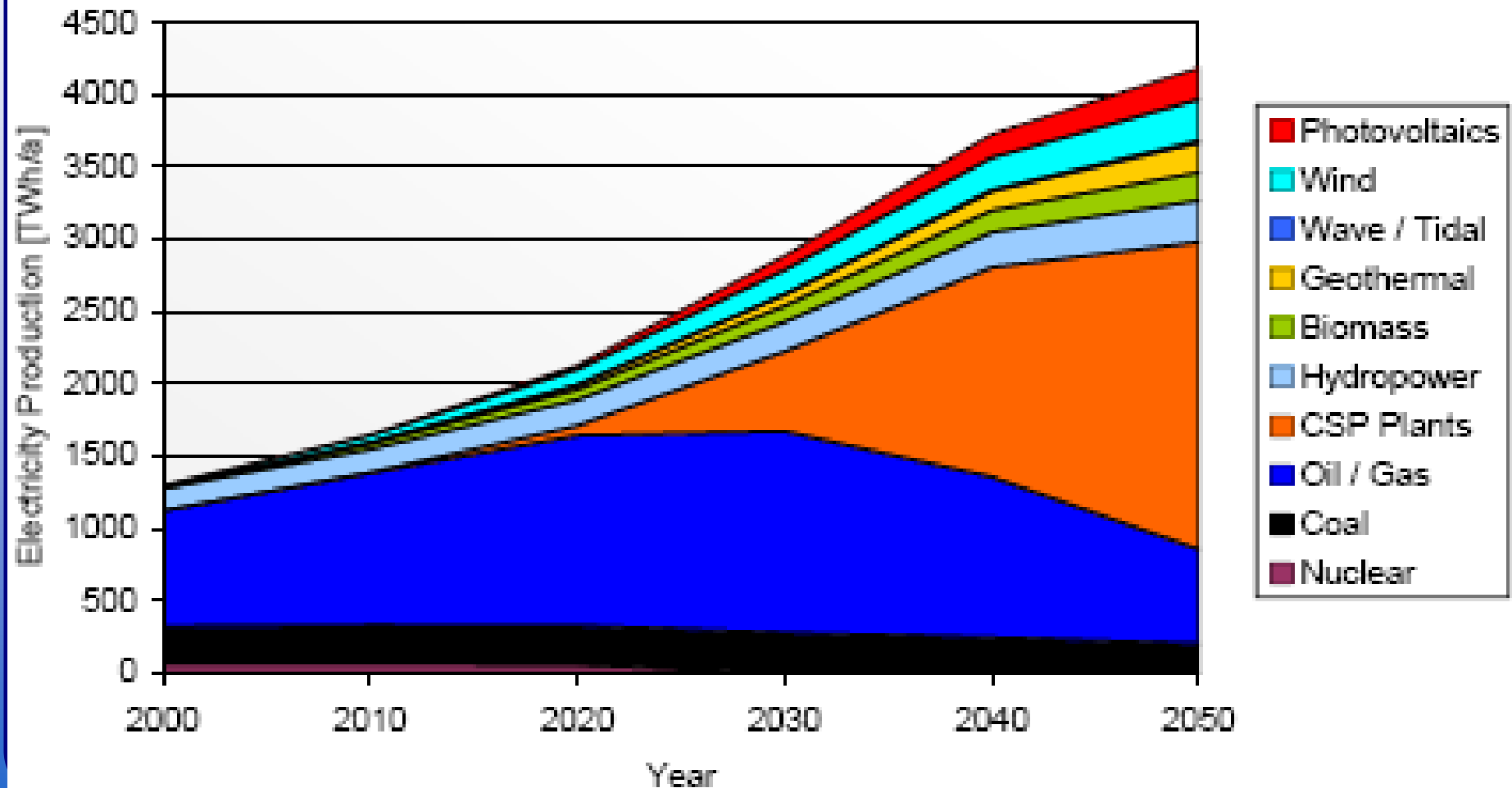
Cyprus	20	Algeria	168972	Iran	20000	Bahrain	33
Greece	4	Egypt	73656	Iraq	28647	Kuwait	1525
Italy	7	Lybia	139477	Israel	318	Oman	19404
Malta	2	Morocco	20146	Lebanon	14	Qatar	792
Portugal	142	Tunisia	9244	Jordan	6429	UAE	1988
Spain	1278			Syria	10210	Saudi Arabia	124560
				Turkey	131	Yemen	5100
Southern Europe	1453	Northern Africa	411495	Western Asia	65749	Arabian Peninsula	153402

>100 fois la demande MENA+EU en 2030... production approximée...



Afrique du Nord / Proche-Orient

Electricity Generation All Countries



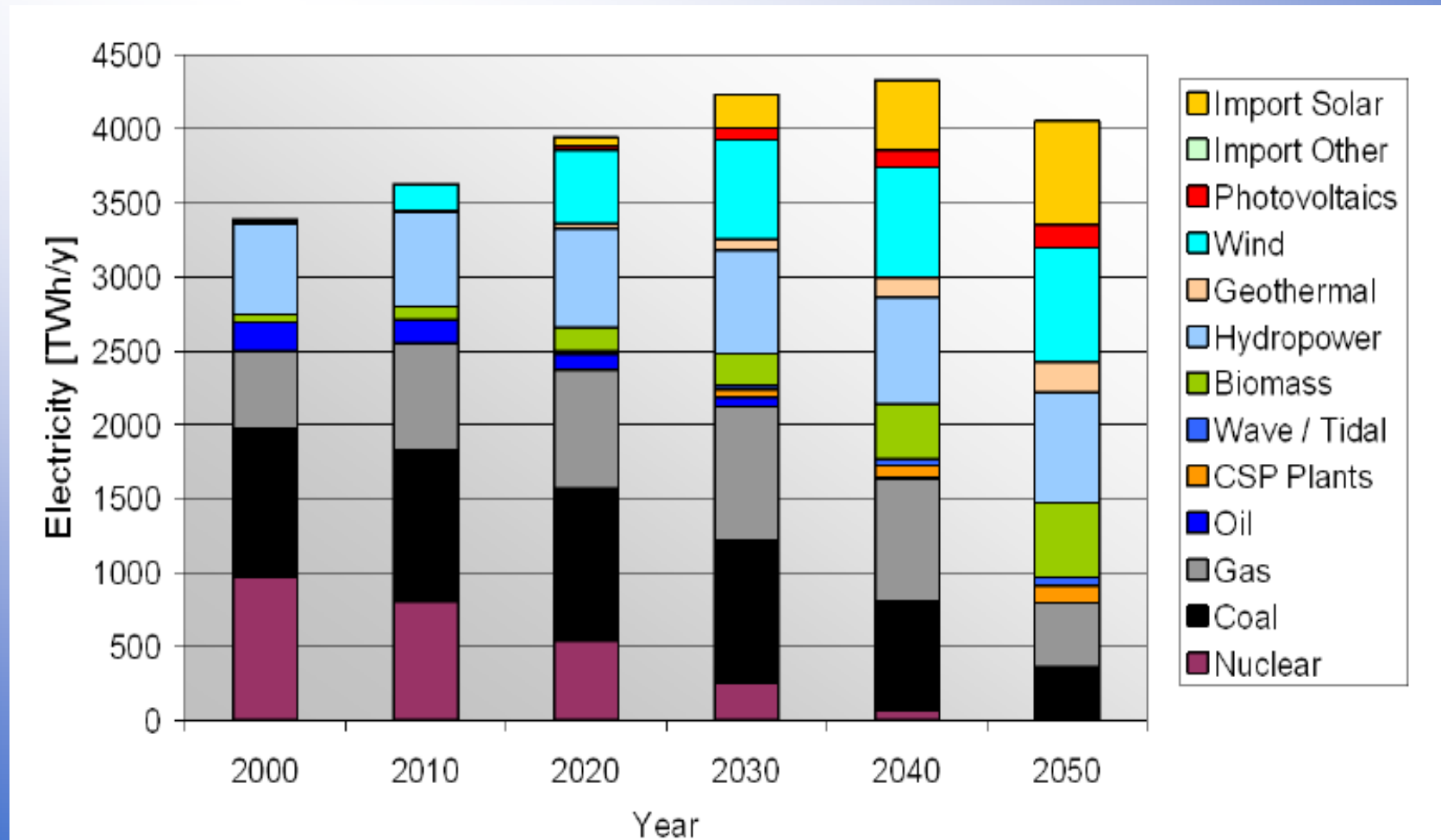


Conclusions de l'étude du DLR

- Dans la plupart des pays d'Afrique du Nord et Proche Orient le solaire à concentration fournira l'essentiel de l'électricité en 2050
- L'énergie éolienne est une ressource majeure en Egypte, au Maroc et à Oman
- L'électricité géothermique est disponible en Arabie Saoudite, Iran, Turquie et au Yemen.
- Des ressources biomasse et hydroélectriques majeures en Egypte, Iran, Iraq et Turquie.



DLR Trans-CSP study: Electricity Generation in Europe



Where is the energy/climate problem ?

- Resource DESERT is there (!)
- Is solar technology ready ?
- Is storage technology ready ?
- Is transmission technology ready ?
- Do CSP power plants work sufficiently ?
- Can 10,000 GW collectors be built till 2050?
- Is capital there ?
- Is a global policy for fast implementation there ?

Union for the Mediterranean UfM - the way forward to clean power from deserts for the world?

Phase	Status	Time	UfM Tasks
1. Vision: <i>DESERTEC</i> 10,000 GW World	Done	2003 – 2005	Embrace the vision, declare as UfM goal
2. Studies and Verification	Done DLR studies desertec.org	2004 – 2007	
	Further studies	2008 - ?	DESERTEC Steering committee Task-forces, open problems
3. Commercialization phase of CSP	Started in Spain	2006 – ?	
	more in USA EU+MENA	2009 - ?	UfM-wide feed-in regul. grid pub. infrastructure
4. Commercial mass deployment and transmission	To come	2015 - 2050	Road-map (times & targets) Boards for Review

Summary

1. The wish for energy, water and climate security unites all peoples on earth.
2. Can clean power from deserts fulfill this wish?
?

Hanover Statement 2008

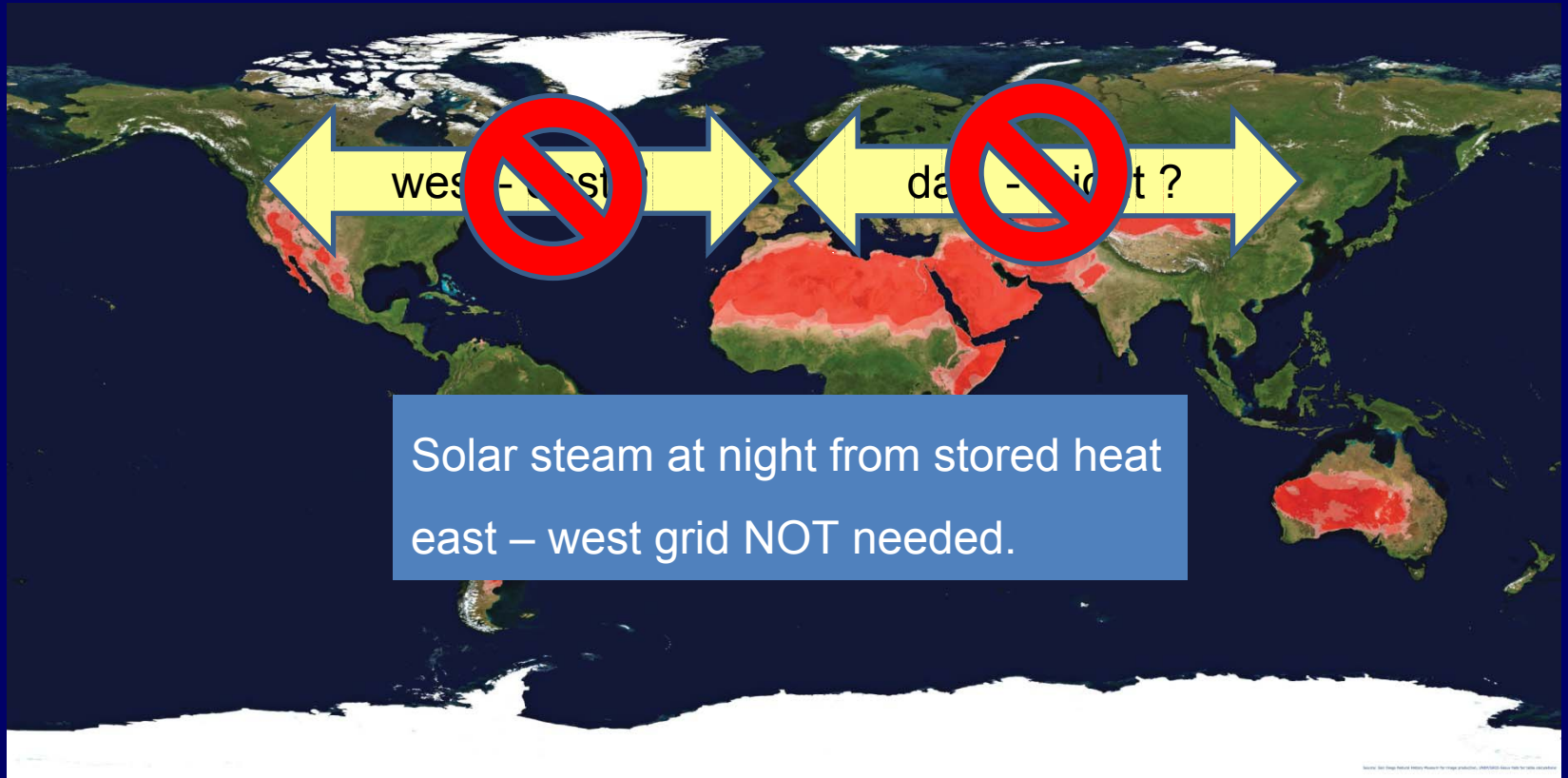
10,000 Solar GigaWatts from Deserts for the World:

“Based on our present knowledge and available technologies, we are convinced (*it appears us as feasible?*) that CSP solar thermal collectors for about 10,000 GW, as necessary for global energy and climate security by clean power from deserts, could be produced in a world-wide effort up to 2050.

Adequate policies are required.

Setting up the necessary production capacities for materials and components we consider as major business opportunities.“

Solar power at night ?



Gunnar Asplund
ABB Power Systems
HVDC
Ludvika, Sweden

High-Voltage Direct Current (HVDC) power transmission

**DESERTEC
Hannover**

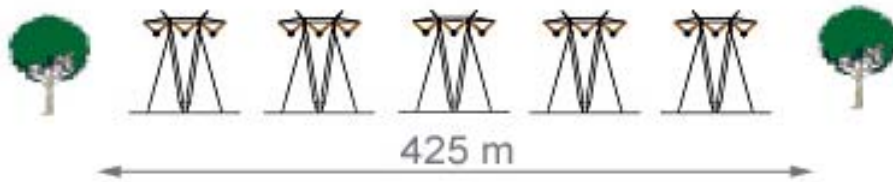
2008-04-23



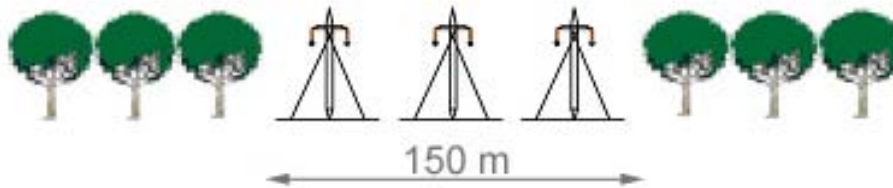
abb.com/hvdc



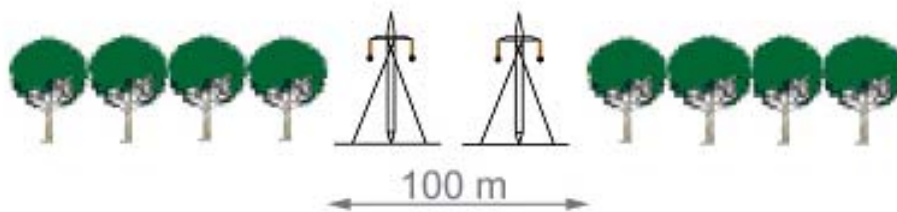
High Voltage Direct Current (HVDC) Low-Loss (3%/1000 km) Long-Distance Transmission



800 kV AC

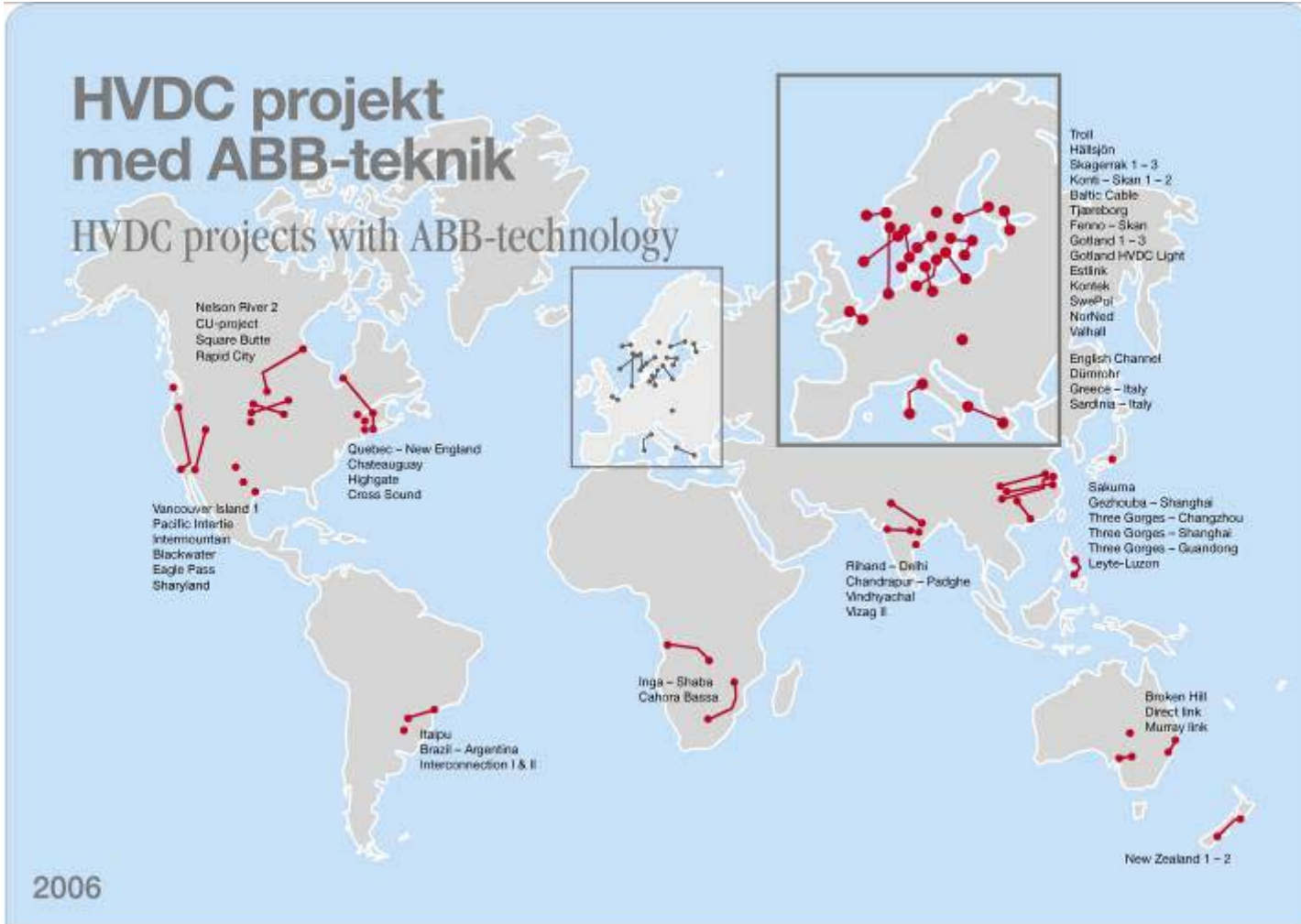


600 kV HVDC

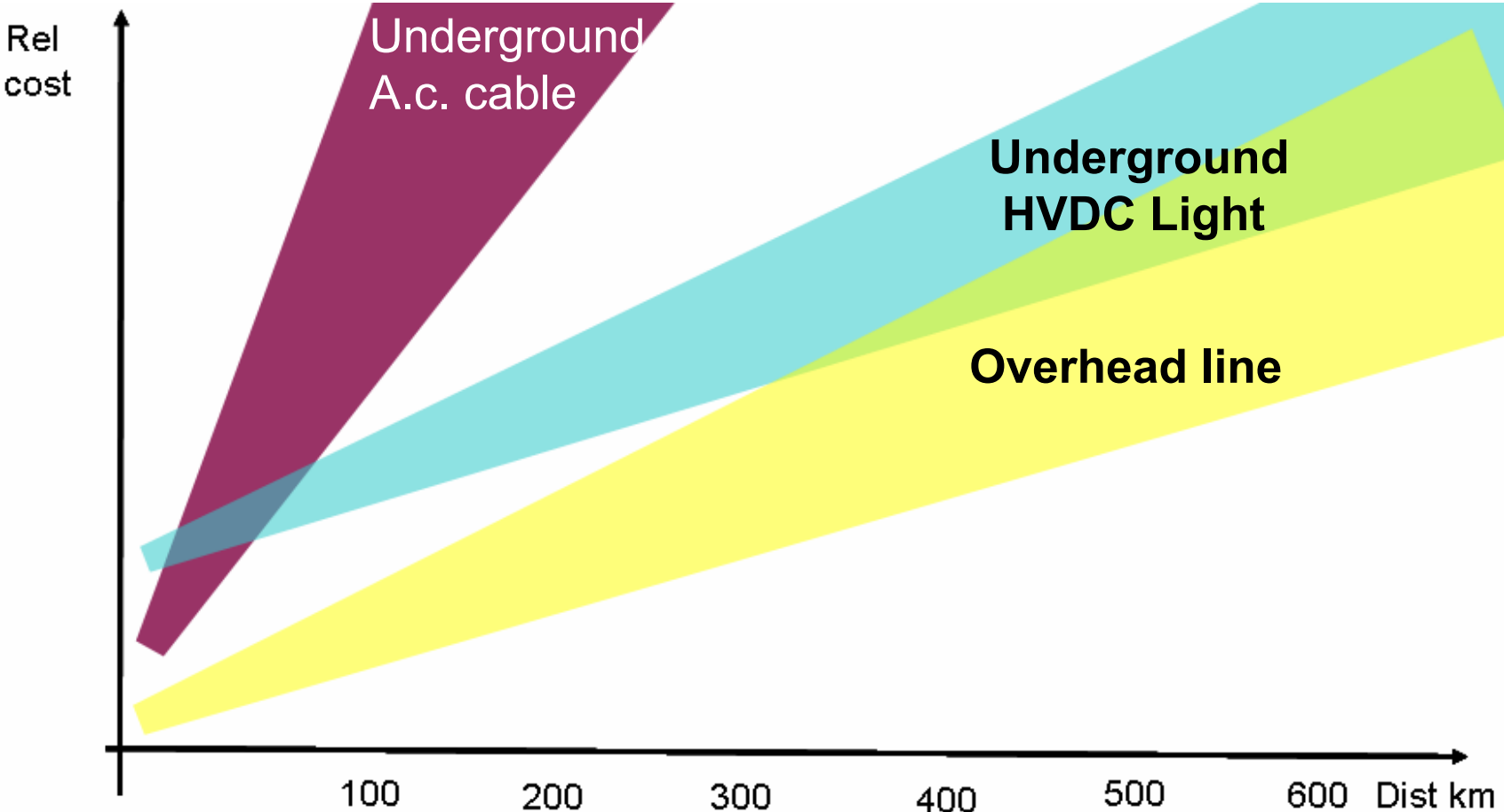


800 kV UHVDC

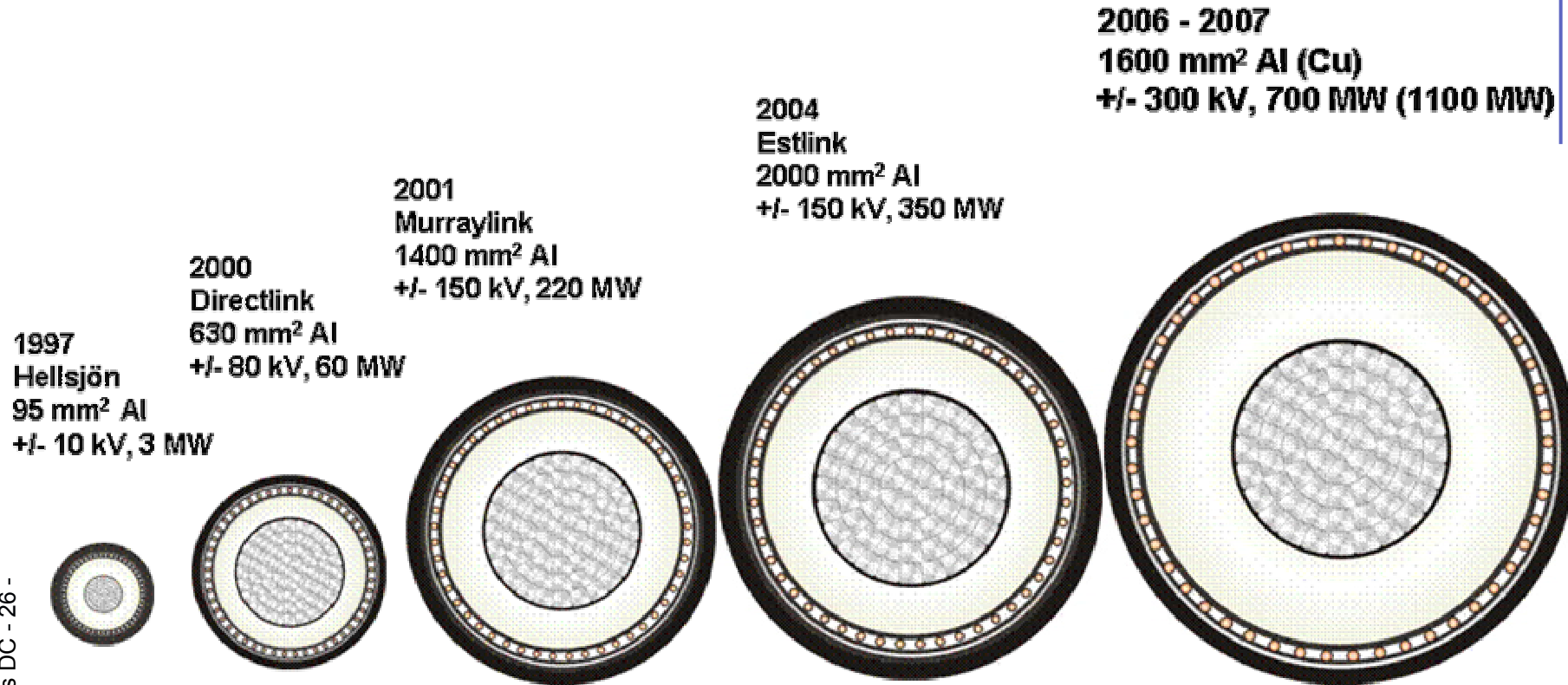
HVDC projects



Relative cost of transmission

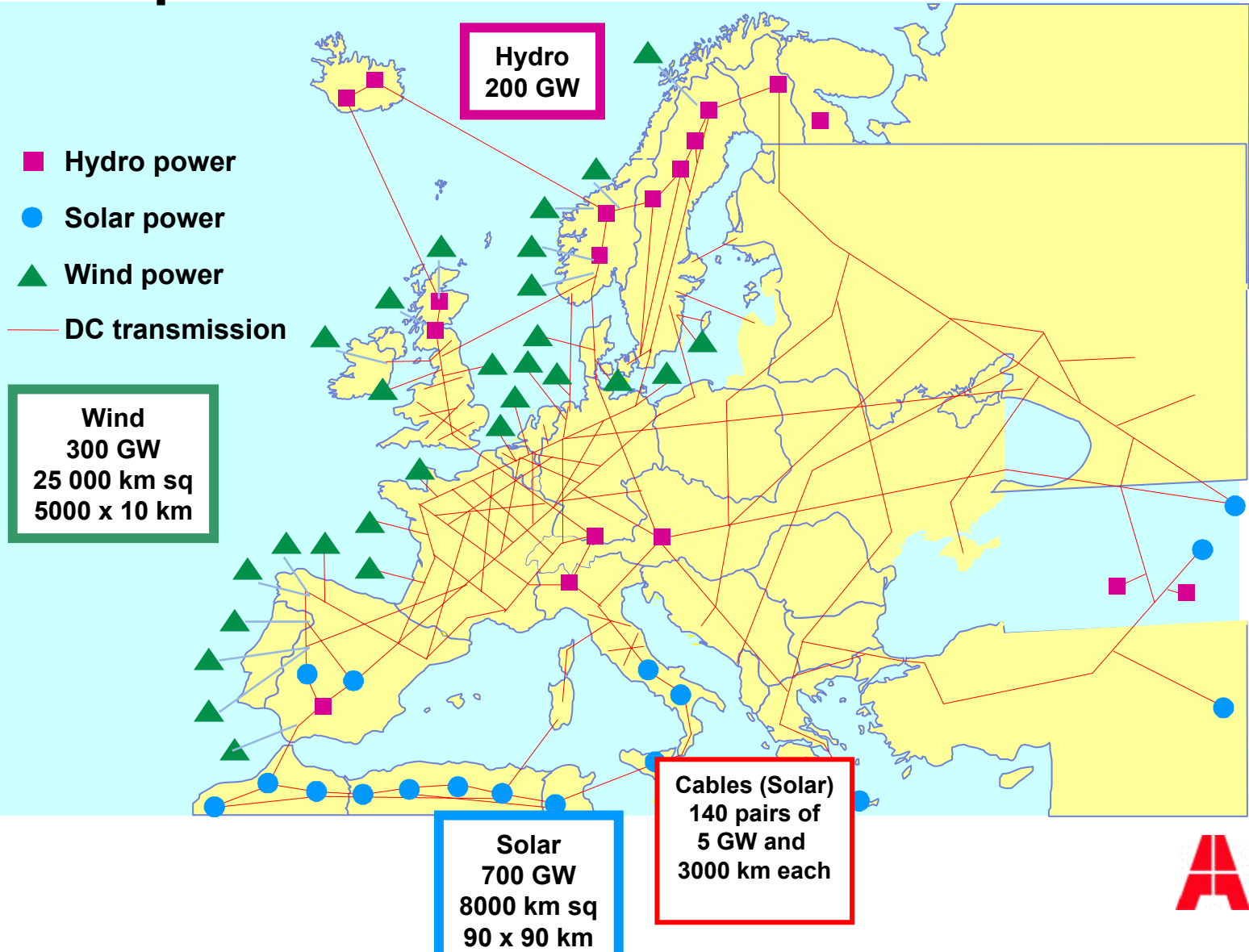


HVDC Light cable development



Europe 20XX Scenario

99LFC0825



Power Syst



Le Plan solaire Méditerranéen ?



*Les Objectives du Plan d'Actions
Immédiats (Immediate Action Plan-IAP)
et de la feuille de route (2011-2020)*

Philippe Lorec

Le plan solaire méditerranéen

en quelques faits et chiffres ..

- 20 GW en 2020 de Projets PV, CSP, éoliens ... Mais aussi des projets en efficacité énergétique qui permettront :
 - Une réduction des émissions de GES
 - La création d'un marché et développement industriel
 - De contribuer également à la mise en œuvre du paquet "énergie-climat" de l'Union Européenne, par le biais de l'exportation d'électricité "verte" vers l'Europe.
- Mais demanderont
 - Une organisation spécifique;
 - Un développement industriel et technologique
 - L'adaptation des secteurs énergétiques nationaux
 - Des efforts pour limiter la demande énergétique et augmenter l'efficacité énergétique
 - Des Infrastructures de transport de l'énergie

Plan Solaire Méditerranéen -co-présidence Franco-égyptienne (2009-2011)-



IAP
Production d 'électricité

Plus de 100 projets
Dans tous les pays

IAP
Infrastructure de transport

5 projets afin d'assurer
l'exportation d'une partie de
la production

IAP
Efficacité énergétique

20 projets pour 20%
d'économie d 'ici 2020

IAP
Transfert de technologie

Interconnexion des pôles de
compétitivité et création
d 'unité de fabrication

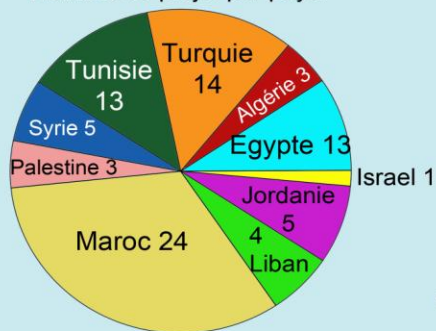
Feuille de Route
(2011-2020)

IAP (2009-2010)

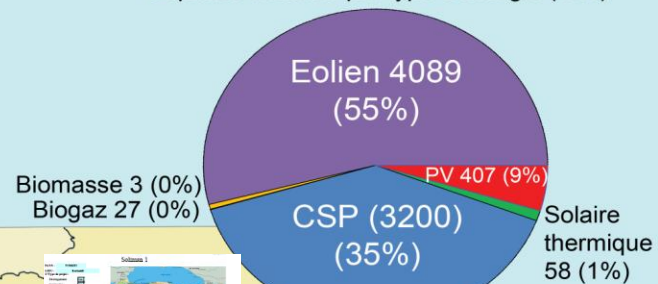
Production d'électricité



Nombre de projet par pays:



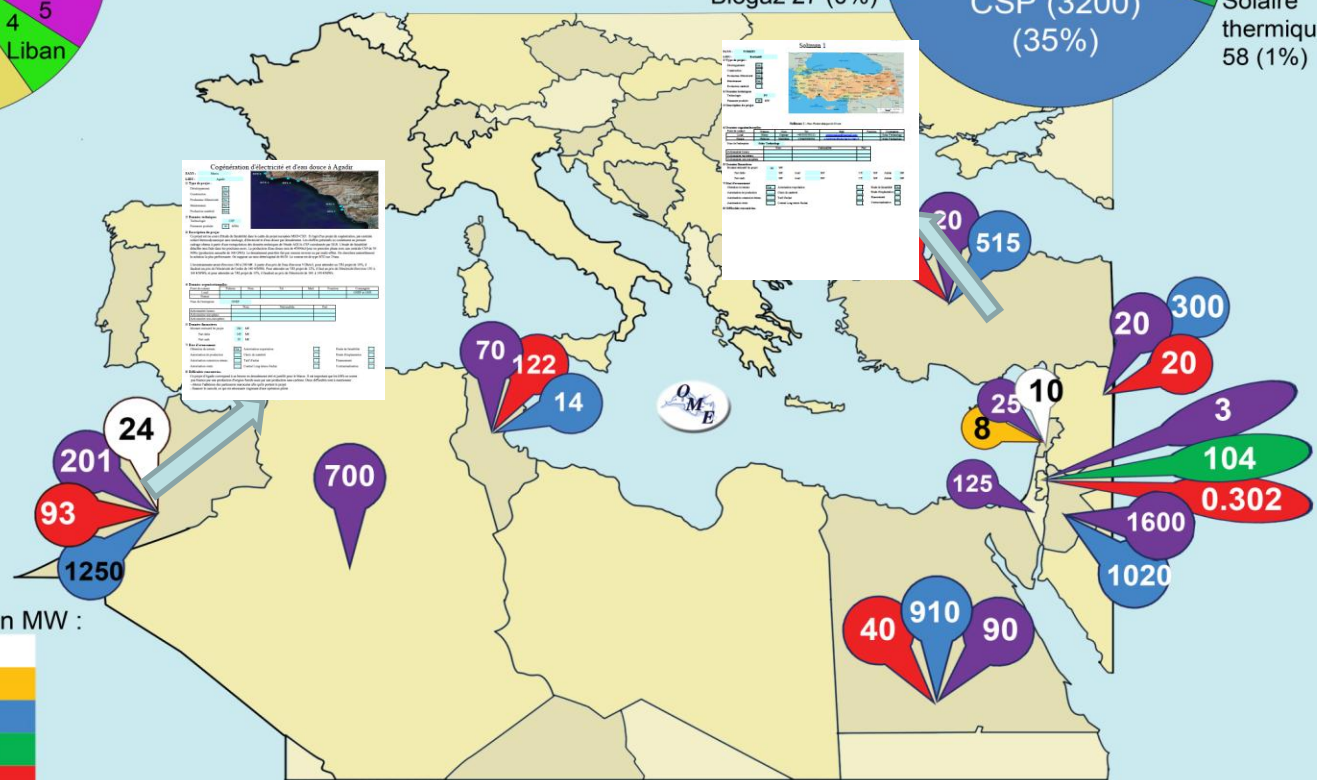
Capacité installée par type d'énergie (MW)



Capacité installée en MW dans le pays

Pays	Eolien	PV	Solaire thermique	CSP	Biomasse	Biogaz
Maroc	1250	93	201	24	0	0
Liban	700	0	0	0	0	0
Egypte	122	14	0	0	0	0
Jordanie	70	0	0	0	0	0
Tunisie	20	0	0	0	0	0
Turquie	515	0	0	0	0	0
Israël	20	0	0	0	0	0
Syrie	300	0	0	0	0	0
Palestine	20	0	0	0	0	0
Jordanie	3	0	0	0	0	0
Liban	104	0	0	0	0	0
Egypte	0.302	0	0	0	0	0
Jordanie	1600	0	0	0	0	0
Liban	1020	0	0	0	0	0
Egypte	40	0	0	0	0	0
Tunisie	910	0	0	0	0	0
Turquie	90	0	0	0	0	0

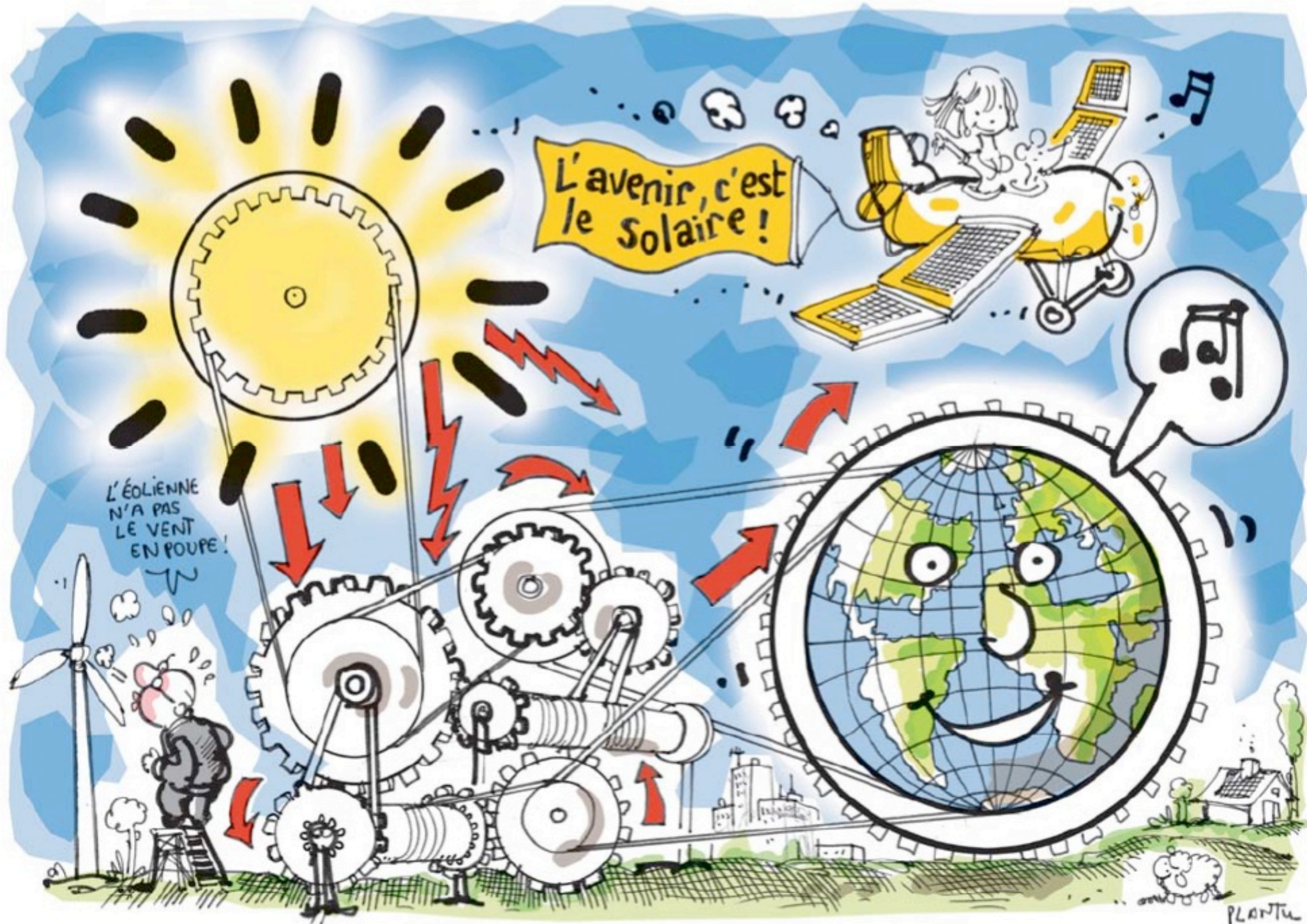
Capacité Installée en MW :



IAP (2009-2010)

Infraestructure de transport





L'avenir, c'est le solaire!

L'ÉOLIENNE N'A PAS LE VENT EN POUPE!

PLANTU