



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

CUEPE

Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie

CYCLE DE FORMATION ENERGIE - ENVIRONNEMENT

**100 % d' Energies Renouvelables
en 2037**

Pourquoi ?
Comment ?

Jeudi 18 décembre 2008

Présentation: Gérard Fatio

Mon système de Valeurs

1. Paix dans le monde

2. Sauvez la planète

-
-
-
- Mon confort
- Ma mobilité
- Ma sécurité
- Mon porte-monnaie

Comportement de l'Etat ?

L'Etat doit-il :

- Ignorer
- Encourager
- Promouvoir
- Féliciter
- Récompenser
- Subventionner
- Légiférer
- Obliger
- Interdire
- Taxer
- Punir
-
-

Incitation

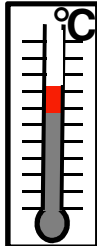
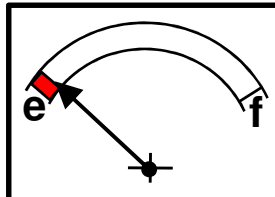
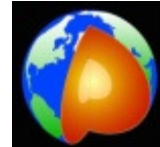
ou

Coercition

Incitations financières dans le domaine de l'énergie

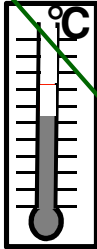
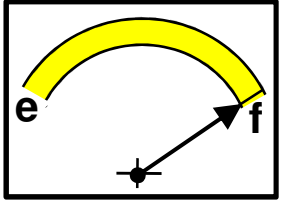
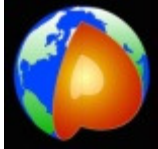
M. Christian Freudiger, adjoint scientifique
Genève, le 31 octobre 2008

Les deux défis

1 Cause	Surconsommation d'énergies non renouvelables	
2 Constats (défis)	Δ Temp  Reserves limitées 	
3 Conséquences	économiques : inflation, recession, etc écologiques : inondations, sécheresses, etc socio-politiques : tensions, guerres, etc	
4 Solutions	Soleil  Géothermie  Parcimonie - Efficacité Economies	
5 Moteurs	Politique • Technologie • Industrie • Business + Profit • Marketing • Consommateur Education	6 Résultats ?

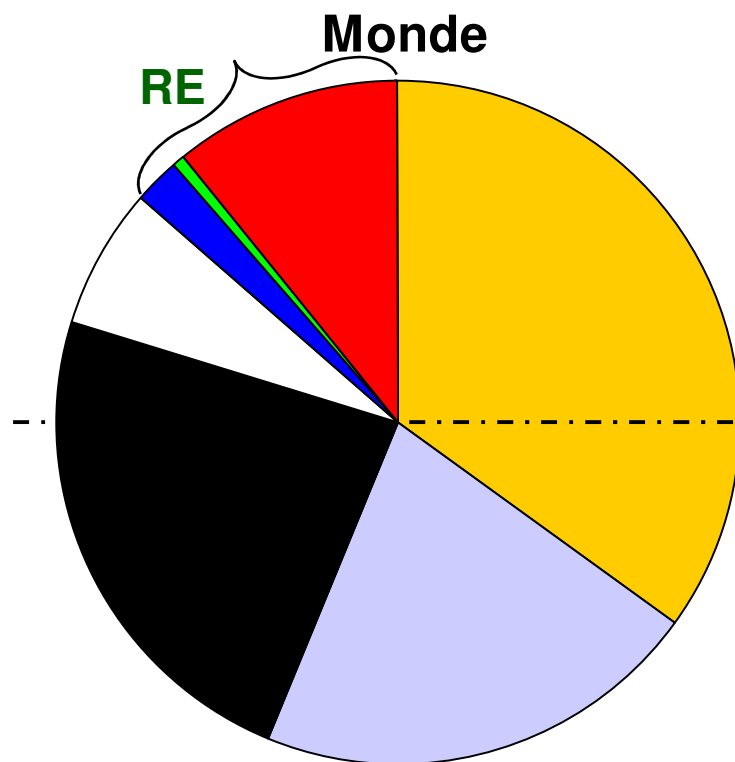
Chaos

Les deux défis

1 Cause	Surconsommation d'énergies non renouvelables	
2 Constats (défis)	Temp  Réserves limitées 	
3 Conséquences	économiques : inflation, recession, etc écologiques : inondations, sécheresses, etc socio-politiques : tensions, guerres, etc	
4 Solutions	Soleil  Géothermie  Parcimonie - Efficacité 	
5 Moteurs	Politique • Technologie • Industrie • Business + Profit • Marketing • Consommateur Education	6 Résultats

stabilité

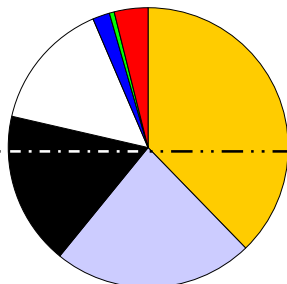
Point de départ : CONSOMMATION d'ENERGIE PRIMAIRE



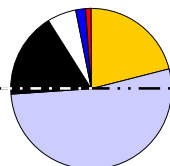
%	Monde
Pétrole	34.9
Gaz naturel	21.2
Charbon	23.5
Nucléaire	6.8
Hydro	2.2
Soleil, Vent, Géothermie	0.5
Biomasse & Déchets	10.9
TOTAL (Mtoe)	10'345

Sources AIE 2004

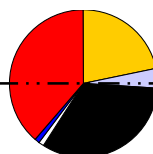
E Union (25)



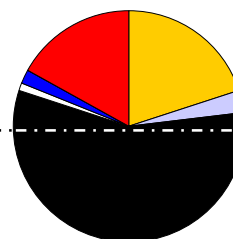
Russie



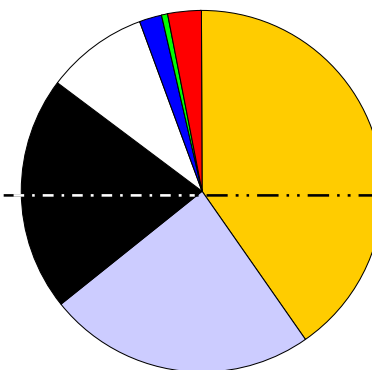
India



Chine



N. America



Contribution Energies renouvelables

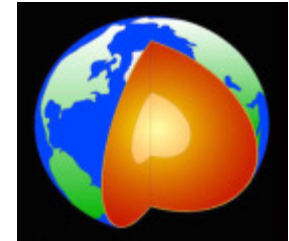
Energy	2004	2037
Hydro	2.2 %	?
Solaire	0.04 %	?
Vent	0.02 %	?
Geoth.	0.44 %	?
Biomasse	10.9 %	?
TOTAL	13.7 %	100 %

Energies renouvelables : Pourquoi ?

1. Renouvelables Durée de vie du soleil : 4 500 000 000 ans

2. Partout

Noyau terrestre au milieu



3. Gratuit

Pas (encore) de concessions pour capter le soleil

-
-
-
-
-
-

Moins de guerres 3 causes de guerres : Religion, ~~Energie~~, Eau

Propres

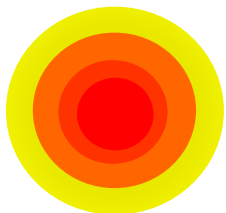
Energies renouvelables : Sources

1. Le Soleil

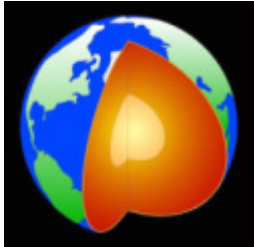
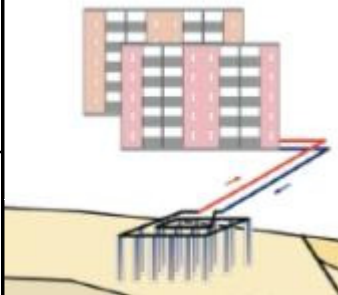
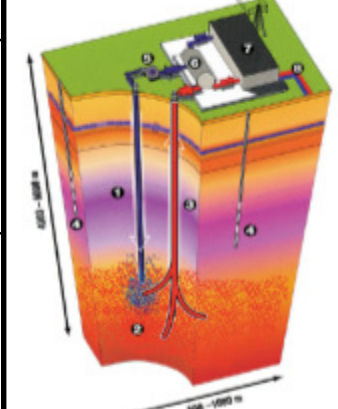
2. La Terre

3. Economies

Energies renouvelables: **SOLEIL**

Source	Utilisation	Propriétés	Equipement	Résultat	
SOLEIL 	directe	Chaleur	Panneaux solaires	Eau chaude	
			Concentrated Solar Power CSP	Vapeur Electricité	
		Lumière	Cellules Photo-voltaïques	Electricité	
	indirecte	Cycle vapeur	Turbines hydrauliques	Electricité	
		Système pressions	Eoliennes	Electricité	

Terre : Géothermie

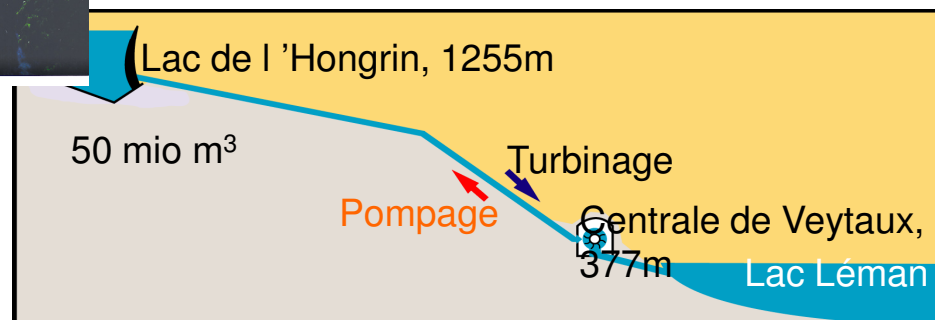
Source	Profondeur	Température	Equipement	Résultat
TERRE Sous-sol 	5-20 m	8 -12 °C	Pompe à chaleur	
	80-250 m	10 -14 °C	Pompe à chaleur	
	2 - 2.5 km	60 - 80 °C	Eau chaude	
	4 - 5 km	170 - 200 °C	Vapeur Electricité	

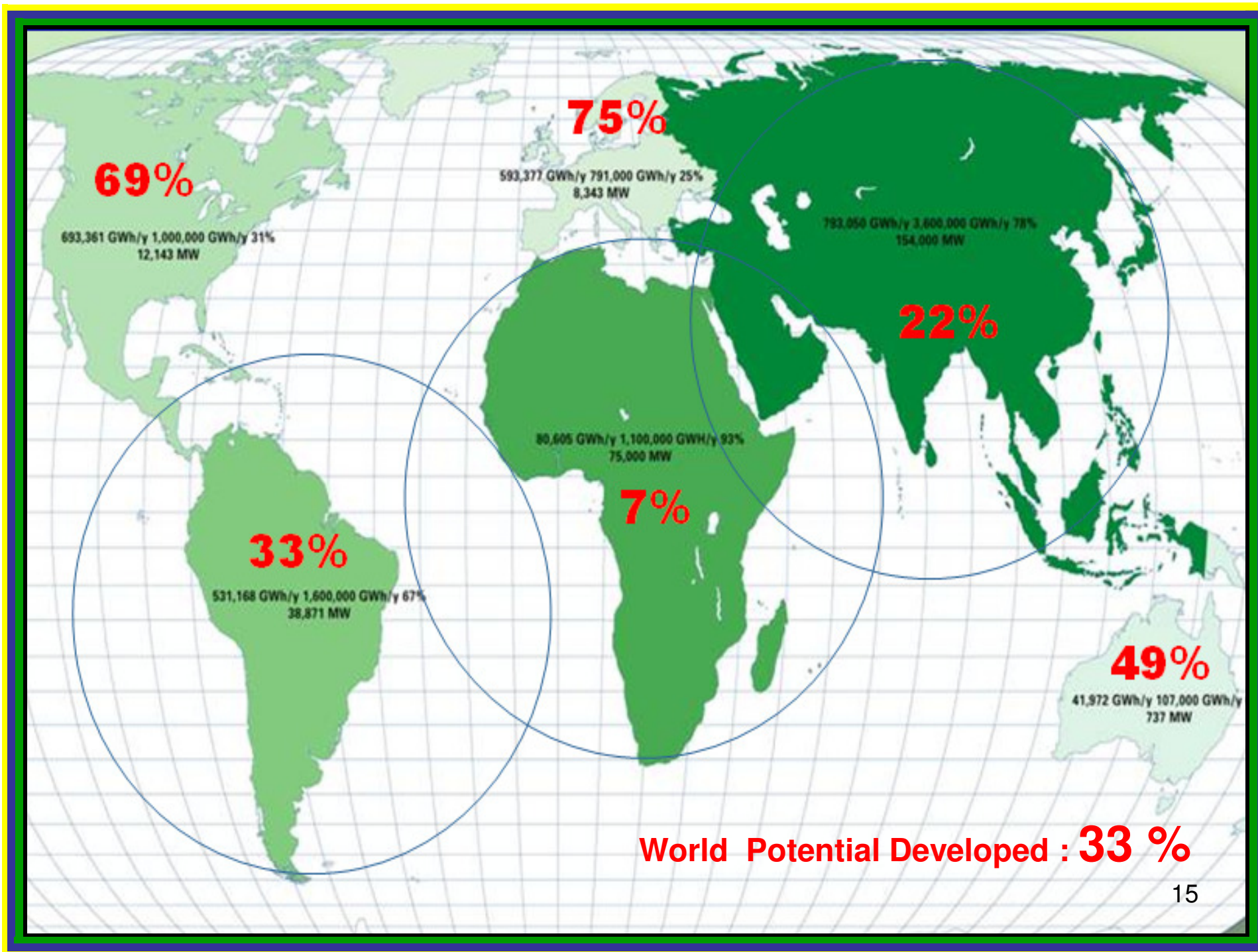
Energies renouvelables: **SOLEIL** + **TERRE**

Source	Composants	Products	Equipement	Resultats
SOLEIL + TERRE	Photosynthèse Eau Soil	Plantes	Agriculture	Nourriture
		Biomasse	Fourneau Processing	Chaleur Fuel
		Animaux	Chasse Ferme	Nourriture Force physique
		Humains	Fitness Education	Force physique Matière grise

HYDRO

Chaque année 400 000 à 500 000 km³ d'eau s'évaporent de la surface de la planète et retombent en précipitation.





WIND

Nothing new :

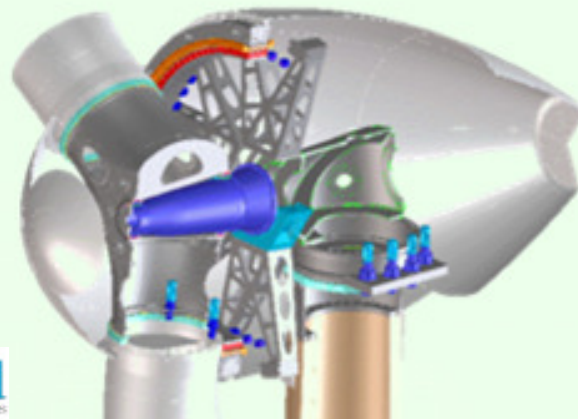


but.....

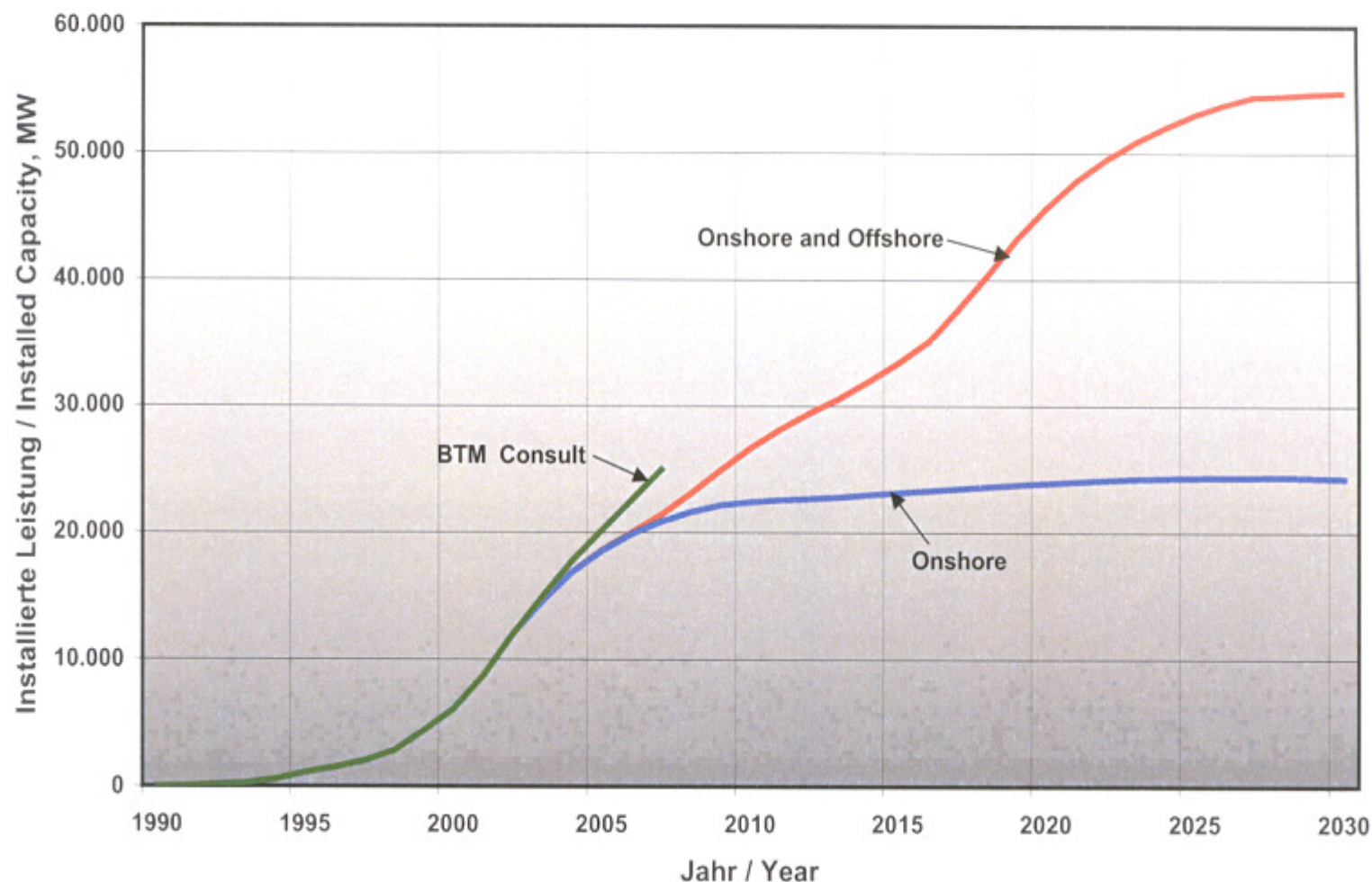
E-112 (4.500 kW)

since 2002

Hub heights:
124 m



Electricité éolienne en Europe



Développement accumulé en Allemagne

Quelle: Wind Energy Study 2004 ¹⁸

Wind Energy

OPERATIONAL WIND TURBINE CAPACITY			
LOCATION		Percent increase in 2006 (%)	Capacity at start of 2007 (megawatts)
Worldwide		25,3	73 904
Europe		19,2	48 545
1	Germany	11,9	20 622
2	Spain	15,8	11 615
3	USA	26,8	11 603
4	India	41,5	6 270
5	Denmark	0,3	3 136
6	China	90,9	2 405
7	Italy	23,6	2 123
8	UK	45,1	1 936
9	Portugal	61,4	1 650
10	France	106,9	1 567

Potentiel des Systèmes Géothermiques Stimulés EGS pour l'électricité en Europe

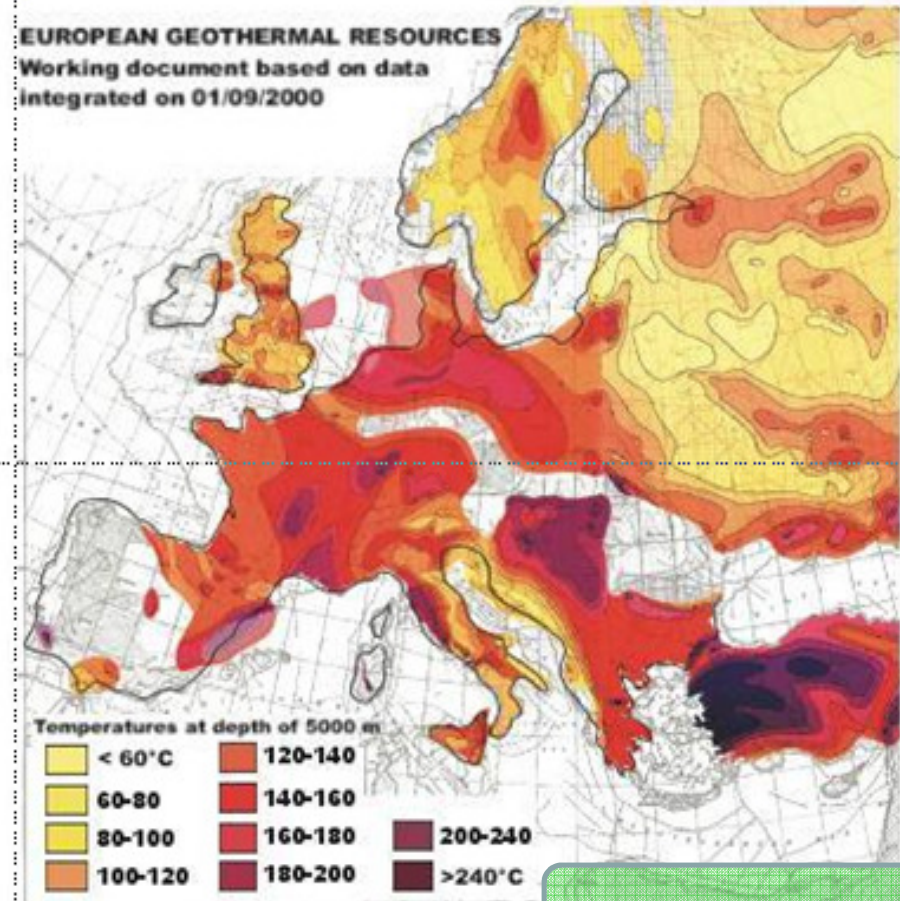
Ressources de type EGS en Europe occidentale

- Superficie de 125'000 km² avec une température >200°C à la profondeur ~5 km.
- Ressource primaire :
125'000 km² x 10% x 1 km d'épaisseur
= 12'500 km³

Chaleur convertie en électricité selon la technologie actuelle :

900'000 GigaWatt heure/an

(≈ production nucléaire européenne en 1995).

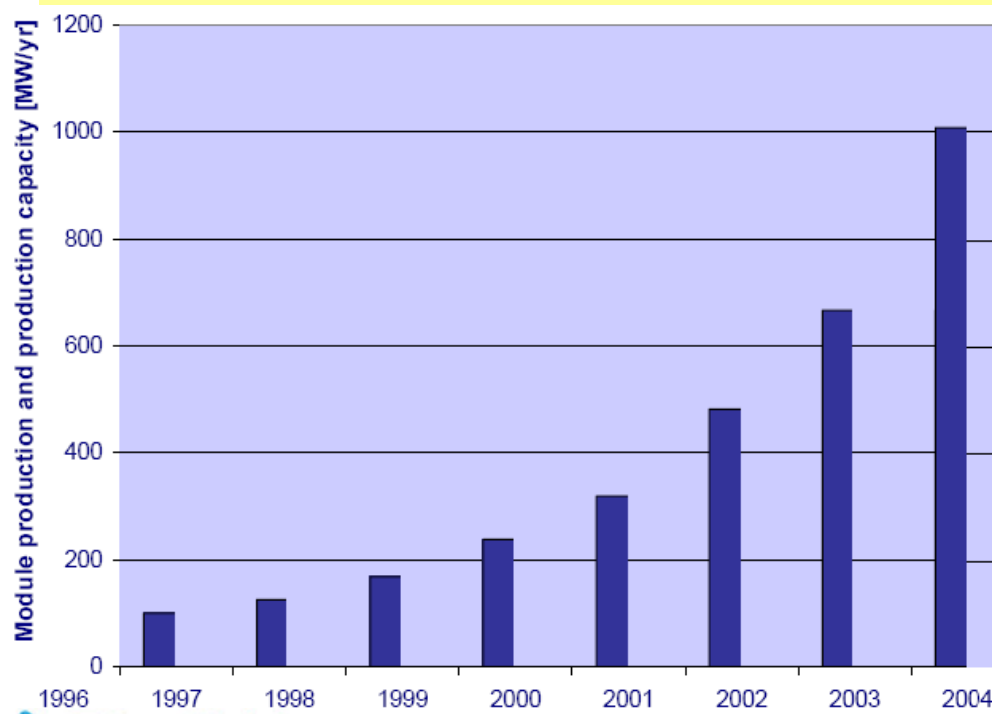


(Shell International)

Solar Photovoltaic Cells

- 2004: Module production worldwide : 1-1.2 GWp
- Steady increase of 35% per year in the last 7 years
- PV market for end-products (Modules/BOS) ~ 7 billions € (2005)

→ 50 billions € 2020



Some players on the market

- Sharp (400 MW !), Sanyo, Kyocera, Mitsubishi
- BP, Shell, Total
- General Electrics

Independent manufacturers

- Q-Cells, Solarworld, Isofoton

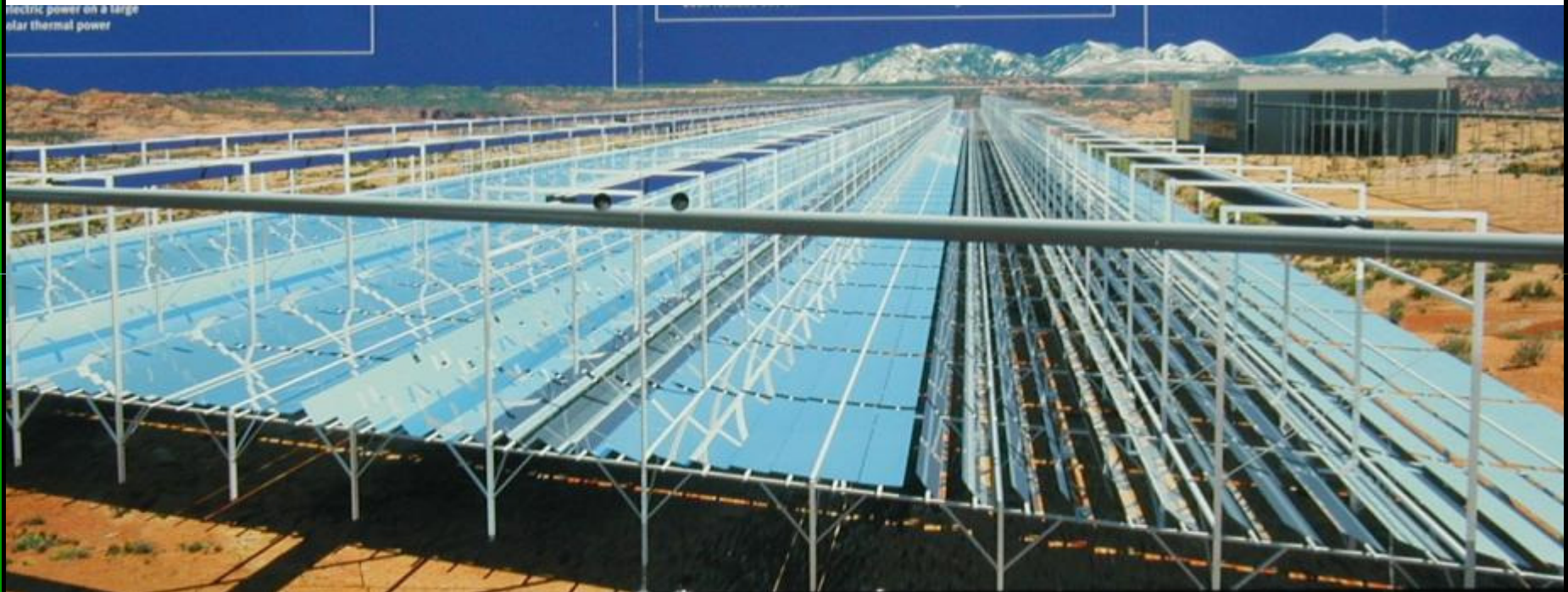
Source: updated from www.iea-pvps.org





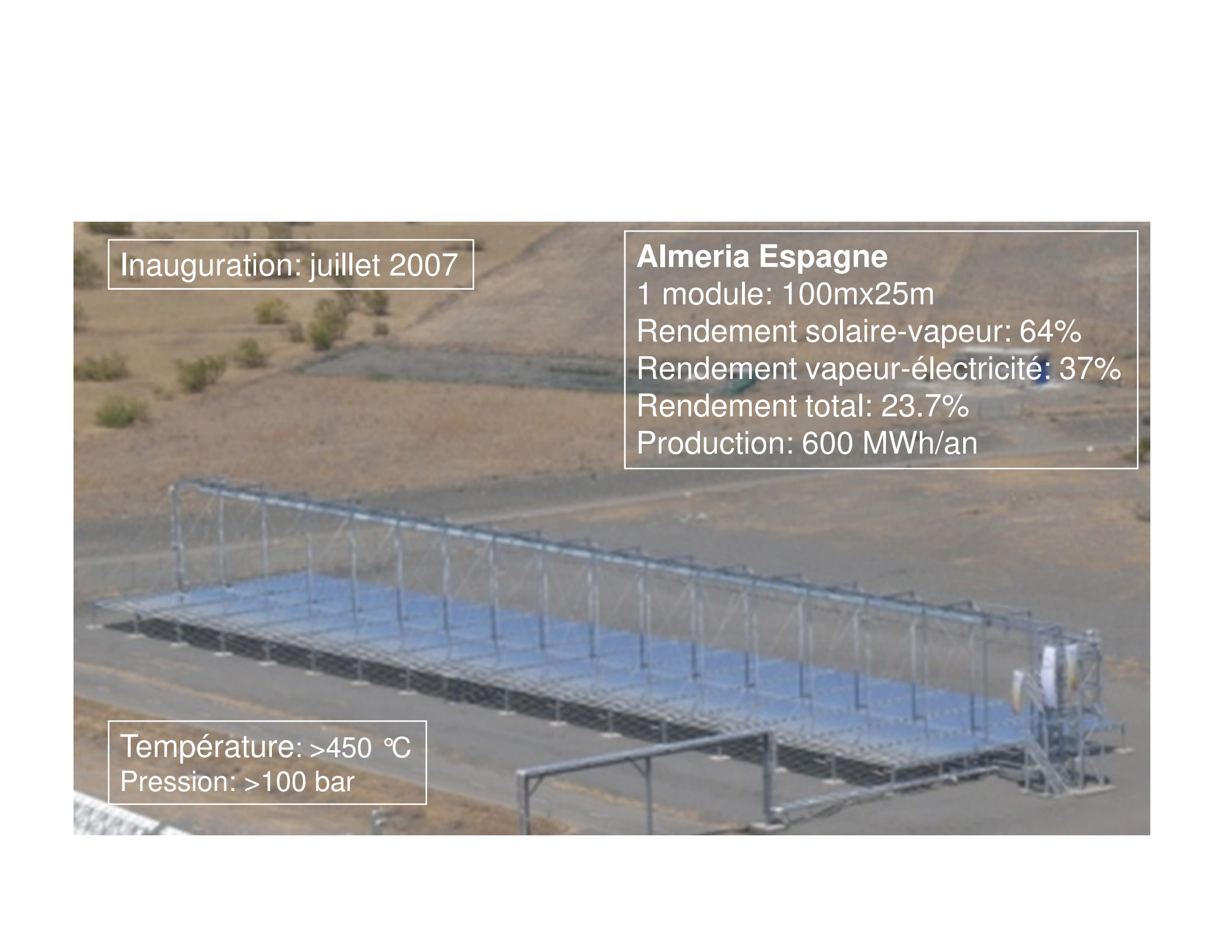
5 x 30 MWe Solar Thermal Power Plant in California
producing 380.000 MWhe yearly

Concentrated Solar Power CSP



800 MW

7.5 km²



Inauguration: juillet 2007

Almeria Espagne

1 module: 100mx25m

Rendement solaire-vapeur: 64%

Rendement vapeur-électricité: 37%

Rendement total: 23.7%

Production: 600 MWh/an

Température: >450 °C
Pression: >100 bar

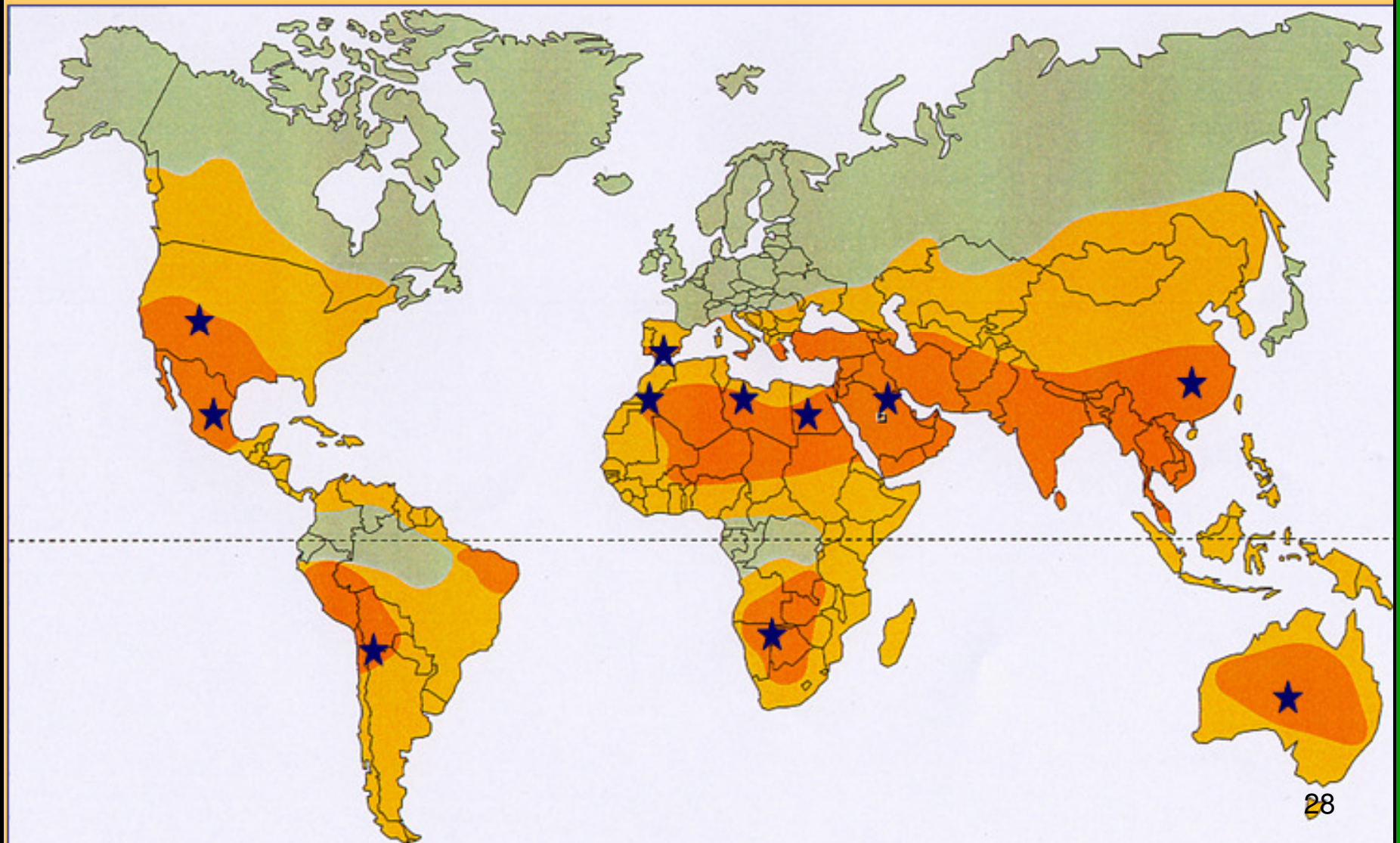
PROJECTS



Opening ceremony for the pilot plant in Almería, Spain, in July 2007



The solar belts





Solarmundo by the numbers

Rated Power	MW	50	200	400	800
Collector Area	m2	450'000	1'800'000	3'600'000	7'200'000
	acre	112	450	900	1'800
Electricity produced	GWh/yr	125	500	1'000	2'000
Investment	MUS\$	80	240	425	800
	US\$/kW	1'600	1'200	1'063	1'000
Cost of electricity produced					
Solar only	JS\$/kWh	7.5	5.1	4.4	4.0

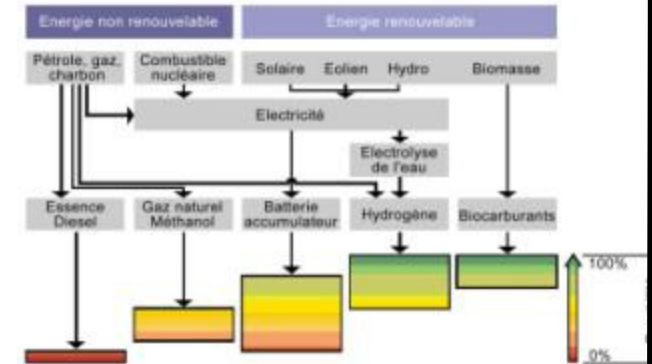
Parameters used :

- Solar radiation : 2800 kWh/m2/yr
- Steam-Electricity Efficiency : 37 %
- Solar Field locally built
- Cost of land not included
- Interest Rate : 6.7 %/yr
- 28 yr economic life time
- 1 %/yr insurance
- Power block estimate by DLR
- 10% contingencies

1000 \$/kW

4.0 \$ct/kWh

BIOFUEL : Theory



Edgar GNANSOUNOU

Director

Laboratory of Energy Systems (LASSEN)

Ph.D. Swiss Federal Institute of Technology (EPFL)

Publication FEDRE p. 54

« Le rôle des carburants de substitution »

BIOFUEL : Production



Eric HERGER

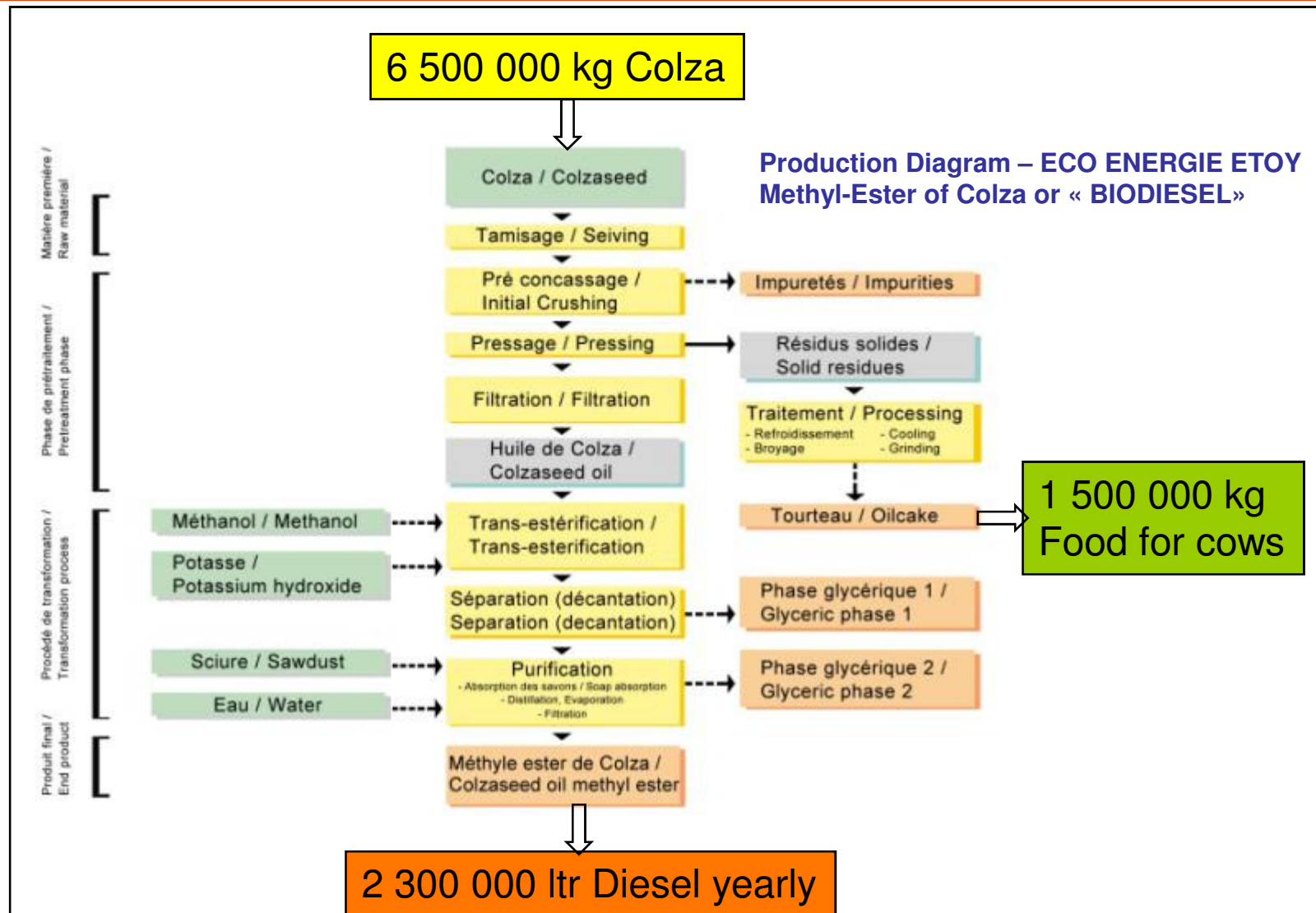
Directeur d'Eco Energie Etoy
Transforme du colza en diesel

Ingénieur agronome

Publication FEDRE p.52
« Le BIO-DIESEL »



BIOFUEL : Theory + Production



Muscle Power - Cycling





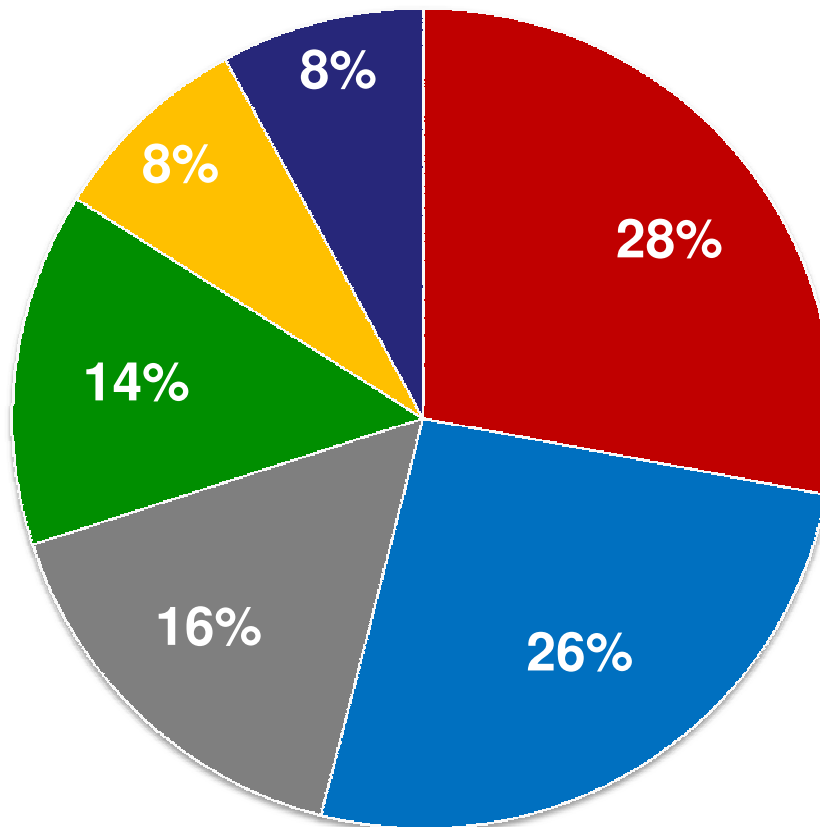


ECONOMIES

Parcimonie

EFFICACITE

Consommation



- **Mobilité**
- **Habitat**
- **Industrie**
- **Service**
- **Infrastructure**
- **Pertes-Divers**

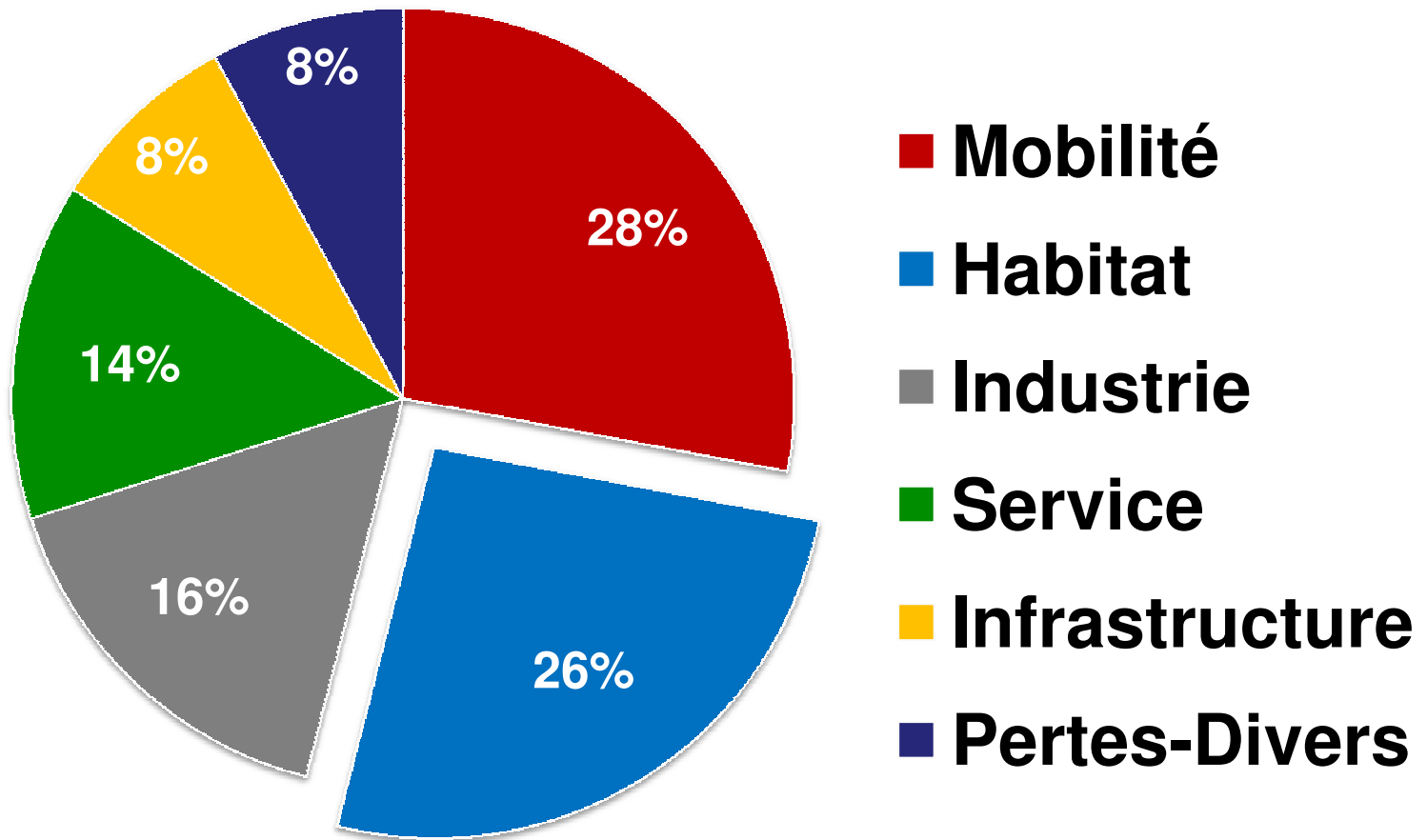
Economies d'énergies: Où? Comment?

Consommation Economies	Mobilité	Habitat	Industrie	Services	Infrastructure	Pertes	Divers
Non-Consommation	1	2	3	4	5	6	7
Consommation réduite	8	9	10	11	12	13	14
Processus	15	16	17	18	19	20	21
Equipement	22	23	24	25	26	27	28
Rendement	29	30	31	32	33	34	35

Saving Energy: Examples

N°	Example	Yesterday	Today	<u>Today</u> Yesterday
29	Aircraft	Boeing 707 12 ltr/100 km/seat	Airbus 320 3.5 ltr/100 km/seat	1/3
23	Light bulb	60 Watt	12 Watt	1/5
30	TV	250 Watt	40 Watt	1/6
15	International Meeting (10 participants at 1000 km)	7000 kWh (Travel)	7 kWh (Video)	1/1000
31	Building	31 000 ltr fuel/year	1500 ltr fuel/year	1/21

Consommation



2. Les Façades actives « bois et verre » Lucido

La problématique genevoise

32



Projet d'assainissement de la Maison de l'Ancre, Genève

- Façades construites dans les années 1960, état de vétusté avancé.
- Consommation annuelle actuelle 31'500 litres de mazout.
- Assainissement proposé en collaboration avec le DCTI avec la façade active et une ventilation à double flux. Projection de consommation annuelle 1'500.
- Géométrie et couleurs de la façade respectées dans le nouveau projet.
- Opposition de la CMNS depuis 3 ans



BUREAU D'INGENIEURS BOIS
CHARPENTE CONCEPT
Thomas EUCH SA

42

Constructions - Rénovations

Office cantonal de la statistique - OCSTAT



Bâtiments d'habitation selon la période de construction et la période de rénovation

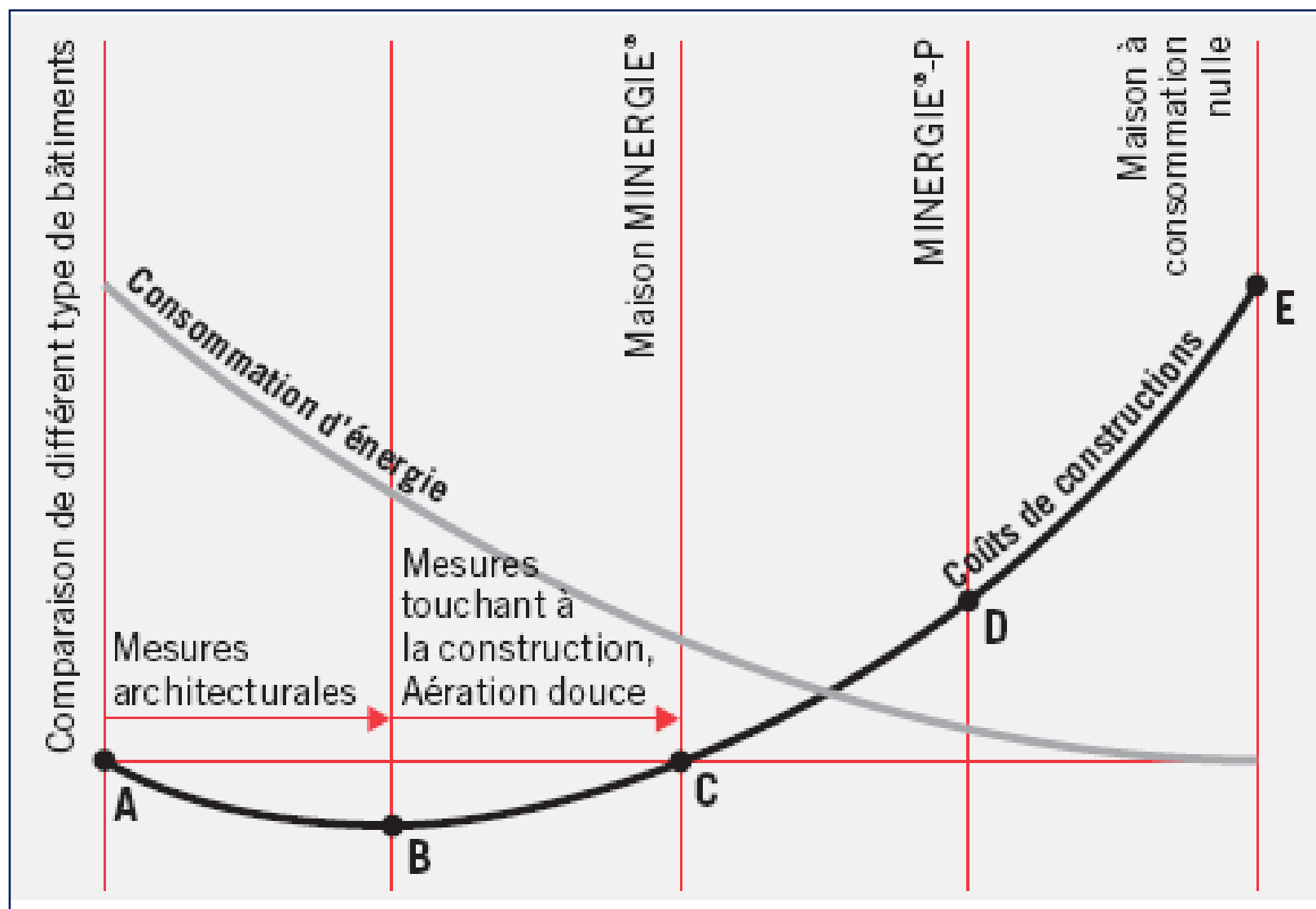
T 09.02.1.1.01

Canton

de Genève

	<i>Période de construction</i>							Sans indication	Répartition	
	Avant 1919	1919 à 1945	1946 à 1960	1961 à 1970	1971 à 1980	1981 à 1990	1991 à 2000		Total	en %
Total	6'768	4'047	4'322	4'424	4'780	4'634	4'205	1'671	34'851	100.0
<i>Période de rénovation</i>										
1971 à 1980	675	336	210	123	90	-	-	-	1'434	4.1
1981 à 1990	917	520	414	305	302	236	-	-	2'694	7.7
1991 à 2000	1'254	812	731	828	823	593	341	1	5'383	15.4
Total rénovés	2'846	1'668	1'355	1'256	1'215	829	341	1	9'511	27.3
Non rénovés	3'903	2'364	2'953	3'162	3'555	3'790	3'856	2	23'585	67.7
Sans indication	19	15	14	6	10	15	8	1'668	1'755	5.0

Labellisation Minergie



Constructions - Rénovations Acteurs

Acteurs	Rôles	Energie - Coût Concept, Solutions, Réalisation
Propriétaire Architecte Fournisseurs Installateurs Services Autorités Banques Autres	Motivation, Financement Design, devis, délais, suivi Offres, livraisons, garantie Fonctionnement Entretien, sécurité Autorisations, contrôles Paielements, hypothèques, etc Autres	

New Company

Critères

- Confort	max
- Sécurité, fiabilité	max
- Esthétique	max
- Energie consommée	min
- Energie produite	max
- Environnement	min
- Finances	min

Elektrizitäts-Sparpotenziale Schweiz

	Verbrauchs- anteil %	Verbrauch 2005 GWh	Sparpotenzial mit bester verfügbarer Technik %	Sparpotenzial beste Technik, GWh	Begründung des technischen Sparpotenzials
Beleuchtung Haushalte	3.2%	1'620	60%	1'092	Mehr Stromspartampen/-leuchten mit 5x weniger Verbrauch
Beleuchtung Nicht-Haushalte (Büro, Läden, Industrie...)	9.9%	5'881	40%	2'272	Neue Anlagen sind effizienter, Bewegungsmelder, Tageslichtregelung
Haushaltgeräte Küche	6.6%	3'782	25%	945	Neue Geräte sind besser, A, A++
Haushaltgeräte Wäsche	3.3%	1'891	30%	567	Wärmepumpen-Trockner halbieren den Verbrauch
Haushalt Kleingeräte	2.3%	1'300	20%	260	Stand-by reduzieren, z.B. Bereitschaft von Kaffeemaschinen
Haushalt Unterhaltung	1.6%	893	40%	357	Stand-by reduzieren bzw. ausschalten
Büro/ Informationstechnik/ Heimbüro	3.5%	2'001	30%	600	Stand-by reduzieren bzw. ausschalten
Elektroheizung konventionell (Widerstand)	5.9%	3'358	70%	2'350	Ersatz durch Wärmepumpen
Elektroheizung mit Wärmepumpe	1.1%	625	20%	125	Neue Anlagen sind besser
Haustechnik: Umwälzpumpen	3.0%	1'719	60%	1'031	Neue A-Klasse Pumpen sind 3x besser, nicht überdimensioniert
Haustechnik: Ventilatoren, Klimatisierung etc., ohne Elekt	5.0%	2'665	30%	860	Neue Komponenten sind besser, nicht überdimensioniert
Warmwasser Elektroboiler	4.3%	2'464	50%	1'232	Elektroboiler ersetzen durch Sonnenkollektoren, Wärmepumpe, Holz
Gewerbliche Anwendungen	4.3%	2'447	30%	734	Neue Anlagen besser, z.B. Gew. Tumbler mit Wärmepumpe 50% weniger
Bahnen inkl. Tram, Seilbahnen, Skilifte	5.2%	2'985	10%	299	Neue Loks und Wagen (Heizung/Klima) sind besser
Industrie-Motoren	27%	15'471	25%	3'868	EFF1 und Premium Motoren, Gesamtsystem effizienter, Steuerung optimieren
Verschiedenes (inkl. industrielle/gewerbliche Wärme)	14%	8'022	25%	1'604	Gesamtsystem und Steuerung verbessern
Total	100.0%	57'323	32%	18'197	

Stand-by Verbrauch ist in fast allen Kategorien enthalten

Gesamtverbrauch Elektrizität CH 2005

57'330 GWh

Bemerkung zu den Sparpotenzialen

Die technischen Sparpotenziale können in der Praxis nur über eine längere Zeitdauer realisiert werden (Ersatz aller Geräte). Wie lange es geht, hängt von den energiepolitischen Bedingungen und Massnahmen ab (Energiepreise, Lenkungsabgabe, Marketing, andere).

In der Vergangenheit sind die verbrauchserhöhenden Faktoren immer stärker gewachsen als die Effizienz: Bevölkerungszunahme, Flächenzunahmen (grössere Wohnungen/Häuser), Zunahme der Gerätezahl und Anwendungen, Zunahme der Nutzungsintensität (z.B. häufiger Waschen, mehr Tumbler etc.), neue Techniken (Computer/Internet, Home Cinema, generell Stand-by...).

Sparpotenzial mit bester verfügbarer Technik = 32%

Jürg Nipkow 22.2.07

Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, Agence Suisse pour l'efficacité énergétique,
Agenzia Svizzera per l'efficienza energetica, Swiss agency for efficient energy use

[S.A.F.E.], Schaffhauserstrasse 34, CH-8006 Zürich, Tel. 044 362 92 31, juerg.nipkow@energieeffizienz.ch



Swiss agency for efficient energy use

Elektrizitäts-Sparpotenziale Schweiz

	Begründung des technischen Sparpotenzials
Beleuchtung Haushalte	Mehr Stromsparlampen/ -leuchten mit 5x weniger Verbrauch
Beleuchtung Nicht-Haushalte (Büro, Läden, Industrie...)	Neue Anlagen sind effizienter, Bewegungsmelder, Tageslichtregelung
Haushaltgeräte Küche	Neue Geräte sind besser, A, A+/-
Haushaltgeräte Wäsche	Wärmepumpen-Trockner halbieren den Verbrauch
Haushalt Kleingeräte	Stand-by reduzieren, z.B. Bereitschaft von Kaffeemaschinen
Haushalt Unterhaltung	Stand-by reduzieren bzw. ausschalten
Büro/ Informationstechnik/ Heimbüro	Stand-by reduzieren bzw. ausschalten
Elektroheizung konventionell (Widerstand)	Ersatz durch Wärmepumpen
Elektroheizung mit Wärmepumpe	Neue Anlagen sind besser
Haustechnik: Umwälzpumpen	Neue A-Klasse Pumpen sind 3x besser, nicht überdimensioniert
Haustechnik: Ventilatoren, Klimatisierung etc., ohne Elektr.	Neue Komponenten sind besser, nicht überdimensioniert
Warmwasser Elektroboiler	Elektroboiler ersetzen durch Sonnenkollektoren, Wärmepumpe, Holz
Gewerbliche Anwendungen	Neue Anlagen besser, z.B. Gew. Tumbler mit Wärmepumpe 50% weniger
Bahnen inkl. Tram, Seilbahnen, Skilifte	Neue Loks und Wagen (Heizung/Klima!) sind besser
Industrie-Motoren	EFF1 und Premium Motoren, Gesamtsystem effizienter, Steuerung optim
Verschiedenes (inkl. industrielle/gewerbliche Wärme)	Gesamtsystem und Steuerung verbessern
Total	

Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, Agence Suisse pour l'efficacité énergétique,
Agenzia Svizzera per l'efficienza energetica, Swiss agency for efficient energy use

[S.A.F.E.], Schaffhauserstrasse 34, CH-8006 Zürich, Tel. 044 362 92 31, juerg.nipkow@energieeffizienz.ch

Exemples

Mobilité:

- Marche à pied
- Transports publics
- Vélo
- Vélo électrique
- Voiture électrique
- Eco drive
- Telecom
-

Habitat:

- Eclairage
- Veilles
- Ascenseur
- 1 tasse = 1 tasse
- 1 bain = 4 bains
- 1 balai = 1 aspirateur
-
-

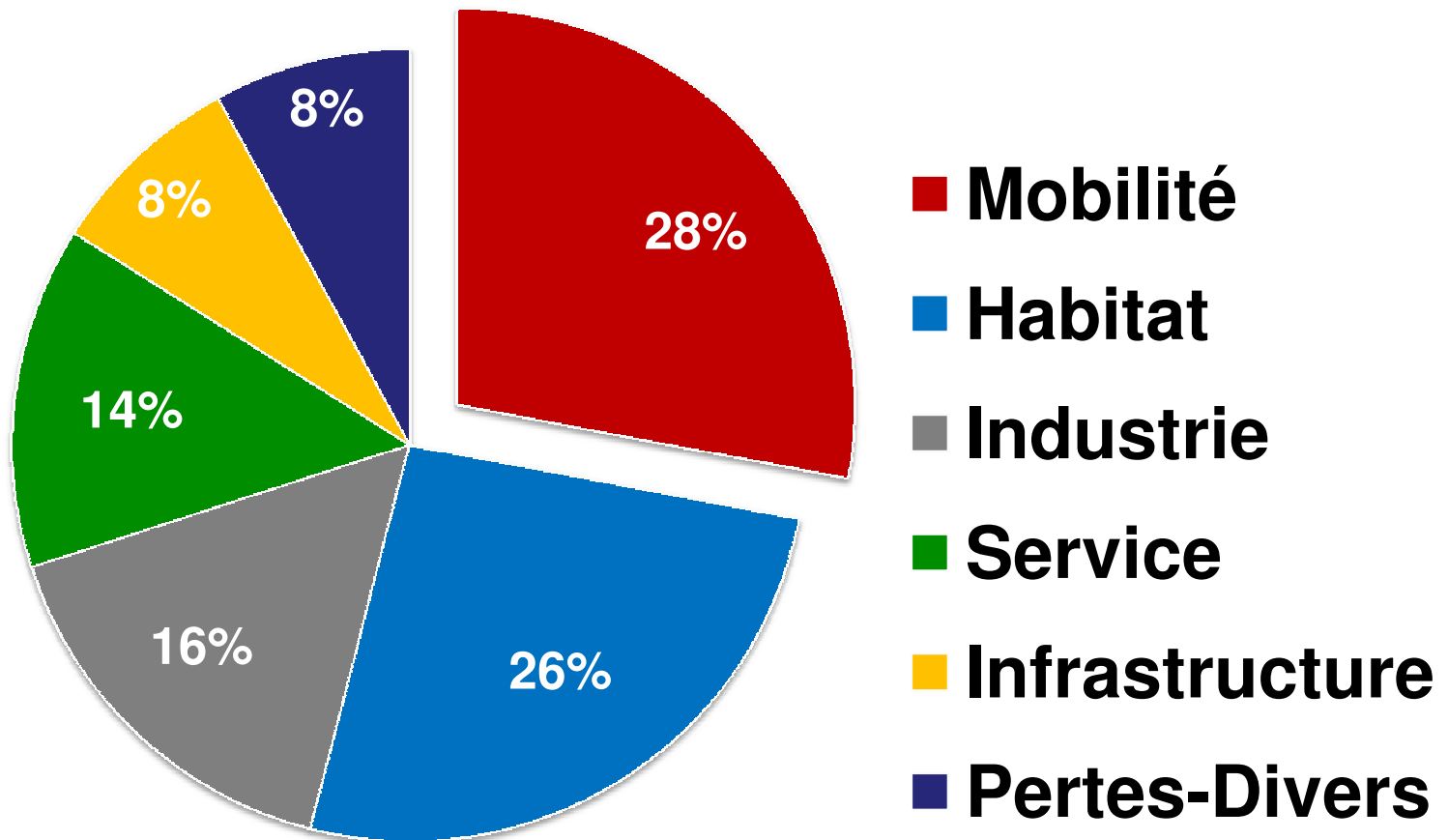
Electrofitness

12 V continu
220 v 50 Hz

0 – 200 Watt



Consommation



Etude de cas - Mobilité

1.



2009-2011



Moteur à combustion Essence
10 000 km/an; 6 ltr/100 km
600 ltr/ an ; 6 000 kWh/an

Batteries-Moteur électrique
10 000 km/an; 12 kWh/100 km
1 200 kWh/an

2.



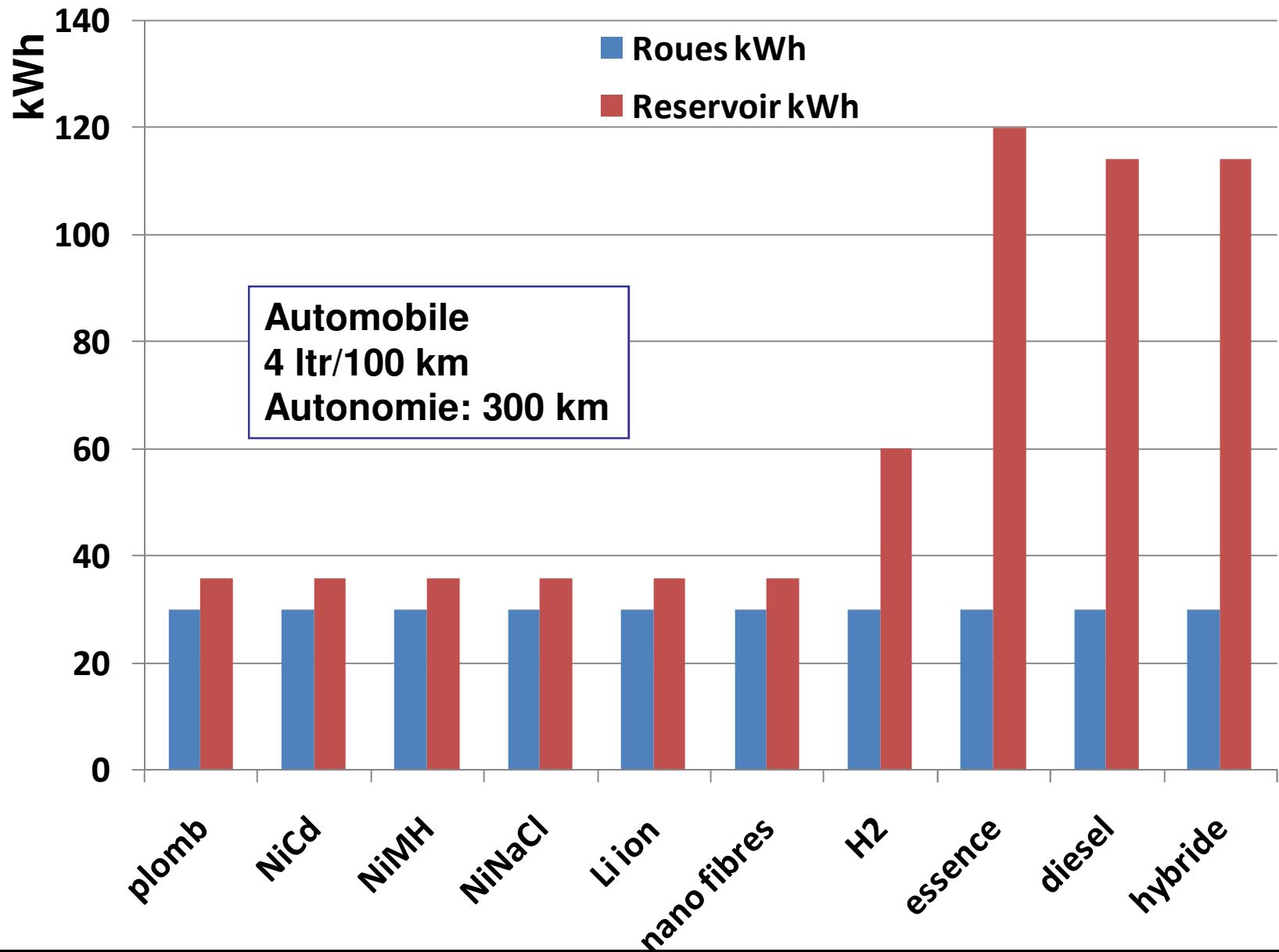
2011-2016



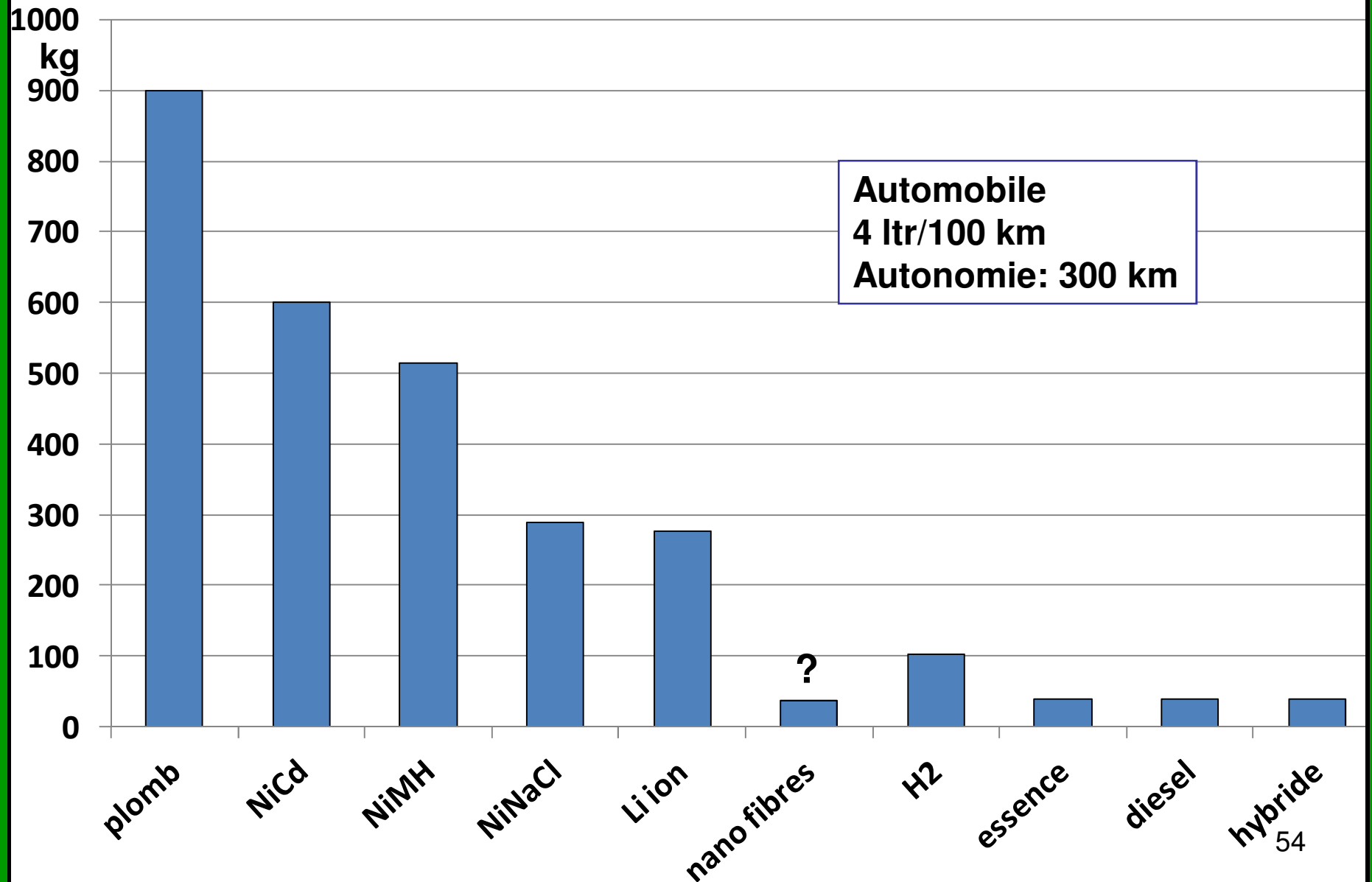
Moteur à combustion Essence
10 000 km/an; 10 ltr/100 km
100 ltr/ an ; 10 000 kWh/an

H₂-Fuel cell-Moteur(s) électrique(s)
10 000 km/an; 1 kg H₂/100 km
100 kg H₂/an; 3000 kWh/an

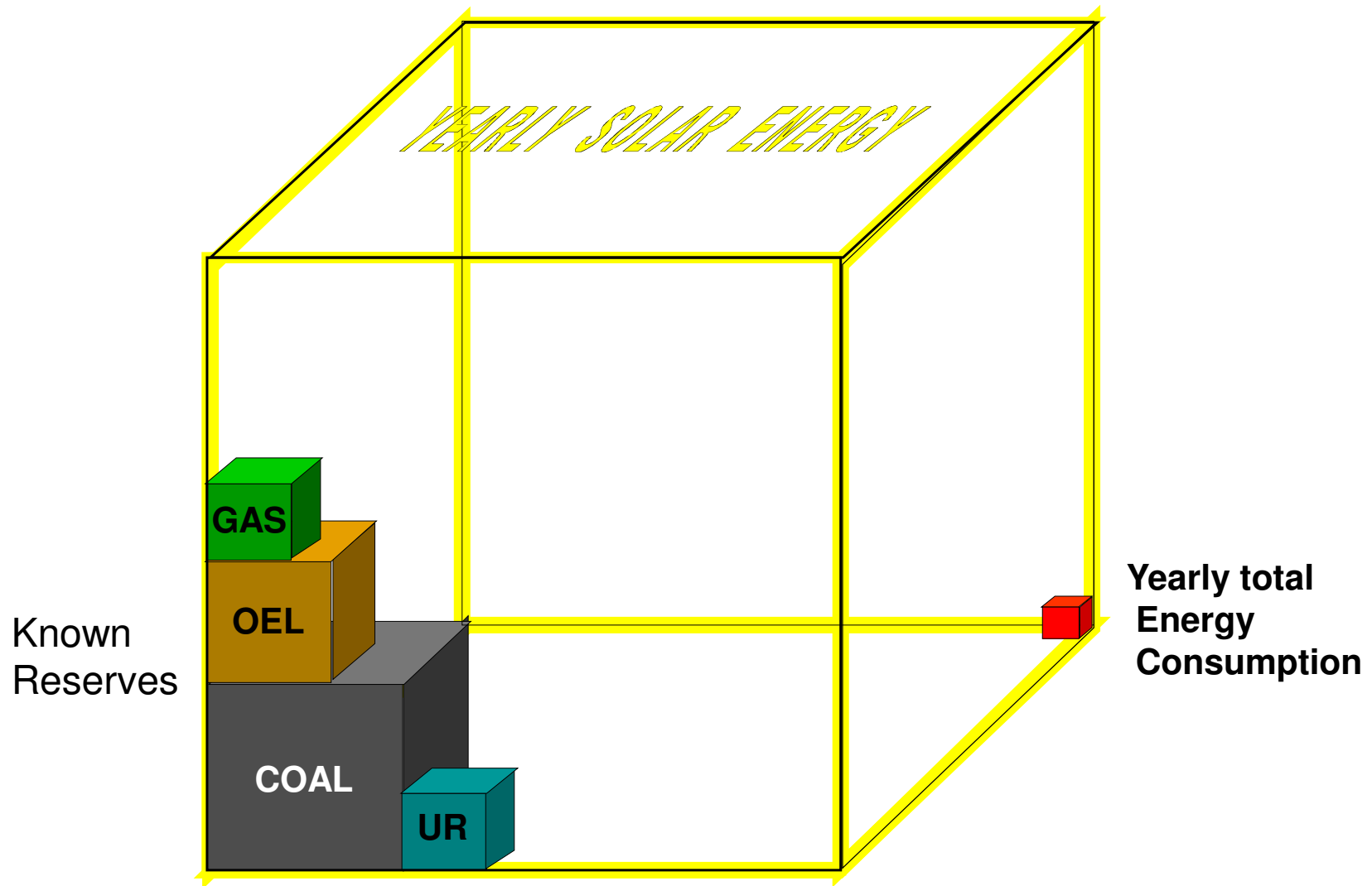
Rendements véhicule



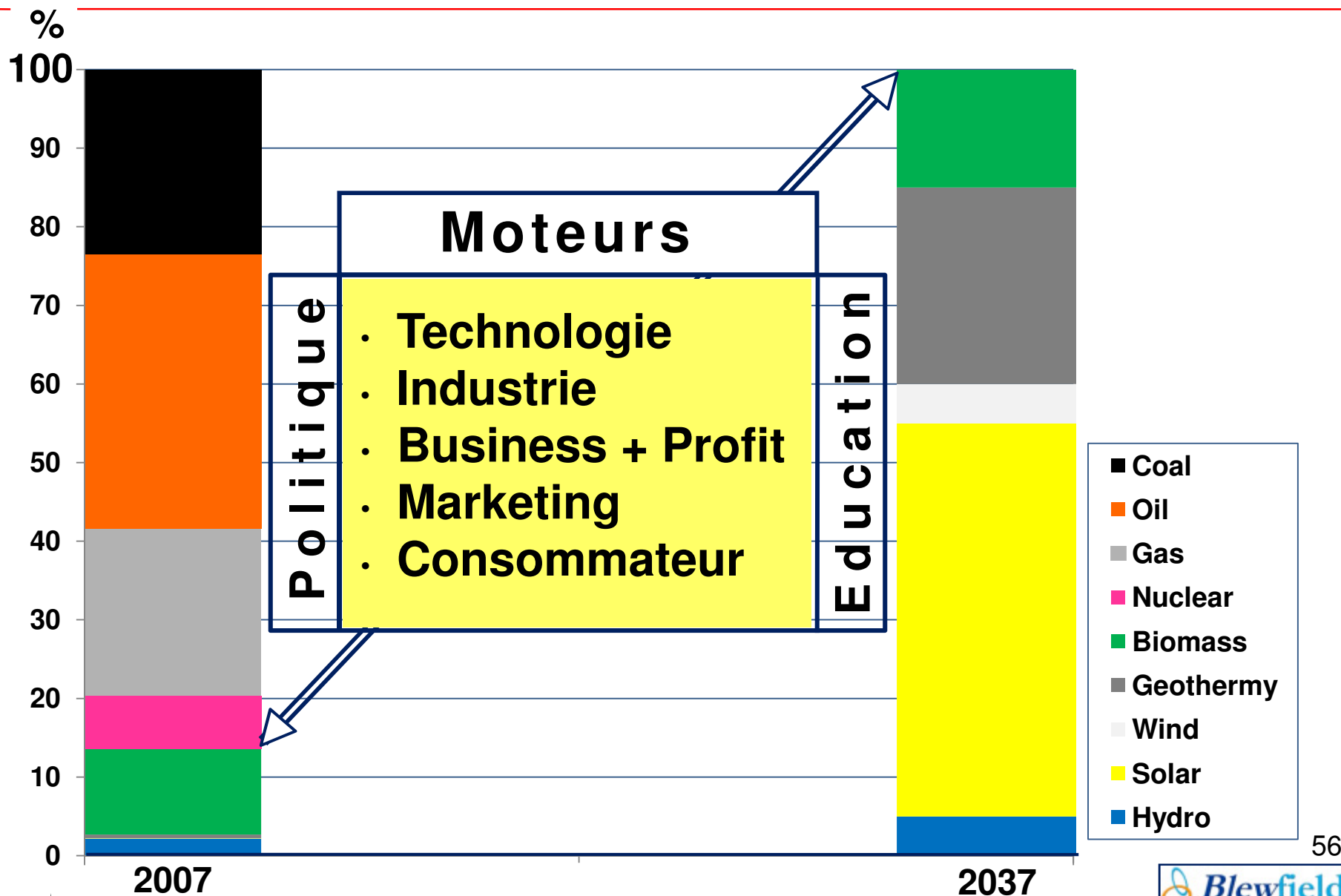
Poids de l'énergie embarquée en kg



Availability of Energy



Primary Energy Mix



Quelques réflexions
sur
les scénarios énergétiques mondiaux
à long terme

Bernard Lachal

Cuepe

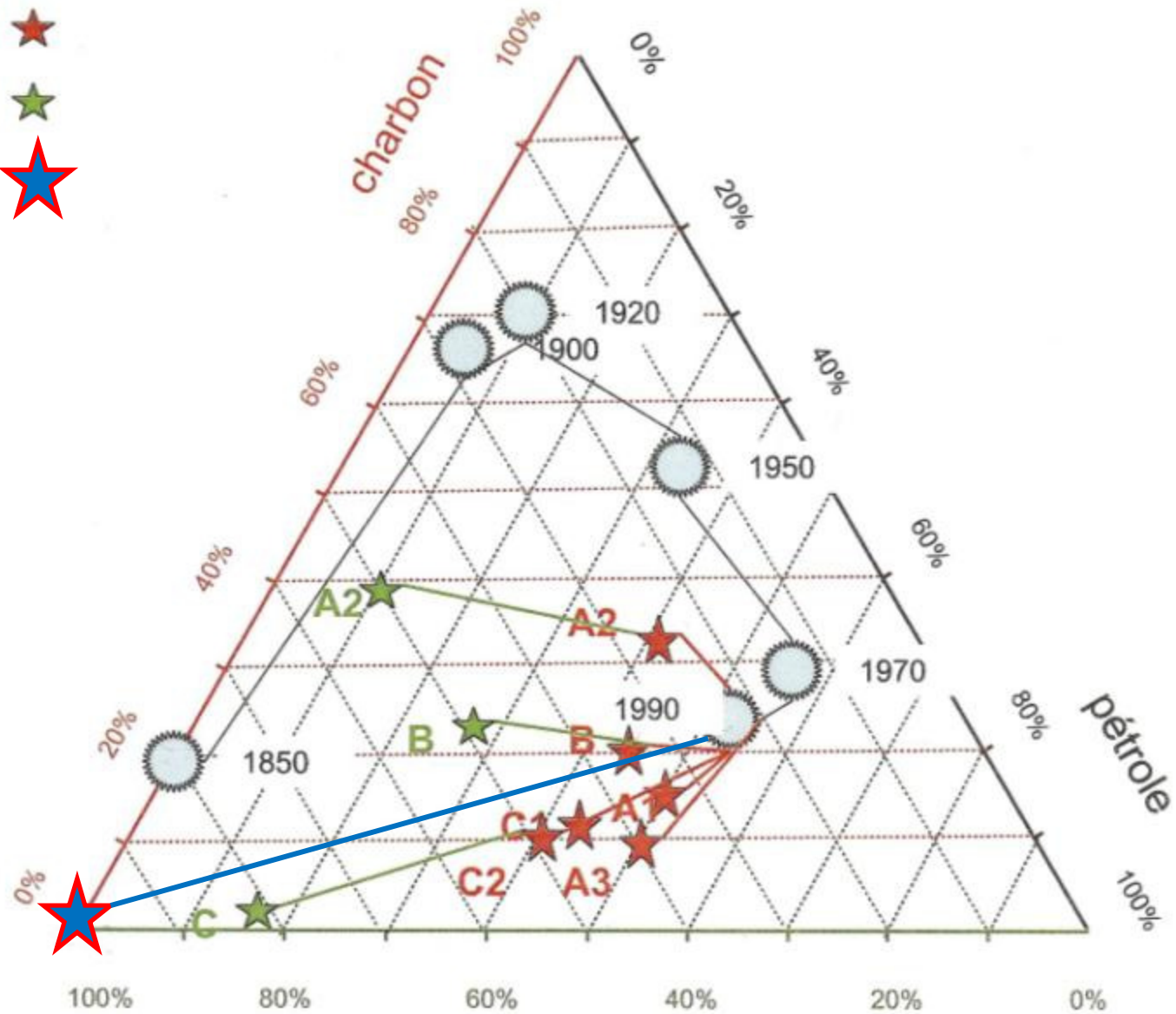
17 novembre 2005

Quelques aspects méthodologiques

Trois

- ~~Deux~~ modes d'envisager le futur :
 - « l'un qui suppose ce qui sera dans le prolongement de ce qui a été, la prévision ; l'autre, qui explore le futur comme une terre inconnue, la prospective » (Massé)
 - « il faut décider de son futur » (de Rougemont)
- Techniques :
 - extrapolations des tendances du passé
 - méthodes statistiques
 - méthodes économétriques
 - méthodes technico-économiques
 - définition de scénarios
 - décision d'objectifs
 - méthode de l'induction

2050 ★
 2100 ★
 2037 GF ★



Renouvelables et ~~nucéaire~~

Merci de votre attention

For more information: ProGaia

Gérard FATIO

Partner

5, rue de la Tertasse
CH-1201 Geneva, Switzerland

E-mail: gfatio@gmail.com

Tel: +41 (0)76 362 71 00
Fax: +41 (0)22 311 17 53