



2113 21 8766 13 0

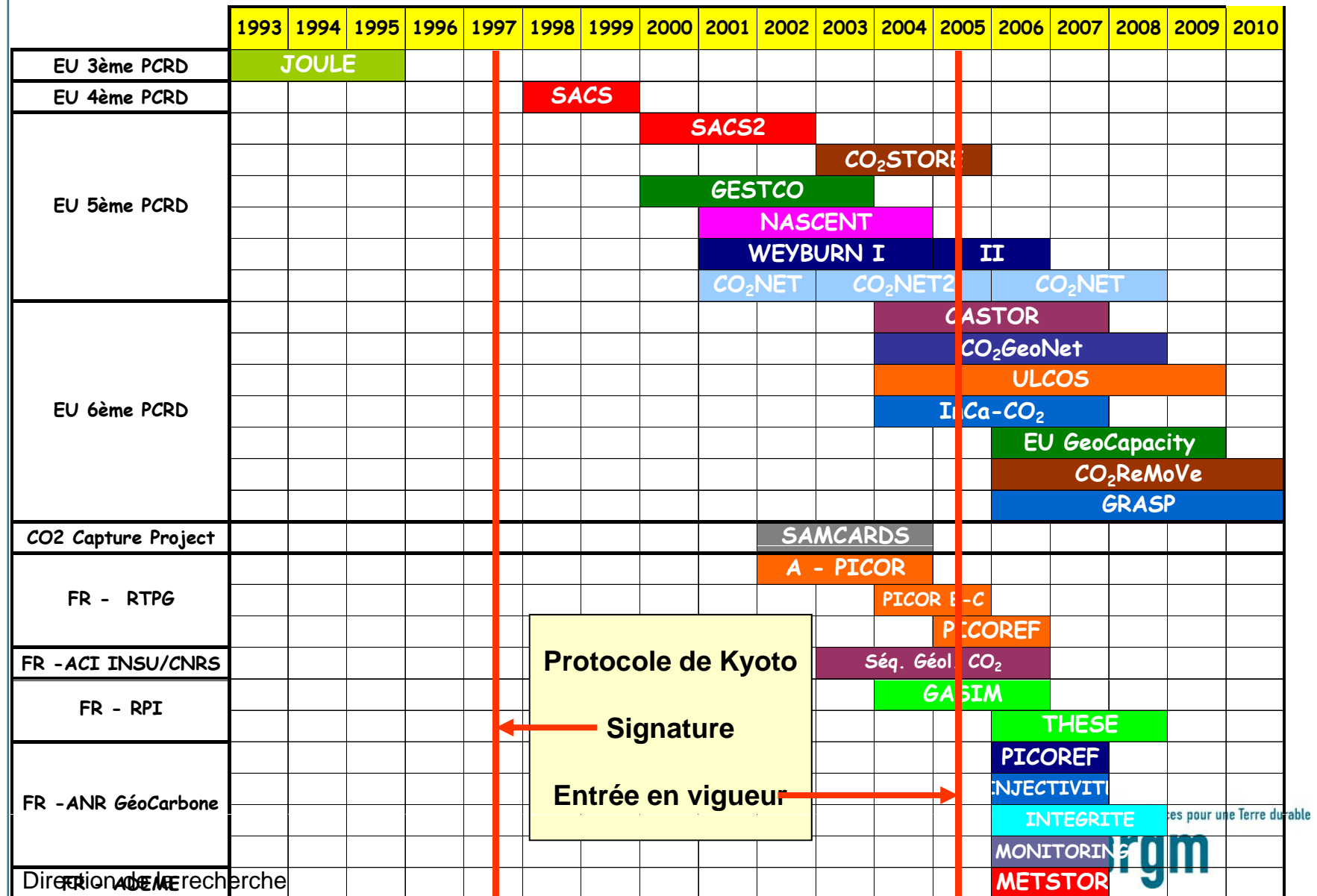
Contexte international du CCS: évolutions, perspectives et besoins de recherches

Christian Fouillac

Plan de l'exposé

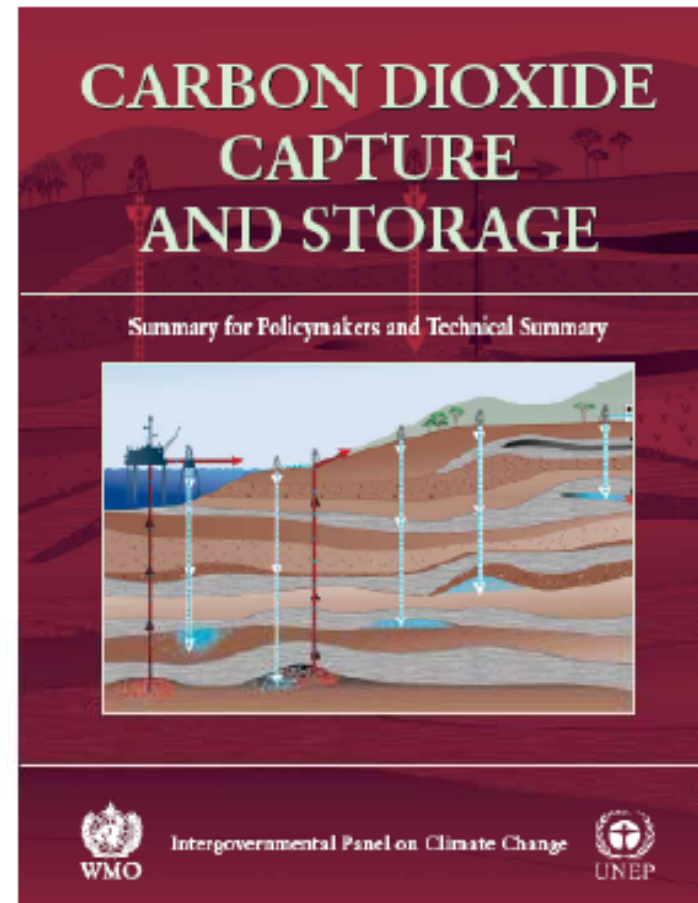
- > **Définitions: Constituants de la filière CCS**
- > **Historique Evolutions internationales**
- > **Les efforts en France**
- > **Les grands défis courts termes, les besoins de recherche associés**
- > **Problèmes transverses**
- > **Les recherche à moyens long terme**
- > **Les Niches**

Les projets de stockage géologique de CO₂ au BRGM



Prise en compte par l'expertise scientifique

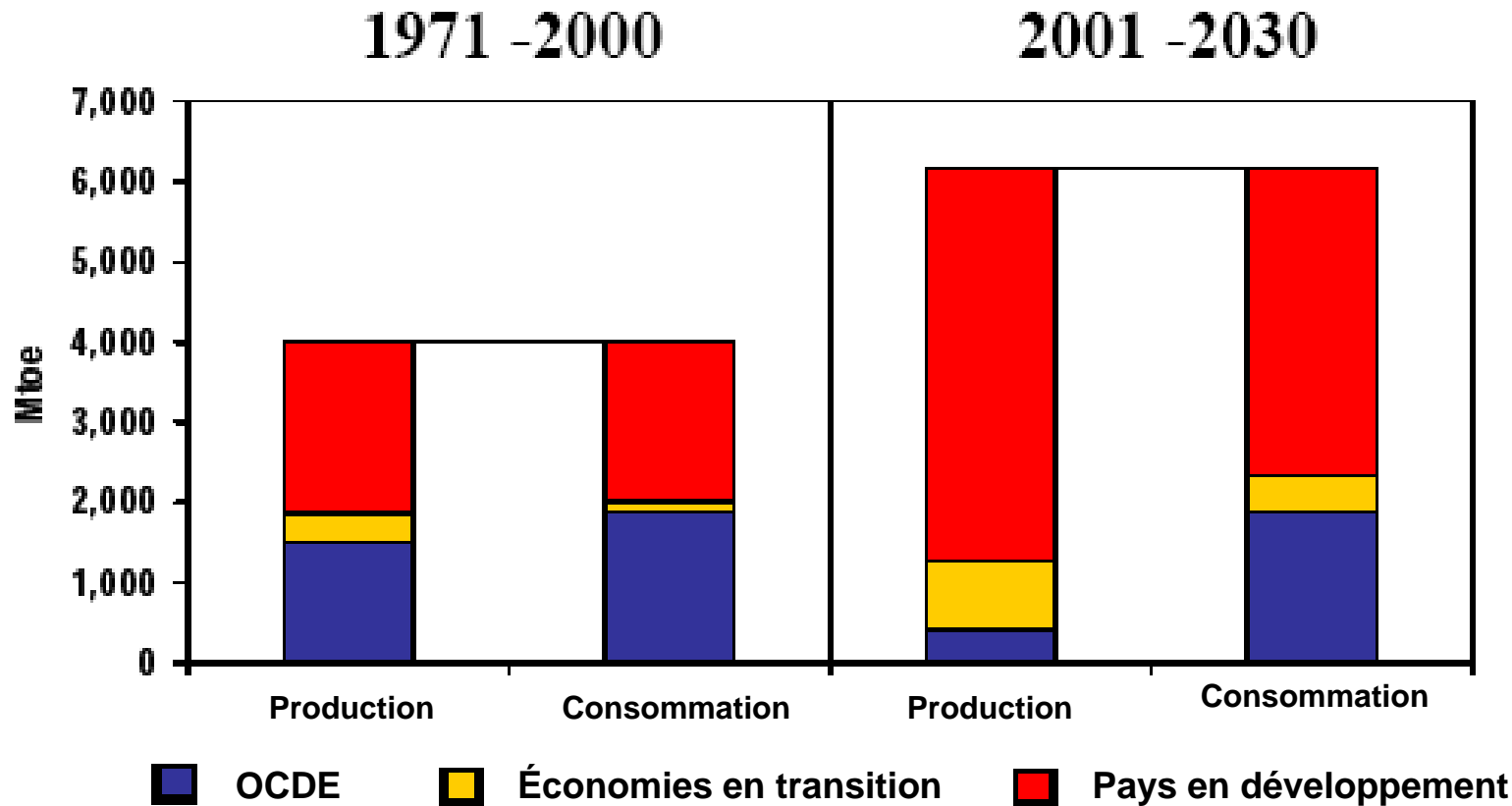
- Rapport spécial du GIEC
- CCS peut représenter entre 15 et 55 % (entre 220 et 2.200 tCO₂ d'ici 2100) d'un « least cost portfolio of mitigation options »



26 septembre 2005



Augmentation de production et consommation énergétiques mondiale



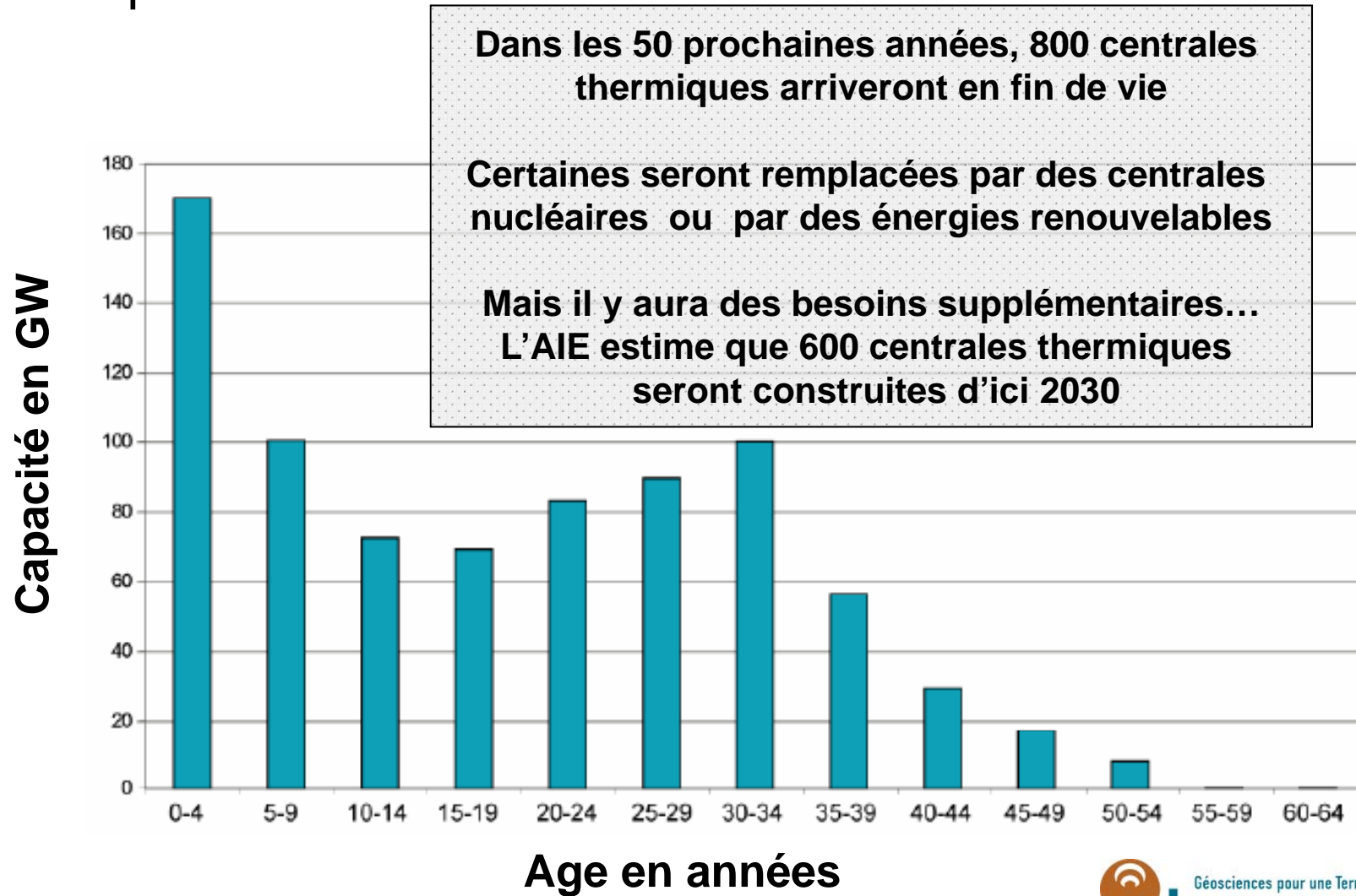
« Entre 2000 et 2030, l'augmentation de la consommation énergétique se fera surtout dans les pays en développement »

Direction de la recherche

Marianne Haug AIE 7^{ème} GHG Conf.
Vancouver 2004



Répartition de l'âge des centrales thermiques



Direction de la recherche

PIE CNRS Nantes, 17 Novembre 2009

La vision du G8

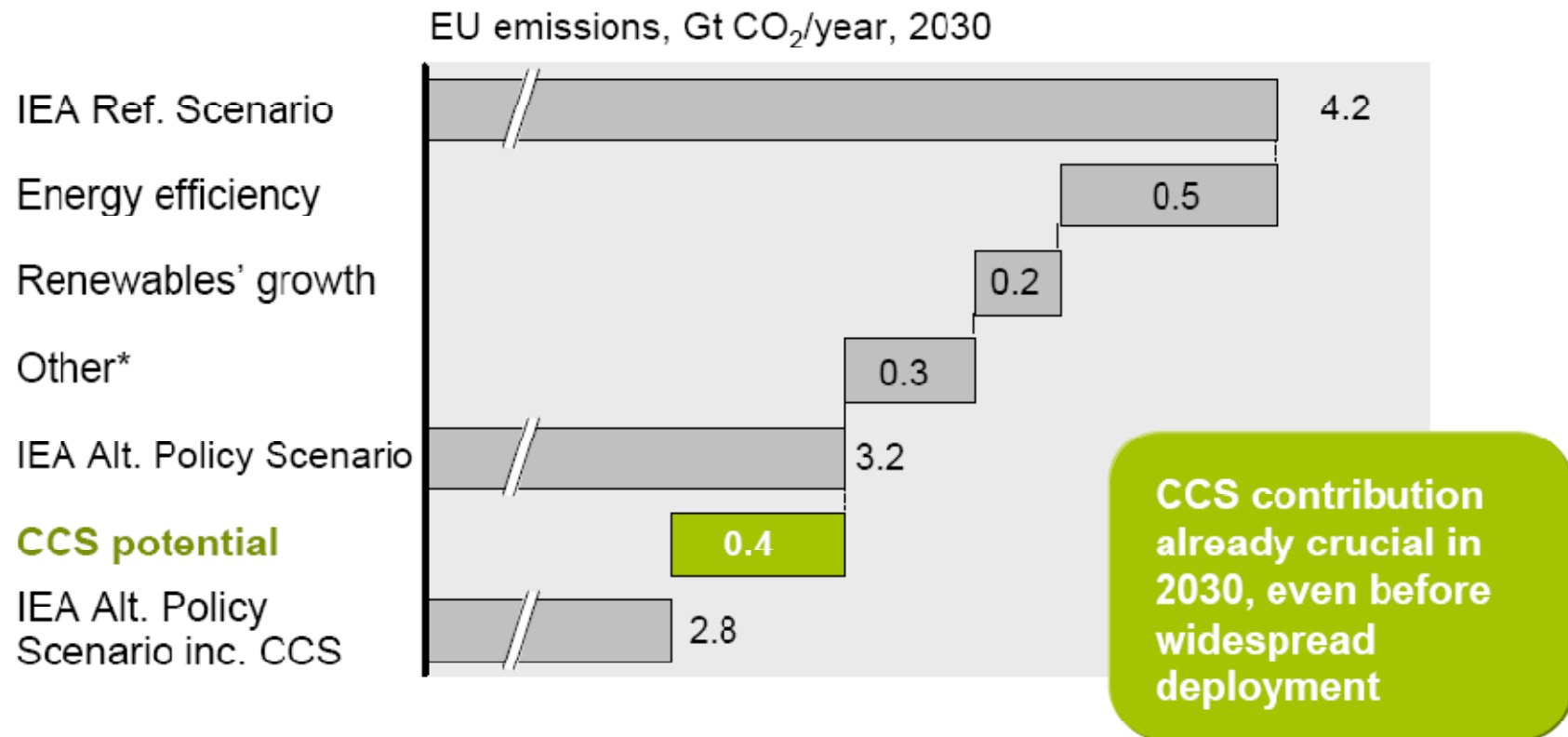


Gleanagles plan of action

Climate change, Clean energy and sustainable development

- (a) endorsing the objectives and activities of the Carbon Sequestration Leadership Forum (CSLF), and encouraging the Forum to work with broader civil society and to address the barriers to the public acceptability of CCS technology;
- (b) inviting the IEA to work with the CSLF to hold a workshop on short-term opportunities for CCS in the fossil fuel sector, including from Enhanced Oil Recovery and CO₂ removal from natural gas production;
- (c) inviting the IEA to work with the CSLF to study definitions, costs, and scope for 'capture ready' plant and consider economic incentives;
- (d) collaborating with key developing countries to research options for geological CO₂ storage; and
- (e) working with industry and with national and international research programmes and partnerships to explore the potential of CCS technologies, including with developing countries.

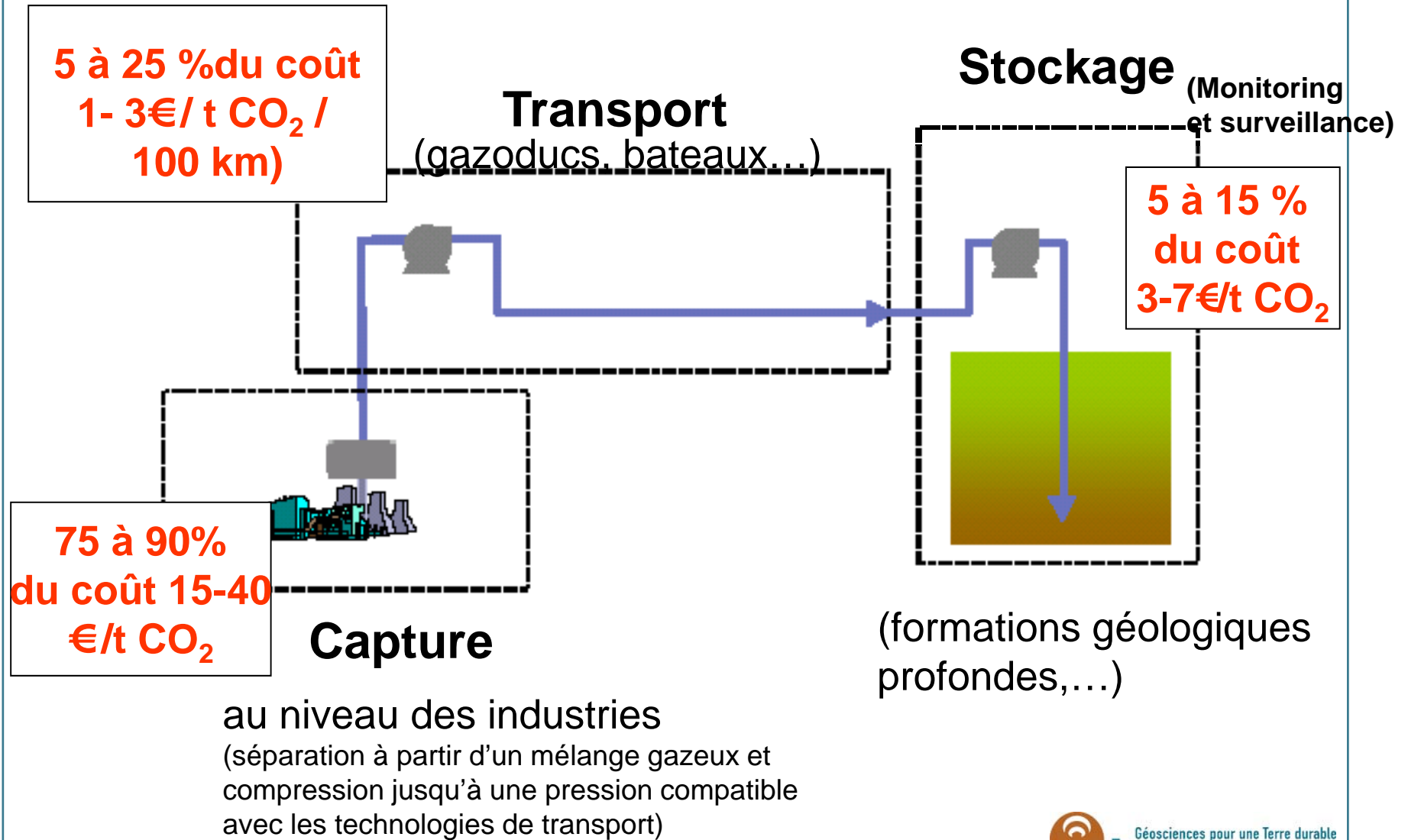
Le rôle du CCS une estimation parmi d'autres: IEA



Source IEA Présentation ZEP Brussels 2009



La séquestration industrielle du CO₂

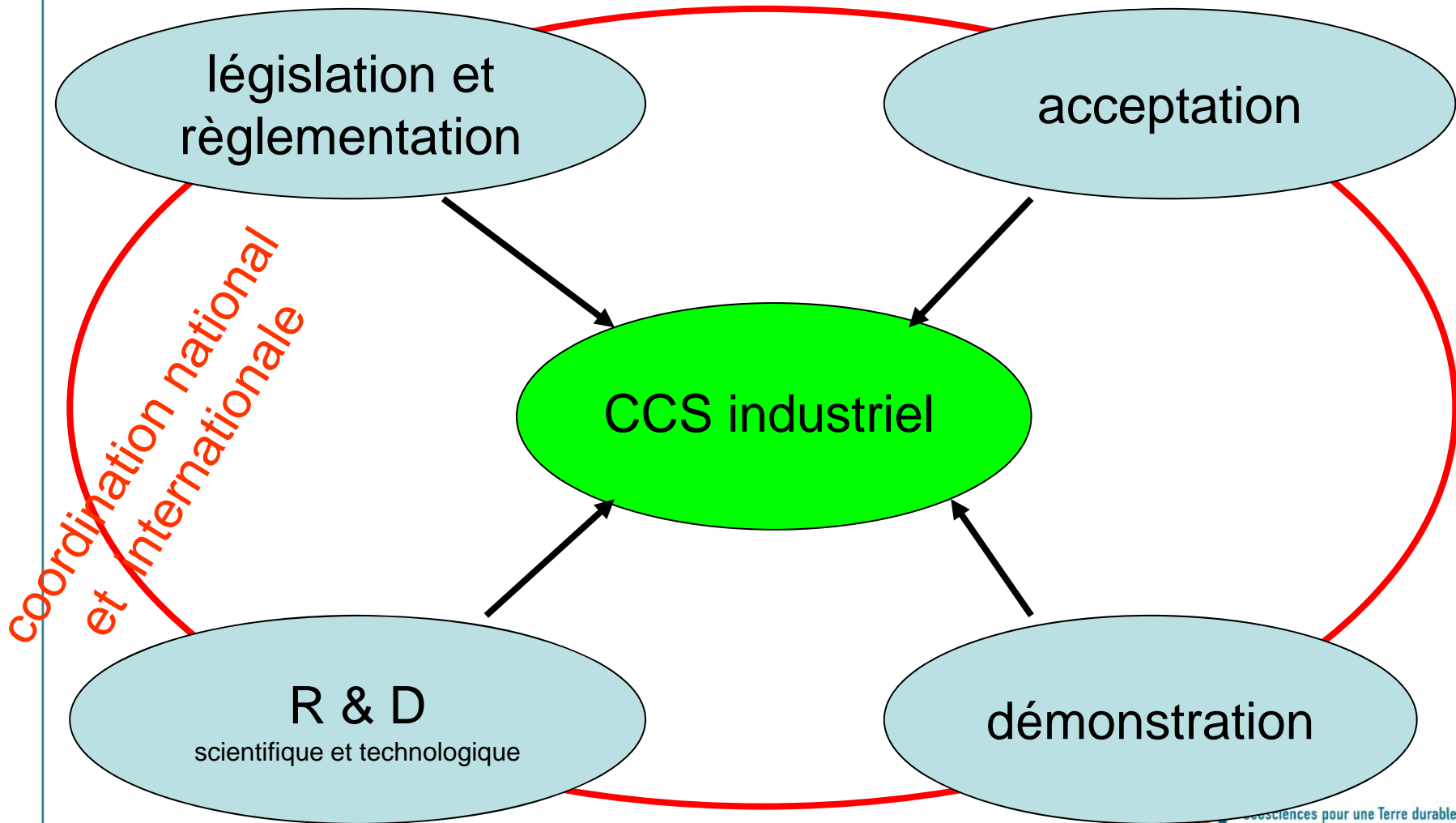


Direction de la recherche

Le Calendrier

- > L'Union Européenne (ZEP), les organisations internationales (AIE, CSLF) ou les feuilles de route de certain pays (Etats –Unis, Australie, Canada Japon...), prévoient un déploiement industriel du CCS à l'horizon 2020. Le stockage géologique doit avoir démontré sa fiabilité dans la période 2010-2015**
- > Des technologies plus innovantes , actuellement à l'échelle du laboratoire, pourraient arriver sur le marché à l'horizon 2020- 2030 , ce qui serait tout à fait pertinent compte tenu de l'échéance 2050**

4 grands chantiers



Les progrès des législations

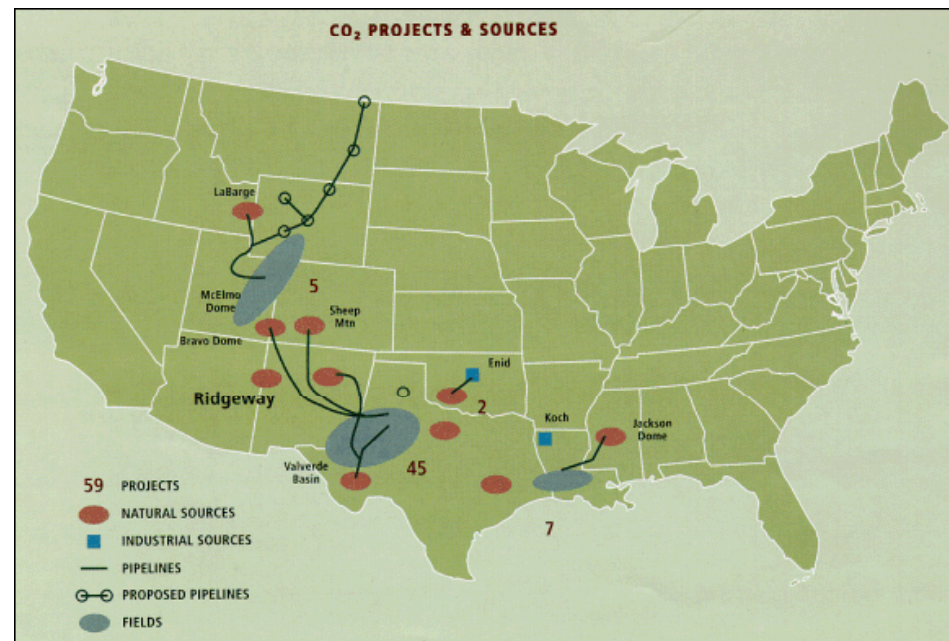
- > Modification des conventions de Londres et OSPAR pour permettre l'injection dans les aquifères sous du plancher océanique**
- > Elaboration de la Directive européenne sur le Stockage Géologique du CO2 fin 2008**
- > Transcription dans les Etats membres: 2 ans**

Le transport du CO2

Pipelines

- 3000 km de pipelines de CO₂ opérationnels dans le monde, essentiellement en Amérique du Nord (depuis 1980)

- le plus long fait 656 kms (Sheep Mountain pipeline)
- des réseaux pourraient être construits, comme pour la distribution de gaz naturel

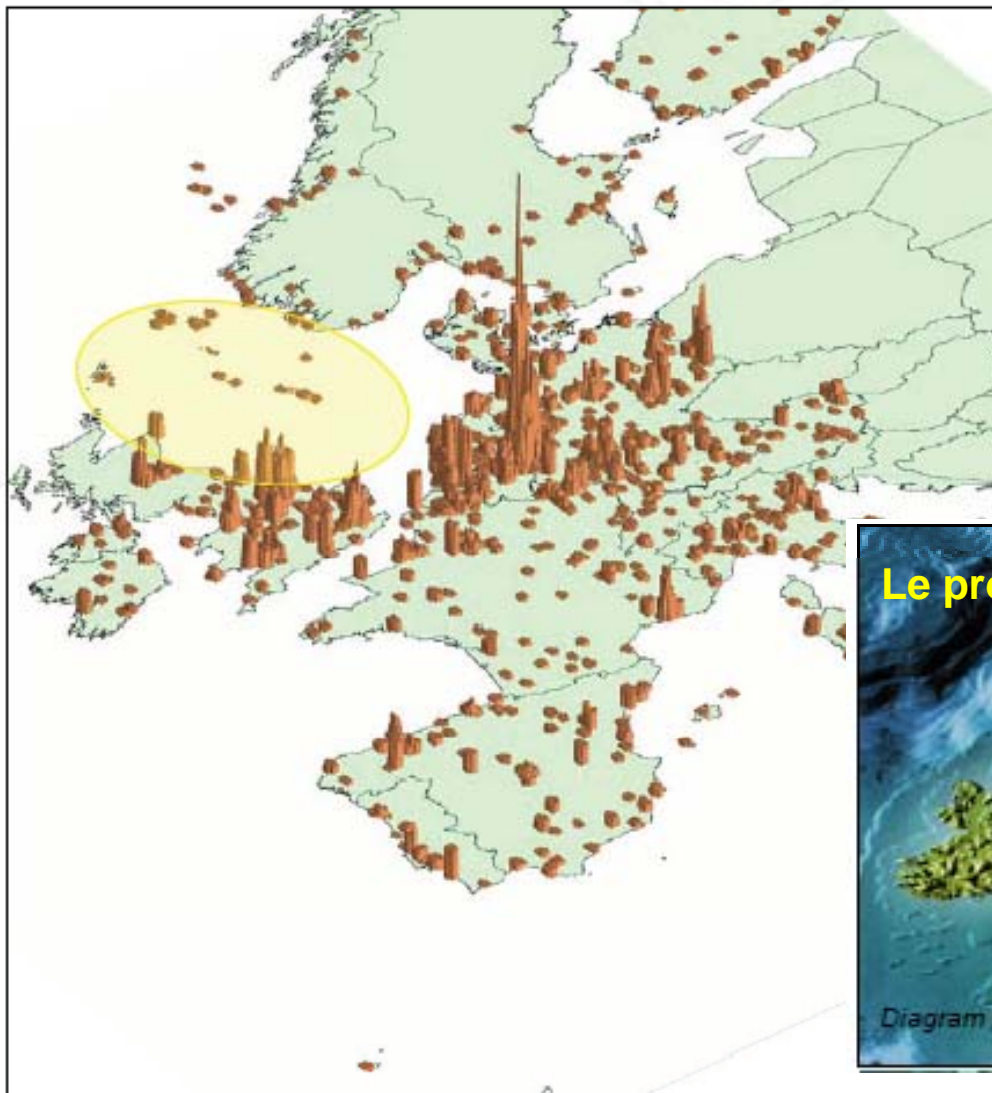


Bateaux

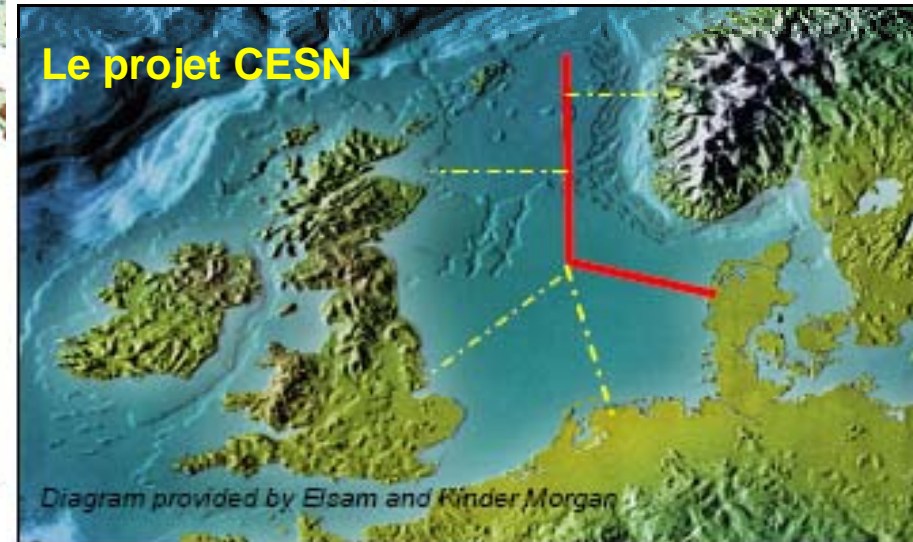
- pourraient être utilisés pour de longues distances, comme pour le transport de GPL

Direction de la recherche

Stockage Géologique: La situation européenne



Émissions européennes
1,5 Gt/an de CO₂
Capacité de stockage
1400 Gt (presque 900 ans)
Grand potentiel en Mer du Nord
et Allemagne du Nord
Potentiel de stockage
90% en aquifères profonds



Agence Internationale de l'Energie

IEA Greenhouse Gas R&D Programme (IEA GHG)

17 Member Countries
10 Industrial Sponsors

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY **AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE**

ine Terre durable

The graphic features a world map with 17 member countries highlighted in green. Surrounding the map are the national flags of these countries: United Kingdom, France, Netherlands, Switzerland, Denmark, Norway, Sweden, Finland, Japan, South Korea, India, Australia, and New Zealand. Below the map, the logos of 10 industrial sponsors are displayed: EniTechnologie, ALSTOM, EPRI, ExxonMobil, bp, REPSOL YPF, ChevronTexaco, RWE, Shell, and TOTAL.

Direction de la recherche

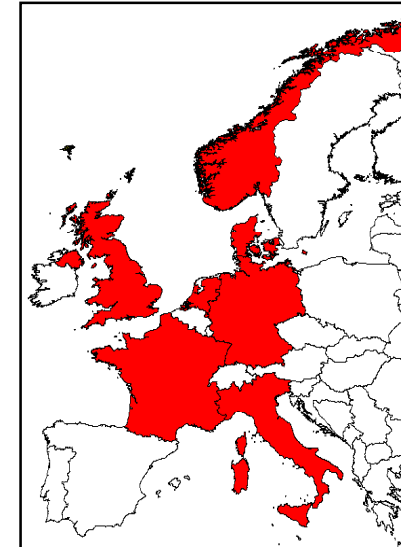
PIE CNRS Nantes, 17 Novembre 2009

> 16

CO₂GeoNet - Réseau d'excellence européen sur le stockage géologique de CO₂



- > **Objectif** : intégration des équipes de recherche européennes de renommée internationale pour renforcer l'excellence scientifique et technologique européenne
- > **Programme commun d'activités mis à jour annuellement**
 - 3 types d'activités : intégration, R&D, dissémination
 - 6 domaines de recherche: modélisation prédictive, expérimentation, récupération assistée d'hydrocarbures, monitoring, risques, modèle géologique.
- > **13 partenaires**
- > **97 chercheurs + 5 thésards au démarrage (1^{er} avril 2004).**
- > **Coordonné par BGS (UK). Coordination scientifique par le BRGM.**
- > **Soutien de la Commission européenne pendant 5 ans, puis autofinancement**



Danemark: **GEUS**
France: **BRGM, IFP**
Allemagne: **BGR**
Italie: **OGS, URS**
Pays-Bas: **TNO**
Norvège: **NIVA, IRIS, SPR**
UK: **BGS, HWU, IMPERIAL**

Direction de la recherche



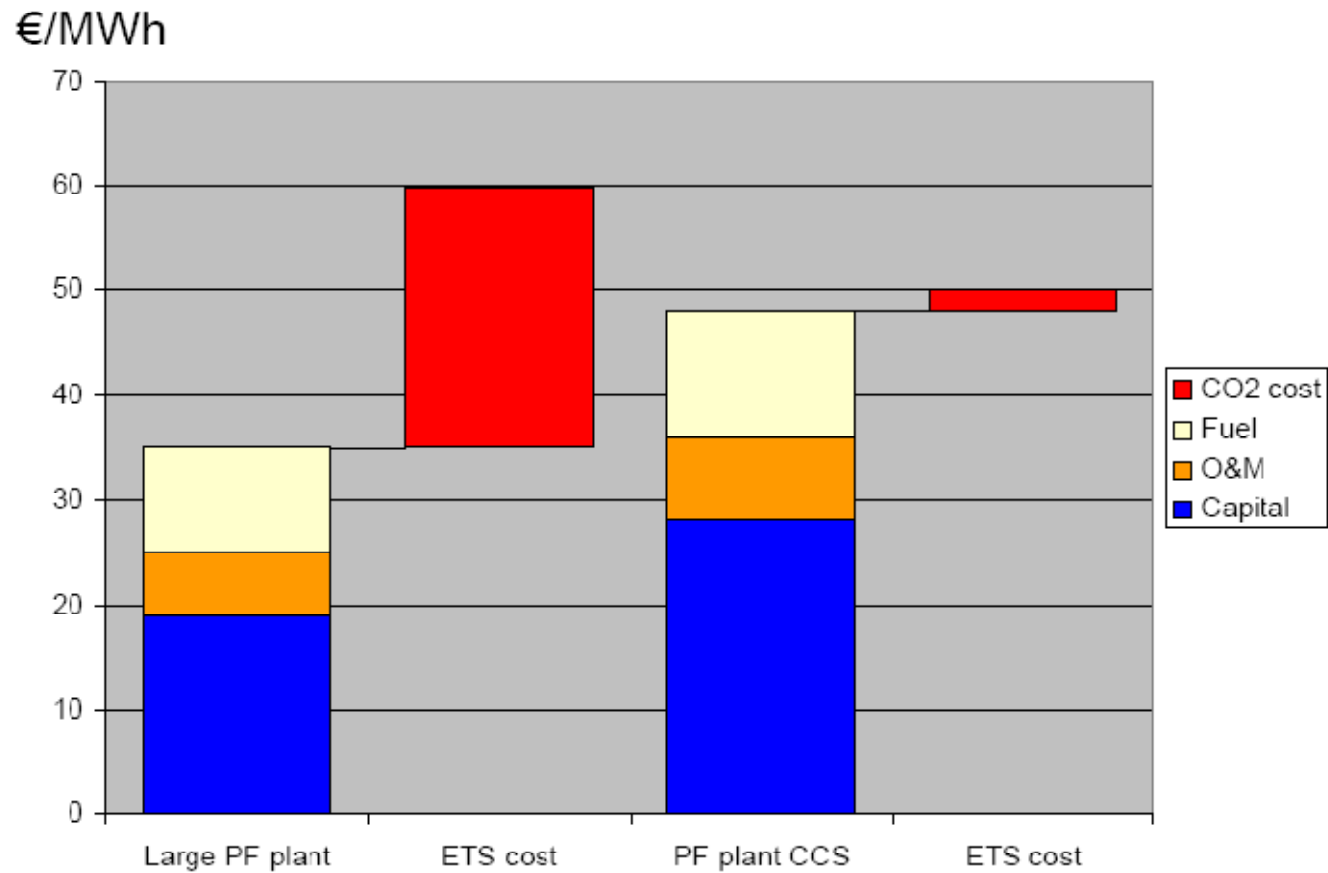
Les projets industriels



Direction de la recherche

Une analyse économique : Vattenfall et l'Oxy-combustion

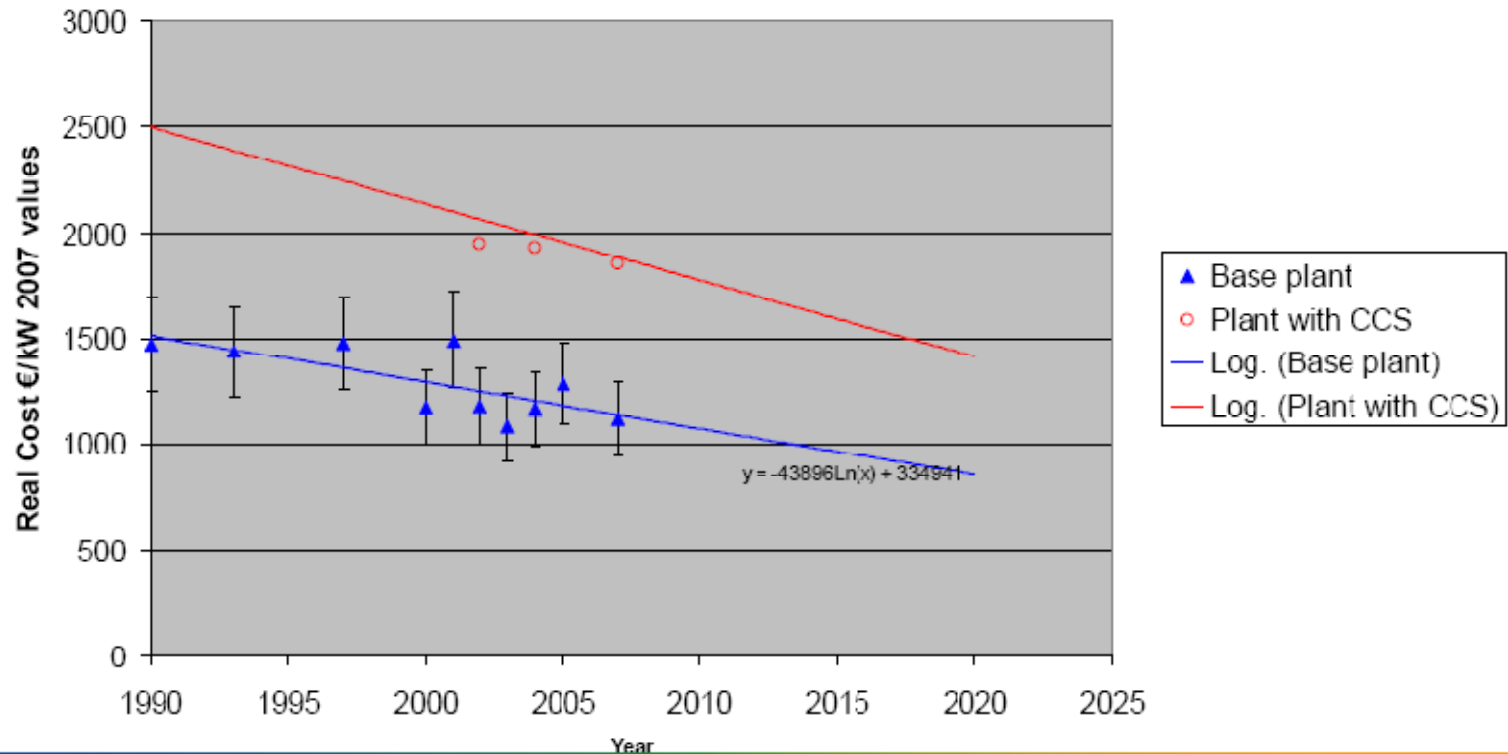
Electricity generation costs (assuming 30 €/ton CO₂)



Une analyse économique : Vattenfall et l'Oxy-combustion(2)

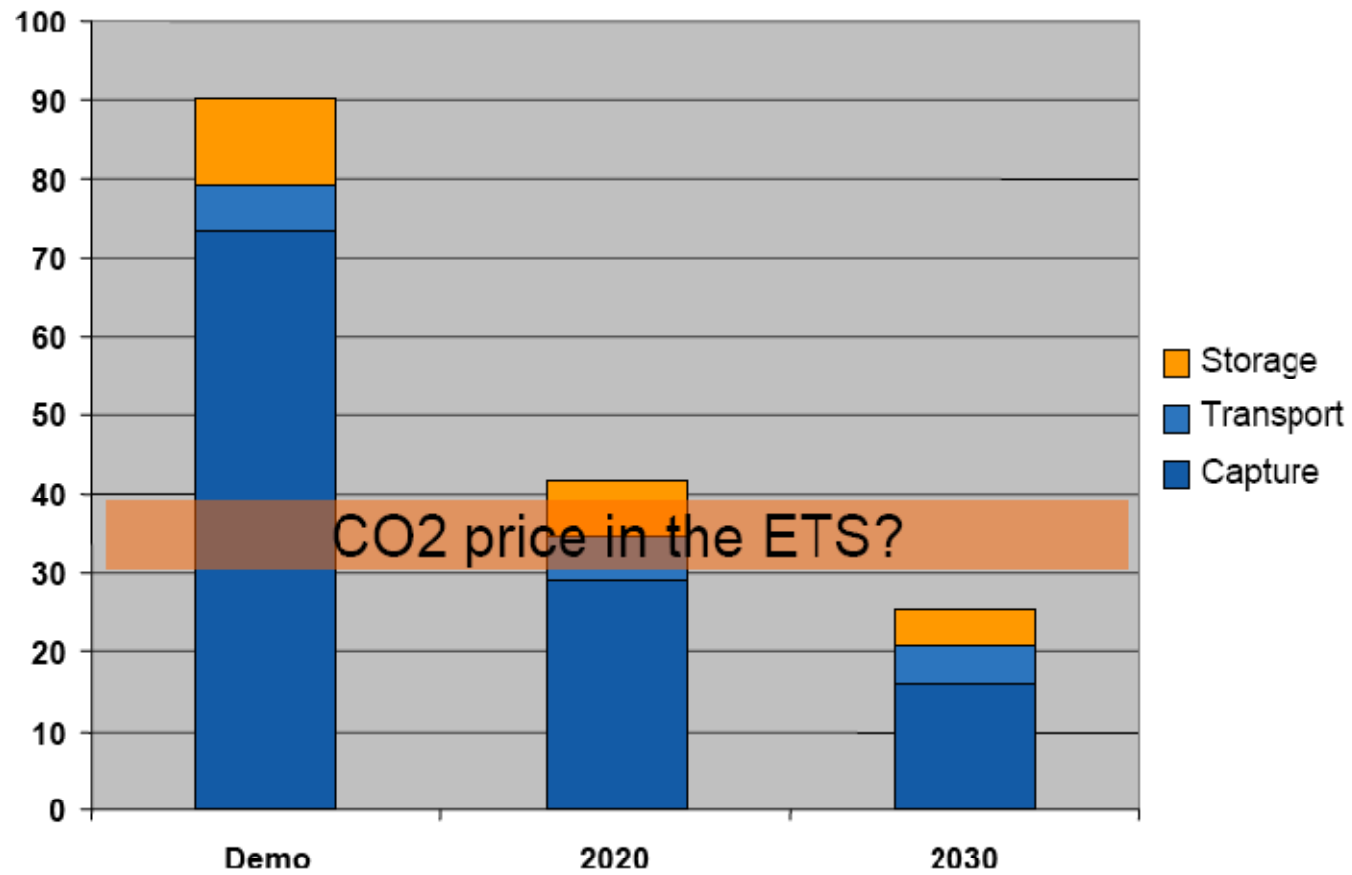
Investment costs for large power plants

Cost of large power plants with logarithmic trendlines
Lower data from known projects with established cost pattern
Upper data from calculated cost of CO₂ capture equipment
Trendline lower set data calculated. Upper trendline same equation as lower



Une analyse économique : Vattenfall et l'Oxy-combustion (3)

Total cost, including transport and storage (€/ton CO₂)



Une analyse économique : Vattenfall et l'Oxy-combustion (4)

10 years of continuous research – now resulting in several larger CCS projects



Plant	Schwarze Pumpe, Germany	Altmark Germany	Nordjyllandsverket Denmark	Jämschwalde Germany
Type	Large scale pilot	Storage testing, EGR	Demonstration plant	Demonstration plant
Capacity	30 MW	100 kton CO ₂ (3 yr test phase)	350 MW	500 MW
Fuel	Lignite, hard coal	-	Hard coal	Lignite
Techn.	Oxyfuel	EGR, Old gas field, 400Mton	Post-combustion	Post-combustion and oxyfuel
Operation	2008	2009	Ca 2015	Ca 2015

urable

Source VattenFall Platts Energy Conference Brussels 2009 

Direction de la recherche

Une initiative Européenne

What are we?

European Technology Platform for
Zero Emission Fossil Fuel Power Plants (ZEP)

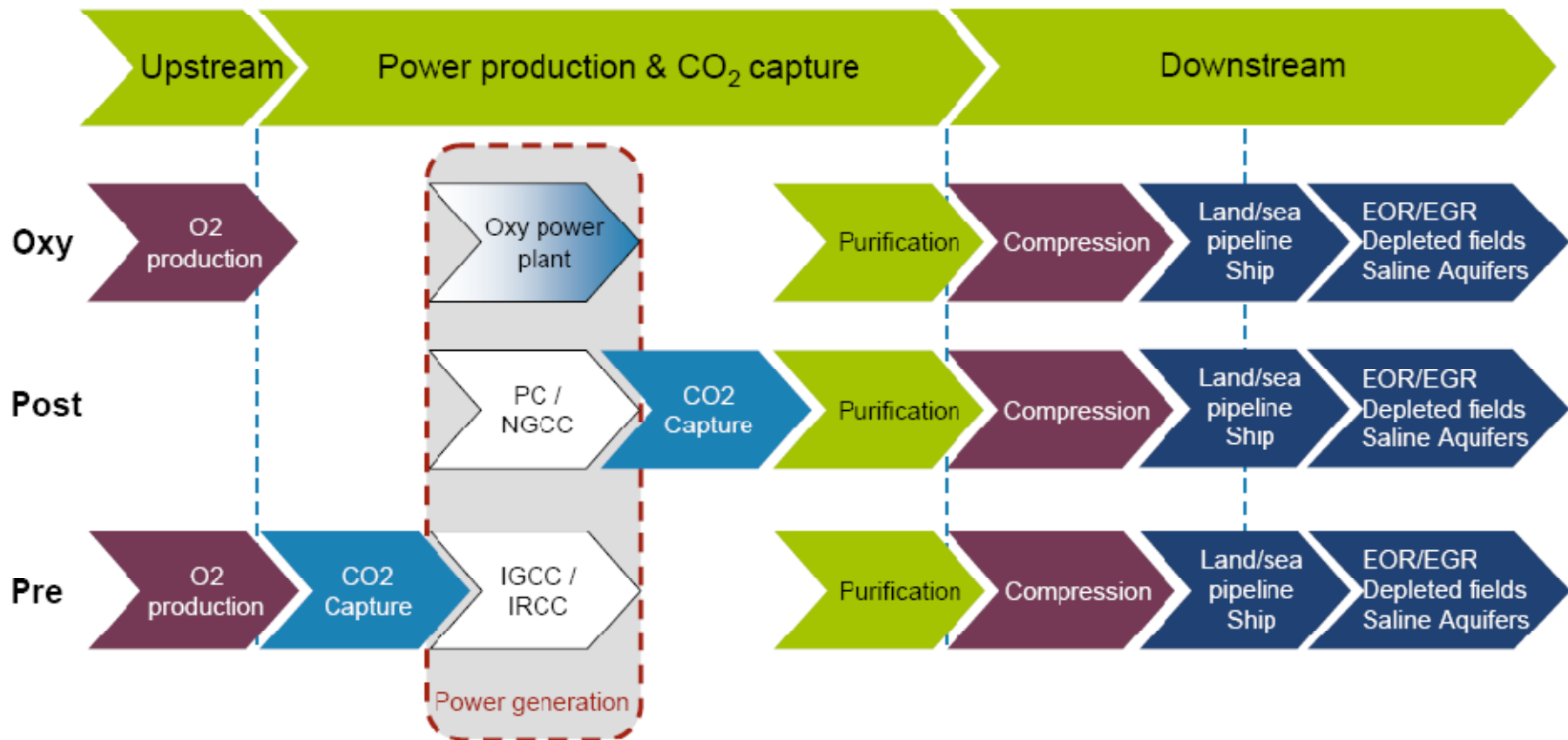


ETP Role:

define a strategic agenda for the development and deployment of technologies involving major economic or societal challenges.

- **Founded in 2005**
- **Unique and broad coalition of stakeholders:**
European utilities, petroleum companies, equipment suppliers, scientists, geologists and environmental NGOs.
- **200 people in 19 different countries contribute**
- **35 different companies and organizations represented on ZEP's board**

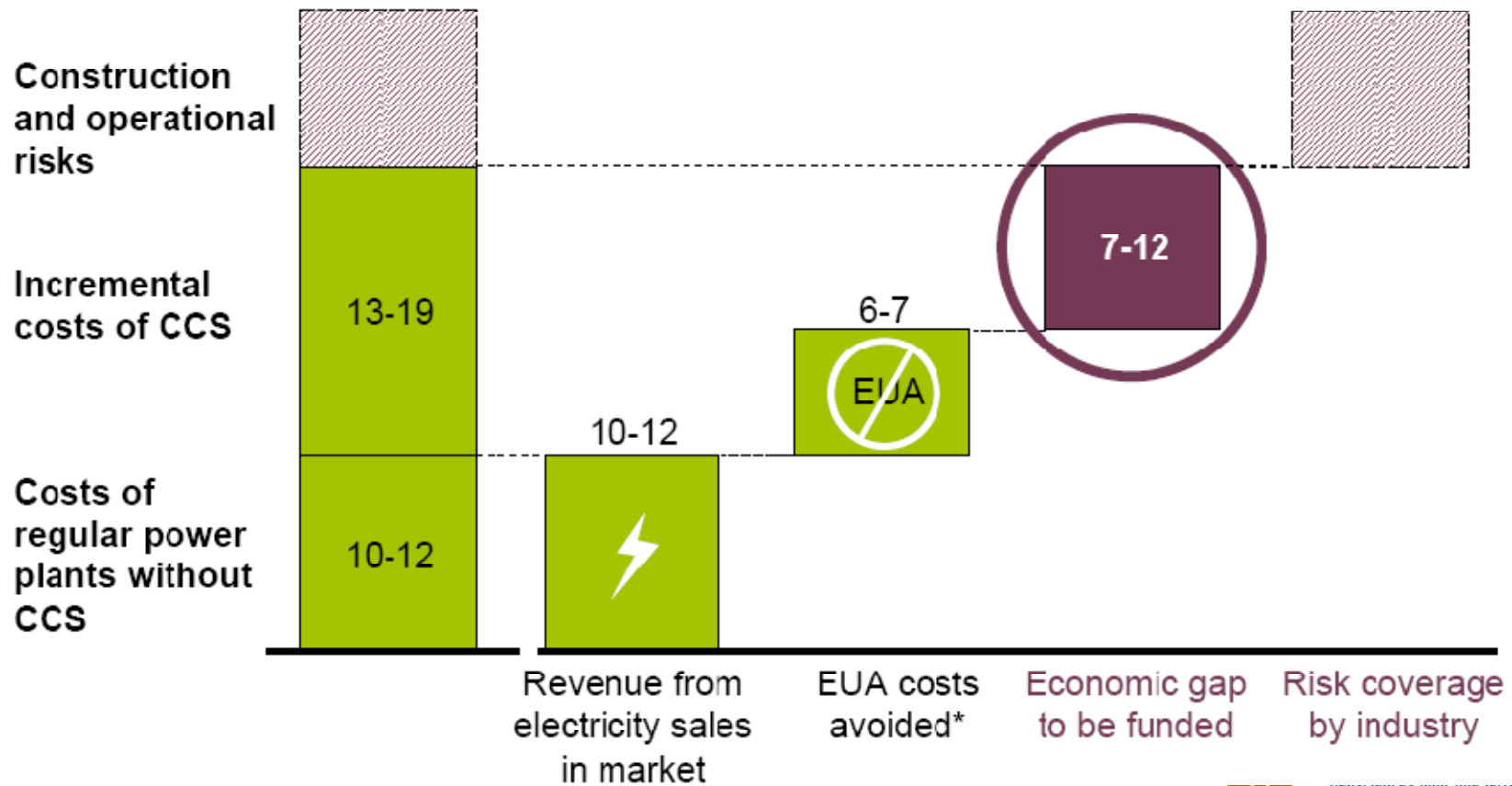
L'Analyse de la ZEP



Analyse de la ZEP (Suite)

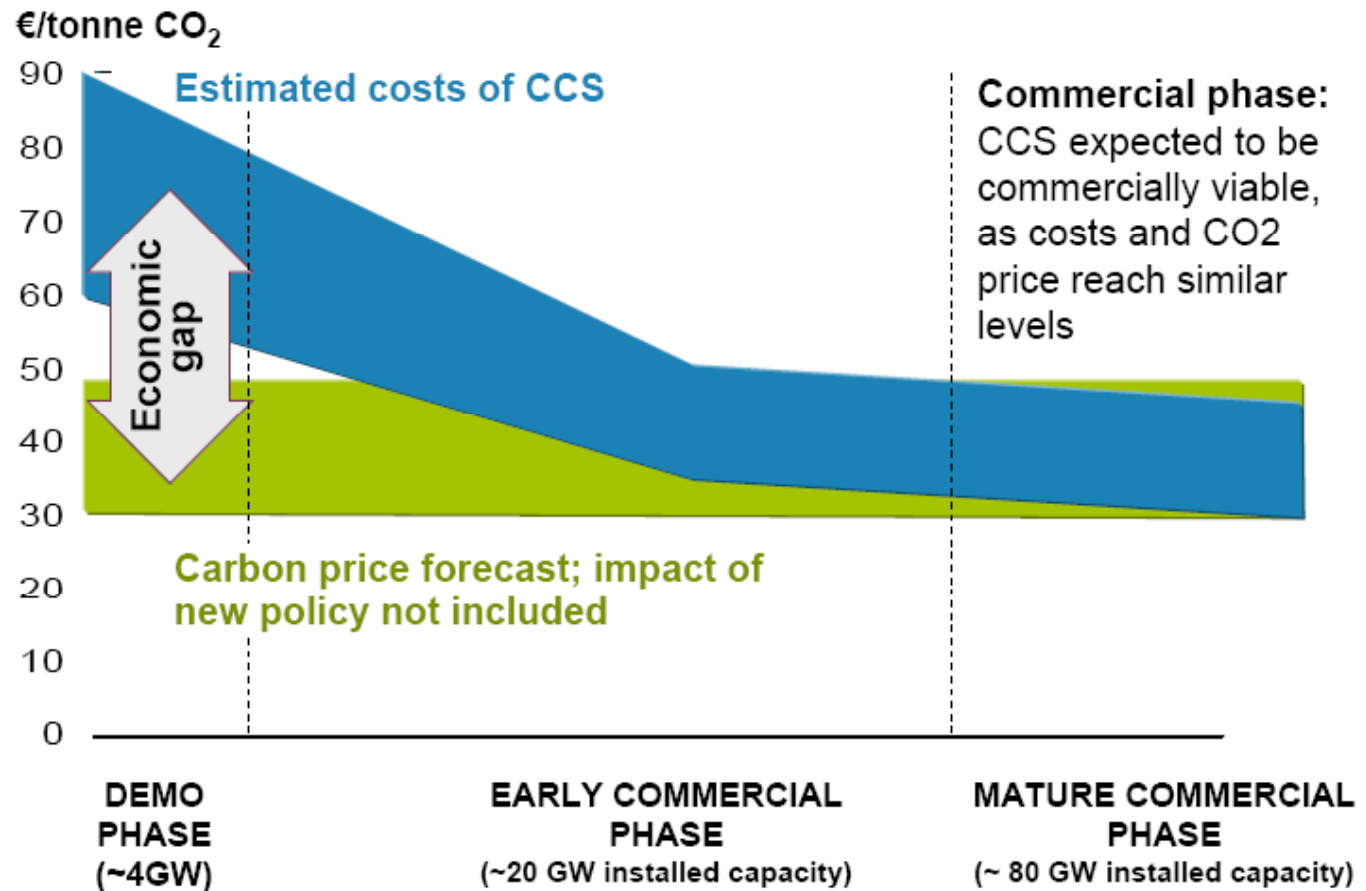
10-12 Demonstration Projects = €7 Billion - €12 Billion in Funding

Present value over lifetime, € billion



Evolutions économiques (Source Z.E.P)

Demonstration phase:
CCS not economically viable. Public contribution necessary for some portion



Potentiels comparés des options de stockage géologique

Réservoirs d'hydrocarbures (pétrole, gaz en cours d'épuisement)
675-900 Gt CO₂ soit 45 % des émissions jusqu'en 2050 (BAU)

Charbons inaccessibles ou inexploitable
15-200 Gt CO₂ soit ~2 % des émissions jusqu'en 2050 (BAU)

Aquifères profonds(au moins 800 m) 1000-10 000 Gt CO₂ soit 20 à 500% des émissions jusqu'en 2050 (BAU)

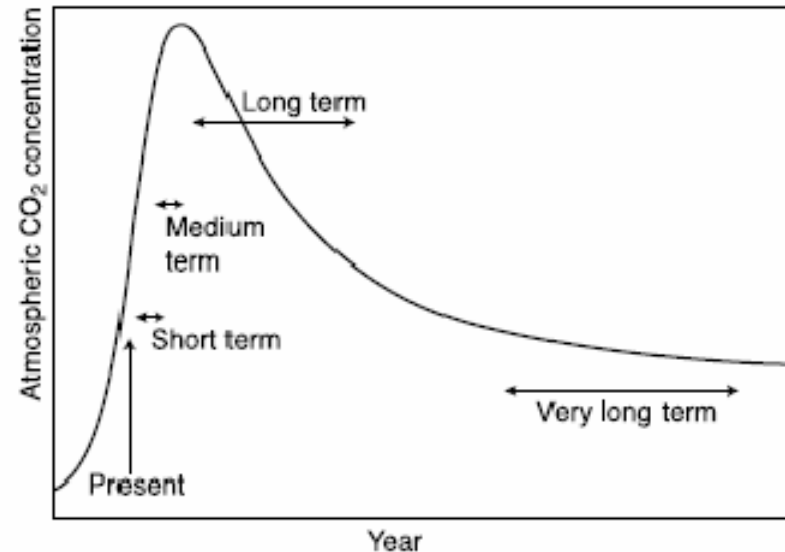
Une question clé pour le stockage

- > En dépit de tout les efforts sur le captage, l'afilière ne pourra ps se développer si les installations industrielles ne sont pas également « Storage ready »**
- > Finaliser la connaissance des capacité de stockage en aquifères**
- > Garantir la sécurité des stockages**

Questions-clé

> Durée

Evolution prévue de la concentration atmosphérique en CO₂ (dans l'hypothèse d'une réduction des émissions de CO₂) et échelles de temps (GIEC, 2005)



> Confinement souhaité ?

- GIEC : millier d'année
- fuite < 0.1% masse en place / an

> Impacts locaux ?

- Fuite eau impact sur les eaux souterraine
- Risque de fuite brutale: intégrité des puits
- Évaluer les risques à court comme à très long terme

Phases d'un projet de stockage de CO₂

Phase pré- opérationnelle: les activités jusqu'au démarrage de l'injection

Phase opérationnelle: période effective d'injection de CO₂; monitoring

Phase de fermeture: cimentation des puits, démonstration d'étanchéité

Phase de surveillance post-injection: Monitoring long terme

terre durable

Maîtrise des risques

> **Expérience industrielle**

- CO₂ produit d'usage courant
- Extraction d'hydrocarbures, EOR
- Stockage de Gaz Naturel

> **Choix du site**

> **Contrôle de la pression d'injection**

> **Monitoring**

> **Actions correctrices**

Problématique

> Indispensable de maîtriser la sécurité

> Critères de sécurité :

- Exigences garantissant que l'impact sur les personnes, les biens et l'environnement est proche de zéro à court, moyen et long terme.

> Complexité de la partie souterraine :

- Échelles de temps
- Multiplicité des phénomènes
- Connaissance incomplète
- Grande variabilité selon les sites

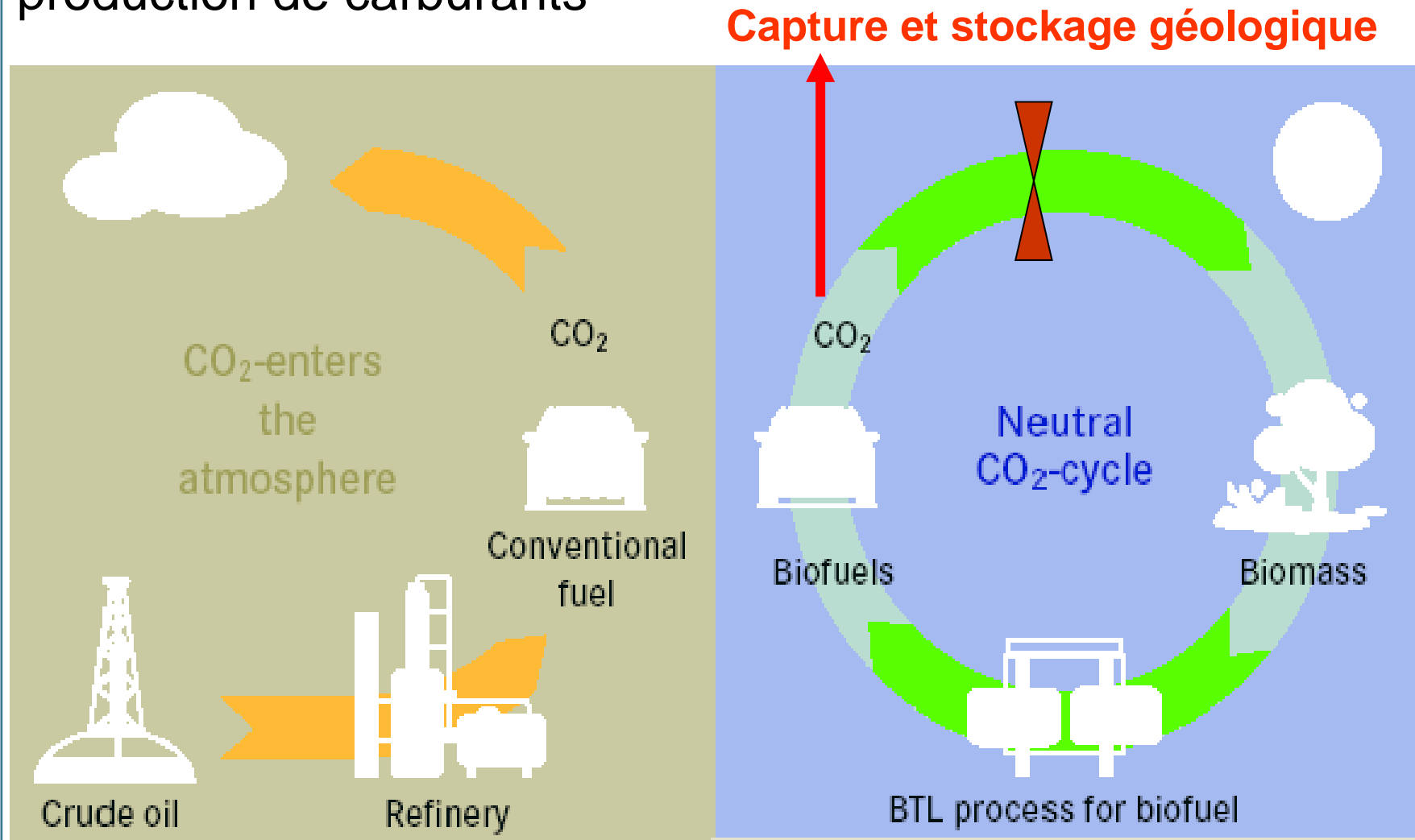
Modélisations prédictives du comportement du CO2

- > Modélisations couplées écoulements, réactions chimiques, effets thermiques et géo-mécaniques, prise en compte de phénomènes tri phasiques**
- > Modélisation du comportement des puits, du réservoir, des couvertures et des formations environnantes**
- > Besoin de recherche sur les codes, et les plate formes de programmation, la physico-chimie des phénomènes, en relation avec des travaux expérimentaux et théoriques, et la représentation 3D des formations géologiques**

Stockage Géologique : le long terme

- > **Quel rôle pour le stockage dans les charbons?**
- > **La carbonatation minérale ex situ a-t-elle un avenir économique?**
- > **La carbonatation minérale in situ (stockage dans les aquifères basaltiques principalement) a-t-elle un avenir technologique et économique?**
- > **Peut on accélérer et maîtriser le déroulement des cycles Red-Ox du carbone dans le sous sol?**

biomasse et CSC : modifier le cycle du carbone dans la production de carburants





THE VASCO PROJ

VALuation and STorage of CO2

A global project for carbon management in South-East France

GRAND PORT MARITIME DE MARSEILLE



Issues

- > Is there a way to consider carbon dioxide as a feedstock to economic activity and not solely as generating overcost to industry stakeholders?
- > Is there a way to focus on potential local benefits of Carbon abatement?
- > Can CCS be part of a solution lead by sustainability and industrial ecology?

