



CAPTAGE ET STOCKAGE GÉOLOGIQUE DE CO₂ : OU EN EST-ON ?

François GIGER
EDF / DPIT

Paris le 25 septembre 2015

UNIVERSITE D'ÉTÉ « SAUVONS LE CLIMAT »

SOMMAIRE

1. ATTENTE ET ESPOIRS
2. CARTOGRAPHIE DES SOURCES
3. OBSTACLES A SURMONTER
4. DEMARCHE EUROPEENE
5. ...ET DIFFICULTES RENCONTREES
6. SUR LES AUTRES CONTINENTS
7. REALISATIONS
8. PERSPECTIVES

ATTENTE ET ESPOIRS

- **Déclaration de Tony Blair à Glenn Eagels**
- **Annonces par la Commission Européenne d'une douzaine de démonstrateurs industriels CSC pour 2015 avec le plan EEPR et le NER 300**
- **Présentation de STATOIL sur Sleipner 1 Mt CO₂ / an (traitement de gaz naturel et injection sur place dans le banc Utsira)**
- **Selon AIE, CSC doit fournir 15 à 20% de l'effort de réduction d'émission de GES**
 - En 2009 : 100 projets attendus pour 2020 et 3400 en 2050
 - En 2014 : 30 projets attendus pour 2020 ?

CARTOGRAPHIE DES SOURCES

42% des émissions mondiales de CO₂ proviennent de la production d'électricité.

Part prépondérante de la Chine, des Etats-Unis, de l'Inde mais situation contrastée entre les pays, y compris au niveau européen.

	Part de la production (2007, %)			Intensité CO ₂	
	Hydraulique	Autres Renouvelable	Nucléaire	Fossiles	g CO ₂ / kWh
▪ Pologne	1,7	1,8	0	96,5	970
▪ Royaume-Uni	1,3	4,8	16	77,9	520
▪ Allemagne	4,2	16,4	22,1	57,3	514
▪ Italie	12,9	3,2	0	83,9	480
▪ France	12	1	77	10	100
▪ EDF	8	1	87	4	40

OBSTACLES A SURMONTER (1/4)

■ JURIDIQUES

- Statut du CO₂
- Transport Trans-Frontière

■ TECHNIQUES

- Captage
- Transport
- Stockage

■ ORGANISATIONNELS

- Cultures différenciées
- Quels modèles d'affaires ?

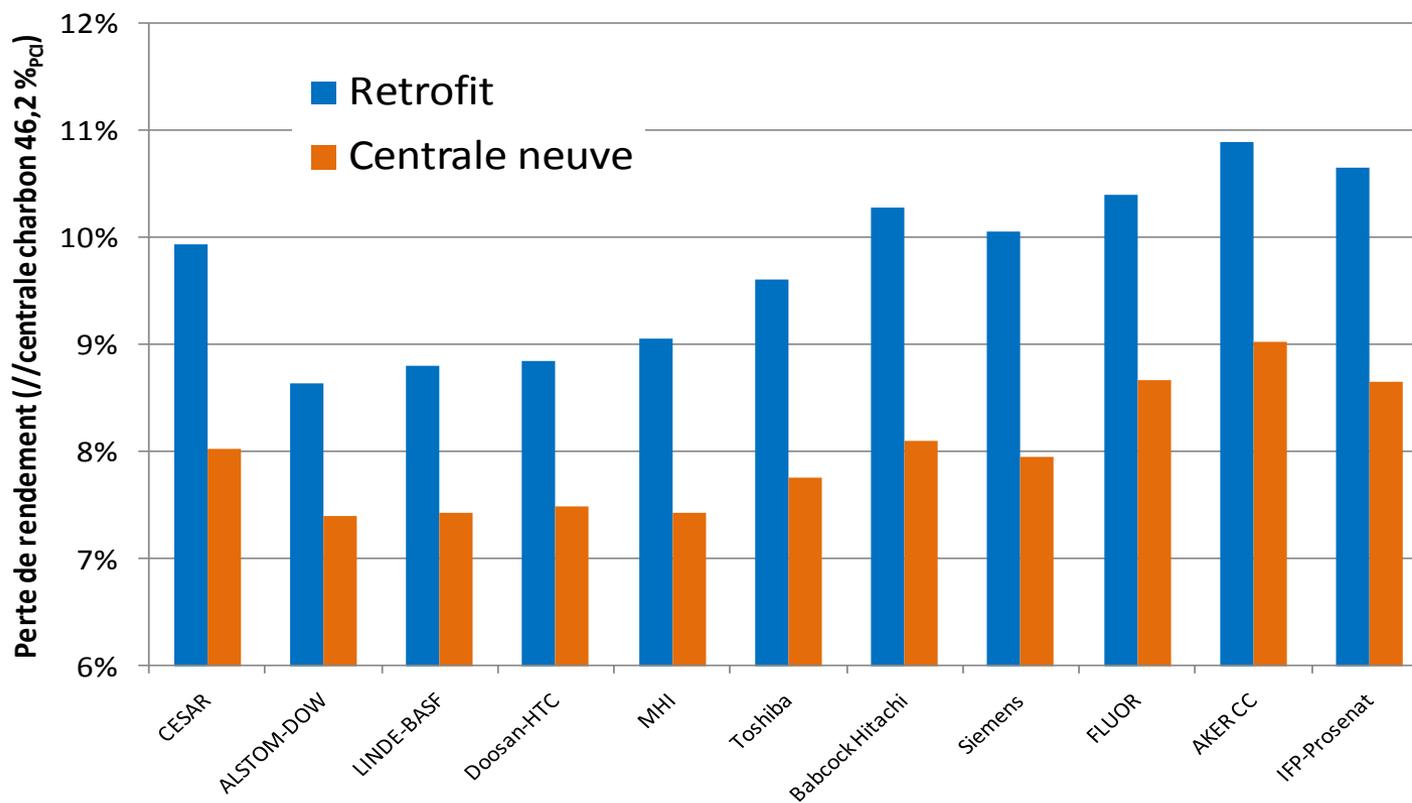
■ ACCEPTATION SOCIETALE

■ ECONOMIQUE

OBSTACLES A SURMONTER (2/4)

LES TECHNOLOGIES DE CAPTAGE SONT ENCORE EN COURS D'ADAPTATION POUR LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE

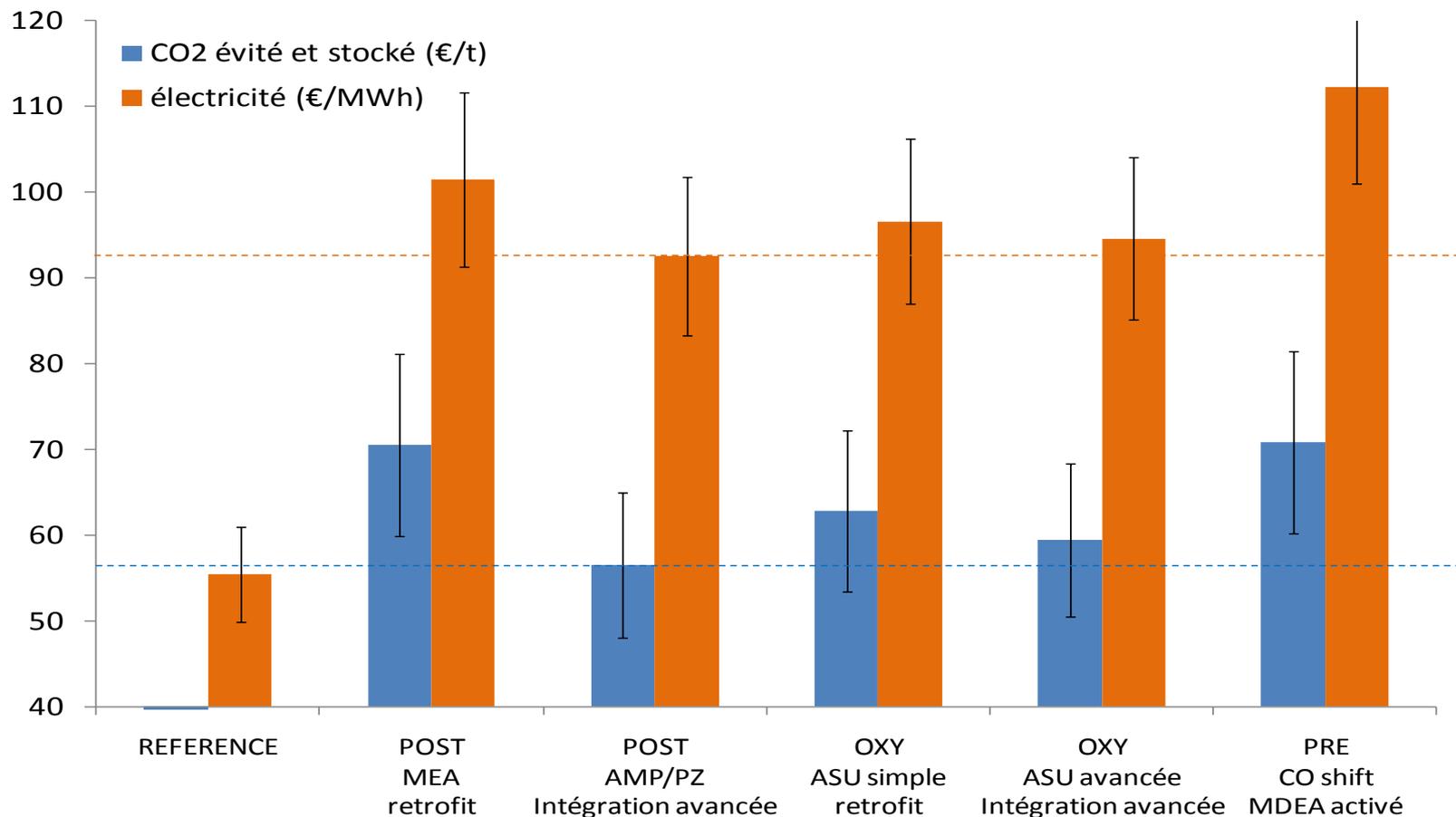
Exemple du captage en post-combustion par absorption chimique réversible



OBSTACLES A SURMONTER (3/4)

LES FILIÈRES DE CAPTAGE RESTENT CHÈRES...

cas du charbon (coûts du transport et stockage géologique inclus)



OBSTACLES A SURMONTER (4/4)

LES COUTS DE TRANSPORT ET STOCKAGE GÉOLOGIQUE

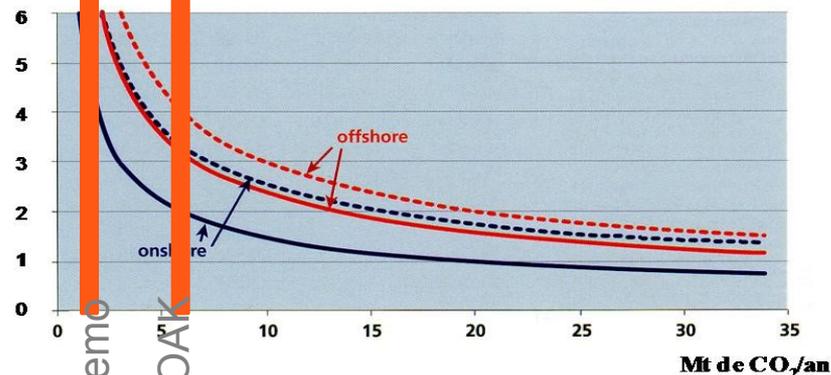
■ Le coût de transport dépend de :

- La distance,
- Le débit ,
- La localisation du site de stockage
 - on-shore / off-shore
 - Zone habitée ou non,...
- De la qualité du CO₂
- ...

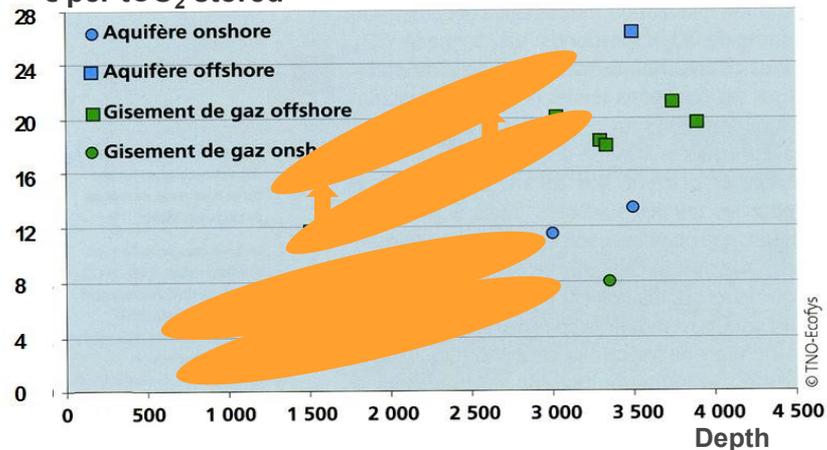
■ Le coût de stockage dépend de :

- Pour autant qu'il existe,
- La profondeur
- Le débit d'injection
- Les caractéristiques du réservoir
- La localisation (on-shore / off-shore),
- ...

€ per tCO₂ transported / 100 km



€ per tCO₂ stored



Les coûts sont très élevés (surtout pour les 1ers pilotes). On peut espérer réduire les coûts en injectant dans les réservoirs déplétés

DEMARCHE EUROPEENE

- 2000 OUVERTURE DU MARCHE DE L'ELECTRICITE
- 2005 PLATE FORME ZEP (...ANNONCE DU PROGRAMME DE 12 DEMONSTRATEURS)
- 2009 DIRECTIVE 2009/31/EC SUR LE CSC
 - SOUTIEN AUX ENERGIES RENOUVELABLES
 - PLAN DE RELANCE EEPR
 - NER 300

...ET DIFFICULTES RENCONTREES (1/2)

L' ECHEC DU PLAN DE RELANCE EEPR

- Jänschwalde (D) : arrêté à cause de l'opposition du public et l'interdiction de stocker on-shore.
- ROAD (NL) : en attente de la sécurisation du financement (130 M€ à trouver).
- Don Valley (UK) : pas de soutien du gouvernement britannique => révision à la baisse du projet.
- Compostilla (ES) : manque de financement et problème d'autorisation pour le transport.
- Porto Tolle (I) : pas de permis pour la centrale.
- Belchatow (PL) : manque de financement et problème d'autorisation pour le transport.

...ET DIFFICULTES RENCONTREES (2/2)

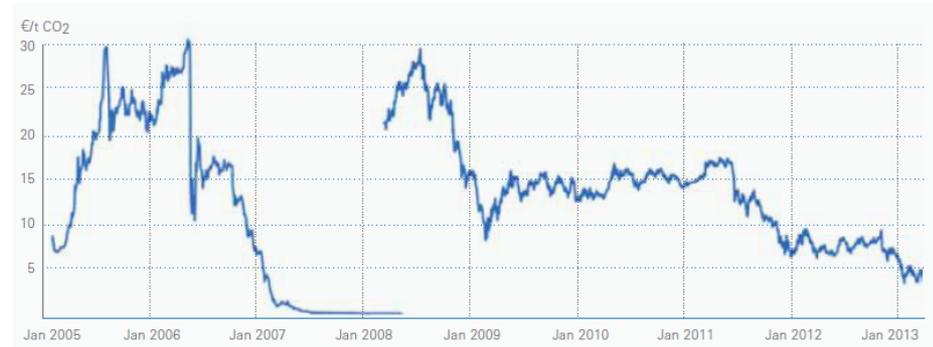
L'ECHEC DE NER 300

■ 1er tour : ULCOS arrêté par Arcelor-Mittal

■ 2nd tour : 1 seul projet (UK)

■ Les 5 raisons de l'échec :

- Droit d'émission CO₂,
- Opposition des populations (sur l'aspect stockage),
- Interdiction du stockage "on-shore" imposée par certains états,
- Délais d'obtention des permis très longs,
- Absence d'infrastructure de transport.



SUR LES AUTRES CONTINENTS

- L'Australie a voulu être pionnier puis jette l'éponge
- Ambiguïté de l'"EOR" et du "CCUS"
- Débats en commissions de normalisation ISO
- ...

REALISATIONS (1/2)

NOMBREUX PILOTES INDEPENDANTS, PARFOIS INTEGRES

Octobre 2016 Boundary Dam (Canada) 1 Mt CO₂ / an (6000\$/kW avec captage seul)

Mi – 2016 Démarrage prévu de Kemper Country (Mississippi) 582 MW 3 Mt CO₂ / an (9500\$/kW)

Fin 2016 Démarrage prévu de W.A. Parish (Houston Texas) 1 Mt CO₂ / an

et aussi, hors du secteur électrique :

Uthmaviyah CO₂ – EOR (GNL, Arabie Saoudite) 0,8 Mt 1 Mt CO₂ / an

Abu Dhabi (Aciérie, EAU) 0,8 Mt CO₂ / an

REALISATIONS (2/2)

PROJETS GRANDE ECHELLE EN COURS DANS LE MONDE



En exploitation



En construction

Source GCCSI



Feuille Microsoft
Office Excel 97-200

PERSPECTIVES

■ CAPTAGE :

- Réduction de la perte énergétique / normalisation de son évaluation
- Réduction du coût de fonctionnement
- Réduction du coût d'investissement
- Augmentation de flexibilité

■ TRANSPORT :

- Acceptation par le public

■ STOCKAGE GEOLOGIQUE :

- Etablissement d'une méthodologie mondiale d'évaluation des potentiels de stockage géologique
- Prise en compte des effets dynamiques d'injection
- Campagne de détermination des ressources de stockage (financement et réalisation de forages)
- Acceptation par le public
- Etablissement d'un modèle d'affaires de stockeur de CO₂

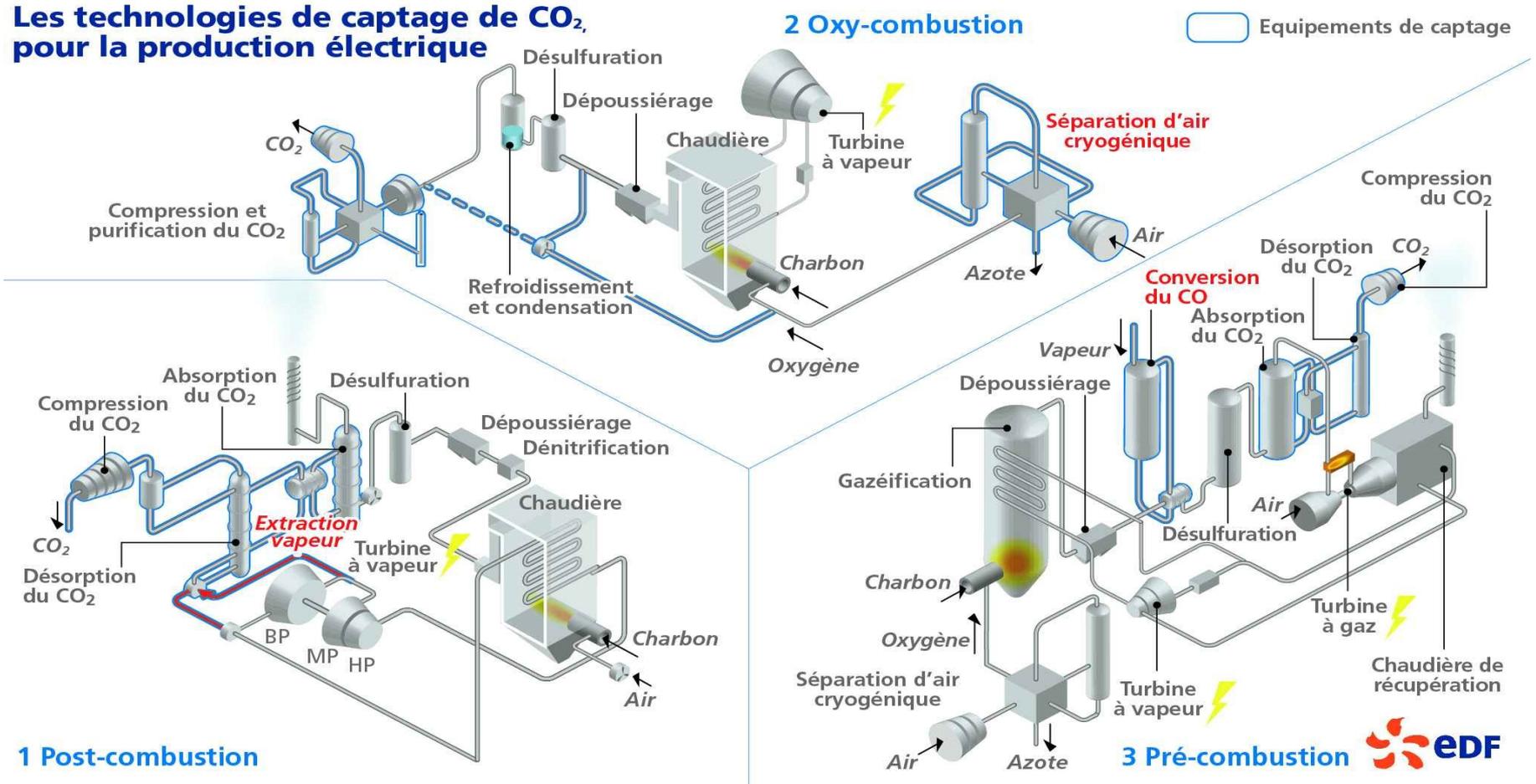
■ ANALYSES COMPAREES DE CYCLE DE VIE

MERCI

ANNEXE 1

TECHNOLOGIES DE 1ÈRE GÉNÉRATION

Les technologies de captage de CO₂ pour la production électrique

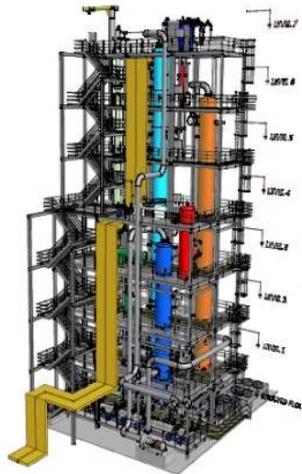


ANNEXE 2

PROJET C2A2



- ◆ Procédé Alstom/Dow chemicals AFS (Advanced Flow Scheme) raccordé à la tranche 4 du Havre
- ◆ Capacité : 1 tonne/heure
- ◆ Budget de 22 M€ dont 20% financés par l'ADEME.
- ◆ 1900 tonnes captées (2 750 heures de fonctionnement entre juillet 2013 et mars 2014).
- ◆ REX en cours d'élaboration (CIT sur l'intégration, la conduite, la maintenance)
- ◆ Analyse des résultats en cours par la R&D (performances du procédé, corrosion,.....).
- ◆ Recherche d'une 'seconde vie' pour le pilote



ANNEXE 3

GLOBAL OVERVIEW OF EDF CCS PROGRAMME

Postcombustion capture

 **EDF C2A2 Pilot in Le Havre (2010-14)**

 **EDF LEMEDES-CO2 in Chatou**

 **AmeliECO2 Project (2010-13)**

 **DALMATIEN Project (2012-14)**

 **CESAR-CLEO Project (2008-11)**

 **LTT Project (Esbjerg) (2010-11)**

 **OCTAVIUS Project (2012-15)**

 **ETI NGCT2 Project (2012-16)**

 **EPRI P165 Programme**

 **PhD on process optimization (2011-13)**

 **PhD on solvent characterization (2012 – 14)**

Transport and geological storage

 **France-Nord Project (2010-12)**

 **VASCO Project (2012)**

 **Ultimate Project CO2 (2011-15)**

 **Mustang Project (2009-14)**

 **ETI MMV&UKSAP projects (2010-11)**

 **ETI STOCCS project (2012-13)**

 **ETI TESBIC project (2011-12)**

 **EPRI P165 Programme**

Oxycombustion

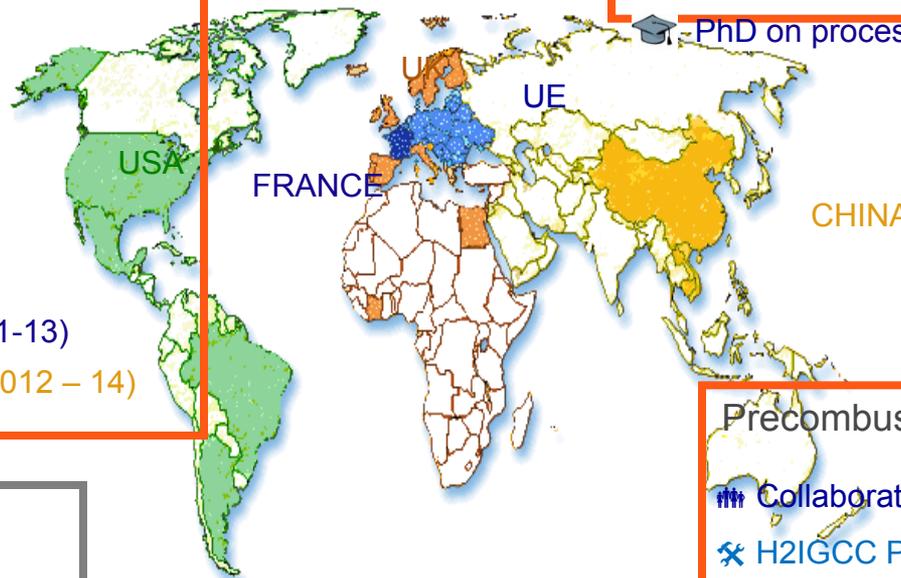
 **OXYCOAL-1&2 projects (2008 - 2011)**

 **RELCOM Project (2012-15)**

 **SUCCESS Project (2013-16)**

 **EPRI P66 Programme**

 **PhD on process optimization (2012-14)**



Precombustion capture

 **Collaboration with ELCOGAS**

 **H2IGCC Project (2010-13)**

 **ETI NCT1 Project (2011-15)**

 **EPRI P66 Programme**

Involvement in associations

ZEP (Zero Emission Plateform)

Club CO₂

ANNEXE 4

CONCLUSION

- Les projets se développent en Chine et en Amérique (grâce à l'EOR)
- L'Europe, perd son avance, dans l'attente d'un business model. Un second souffle pourrait être donné en lançant des projets de recherche sur le stockage
- Pour le groupe EDF, il convient de maintenir un effort mesuré sur le sujet en :
 - Ayant une veille active sur les procédés de captage innovants
 - Gardant un œil sur les aspects transport et stockage
 - Conservant une implication (modeste) sur les aspects réglementaires et normatifs (ZEP, Club CO₂, ISO,..)
 - Recherchant une seconde vie au pilote du Havre
 - Contribuant à des études collaboratives (Club CO₂,..) sur la valorisation afin de ne pas laisser diffuser des fausses idées

ANNEXE 5

ORDRES DE GRANDEUR

■ Une tranche de 600 MW en base produit 4,5 à 5 TWh/an, soit 150 à 200 TWh au cours de sa vie industrielle

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| ■ Centrale charbon « moyenne » : | 1 MT_{CO_2}/TWh |
| ■ Centrale charbon supercritique : | 0,75 MT_{CO_2}/TWh |
| ■ Cycle Combiné à Gaz : | 0,35 à 0,40 MT_{CO_2}/TWh |
| ■ Centrale charbon équipée de CSC : | 0,10 à 15 MT_{CO_2}/TWh |