



La place du charbon dans la production d'électricité

François Giger EDF

Lyon-Solaize, le 14/02/2008

Direction Production Ingénierie
PANORAMA 2008 - 14 février 2008 – Intervention de François Giger

1



Plan de la présentation

- **1 La production d'électricité**
- **2 EDF : un parc thermique respectueux de l'environnement**
- **3 Les centrales moins gourmandes**
- **4 Captage et stockage de CO₂,
réalités et perspectives**



**Du charbon ?
Propre ?
Sans CO₂ ?**

1

La production d'électricité

L'électricité

- **pas stockable,**
à un coût compétitif, sauf lacs,
- **usage peu substituable dans l'instant,**
- **'sans file d'attente'.**

Pour les producteurs :

- **demande très variable,**
- **avec des aléas (1500 MW/°C).**

Logique d'appel des moyens de production d'électricité

- **Structure de coûts de production pour le lendemain, croissants avec la maniabilité :**
 - nucléaire
 - charbon
 - gaz
 - pétrole
- **et autres moyens de maniabilité décroissante :**
 - hydraulique de lac ou de fil,
 - renouvelable (éolien ...),
 - cogénérations, ...
 - ...

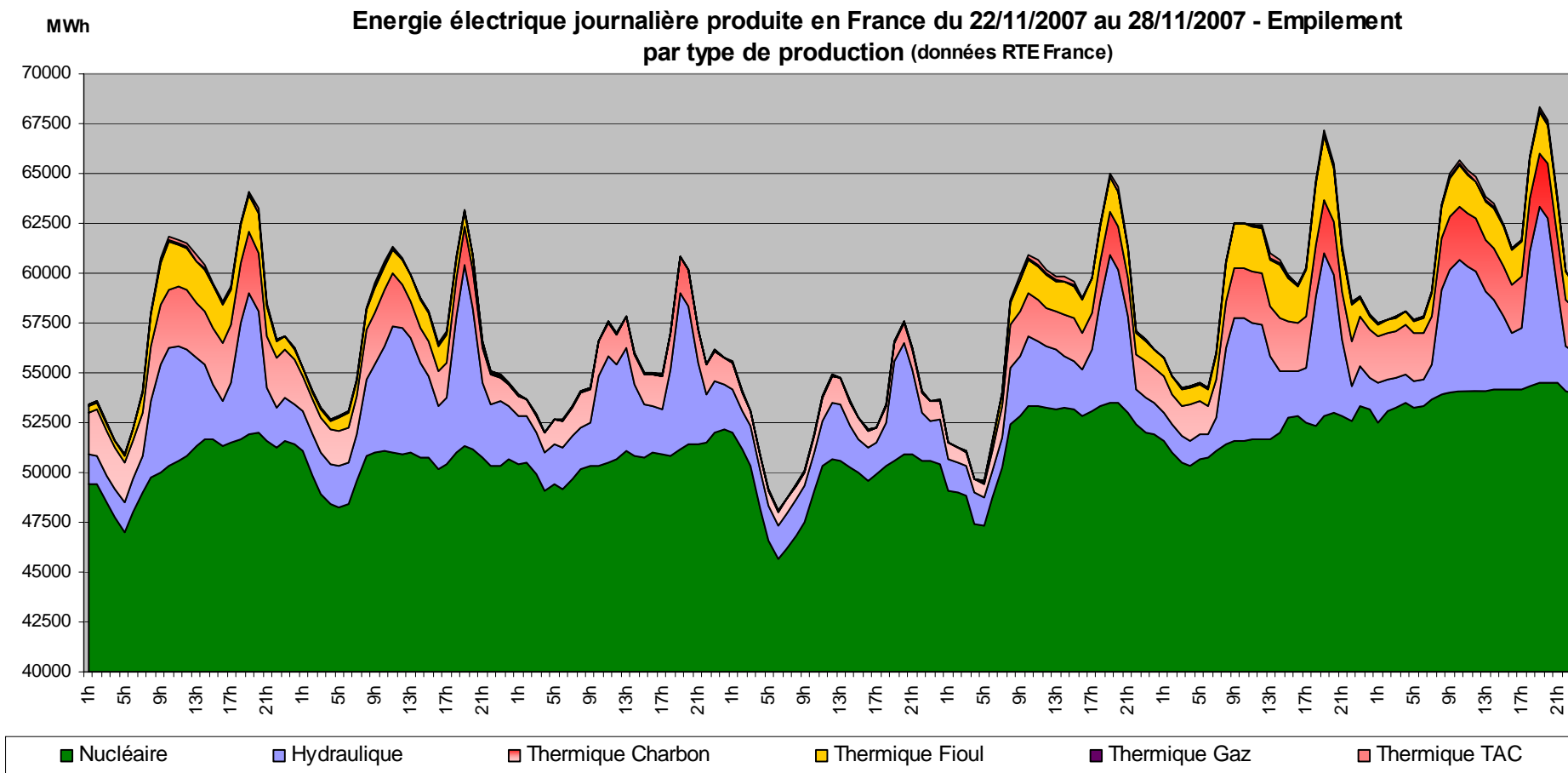
Le thermique à flamme, un rôle d'ajustement pour répondre aux fluctuations de la demande

- **Le thermique à flamme fournit principalement l'ajustement nécessaire en cas :**
 - de fortes variations de la production,
 - de pointes de consommation (grands froids),
 - pour répondre aux éventuels aléas d'autres moyens de production.
- **Les centrales au charbon, fioul et gaz se complètent pour produire l'électricité en semi-base et pointe.**

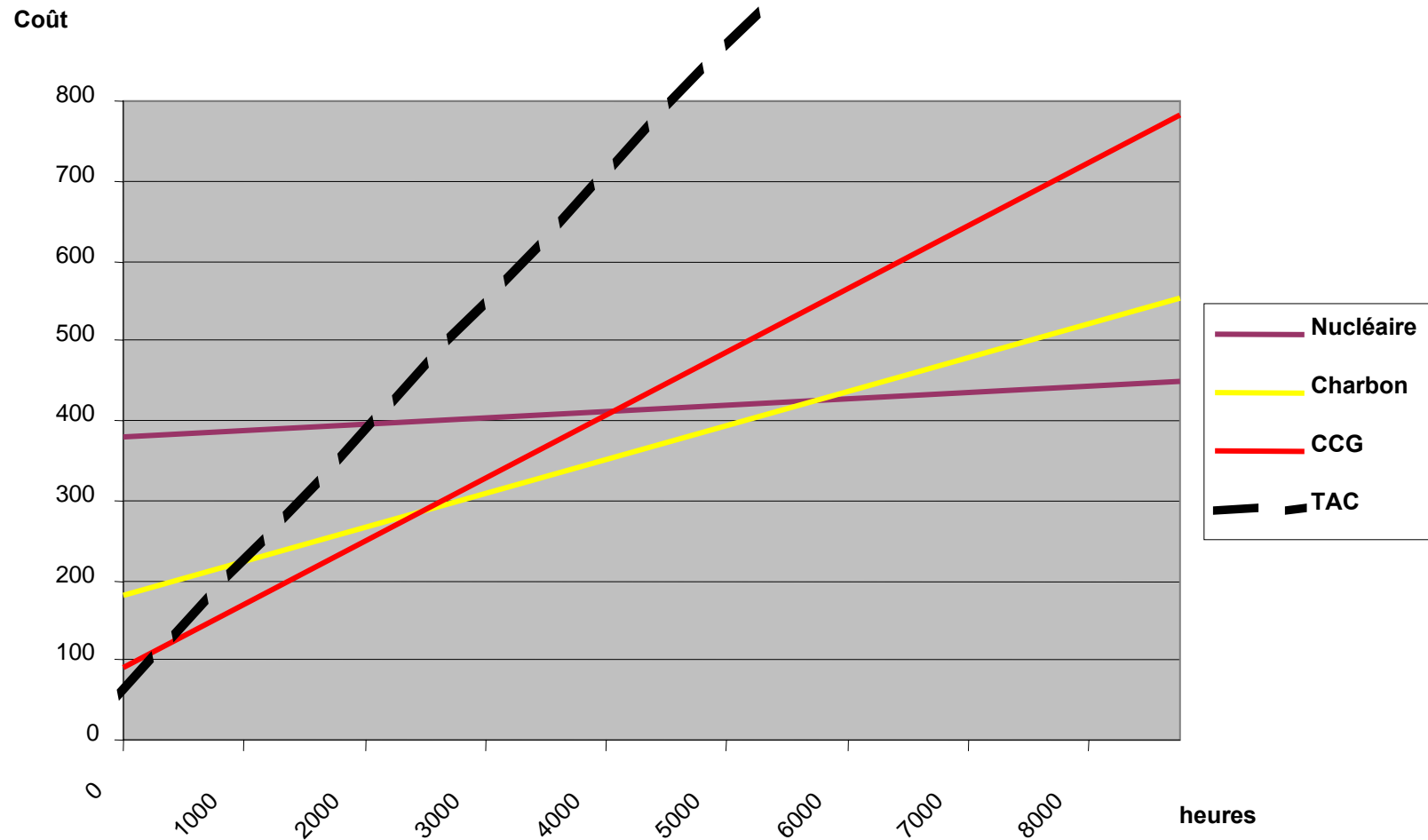
En 2006, elles ont produit 17,5 TWh ,

Soit 4% de la production annuelle d'EDF en France.

Empilement des moyens de production d'électricité



Exemple de représentation de coûts annuels



Investissement en nouveaux moyens de production

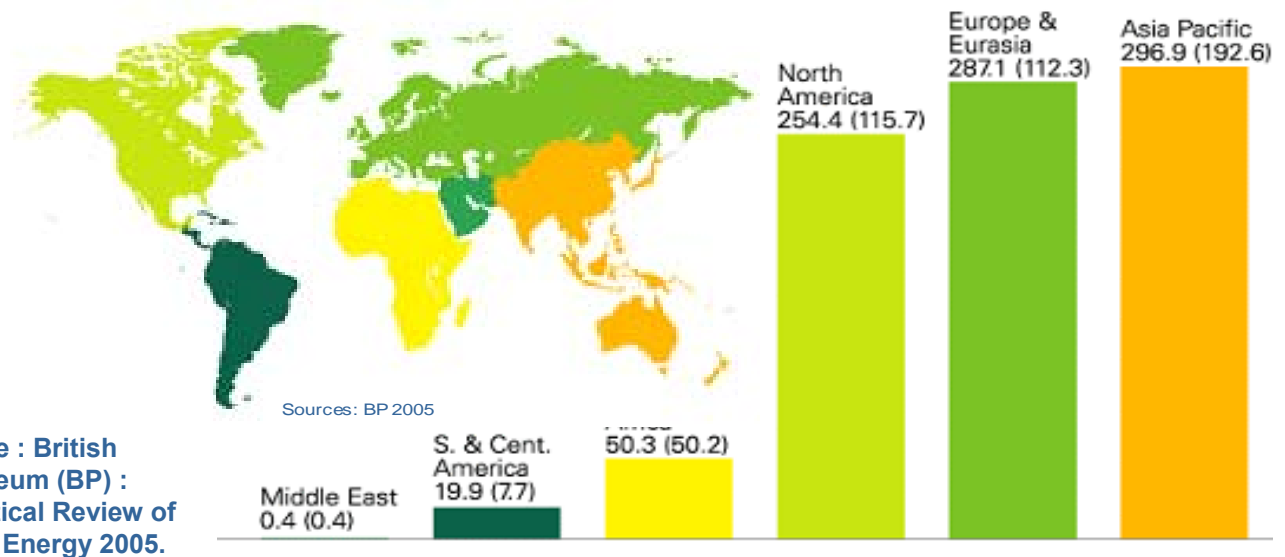
- **Investissement dans des nouveaux moyens s'évalue à la marge du parc installé**
 - pour se rapprocher du mix de production maniable et adapté ...

- **où le charbon trouve une place ...**
 - compétitif face à une structure de la demande ...
 - combustible facile à stocker (en tas) ...
 - avec des ressources réparties dans le monde ...
 - d'emploi raisonnablement flexible ...

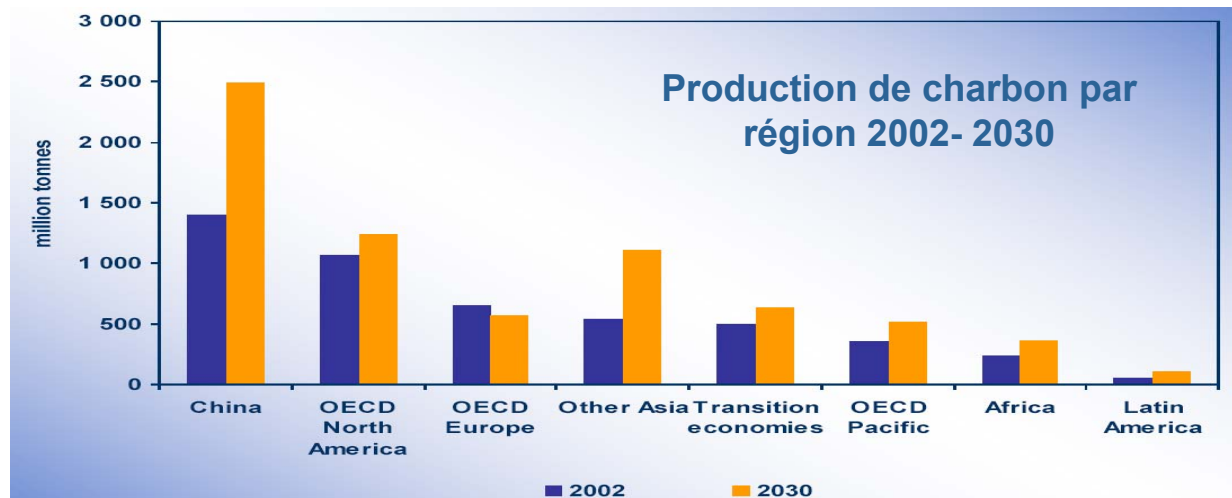
- **... place prépondérante pour les pays charbonniers**

Le recours au charbon s'accroît dans le monde

Les réserves mondiales prouvées de charbon en milliards de tonnes (fin 2004)
 (La part de l'anhracite et du charbon bitumineux est entre parenthèses)



Source : British Petroleum (BP) : Statistical Review of World Energy 2005.



Source: AIE



La filière charbon pulvérisé

La filière à charbon pulvérisé (CP) est la plus simple et la plus répandue dans le monde. C'est celle des tranches du parc français.

Son principe : après broyage en très fines particules de taille de quelques microns, le charbon est mélangé à un flux d'air chaud dirigé vers les brûleurs d'une chaudière.

Elle a fait l'objet de **progrès technologiques et constants.**

Deux autres filières en développement :

La filière à lit fluidisé circulant (LFC) qui permet de valoriser des combustibles difficiles (dont la biomasse) mais dont les unités en service ne dépassent pas les 500 MW.

La filière à gazéification du charbon (IGCC) adaptée à la polygénération (H₂, électricité, vapeur,...).



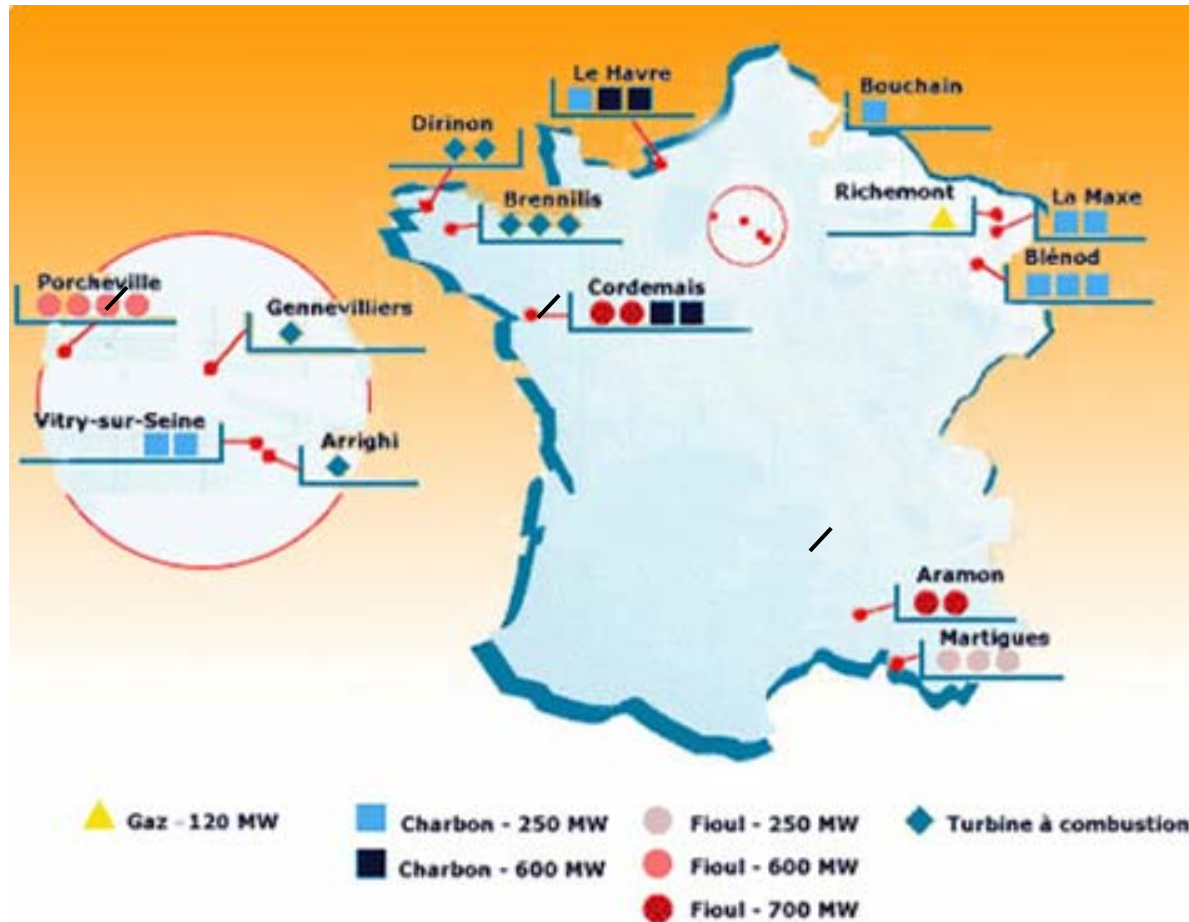
Du charbon Propre ? Sans CO₂ ?

2

EDF : un parc thermique respectueux de l'environnement

Un parc de production thermique diversifié et bien implanté

Un parc thermique à flamme de 10 GW en fonctionnement
au 1^{er} janvier 2008



Tranche à l'arrêt au 1er octobre 2006 réactivable (sortie d'AGP décidée)

- Centrales Charbon :
 - 9 tranches de 250 MW
 - 4 tranches de 600 MW
- Centrales Fioul :
 - 3 tranches de 250 MW
 - 6 tranches de 600 / 700 MW
- Turbines à Combustion :
 - 8 turbines pour un total de 925 MW
- Gaz de haut fourneau :
 - 1 tranche de 117 MW

Un enjeu fondamental : optimiser les performances environnementales

L'environnement est aujourd'hui au cœur de la stratégie thermique à flamme d'EDF avec ... :

▪ Des investissements pour :

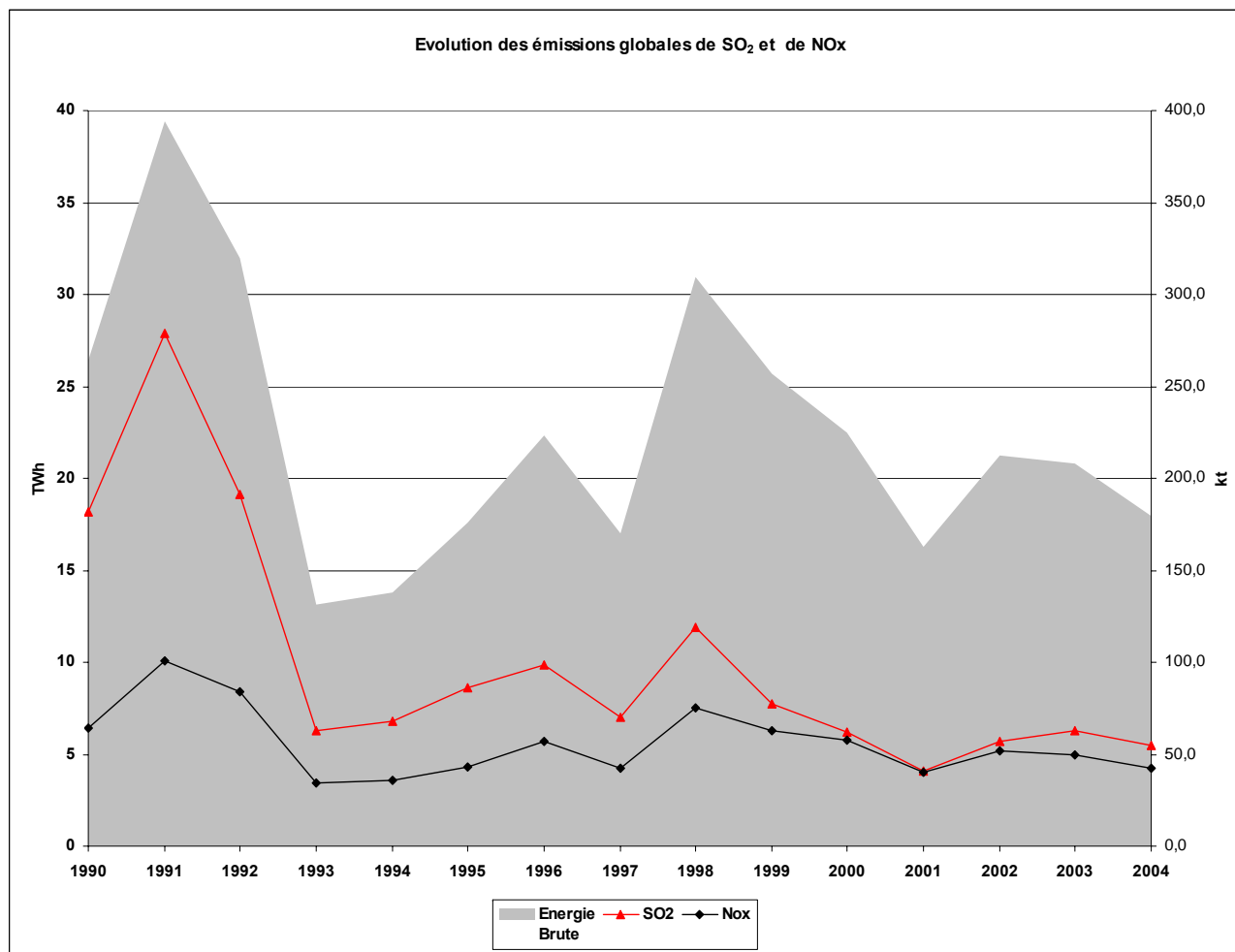
- ✓ Limiter les émissions de poussières (**dépoussiéreurs** de type électrostatique).
- ✓ Installer des équipements de **désulfuration des fumées** par voie humide.
Avant d'atteindre la cheminée, les fumées passent au travers d'une eau saturée en calcaire. Ceci permet de réduire de 90 %, les émissions d'oxydes de soufre. Le gypse produit à partir de la désulfuration des fumées est recyclé et réutilisé dans la production de plâtre.
- ✓ Équiper les tranches de **dénitrification des fumées**. Les oxydes d'azote (NOx) sont captés grâce à une installation de dénitrification (fonctionnant à haute température par catalyse –SCR–).
- ✓ Utiliser du combustible de meilleure qualité : fioul à plus faible teneur en soufre.

Des émissions en baisse, illustration NO_x et SO_x

Entre 1990 et 2008,
✓ les émissions de
SO_x sont **divisées**
par 5.

*Les équipements de
désulfurations
permettent de
réduire de 90% les
émissions de SO_x.*

✓ les émissions de
NO_x sont **divisées**
par 2.



Émissions SO_x et NO_x 1990-2004

3

Les centrales moins gourmandes : charbon « supercritique », le standard d'EDF

Evolution des caractéristiques de la filière CP – parc France

Filière	Mise en service	Puissance	Rendement	Caractéristiques vapeur
CP250	1960 → 1970	250 MWe	37 %	545°C - 565°C 165 bar
Q600	1980 → 1985	600 MWe	38 %	545°C - 565°C 165 bar
Supercritique	Projet	850 MWe	45,5 %	621° C 285 bar

Le standard Charbon propre supercritique

Un rendement plus important obtenu en augmentant les caractéristiques thermodynamiques du cycle l'eau/vapeur (**passage à 285 bar et 621°C**) et donc avec des quantités **moindres de CO₂** produites.

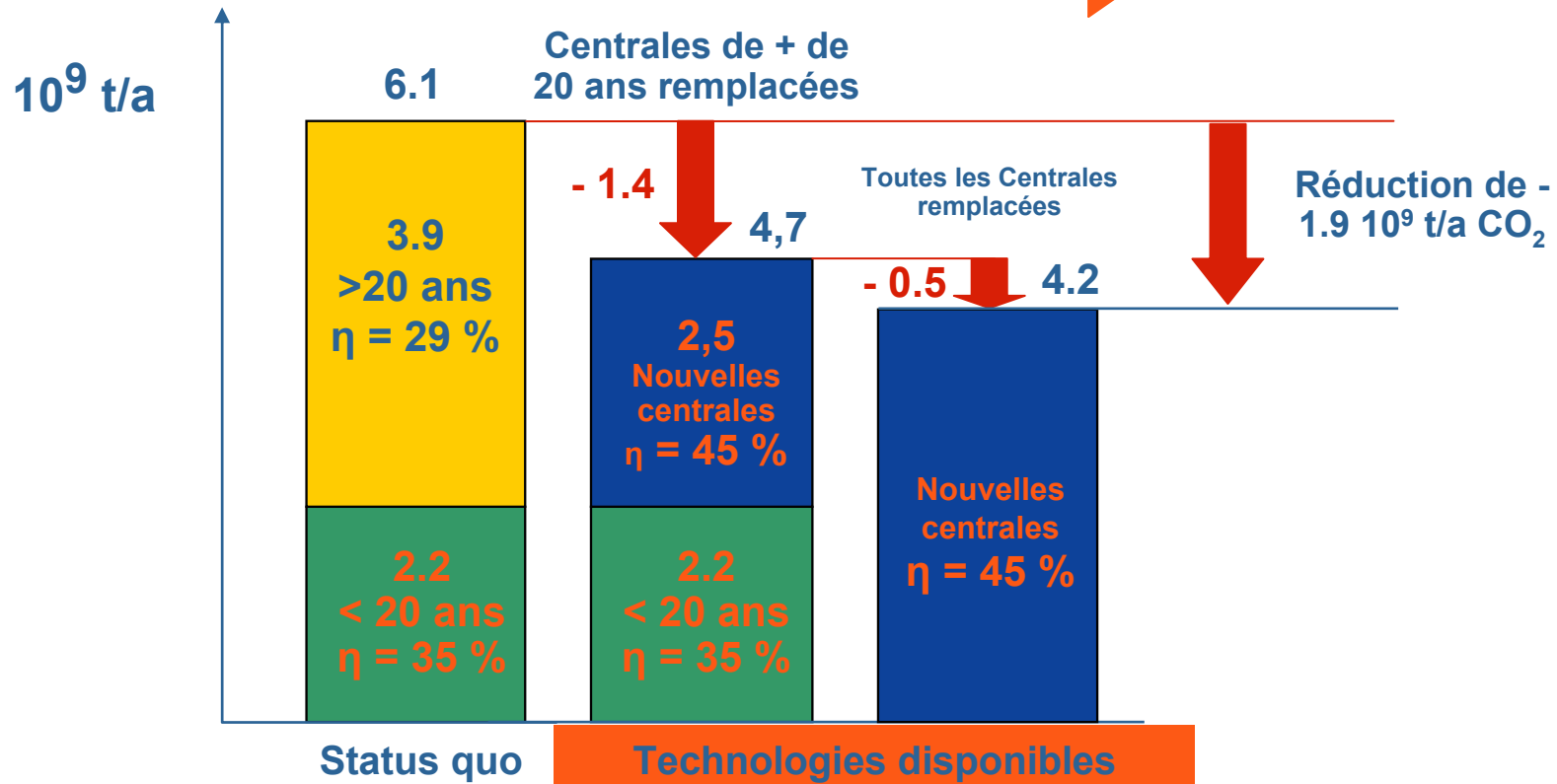
Une filière équipée à l'origine d'installations de **dénitrification et désulfuration.**

La filière peut encore **évoluer en bénéficiant des progrès sur la tenue en température des matériaux.**

Impact sur la réduction des émissions de CO₂

Emissions de CO₂
dans le monde

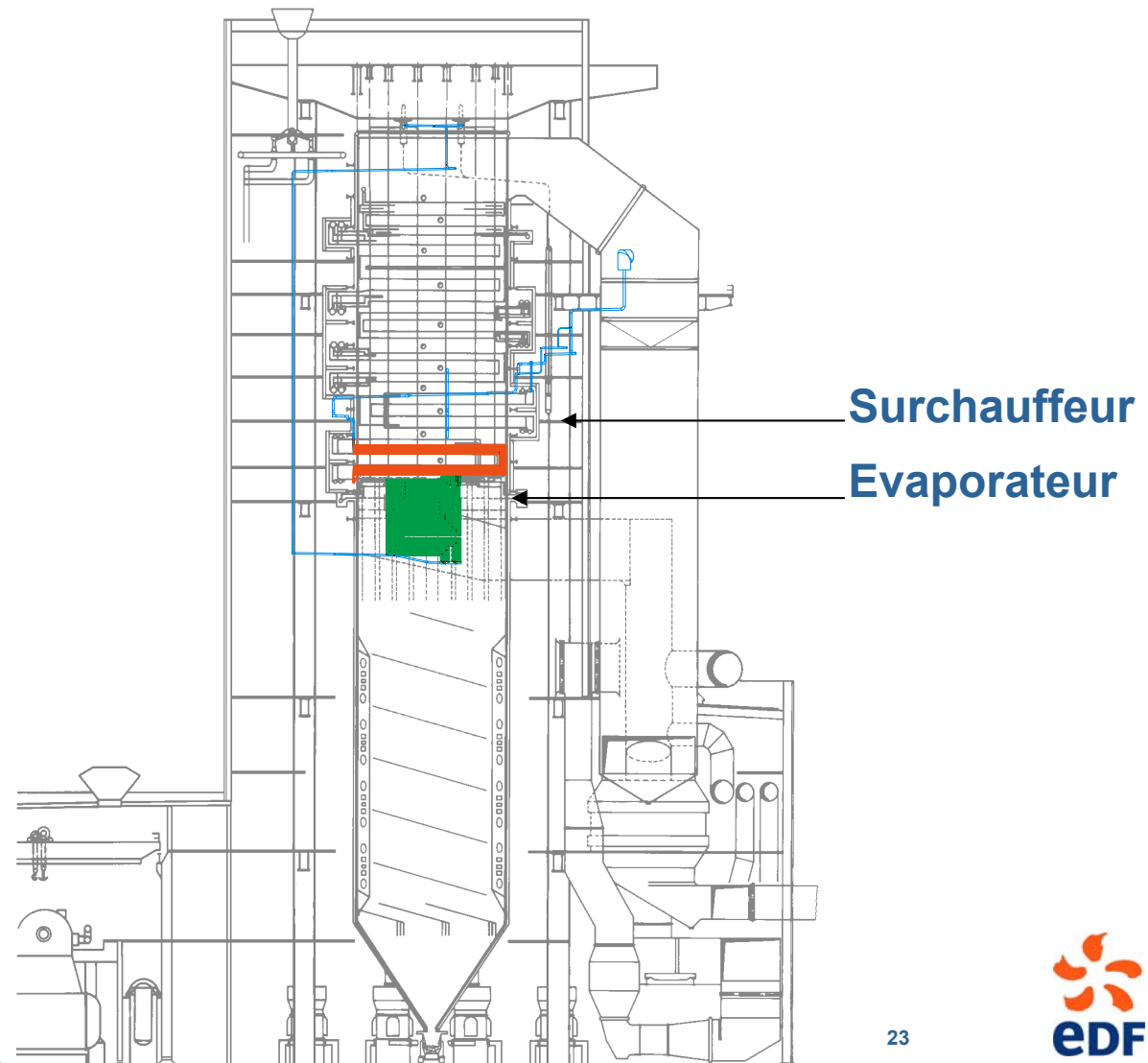
Réduction des émissions de CO₂ par
application des technologies disponibles



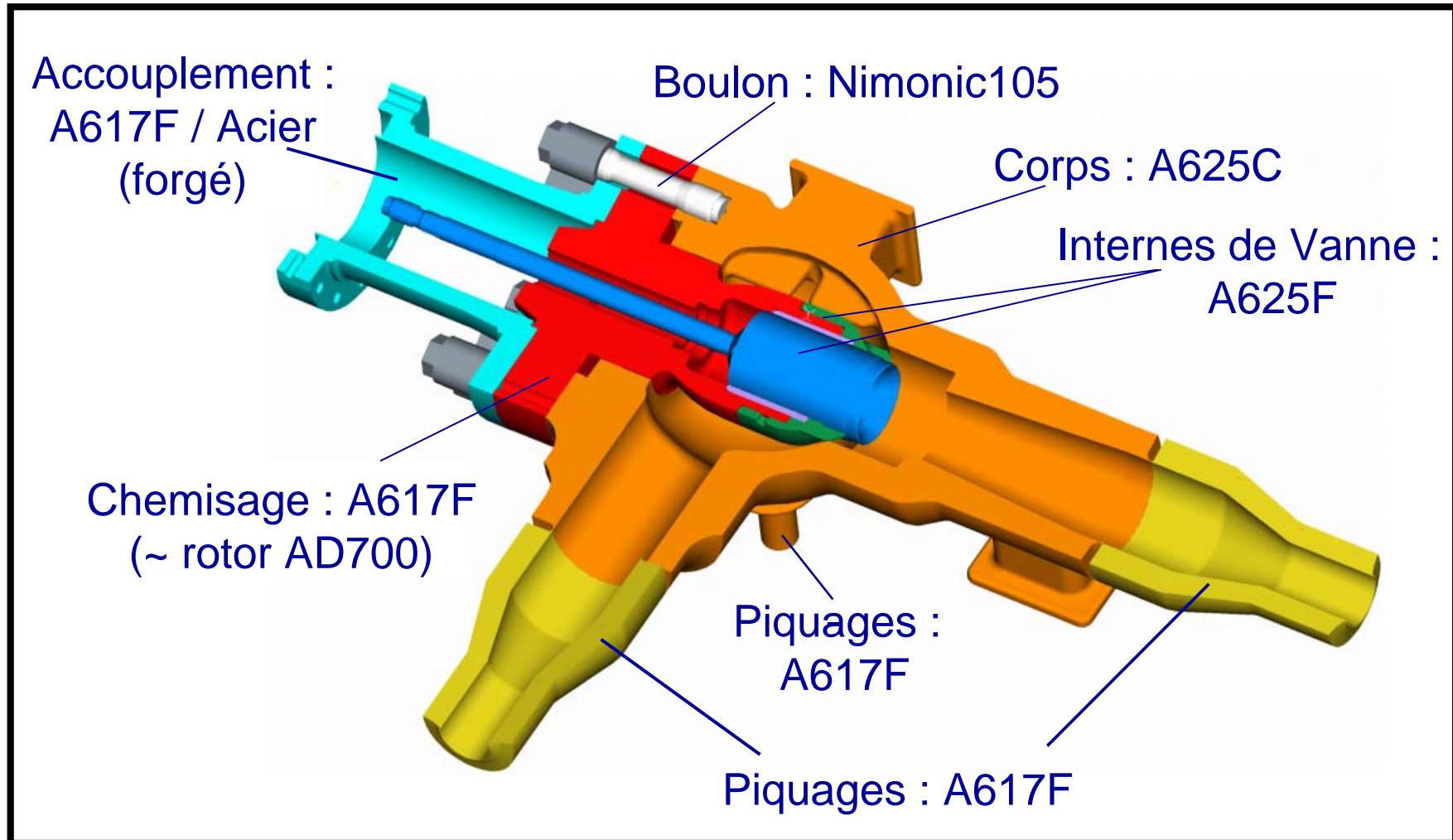
Vers les très hauts rendements : boucle COMTES 700

Boucle sur tranche Scholven F, E.ON (Gelsenkirchen)

- 676 MW
- Cycle vapeur
 - 220 bar (design)
 - 540 °C
 - 625 kg/s (2250 t/h)
- Réchauffeur
 - 44 bar
 - 540 °C
 - 568 kg/s (2044 t/h)
- Charbon



COMTES 700 : Vanne Turbine





Du charbon Propre Sans CO₂ ?

Le changement climatique fait consensus ...

- **Rapport GIEC IV**
- **Rapport Stern**

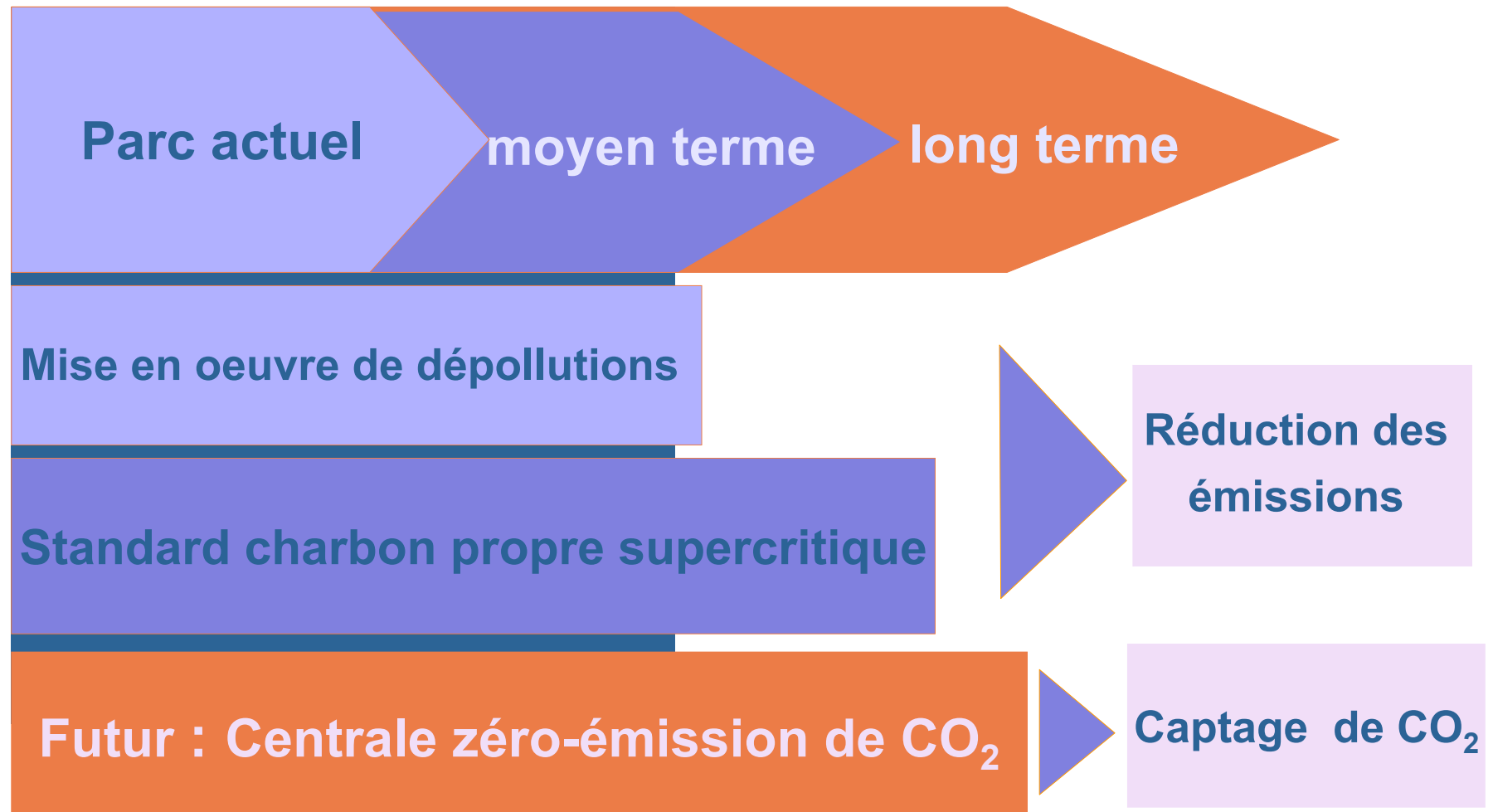
- **alors que le recours au charbon s'accroît dans le monde et les émissions de CO₂ sont dues à 39% à la production électrique**
 - **Rapport de l'Agence Internationale pour l'Energie**
 - ...

Conclusion : la réduction des émissions de CO₂ dans la production électrique au charbon est une nécessité.

4

Captage et stockage de CO₂, réalités et perspectives

Stratégie de réduction des émissions de CO₂



Les trois maillons de la chaîne CO₂ : Captage-Transport-Stockage

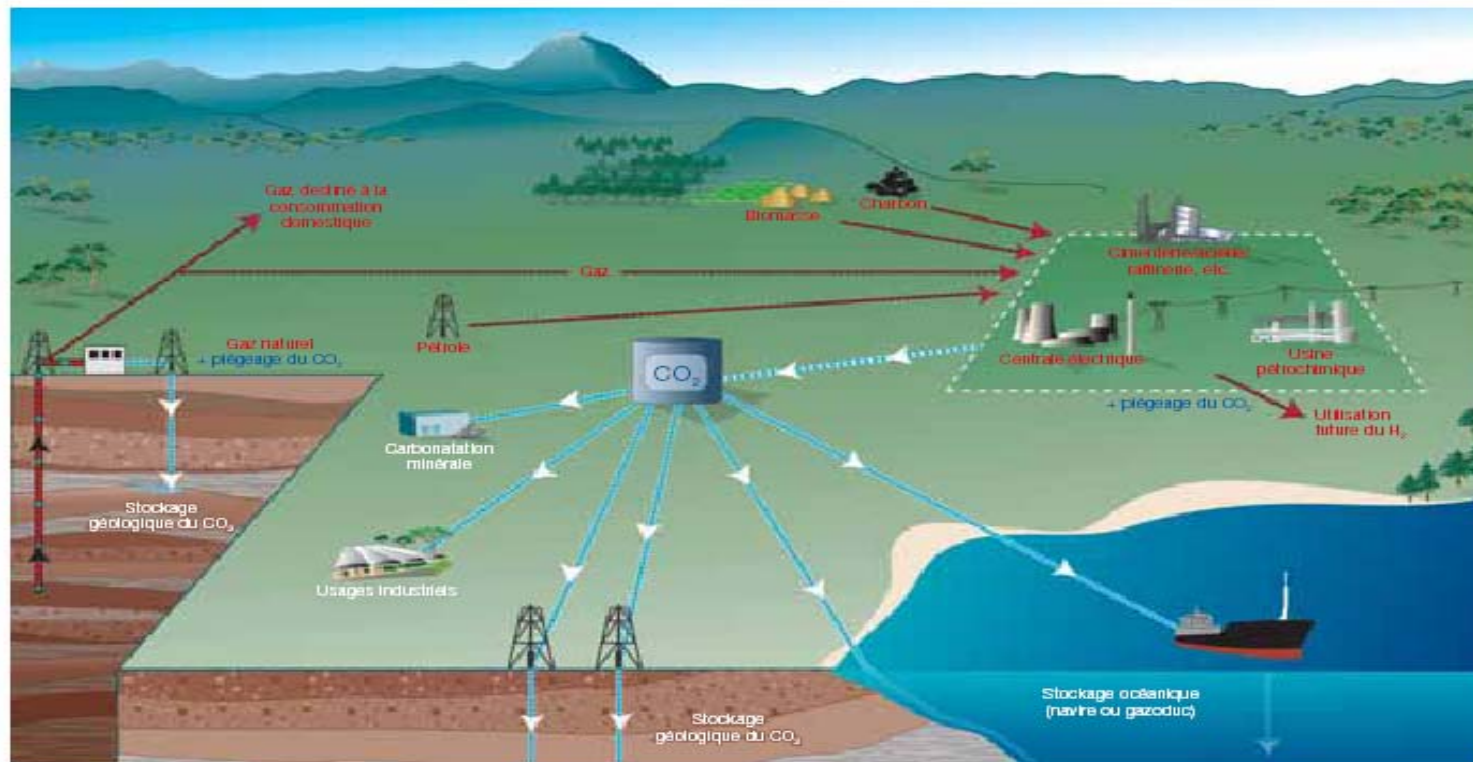
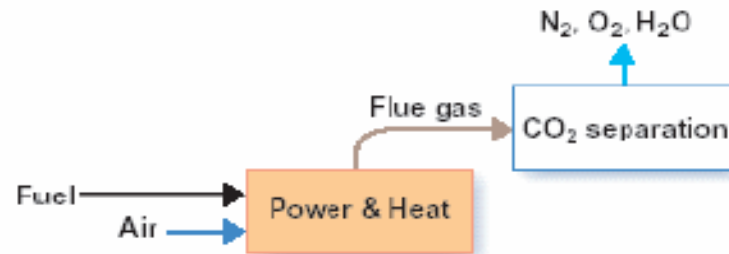


Figure RID.1. Schéma des installations éventuelles de PSC montrant les sources qui pourraient convenir, ainsi que les options de transport de CO₂ et de stockage. (Avec la permission de CO2CRC)

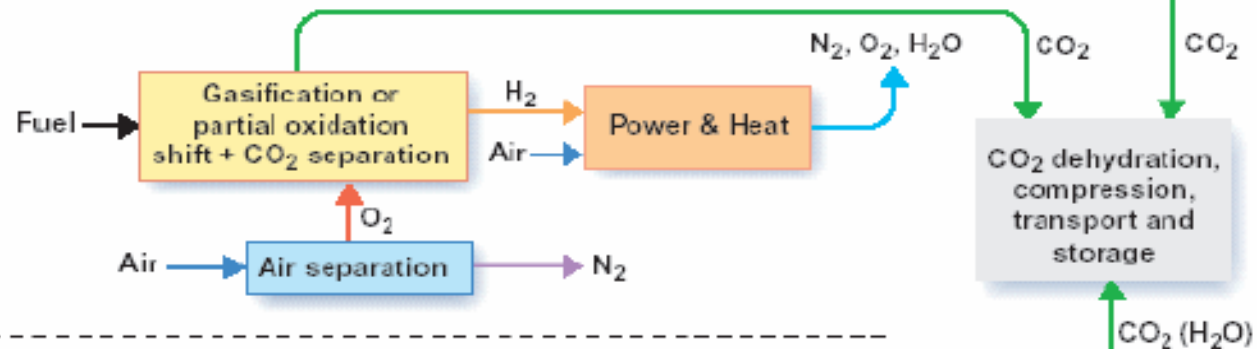
Source : rapport GIEC 2005

Les différentes voies pour le captage du CO₂

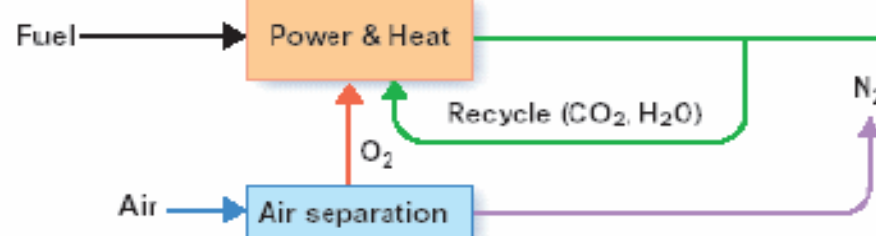
Post-combustion capture



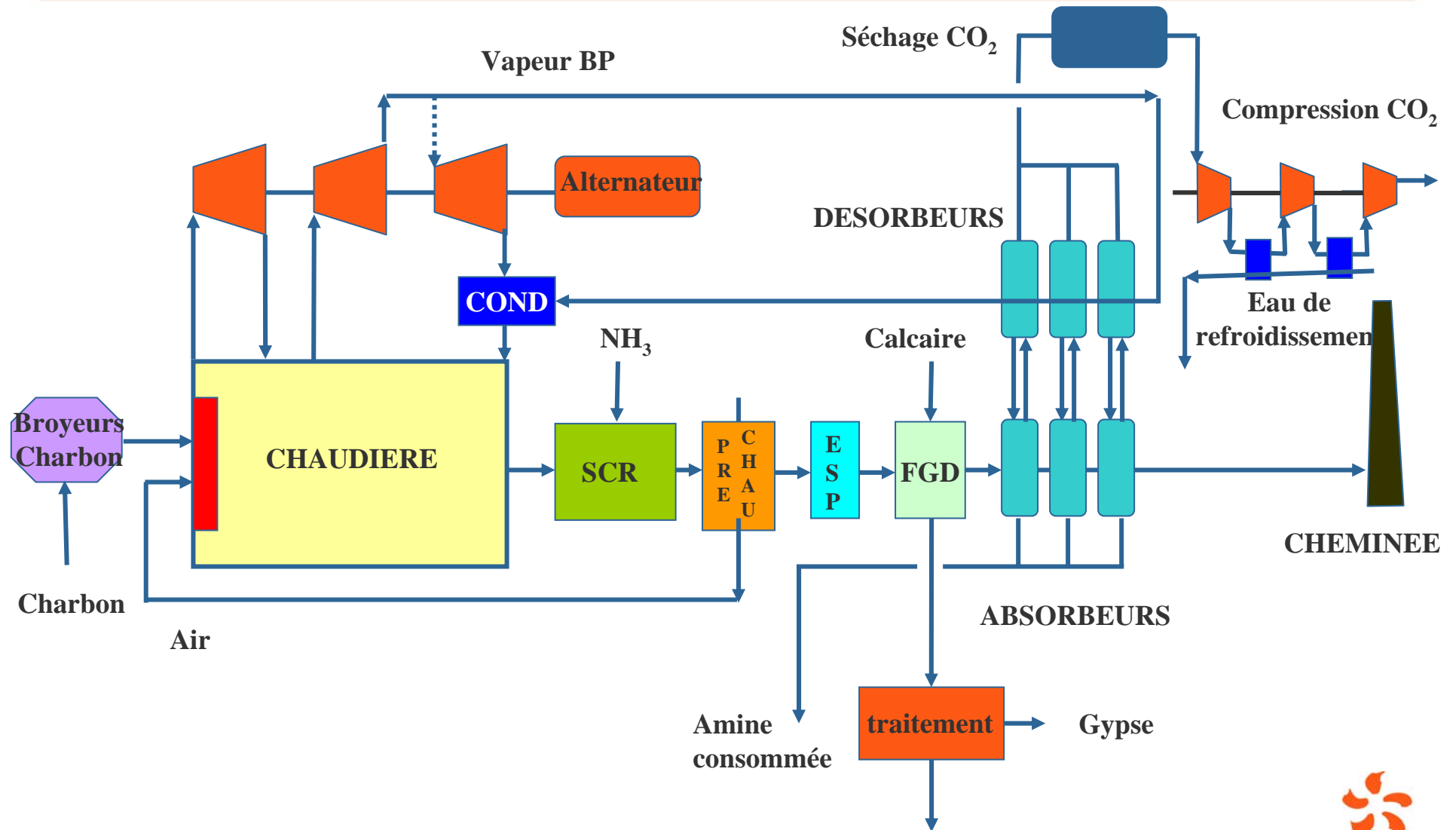
Pre-combustion capture



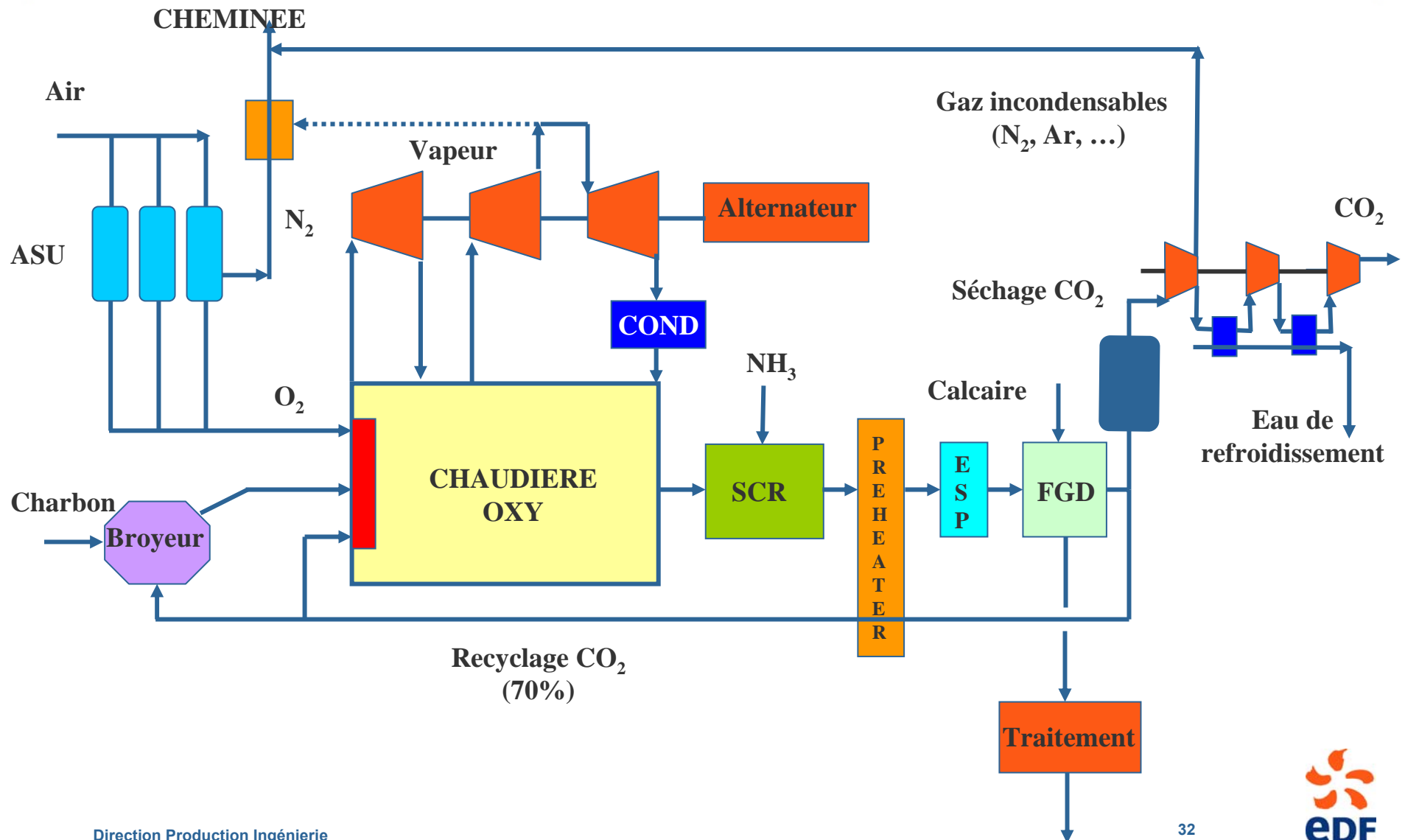
O₂/CO₂ recycle (oxyfuel) combustion capture



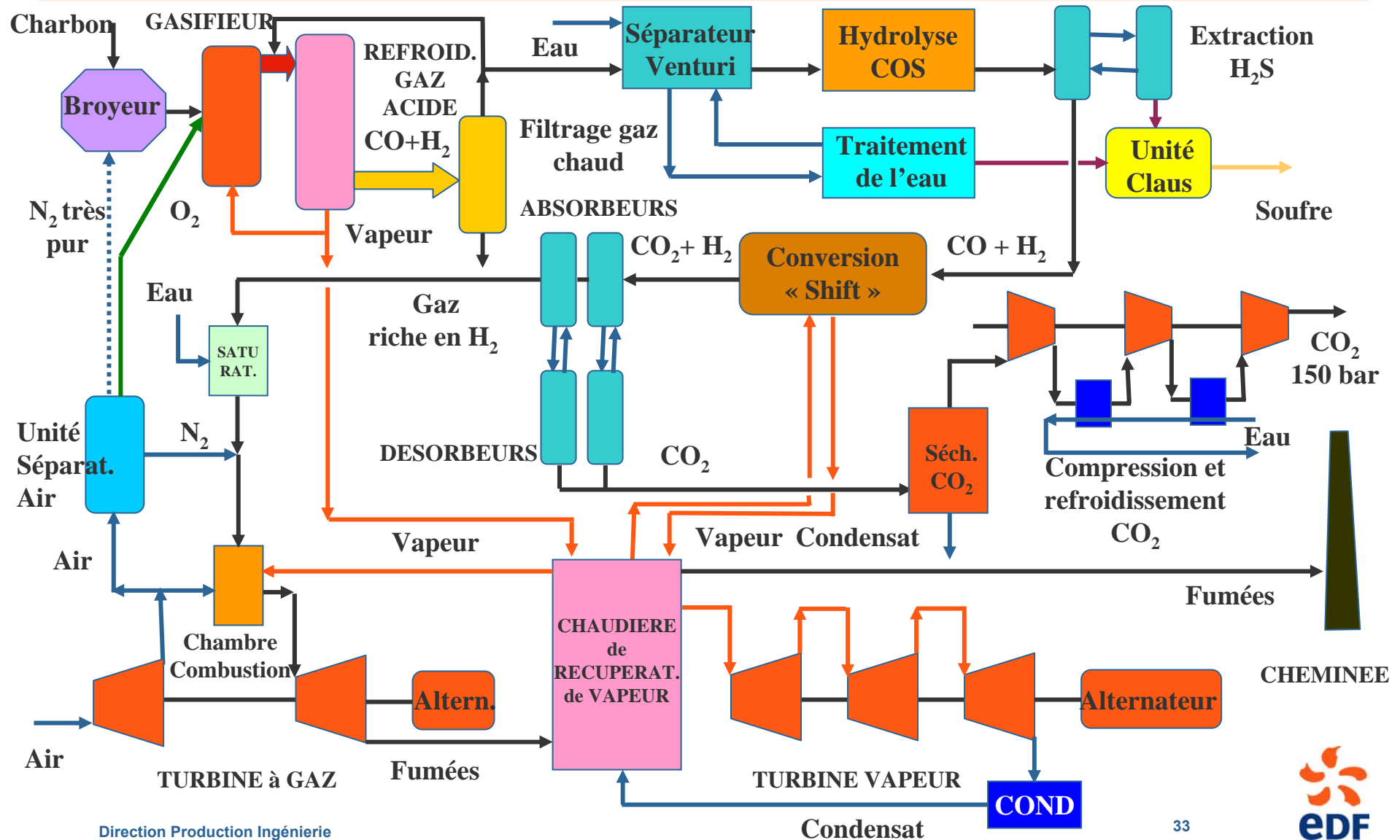
Captage dans les fumées sur une tranche CP (Post-)



Tranche CP en oxycombustion



IGCC avec capture de CO₂ (procédé de gazéification avec oxygène sec)



Mais aucune n'est industriellement viable à ce jour

Le captage post-combustion est le procédé le plus mature et le plus apte au « retrofit ». Aucune voie explorée (chimique, mécanique, cryogénique) n'est à maturité industrielle. Est dite 'capture ready' une centrale qui intègre, dès la conception, la possibilité d'adjoindre ultérieurement un procédé de captage.

Le captage pré-combustion : l'IGCC est une filière développée depuis un certain nombre d'années. Si le captage de CO₂ semble relativement plus 'facile' sur un IGCC que sur une centrale à charbon pulvérisé, cette filière doit encore faire ses preuves en terme de compétitivité et de maniabilité.

L'oxy-combustion est encore en phase de développement. Sa conception proche des centrales à charbon pulvérisé est prometteuse pour les électriciens.

Mais, la consommation énergétique est aujourd'hui inacceptable (10 à 15 points de rendement).

Evolution du rendement de la filière charbon avec captage de CO₂

Filière	rendement			
	actuel	2010	2020	2025+
Charbon pulvérisé (CP)				
Tranches actuelles	47%	51%	53%	53%+
avec captage CO ₂ dans les fumées (MEA)		33...37%	39...43%	...43%+
Oxycombustion (avec captage CO ₂)		38...41%	45...48%	
Oxycombustion (séparation par membrane)			50% et +	
IGCC				
Tranches actuelles	45...48%	50...52%	54...57%	62%+
avec captage CO ₂		42...46%	47...50%+	50...55%
Gazéification + séparation d'air à membrane				

Le Transport du CO₂ : tout (ou presque) est à construire

Le transport est une technologie maîtrisée par l'industrie gazière

mais ...

- ☛ Le réseau de transport de CO₂ doit être accepté, financé, construit et géré.
- ☛ ... le cadre législatif (national et supra-national) évolue très rapidement mais doit être mis complètement en cohérence.

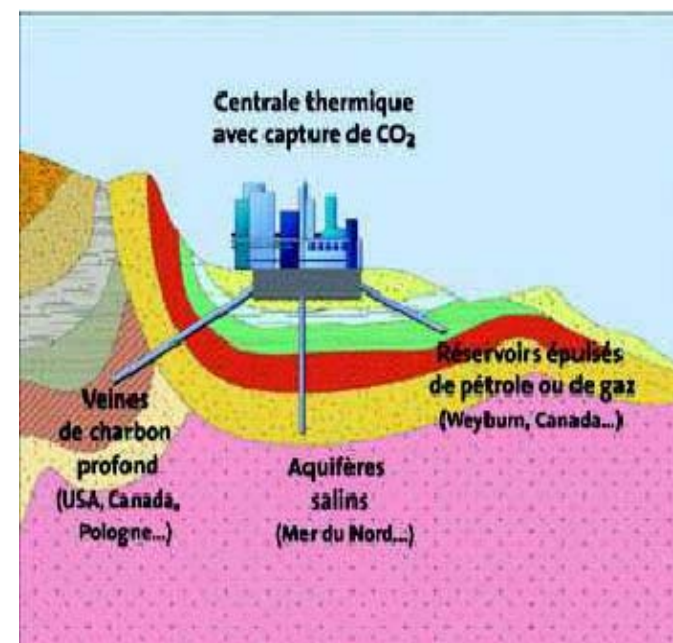
Le stockage doit faire ses preuves

Il y a trois types de stockage géologique :

- ☛ Les **aquifères salins** (le plus prometteur).
- ☛ Les anciens gisements de gaz ou de pétrole.
- ☛ Les gisements de charbon non exploitables.

Aucun problème de capacité :

Par exemple, la formation géologique Utsira (Sleipner) en mer du Nord peut contenir tout le CO₂ à produire en Europe à partir de charbon.



Mais la question de l'acceptabilité est déterminante :

- ☛ Sur le plan technique, le stockage doit montrer sa fiabilité dans le temps (d'où les projets lancés en Europe et à travers le monde).
- ☛ Le cadre légal est en construction : statut du CO₂ (déchet ultime?), transfert de responsabilité entre le 'stockeur' et l'état,...
- ☛ Il reste à expliquer au public (consultation citoyenne EPE).

Le programme EDF couvre tous les aspects de CSC

Captage post-combustion

- ☛ **Le groupe EDF a lancé une étude et des contacts approfondis** pour déterminer l'opportunité de s'associer à un projet existant ou à s'engager (avec d'autres partenaires) dans **une expérimentation sur un de ses sites en Europe.**

Augmentation du rendement

- ☛ **Le groupe EDF est engagé dans** les programmes Européens **COMTES 700 et PP700** qui devraient déboucher, dans les années à venir, sur la **construction d'un prototype de démonstration** en Europe.

Oxy-combustion

- ☛ **Le groupe EDF est engagé dans** un programme en Grande-Bretagne, dont l'objectif est **la réalisation d'un prototype industriel de 50 MW.**

Sur l'IGCC, le transport et le stockage,

- ☛ **Le groupe EDF est partie prenante** de différents programmes (EPRI, par exemple) et est **impliqué dans** des instances ou organismes (Eurelectric, plate-forme européenne ZEP,...).



Du charbon Propre Sans CO₂ ?? ?

Pour en savoir plus ...

Plateforme technologique zéro CO₂

www.zero-emissionplatform.eu

Charbon propre : mythe ou réalité ?

www.ecologie.gouv.fr/Colloque-leHavre-8et9mars2007

Club Mines-energie

www.mines-energie.org

Consultation citoyenne Captage Stockage CO₂

www.epe-asso.org

