

Soirée débat
Le 12 Avril 2012

**REDUIRE LES GAZ A EFFET DE
SERRE, UNE URGENTE
NECESSITE**

La production d'électricité est le secteur le plus émetteur de CO₂ en raison des énergies fossiles (charbon et gaz principalement) qui jouent aujourd'hui et continueront de jouer un rôle prépondérant dans le parc énergétique mondial, tirées en particulier par la croissance en Asie.

Si une politique rigoureuse de réduction des émissions n'est pas mise en place dès à présent, des effets dramatiques sur le climat auront lieu sur le long terme.

Pour échanger sur ces défis à relever d'urgence pour la planète, nous avons invité pour cette soirée, deux conférenciers qui nous exposeront les différentes méthodes et décisions qui permettront de gérer les gaz à effet de serre sur les court et moyen termes.

Le cas particulier de la technologie permettant le captage et stockage de CO₂ sera présenté en détail et abordera les différents aspects de faisabilité technique et économique.

Alors à très bientôt pour une soirée que nous espérons très enrichissante.

IEEE P&E S

Jeudi 12 Avril 2012

17h30 – 19h30

RTE - Tour Initiale

1 terrasse Bellini

Paris - La Défense

17h30 **Accueil**

Marie-Pierre BONGRAIN

Présidente du Bureau IEEE - PES
France

17h40 **Florent LE STRAT**

EDF R&D

18h35 **Jean-François LEANDRI**

ALSTOM
Directeur Marketing CO₂ Capture
Systems

19h30 **Pot de l'amitié**

Organisation et Inscriptions

Organisation :

Section France IEEE PES
(Power & Energy Society)
SEE

Inscriptions :

Gratuit
Confirmer votre participation

à :

nathalie.faustin@rte-france.com

Soirée débat
Le 12 Avril 2012

**EMISSION DES GES :
COMMENT LES LIMITER**

Dans le cadre de la lutte contre les émissions de GES, l'Europe a mis en place un système de permis d'émissions négociables.

Ce système doit permettre de faire apparaître un signal prix carbone permettant de réduire les émissions de CO₂ des secteurs industriels et énergétiques.

A long terme, et pour atteindre des niveaux de réduction importants, le secteur électrique devra contribuer à la décarbonation de l'économie. Ainsi, la CCS apparaît comme une technologie qui permettra d'assurer des réductions massives une fois sa maturité économique et technique atteintes.

A travers l'EU-ETS, la Commission a d'ores et déjà prévu de mobiliser des supports financiers pour lancer la mise en oeuvre de démonstrateurs, espérant ainsi accélérer l'amélioration de la rentabilité de cette technologie.

A l'inverse, selon la disponibilité et la rentabilité de cette technologie, l'évolution des prix du carbone dans l'EU-ETS pourraient être fortement modifiés à objectif de réduction identique.

IEEE P&E S

Jeudi 12 Avril 2012

17h30 – 19h30

RTE - Tour Initiale

1 terrasse Bellini

Paris - La Défense

Florent LE STRAT

After working in 1999 for space industry in AEROSPATIAL, Florent LE STRAT joined EDF Nuclear Engineering Division.

He was in charge of designing heating, ventilation, air conditioning, and containment systems for present and future nuclear power plants.

Discussion with national Nuclear Safety Authority and tests on site were part of the job.

Mr LE STRAT has then been working for Research and Development Division since end of 2004 on the issue of Climate Change Economics.

From that time, he analyzed the evolutions of economical instruments for reducing greenhouse gas emissions : Kyoto Protocol, European Emissions Trading Scheme, American emissions trading schemes projects,... Moving to energy prospects analysis, he works with other Division of EDF Group for developing long term energy scenarios taking into account different climate policies.



Interactions entre l'EU-ETS et la CSC

IEEE P&E S

12/04/2012

Florent LE STRAT (EDF R&D)

florent.lestrat@edf.fr



Bref historique de l'EU-ETS

► La lutte contre les émissions de Gaz à effet de serre au niveau mondial

- 1992 : création de l'UNFCCC, stabiliser les concentrations de GES pour limiter les perturbations dangereuse pour le climat
- 1997 : Protocole de Kyoto, objectifs de réduction quantifiés pour les Pays Développés (-5,2% / 1990)
 - Système international de Permis d'Emissions Négociables
 - Mécanismes de projet (Mise en Œuvre Conjointe, Mécanisme pour le Développement Propre)

► Au niveau européen, Directive de 2004 instituant le système EU-ETS

- EU-ETS : European Union greenhouse gas Emission Trading Scheme
- Emetteurs centralisés : industrie et énergie, dont production d'électricité
- 2005-2007 : UE 25 (+Roumanie et Hongrie en 2007)
 - Emissions de CO2
 - Allocations gratuites
 - 2300 millions de permis distribués par an, couvrant environ 45 % des émissions de GES de l'UE25,
 - Pénalité 40 €/tCO2
- 2008-2012 : UE 27 (+inclusion de la Norvège)
 - Emissions de CO2
 - Allocations gratuites + enchères (10% maxi)
 - 2100 millions de permis distribués par an, couvrant environ 40 % des émissions de GES de l'UE27 & Norvège
 - Pénalité 100 €/tO2

► En 2008, adoption du paquet Climat Energie (3 x 20)

- Objectifs couplés Gaz à Effet de Serre, Energies Renouvelables, Efficacité Energétique
 - Emissions de CO2 + autre GES
 - Enchères pour le secteur électrique (sauf dérogation), allocations gratuites pour industrie risque de fuite de carbone, enchères progressive pour le reste

Principaux textes du Paquet Climat Energie

Directive EnR

- Objectif 2020 d'EnR fixé par pays
- Flexibilités possibles pour atteindre l'objectif (projets conjoints entre Etats Membres...)
- Objectifs sectoriels EnR à définir par chaque Etat Membre pour électricité et chaleur/froid, et un objectif commun de 10 % d'EnR dans les transports
- Priorité aux EnR pour l'accès au réseau
- Définition de critères de durabilité pour l'utilisation des agro-carburants

Révision de la Directive EU-ETS

- Allocation unique définie au niveau européen pour 2013-2020
- Mise aux enchères totale des quotas du secteur électrique en 2013 avec des dérogations pour certains PECO
- Mise aux enchères progressive pour les autres secteurs industriels sauf pour ceux à risque de «fuite de carbone» (gratuité)
- Utilisation des crédits carbone issus de projets MOC/MDP à hauteur de 50% des réductions d'allocation au niveau UE sur 2008-2020
- Utilisation de 300 millions de quotas pour financer les 12 projets de démonstration européens de CCS.

Directive CCS

- Définition d'un cadre légal pour l'exploration, puis l'exploitation et la post-exploitation des sites
- Obligation d'être « CCS ready » pour les nouvelles centrales > 300 MW dès l'entrée en vigueur de la Directive

Décision sur le Partage de l'effort

- Objectif 2020 de réduction par Etat Membre des émissions de GES pour les secteurs non couverts par l'EU-ETS
- Utilisation des crédits carbone limitée à 3 % des émissions de GES totales en 2005

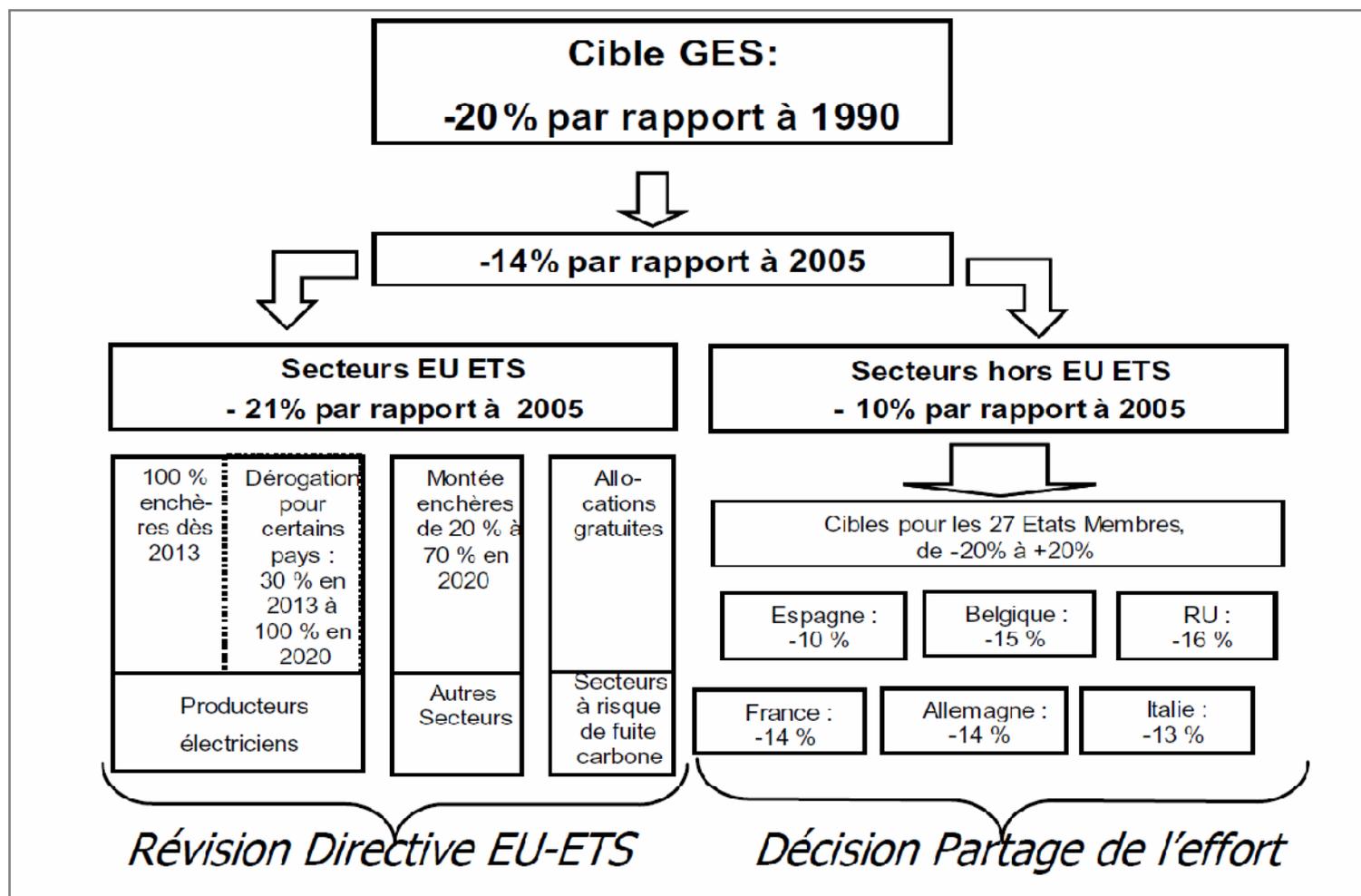
Règlement sur les émissions de CO2 des véhicules neufs

- Définition d'une limite d'émissions de CO2 pour les véhicules neufs : 120 g/km en 2012 et 95 g/km en 2020
- Amendes pour les producteurs en cas de dépassement des objectifs

Révision de la Directive sur la qualité des combustibles pour les transports

- Objectif 2020 de réduction de 10 % vs 2010 des GES émis sur le cycle de vie des combustibles pour les transports

Objectifs de réduction du Paquet Climat Energie

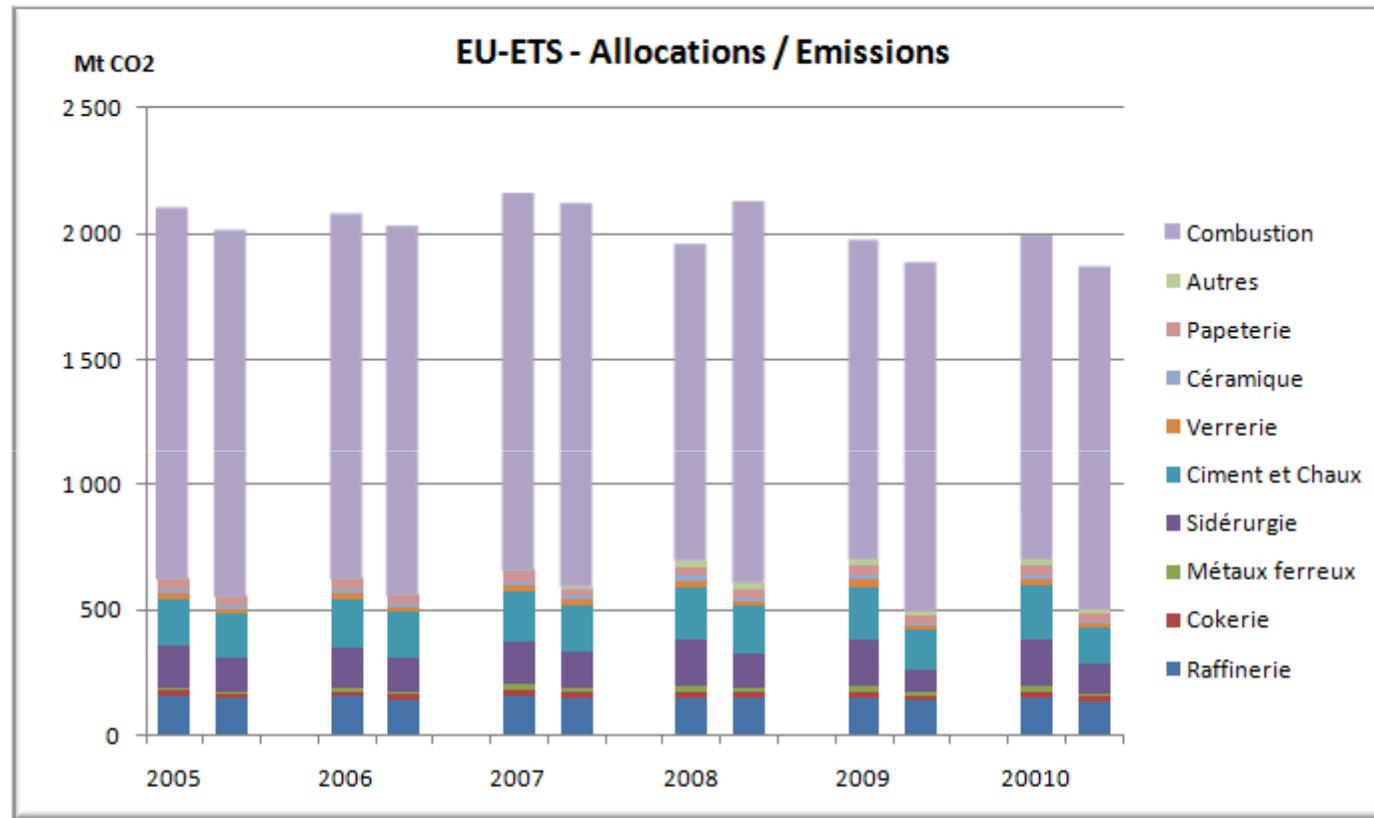


Prix du CO₂ sur le marché européen



Source : EDF R&D, sur données Point Carbon

Un système long depuis 2005, sauf en 2008



Source : EDF R&D, sur données CITL

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
"Longueur" du système (MtCO2)	88	47	40	-162	94	124
% de l'allocation	4%	2%	2%	-8%	5%	6%

Volumes financiers mobilisables pour les pilotes CCS vu de 2009-2010

- ▶ Lors de la décision sur la Paquet Climat Energie en 2008, les estimations de prix étaient beaucoup plus élevées qu'aujourd'hui
 - Pas de prise en compte des crises
 - Anticipation d'un éventuel passage à -30 %

- ▶ Anticipation 2009
 - 2010 : prix ~20 €/tCO2
 - 2020 : prix entre 30 et 50 €/tCO2

			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
vu de 2009-2010	projection de prix basse	€/tCO2	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	projection de prix haute	€/tCO2	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50
	NER 300	MtCO2				37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
	revenu bas de la NER 300	M€/an				863	900	938	975	1 013	1 050	1 088	1 125
	revenu haut de la NER 300	M€/an				1 088	1 200	1 313	1 425	1 538	1 650	1 763	1 875

Source : EDF R&D, sur projections publiques

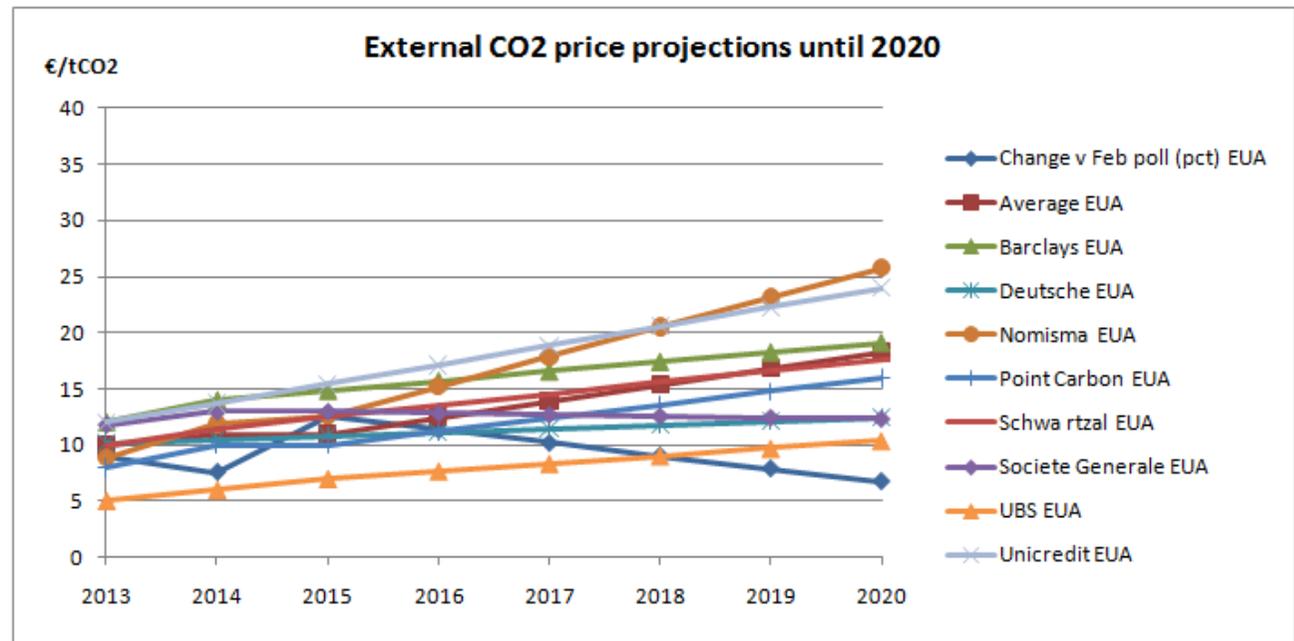
Un système long jusqu'en 2020

◆ Deutsch Bank, *EU Emissions: 2011 VED raises the pressure*, 2012/04/04

- Evaluation de la longueur de l'EU-ETS jusqu'en 2020 dans une configuration -20 %
- Sur la période 2008-2020 (*banking*)
 - Emissions cumulées : 28 570 MtCO₂
 - L'EU-ETS serait long de 1063 MtCO₂

◆ Récapitulatif des projections d'analystes financiers (Point Carbon, 5 avril 2012)

- Configuration -20%
- Prix moyen en 2012 : 10 €/tCO₂
- Prix moyen en 2020 : 18 €/tCO₂



Des volumes financiers mobilisables pour les pilotes CCS revus largement à la baisse

			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
vu de 2009-2010	projection de prix basse	€/tCO2	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	projection de prix haute	€/tCO2	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50
	NER 300	MtCO2				37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
	revenu bas de la NER 300	M€/an				863	900	938	975	1 013	1 050	1 088	1 125
	revenu haut de la NER 300	M€/an				1 088	1 200	1 313	1 425	1 538	1 650	1 763	1 875

Source : EDF R&D, sur projections publiques

- ▶ Depuis, crises économiques, passage à -30 % peu probable
 - Prévisions de prix à la baisse par rapport à 2009

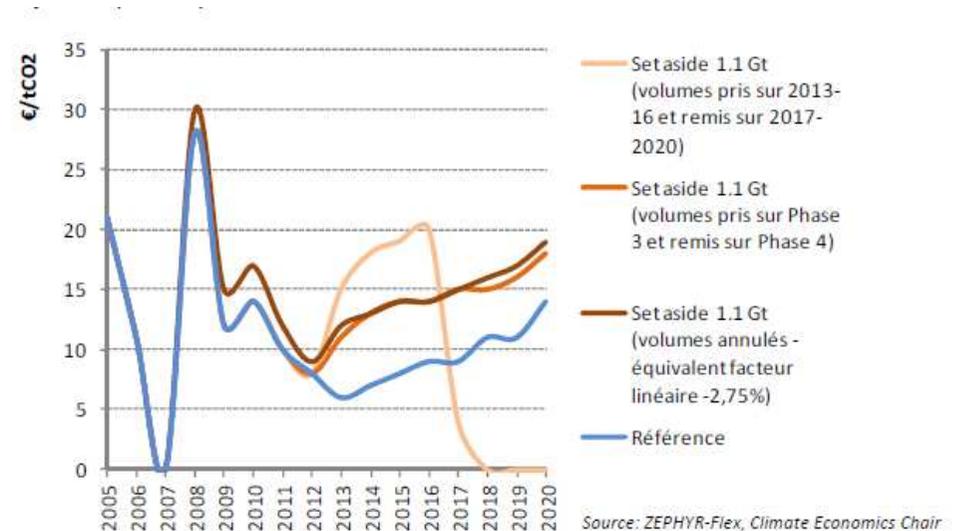
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
vu d'aujourd'hui	projection de prix basse	€/tCO2				5	5,625	6,25	6,875	7,5	8,125	8,75	10
	projection de prix haute	€/tCO2				12	13,625	15,25	16,875	18,5	20,125	21,75	25
	NER 300	MtCO2				37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
	revenu bas de la NER 300	M€/an				188	211	234	258	281	305	328	375
	revenu haut de la NER 300	M€/an				450	511	572	633	694	755	816	938

Source : EDF R&D, sur projections publiques

- ▶ Revenu espéré des enchères des 300 M de permis divisé d'un facteur 2 à 4

Option pour maintenir le prix du CO2 : le « set aside »

- ▶ Conséquences de la directive sur l'efficacité énergétique à venir
 - Baisse de consommation et donc d'émissions de CO2
 - Demande de permis moins importante => baisse du prix des permis européens
- ▶ La phase 2 est longue, et la phase 3 potentiellement aussi
 - Crises financières et économiques => phase 2 longue
 - Banking => surplus de permis pour la phase 3
 - Système EU-ETS peu, voire pas, contraint avec les objectifs actuels
 - Marché fonctionne correctement en ajustant le prix en fonction de la contrainte
- ▶ Questions à régler
 - Peut-on retirer plus de permis que ceux concernés par l'amélioration de l'efficacité énergétique ?
 - Initialement, le volume estimé à 1400 millions de tonnes.
 - Pas de volume officiel
 - 500 à 800 millions de permis permettraient un doublement du prix du CO2
 - Les permis seront-ils restitués par la suite ?



Les autres pistes pour augmenter le prix du permis d'émission

► Prix plancher des permis

- Déjà mis en place au Royaume-Uni : les émetteurs achètent les permis sur le marché européen, et si le prix de marché est inférieur au prix plancher, ils payent la différence au gouvernement
- Diminue l'incertitude pour les investisseurs
- Interaction avec le reste de l'EU-ETS ?

► Durcissement des objectifs 2020

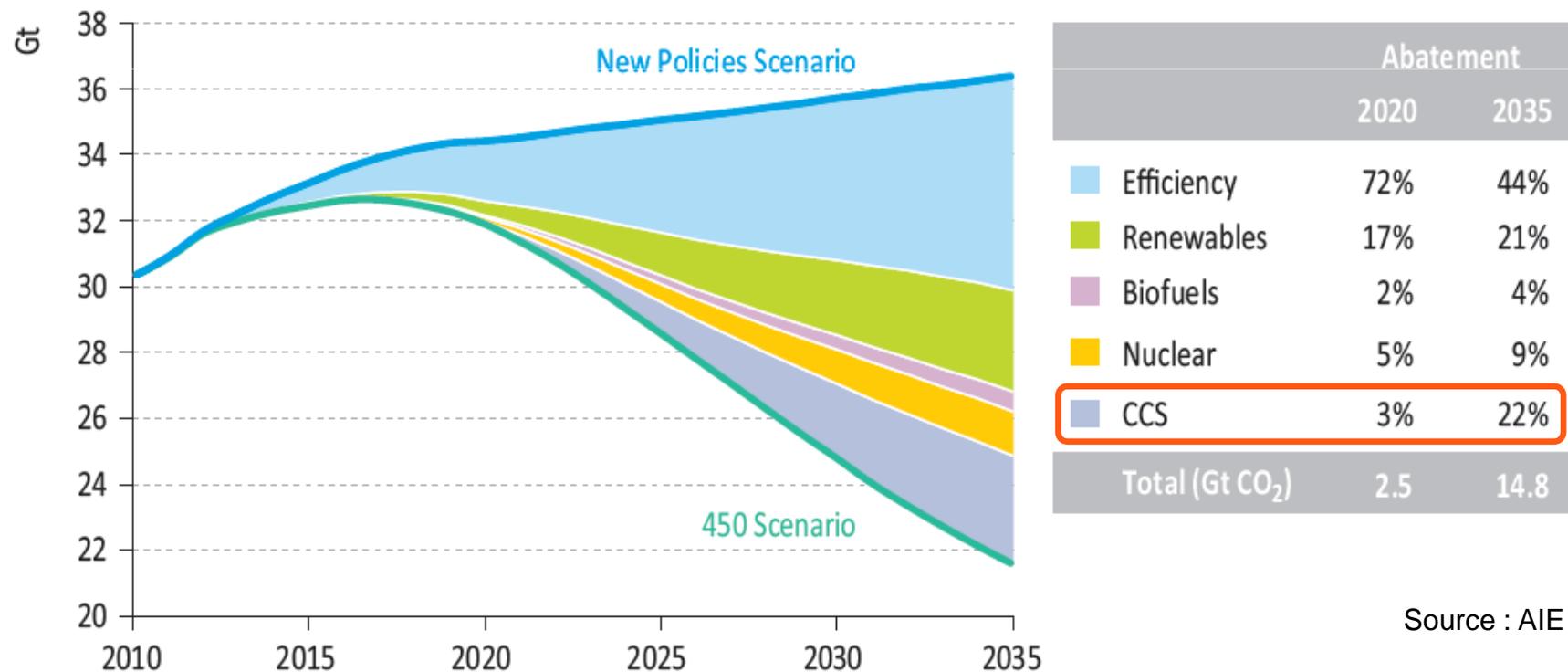
- Possibilité d'adapter l'objectif de réduction d'émissions pour prendre en compte la baisse d'activité récente : passage de -20% à -25% ou -30%
- Certains pays s'y opposent (opposition de la Pologne sur le -25% en 2020 en juin 2011)

► Ajout d'objectifs après 2020

- Permettrait d'apporter de la visibilité long terme au marché
- Opposition de la Pologne sur la définition d'objectifs au delà de 2020 (début mars 2012)

Niveau de CCS requis par l'AIE pour atteindre des objectifs de réduction de type GIEC

- ◆ World Energy Outlook, octobre 2011
- ◆ Au niveau mondial, la CCS devrait assurer environ un quart des réductions d'émissions en 2035
- ◆ Nécessité de développer la technologie



Source : AIE

Impact de la CCS sur le prix EU-ETS – prévisions de la Commission Européenne

- ▶ Etude d'impact de la CE de la DG Energie, décembre 2011
 - Plusieurs scénarios, en particulier en fonction du rythme de développement de la CCS
- ▶ Comparaison des scénarios Diversified Supply Techno. (3) et Delayed CCS (5)
 - Retard pris dans les développements de capacités CCS avant 2040

		2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Reference	Nuclear energy	15	64	46	62
	Renewable energy	192	169	192	259
	Thermal power fossil fuels	100	78	184	183
	of which: CCS	5	6	48	41
	Thermal power RES	37	17	14	24
Scenario 3	Nuclear energy	12	46	36	35
	Renewable energy	214	250	348	463
	Thermal power fossil fuels	90	37	130	101
	of which: CCS	3	1	91	98
	Thermal power RES	40	20	27	25
Scenario 5	Nuclear energy	12	47	56	39
	Renewable energy	214	256	354	464
	Thermal power fossil fuels	89	36	79	115
	of which: CCS	3	0	35	110
	Thermal power RES	39	20	37	23

Impact de la CCS sur le prix EU-ETS – prévisions de la Commission Européenne

- ▶ Etude d'impact de la CE de la DG Energie, décembre 2011
 - Plusieurs scénarios, en particulier en fonction du rythme de développement de la CCS
- ▶ Comparaison des scénarios Diversified Supply Techno. (3) et Delayed CCS (5)
 - Retard pris dans les développements de capacités CCS avant 2040

		2005	2050			
			Reference	Scenario 1bis	Scenario 2	
Total CCS capacity	GWe	0	101	39	149	
<i>Solids</i>		0	64	33	28	
<i>Oil</i>		0	0	0	0	
<i>Gas</i>		0	37	6	121	
		2050	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
			193	53	148	248
Total CCS capacity	GWe		193	53	148	248
<i>Solids</i>			50	18	30	79
<i>Oil</i>			0	0	0	0
<i>Gas</i>			142	34	118	169

Impact de la CCS sur le prix EU-ETS – prévisions de la Commission Européenne

- ▶ Etude d'impact de la CE de la DG Energie, décembre 2011
 - Plusieurs scénarios, en particulier en fonction du rythme de développement de la CCS
- ▶ Comparaison des scénarios Diversified Supply Techno. (3) et Delayed CCS (5)
 - Forte augmentation du prix à partir de 2040 pour forcer l'apparition de la CCS dans le mix électrique

Prix en €/tCO2	2020	2030	2040	2050
Reference	18	40	52	50
CPI	15	32	49	51
High Energy Efficiency	15	25	87	234
Diversified supply technologies	25	52	95	265
High RES	25	35	92	285
Delayed CCS	25	55	190	270
Low nuclear	20	63	100	310

Conclusion

- ▶ CCS est une technologie clé pour atteindre des objectifs de réduction d'émissions ambitieux
- ▶ Système de soutien prévu par la Commission Européenne dans le Paquet Climat Energie mis à mal par les crises
- ▶ Nécessité d'assurer un prix du permis d'émission EU-ETS suffisant pour permettre de générer les volumes financiers pour soutenir le développement de la technologie
- ▶ Retard de développement a un fort impact à la hausse sur le prix du CO2 européen

Soirée débat
Le 12 Avril 2012

**LE CSC : UN OUTIL ESSENTIEL DANS
LA LUTTE CONTRE LE
RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE**

Il existe plusieurs réponses à l'enjeu de réductions des émissions des GES: la première est un mix énergétique équilibré s'appuyant notamment sur le nucléaire et les énergies renouvelables. La seconde consiste en l'amélioration des rendements du parc de production et l'optimisation des réseaux. La troisième solution essentielle est le CSC (Captage et stockage de CO₂) appliqué aux centrales à combustible fossile. Selon l'AIE, l'atteinte des objectifs de réduction long terme sans CSC coûterait 70% plus cher.

Plusieurs technologies de captage de CO₂ sont en cours de développement: la pré-combustion, la post-combustion et l'oxy-combustion. Une fois capté, le CO₂ doit être transporté puis stocké de manière permanente en sous-sol.

Il existe plusieurs pilotes de CSC de moyenne taille en fonctionnement dans le monde. Maintenant, avant de passer au déploiement commercial, les technologies CSC doivent être démontrées sur des installations de grande taille (200 à 500 MWe). Des exemples de projets de moyenne et grande taille seront présentés.

Pour confirmer l'intérêt du CSC, nous avons réalisé une étude détaillée des coûts d'électricité qui démontre qu'aujourd'hui cette technologie est compétitive vis-à-vis des autres solutions de production d'électricité décarbonée, les résultats seront également présentés.

IEEE P&E S

Jeudi 12 Avril 2012

17h30 – 19h30

RTE - Tour Initiale

1 terrasse Bellini

Paris - La Défense

Jean-François LEANDRI

Jean-François LEANDRI a une large expérience industrielle dans les domaines technique et commercial, construite notamment au sein de Schlumberger (exploration de gisements de pétrole), Framatome (process), Hamon (systèmes de refroidissement) et couramment avec Alstom (un des leaders mondiaux dans les infrastructures de transport ferroviaire, de production et de transmission d'électricité).

Jean-François LEANDRI a exercé plusieurs positions de management, essentiellement dans le cadre des équipements de production électrique et des systèmes afférents.

Jean-François LEANDRI est diplômé de l'ENSAM (Paris) et spécialisé en ingénierie mécanique. Il est aussi titulaire d'un MBA HEC.

Il a été nommé Directeur Marketing de l'activité et des solutions de captage de CO₂ en Août 2009 et intervient régulièrement lors de séminaires et conférences internationales sur les sujets de CCS (Carbon Capture and Storage).

Le CSC (Capture et Stockage du CO₂): un outil essentiel
dans la lutte contre le réchauffement climatique

JF Léandri

IEEE-PES

Paris, 12 avril 2012

ALSTOM

Agenda

Réchauffement climatique : quels enjeux?

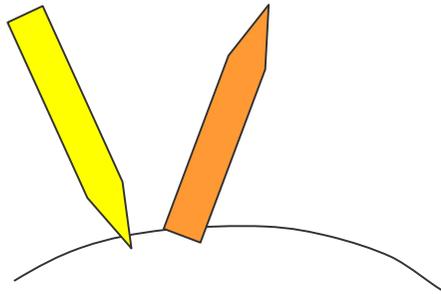
Le CSC : un outil essentiel pour une production d'électricité décarbonée

CSC : technologies , avancement et projets en cours

Le CSC est compétitif vis-à-vis des autres solutions décarbonées

L'effet de serre

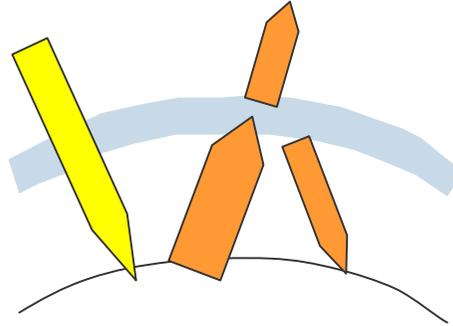
Pas d'atmosphère



Pas d'effet de serre

T° moy **-18°C**

Atmosphère en 1750



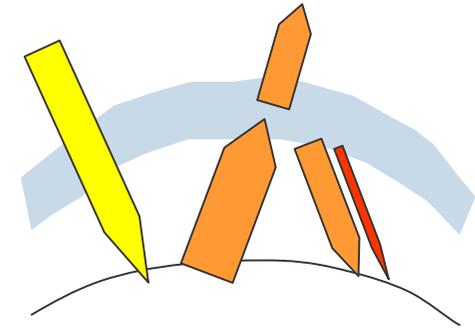
Effet de serre pré-industriel

+155 W/m2

(H2O 55%, Nuages 17%, gaz 28%)

T° moy **+15°C**

Atmosphère en 2005



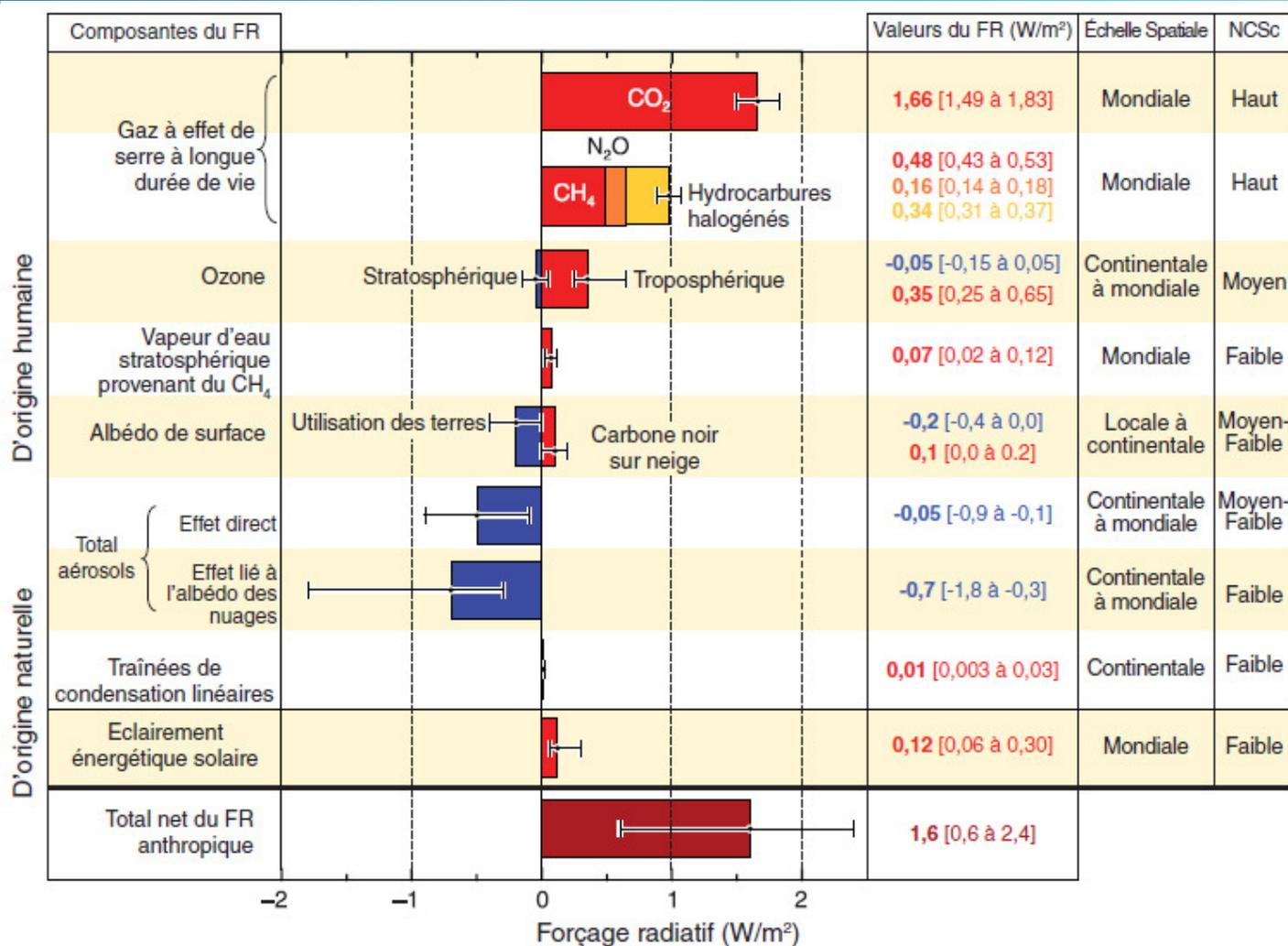
155 W/m2

+ Forçage net **1,6 W/m2**

T° moy +15°C **+ 0,74°C**

Le forçage radiatif anthropique modifie l'effet de serre naturel moyen et perturbe l'équilibre énergétique

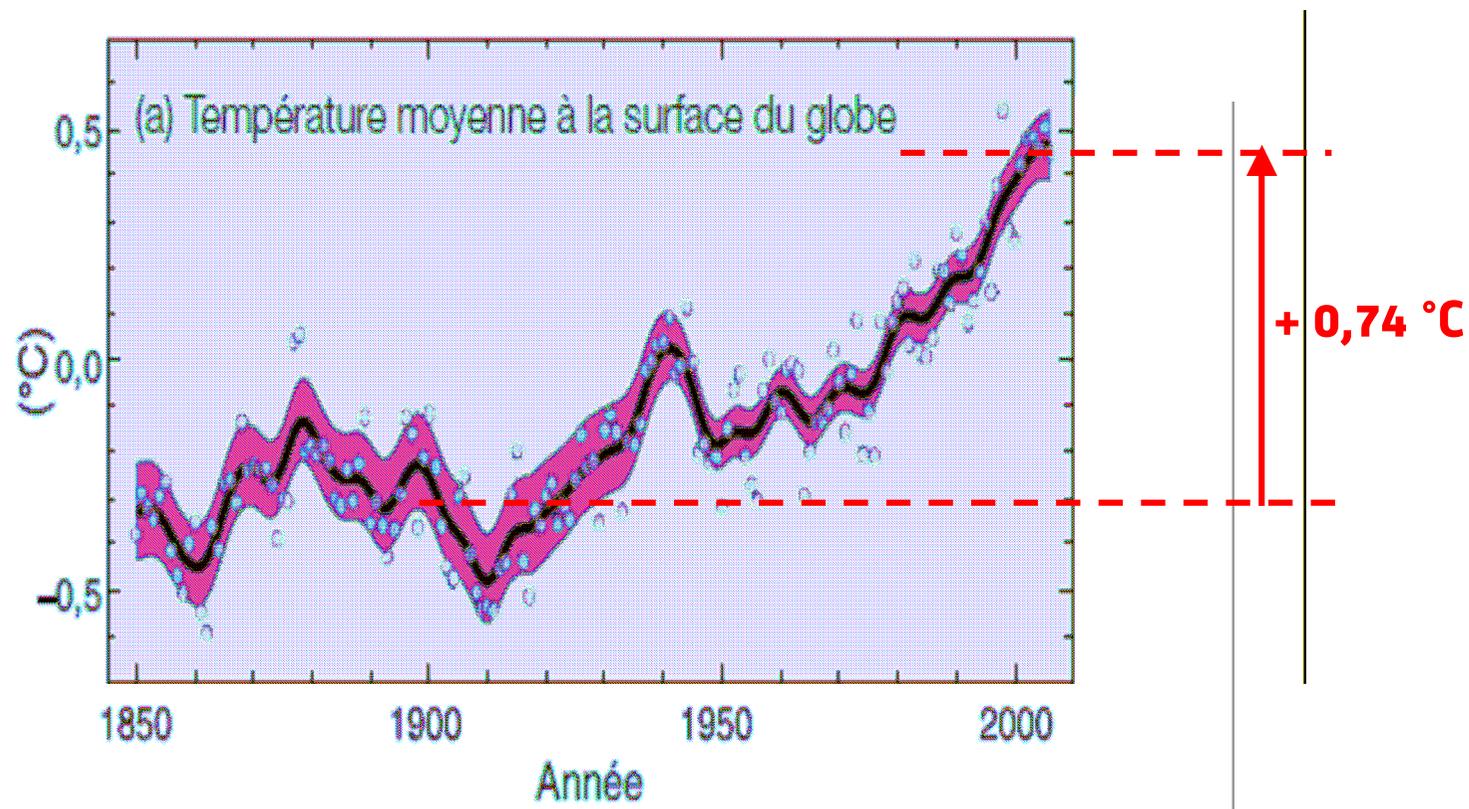
Forçage radiatif en 2005 par rapport à l'ère pré-industrielle



**Forçage GES 2005:
2,95 W.m2
(CO2 56%; CH4 16%)**

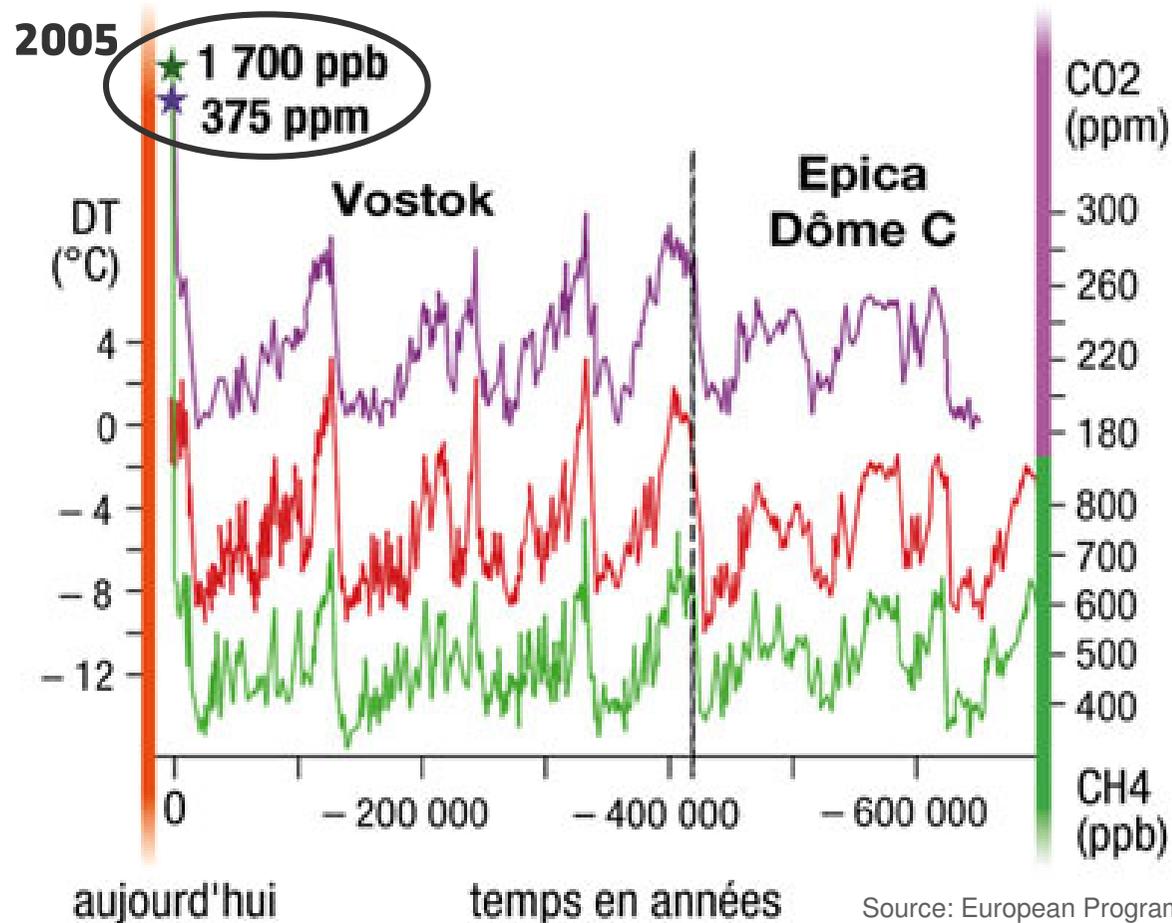
**Forçage net: 2005:
1,6 W.m2**

Effet du forçage radiatif sur la température en 2005 (IPCC)



Source: Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat - GIEC (IPCC Summary for Policymakers- 2007)

Les concentrations en CO2 et Méthane sur 700 000 ans



Concentration CO2
Température °C
Concentration CH4



Source: European Program for Ice Coring in Antarctica (EPICA - 2007)

Corrélation entre variation de la température et gaz à effet de serre

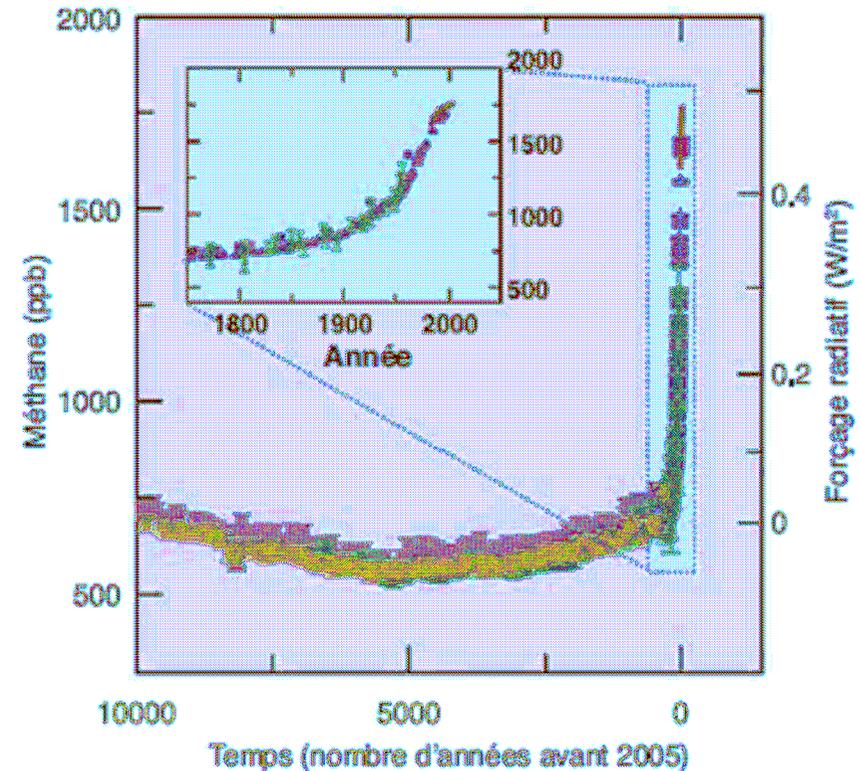
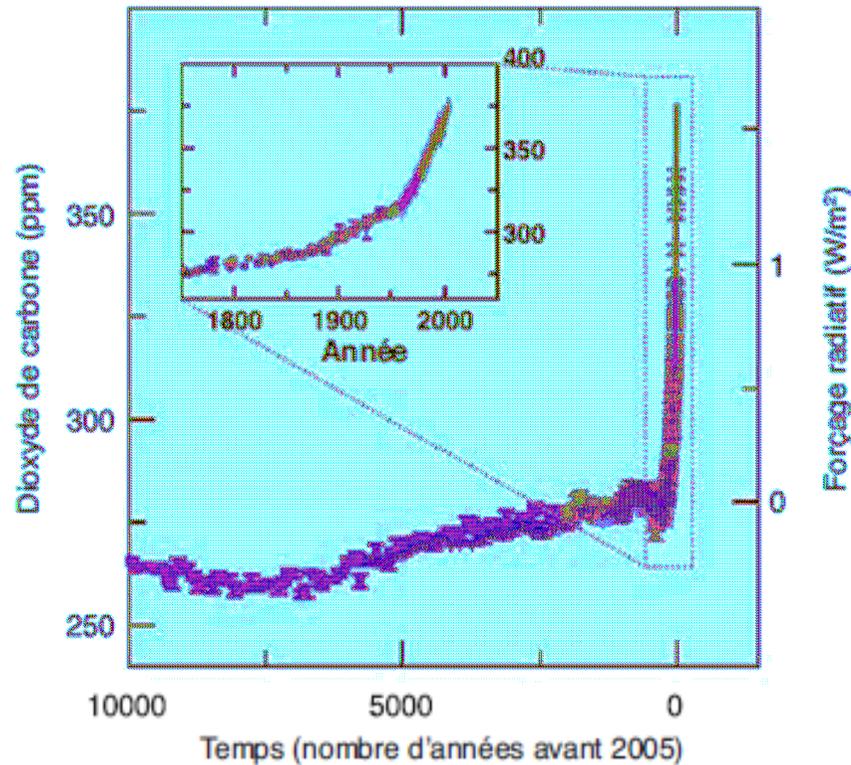
Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 6

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.

ALSTOM

Les concentrations en CO2 et Methane sur 10 000 ans

Évolution des gaz à effet de serre à partir des données des carottes de glace et de mesures récentes



Source: Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat - GIEC (IPCC Summary for Policymakers - 2007)

Les concentrations CO2 et CH4 ont varié brutalement en 200 ans. jamais elles n'ont été aussi élevées que celles observées actuellement !

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 7

Scénarios à long terme

Catégorie	Concentration de CO ₂ au niveau de stabilisation (2005 = 379 ppm) ^b	Concentration d'équivalent-CO ₂ au niveau de stabilisation, y compris GES et aérosols (2005 = 375 ppm) ^b	Année du pic d'émissions de CO ₂ ^{a c}	Variation des émissions mondiales de CO ₂ en 2050 (par rapport aux émissions en 2000) ^{a c}	Écart entre la température moyenne du globe à l'équilibre et la température préindustrielle, selon la valeur la plus probable de la sensibilité du climat ^{d e}	Écart entre le niveau moyen de la mer à l'équilibre et le niveau préindustriel dû à la seule dilatation thermique ^f	Nombre de scénarios évalués
	ppm	ppm	année	%	°C	mètres	
I	350-400	445-490	2000-2015	- 85 à - 50	2,0 - 2,4	0,4 - 1,4	6
II	400-440	490-535	2000-2020	- 60 à - 30	2,4 - 2,8	0,5 - 1,7	18
III	440-485	535-590	2010-2030	- 30 à + 5	2,8 - 3,2	0,6 - 1,9	21
IV	485-570	590-710	2020-2060	+ 10 à + 60	3,2 - 4,0	0,6 - 2,4	118
V	570-660	710-855	2050-2080	+ 25 à + 85	4,0 - 4,9	0,8 - 2,9	9
VI	660-790	855-1 130	2060-2090	+ 90 à +140	4,9 - 6,1	1,0 - 3,7	5

Source: Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat - GIEC (IPCC Summary for Policymakers- 2007)

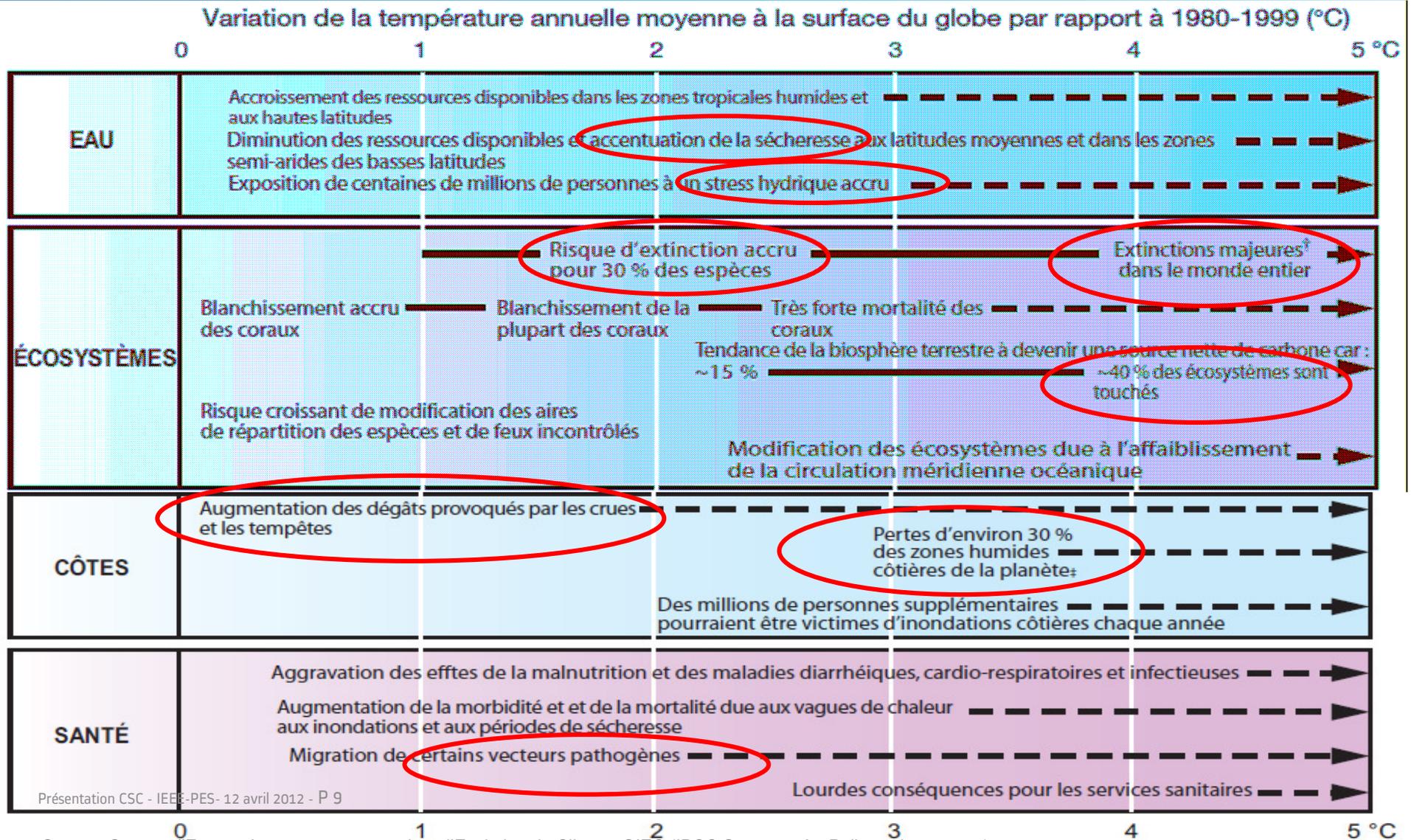
+2°C inévitable à la fin du siècle mais +3°C à 4°C sur la tendance actuelle

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 8

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.



Quelques conséquences associées à l'augmentation de température 1/2



Présentation CSC - IEÉE-PES- 12 avril 2012 - P 9

Source: Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat - GIEC (IPCC Summary for Policymakers- 2007)
 © ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.



Agenda

Réchauffement climatique : quels enjeux?

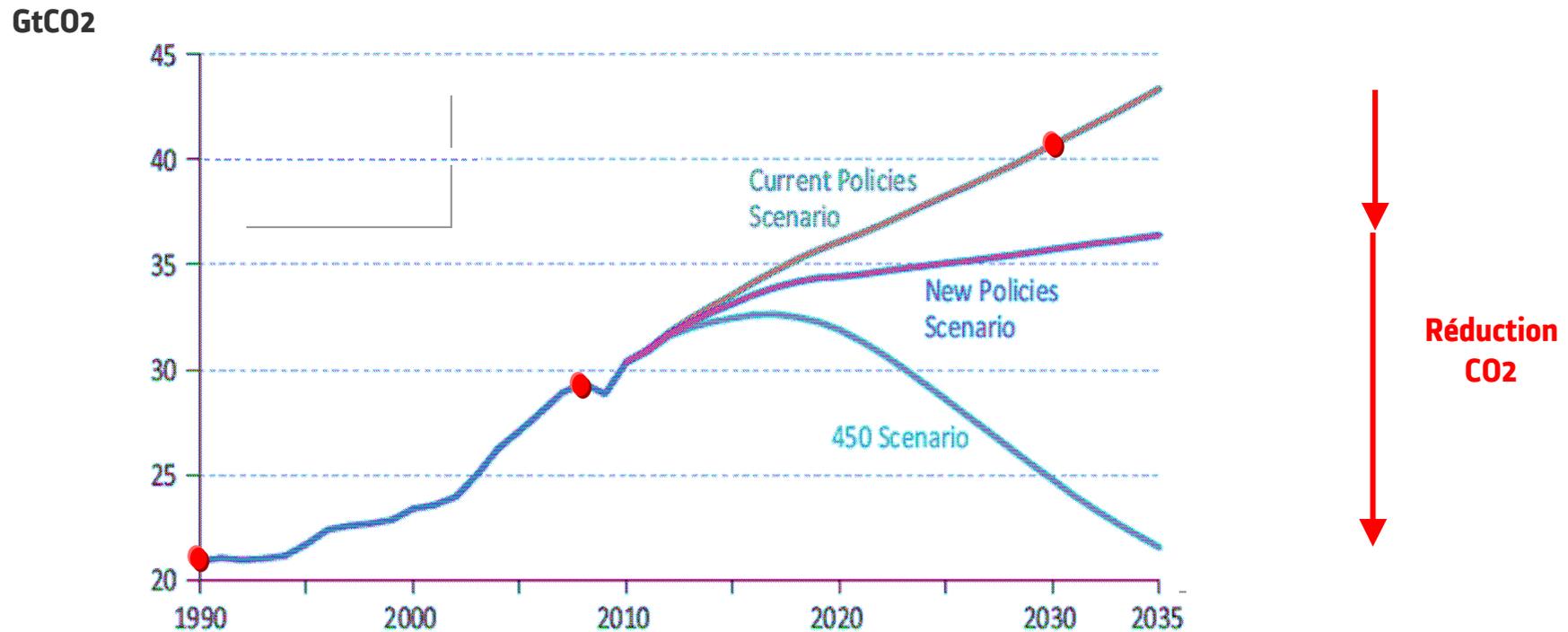
Le CSC : un outil essentiel pour une production d'électricité décarbonée

CSC : technologies , avancement et projets en cours

Le CSC est compétitif vis-à-vis des autres solutions décarbonées

Scénarios à moyen terme

Emissions totales de CO2 liés aux énergies fossiles (charbon, gaz, pétrole)



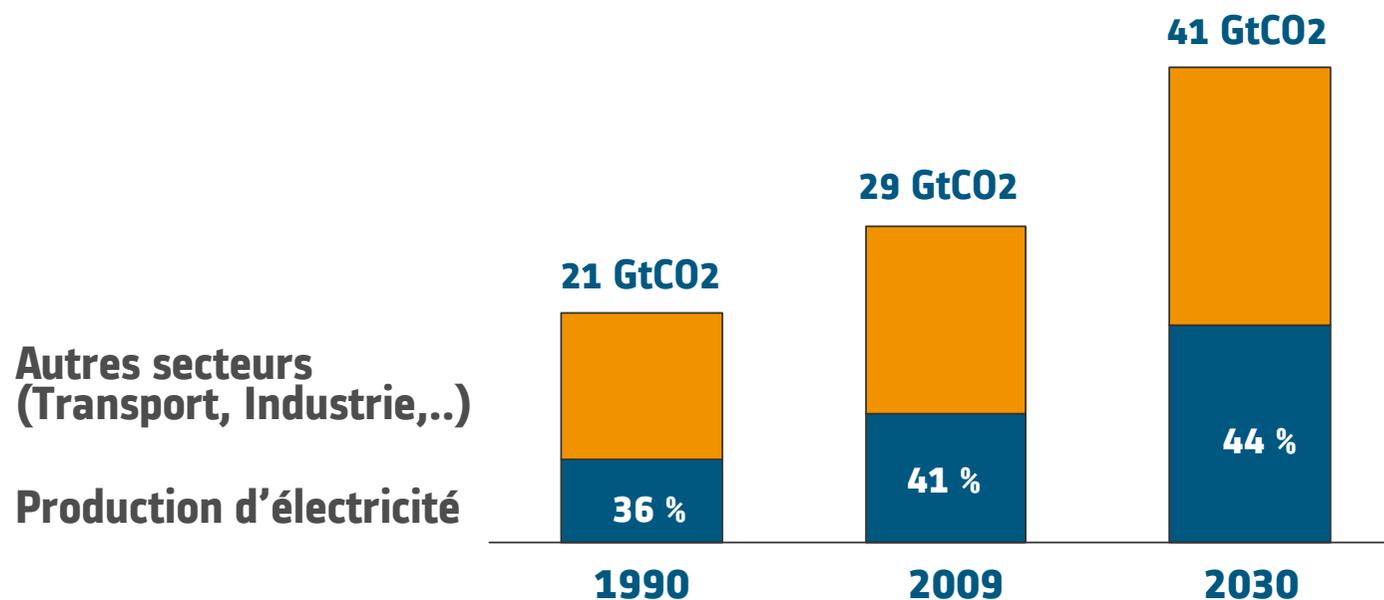
* Source: WEO/IEA 2011

Effort important à produire pour atteindre l'objectif 450 ppm (+2°C)

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 12

Evolution des émissions de CO₂

Emissions totales de CO₂ liées aux énergies fossiles

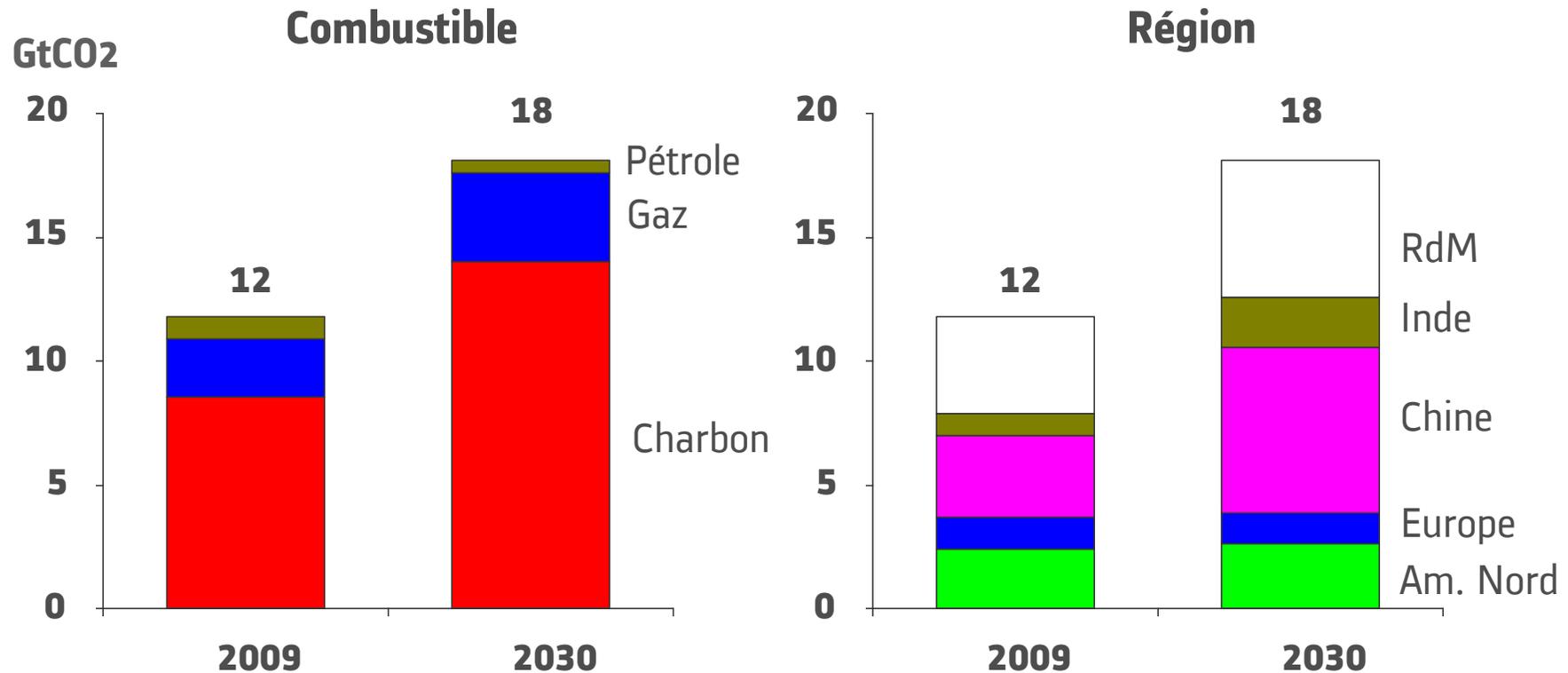


* Source: IEA 2011 - Current Policies Scenario

2030: la production d'électricité reste le contributeur principal d'émissions de CO₂

Evolution of Power CO₂ emissions

Production électrique – émissions CO₂



Source: WEO/IEA WEO2011, Current Policies Scenario

Les pays émergents représentent la totalité des émissions de CO₂ supplémentaires

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 14

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.

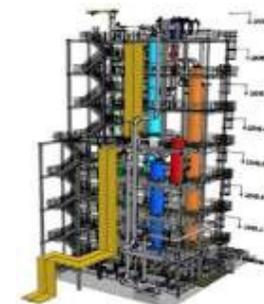
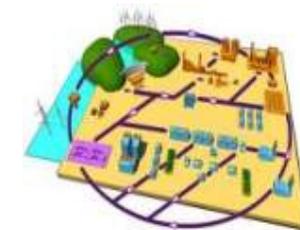


Alstom : un acteur engagé dans la stabilisation des émissions de CO₂

Stabiliser les émissions de la production d'énergie est possible !

L'offre Alstom :

- 1. Mix technologique:** un portefeuille de produits mettant l'accent sur les énergies renouvelables et autres énergies peu émettrices de CO₂
- 2. Efficacité de production et gestion de l'énergie (Smart Power)**
- 3. Technologies de Captage et Sockage du CO₂ (CSC ou CCS)**

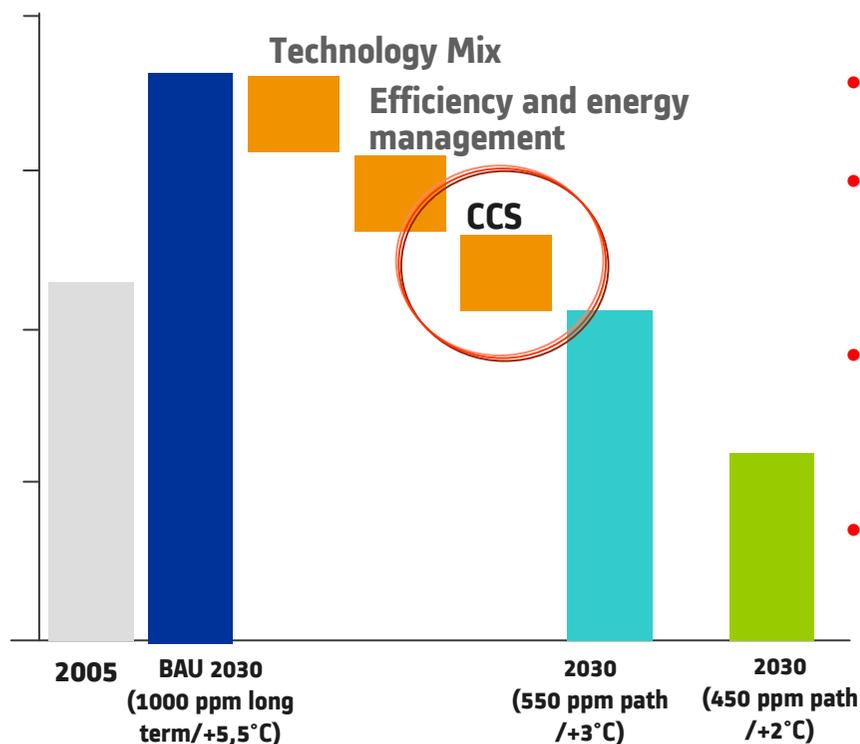


© Alstom – vue 3D du pilote
C2A2 Le Havre

ALSTOM

Le rôle prépondérant du CSC dans le secteur de la production d'électricité

Power CO₂ Emissions



- Production d'électricité = 41% émissions totales CO₂
- 2035: encore 66% d'électricité 'fossile'
- CSC: seule option pour réduire le CO₂ émis par ces centrales fossiles d'ici à 2050;
- Dé-carboner la production d'électricité à 2050 sans CSC coûterait 70% plus cher (AIE);
- En 2035 en Europe: 42% des émissions viendront du charbon et 56% du gaz.

Centrales fossiles (charbon et gaz) pour encore plusieurs décennies
Le CSC est la seule alternative pour ces centrales

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 16

Agenda

Réchauffement climatique : quels enjeux?

Le CSC : un outil essentiel pour une production d'électricité décarbonée

CSC : technologies , avancement et projets en cours

Le CSC est compétitif vis-à-vis des autres solutions décarbonées

Les technologies de capture du CO₂ sur les centrales électriques

- **Pre-combustion:**

le CO₂ est capté avant la combustion du gaz de synthèse;

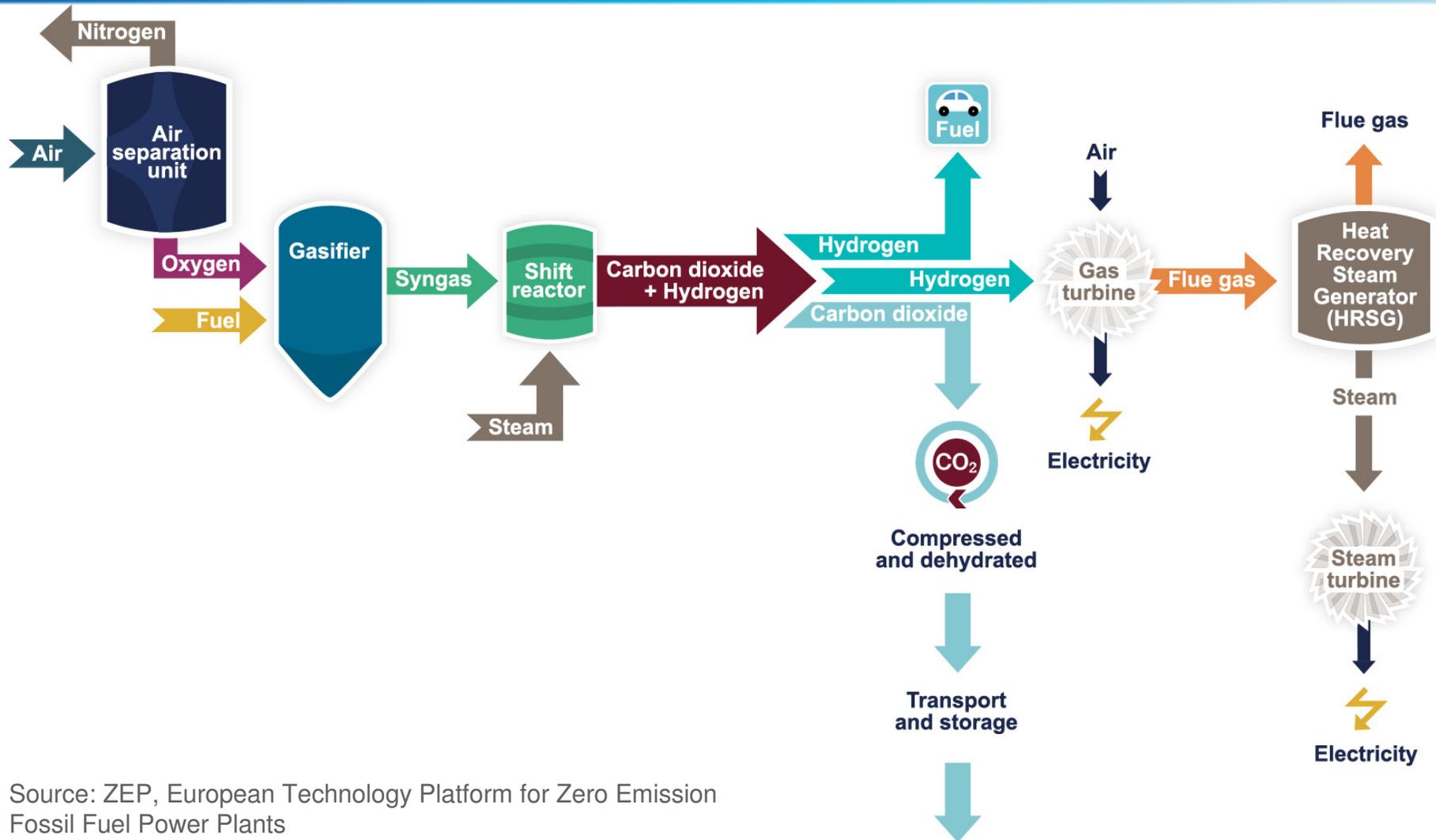
- **Post-combustion:**

le CO₂ est capté après la combustion.

- **Oxy-combustion:**

le CO₂ est séparé au moment de la combustion;

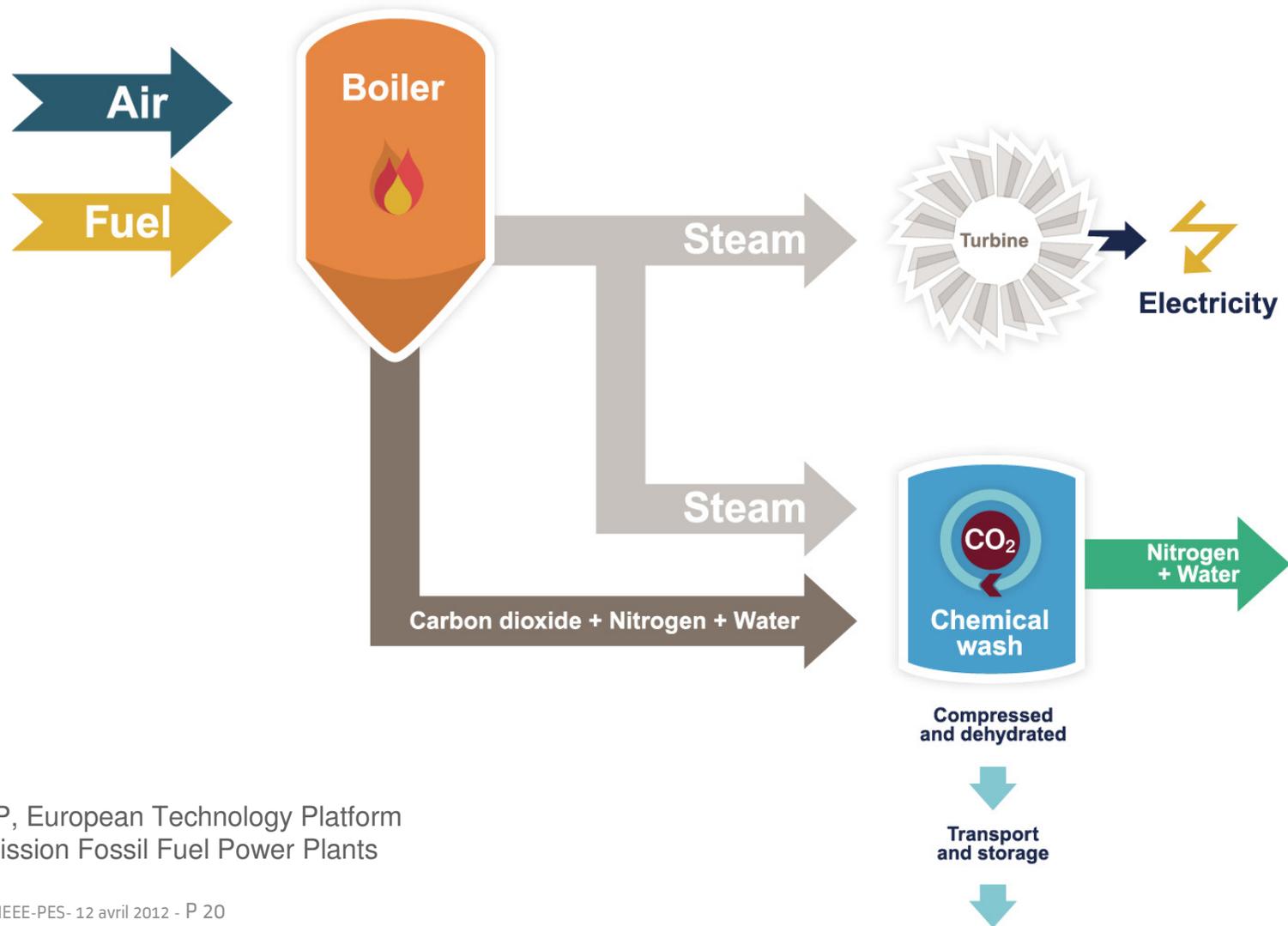
Pre-combustion



Source: ZEP, European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 19

Post-combustion



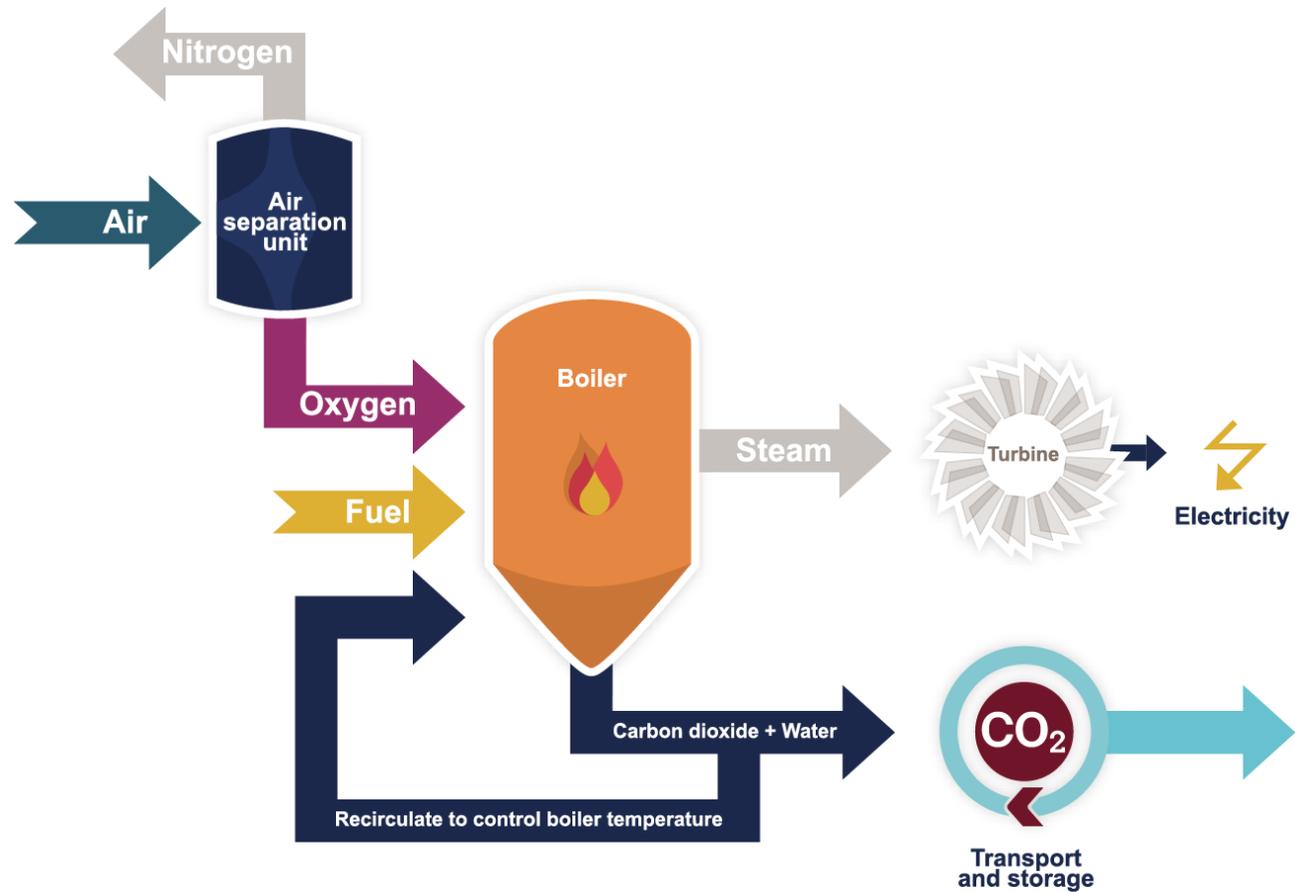
Source: ZEP, European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 20

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.



Oxy-combustion



Source: ZEP, European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 21

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.

Transport du CO2

Une fois capté, le CO2 est déshydraté et comprimé à l'état supercritique (densité d'un liquide, viscosité d'un gaz)
Le CO2 est transporté par pipeline ou par bateau



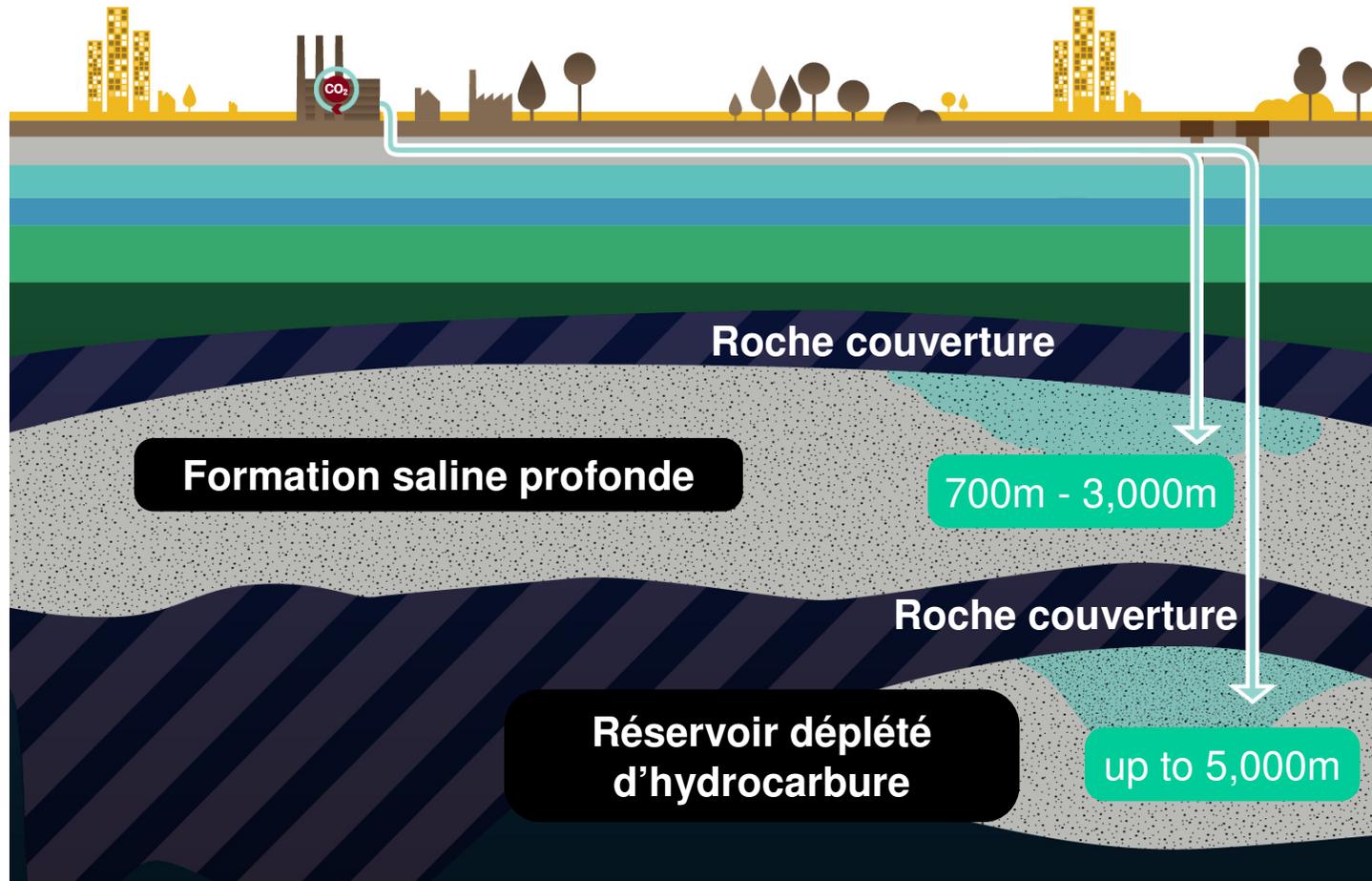
Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 22

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.

ALSTOM

Stockage du CO2

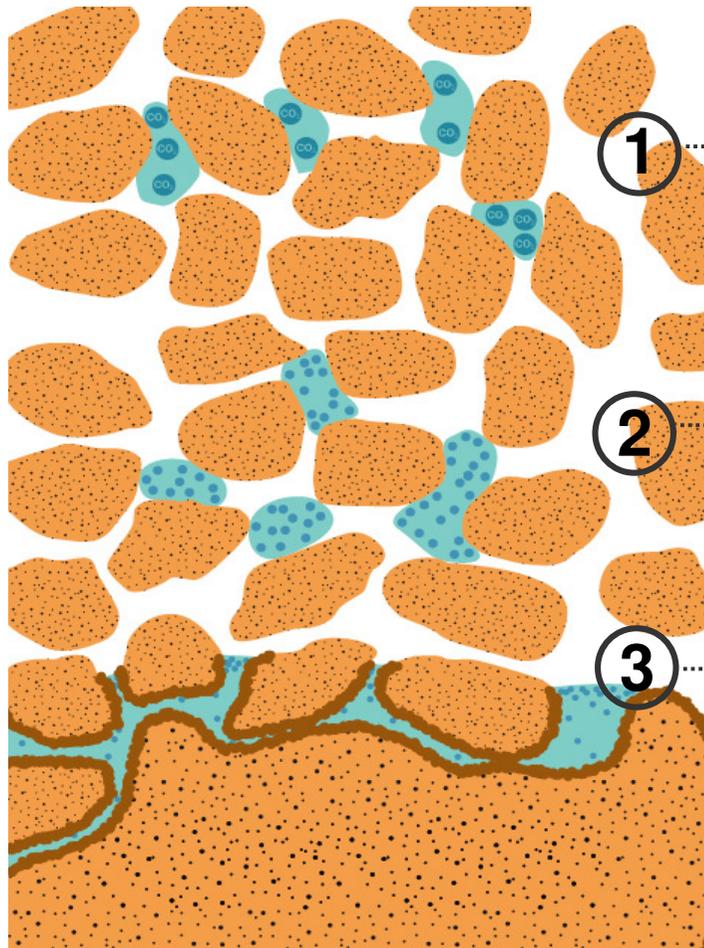
Le CO2 est injecté dans un réservoir de stockage de CO2 (roches poreuses)



Stockage du CO₂

La sécurité du CO₂ stocké augmente au fil du temps....

... grâce à 3 mécanismes naturels



1 Piégeage Capillaire ou résiduel

Le CO₂ est piégé dans les plus petits pores rocheux et ne peut plus se déplacer facilement;

2 Dissolution

Le CO₂ se dissout dans l'eau salée;

3 Piégeage minéral

L'eau chargée en CO₂ dissout migre vers le bas du réservoir et réagit pour former d'autres minéraux.

Source: ZEP, European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 24

Technologies CSC développées par Alstom

Les technologies de captage de CO2 développées par Alstom

Post-combustion

Centrales à charbon et à gaz, nouvelles installations et retrofit



- Amines Avancées
- Ammoniaque réfrigérée

Oxy-combustion

Centrales à charbon, nouvelles installations et retrofit



- Oxy-combustion
- Boucle chimique - combustion

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 25

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.

ALSTOM

Procédé à l'ammoniaque réfrigérée

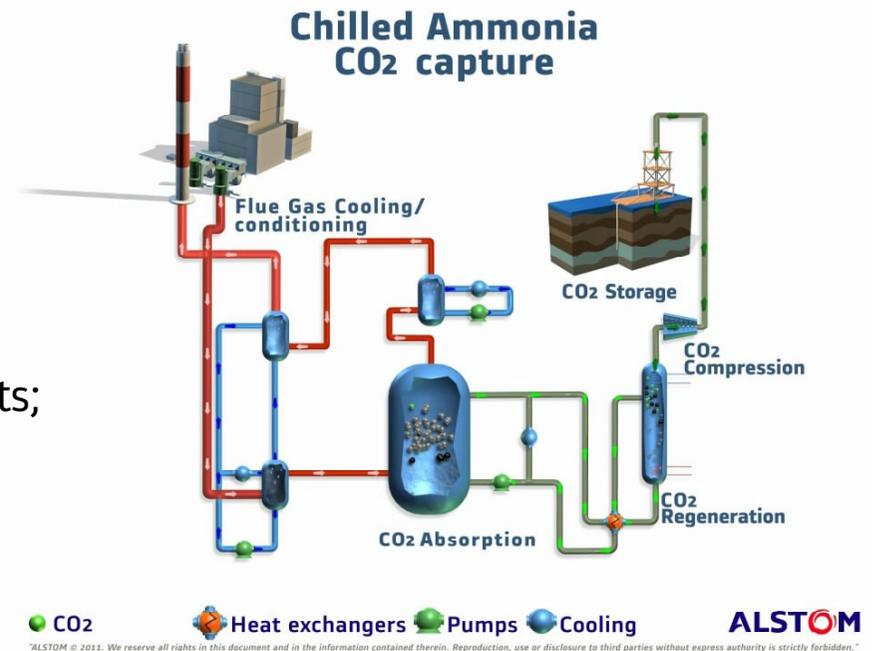
Description de la technologie

Principe

- Une solution de carbonate d'ammonium réagit avec le CO₂ et forme du bicarbonate d'ammonium.
- Une augmentation de température inverse la réaction, le CO₂ est libéré et la solution recyclée.

Avantages

- Pureté CO₂ élevée;
- Grande tolérance à l'oxygène et aux impuretés;
- Pas de dégradation ni d'émissions de contaminants;
- Réactif stable, disponible et peu coûteux.



Une nouvelle technologie Alstom prometteuse

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 26

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.

ALSTOM

Procédé aux amines avancées

Description de la technologie

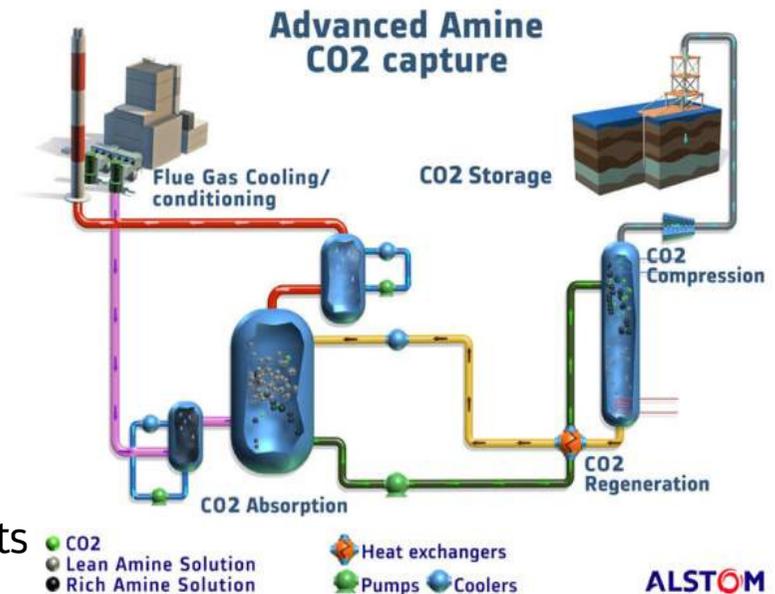


Principe

- Une solution à base de solvant aux amines réagit avec le CO₂ des gaz de combustion
- Une élévation de température inverse la réaction, le CO₂ est libéré et le solvant recyclé

Avantages

- Procédé déjà utilisé pour la purification de gaz naturel;
- Application nouvelle au captage sur gaz de combustion
- Utilisation de nouveaux solvants aux amines avancées:
 - ✓ plus efficace avec moins de dégradation
 - ✓ meilleure tolérance à l'oxygène et aux contaminants



Une équipe solide pour une nouvelle application des amines

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 27

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.



Démonstrateur CSC aux Amines Avancées Projet C2A2 sur la centrale EdF du Havre



ALSTOM



C2A2 – unité pilote CSC - Le Havre

- Capacité de captage de 25 t CO₂/ jour
- 90% de taux de captage;
- Validation d'un procédé aux amines avancées développé en partenariat avec DOW;
- Installation sur la tranche 4 de la centrale thermique EdF du Havre;
- Montant du projet : 22 MEUR;
- 25% participation de l'ADEME au financement

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 28

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.

ALSTOM

CSC: un développement industriel maîtrisé

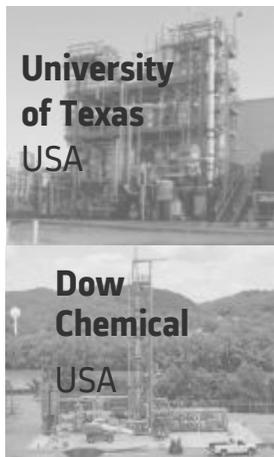
Exemple de la feuille de route des amines avancées

10-15 ans nécessaires pour développer une technologie de captage

2005

Commercial
2016/17

Pilotes



Phase terminée

Prototypes industriels

Le Havre 2010-13



Grands démonstrateurs



Objectif 2012

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 29

Oxy-combustion

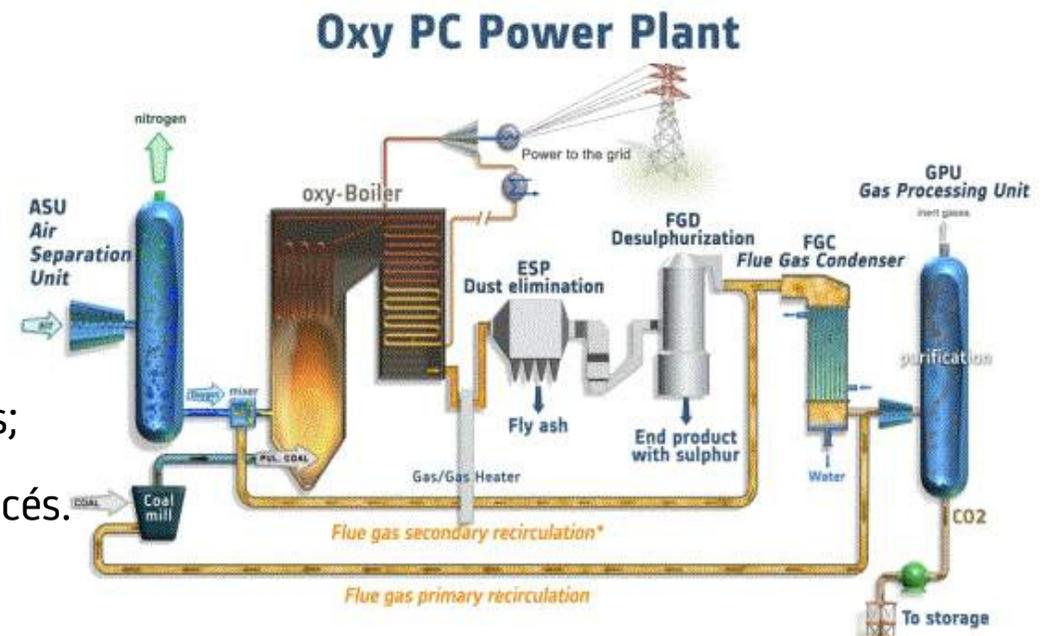
Description de la technologie

Principe

- Le combustible est brûlé dans un mélange d'oxygène pur et de gaz recirculé, éliminant ainsi l'azote
- Le gaz de combustion sortant de la chaudière est composé essentiellement d'eau et de CO₂;
- Après condensation de l'eau, le CO₂ est comprimé et purifié puis transporté et stocké en sous-sol

Avantages

- Technologie robuste et fiable
- Adaptable à tous types de combustibles;
- Déploiement rapide à 1000 MWe
- Retrofit possible sur les centrales existantes;
- Hauts rendements avec cycles vapeur avancés.



Une technologie robuste !

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 30

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.

ALSTOM

Un grand démonstrateur CSC en oxy

White Rose CCS project



Grand démonstrateur Oxy - 426 MWe bruts

- Nouvelle centrale, 2 MtCO₂/an captées et stockées
- Alstom développeur and co-propriétaire
- Partenaires: Alstom, Drax et BOC pour la centrale
- Transport et stockage: National Grid (Humber cluster)

Statut

- Pré-ingénierie en cours pour la centrale Oxy
- Accord développement de projet conjoint signé
- Candidat au NER 300 + soumission au programme de financement du gouvernement anglais (avril 2012).



Source: Drax

Démonstrateur sur le site de Drax, Selby (UK)

White Rose CCS Project : le plus grand démonstrateur CSC oxy au monde

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 31

© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.



Activité d'Alstom dans le CSC : des pilotes aux grands démonstrateurs

Tests finalisés



AEP Mountaineer
US - 58 MWth
Chilled Ammonia, coal



Dow Chemical Co.
US - 2 MWth
Adv. Amines - coal



EoN Karlshamn
Sweden - 5 MWth
Chilled Ammonia - Fuel oil



WE - Energie
US - 5 MWth
Chilled Ammonia, Coal

En fonctionnement



Vattenfall Schwarze-Pumpe
Germany - 30 MWth
Oxy - Lignite



Total Lacq
France - 30 MWth
Oxy - Gas



Alstom Labs Växjö
Sweden - 0.25 MWth
Post C. - multi purpose



Alstom BSF Windsor
US - 15 MWth
Oxy - coals

Grands projets en développement



PGE Belchatow
Poland - 260 MWe
Adv. Amines - Lignite



UK oxy CCS demo (Drax)
UK - 426 MWe
Oxy - coal



Getica - CET Turceni
Roumanie - >250MWe
Chilled ammonia - Lignite



Datang - China
Oxy 350 MWe lignite,
Post 350 MWe eq. coal

En construction



TCM Mongstad
Norway - 40 MWth
Chilled Ammonia - Gas



EDF - Le Havre
France - 5 MWth
Adv. Amines - Coal

2nd Gen



DOE/Alstom Windsor
US - 3 MWth
Chemical looping - coal

1st Gen



RFCS EU -Darmstadt
Germany - 1 MWth
Chemical looping - coal

NER300: Applied for EU ETS New Entrant Reserve funding



Selected for receiving EEPR funding

Agenda

Réchauffement climatique : quels enjeux?

Le CSC : un outil essentiel pour une production d'électricité décarbonée

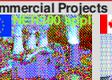
CSC : technologies , avancement et projets en cours

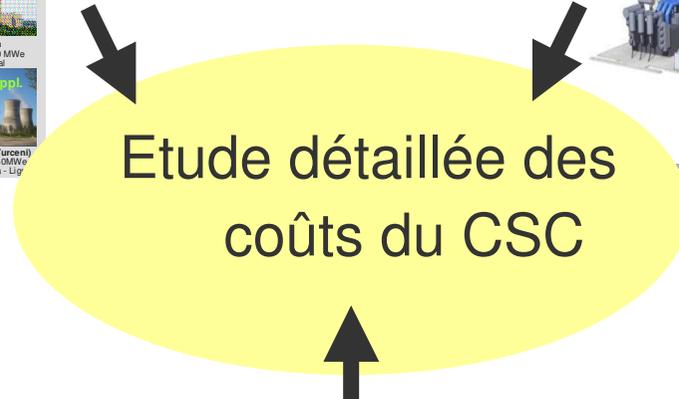
Le CSC est compétitif vis-à-vis des autres solutions décarbonées

Une étude détaillée des coûts du CSC

Connaissance CSC: 12 pilotes et 4 démonstrateurs en développement

Experiance Intégration et fourniture de centrales clefs-en-main

Operating		Coming	
 Vattenfall Schwarze Pumpe Germany - 30 MWth Oxy - Lignite	 AEP Mountaineer USA - 58 MWth Chilled Ammonia - Coal	 DOE/Alstom Windsor US - 3 MWth Chemical looping - Coal	 TCM Mongstad Norway - 40 MWth Chilled Ammonia - Gas
 Dow Chemical Co. USA, West Virginia Advanced Amines - Coal	 Total Lacq France - 30 MWth Oxy - Gas	Pre-commercial Projects	
 Alstom BSF Windsor US - 15 MWth Oxy - Coals	 RFCS EU - Darmstadt Germany - 1 MWth Chemical looping - Coal	 Drax - Selby UK - 426 MWe Oxy - Hard Coal	 Vattenfall Jämschwalde Germany - 250 MWe Oxy - Lignite
 PGE Belchatow Poland - 250 MWe Adv. Amines - Lignite	 AEP Mountaineer USA - 225 MWe Chilled Ammonia - Coal	 Transalta Canada - >200 MWe Post - Coal	 CET - Getica (Turceni) Romania - >250 MWe Chilled Ammonia - Lig



Dimensionnement et fabrication des équipements-clés



Une étude détaillée des coûts du CSC

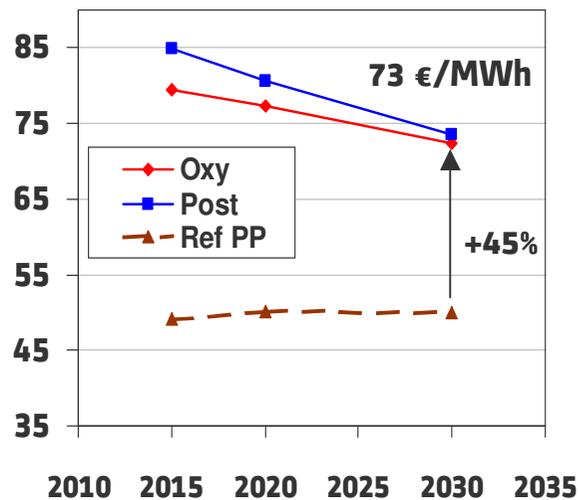
- 2 technologies Post et Oxy et 3 combustibles: charbon, lignite et gaz étudiés
- Fonctionnement en base: charbon et lignite 7446 h/an; gaz 7000 h/an
- Taux de captage de CO₂ : 90%
- Prise en compte de “courbes d’apprentissages” jusqu’en 2030
- Les coûts couvrent l’investissement initial et les dépenses de fonctionnement pour la chaîne complète CSC: captage, transport, stockage
- Le transport et le stockage représentent environ 21% du surcoût CSC pour un stockage sur terre et 36 % pour un stockage en mer

Résultats (1)

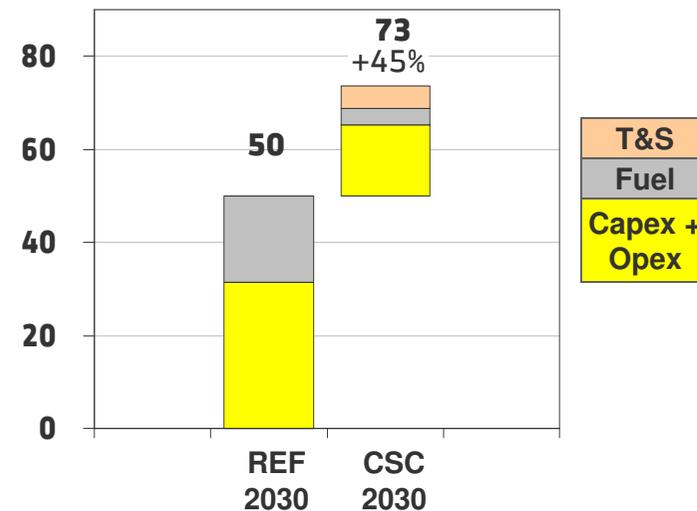
Charbon bitumineux en Europe

- Coût de production de l'électricité:
 - €85/MWhr en 2015 = ~70% supérieur à une centrale sans CSC
 - €73/MWhr en 2030 = ~45% supérieur à une centrale sans CSC

€/MWh net (avec T&S)



€ / MWh net (avec T&S)

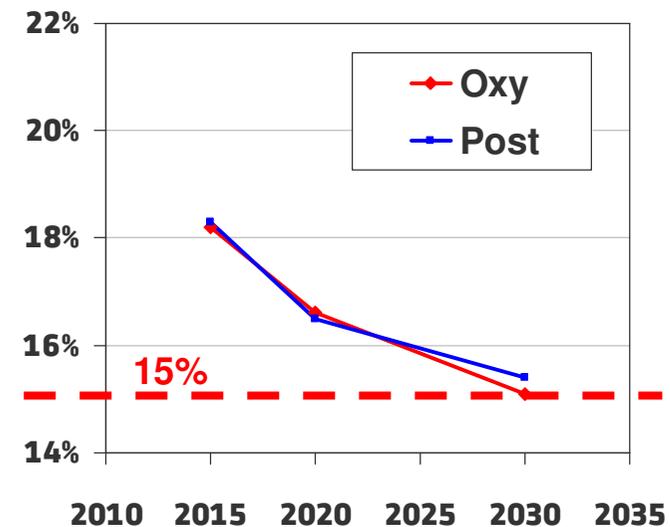


Résultats (2)

Charbon bitumineux en Europe

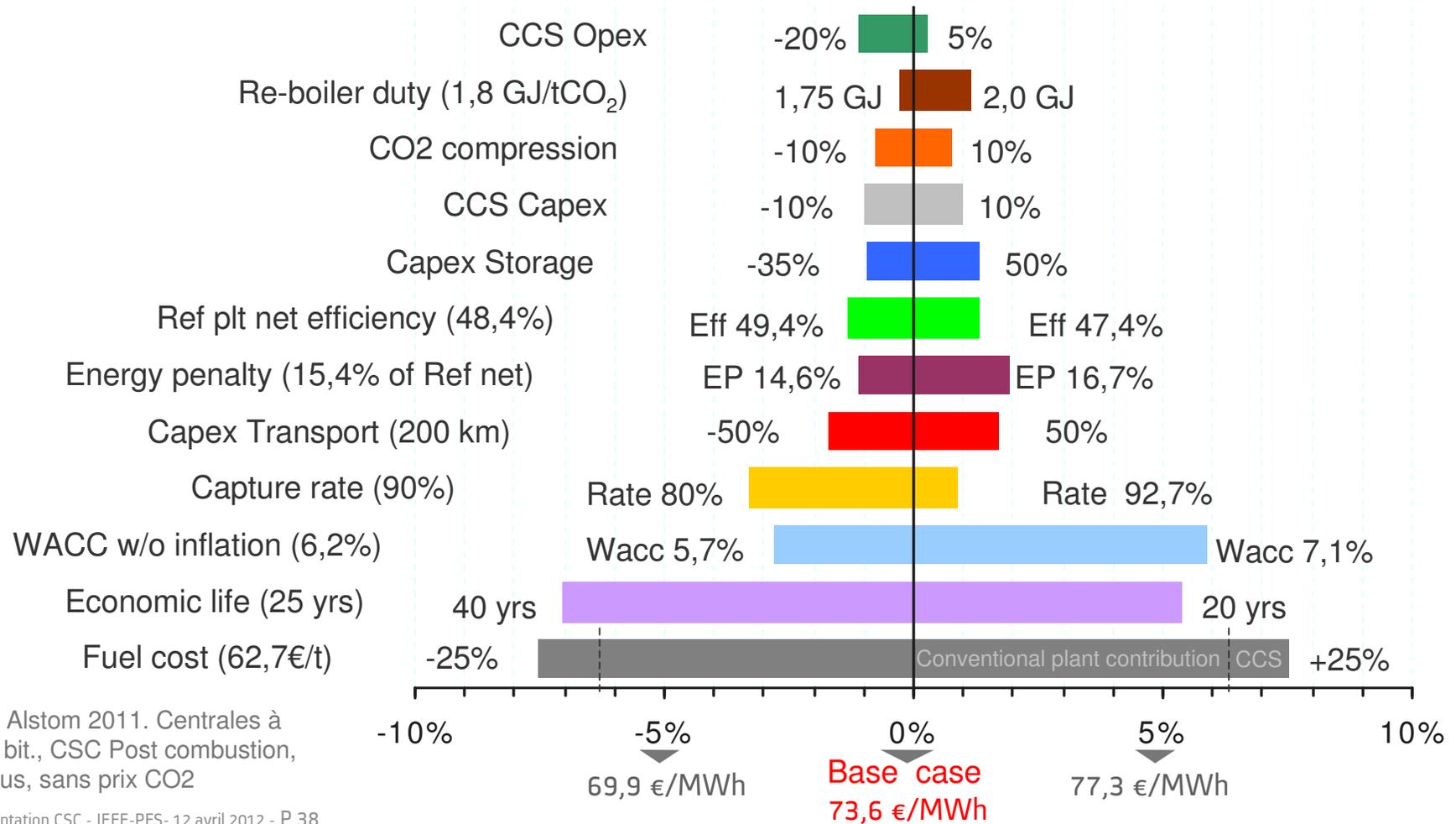
- Une pénalité énergétique de 15 % est un objectif réaliste pour 2030
- Coût du CO2 stocké:
 - €50 par tonne en 2015
 - €35 par tonne en 2030

Pénalité énergétique centrale charbon
% MWe net



Résultats (3)

Charbon bitumineux en Europe: analyse de sensibilité, Post combustion, 2030



Source : Alstom 2011. Centrales à charbon bit., CSC Post combustion, T&S inclus, sans prix CO2

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 38

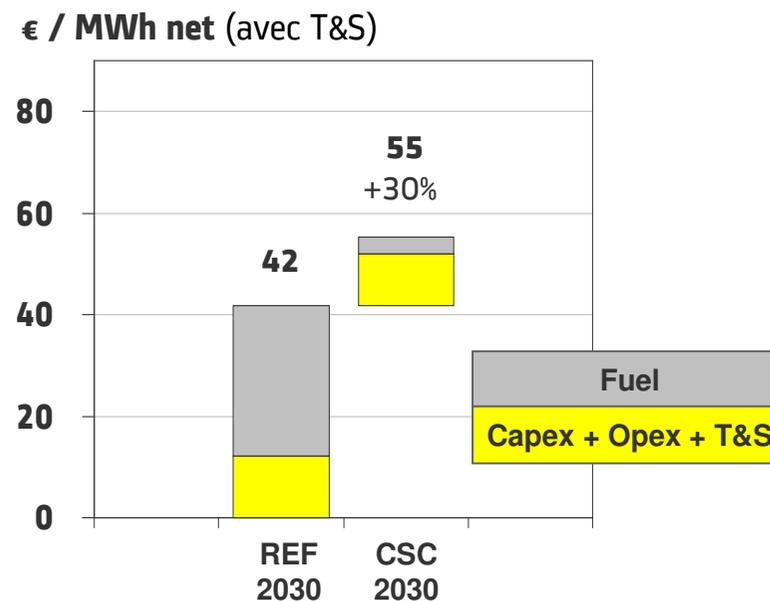
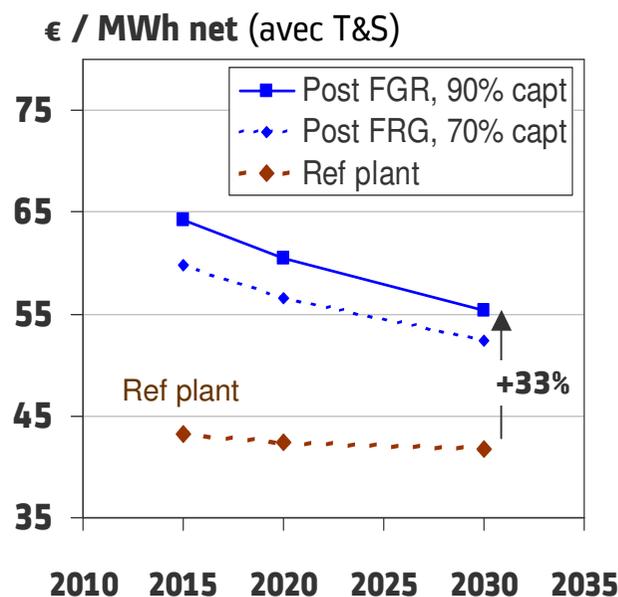
© ALSTOM 2012. Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce document sont fournies à titre purement indicatif. ALSTOM ne donne aucune garantie sur leur exactitude, leur intégralité ou sur le fait que ces informations puissent convenir à un projet particulier, dans la mesure où ces informations pourront varier en fonction des circonstances techniques et commerciales. Ces informations pourront être modifiées à tout moment sans préavis. Leur reproduction, utilisation ou transmission à des tiers, sans l'accord préalable écrit d'Alstom, est strictement interdite.



Résultats (4)

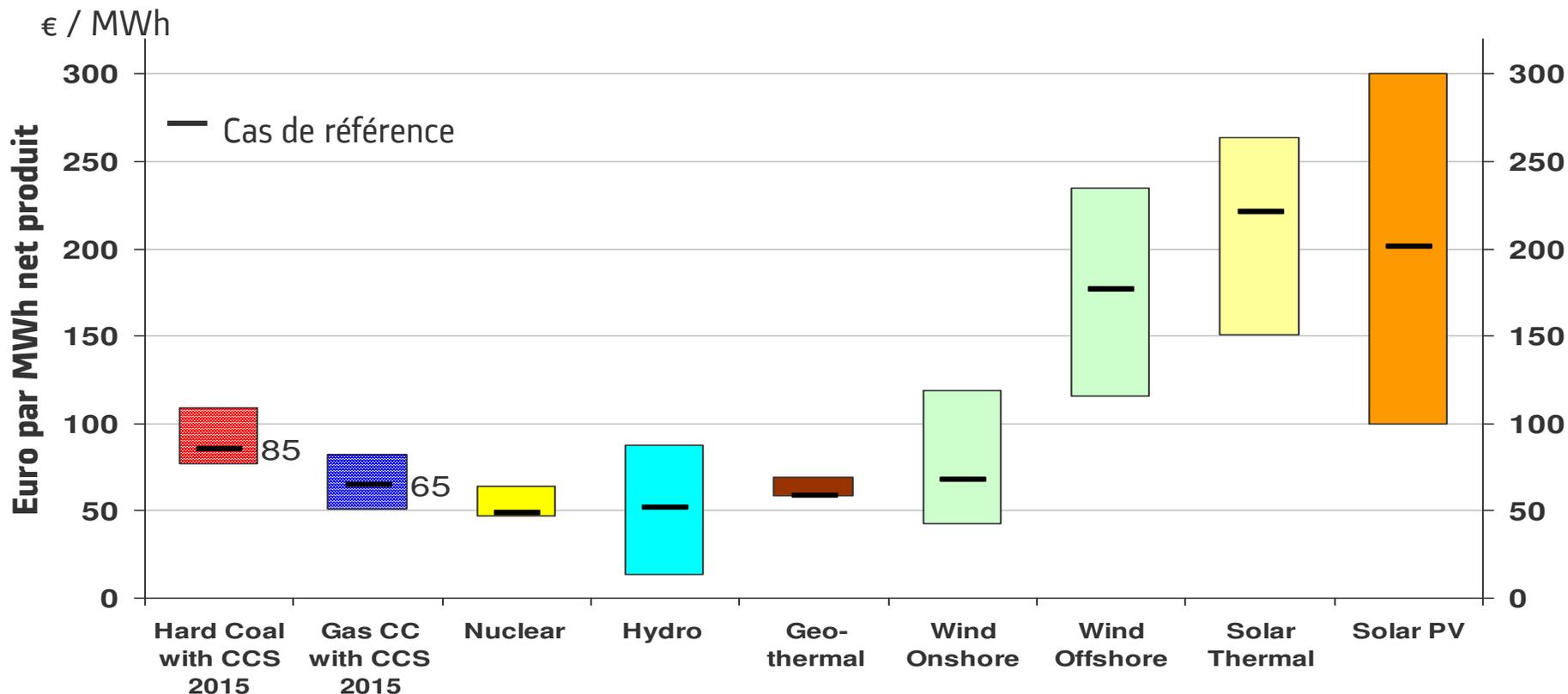
Cycles combinés à Gaz (Europe)

- Coût de l'électricité générée:
 - €65/MWhr en 2015 = ~50% supérieur à une centrale sans CSC,
 - €55/MWhr en 2030 = ~30% supérieur à une centrale sans CSC ;
- Une pénalité énergétique de 10% est un objectif réaliste pour 2030



Comparaison des technologies dé-carbonées

Coût d'électricité-Europe (commandes 2010-15)



Source : analyse Alstom 2011. Centrales à charbon pulvérisé CSC Post combustion, T&S inclus

Le coût d'électricité des centrales thermiques (charbon et gaz) avec CSC est compétitif dès 2015 !

Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - Page: 40
Présentation CSC - IEEE-PES- 12 avril 2012 - P 40

Conclusion

- Les centrales fossiles seront encore utilisées pendant plusieurs décennies
- Le CSC appliqué à ces centrales électriques fossiles est un moyen essentiel pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO₂;
- Le CSC appliqué aux centrales charbon et au gaz est compétitif, et complémentaire aux autres moyens de production d'électricité décarbonée
- Le développement de grands démonstrateurs CSC doit démarrer dès maintenant pour amener la technologie à maturité commerciale dès 2020.
- Comme les autres technologies, le CSC doit bénéficier d'une politique d'aides adaptées pour permettre ce développement et la validation finale des technologies ainsi que le déploiement commercial initial.

www.alstom.com

ALSTOM