



Le captage et le stockage géologique du CO₂ :

un recours nécessaire pour lutter contre le réchauffement climatique

Isabelle Czernichowski-Lauriol

i.czernichowski@brgm.fr



Présentation générale du BRGM

- > **Etablissement français de référence dans le domaine des Sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol**
- > **Etablissement public à caractère industriel et commercial (EPIC)**
Certifié Qualité ISO 9001. Label Carnot (recherche partenariale)
2 Ministères de tutelle :
 - Recherche
 - Ecologie, Energie, Développement Durable et Mer
- > **Deux objectifs :**
 - Comprendre les phénomènes géologiques
 - Mettre à disposition les outils de gestion du sol et du sous-sol
- > **Trois missions :**
 - Recherche et Développement
 - Appui aux politiques publiques et information des citoyens
 - Coopération internationale et aide au développement
- > **Effectif : 1000 personnes dont + de 700 chercheurs et ingénieurs**
- > **Montant de l'activité 2008 : 136.4 M€**
- > **Implantations : un Centre scientifique et technique à Orléans, 29 services géologiques régionaux**



Domaines thématiques du BRGM :

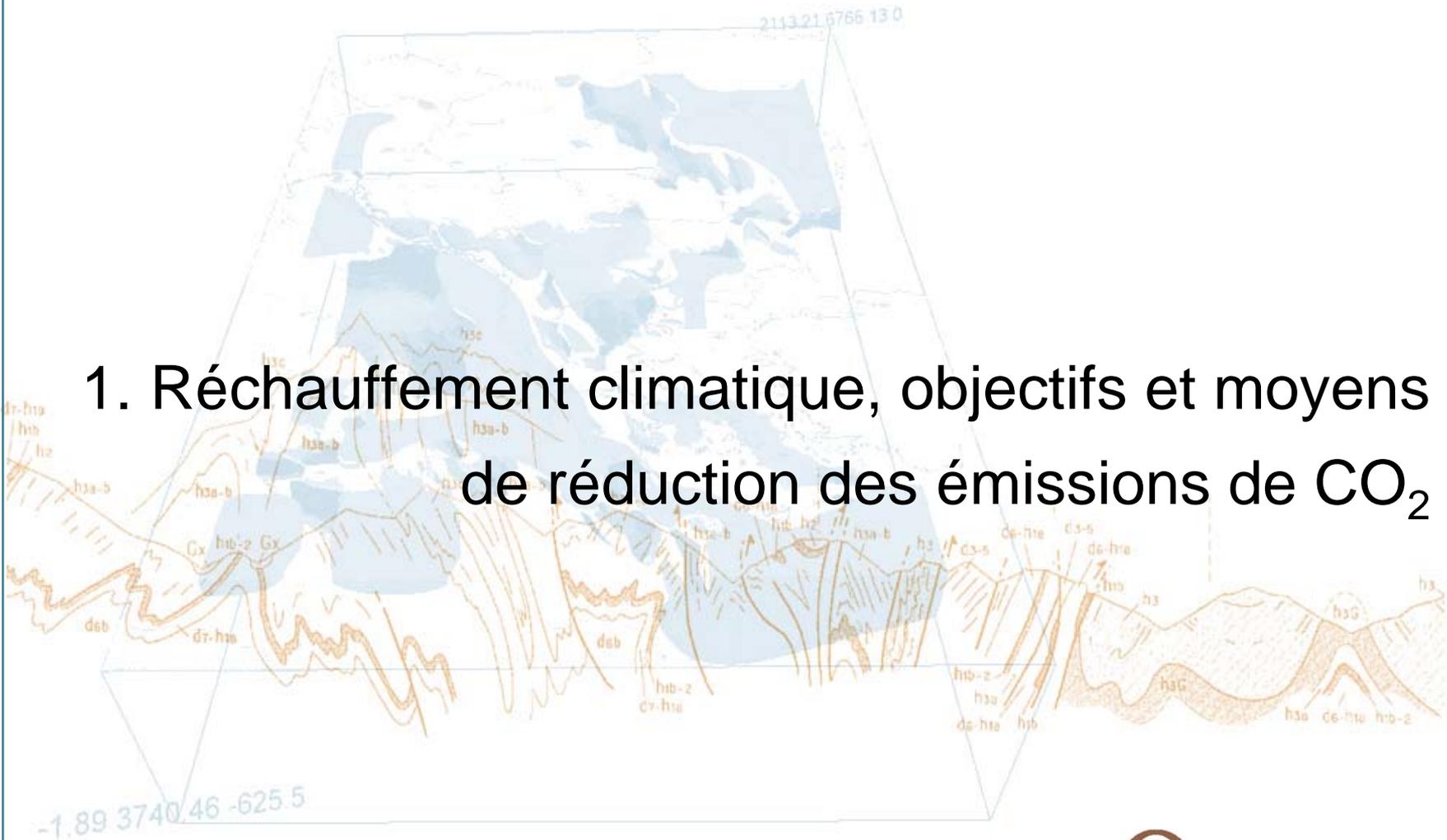
- > **Cartographie géologique**
- > **Ressources minérales**
- > **Géothermie**
- > **Stockage du CO₂**
- > **Eau**
- > **Aménagement et risques naturels géologiques**
- > **Sites et sols pollués, gestion des déchets**
- > **Après-mine**
- > **Métrologie**
- > **Systemes d'information numérique**

Plan de l'exposé

1. Réchauffement climatique, objectifs et moyens de réduction des émissions de CO₂
2. La technologie de captage et de stockage du CO₂ (CSC)
 - Une technologie en plein développement
 - Les expériences pionnières dans le monde
3. Les options de captage, transport, stockage géologique
4. Où stocker en Europe et en France ?
5. Les initiatives européennes
6. Où en est-on en France ?
7. Conclusion - Perspectives

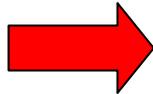


1. Réchauffement climatique, objectifs et moyens de réduction des émissions de CO₂



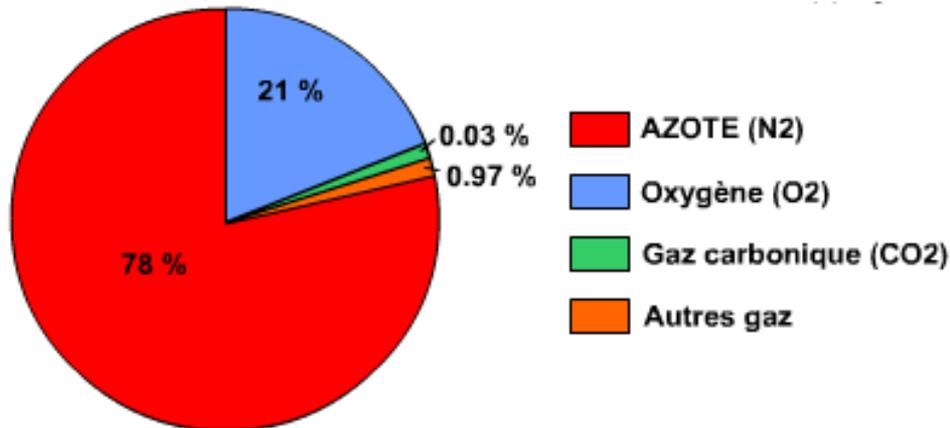
Les causes du changement climatique

- > Augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère du fait des activités humaines

 renforcement de l'effet de serre naturel

- > Principales incriminées: les émissions de CO_2 (les 2/3 du problème)

Composition de l'air



CO_2 : 0,03 % - valeur stable avant ère industrielle

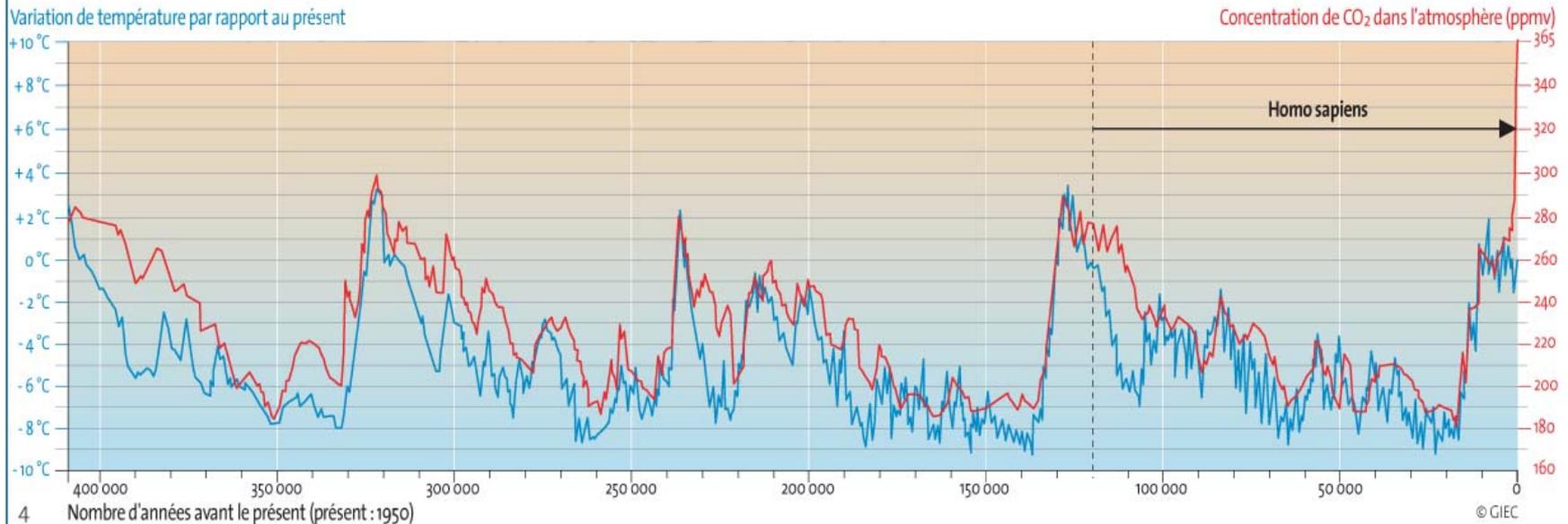
CO_2 : 0,04 % actuellement

CO_2 : 0,07 % en 2100 ?

Record de concentration de CO₂ depuis 400.000 ans

CO₂/t° : Variations naturelles et anthropiques

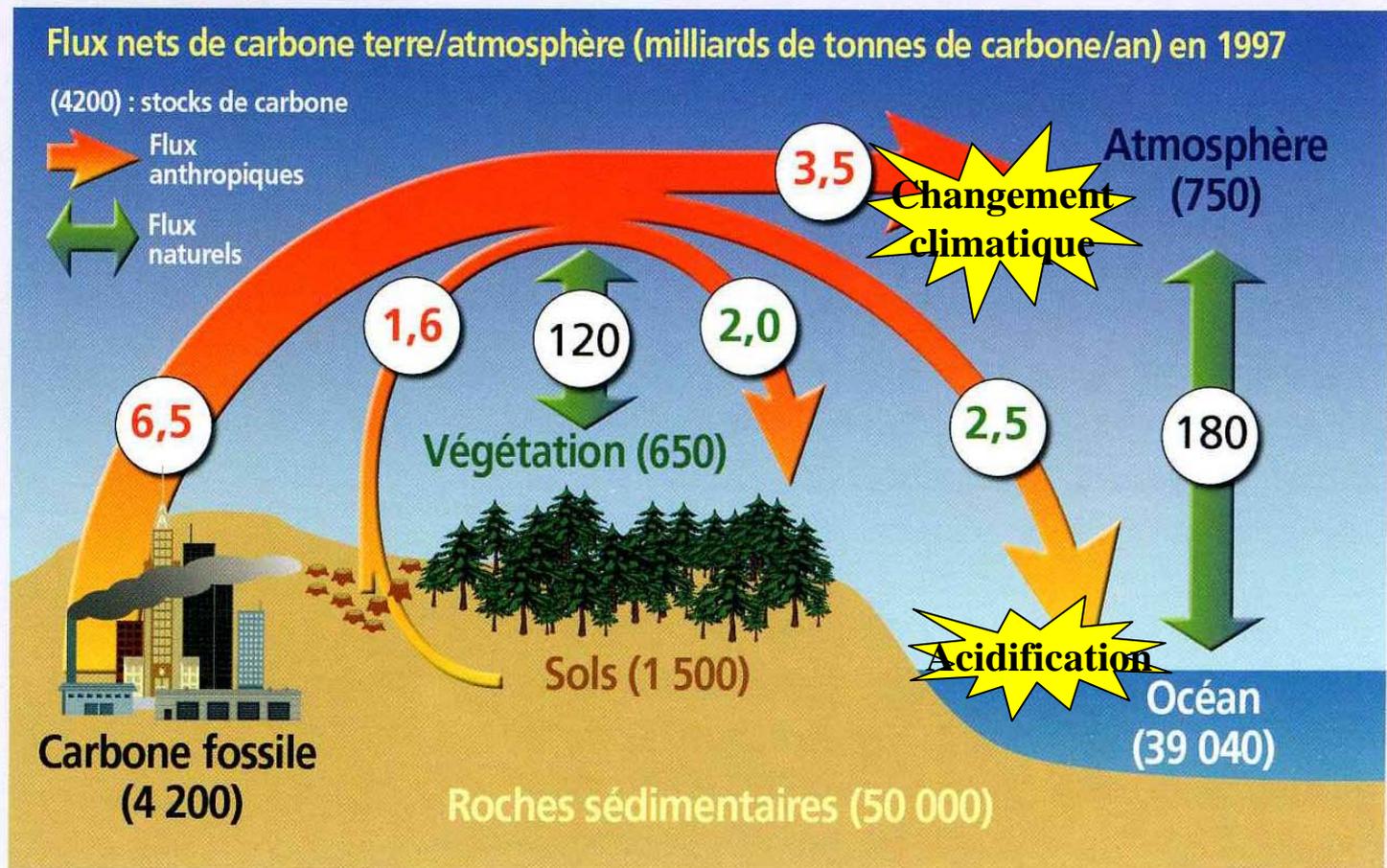
CO₂ : + 31% depuis 1750



Source :
GIEC, 2001

Flux de CO₂ Terre – Atmosphère

(en milliards de tonnes de carbone par an)



Emissions mondiales de CO₂ anthropique : 8 Gt C /an (ou 30 Gt CO₂ /an)

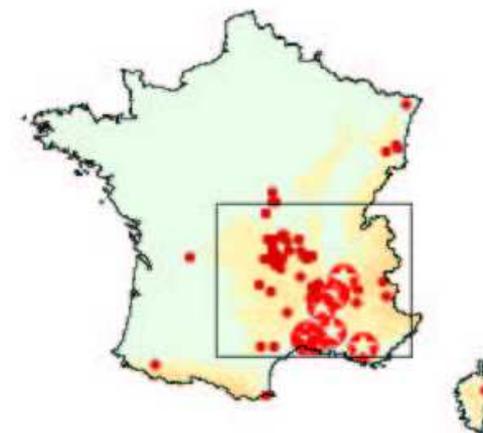
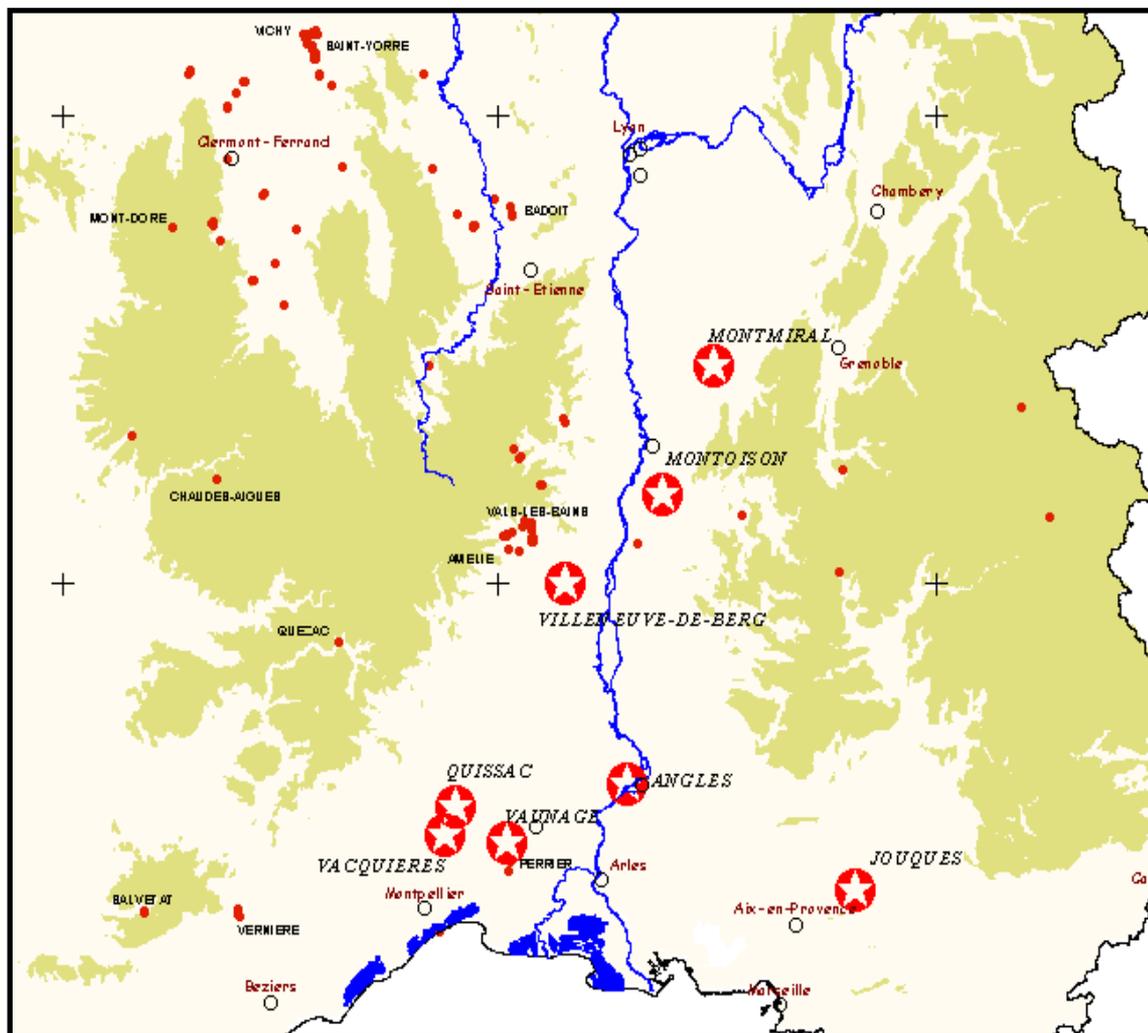
80% lié à l'énergie (combustibles fossiles)

20% lié à l'utilisation des terres (déforestation, pratiques agricoles)

Renvoyons le Carbone dans le sous-sol !

Les gisements naturels de CO₂ en France

N·A·S·C·E·N·T

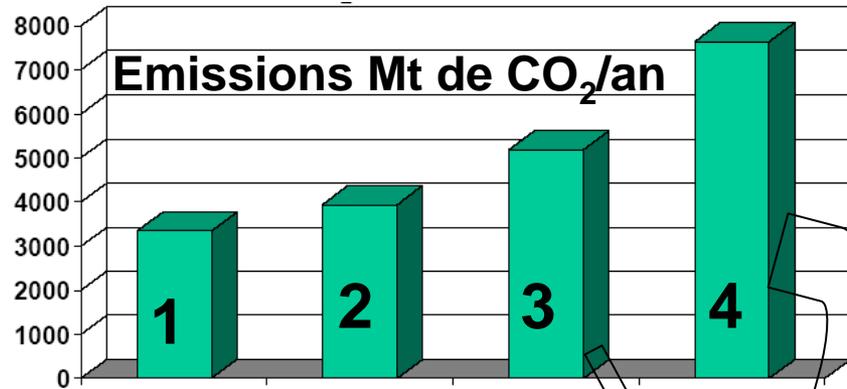


- ★ Gisements naturels de CO₂
- Eaux carbogazeuses exploitées (boissons, thermalisme)

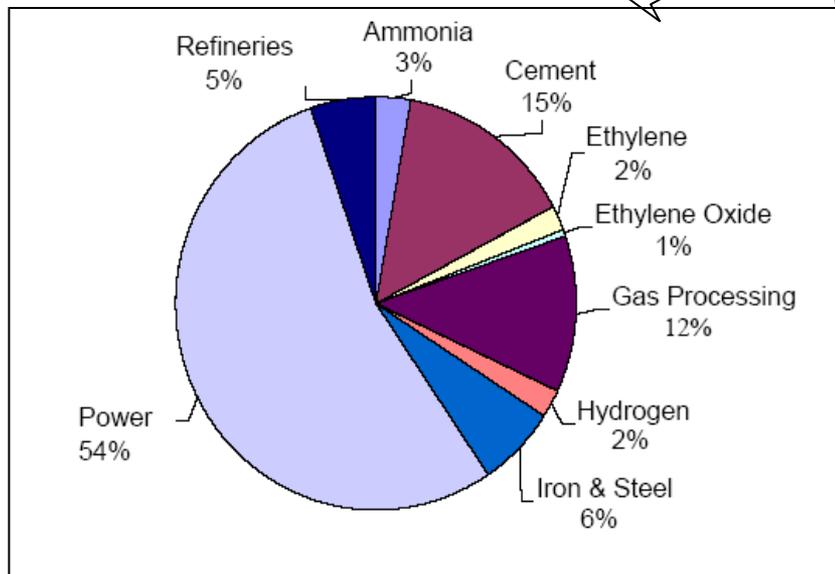
La province carbogazeuse française

Les émissions mondiales de CO₂ du secteur de l'énergie

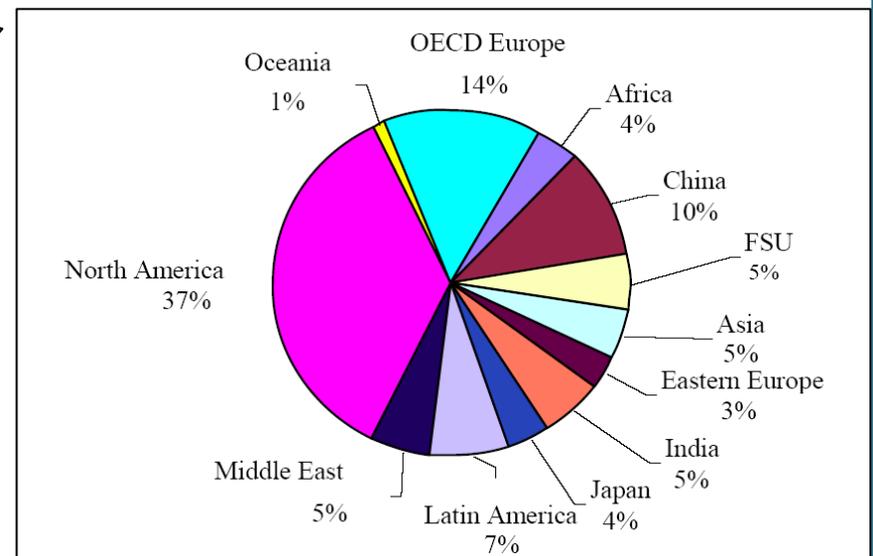
23 Gt CO₂ /an



- 1: Résidentiel Tertiaire (14%)**
- 2: Transports (23%)**
- 3: Agriculture Industrie (27%)**
- 4: Production d'Électricité (36%)**



Sources fixes massives (60% des émissions)



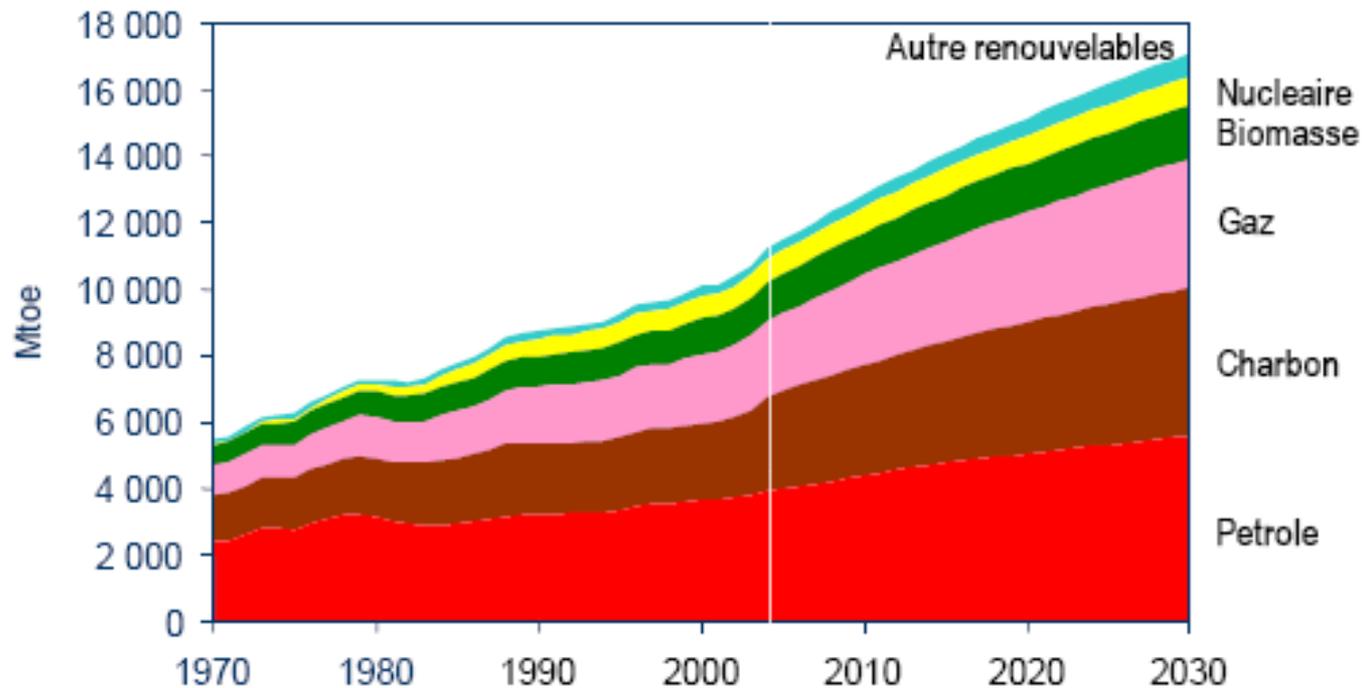
Géographie



Source : IEA GHG 2002

Evolution de la demande énergétique dans le monde

- > Impossibilité de se passer des énergies fossiles dans le court terme
- > Nouvel essor du charbon
- > La Chine produit 75% de son énergie grâce au charbon et ouvre une centrale toutes les semaines



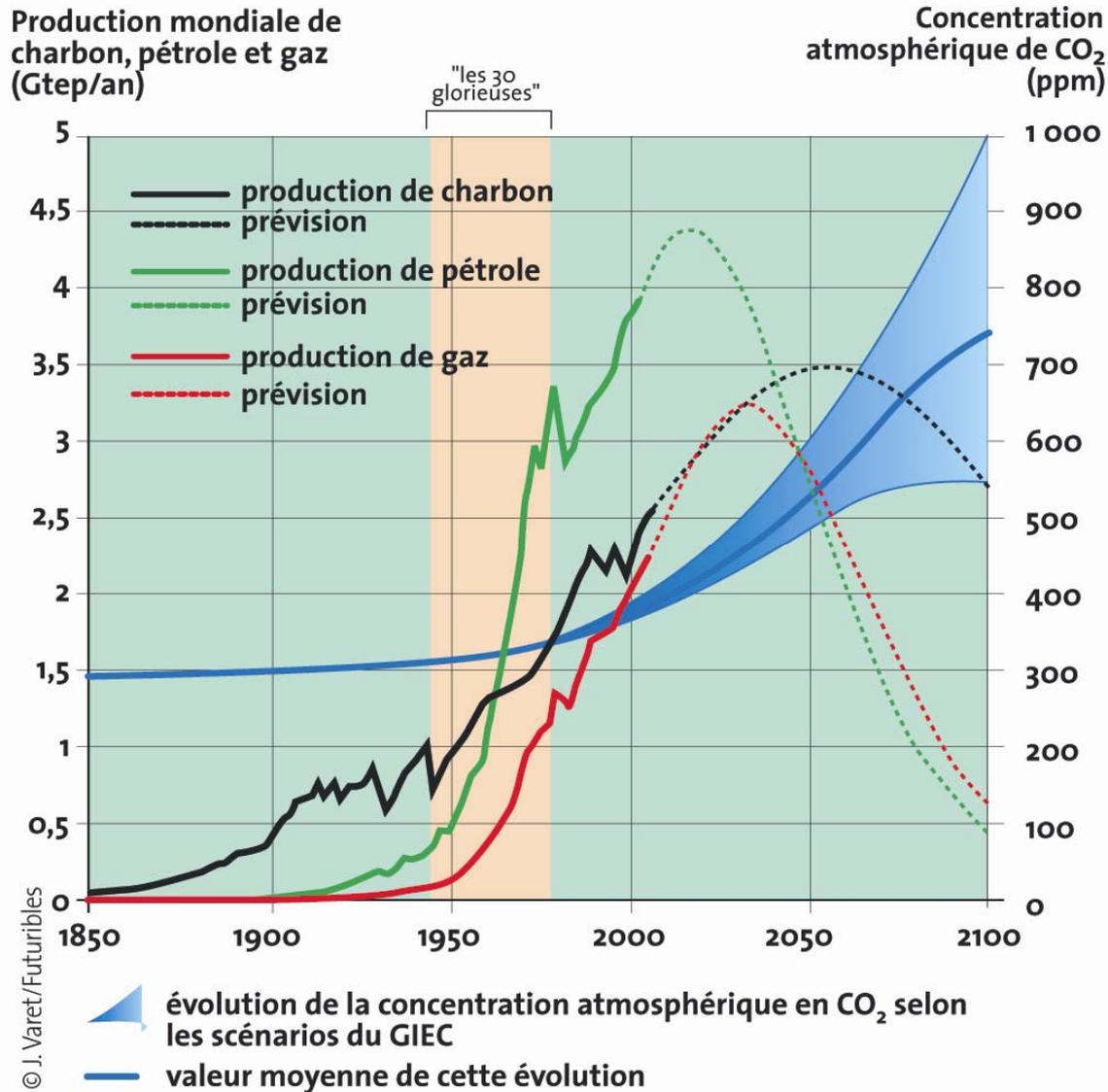
La demande globale augmente de moitié durant les 25 années à venir, avec le charbon augmentant le plus dans l'absolu

ciences pour une Terre durable

gm



Prévisions du GIEC sans mesures spécifiques



Les engagements de réduction des GES (gaz à effet de serre)

- > **Protocole de Kyoto (1997)**: objectifs quantifiés pour les pays industrialisés (-5.2%, EU -8%, France 0%, **en 2008-2012** par rapport aux niveaux de 1990)
- > EU: <2°C, CO₂ < 450 ppm, cible **20% réduction en 2020** par rapport aux niveaux de 1990 annoncé début 2007
- > France : « **Facteur 4** » = **75% de réduction en 2050** - Loi d'orientation sur la politique énergétique 2005
- > **Challenge: diviser par deux les émissions mondiales de CO₂ d'ici à 2050 (- 50%) !**
- > **Les discussions internationales sur l'avenir du Protocole de Kyoto (le « Post-2012 ») :**
 - COP10 de Buenos-Aires en Décembre 2004,
 - COP11/MOP1 de Montréal en Décembre 2005
 - COP12/MOP2 Nairobi en Novembre 2006
 - COP13/MOP3 Bali en Décembre 2007
 - COP14/MOP4 Poznan en Décembre 2008
 - **COP15/MOP5 Copenhague en Décembre 2009**

Comment agir pour réduire nos émissions de CO₂ ?

- 
- > Economiser l'énergie (sobriété et efficacité énergétique)
 - > Développer l'utilisation des énergies renouvelables et de l'énergie nucléaire
 - > Capter le CO₂ au niveau des industries et le stocker à l'abri de l'atmosphère (CCS)

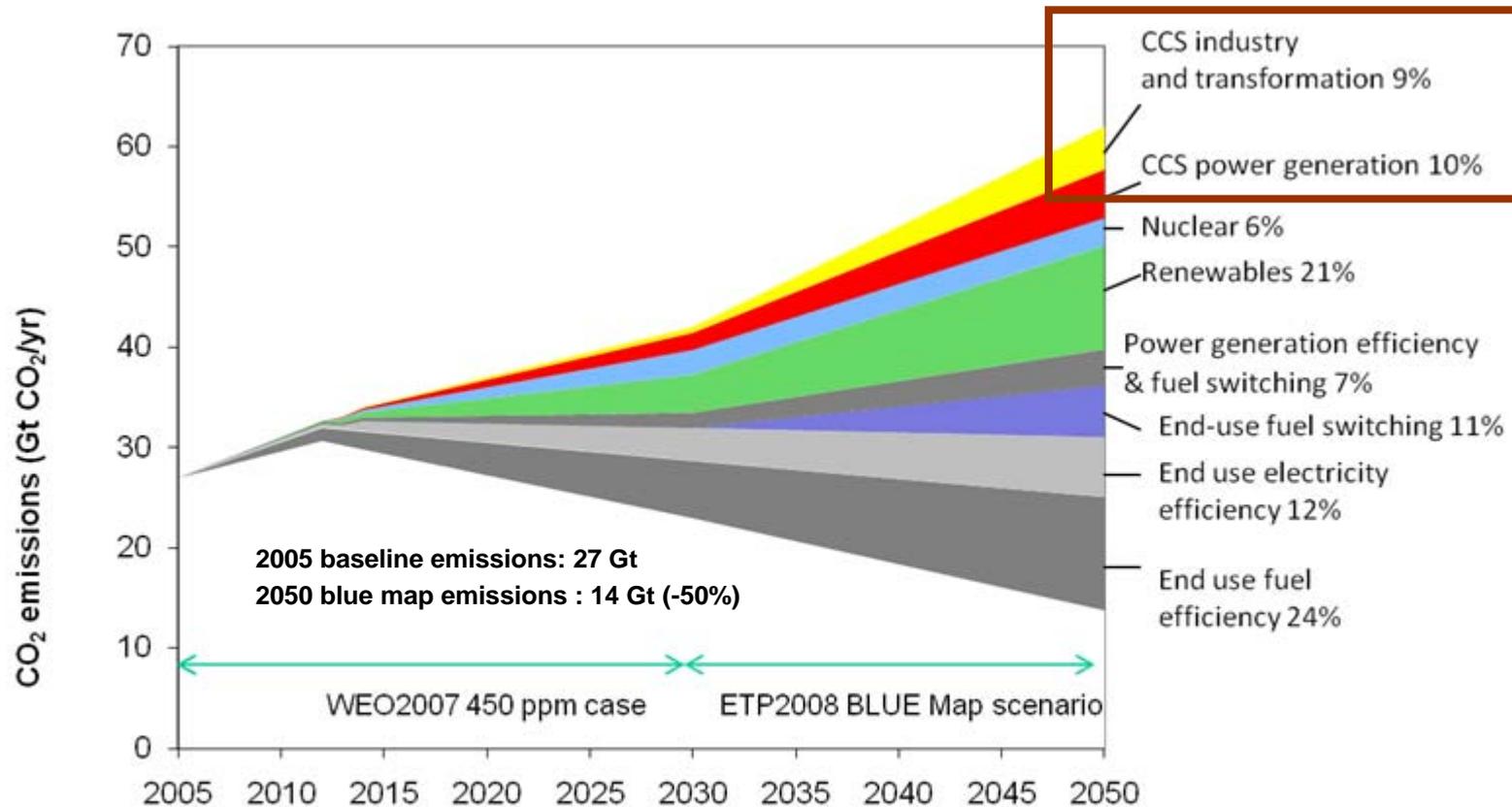
Rapport spécial du GIEC sur le Captage et le Stockage de CO₂

- publié à l'automne 2005
- CCS reconnu comme une technologie de lutte contre l'effet de serre

durable

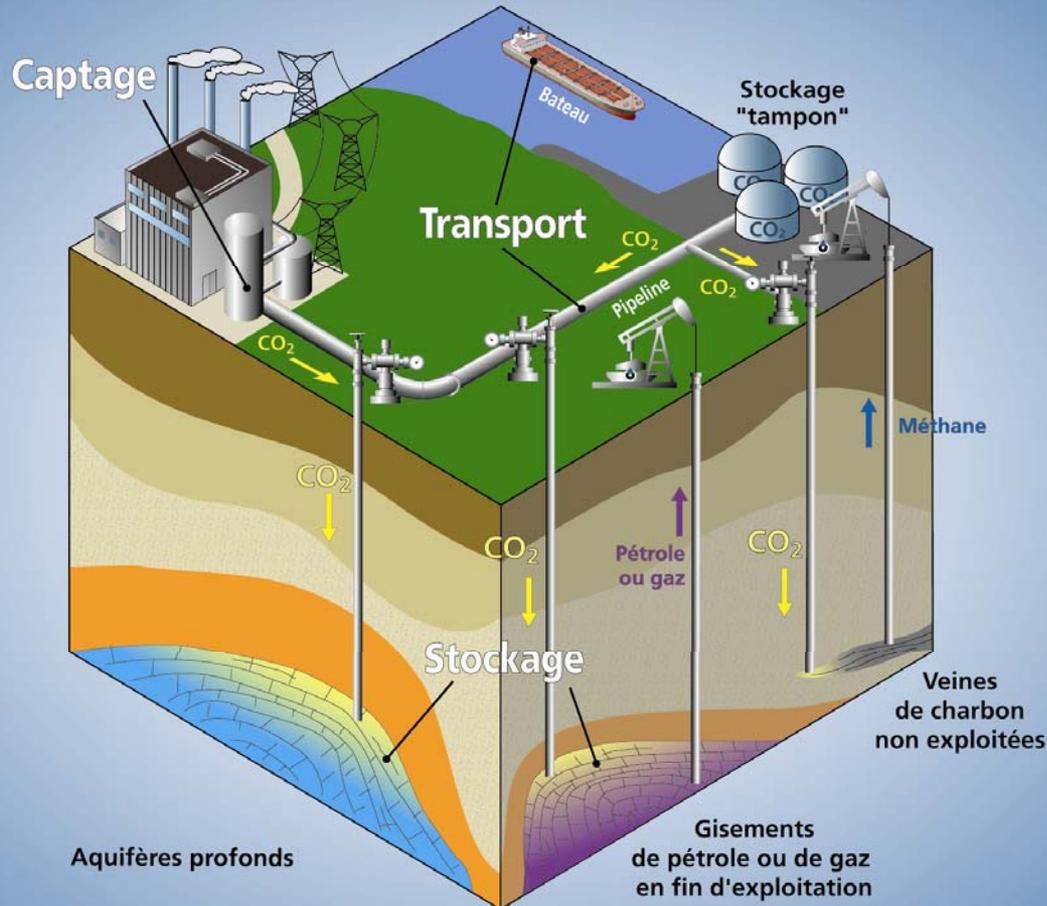
Scénario Blue Map de l'AIE

CCS provides ~20% of the energy-related CO₂ mitigation



- > Pour les 50 prochaines années, les combustibles fossiles resteront la seule source d'énergie appropriée, capable de répondre à la demande mondiale
- > Le CSC apparaît comme une des solutions nécessaires qui permet une réelle action immédiate en terme de réduction des GES

Captage et Stockage géologique du CO₂



Un recours nécessaire
pour réduire de moitié
les émissions
mondiales d'ici à 2050 !
(= Facteur 4 pour les
pays industrialisés)

3 étapes :

- Captage
- Transport
- Stockage

Des expériences industrielles pionnières



Sleipner, Norvège (Statoil)
1 Mt CO₂/an depuis 1996



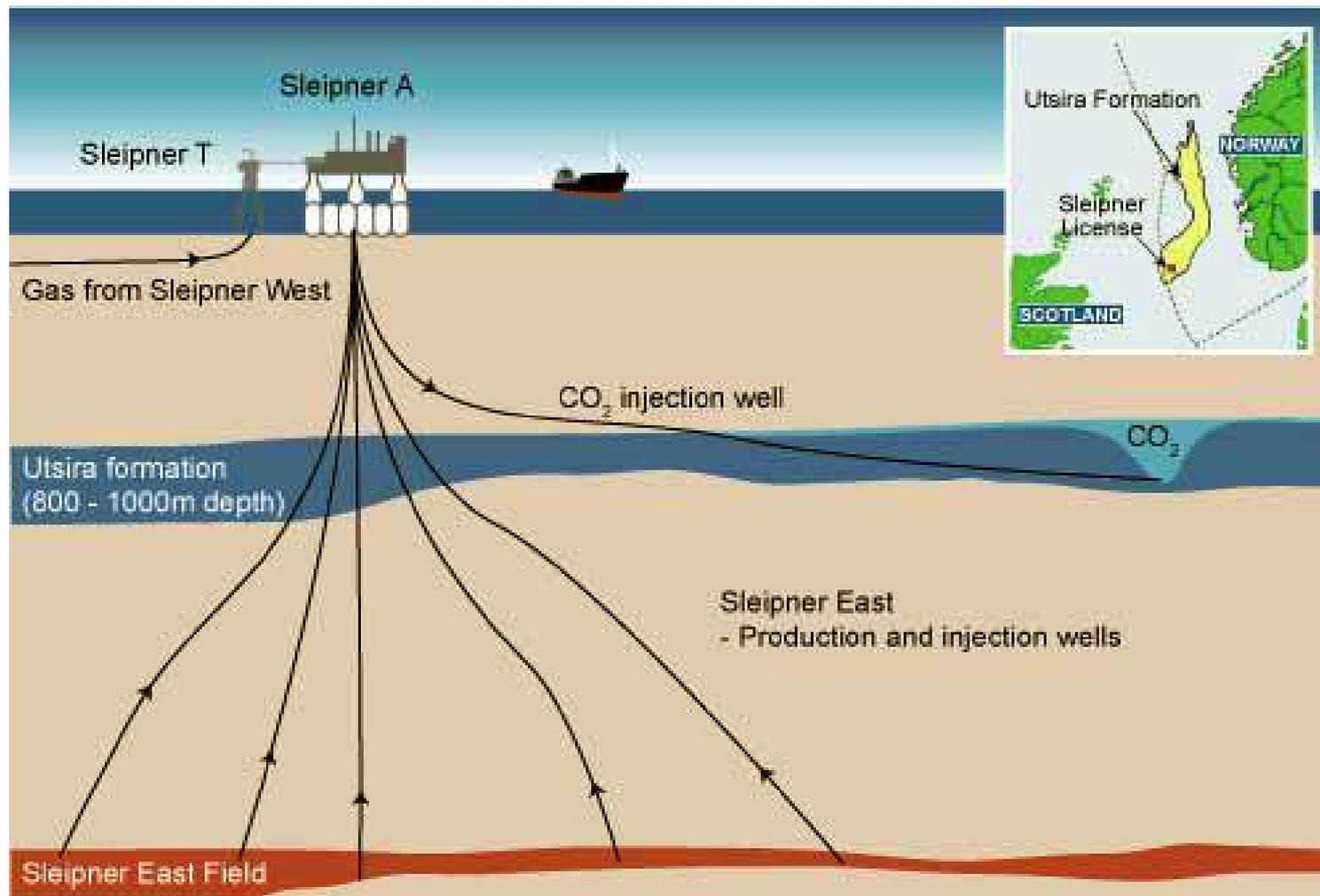
Weyburn, Canada (EnCana)
1,8 Mt CO₂/an depuis 2000



In-Salah, Algérie (BP)
1 Mt CO₂/an depuis 2004

Snohvit, Norvège (Statoil)
0,7 Mt CO₂/an depuis 2007

Sleipner

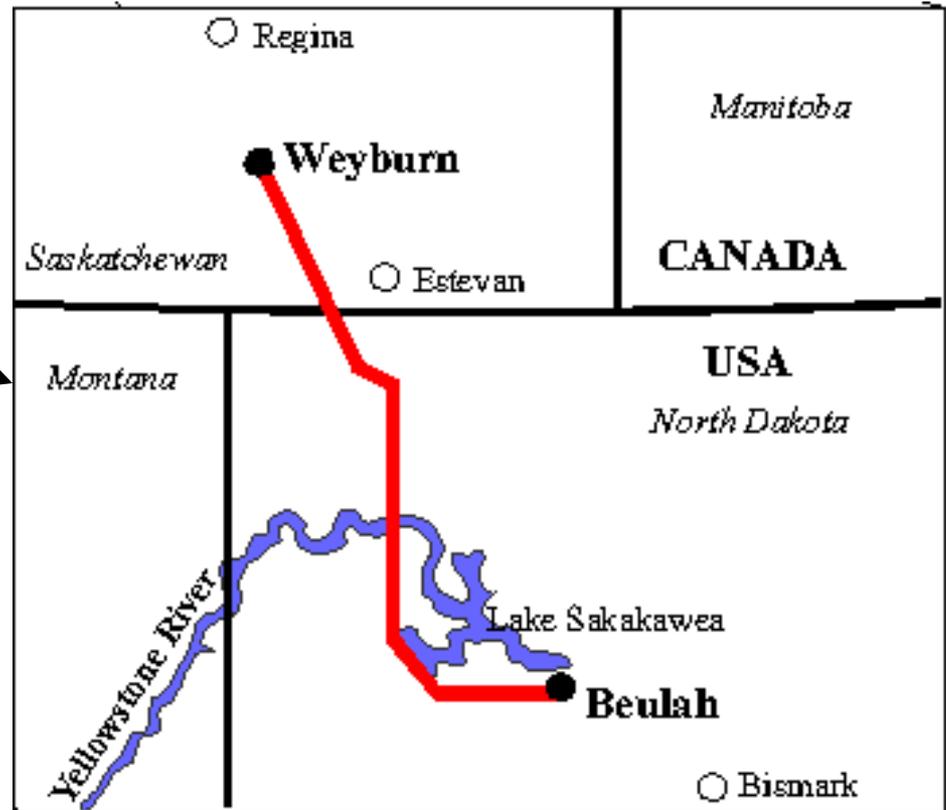


Opérateur : Statoil

IEA Weyburn CO₂ Monitoring and Storage Project

Stockage de CO₂ dans le champ pétrolier de Weyburn, combiné à la récupération assistée de pétrole

Opérateur :
EnCana



The Weyburn Unit

IEA Weyburn CO₂ Monitoring and Storage Project

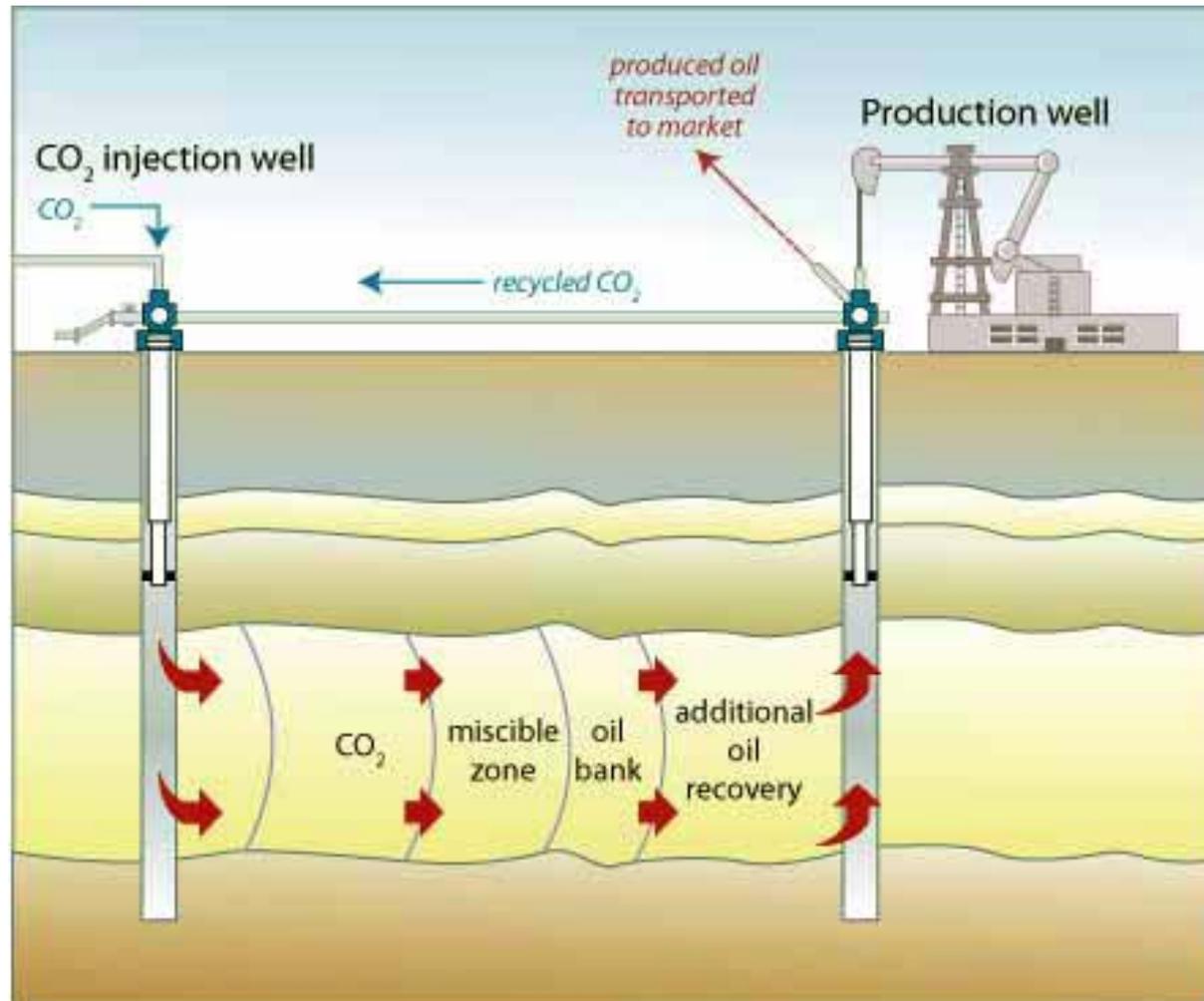
1,8 Mt/an depuis sept. 2000

Gazoduc 330 km

5000 t CO₂ / jour



Schéma de la récupération assistée de pétrole par injection de CO₂



Source: IPCC

In-Salah (Algérie) – nouvelle opération industrielle



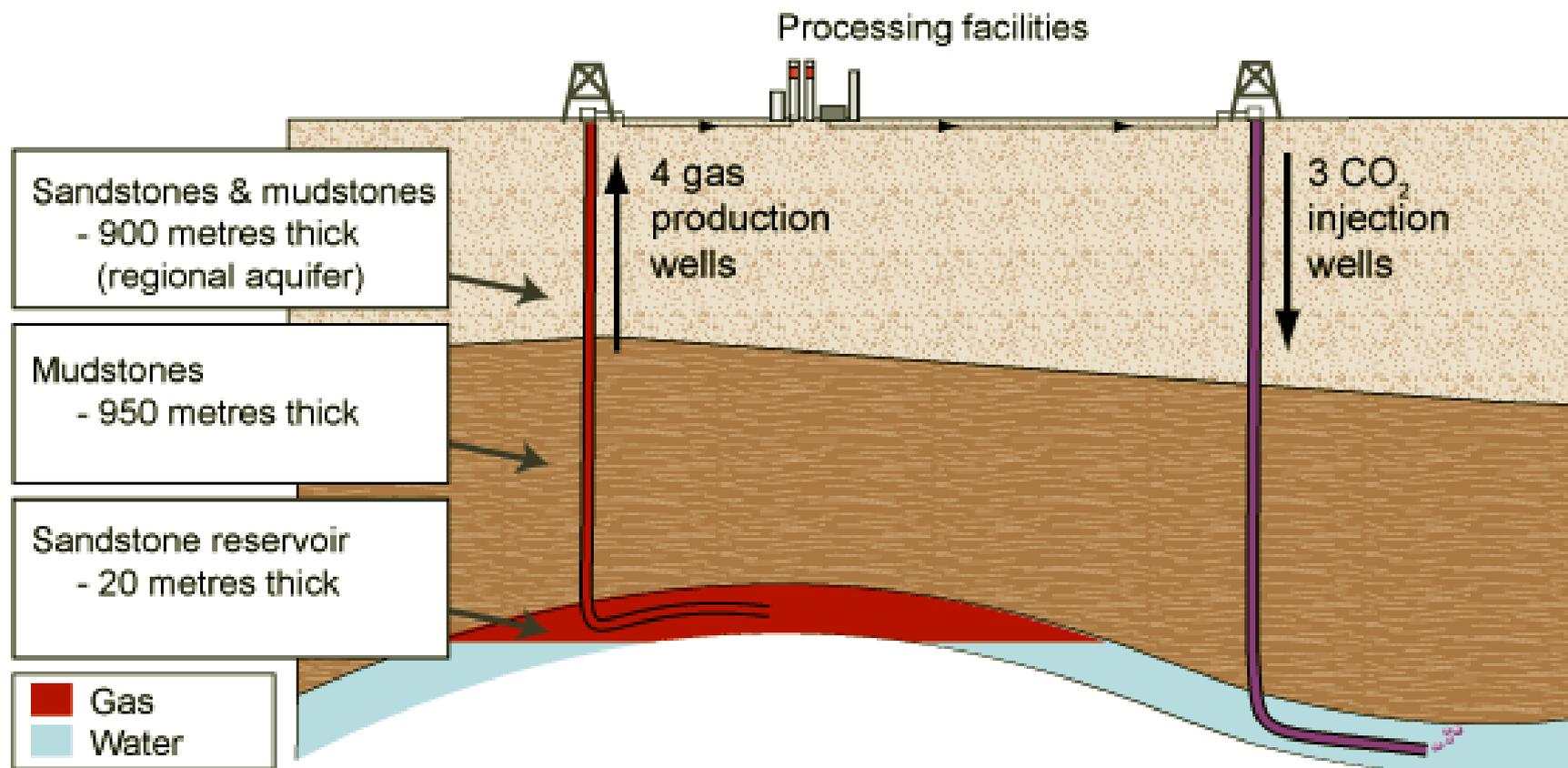
Stockage dans
l'aquifère jouxtant le
réservoir de gaz

**1 Mt CO₂/an
depuis avril 2004**

Opérateur : BP

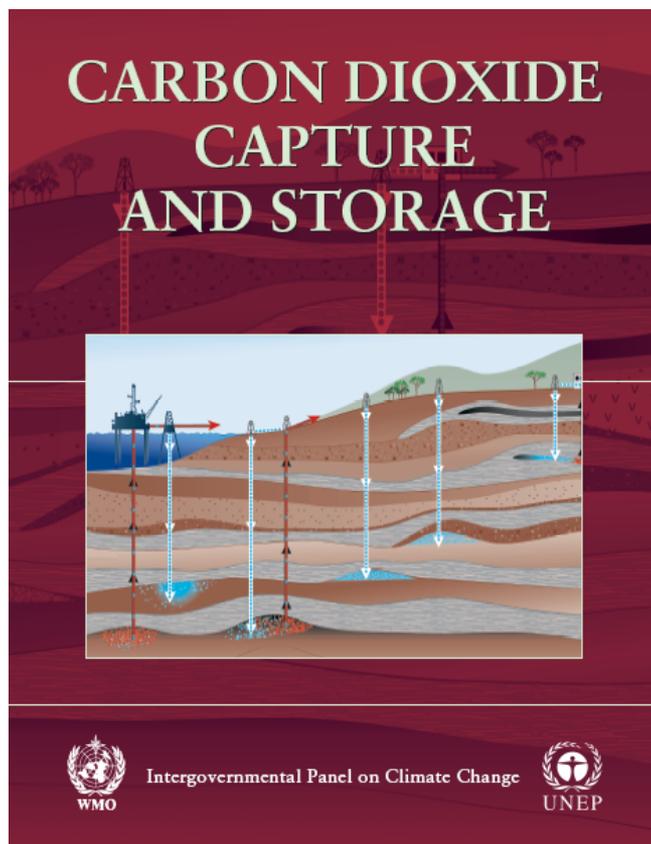
**In Salah Gas
Project**

In-Salah (Algérie)

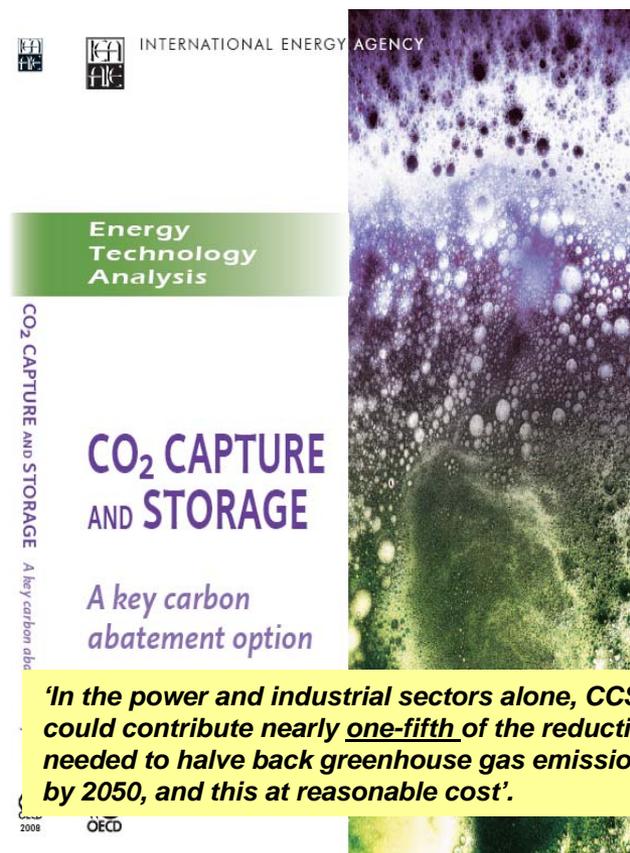


Source: IPCC

Une technologie en plein développement dans le monde



Rapport spécial du GIEC, 2005



Rapport de l'AIE, 2008

Aspects techniques

Législation

Réglementation

Economie

Acceptabilité sociale



Feuille de route CCS de l'AIE (IEA CCS Roadmap) - Oct. 2009

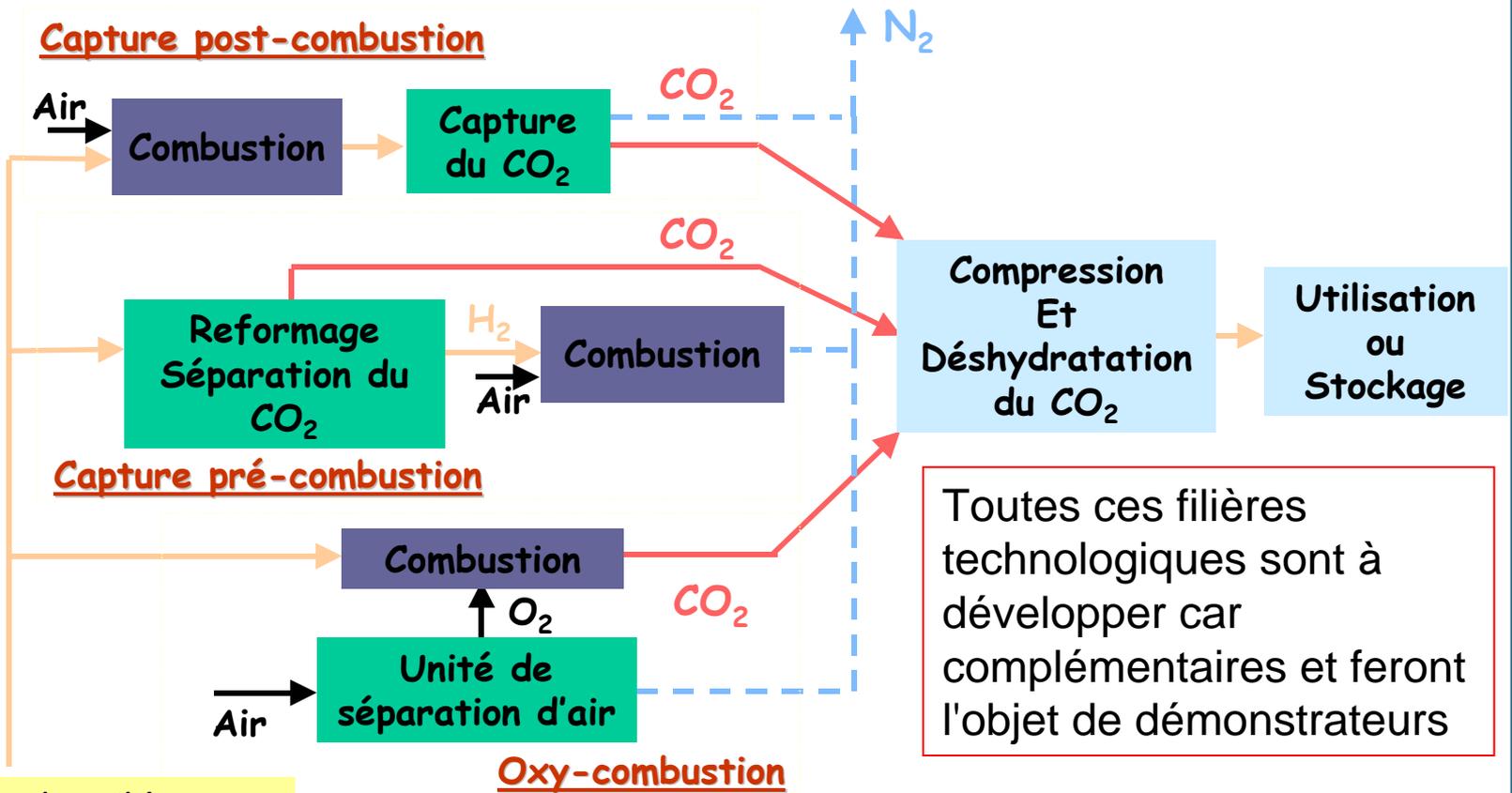
- > The roadmap for the first time spells out a detailed scenario for expanding CCS from its current demonstration phase to full commercialisation and large-scale deployment between now and 2050.
- > Some key findings include:
 - There will be a need to put in place **100 CCS plants by 2020**, building to **3,400 in 2050** to achieve the global goal of stabilising climate change at 2 degrees Celsius
 - CCS will need to begin in OECD countries but then must rapidly expand to all fossil-based developing countries, who are anticipated to account for 65% of CO₂ captured in 2050
 - CCS is not just a "clean coal" strategy; emissions-intensive sectors like cement, iron & steel and chemicals; as well as upstream fuel transformation activities, will also need to use CCS to achieve our climate change goals. In fact by 2050, less than 40% of the CO₂ captured will be at coal-fired power plants.



3. Les options de captage, transport, stockage géologique



Le captage du CO₂ : trois options



Toutes ces filières technologiques sont à développer car complémentaires et feront l'objet de démonstrateurs

Combustible
(gaz naturel, charbon, hydrocarbures, biomasse)

Quels sont les défis pour la capture du CO₂ ?

- > **La capture peut être accomplie avec les technologies disponibles mais :**
 - Les coûts de production vont augmenter
 - La consommation de combustible va augmenter
 - Il n'y a pas d'expérience industrielle pour la capture à l'échelle des centrales thermiques

- > **Les problèmes suivants devront être résolus :**
 - Comment réduire les surconsommations énergiques induites par la capture?
 - Comment réduire les coûts de capture?

- > **Une réduction des coûts d'un facteur 2 à 4 semble possible grâce à:**
 - Des efforts importants en R&D
 - La standardisation des méthodes

Actuellement 70% du coût total : entre 50 et 70 euros la tonne de CO₂ évitée (surconsommation d'énergie de 10%)



Géosciences pour une Terre durable

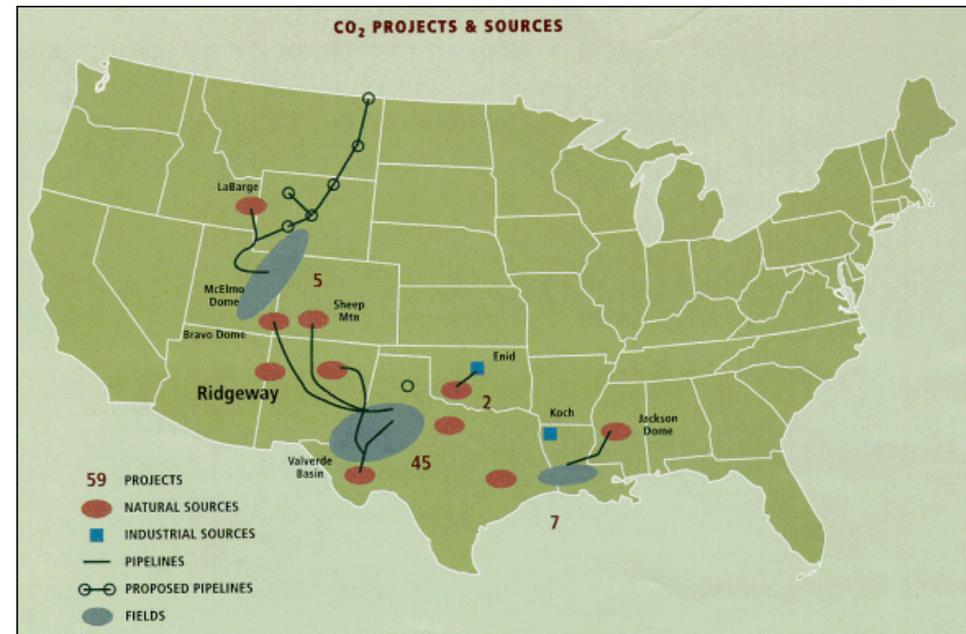
brgm

Le transport du CO₂

Pipelines

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

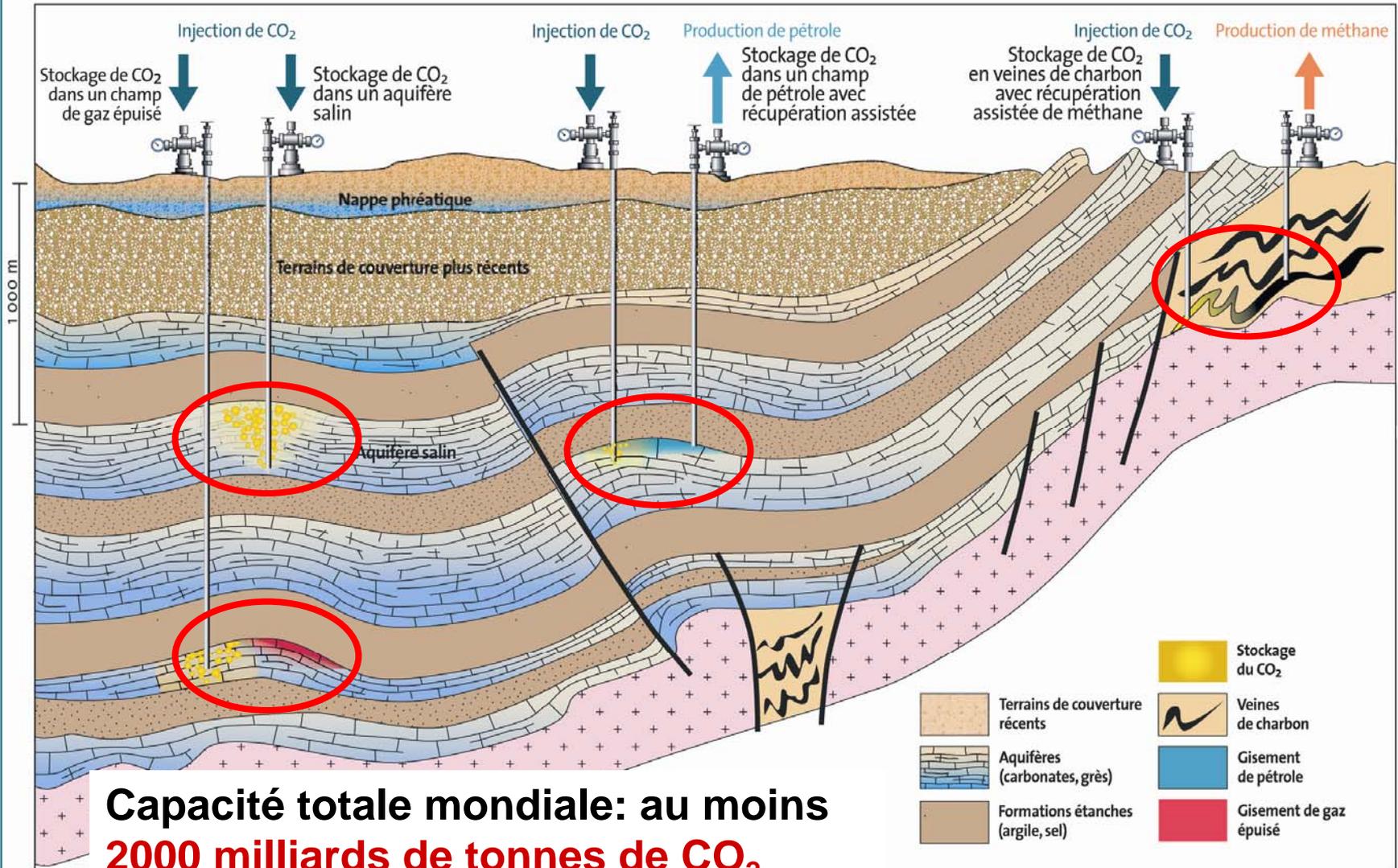
- le plus long fait 656 kms (Sheep Mountain pipeline)
- des réseaux pourraient être construits, comme pour la distribution de gaz naturel



Bateaux

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

Les différents types de stockage géologique de CO₂

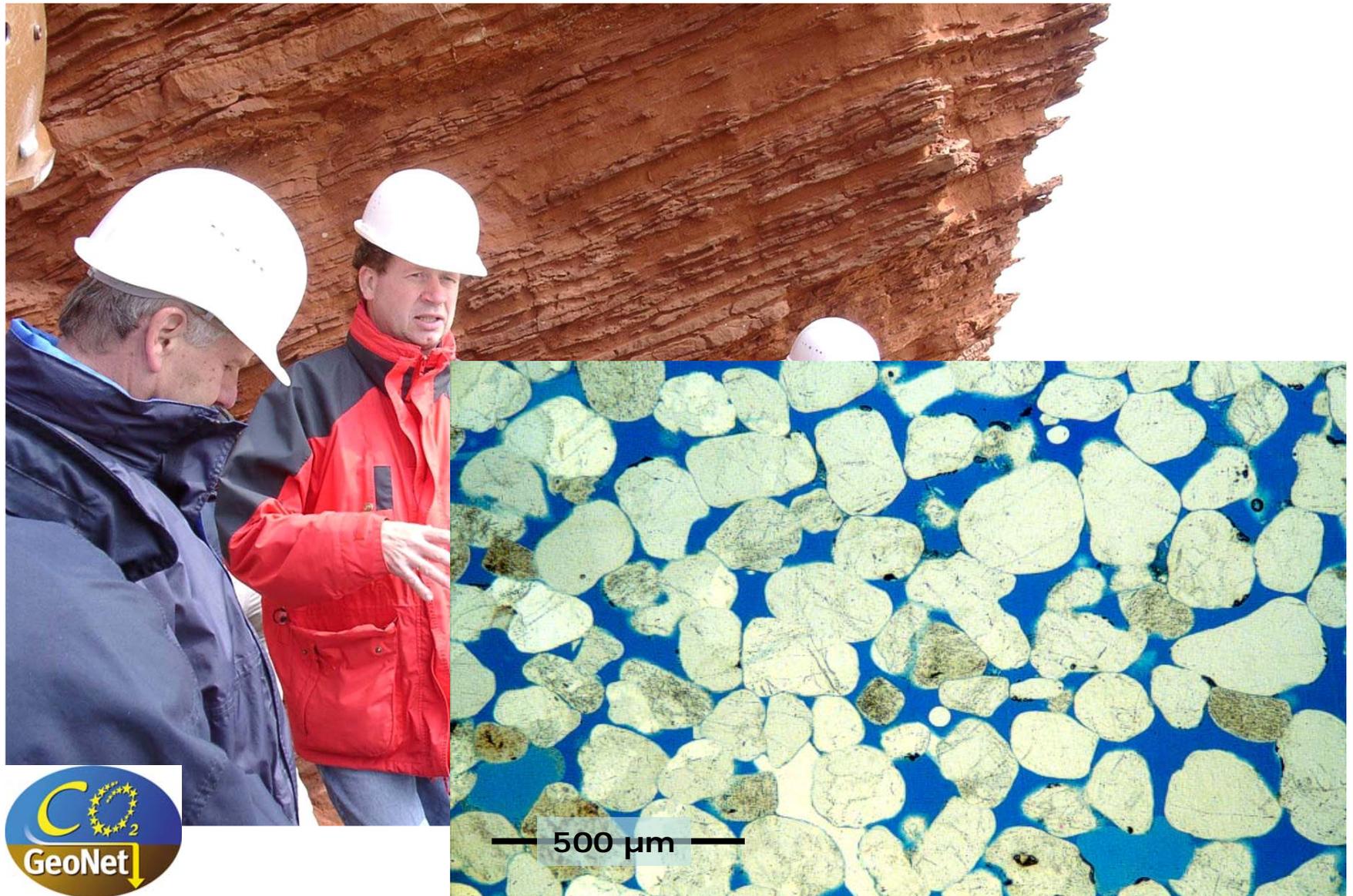


**Capacité totale mondiale: au moins
2000 milliards de tonnes de CO₂
(GIEC 2005)**



© BRGM-tim@gé

Roches réservoirs poreuses et perméables



Roche couverture imperméable



Argile

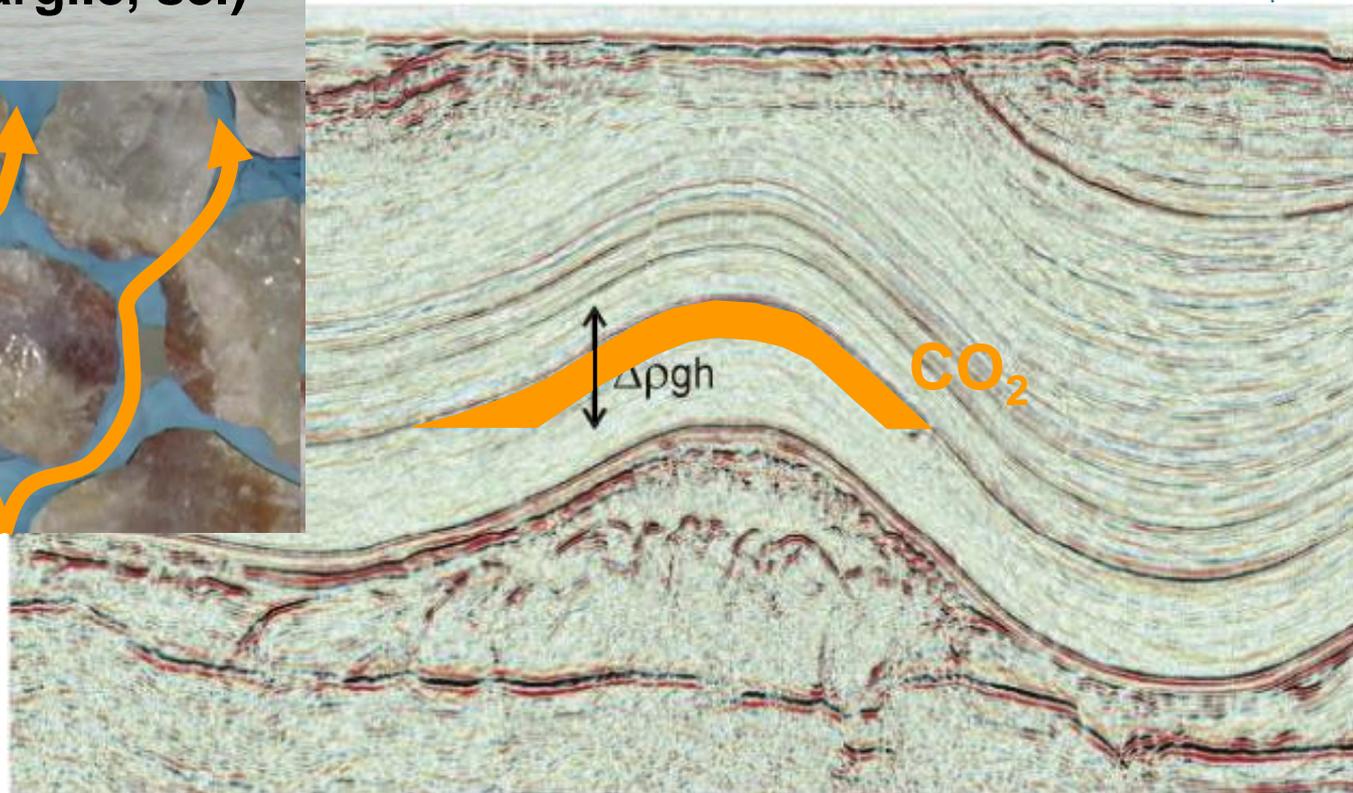


Geol. Uni Köln



Remontée rapide du CO₂ dense vers le toit du réservoir – piégeage par la couche imperméable sus-jacente

Roche couverture (argile, sel)



Mécanismes de piégeage

> Piégeage physique

- sous forme dense supercritique ($> 31^{\circ}\text{C}$ et 73 bars) au-delà de 800m de profondeur
- dans les pores des roches réservoirs
- couverture imperméable nécessaire au toit du réservoir (argiles, sels)

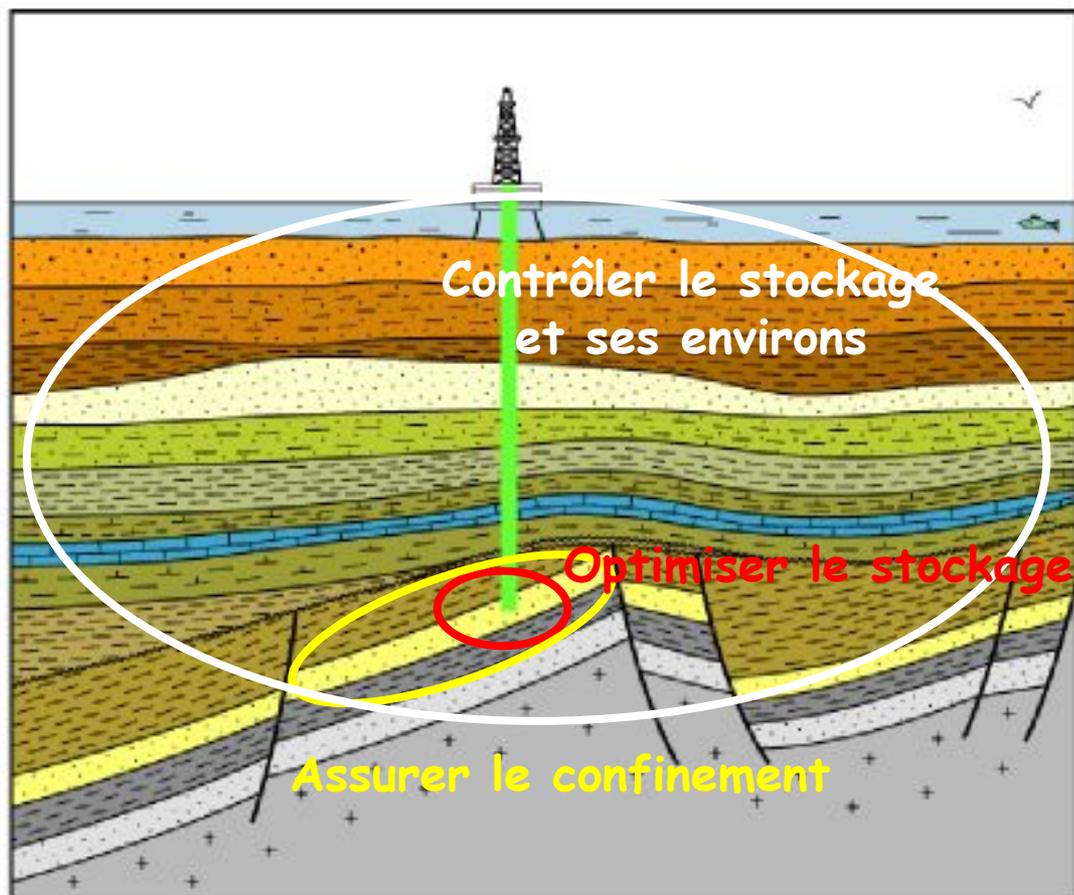
> Piégeage géochimique

- sous forme dissoute : $\text{CO}_2(\text{aq})$, HCO_3^- , CaHCO_3^+ ...
- sous forme minérale : CaCO_3 (calcite), FeCO_3 (sidérite), $\text{NaAlCO}_3(\text{OH})_2$ (dawsonite), ...

> Piégeage par adsorption sur le charbon (fixation à la surface du charbon)

Importance croissante avec le temps

Les enjeux techniques du stockage : efficacité et sécurité sur plusieurs siècles



- > **Sélection des sites adéquats: capacité, injectivité, intégrité**
- > **Modélisation prédictive**
- > **Techniques de surveillance : alerte et bilan matière**
- > **Evaluation des risques et remédiation**
- > **Critères de sécurité, manuels de bonnes pratiques, normes**

Recherches et initiatives dans le monde

- > Beaucoup de projets R&D en Europe, Australie, Canada, Japon, USA
- > De plus en plus de démonstrateurs annoncés
- > Collaboration internationale :

Programme Gaz à Effet de Serre de l'Agence Internationale de l'Energie (IEAGHG)

- 17 pays + Commission Européenne : Afrique du Sud, Allemagne, Australie, Canada, Corée, Danemark, Finlande, France, Japon, Nouvelle-Zélande, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède, Suisse, USA, Venezuela
- 10 sponsors industriels : Alstom, BP, Chevron, ENI, EPRI, ExxonMobil, Repsol, RWE, Shell, Total

Carbon Sequestration Leadership Forum (CSLF)

- 21 pays + Commission Européenne : Afrique du Sud, Allemagne, Arabie Saoudite, Australie, Brésil, Canada, Chine, Colombie, Corée, Danemark, France, Grèce, Inde, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pays-Bas, Russie, Royaume-Uni, USA





4. Où stocker en Europe et en France ?



Critères géologiques :

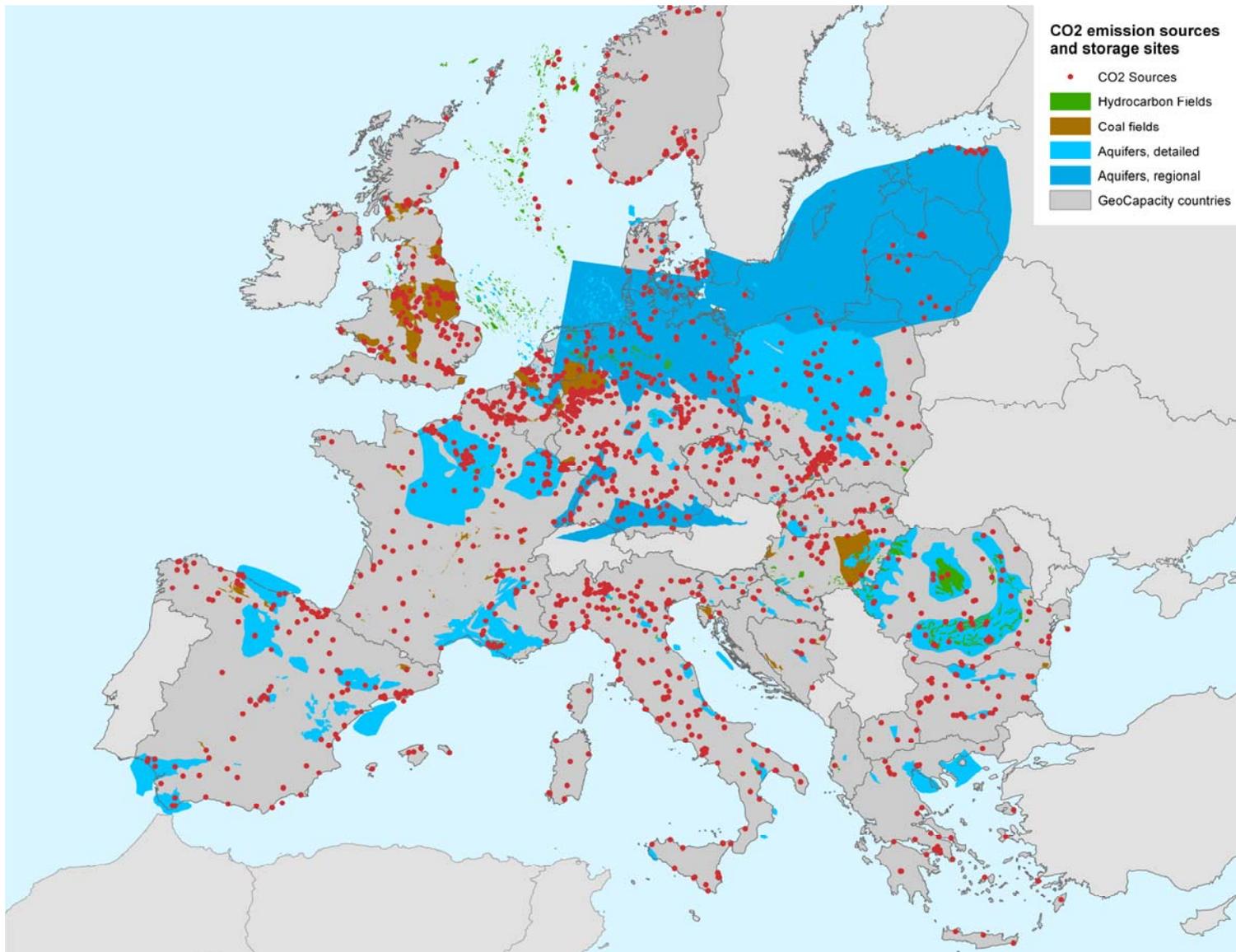
- > Au-delà de 800 m de profondeur (CO₂ à l'état supercritique)
- > Formation de stockage à porosité, perméabilité et extension suffisantes pour garantir une injection aisée et une capacité de stockage importante
- > Présence d'une couche écran imperméable appelée couverture, dépourvue de défauts ou failles conductrices
- > Présence préférable de structures de pièges (par ex couverture en forme de dôme anticlinal)



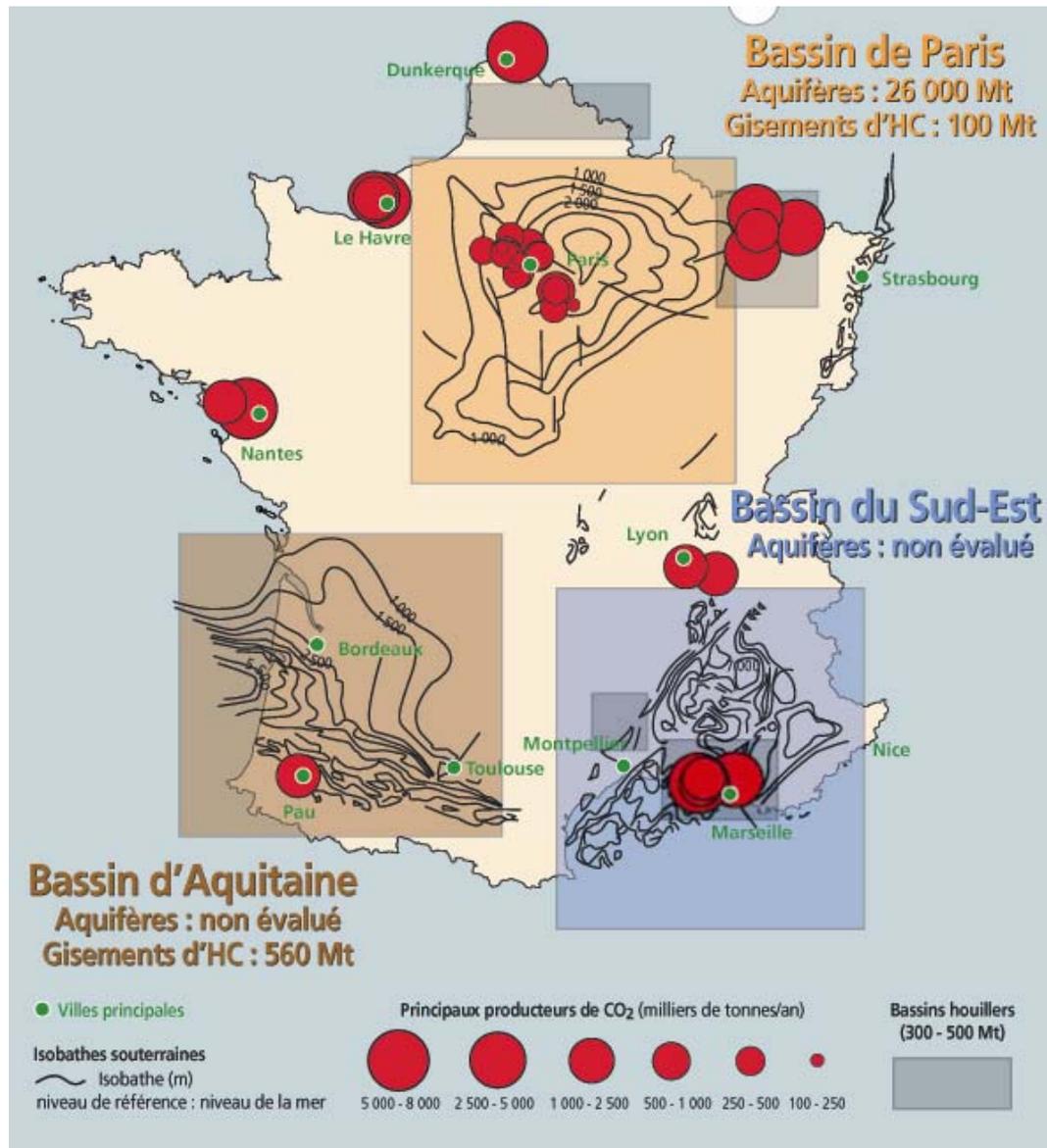
Assessing European Capacity for Geological Storage of Carbon Dioxide

www.geocapacity.eu

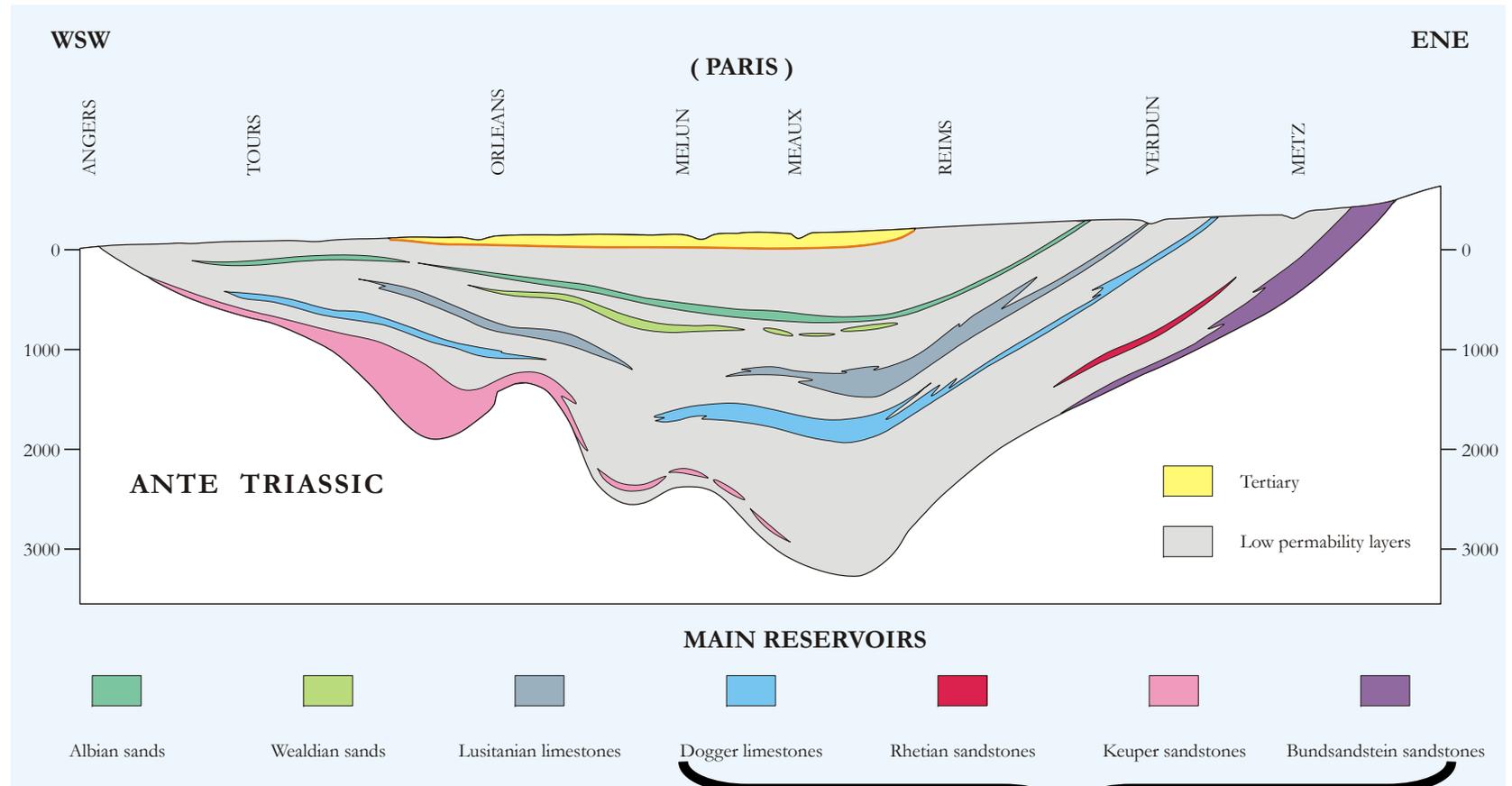
20 countries studied



Où stocker en France ?



Les principaux aquifères du Bassin Parisien



Cibles pour le stockage de CO₂ :
aquifères profonds du Trias et du Jurassique moyen

Critères socio-économiques

- > Distance aux sources de CO₂ et moyens de transport
- > Contraintes environnementales
- > Contraintes réglementaires
- > Coûts et contraintes économiques
- > Choix politiques
- > Adhésion des populations locales

L'Union Européenne : programmes cadre (du 3^{ème} au 6^{ème} PCRD) et projets de séquestration du CO₂

- > **3ème PCRD** : **Projet JOULE** (1993-1995) ' The underground disposal of carbon dioxide ' sur la faisabilité du concept
- > **4ème PCRD** : **SACS** (stockage en aquifère, Sleipner, Norvège)
- > **5ème PCRD** :
 - capture : **AZEP, GRACE**
 - aquifères : **SACS2, CO2STORE**
 - réservoirs hydrocarbures : **WEYBURN, NGCAS**
 - veines de charbon : **RECOPOL, ICBM**
 - analogues naturels : **NASCENT**
 - scénarios source-transport-stockage en Europe : **GESTCO**
 - Réseau thématique : **CO2NET, CO2NET2**

L'Union Européenne : programmes cadre (du 3^{ème} au 6^{ème} PCRD) et projets de séquestration du CO₂

> 6^{ème} PCRD :

- Capture : Capture : ENCAP, ISCC, CLC GAS POWER, CACHET
- Stockage : CO2GeoNet, CO2ReMoVe, EU GeoCapacity, GRASP
- Capture et Stockage : CASTOR, CO2SINK
- Production d'hydrogène: DYNAMIS (HYPOGEN PHASE 1)
- Secteur de la sidérurgie : ULCOS
- Action de co-opération internationale : InCA-CO2, INTAS

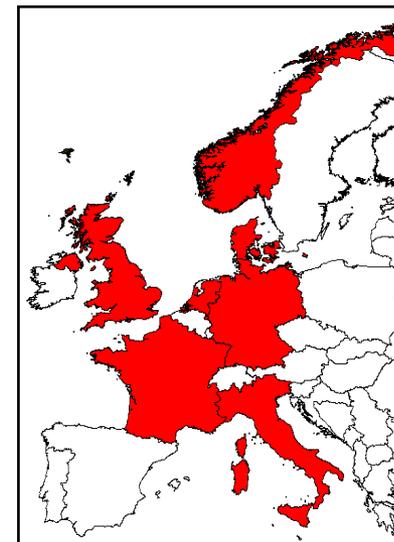
> 7^{ème} PCRD : de nouveaux projets ont démarré en 2008

Des programmes et projets nationaux ont aussi démarré dans un nombre croissant d'états membres

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



- > **Objectif** : intégration durable des meilleures équipes de recherche pour former **l'instance scientifique européenne de référence sur le stockage géologique de CO₂**
- > **13 partenaires sur 7 pays**
- > Plus de 300 chercheurs impliqués, équipe multidisciplinaire de spécialistes couvrant tous les aspects du stockage
- > **Activités**
 - Recherches conjointes
 - Formation
 - Expertises et avis scientifiques
 - Information et communication
- > **Initié par un contrat 6^{ème} PCRD (2004-2009)**
- > **Statut légal d'Association loi 1901 acquis en 2008 (siège à Orléans)**
- > **Rôle important pour le développement des technologies de stockage et établir la confiance**



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



CO₂GeoNet - une association orléanaise d'envergure européenne

- Association scientifique à but non lucratif enregistrée à Orléans, publication au "Journal Officiel" du 5/07/2008

Mardi 16 Septembre 2008 | Accueil

Logo République Française
Premier ministre
Direction des Journaux officiels

Les Journaux officiels

le plus court chemin entre la loi et vous

Accueil > Les annonces publiées au JO Associations > Consulter les annonces

JOURNAL OFFICIEL AUTHENTIFIÉ

- > Consulter le JO authentifié
- > Consulter les Documents administratifs
- > Aide
- > FAQ

ANNONCES OFFICIELLES

Les annonces de marchés publics/BOAMP

- > Consulter les annonces
- > Abonnement aux alertes
- > Passer une annonce

Les annonces publiées au JO Associations

- > Consulter les annonces

Les annonces publiées au BALO

- > Consulter les annonces
- > Consulter votre sélection
- > Passer une annonce

Aide

Tarifs des insertions

LES PUBLICATIONS

- > Les bases de données JO
- > Abonnements JO et OPOCE
- > Catalogue/Actualisation des ouvrages

BO CONVENTION COLLECTIVE

- > Consulter les textes
- > Aide

INFORMATIONS JO

- > En savoir plus sur les JO
- > Rapport d'activité 2007(PDF)
- > Les marchés passés par la DJO

■ **Résultat de votre recherche**

Résultat de la recherche : **1 annonce(s)**

Rappel de vos critères de recherche :
Annonce(s) contenant le ou les mots : CO2GeoNet

> **Modifier ma recherche**

Page 1 / 1

Association : **CO2GEONET - RESEAU D'EXCELLENCE EUROPEEN SUR LE STOCKAGE GEOLOGIQUE DE CO2.** No d'annonce : 848
Identification WALDEC : **W452005608** Paru le : 05/07/2008

No de parution : **20080027**
Département (Région) : **Loiret (Centre)**

Lieu parution : **Déclaration à la préfecture du Loiret.**
Type d'annonce : **ASSOCIATION/CREATION**

Déclaration à la préfecture du Loiret. **CO2GEONET - RESEAU D'EXCELLENCE EUROPEEN SUR LE STOCKAGE GEOLOGIQUE DE CO2.** *Objet :* permettre le développement du réseau de recherche crée par le biais du réseau d'excellence CO2GeoNet, financé par le programme UE-FP6, de manière à traiter collectivement des problématiques européennes d'intérêt commun en matière de stockage géologique de CO2. Etablir un organisme scientifique européen spécialisé dans le stockage géologique du CO2, qui oeuvre durablement afin de permettre le déploiement efficace et sûr de la technologie de captage et de stockage du CO2 (CSC) de manière à atténuer les effets du changement climatique et de l'acidification de l'océan. Poursuivre le processus d'intégration en cours entre les membres afin de constituer un établissement européen virtuel, par un échange permanent d'informations sur les activités menées, l'alignement des programmes de recherche, l'échange de personnel, le partage des infrastructures et des DPI existants et ultérieurement acquis, en évitant les efforts de recherche redondants. Identifier les lacunes dans les connaissances et mettre au point de nouveaux projets et outils de recherche en vue de les combler. Rechercher des financements extérieurs dans le cadre de programmes industriels et nationaux européens, afin de diversifier, étoffer et consolider le portefeuille d'activités de recherche partagées. Soutenir la mise en oeuvre de programmes de recherche communs tant parmi les membres qu'avec d'autres établissements de recherche européens. Promouvoir la formation des générations futures de scientifiques qui seront nécessaires pour un déploiement à grande échelle de la technologie visée. Etre une source impartiale d'informations scientifiques et techniques sur tous les aspects du stockage de CO2, avec le concours d'une communauté scientifique intégrée forte d'une expertise multidisciplinaire. Conseiller l'Union Européenne et les Etats Membres sur des questions d'ordre scientifique, réglementaire et politique. Rechercher les meilleurs moyens à mettre en oeuvre pour diffuser les informations et appuyer des actions de

Activités:

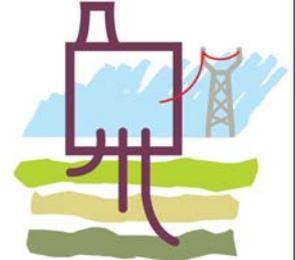
- Recherche
- Formation
- Expertises et avis scientifiques
- Information et communication

Reconnaissance internationale:

- IEAGHG
- CSLF



ZEP – Plateforme technologique européenne pour des centrales thermiques à Zéro Emission de CO₂



- > Fondée en 2005
- > L'objectif : rendre le CSC commercialement viable d'ici 2020 et démarrer sa mise en œuvre à grande échelle
- > Membres: services publics européens, sociétés pétrolières, fournisseurs d'équipement, services géologiques nationaux, institutions d'enseignement, ONGs environnementales
- > Travail étroit avec l'Union européenne (UE) sur toutes les politiques relatives au CSC
- > Recommandation phare (2006): réaliser d'ici 2015 10 à 12 projets de démonstration à grande échelle en Europe, pour être prêt pour un déploiement commercial de la technologie à partir de 2020
- > Entérinée par l'Europe en 2007 : **EU Flagship Programme 10-12 integrated, large-scale CCS demonstration projects Europe-wide by 2015 - to demonstrate a diverse range of infrastructure, technologies, fuels and storage locations**



Paquet Energie Climat

- > Proposé par la Commission le 23 janvier 2008 pour mettre en œuvre les objectifs définis lors du Sommet européen de mars 2007 (3 x 20%)
 - 20% de réduction des émissions de GES en 2020 par rapport à 1990 (30% si accord international)
 - 20% d'énergie renouvelable en 2020
 - 20% d'amélioration de l'efficacité énergétique en 2020
- > Approuvé avec compromis par le Conseil Européen le 12 décembre 2008
- > **Directive spécifique sur le stockage géologique de CO₂**
- > **Autres textes concernant le CSC:**
 - Financement des installations de démonstration (DG TREN)
 - Aides d'Etat dans le domaine de l'environnement (DG Competition)
 - Prise en compte du CSC dans le système européen d'échange des quotas d'émission
 - Plan de développement stratégique des technologies de l'énergie (SET Plan)

La phase de démonstration est engagée

Need now to learn by doing!

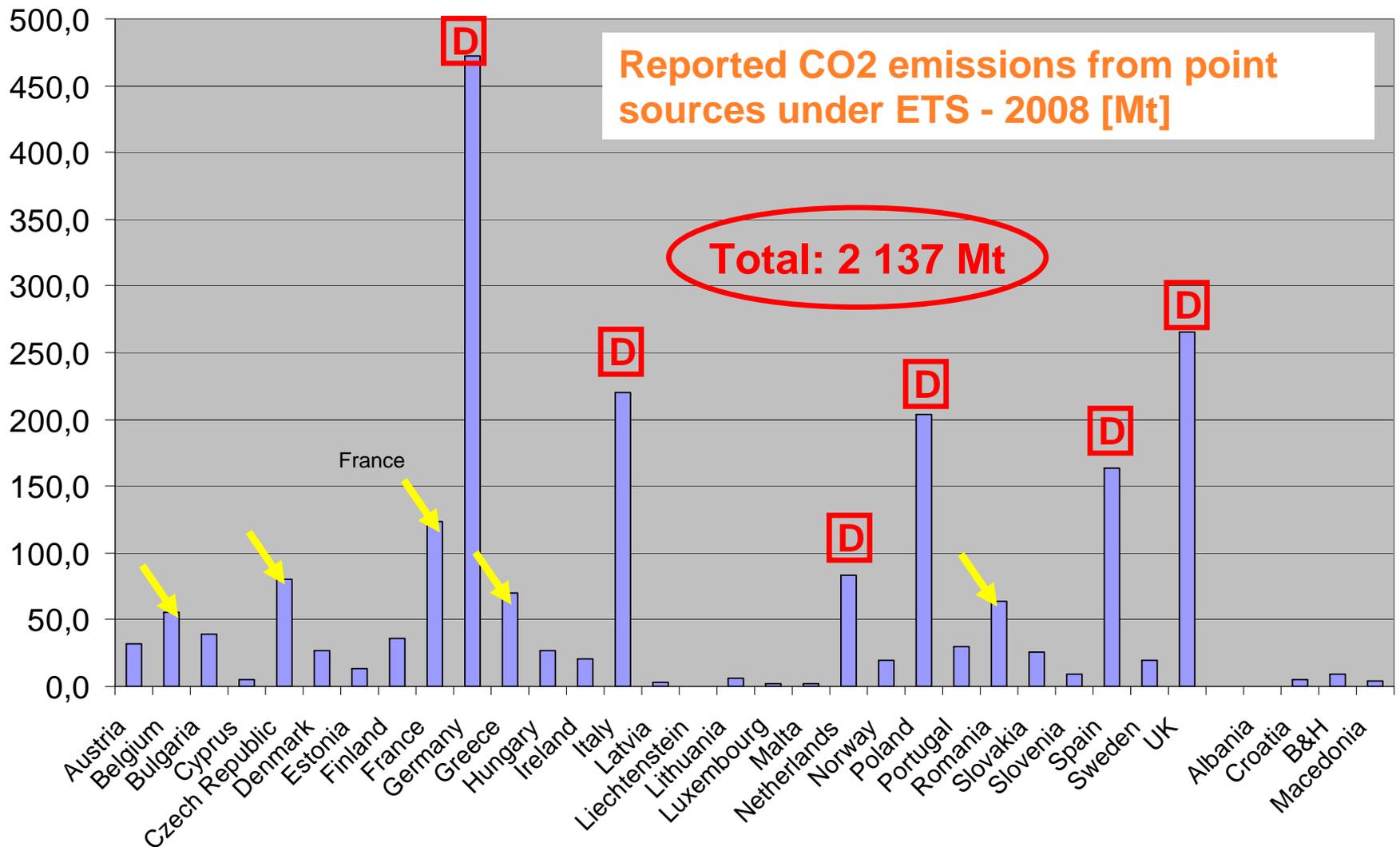
- > Demonstration phase engaged worldwide with 1st generation technologies
- > EU Flagship Programme: 10-12 integrated, large-scale CCS demonstration projects Europe-wide by 2015 - to demonstrate a diverse range of infrastructure, technologies, fuels and storage locations (announcement in 2007)
- > 10-12 Demo Projects = €7 Billion - €12 Billion in Funding

Financing:

- > European Trading Scheme – New Entrants Reserve (ETS-NER 300) - €6bn (at \pm €20/Ton)
 - 300 million allowances reserved for demonstrating CCS and innovative renewables
- > European Economic Programme for Recovery (EEPR) - €1bn
- > Additional funding by Members States - €0-5bn



Six démonstrateurs financés par le Plan de relance européen



Courtesy Vit Hladik, Czech Geol. Survey



6. Où en est-on en France ?



La R&D captage et stockage de CO₂ en France

Le BRGM a débuté les recherches en 1993
(projet européen Joule - faisabilité du concept de stockage géologique)

Rejoint par l'**IFP** (SACS) - implication forte à partir de 2000-2001

Au niveau institutionnel : prise de conscience tardive (**2001**)
mais en très forte progression.

Création du Club CO₂ (1^{ère} réunion juin 2001)

ADEME (Présidence), TOTAL et ARCELOR (Vice-présidence),
BRGM et IFP (Secrétariat), Air Liquide, Alstom, CNRS, EDF, GDF, Geostock, Lafarge

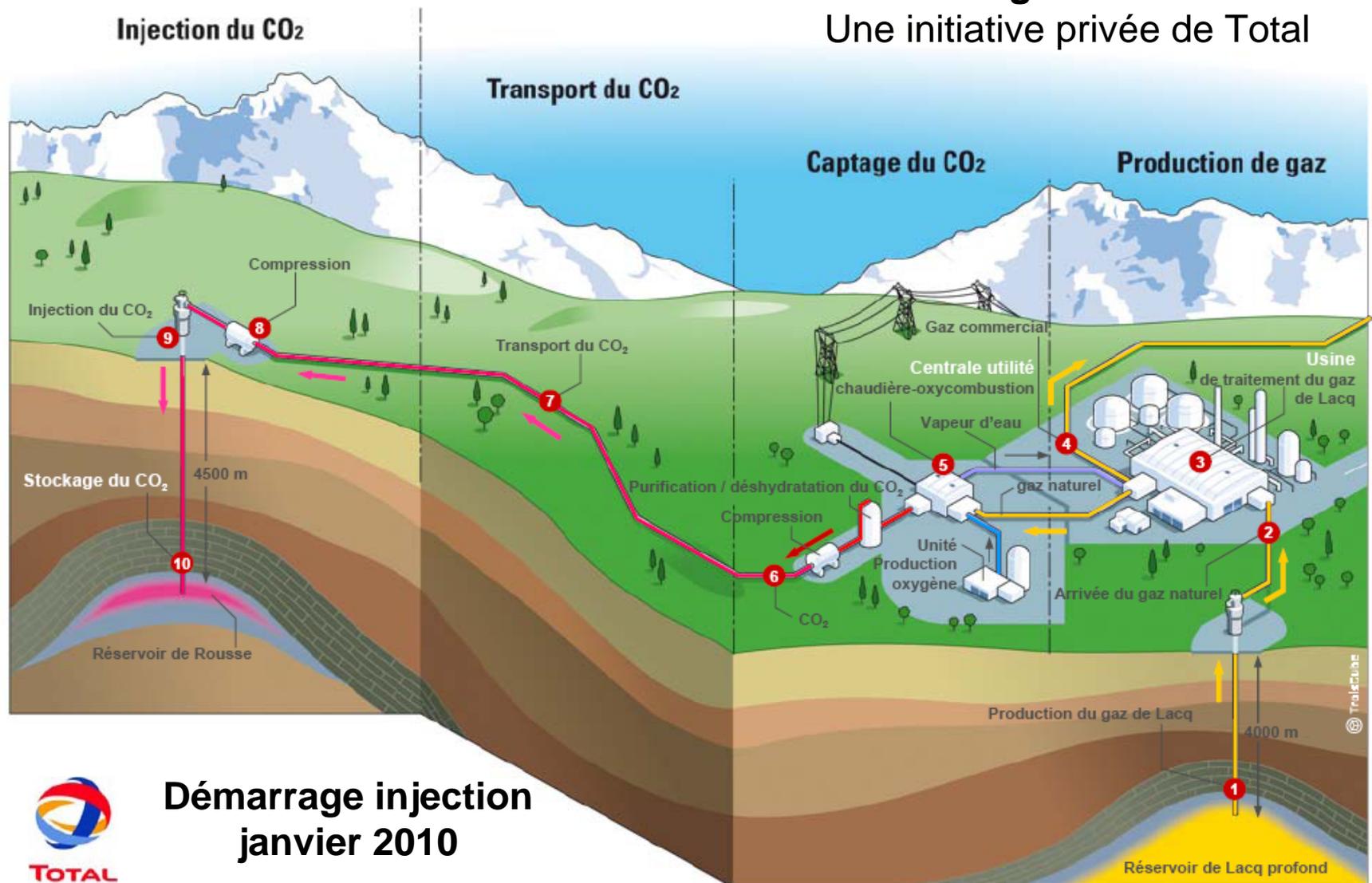
A partir de 2002, démarrage progressif de projets de R&D français
via le RTPG, l'ADEME, le CNRS, les industriels...
et à partir de 2005 par la nouvelle Agence Nationale de la Recherche

Fin 2007, Grenelle de l'Environnement - **Engagement n°61 : Expérimenter
les technologies de captage et de stockage géologique du CO₂**

Le pilote CO2 de Rousse (France)

Pilote intégré

Une initiative privée de Total



Démarrage injection
janvier 2010

Les démonstrateurs de recherche français

- Un fond public (Fonds Grenelle) pour favoriser les développements expérimentaux, entre la phase de recherche et celle de l'industrialisation
- 5 dossiers ont été soumis à l'automne 2008
 - **Alstom, EdF, GdF Suez et Armines** : projet « **Pil Ansu** » de captage du CO₂ par antisublimation (givrage/dégivrage des gaz).
 - **Alstom et EdF** projet de captage aux amines en post-combustion. En cours d'instruction.
 - **Total dans le bassin parisien** : projet pour identifier la possibilité de développer un stockage de taille industrielle dans le bassin de Paris
 - **Véolia à Claye-Souilly** projet intégré de captage et stockage du CO₂ émis par des incinérateurs de déchets.
 - **Arcelor Mittal à Florange** en partenariat avec Paul Wurth, BRGM et Air Liquide, projet intégré de captage sur un haut-fourneau et de stockage de CO₂

En bleu, les projets notifiés au 1/09/09

Le stockage de CO₂ dans la région d'Artenay (Loiret)

Un projet du Contrat de Plan Etat-Région (2007-2013)

- > Le projet vise à identifier les conditions géologiques, techniques et économiques qui permettraient au captage et stockage du CO₂ de rendre encore plus efficace la **filière de production de biocarburants** au regard des réductions des émissions des gaz à effet de serre (filière sucrière en région centre).
- > Comme la biomasse a elle-même extrait le CO₂ de l'atmosphère par photosynthèse, un tel schéma pourrait conduire à une « **émission négative** » de CO₂.
- > Le BRGM et l'Université d'Orléans (le Laboratoire d'Economie d'Orléans et l'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans) étudient ce concept dont l'application pourrait s'envisager dans de nombreux endroits de la planète.



7. Conclusions - Perspectives



Conclusions - Perspectives

- Captage et stockage de CO₂ : recours indispensable pour atteindre les objectifs de réduction des émissions d'ici à 2050, en complément à d'autres moyens
- Solution pour les **émissions massives localisées**
- Le **charbon** pourrait retrouver ses lettres de noblesse et faciliter considérablement l'accession au développement des pays les plus pauvres
- Les **énergies non conventionnelles (huiles lourdes et extra-lourdes, bitumes, schistes bitumineux, hydrates de gaz)** pourraient se développer (potentiel énorme, répartition mondiale plus équilibrée)
- Ouvre également la voie à :
 - ✓ introduction de l'**hydrogène** comme nouveau vecteur énergétique (production centralisée d'H₂ à partir de charbon ou de gaz avec CCS)
 - ✓ développement de la production de **carburants synthétiques** à partir de charbon (avec CCS pour la moitié du carbone contenu dans le charbon)
 - ✓ Production de **biocarburants** avec CCS (3/4 du carbone contenu dans la biomasse peut être stocké dans le sous-sol) – **émissions « négatives » de CO₂**
 - ✓ et donc à des réductions d'émissions dans les **transports** aussi
- Permettra une transition vers de nouvelles formes d'énergie et de nouveaux modes de vie

Que signifie vraiment le stockage géologique du CO₂ ?

Une utilisation responsable des énergies fossiles

L'élimination de la principale source de gaz à effet de serre

Le renvoi du carbone dans le sous-sol

Un répit pour développer des sources d'énergie sans impact sur le climat



Réseau d'excellence européen CO₂GeoNet

Pour plus d'information :

- > 5-6 novembre 2009, Paris : 3ème Colloque international IFP-BRGM-Ademe sur le CSC (prochaine édition en 2011)

www.co2symposium.com

- > Article dans revue *Covalences* de Centre-Sciences (janvier 2010)
- > Stages de formation en 2010 au BRGM Orléans:
 - « *Initiation à la technologie de captage et de stockage de CO₂* » (1,5 jour)
 - « *Modelling chemical reactivity during CO₂ geological storage* » (1 week)

www.brgm.fr

www.co2geonet.eu

www.metstor.fr

www.clubco2.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm