

CO<sub>2</sub>

Les défis  
de la  
Chimie

REPORTÉ AU

Lundi 16 novembre 2020

# Déchet ou Matière Première d'Avenir ?



Fondation de la Maison de la Chimie

Conception graphique : CB DEFRETIN | Photo : © fgaraf2 - alexdra - Sergey - Olivier Le Moal / Adobe Stock | le 18/03/20

## STOCKAGE GÉOLOGIQUE DU CO<sub>2</sub> : Capacités de stockage en Europe Coûts et contraintes réglementaires dans les aquifères salins profonds

**Didier BONIJOLY**

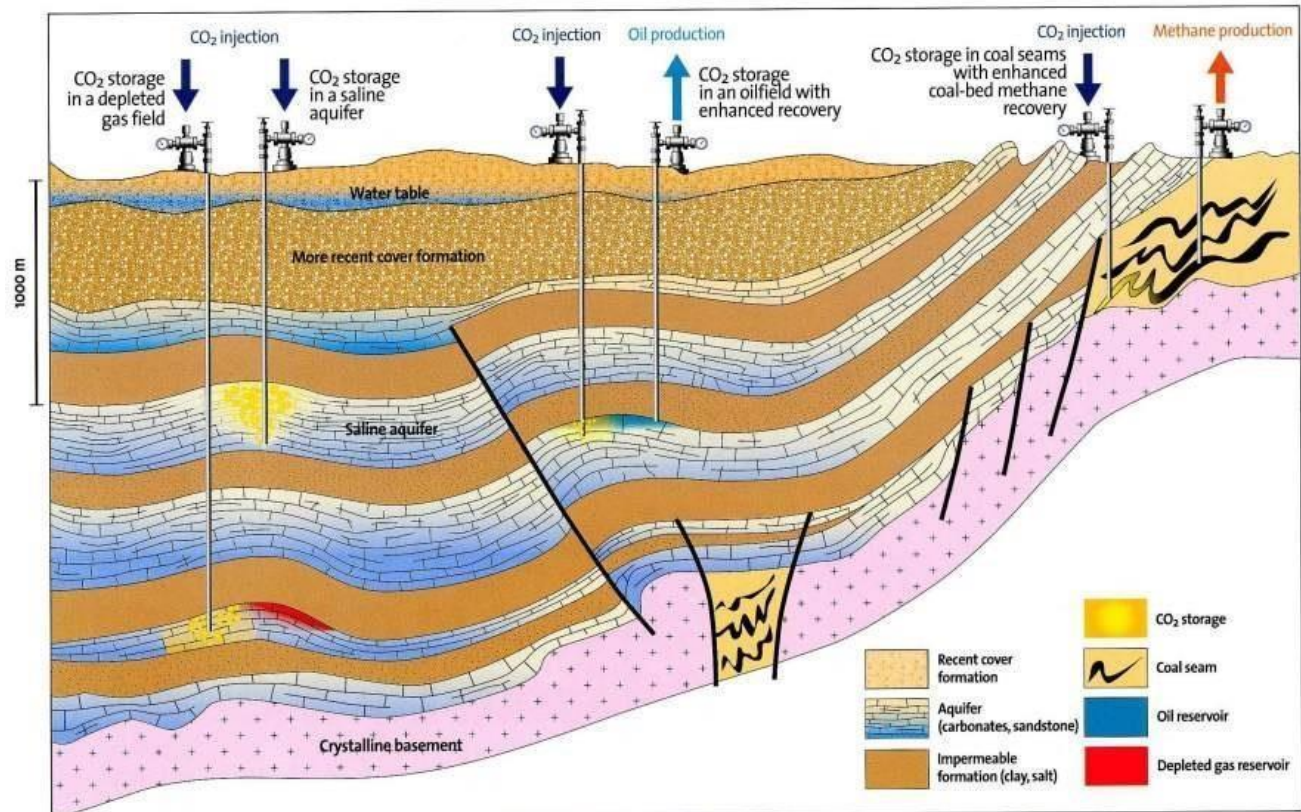
DIRECTEUR ADJOINT, BRGM  
EX-PRÉSIDENT DU CLUB CO<sub>2</sub>



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

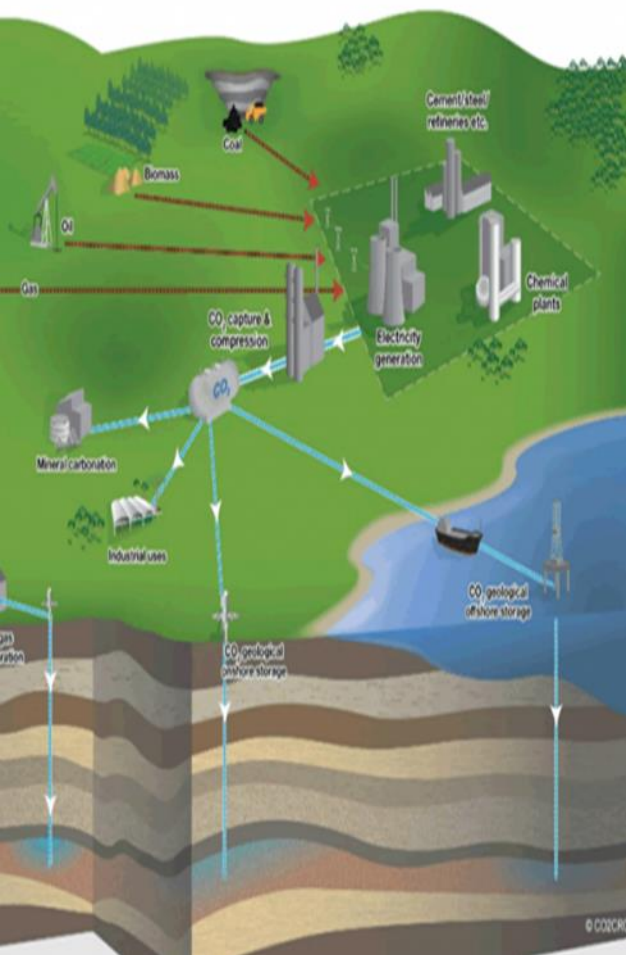
# Les principales options de stockage



- Questions cruciales pour le stockage de CO<sub>2</sub>
  - Où peut-on stocker le CO<sub>2</sub> en quantités suffisantes ?
  - Le stockage présente-t-il les **garanties de sécurité** nécessaires pendant des durées adéquates ?



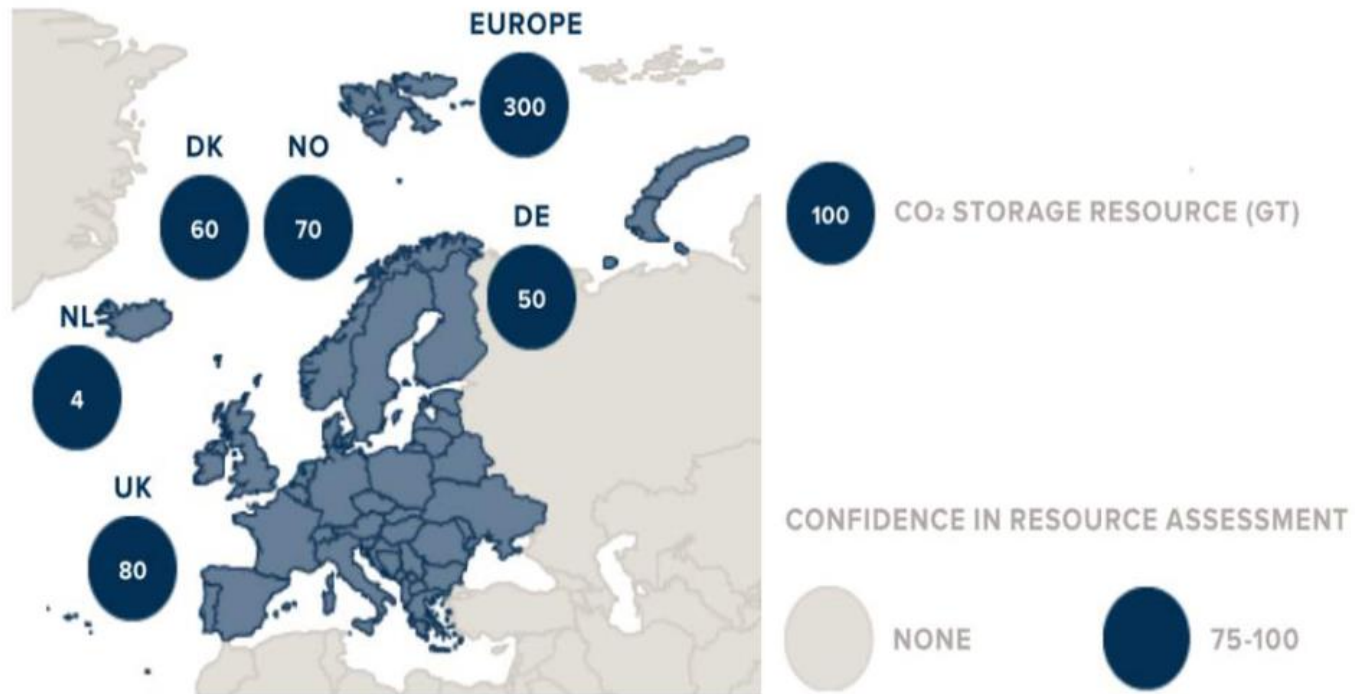
## Quels sont les objectifs pour le stockage de CO<sub>2</sub> en Europe



- Emissions de CO<sub>2</sub> en Europe en 2016 : 4.440,8 Mt<sub>CO2</sub>
- Emissions de CO<sub>2</sub> du secteur de l'énergie et de l'industrie : 1.731 Mt<sub>CO2</sub>
- Captage du CO<sub>2</sub> pour atteindre la neutralité Carbone : **281 et 606 Mt<sub>CO2</sub>** en 2050
- Stockage de CO<sub>2</sub> pour atteindre la neutralité Carbone : **80 et 298 Mt<sub>CO2</sub>** en 2050

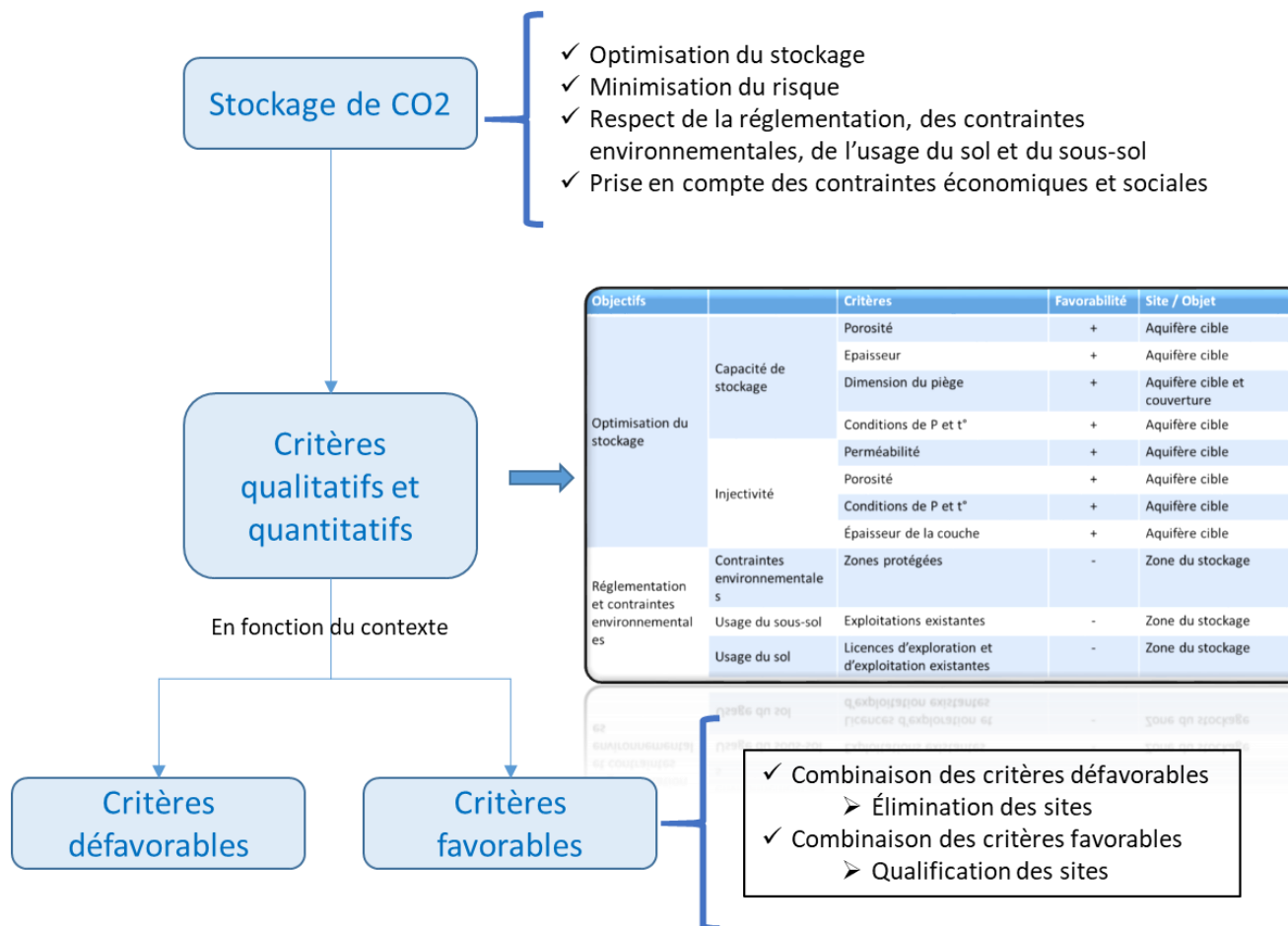
The potential for CCS and CCU in Europe, IOGP, 2019

## Les capacités de stockage du CO<sub>2</sub> en Europe (estimation)



Adapted from: Global CCS Institute (2018). *Global Status of CCS 2018*

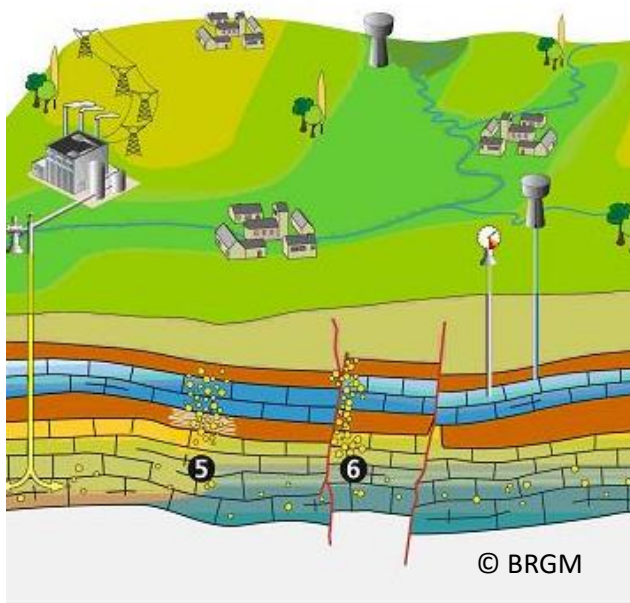
# Méthodologie de sélection de sites



Grataloup et al., 2010

# Maîtriser la sécurité du stockage

## *Scénarii de fuites pour garantir la sécurité des stockages de CO<sub>2</sub>*



- Une sélection judicieuse du site
- Une étude de sécurité appropriée
- Des opérations scrupuleuses
- Une surveillance attentive
- Un programme d'actions correctives adapté

Des projets de recherches menés depuis plus de 20 ans

Une expérience industrielle : Exploitation pétrolière et gazière

# Cycle de vie d'un stockage : phases et activités

## Potentiel de stockage

- Exploration
  - Pour les gisements déplétés : nombreuses données existantes – besoins d'exploration réduits
  - Pour les aquifères salins : connaissance faible, forts besoins d'exploration
  - Pré-sélection sur la base des données existantes
- Cout du stockage
  - indépendant du type de capture et du type de transport

## Exploitation du stockage

- Exploitation
  - Opérations pour mise en conformité avec la réglementation :
    - ✓ Mesure, surveillance et vérification du volume de CO2 stocké
- Cout du stockage
  - Dépend des infrastructures existantes et des puits abandonnés réutilisables ou non

## Fermeture du stockage

- Fermeture du site
  - Les puits sont « fermés », les infrastructures démantelées et le stockage est transféré à l'Etat
- Cout du stockage : il inclut
  - 20 ans de surveillance et de vérification après l'exploitation du site
  - Une soultte établie pendant l'exploitation du site et destinées à couvrir les risques possibles après le transfert à l'état

The cost of CO2 storage ZEP publication, 2010

# Quelques contraintes pour un déploiement du stockage de CO<sub>2</sub>



- Contraintes économiques
- Contraintes réglementaires
- Contraintes sociétales



# Coût du stockage

## Quelques ordres de grandeur



Investissement Longship :  
2,32 MM€

- Soit pour 2 usines équipées CCS : **232 €/tCO<sub>2</sub>**

Investissement pour transport et stockage : 854 M€

- Soit pour 200 MtCO<sub>2</sub> stockées : **22 €/tCO<sub>2</sub>** stockée

Valeur du CO<sub>2</sub> :

- 26 €/t en Aout 2019
- 15 €/t en Mars 2020

# Coût du stockage

## Quelques ordres de grandeur

- Estimation des coûts pour une chaîne CSC avec stockage offshore (en €/t<sub>CO2</sub>) en France

Régions	Coût captage <sup>(1)</sup>	Coût de la préparation du CO <sub>2</sub> pour le transport (liquéfaction)	Coût transport canalisation onshore 300 KM	Coût transport canalisation offshore 200 KM	Coût transport bateau offshore 1 500 KM	Coût stockage offshore	Total €/tCO <sub>2</sub>
<b>Hauts-de-France Offshore canalisation</b>	55	9	-	4	-	9 <sup>(2)</sup>	<b>77</b>
<b>Hauts-de-France Offshore bateau</b>	55	9	-	-	23 <sup>(3)</sup>	20	<b>107</b>
<b>Normandie Offshore canalisation</b>	85	9	6	4	-	9	<b>113</b>
<b>Normandie Offshore bateau</b>	85	9	6	-	23	20	<b>143</b>

<sup>(1)</sup> estimée d'après la technologie la plus appropriée en fonction du plus grand émetteur sur la zone

<sup>(2)</sup> estimée d'après un volume de 10 MtCO<sub>2</sub>/an pour un stockage dans un réservoir déplété

<sup>(3)</sup> estimée d'après un volume de 2,5 MtCO<sub>2</sub>/an et non de 10 MtCO<sub>2</sub>/an comme pour le cas du transport par canalisation pour un stockage en Mer du Nord dans un aquifère salin.

Réf. : Le captage et stockage géologique de CO<sub>2</sub> (CSC) en France, Avis de l'ADEME, juillet 2020



Tomakomai CCS demonstration  
Center Japan CCS Co., Ltd. (JCCS)

# Perspectives pour le CCUS en Europe et en France

## Généralités

- Le CCS ne concerne pas que le secteur de l'énergie (charbon et gaz) mais tous les secteurs industriels à forte intensité carbone
- **281 et 606 Mt<sub>CO2</sub>** en 2050 sont concernés en Europe pour la capture
- **80 et 298 Mt<sub>CO2</sub>** en 2050 sont concernés en Europe pour le stockage
- Entre **15 et 40 Mt<sub>CO2</sub>** devront être captés et stockés en France à partir de 2050
  - Projet de Stratégie Nationale Bas-Carbone. La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone. Version projet – Décembre 2018, MTES – 16 Mt<sub>CO2</sub>/an en 2050
  - scénario SOB de l'ANCRE  
[http://scenarios.allianceenergie.fr/?app=ancre&ID\\_View=scenario-descriptor](http://scenarios.allianceenergie.fr/?app=ancre&ID_View=scenario-descriptor) - 40 MtCO2/an en 2050
  - Scénario ADEME 2020 – 65 Mt<sub>CO2</sub>/an sont captables, 24 Mt<sub>CO2</sub>/an sont stockables en 2050



## Mais les verrous pour un déploiement de la filière du CCUS sont nombreux

- Ils concernent en premier lieu l'adhésion du public
  - Refus des populations principalement en Europe (Pays-Bas, Allemagne, France...)
  - Manque d'information sur le sujet (en général on parle du problème pas des solutions)
  - Manque de crédibilité (l'absence de financement y contribue peut-être)
  - Manque de responsabilité du citoyen (dépend du pays / de la culture)

*D'après JP Deflandre IFP School, 2017*



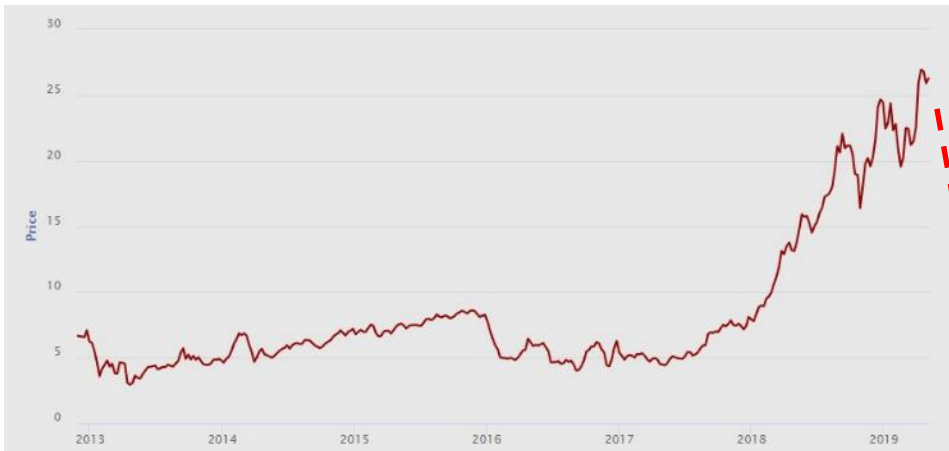


Tomakomai CCS demonstration  
Center Japan CCS Co., Ltd. (JCCS)

## Mais les verrous pour un déploiement de la filière du CCUS sont nombreux

- Les conditions économiques ne sont pas réunies pour permettre un déploiement du CCS pour l'industrie (risque de « fuite de carbone »)
  - Proposition d'une taxe Carbone aux frontières discutée en mars 2021
- La réglementation nécessite d'être adaptée
  - La **directive EU-ETS** et la directive CCS doivent étendre le cadre d'application du CCS à tous types de transport (dont les bateaux)
  - La **directive CCS** doit préciser les limites de la responsabilité financière en cas de fuite (en particulier dans le cadre d'un prix du CO<sub>2</sub> mouvant !)
  - Le **protocole de Londres** doit permettre l'export de CO<sub>2</sub> entre pays (en attente ratification accord 2009 !)

## Mais les verrous pour un déploiement de la filière du CCUS sont nombreux



Prix spot des émissions de CO<sub>2</sub> en €/EEA (European Emission Allowance)

- Le modèle d'affaire de la chaîne CCS doit reposer sur des hypothèses garanties sur le long terme
  - Les industriels émetteurs de CO<sub>2</sub> doivent pouvoir construire leurs projets sur des bases financières et réglementaires garanties sur le long terme
  - L'accès aux capacités de stockage doit être garanti sur le long terme
  - Les industriels du stockage doivent être rassurés sur la couverture du risque lié à l'exploration et sur le risque lié à la période post-fermeture (20 ans et plus)

# Conclusion



- Les technologies nécessaires pour capter, transporter et stocker le CO<sub>2</sub> sont disponibles
- Elles pourraient être mises en œuvre rapidement si ces technologies bénéficiaient du même support que les énergies renouvelables
- Mais les conditions économiques, réglementaires et sociétales doivent être adaptées pour permettre un déploiement du CCS pour l'industrie à l'échelle de l'Europe



(28 membres) en 2020

**Un lieu d'échanges, d'informations et d'initiatives  
entre acteurs de l'industrie et de la recherche,  
pour le développement de la filière Captage  
Stockage et Valorisation du CO<sub>2</sub>**

[www.club-co2.fr](http://www.club-co2.fr)

[florence.delprat-jannaud@ifpen.fr](mailto:florence.delprat-jannaud@ifpen.fr)





## LE STOCKAGE DE CO2 AU BRGM

### Deux axes de recherche et développement :

- Identifier et caractériser la qualité des aquifères profonds favorables au stockage et évaluer leur capacité
- Caractériser les possibles impacts sur l'environnement et les risques associés au stockage, proposer des critères de sécurité afin de fournir une expertise aux administrations françaises, à la Commission européenne et aux entreprises.

### Trois objectifs

- Consolider notre position de référence pour l'évaluation des capacités de stockage et la compréhension du comportement du CO2 injecté dans les aquifères profonds
- Construire et développer une capacité d'expertise publique sur les impacts environnementaux et les critères de sécurité pour le stockage géologique
- Offrir, dans le respect des règles de qualité et de déontologie, un appui scientifique aux entreprises.