



Un projet d'envergure
pour la décarbonation
des industries du Grand Ouest



Webinaire « Les enjeux du stockage du CO₂ »

Concertation préalable - 27 novembre 2025



Déroulé du webinaire – de 18h30 à 20h30

Introduction

Quelle place pour le stockage du CO₂ dans la décarbonation des industries du ciment et de la chaux ?

 *Temps d'échanges*

Comment fonctionne le stockage de CO₂ ?

 *Temps d'échanges*

Le stockage de CO₂ est-il une solution pérenne ?

 *Temps d'échanges*

Intervenants de la soirée



**Jean-François
BRICAUD**

Directeur
décarbonation &
développements
industriels



**Adeline PILLET
et Mathilde
HAEMMERLEIN**



**Isaline
GRAVAUD**

Responsable du sous-
programme CO₂



**Cristel
LAMBTON**

Référente nationale
CCS EQUINOR



**Valentin
GUILLON**

Chef de projet CCS,
stockage de CO₂



Le rôle des garants

Un droit à valeur constitutionnel : « ***Toute personne a le droit [...] d'accéder aux informations relatives à l'environnement détenues par les autorités publiques et de participer à l'élaboration des décisions publiques ayant une incidence sur l'environnement*** »

Article 7 de la Charte de l'Environnement – rendue constitutionnelle en 2005

- **Accompagner la concertation préalable**
- **Veiller au respect** des valeurs de la CNDP
- **Être des incitateurs** vis-à-vis des maîtres d'ouvrage
- **Être des recours pour le public** si besoin
- **Rendre compte** annuellement du déroulement et du contenu de la concertation

3 garants de la concertation, nommés par la CNDP :

Jean-Pierre BOMPARD, Marc NAVEZ et Catherine TREBAOL

concertation-goco2@garant-cndp.fr

Les modalités de la concertation préalable du 29 septembre au 19 décembre 2025

L'ESPACE CONTRIBUTIF
EN LIGNE



LES CAHIERS
D'ACTEURS



LES RENCONTRES
PUBLIQUES



Toute l'information sur

concertation.goco2.fr



1.

Quelle place pour le stockage du CO₂ dans la décarbonation des industries du ciment et de la chaux ?

Quelques questions entendues depuis le début de la concertation

- ▶ Pourquoi la décarbonation des industries du ciment et de la chaux doit-elle passer par le captage et le stockage ? Ne peut-on pas faire autrement ?
- ▶ Qu'est-ce que les émissions de CO₂ « incompressibles » ?
- ▶ Quel impact du stockage sur le cycle du carbone ?
- ▶ N'est-il pas préférable de planter des arbres plutôt que de faire du stockage de CO₂ ?



1.

Quelle place pour le stockage du CO₂ dans la décarbonation des industries du ciment et de la chaux ?

Le ciment et la chaux figurent parmi les industries dont la décarbonation est prioritaire



1 TONNE
DE CIMENT
PRODUITE

=

0,6 TONNE

CO₂



1 TONNE
DE CHAUX
PRODUITE

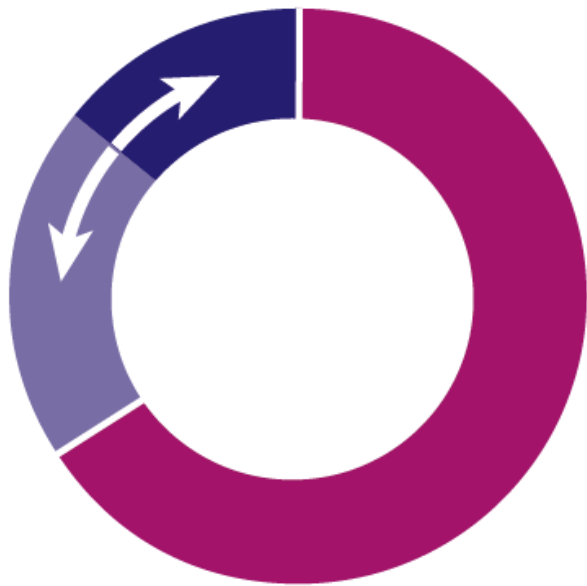
=

1 TONNE

CO₂

CO₂ fossile et
biogénique

1/3



2/3

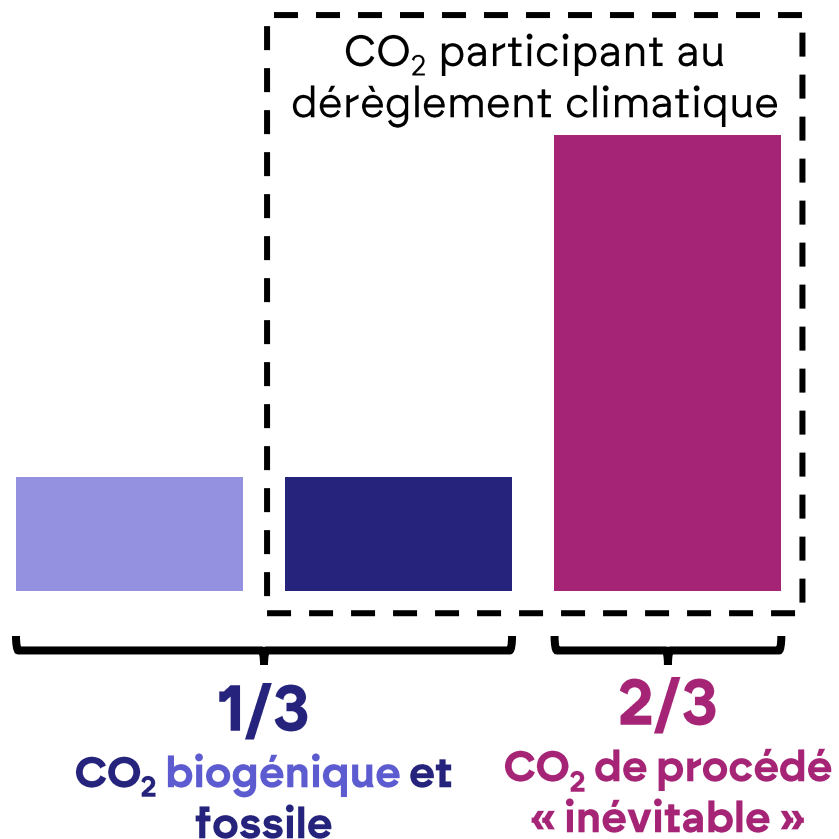
CO₂ de procédé
« inévitable »



Les émissions de
CO₂ du ciment et de
la chaux sont pour
partie **inévitables**

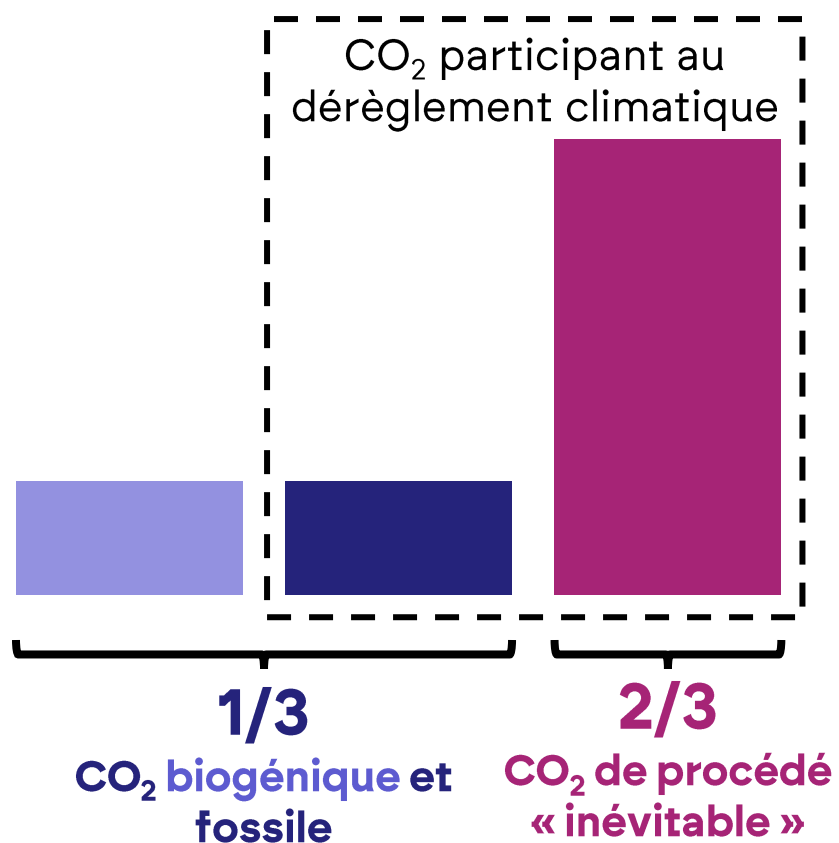
La décarbonation des cimenteries et fours à chaux passe par un **ensemble d'actions complémentaires**

Répartition actuelle
des émissions de CO₂



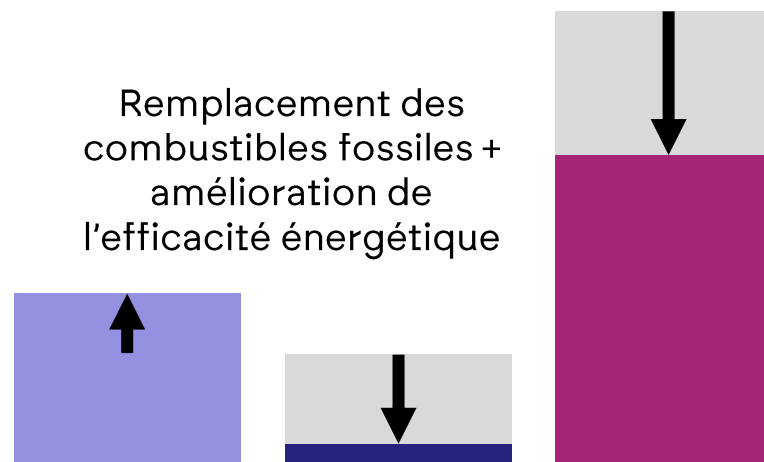
La décarbonation des cimenteries et fours à chaux passe par un **ensemble d'actions complémentaires**

Répartition actuelle
des émissions de CO₂



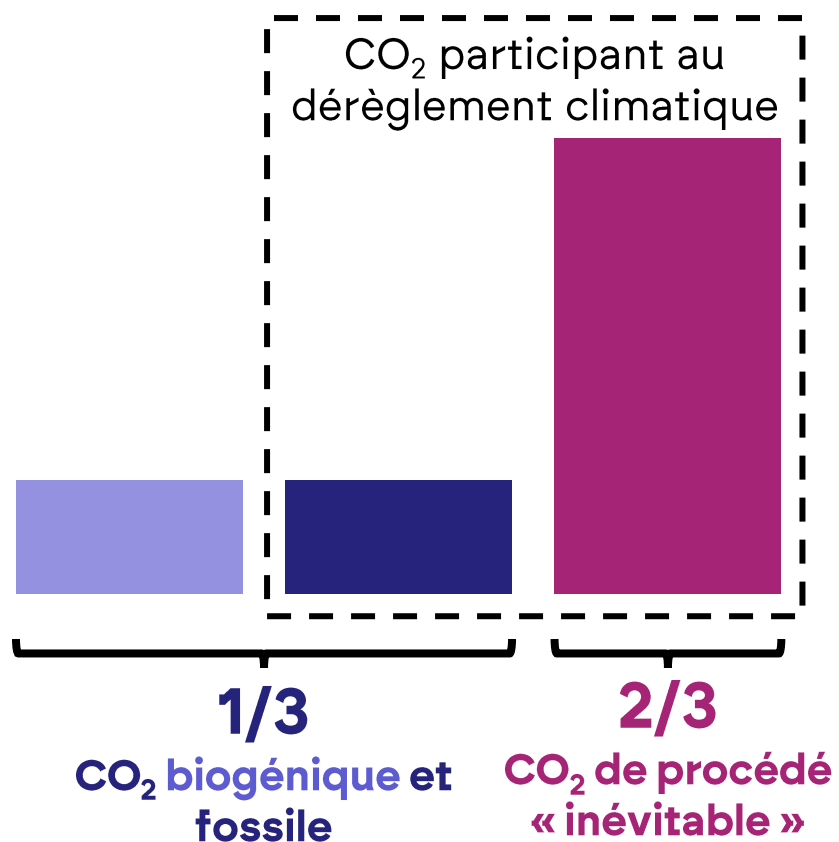
Répartition future
des émissions de CO₂

Évolution de la composition du ciment +
utilisation de matériaux décarbonés
issus de la déconstruction



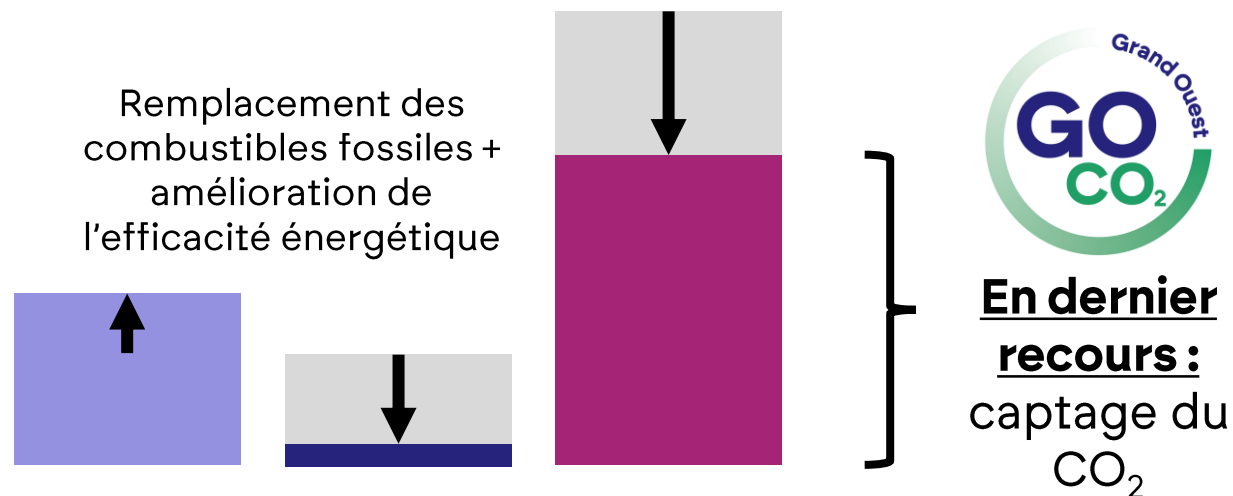
La décarbonation des cimenteries et fours à chaux passe par un ensemble d'actions complémentaires

Répartition actuelle
des émissions de CO₂



Répartition future
des émissions de CO₂

Évolution de la composition du ciment +
utilisation de matériaux décarbonés
issus de la déconstruction

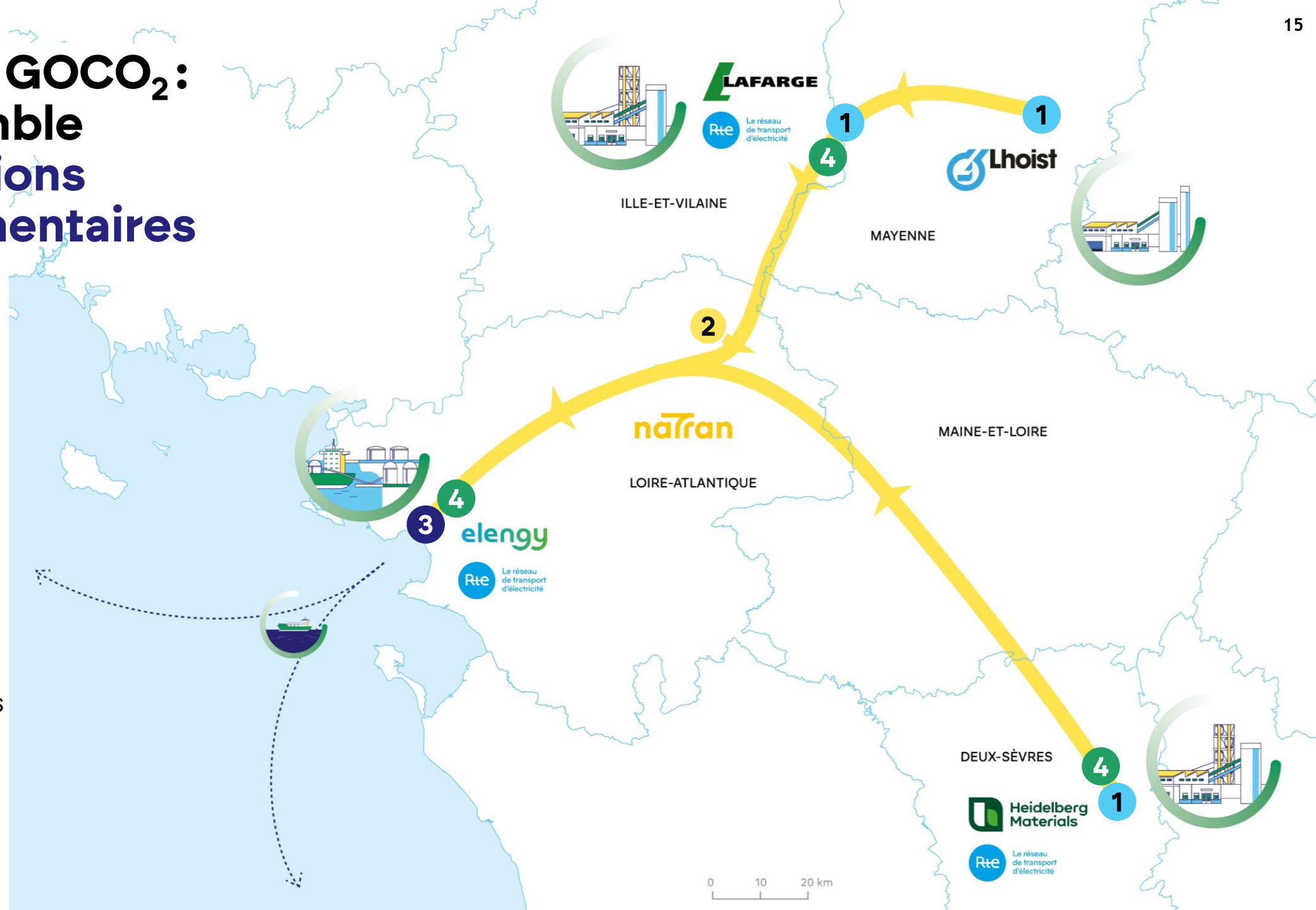


Le principe du **captage-stockage** du carbone



Le projet GOCO₂: un ensemble d'opérations complémentaires

- 1 opérations de captage
- 2 réseau de canalisations souterraines
- 3 terminal CO₂
- 4 raccordements électriques



Au-delà de GOCO₂ : valorisation, transport maritime, stockage géologique permanent



Une partie du CO₂ pourrait être valorisée pour produire des e-carburants

L'essentiel du CO₂ sera transporté par voie maritime jusqu'à des sites de stockage géologique permanent





1.

Quelle place pour le stockage du CO₂ dans la décarbonation des industries du ciment et de la chaux ?



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Présentation ADEME dans le cadre de la CNDP pour GOCO2

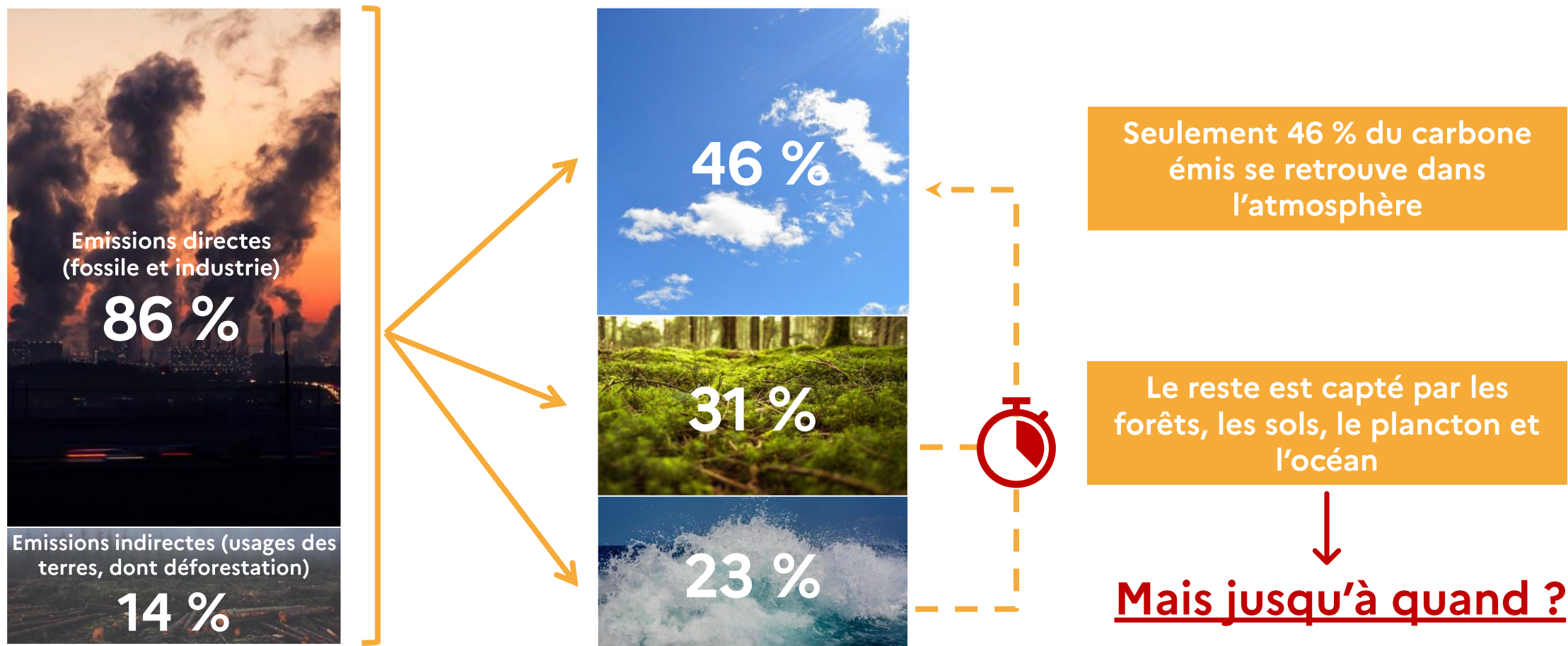
Adeline PILLET – Coordinatrice pôle Innovation et Prospective – Service Décarbonation de l'Industrie et Hydrogène

Mathilde HAEMMERLEIN – Ingénieure stockage CO₂ - Service Décarbonation de l'Industrie et Hydrogène

27 novembre 2025

Introduction : le cycle du carbone

Le cycle du carbone : les rôles des écosystèmes menacés

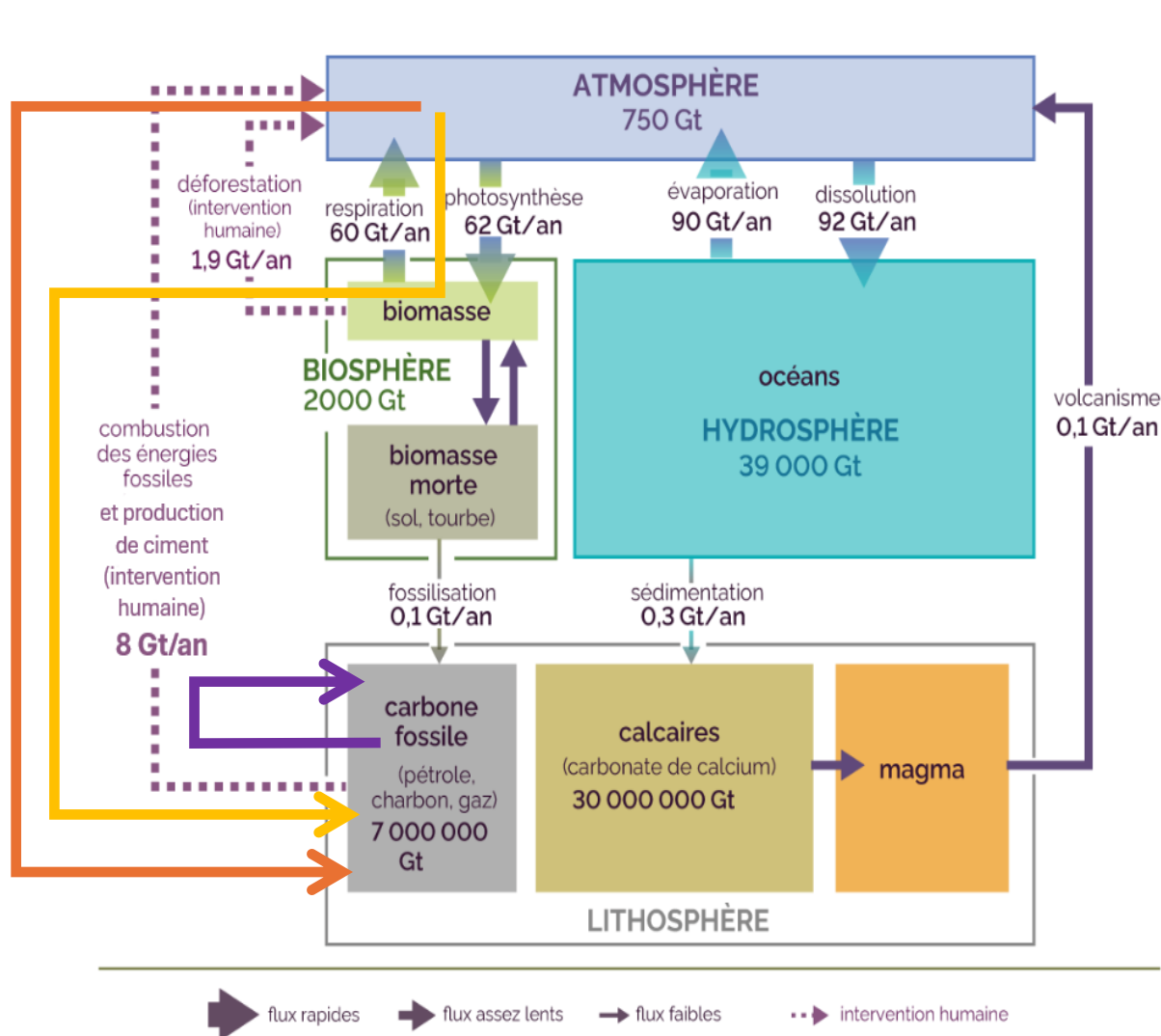


= Entre 10 et 12 GtC.an⁻¹
sur la période 2010 - 2019

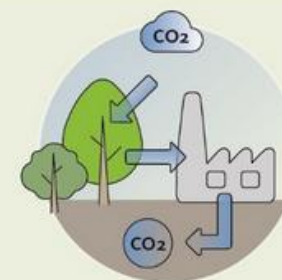
Source : mise en forme Avenir Climatique ; données GIEC AR6 WG1 (2021)

La **dégradation** des écosystèmes riches en carbone est bien **plus rapide** que de les **reconstituer**.

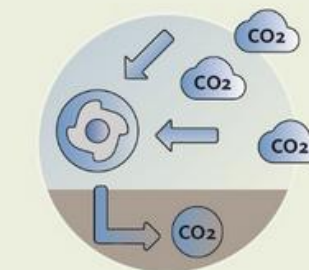
Des solutions techniques pour éliminer ou réduire les émissions de CO₂



Bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS)
Les plantes transforment le CO₂ en biomasse, qui, elle, fournit de l'énergie. Le CO₂ est capté et stocké dans le sous-sol.



Filtration directe et stockage du CO₂ (DACCS)
Le CO₂ est retiré de l'atmosphère par un procédé chimique, puis stocké dans le sous-sol.



≠

CCS « classique »
Capture et stockage géologique de CO₂ fossile

Solutions d'Élimination du CO₂ (EDC, ou CDR en en)
> CO₂ issu de l'atmosphère

Réduction des émissions du CO₂
> CO₂ issu des émissions fossiles

Quels sont les différents leviers technologiques pour décarboner l'industrie ?

Quels sont les différents leviers technologiques pour décarboner l'industrie ?



SOBRIÉTÉ, EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET RÉCUPÉRATION DE CHALEUR FATALE

- Sobriété : privilégier des actions qui réduisent les consommations en énergie et en ressources
- Efficacité énergétique : améliorer la performance énergétique des procédés et technologies
- Chaleur fatale : valorisation de la chaleur perdue



SUBSTITUTION DES ÉNERGIES CARBONÉES

Production de chaleur =
2/3 des conso d'énergie

- Intégrer des énergies renouvelables thermiques (biomasse, géothermie, solaire thermique)
- Electrifier les procédés industriels
- Electrification indirecte (hydrogène)



MODIFICATION DES INTRANTS MATIÈRES

- Efficacité matière : limiter les pertes, rebuts et invendus
- Incorporer des matières recyclés (ferrailles, calcin..)
- Substitution par des intrants matières décarbonés (argiles calcinées, biosourcés, hydrogène)



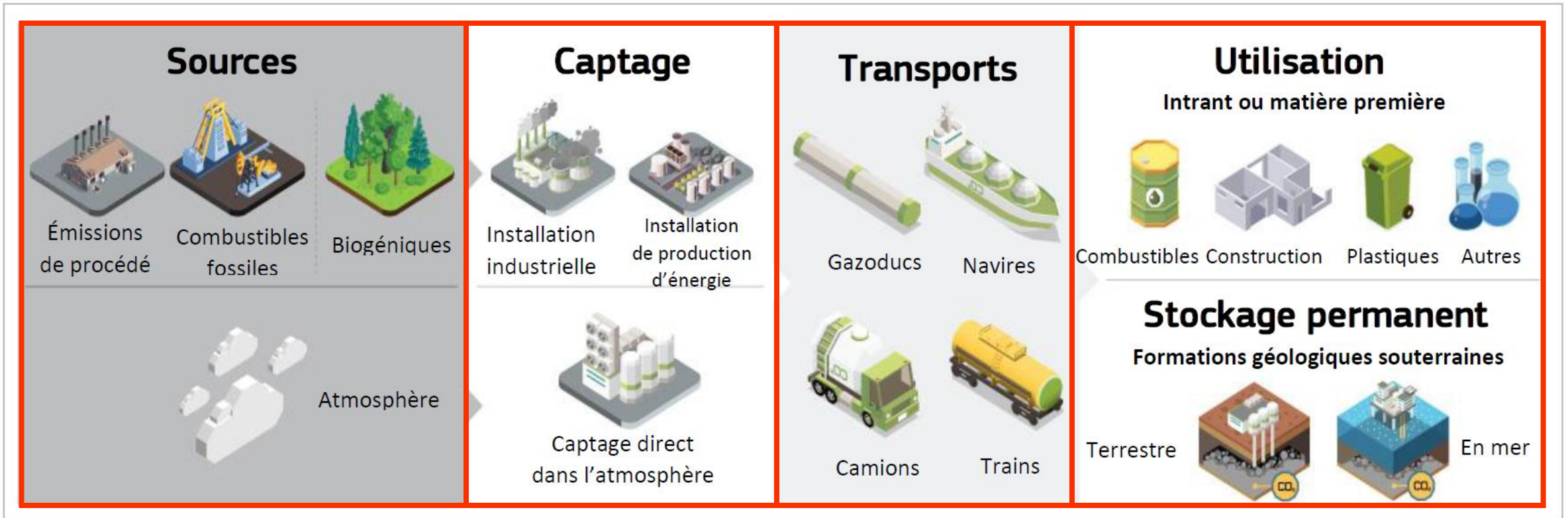
CAPTAGE ET STOCKAGE DU CO₂ (CCS)

- Solution de dernier recours pour les émissions résiduelles

La chaîne CCUS, un levier de décarbonation de dernier recours pour des émissions irréductibles

Captage, Stockage ou Utilisation du Carbone (CCUS)

Une chaîne de valeur complexe à mettre en œuvre



Source : Communication de la Commission européenne (2024)

- **Multiplicité d'acteurs** aux métiers et enjeux différents : industriels émetteurs, gestionnaires de réseaux terrestres et infrastructures portuaires, exploitants du sous-sol, Etat
- Approche technico-économique insuffisante : enjeux de **synergies territoriales** et de **partenariats à l'international**

Zoom sur l'état des Lieux et perspectives du déploiement du CCUS en France (juill. 2024)

- 2023 : Consultation sur les premières orientations d'une Stratégie CCUS en France (émissions de GES résiduelles incompressibles, zones industrielles, zone de stockage à explorer, infrastructures, financement, valorisation)



- 2024 : Publication par l'Etat du document «**Etat des lieux et perspectives de déploiement du CCUS en France**» ("**Stratégie CCUS**") en cohérence avec des publications de textes structurants européens (ReFuelEU Maritime, ReFuelEU Aviation, NZIA)

« La France a fait le choix de recourir à cette technologie pour la **capture des émissions les plus difficiles à abattre**, en l'absence d'autres solutions de décarbonation technico-économiquement viables. »

- Définition des trajectoires de capture à horizon 2030, 2040, 2050 :

Phase 1 – 2025-2030

4 à 8 MtCO₂/an dans l'industrie – priorisation Le Havre, Dunkerque, St Nazaire et axe Rhône. « 2 hubs d'ici 2030 »

Phase 2 – 2030-2040

12 à 20 MtCO₂/an captés dans secteurs plus larges (incinération des déchets, une partie de CO₂ biogénique)

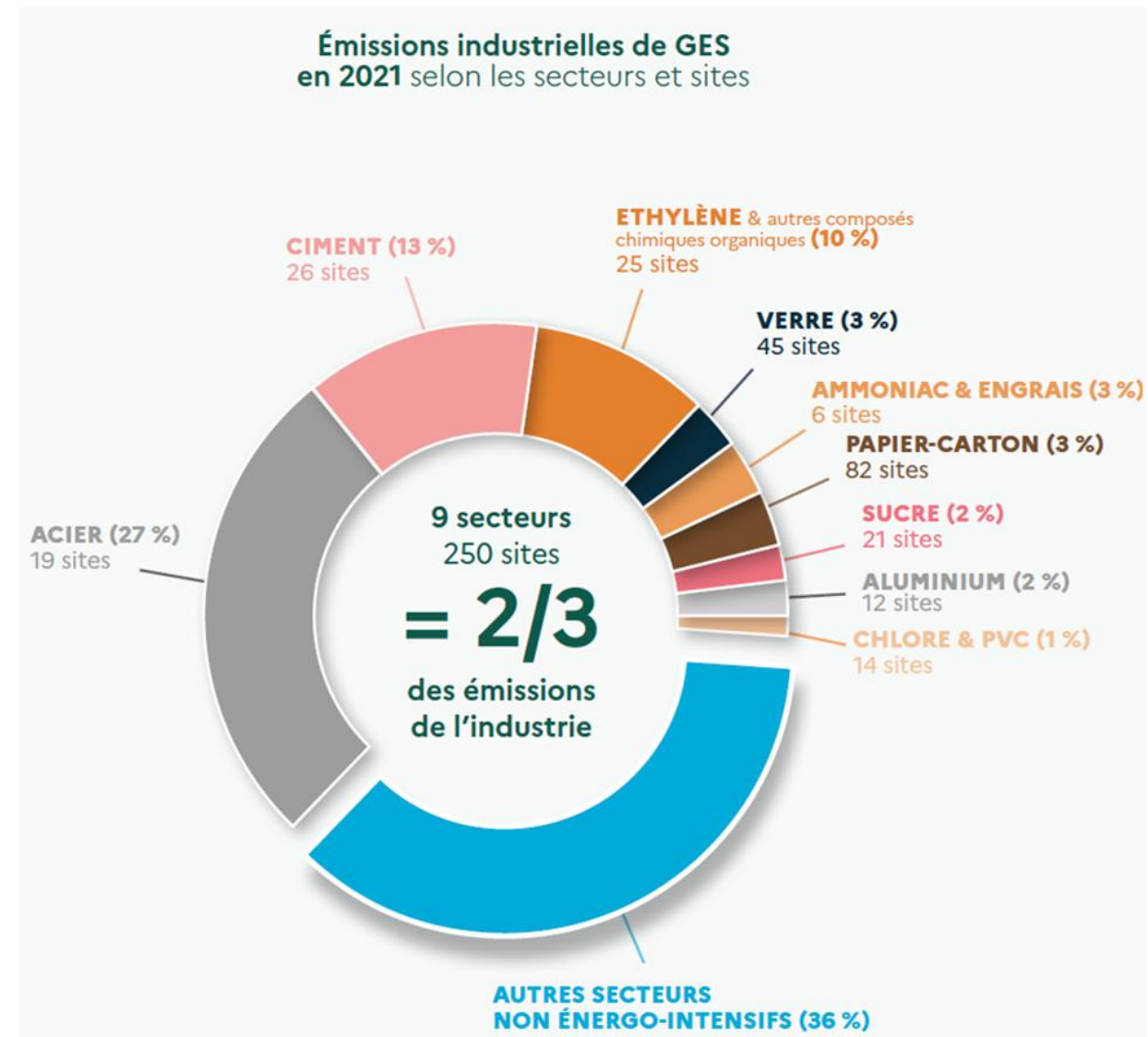
Phase 3 – 2040-2050

30 à 50 MtCO₂/an captés sur l'ensemble des émissions résiduelles des sites industriels très émissifs, CO₂ (bioraffinage) ou si nécessaire CO₂ atmosphérique (DAC = Direct Air Capture)

Le CCU/CCS : une voie nécessaire pour la décarbonation de certains secteurs industriels

ADEME et CCUS : Focus sur les travaux des plans de transition sectoriels

- En France, entre 0,8 et 7,9 Mt CO₂ abattables en 2050 par le CCS
- Certains secteurs les plus émetteurs peuvent se décarboner sans CCS (verre, sucre, papier-carton, chlore) mais d'autres secteurs ont des émissions résiduelles plus difficiles à abattre avec les technologies existantes



Source : ADEME (2024)

Conclusions

Conclusions

- La **dégradation** des **écosystèmes riches en carbone** est bien **plus rapide** que de les **reconstituer**. Leur **préservation** est un enjeu majeur de l'atténuation.
- Le CCS est à considérer comme un **levier de dernier recours pour des émissions industrielles de CO₂**, activable :
 - Si une décarbonation complète ne peut être atteinte par les autres leviers : sobriété, efficacité énergétique, modification des intrants matières, électrification...
 - Pour les émissions résiduelles incompressibles issues de réactions chimiques



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Merci de votre attention.

Organisation du temps d'échange

- ▶ Utiliser la conversation pour contribuer à l'écrit...
- ▶ ... ou « levez la main » pour une intervention « face caméra »





2.

Comment fonctionne le stockage de CO₂ ?

Quelques questions entendues depuis le début de la concertation

- ▶ Comment fonctionne un site de stockage permanent du CO₂ ?
- ▶ Comment s'assurer que le CO₂ reste bien stocké ? Que se passe-t-il en cas de fuite ?
- ▶ Quels sont les impacts du stockage ? Quelle surveillance ? A-t-on des retours d'expérience ?
- ▶ Comment un site de stockage est-il créé ? Est-ce que les publics locaux sont associés ? Combien de temps ça prend ?
- ▶ Pourquoi stocker le CO₂ en mer du Nord ? Quid du stockage du CO₂ sur terre, voire en France ?



2.

Comment fonctionne le stockage de CO₂ ?



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

LE STOCKAGE GÉOLOGIQUE DU CO₂

Éclairage technique et grands principes

Isaline Gravaud - BRGM

27/11/2025

Webinaire « Les enjeux du stockage du CO₂ »

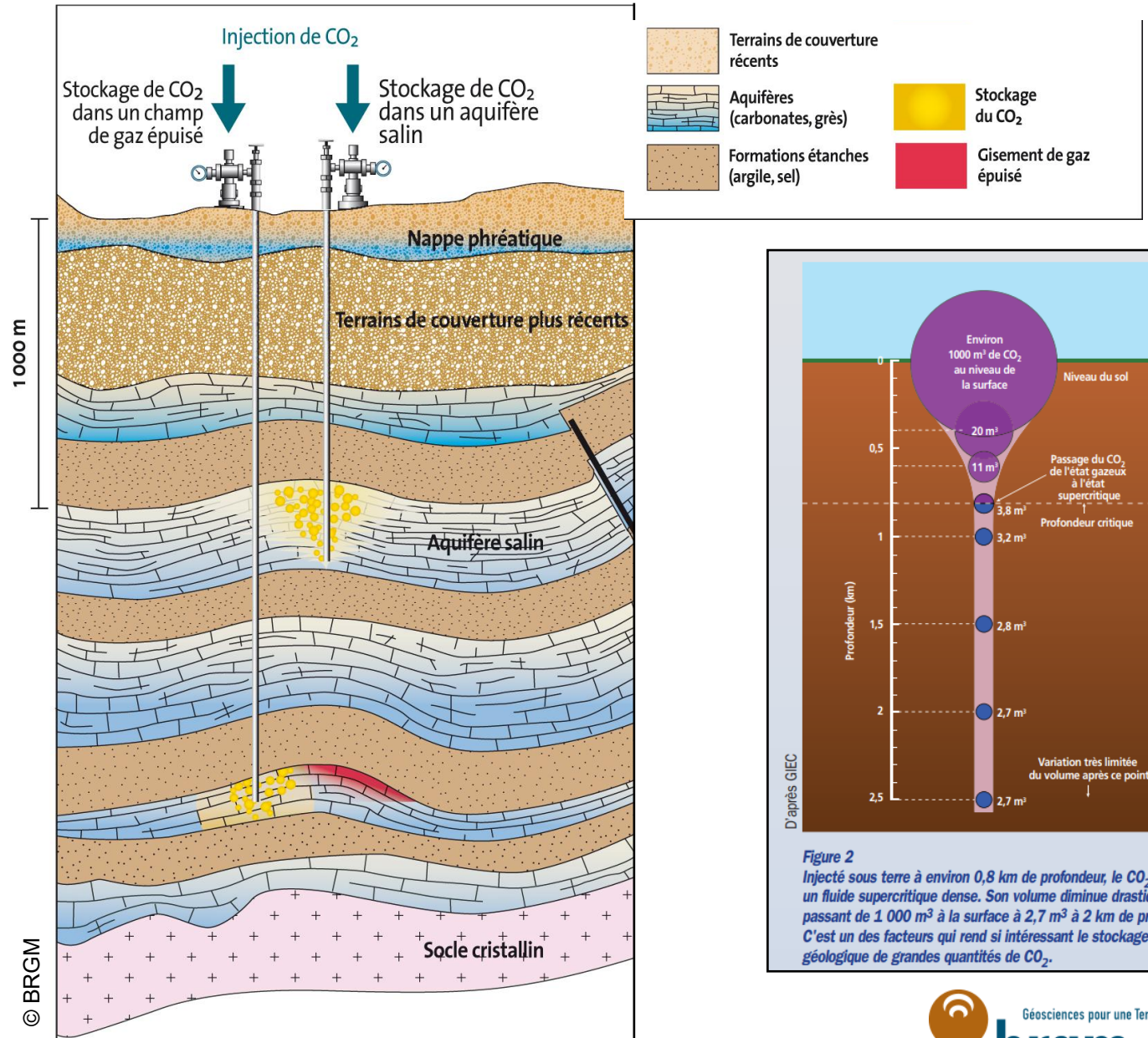
LE STOCKAGE GÉOLOGIQUE DU CO₂

Principe

Stocker le CO₂ de manière permanente dans un réservoir géologique.

Réservoir pour le stockage de CO₂

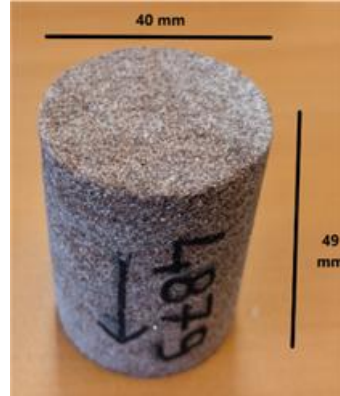
- Une formation géologique composée d'une **roche** poreuse et perméable (grès, calcaire)
 - ↳ Réservoirs de pétrole ou de gaz épuisés
 - ↳ Aquifères salins profonds
- Profondeur **supérieure à 800m**
 - Pour stocker le CO₂ en phase dense
- Le stockage peut se situer **onshore** ou **offshore**



LE STOCKAGE GÉOLOGIQUE DU CO₂

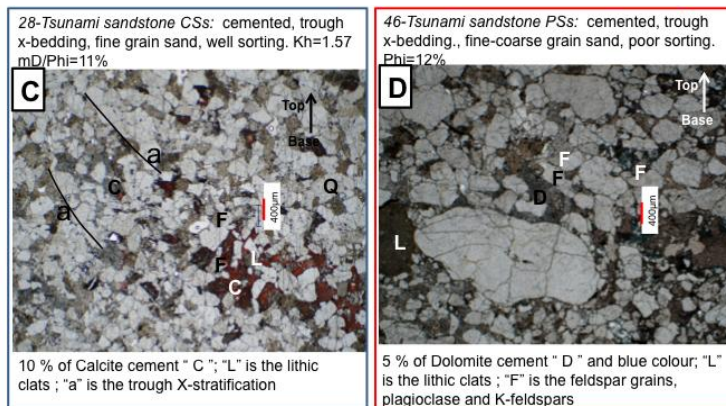
Roche réservoir

Grès



Echantillon de roche réservoir, grès, Torre de las Arcas, Espagne
(source: Fleury et al. 2023, PilotSTRATEGY)

Peñas Royas, Teruel, Espagne
(source: IGME, PilotSTRATEGY)



10 % of Calcite cement " C " ; " L " is the lithic clats ; " a " is the trough X-stratification

5 % of Dolomite cement " D " and blue colour ; " L " is the lithic clats ; " F " is the feldspar grains, plagioclase and K-feldspars

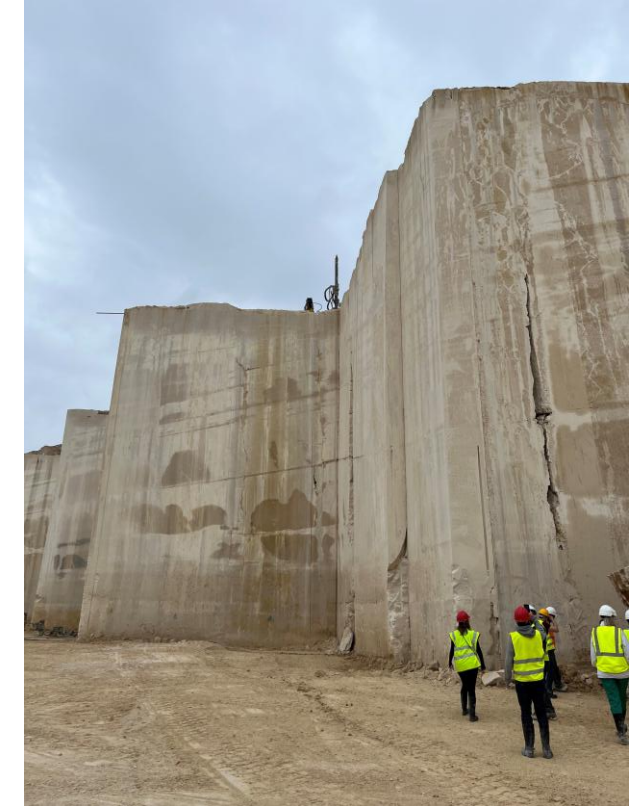
Carbonates (calcaire)



Carotte de roche reservoir calcaire, Dogger, Bassin de Paris
(source: BRGM, PilotSTRATEGY)



Roche phosphatée oolithique datée du Permien (Montana, USA). Les "grains" mesurent en moyenne 1 mm de large (Wikipedia)

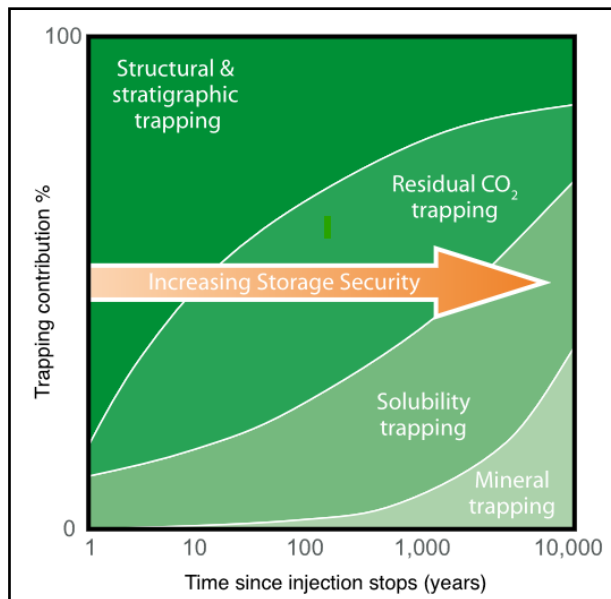


Calcaire du Dogger.
Carrière de Massangis, Yonne

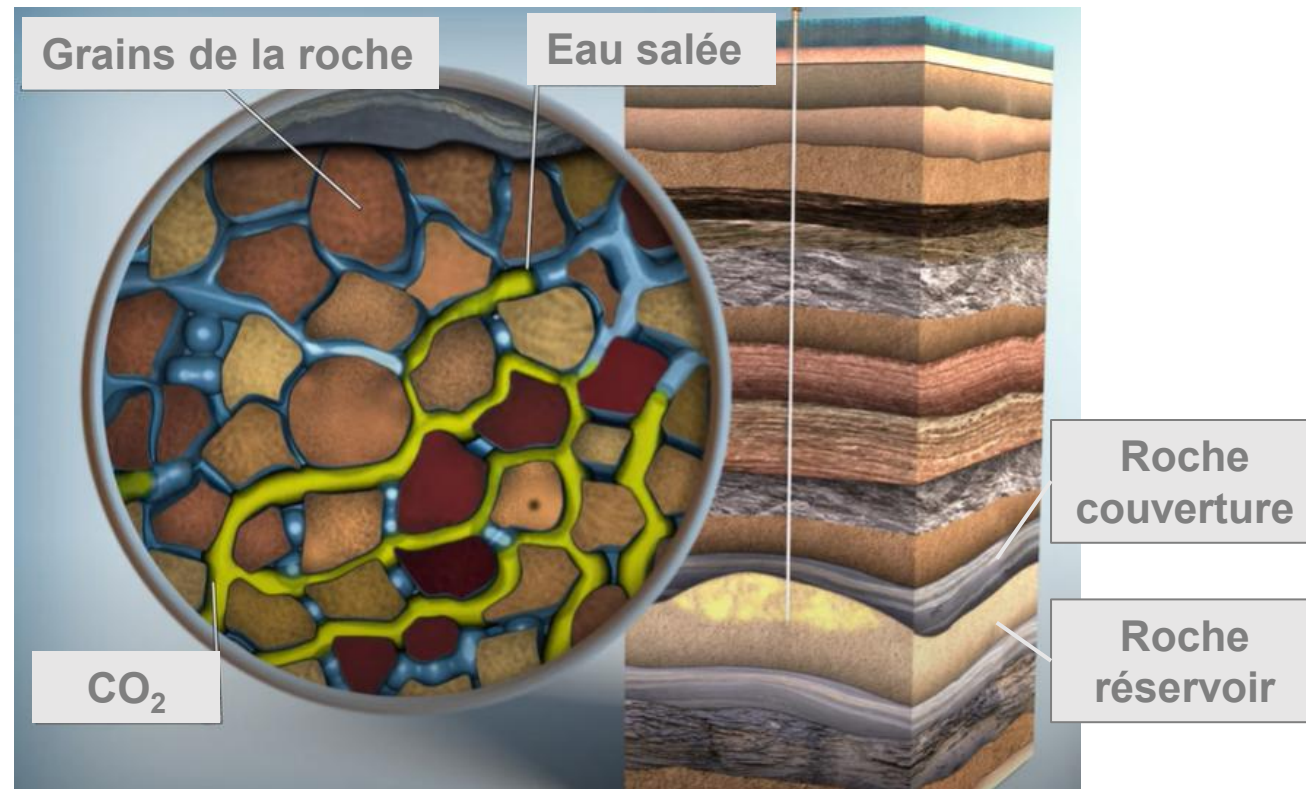
LE STOCKAGE GÉOLOGIQUE DU CO₂

Mécanismes de piégeage du CO₂ dans le réservoir

- **Piégeage structurel:** par la roche couverture imperméable, e.g. argiles
- **Piégeage résiduel:** dans la porosité de la roche réservoir
- **Dissolution** du CO₂ dans l'eau de l'aquifère
- **Minéralisation:** sur le long terme, le CO₂ peut former des minéraux



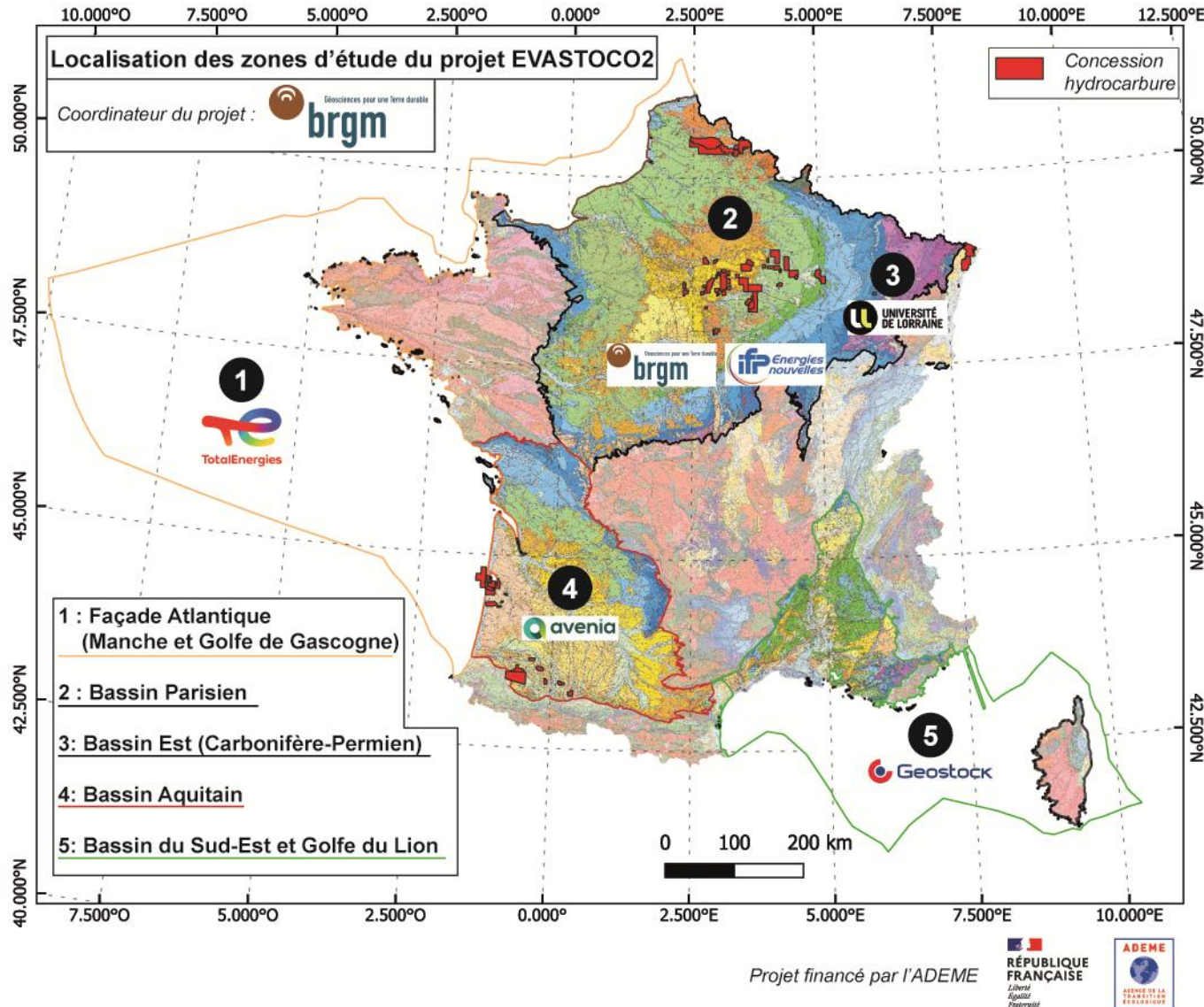
Source: GIEC, Special report on carbon dioxide capture and storage. (2005)



Source: CO₂MultiStore, SCCS (Scottish Carbon Capture & Storage)

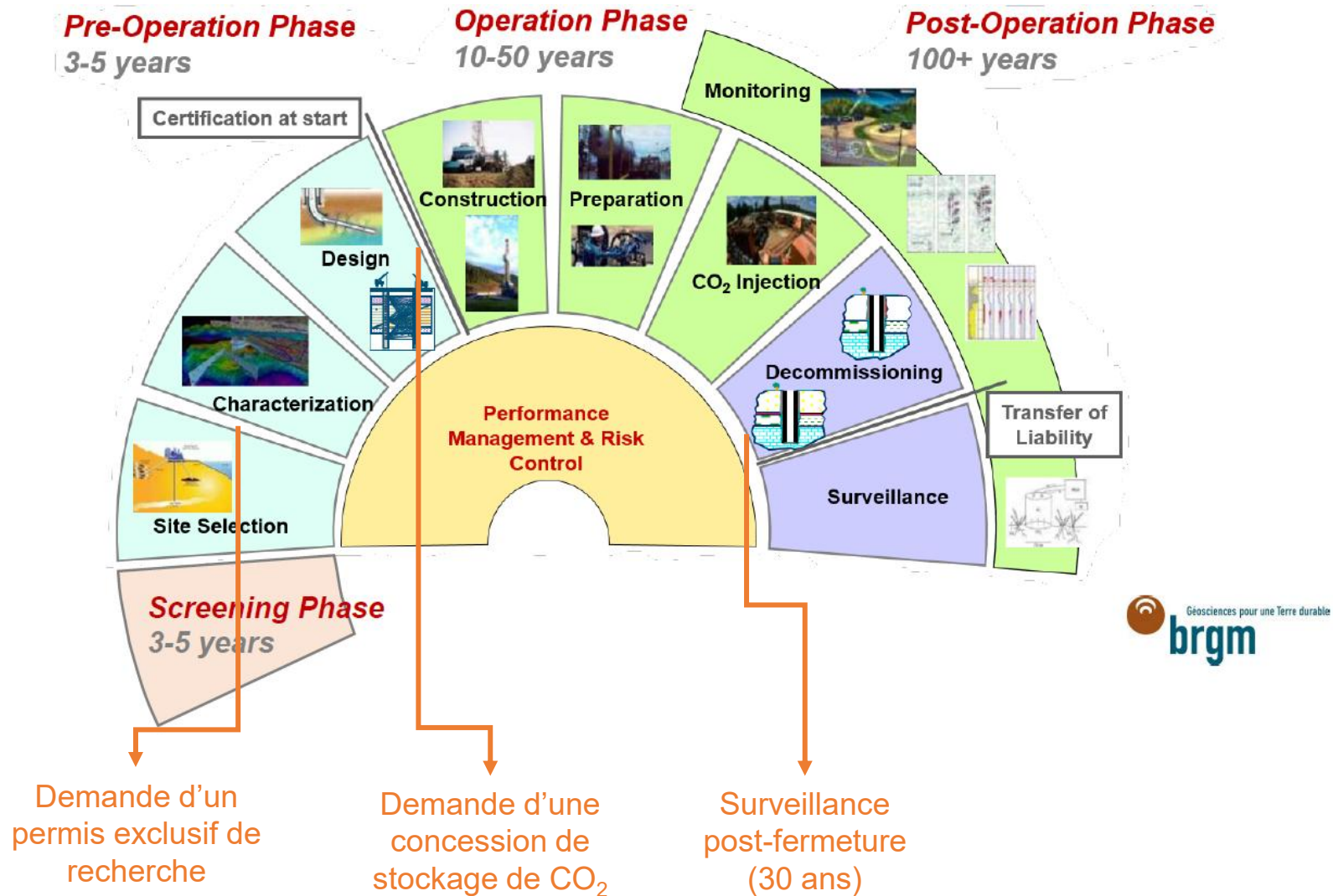
LE STOCKAGE GÉOLOGIQUE DU CO₂

Potentiel de stockage en France métropolitaine



- **Zones favorables:** les grands **bassins sédimentaires** (Bassin de Paris, Bassin aquitain, Bassin du Sud-Est, etc.)
- **Etude EVASTOCO2 (2024)**
 - Financée par l'Ademe, pilotée par la DGEC, réalisée par le consortium BRGM, IFPEN, Université Lorraine, TotalEnergies, Pôle Avenia et Geostock.
 - **Réservoirs déplétés:**
 - potentiel total estimé **780 Mt de CO₂** :
 - pour l'essentiel dans le Bassin aquitain (notamment dans l'ancien gisement de gaz de Lacq)
 - et pour moins de 2 % dans le Bassin parisien
 - **Aquifères salins profonds:**
 - potentiel total estimé **2281 Mt onshore et 1801 Mt offshore**
 - Onshore Bassin parisien et dans une moindre mesure dans le Bassin aquitain
 - Il existe des capacités significatives mais plus théoriques à ce stade offshore
- **Premières estimations à grande échelle** du potentiel de stockage
→ besoin d'affiner avec des études ciblées locales

Différentes phases de développement d'un stockage



LE STOCKAGE GÉOLOGIQUE DU CO₂

Sécurité du stockage

Réglementation européenne:

- Directive Européenne relative au stockage du CO₂ – 2009/31/EC
 - Assurer que le stockage, dans les conditions d'opération prévues, ne présente **aucun risque** significatif pour **la santé ou l'environnement**.

France:

- Directive européenne traduite dans le Code de l'Environnement
- Lignes de conduite sur la sécurité des sites de stockage.

International:

Normes ISO

- ISO 27914:2017 Capture, transport et stockage géologique du dioxyde de carbone

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009L0031>

L 140/114 FR Journal officiel de l'Union européenne 5.6.2009

DIRECTIVE 2009/31/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 23 avril 2009

relative au stockage géologique du dioxyde de carbone et modifiant la directive 85/337/CEE du Conseil, les directives 2000/60/CE, 2001/80/CE, 2004/35/CE, 2006/12/CE et 2008/1/CE et le règlement (CE) n° 1013/2006 du Parlement européen et du Conseil

(Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

LE PARLEMENT EUROPÉEN ET LE CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE,

vu le traité instituant la Communauté européenne, et notamment son article 175, paragraphe 1,

vu la proposition de la Commission,

vu l'avis du Comité économique et social européen (1),

après consultation du Comité des régions,

statuant conformément à la procédure visée à l'article 251 du traité (2),

considérant ce qui suit:

(1) L'objectif final de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, qui a été approuvée par la décision 94/69/CE du Conseil du 15 décembre 1993 (3), est de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche oue perturbation anthropique dangereuse du système climatique.

(2) Le système programme d'action communautaire pour l'environnement établi par la décision n° 1600/2002/CE du Parlement européen et du Conseil du 22 juillet 2002 (4) fait de la lutte contre le changement climatique une priorité d'action. Ce programme reconnaît que la Communauté s'est engagée à opter, de 2008 à 2012, une réduction de 8 % des émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990, et qu'à plus long terme, il conviendrait de réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le monde d'environ 70 % par rapport aux chiffres de 1990.

(3) La communication de la Commission du 10 janvier 2007 intitulée « Limiter le réchauffement de la planète à 2 degrés Celsius — Nous à suivre à l'horizon 2050 » a souligné, explique que, dans l'optique d'une division par deux des émissions de gaz à effet de serre dans le monde d'ici à 2050,

il faudra réduire de 50 % les émissions des pays développés d'ici à 2020, puis de 60 à 80 % d'ici à 2050; elle précise également que, bien que cela soit techniquement réalisable et que les bénéfices l'emportent largement sur les coûts, il conviendrait d'exploiter toutes les possibilités de réduction des émissions pour y parvenir.

(4) Le captage et le stockage géologique du dioxyde de carbone (CSC) est une technologie de transition qui contribuera à atténuer le changement climatique. Ce moyen consiste à capter le dioxyde de carbone (CO₂) émis par les installations industrielles, à le transporter vers un site de stockage et à l'injecter dans une formation géologique soustraite adaptée en vue de son stockage permanent. Cette technologie ne devrait pas être utilisée comme une incitation en faveur d'un accroissement des centrales électriques fonctionnant avec des combustibles fossiles. Son développement ne devrait pas conduire à une réduction des efforts visant à soumettre les politiques d'économie d'énergie, les énergies renouvelables et d'autres technologies sûres et durables à faibles émissions de CO₂, sans en matière de recherche qu'en termes financiers.

(5) Selon les premières estimations réalisées pour évaluer l'impact de la directive, et mentionnées dans l'analyse d'impact effectuée par la Commission, 7 millions de tonnes de CO₂ pourraient être stockées en 2020 et jusqu'à 140 millions de tonnes en 2050, en partant d'une hypothèse de 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2020 et pour autant que le CSC bénéficie d'un soutien du secteur privé ainsi qu'au niveau national et communautaire et s'appuie sur une technologie sûre d'un point de vue environnemental. Les émissions de CO₂ évitées en 2050 pourraient représenter environ 15 % des réductions requises dans l'Union.

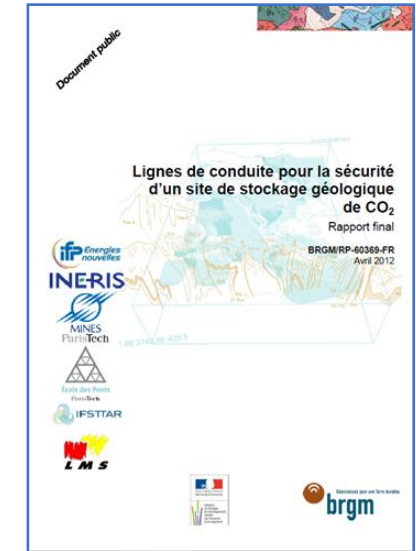
(6) La seconde phase du programme européen sur le changement climatique, lancée par la communication de la Commission du 9 février 2005 intitulée « Vaincre le changement climatique planétaire » en vue de préparer et d'examiner la future stratégie de la Communauté en matière de climat, a donné lieu à la création d'un groupe de travail sur le captage et le stockage géologique du dioxyde de carbone. Ce groupe de travail a fait changer d'étude les possibilités offertes par le CSC en tant que moyen d'atténuation du changement climatique. Il a publié un rapport détaillé sur la question de la réglementation, qui a été adopté en juin 2006. Ce rapport insistait sur la nécessité d'élaborer un cadre à la fois stratégique et réglementaire pour le CSC et engageait la Commission à entreprendre de nouvelles recherches dans ce domaine.

(1) JO C 27 du 3.2.2009, p. 75.

(2) Avis du Parlement européen du 17 décembre 2008 (non encore paru au Journal officiel) et décision du Conseil du 6 avril 2009.

(3) JO L 33 du 7.2.1994, p. 11.

(4) JO L 242 du 10.9.2002, p. 1.



→ Le stockage de CO₂ est régi par un ensemble de réglementations, standards et bonnes pratiques



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

i.gravaud@brgm.fr



2.

Comment fonctionne le stockage de CO₂ ?

CCS | Fondamentaux et projets

Presentation webinaire France

Cristel Lambton | 27.11.2025

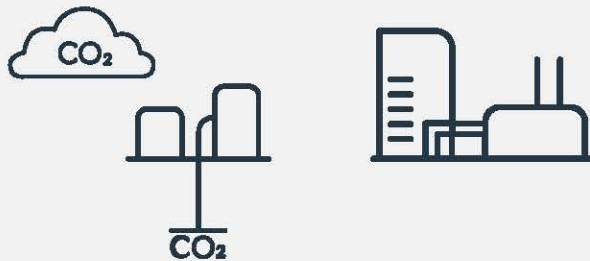


1- CCS

CCS fondamentaux | Elements principaux

CCS est basé sur des technologies prouvées qui sont en opération depuis des décennies

Captage



- Solvants utilisés pour le captage du CO₂ depuis les années 1930
- De nombreuses unités en opération
- Développement technologique continu dans un effort de réduire les coûts
- Technology Centre of Mongstad – NO. teste les nouvelles technologies de captage développées

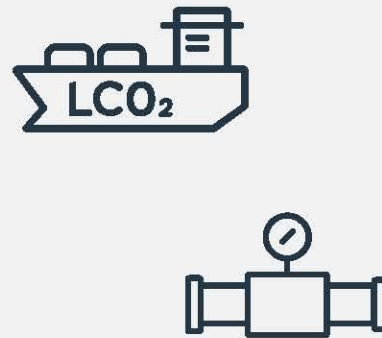
Reduction du CO₂

Processing du gaz, production d'énergie, industrie lourde (ciment, acier), hydrogène bleu, etc

Suppression du CO₂

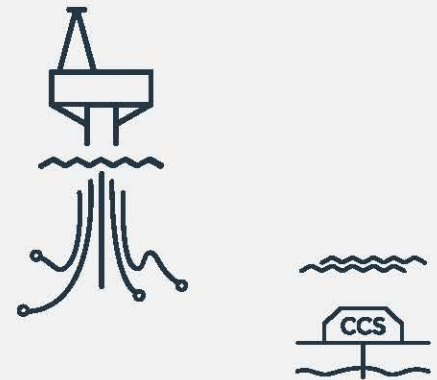
Direct Air Capture (DAC), WtE, BECCS

Transport



- Conduites CO₂ en opération depuis les années 1970
- Environ 2,600 km de conduites existantes (principalement aux US et Canada)
- Transport par bateau de CO₂ basé sur la technologie du transport GL
- Snøhvit conduit offshore depuis 2008
- Re-utilisation potentielle de conduites existantes pour le gaz

Stockage

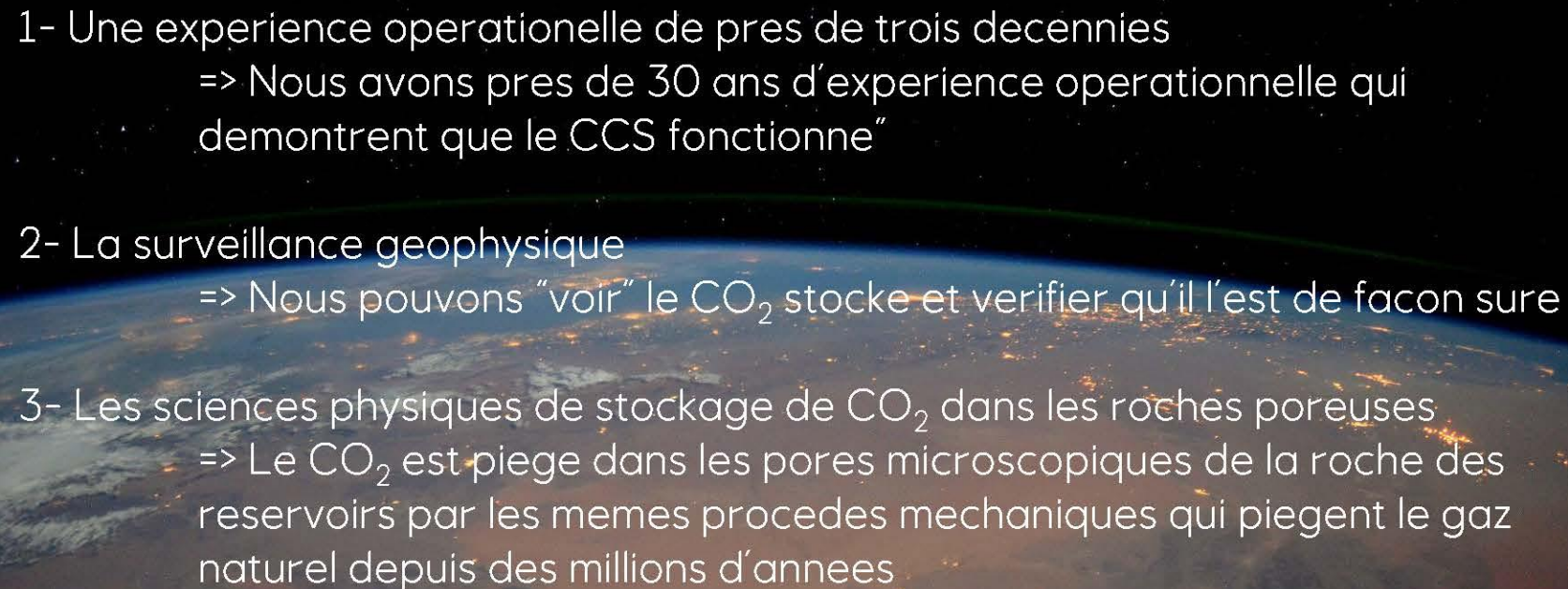


- Expérience de l'injection de CO₂ pour augmenter la production de pétrole depuis les années 1970s
- CO₂ stocké sur le plateau continental norvégien depuis 1996 (Sleipner puis Snøhvit)
- Capacité de stockage ne serait pas un facteur limitant (mais les coûts peuvent varier considérablement)

Equinor / Statoil

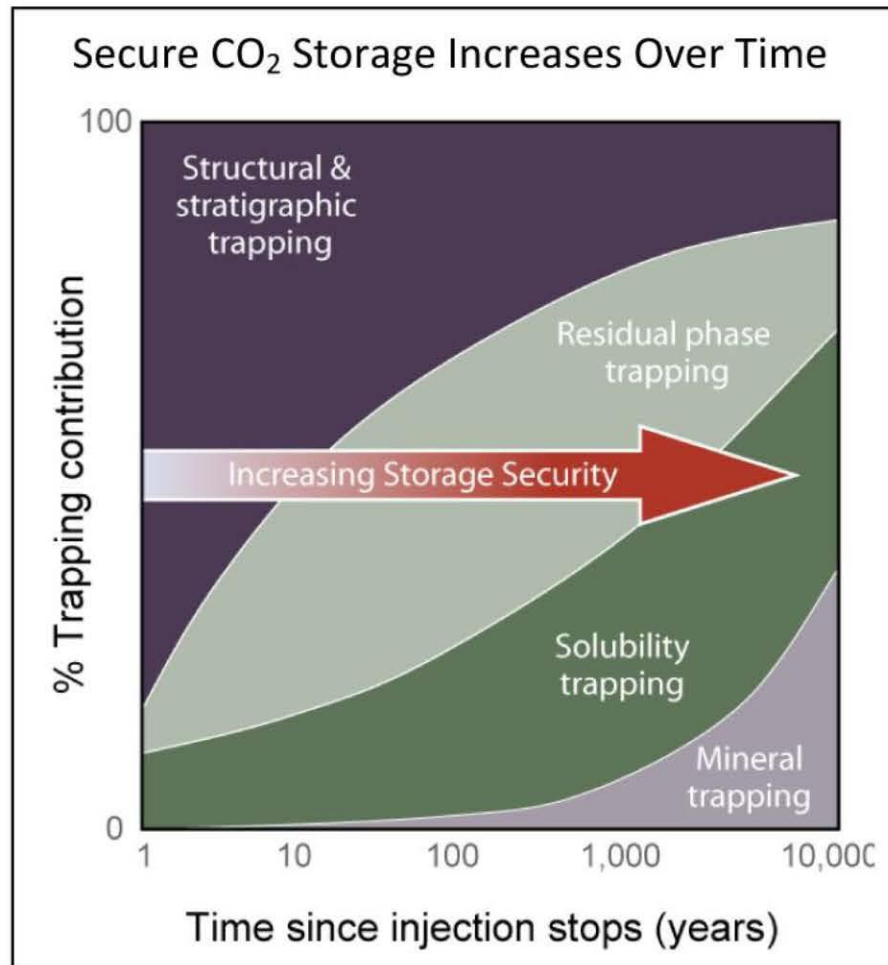
2- Pourquoi avons nous confiance dans le CCS?

Pourquoi avons nous confiance dans le CCS?

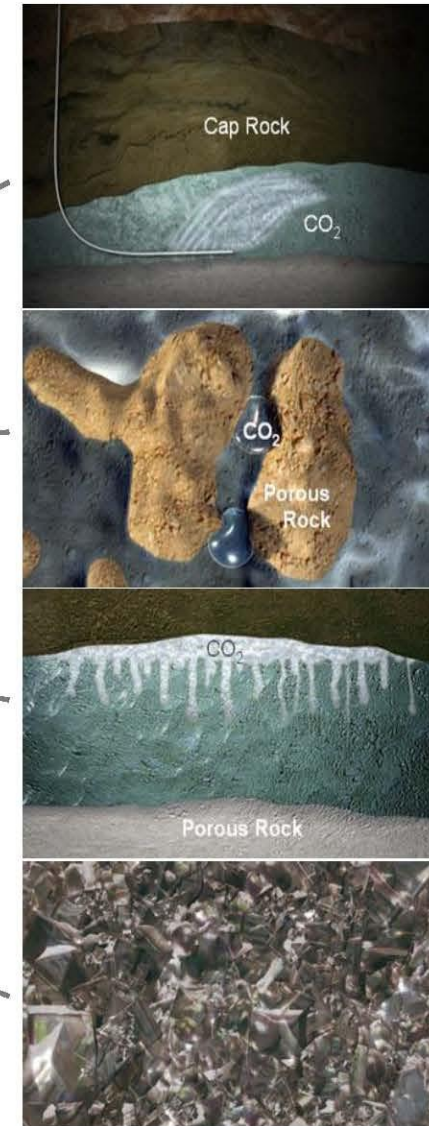
- 
- 1- Une experience operationelle de pres de trois decennies
=> Nous avons pres de 30 ans d'experience operationnelle qui demontrent que le CCS fonctionne"
 - 2- La surveillance geophysique
=> Nous pouvons "voir" le CO₂ stocke et verifier qu'il l'est de facon sure
 - 3- Les sciences physiques de stockage de CO₂ dans les roches poreuses
=> Le CO₂ est piege dans les pores microscopiques de la roche des reservoirs par les memes procedes mechaniques qui piegent le gaz naturel depuis des millions d'annees

3- Mechanisms

Les mecanismes de stockage – Une securite qui augmente constamment au fil du temps



After IPCC (2005): Carbon Dioxide Capture and Storage



http://www.co2captureproject.org/co2_trapping.html

4- Experience

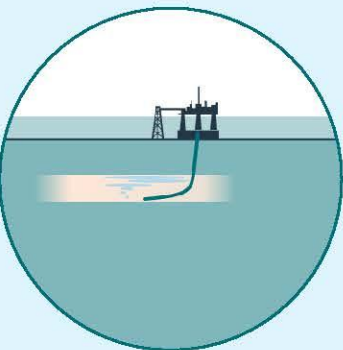


CCS: Une approche progressive pour bâtir une nouvelle industrie

29 ans d'expérience

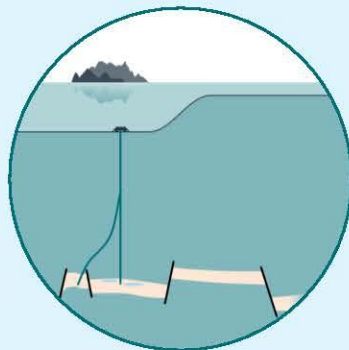
- Près de 30 Mt stockées à ce jour
- Multiples technologies de concepts de stockage et de développement

Sleipner | 1996



Le CCS fonctionne!

Snøhvit | 2008



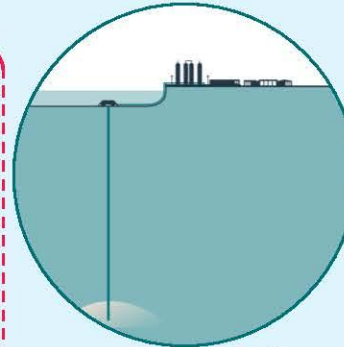
Extension des technologies

TCM | 2012



Réduction des coûts de capture

Northern Lights | 2024
Northern Lights Ph 2 | 2028



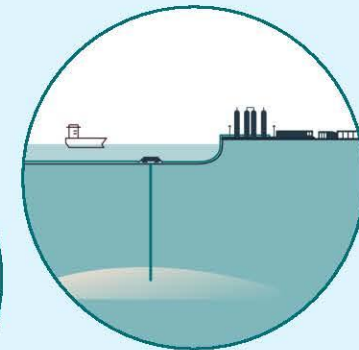
Ouverture d'un marché

NEP | 2027
Bayou Bend | 2028



internationalisation

Smeaheia | 2030
CO2 Highway | 2031/32
Kinno, Albonidigas | 2030+
Forsete, Kaupang | 2030+
CO2 Storage
Kalundborg | 2029/30



Industrialisation et économie d'échelle

Futur potentiel



NSB & US

Ambitions futures CCS

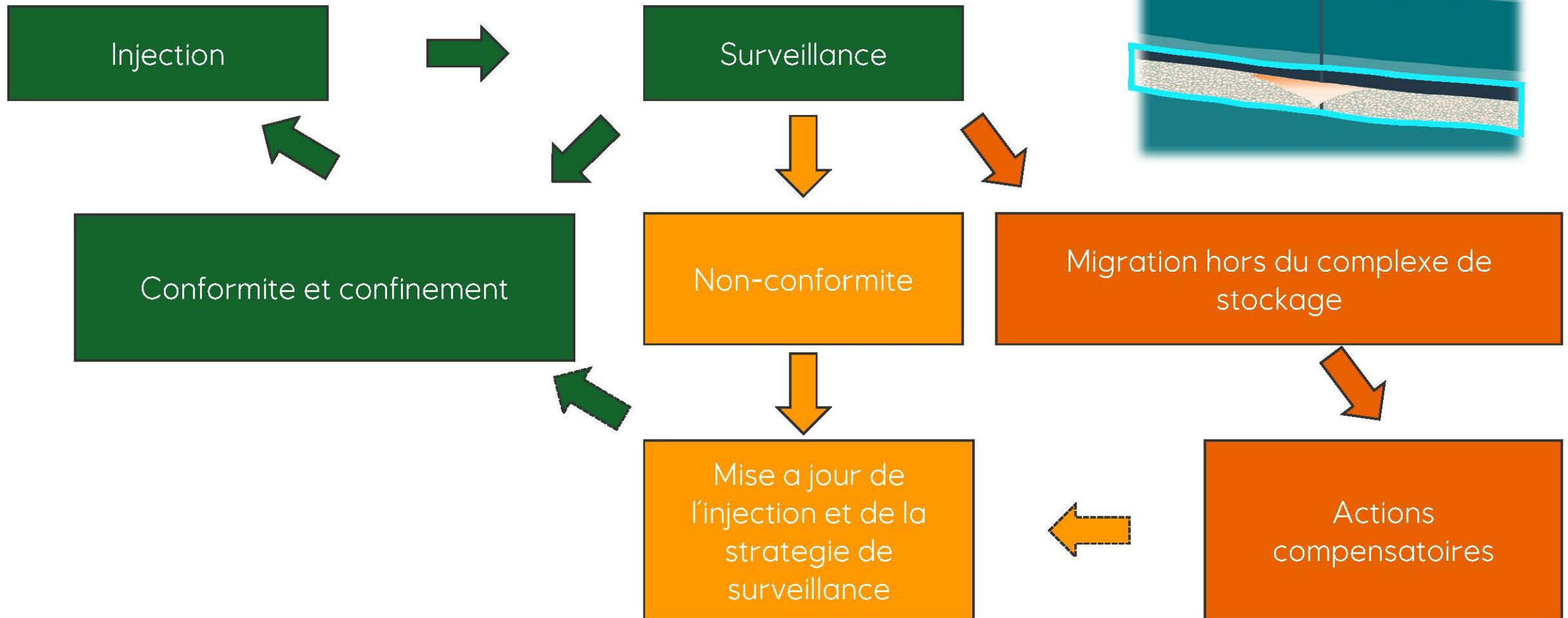
- 30 – 50 Mtpa d'ici 2035 (Equity)
- Focus sur le bassin North Sea (incluant le Danemark) et la zone cotière Texas

Cadre legal du stockage de CO₂ et guide du protocole de Londres pour le stockage de CO₂ dans les formations geologiques sous-terraines et sous-marines

- Reglementation Norvegienne – Basee sur la Directive de Stockage de CO₂ de l'EU
 - Reglementation du stockage de CO₂
 - Reglementation petroliere
 - Reglementation environnementale pour obtention des permis de stockage
- Evaluation de la conformite entre les reglementations Norvegiennes et les Guidelines – Un tres fort chevauchement
 - Lors d'un chevauchement partiel: aucune indication de non-conformite
 - Sur la caracterisation du flux de CO₂, les guidelines sont plus prescriptives
 - Selection de la liste d'actions – la reglementation garantit son intention
- Exercise similaire effectuee par IEAGHG (license de stockage en Hollande P 18-4) en arrive a la meme conclusion

2- Surveillance

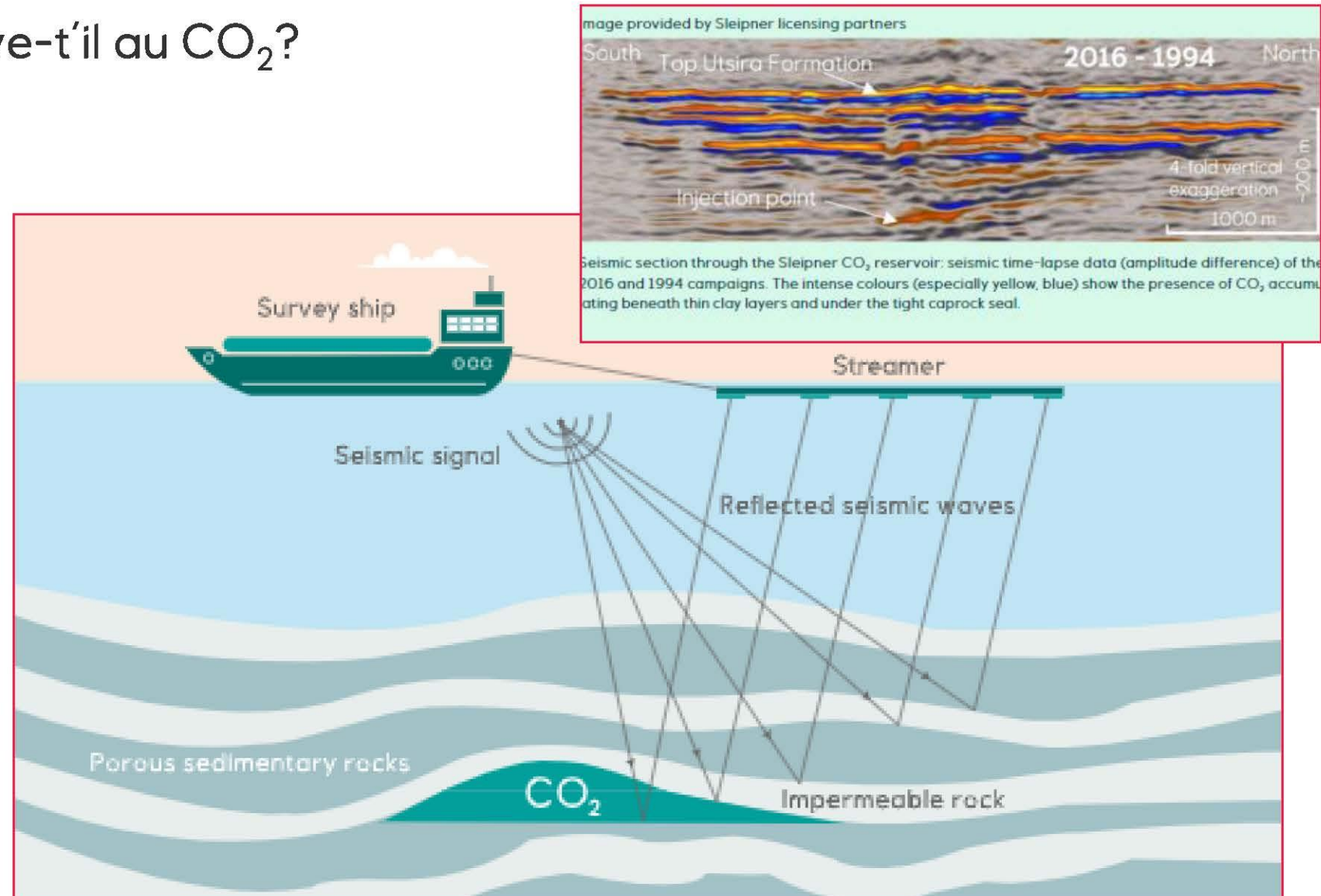
Strategie de surveillance du CO₂



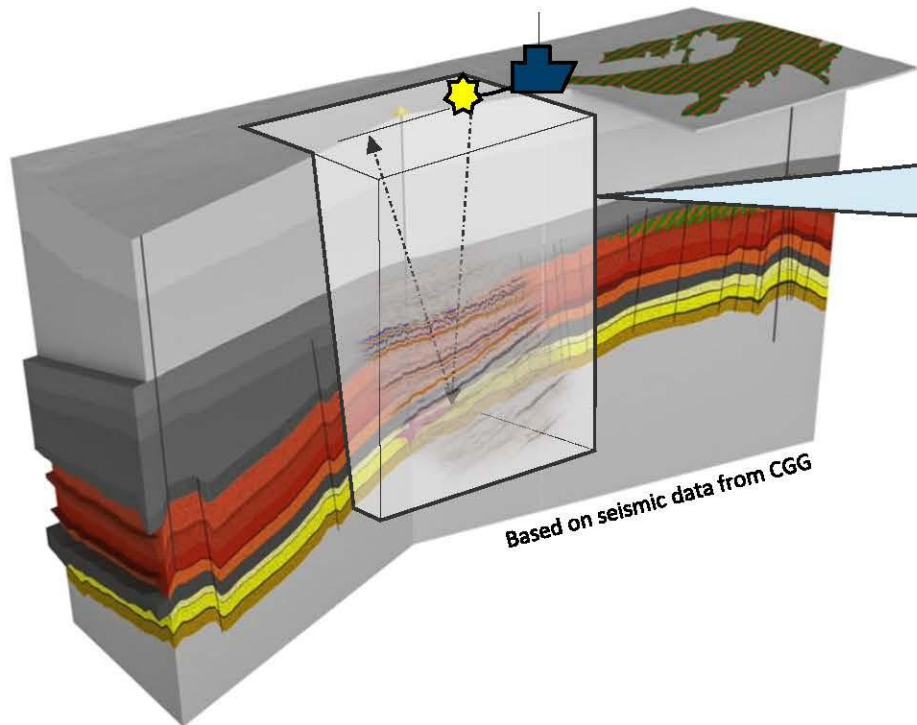
Une fois stocke, qu'arrive-t'il au CO₂?

- Inspections sismiques 4D
- Sismique en fond de puit
- Surveillance sismique passive
- Gravimetrie sur le fond sous marin
- CSEM (Controlled source electromagnetics)
- Pression et temperature dans et en fond de puit
- Echantillon geochimique de l'eau
- Echantillon des sediments

... et beaucoup d'autres outils de surveillance



La surveillance sismique pendant et apres l'arret de l'injection: une echographie a grande echelle



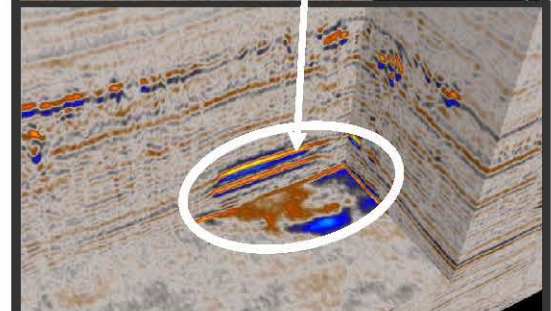
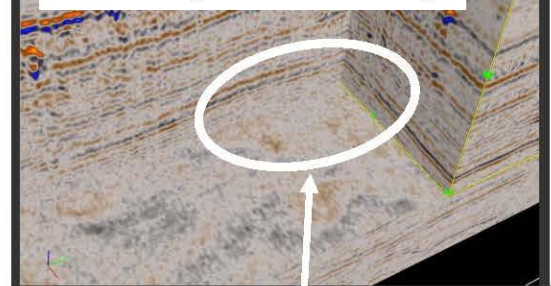
La difference entre deux inspections sismiques montre ou le CO₂ est localise

Ceci permet un suivi continu de la surveillance ainsi que le management du reservoir de stockage



Exemple: Sleipner

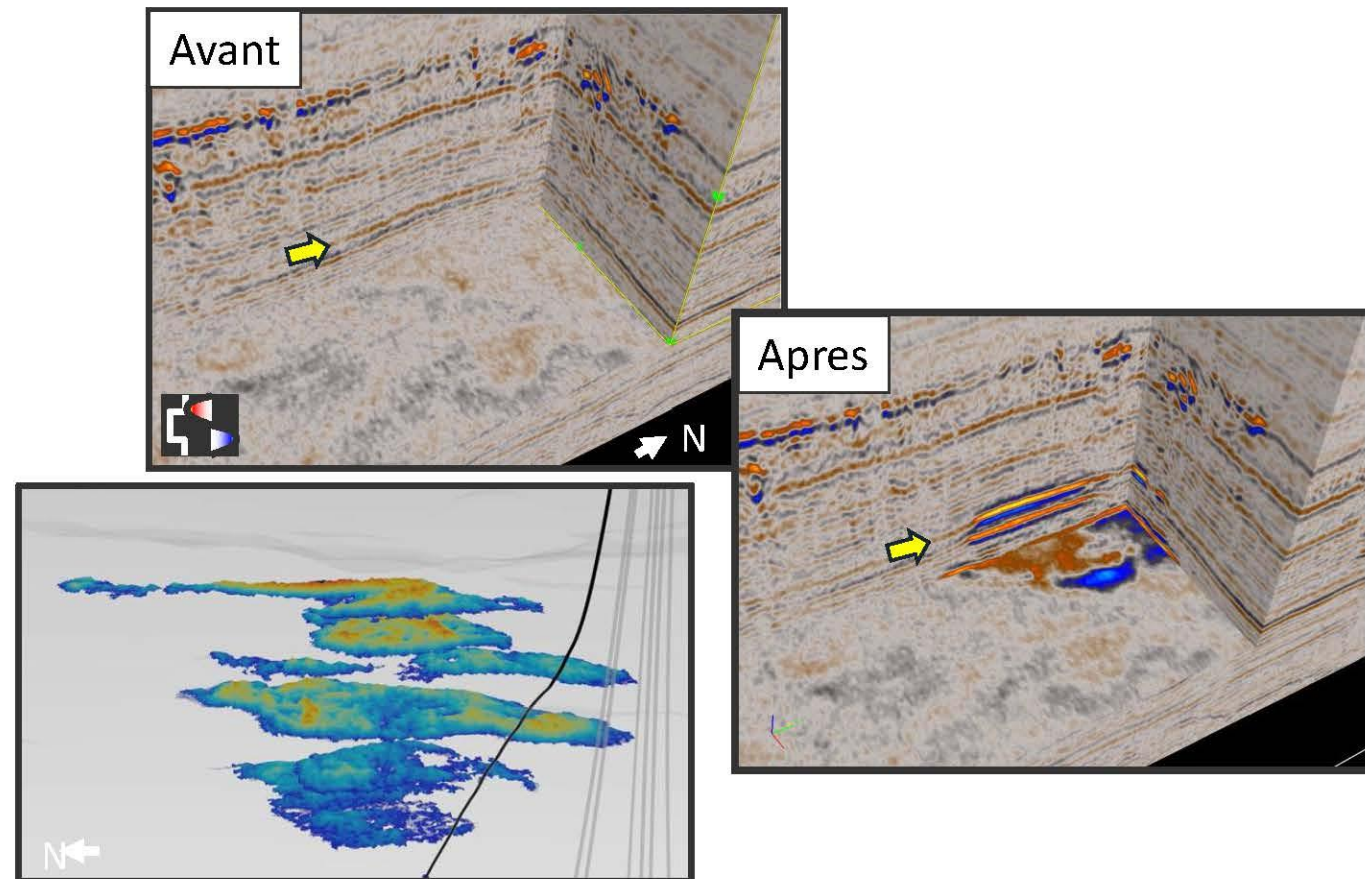
Avant injection de CO₂



CO₂ visible apres injection

Exemple de surveillance et rapports de suivi sur les champs de Snøhvit et Sleipner

- Plan de surveillance approuvé par les autorités:
 - Sur la période d'injection
 - Rapports annuels
 - Mise à jour et approbation par les autorités tous les 5 ans
 - Sur la période post-injection:
 - À confirmer un an avant la fin des opérations
- Contenu:
 - Surveillance des émissions diffuses sur les usines de traitement (en surface)
 - Pression en tête de puits et mesure du flux de volume
 - Surveillance sismique étendue en temps réel
 - Surveillance de la pression en fond de puits (Snøhvit)
 - Plan d'actions en cas de non-conformité





Temps d'échanges

Organisation du temps d'échange

- ▶ Utiliser la conversation pour contribuer à l'écrit...
- ▶ ... ou « levez la main » pour une intervention « face caméra »





3.

**Le stockage de CO₂ est-il une solution
pérenne ?**

Quelques questions entendues depuis le début de la concertation

- ▶ Quelles quantités de CO₂ peut-on stocker dans le sous-sol ?
- ▶ Combien stocke-t-on de CO₂ aujourd'hui ? Et demain ?
- ▶ Quid de l'article récent de *Nature*, repris par les médias, et qui annonce que les capacités de stockage sont réduites ?



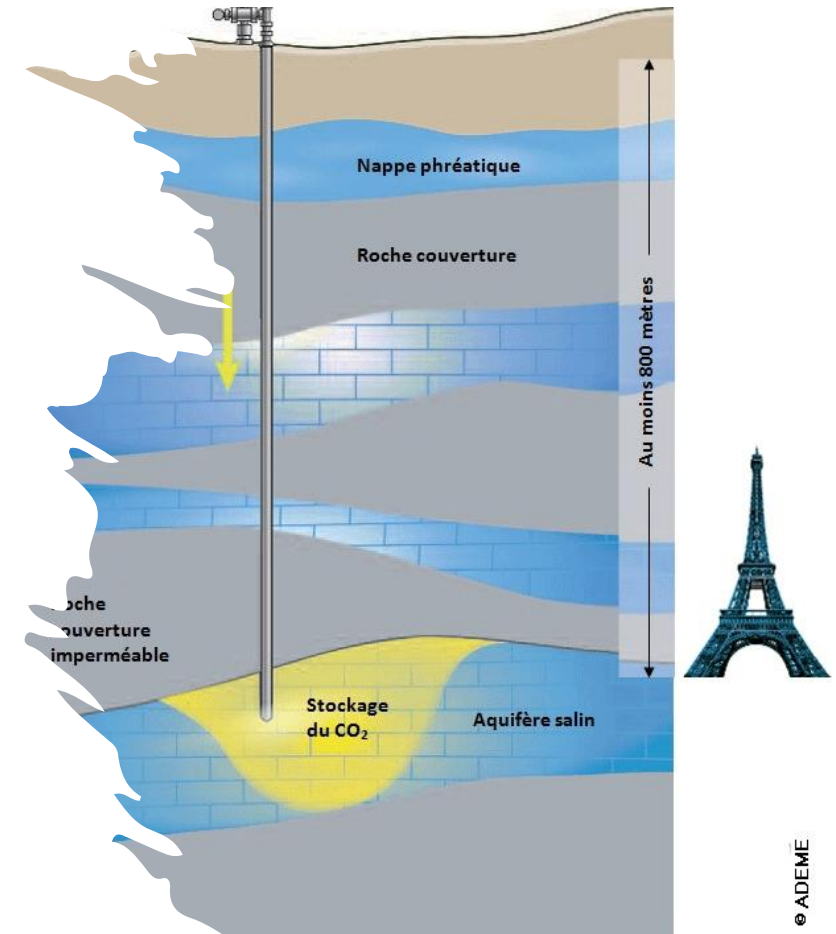
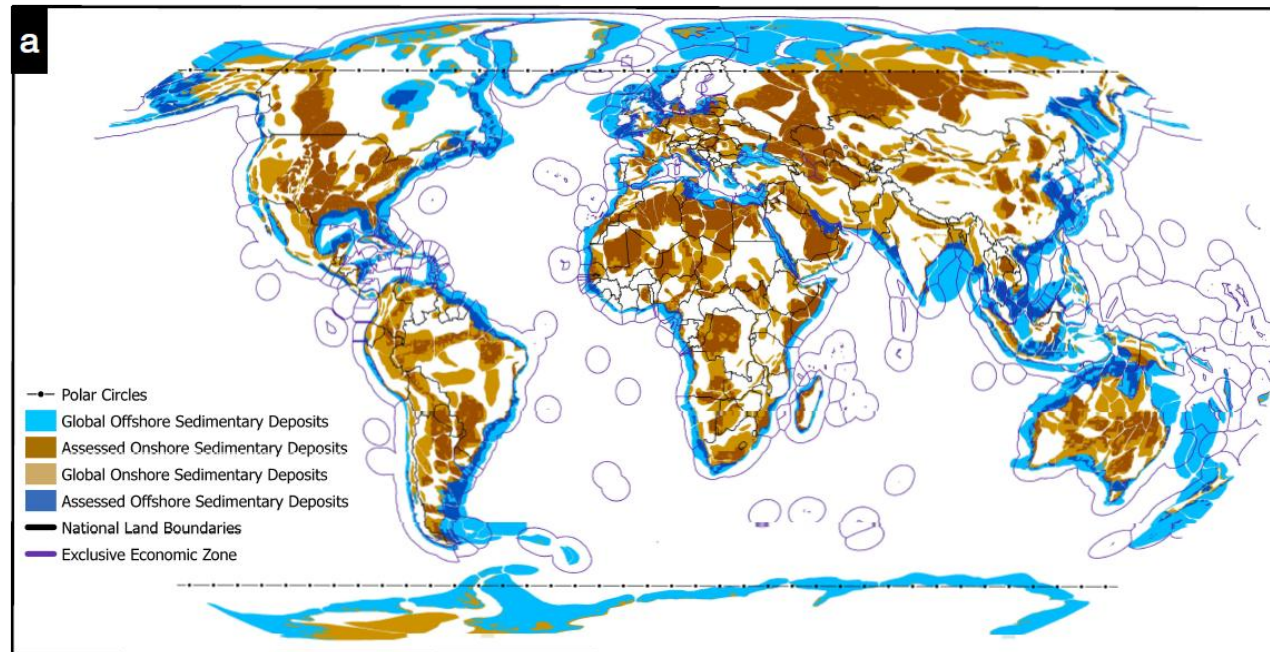
3.

**Le stockage de CO₂ est-il une solution
pérenne ?**

CAPACITÉS DE STOCKAGE GÉOLOGIQUE DE CO₂ :

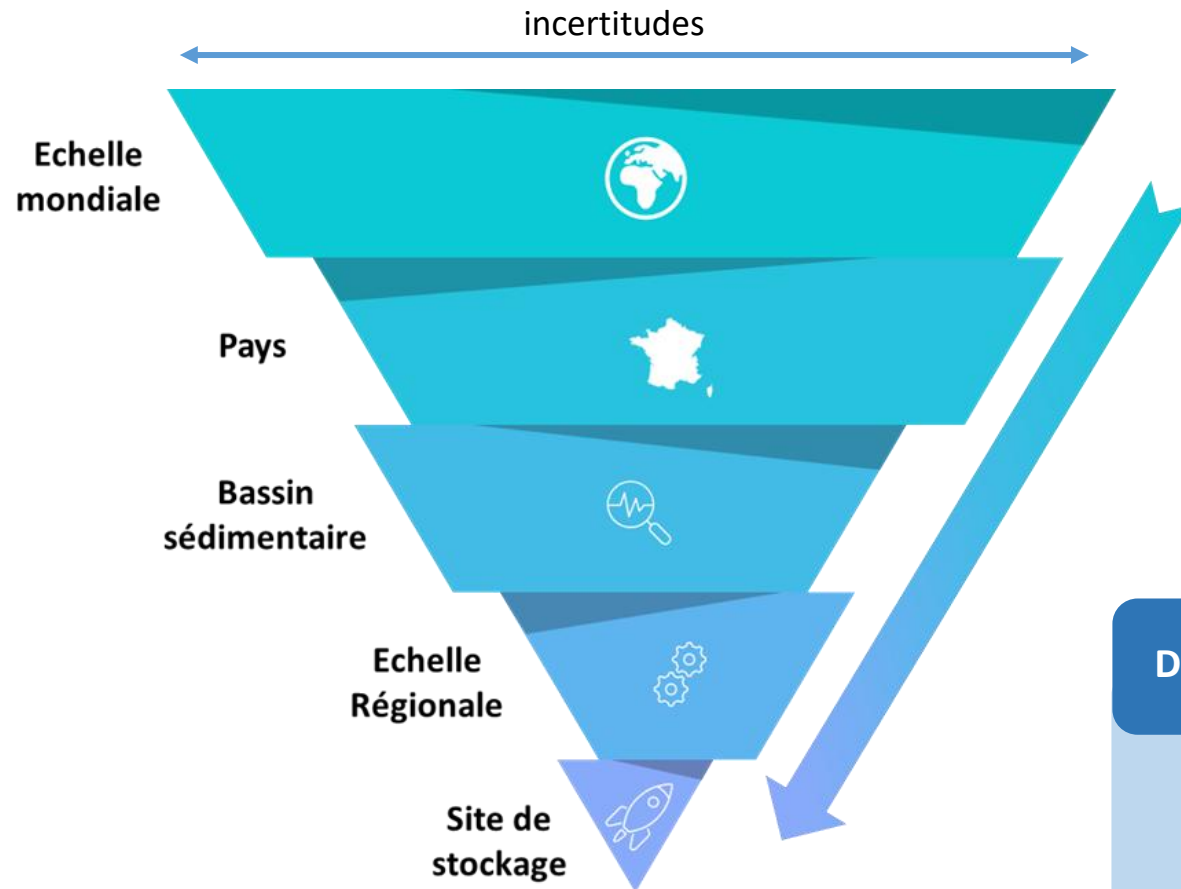
POTENTIEL, ENJEUX ET PERSPECTIVES

27/11/2025
Valentin Guillon



ESTIMATION DES CAPACITÉS DES SITES DE STOCKAGE

DIFFÉRENTES ECHELLES ET OBJECTIFS



Des estimations avec différents degrés d'incertitudes

- Plus on se rapproche de l'échelle du site de stockage, plus les capacités sont précises
 - Meilleure connaissance du sous-sol
 - Prise en compte de contraintes locales et techniques

Des estimations pour différents objectifs

- Aide à l'établissement de stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre
- Aide à la décision nationale et régionale
- Identification et développement de stockages

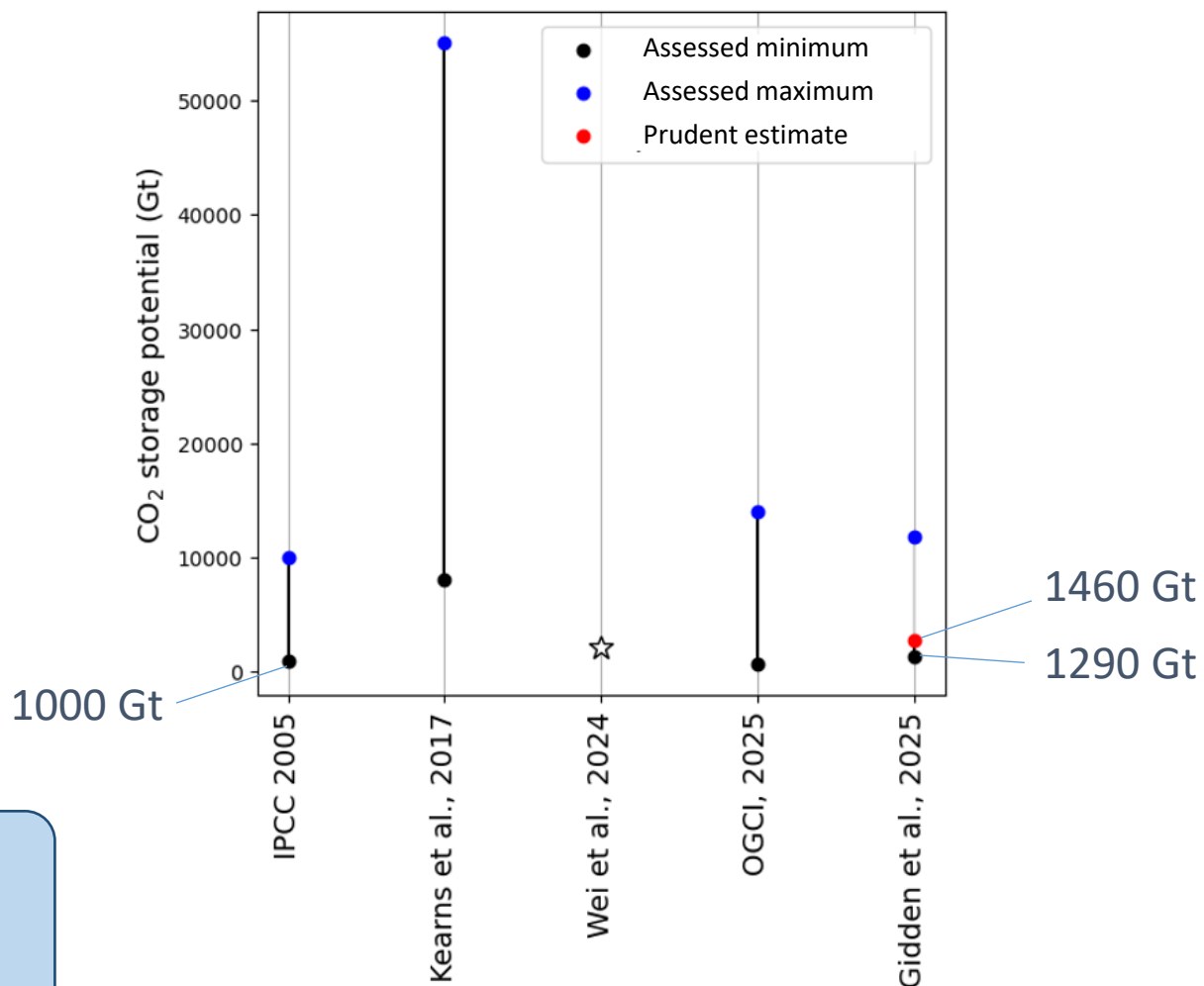
Estimations Théoriques Mondiales

- **Très variables** (Entre 1000 et 55,000 Gt)
- **Une estimation « prudente » d'environ 1 460Gt**
(Gidden et al. 2025, Nature)

Objectifs de stockage de CO2

- 6-7 Gt/an @ 2050 (Scénario IEA Net-Zero, 2021)

Une nécessité de réserver ces capacités aux
émissions actuellement irréductibles
cohérente avec les recommandations du GIEC



CAPACITÉS EUROPÉENNES

DES MATURITÉS DIFFÉRENTES SUIVANT LES PAYS

Capacités théoriques de stockage (Gt) – *Projet Geocapacity (2008)*

Aquifères salins		Champs déplétés	
Capacité effective	Estimation conservative	Capacité effective	Estimation conservative
326	100	32	25
A Terre		En Mer	
116		244	

- Capacités principalement localisées en mer du Nord
- Des études à l'échelle des pays sont nécessaires pour mieux caractériser les potentiels régionaux

Objectifs Européens

- 0,28 Gt/an @ 2040 (280 Mt/an)

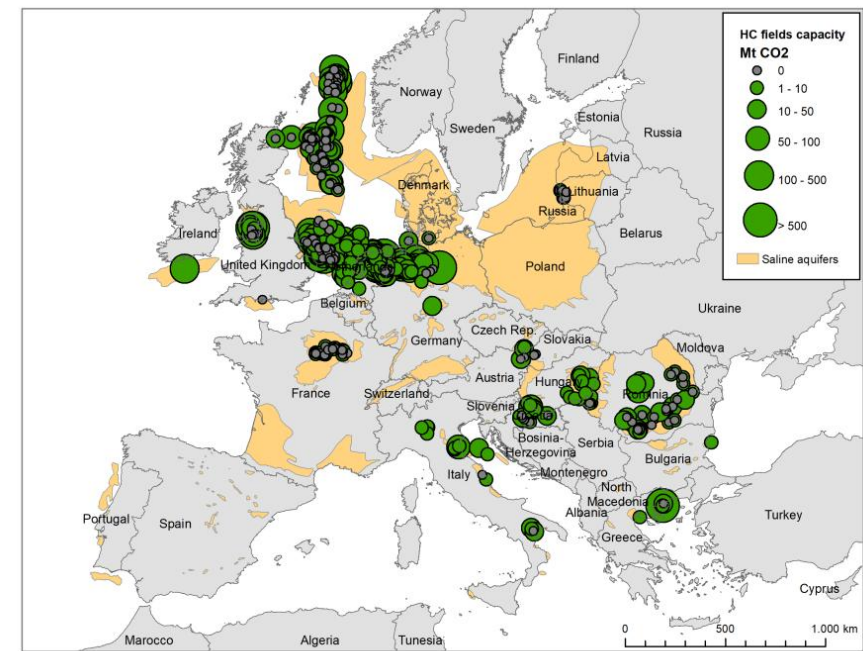


Figure 9. Location and storage capacity for the hydrocarbon fields.

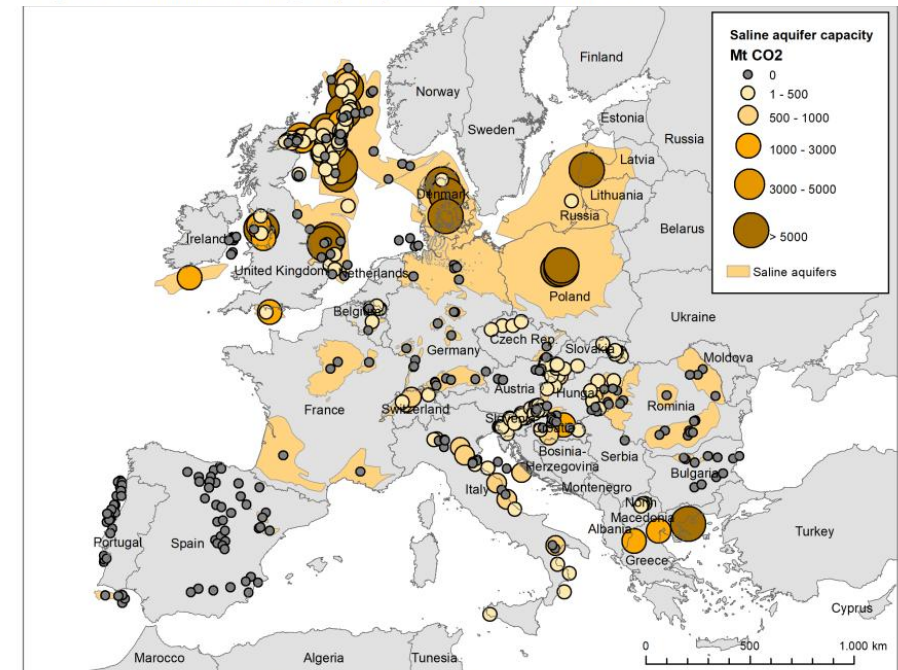


Figure 7. Location and outline of the saline aquifers and storage capacity illustrated as graduated symbols.



Une synthèse récente des capacités
de stockage
(2024 - Etude EVASTOCO2)



Capacités théoriques de stockage

1,1 Gt dans des structures fermées
+ 3,7 Gt potentiels dans des aquifères salins

Objectifs de capture

- 0,03 à 0,05 Gt/an @ 2050 (30-50Mt/an)

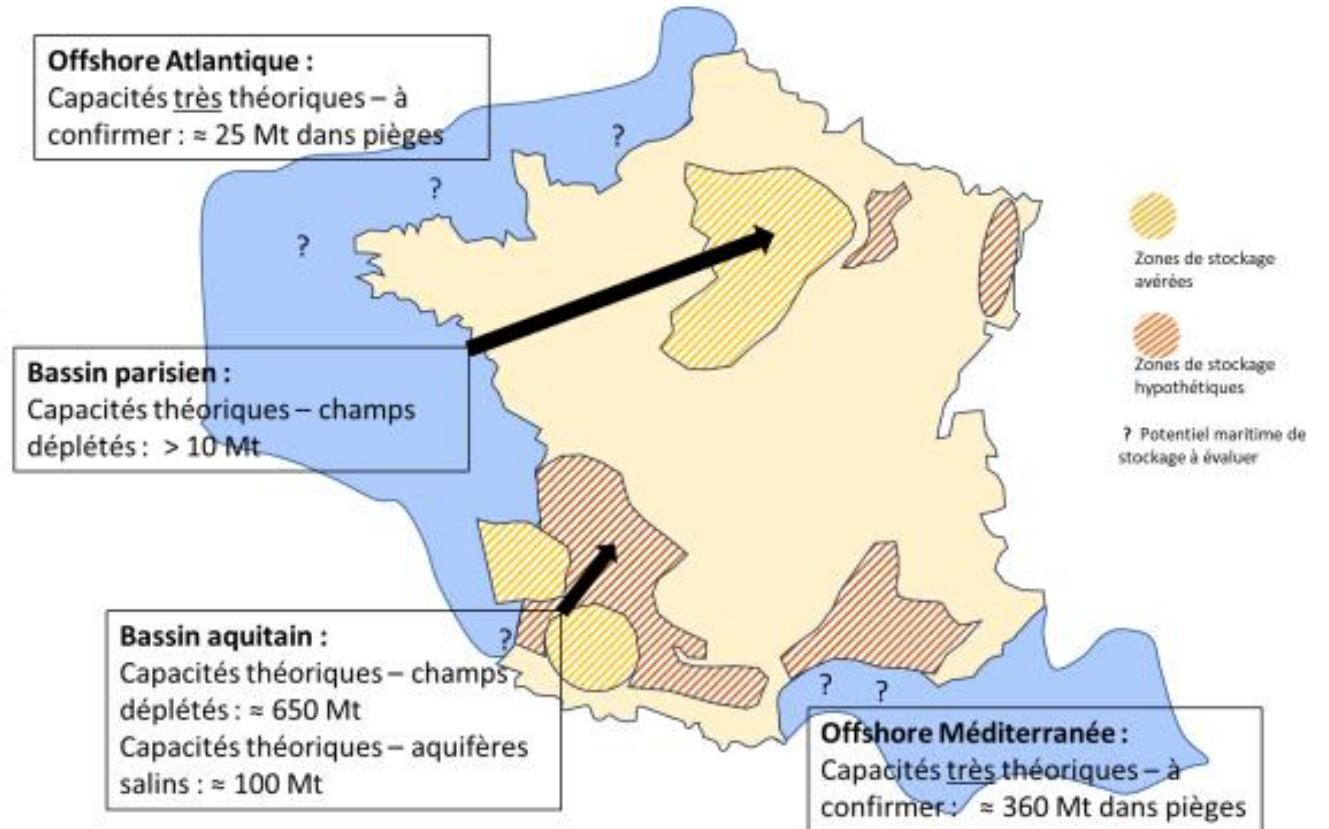


Figure 4 : Carte du potentiel de stockage géologique de CO₂ en France selon des études théoriques et les données issues de la production pétrolière et gazière

État des lieux et perspectives de déploiement
du CCUS en France - Juillet 2024

L'ENJEU MAJEUR DU CCS : GETTING TO GIGATONS

UN PASSAGE À L'ÉCHELLE INDISPENSABLE

Objectifs de stockage de CO₂

- 1 Gt/an @ 2030
- 6-7 Gt/an @ 2050 (Scénario IEA Net-Zero, 2021)

Aujourd'hui, l'enjeu n'est pas sur les capacités théoriques. **Il faut développer rapidement les capacités opérationnelles de capture et de stockage !**

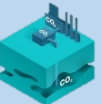
3 GRANDES PRIORITÉS



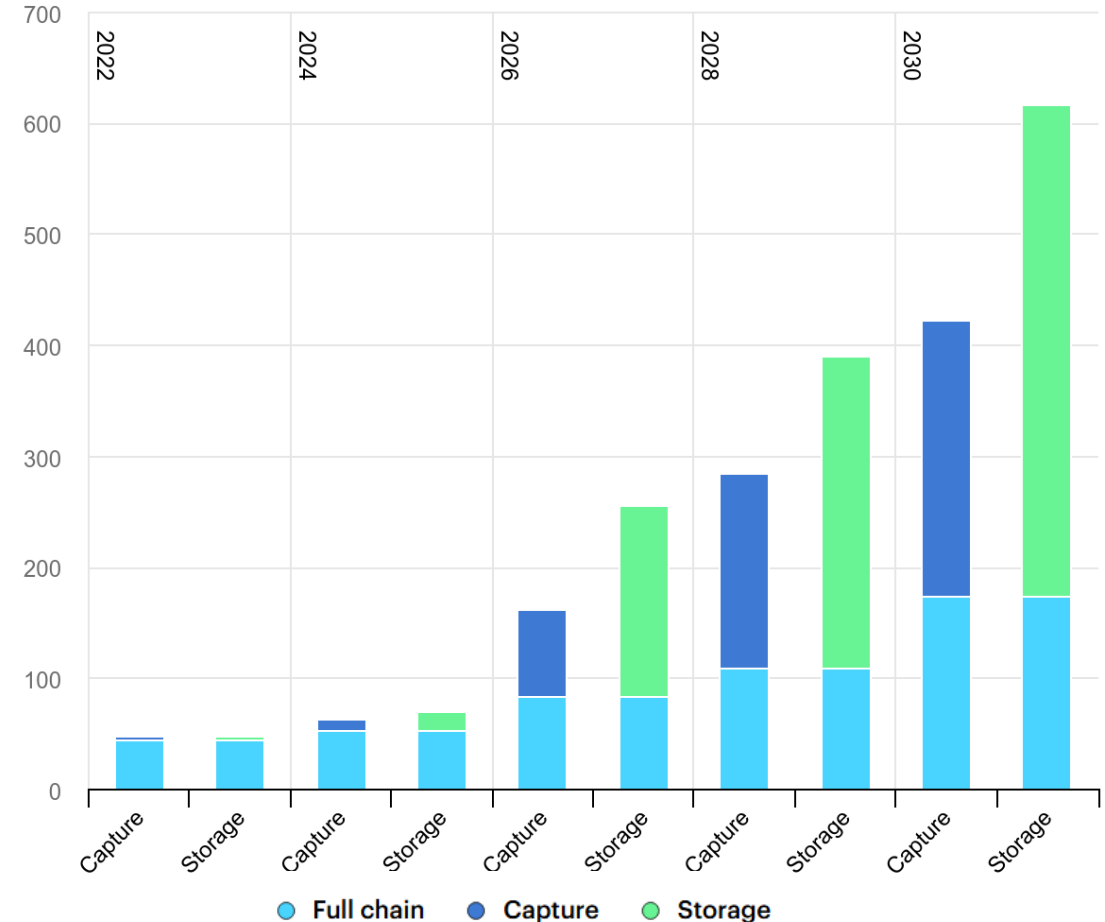
1. Établir les politiques



2. Viser des clusters industriels et développer la capture



3. Identifier et développer des stockages de CO₂



Evolution des capacités de capture et stockage annoncées @2030
(IEA (2024), CCUS Projects Database.)

Innovater les énergies

Retrouvez-nous sur :

 www.ifpenergiesnouvelles.fr

 @IFPENinnovation





Temps d'échanges

Organisation du temps d'échange

- ▶ Utiliser la conversation pour contribuer à l'écrit...
- ▶ ... ou « levez la main » pour une intervention « face caméra »





Conclusions

Prochaines rencontres



Concertation garantie par



- ▶ **Lundi 1^{er} décembre** : réunion publique thématique « environnement des bords de Loire » à Mauges-sur-Loire
- ▶ **Mardi 2 décembre** : réunion publique thématique « agriculture » à Erbray
- ▶ **Mercredi 3 décembre** : réunion publique thématique « méthodes de pose des canalisations » à Ancenis
- ▶ **Jeudi 4 décembre** : réunion publique « Terminal CO₂ et perspectives de développement d'une filière CO₂ » à Montoir-de-Bretagne





Un projet d'envergure
pour la décarbonation
des industries du Grand Ouest

Merci !

<https://concertation.goco2.fr>

