



Déchet ou Matière Première d'Avenir ?



Fondation de la Maison de la Chimie

Conception graphique : CB DEFRETIN | Photo : © fgaras62 – alexmx – Sergey – Olivier Le Moal / Adobe Stock | le 18/03/20

Les opérations intégrées de captage, stockage et valorisation du CO₂ en cours et en projet en Europe

Isabelle Czernichowski-Lauriol

BRGM, Service Géologique National, Orléans, Email: i.czernichowski@brgm.fr

Déléguée à la Recherche et à l'Appui aux Politiques Publiques

Présidente émérite de l'association CO₂GeoNet

Coordinatrice du Nœud français d'ECCSEL



European Carbon Dioxide
Capture and Storage Laboratory Infrastructure



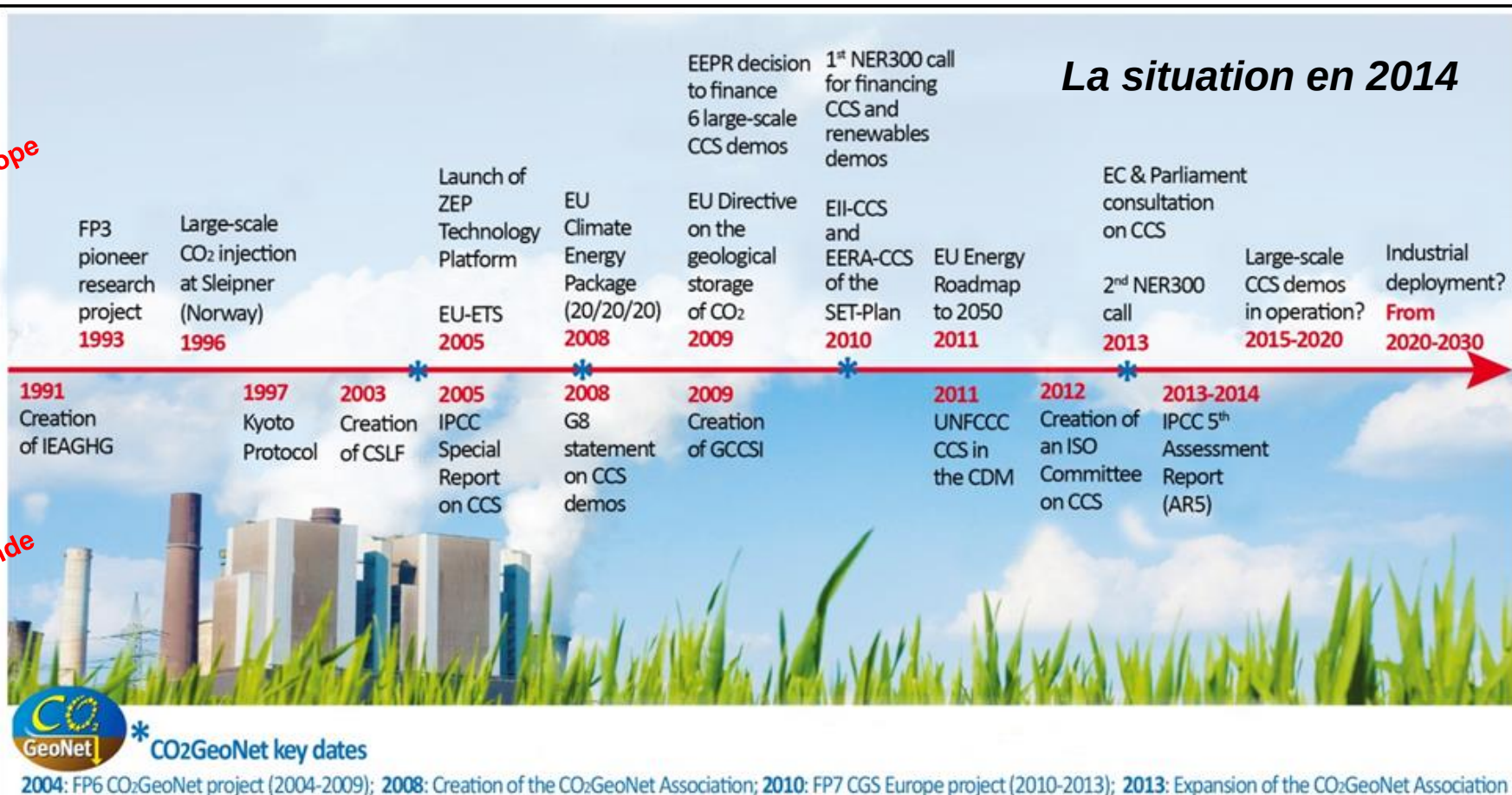
The European Network of Excellence
on CO₂ geological storage



Géosciences pour une Terre durable

brgm

1993 – Début des recherches sur le captage et le stockage de CO₂ en Europe



La situation en 2020 :

- > Uniquement 2 opérations de taille industrielle (~1 Mt CO₂/an) en Europe :
- en Norvège (taxe carbone) : **Sleipner** (depuis 1996) et **Snøhvit** (depuis 2007)



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Regain d'intérêt sur le CCS depuis la COP21 et l'Accord de Paris sur le Climat – Déc. 2015

- Limiting global warming to **well below 2° C** with ambition to limit to **1.5° C** (Article 2)
- ...achieve a balance between anthropogenic emissions by sources and removals by **sinks** of greenhouse gases in the second half of this century (Article 4)
- Communicate nationally determined contributions (**NDC**) every five years. Recognize and implement mitigation actions with respect to anthropogenic emissions and **removals** (Article 4)
- Strengthen **cooperative action on technology development and transfer** for the implementation of mitigation and adaptation actions (Article 10)



2019, 19 opérations de captage et stockage de CO₂ en opération dans le monde



● LARGE SCALE CCS FACILITIES
IN OPERATION & CONSTRUCTION

● LARGE SCALE CCS FACILITIES
IN ADVANCED DEVELOPMENT

● LARGE SCALE CCS FACILITIES COMPLETED

LARGE SCALE = >400,000 TONNES OF CO₂
CAPTURED PER ANNUM

● PILOT & DEMONSTRATION SCALE FACILITY
IN OPERATION & CONSTRUCTION

● PILOT & DEMONSTRATION SCALE FACILITY
IN ADVANCED DEVELOPMENT

● PILOT & DEMONSTRATION SCALE
FACILITY COMPLETED

● TEST CENTRE

Global CCS Institute: The Global Status of CCS: 2019

- Stockant chacune de l'ordre de **1 Mt de CO₂ par an**
- Pour réduire les émissions de CO₂ de la production d'électricité et de l'industrie
- Stockages sur les continents et sous la mer



Géosciences pour une Terre durable

brgm

2019 - Les 19 projets CCS en opération (rouge) et en préparation (bleu)

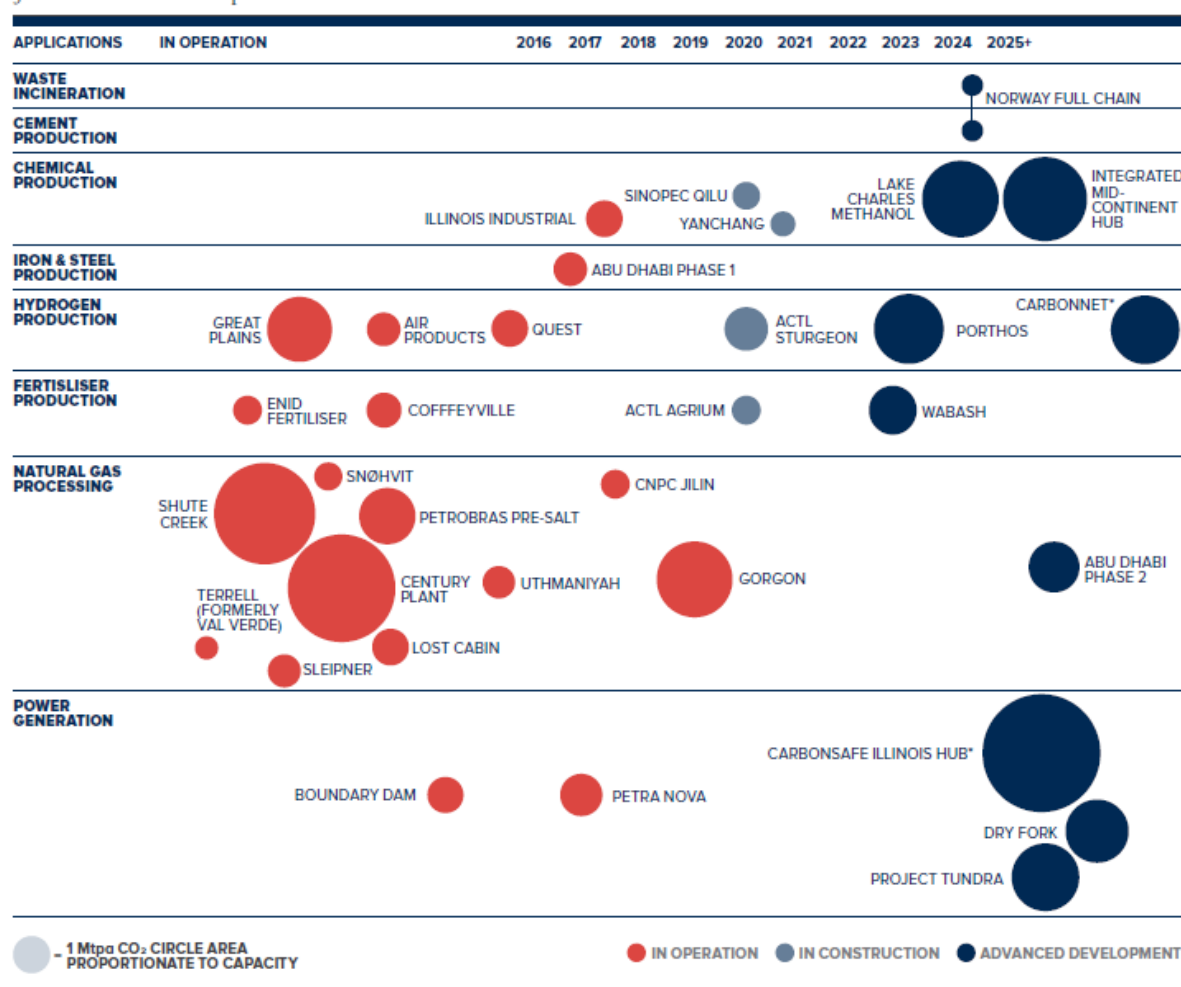


FIGURE 3 POWER AND INDUSTRIAL APPLICATIONS OF LARGE-SCALE CCS FACILITIES IN OPERATION, UNDER CONSTRUCTION AND IN ADVANCED DEVELOPMENT

*Size of the circle is proportional to the capture capacity of the facility.
Indicates the primary industry type of the facility among various options.

Ref: Global CCS Institute:
The Global Status of CCS: 2019

Northern Lights et le projet norvégien Longship

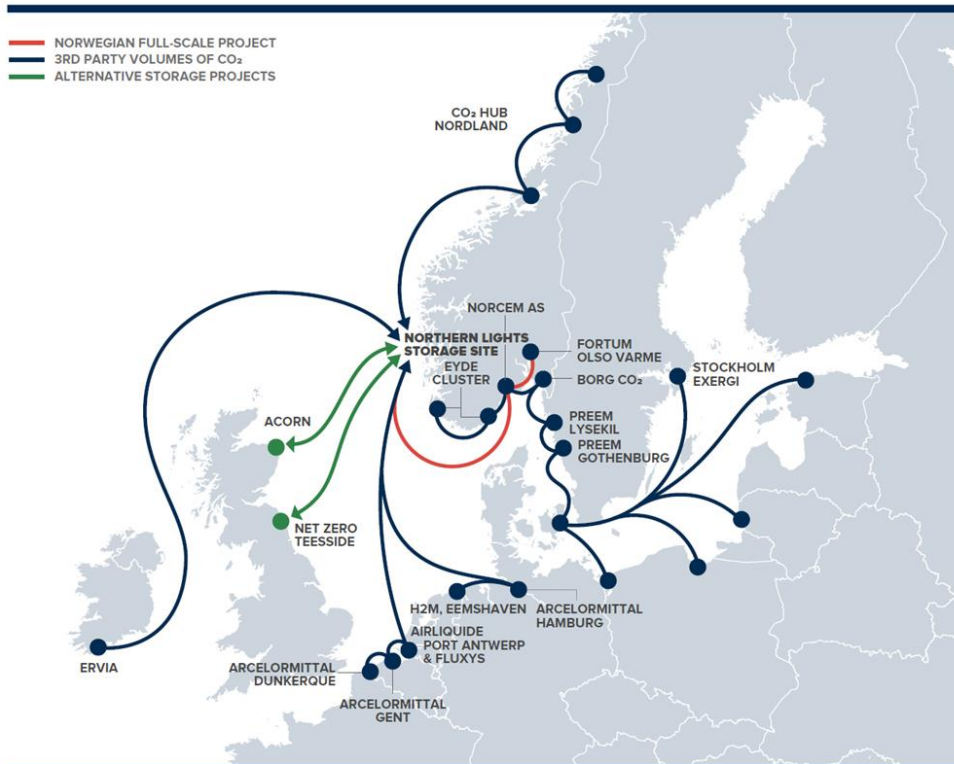
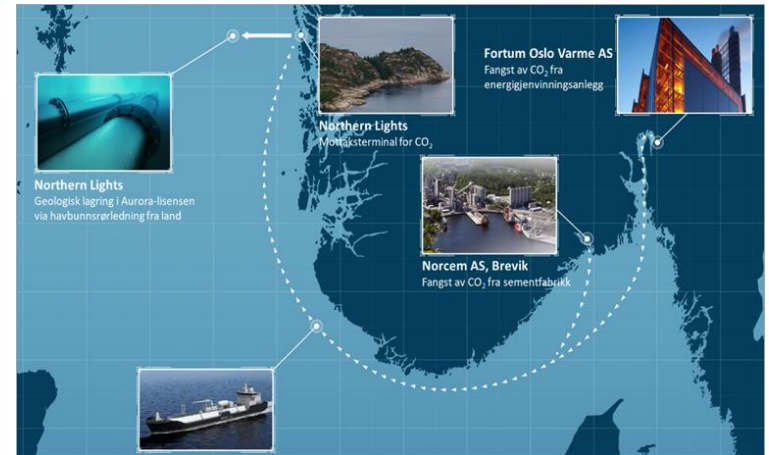


FIGURE 19 POTENTIAL SOURCES OF CO₂ FOR NORTHERN LIGHTS⁵⁰

Ref: Global CCS Institute: The Global Status of CCS: 2019



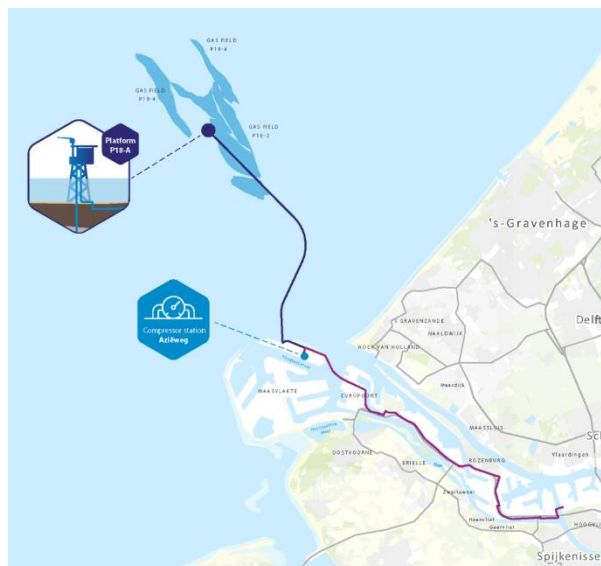
The Government launches 'Longship' for carbon capture and storage in Norway

Press release | Date: 21/09/2020

In a Government White Paper to the Norwegian parliament submitted today, the Government proposes to launch a carbon capture and storage (CCS) project in Norway. The project has been named 'Longship', in Norwegian 'Langskip'.

- **Total investments in Longship: 1.6 billion €** (NOK 17.1 billion). This includes both Norcem, Fortum Oslo Varme as well as Northern Lights.
- **Operating costs for 10 years of operation: 0.8 billion €** (NOK 8 billion)
- **Total cost estimate is thus 2.4 billion €** (NOK 25.1 billion).
- **State's part of these costs: 1.6 billion €** (NOK 16.8 billion). 67%

D'autres projets en préparation en NL et UK



Port de Rotterdam

Funds from the Connecting Europe Facility (CEF)

02 October 2020

102 million euros in funding on the horizon for Porthos

The European Commission has proposed awarding 102 million euros in funding to the Porthos project. The Porthos project centres on the capture and storage of CO₂ in the North Sea floor. If the European Parliament endorses this proposal, Europe will bear a substantial share of the investment in Porthos, which totals 450 to 500 million euros.

For a term of 15 years, Porthos will be storing some 2.5 Mt of CO₂ per year – supplied by the Rotterdam locations of Air Liquide, Air Products, ExxonMobil and Shell – in the North Sea seabed. This is equivalent to 10% of the total emissions produced by Rotterdam's industrial sector. As such, the Porthos project will significantly contribute to the Netherlands's achievement of its climate targets.



BP mène un projet de stockage de CO₂ sous-marin en mer du Nord dans l'aquifère salin Endurance à moins de 100 km des côtes britanniques.

© BP

L'USINE NOUVELLE AURÉLIE BARBAUX PUBLIÉ LE 26/10/2020

BP embarque Total, Shell, ENI et Equinor dans un nouveau projet de stockage sous-marin de CO₂ en mer du Nord

Le 26 octobre, BP a annoncé la création du consortium Northern Endurance Partnership avec Shell, Equinor, Eni, Total et National Grid, pour opérer les projets de neutralité carbone Nord Zero Net Teesside et Zero Carbon Humber avec captage et stockage sous-marin de CO₂ en mer du Nord.



Et dans le reste de l'Europe ?

Les projets de recherche en cours coordonnés par le BRGM

- > **ENOS** (2016-2020), projet H2020 (RIA) – dédié au **stockage de CO₂ onshore** en Europe

- <http://www.enos-project.eu/>



- > **STRATEGY CCUS** (2019-2022), projet H2020 (CSA) – Elaboration de **plans stratégiques** pour le déploiement de la technologie CCUS (Captage, Stockage et Utilisation du CO₂) en Europe du Sud et de l'Est

- <https://www.strategyccus.eu/>



- > **CO2SERRE** (2020-2022), projet recherche Région CVL – Valoriser et stocker le CO₂ issu de la biomasse pour la culture sous serre (**BECCS + Valorisation du CO₂**)



- > **GEOCO2** (2019-2020), projet recherche Région CVL – **Couplage stockage CO₂ et géothermie** pour les petits émetteurs (< 150 kt CO₂/an)

- <http://co2-dissolved.brgm.fr/>



Projet H2020 STRATEGY CCUS (2019-2022)



Objectif

Elaborer des plans stratégiques pour le déploiement de la technologie CCUS (CO₂ Capture, Use and Storage) **en Europe du Sud et de l'Est** à **court** (< 3 ans), **moyen** (3-10 ans) et **long terme** (> 10 ans)

- **Plans CCUS locaux** dans des régions prometteuses, basés sur des critères techniques (émissions+captage+transport+stockage+utilisation), économiques, environnementaux (ACV) et sociétaux
- **Connexions** entre clusters CCUS locaux et **avec l'infrastructure CCUS de la mer du Nord**

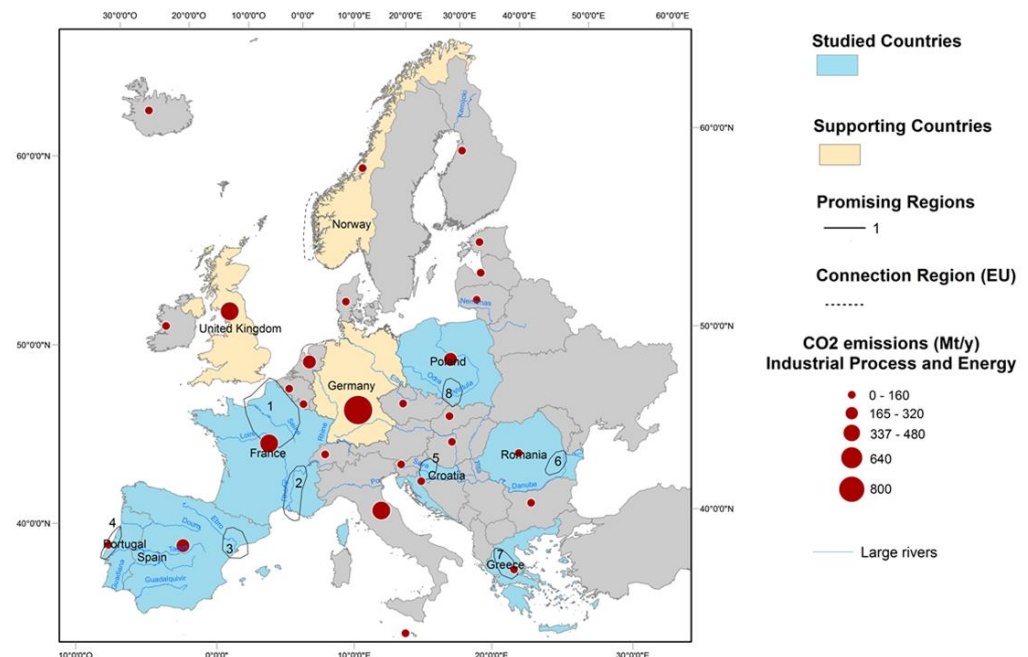
8 régions sélectionnées

- présence d'un pôle industriel
- possibilités de stockage et/ou d'utilisation du CO₂
- **potentiel de couplage avec la production et l'utilisation de H₂**
- études antérieures existantes
- une certaine volonté politique

Budget: 2.96 M€ (CSA)

Partenaires

FR: BRGM, IFPEN et TOTAL; **ES:** IGME et CIEMAT; **GR:** CERTH; **HR:** UNIZG-RGNF; **PO:** GIG; **PT:** UEVORA, FCT-NOVA, DGEG et CIMPOR; **RO:** SNSPA et GeoEcoMar; **DE:** Fraunhofer-ISI; **NO:** NORCE; **UK:** UEDIN



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 837754



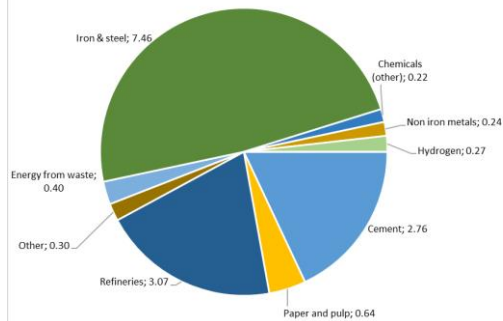
Géosciences pour une Terre durable

brgm

H2020 STRATEGY CCUS – Vallée du Rhône



CO₂ Emissions (Mt/year) and industry sectors - 18.6 Mt/y in 2018



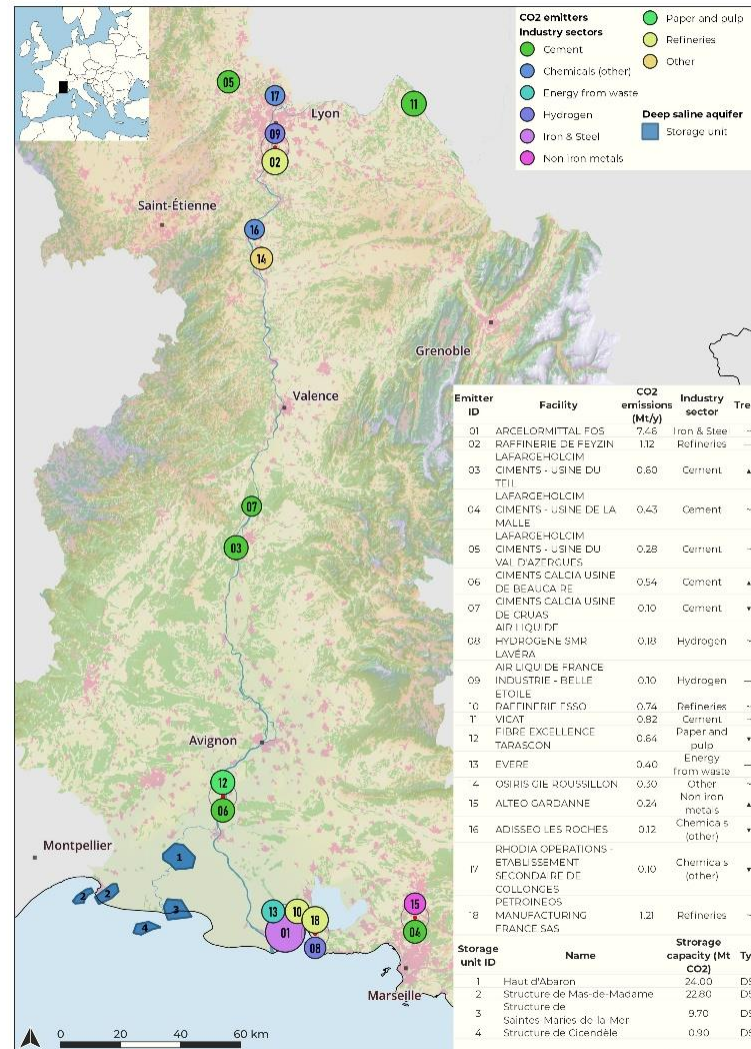
CO₂ storage capacity assessed – 57.4 Mt CO₂ (Deep Saline Aquifers)

- Storage capacities **assessed** in 5 locations only, through volumetric calculations, with conservative assumptions

Need to study also potential in:

- the Upper Valley
- Offshore in the Mediterranean

Rhone valley | Emitters and Storage units



The STRATEGY CCUS project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 657156.

Web Mercator projection (EPSG:3826). Notes may have been deduced for visualization purposes.



CO₂ use:

Ongoing pilots for production of:

✓ Algae:

- Vicat cement plant close to Lyon (Cimentalgie project)
- Fos industrial area (VASCO2 project)

✓ Methane:

- Power-to-Gas JUPITER 1000 demo project at Fos

✓ Biomethanol:

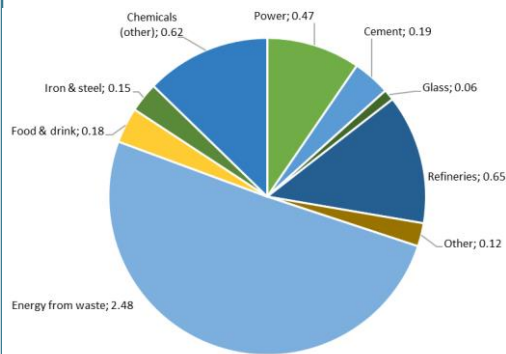
- HYBIOL project, linked to the reconversion of the Gardanne coal-fired power plant into a biomass power plant



H2020 STRATEGY CCUS – Bassin parisien



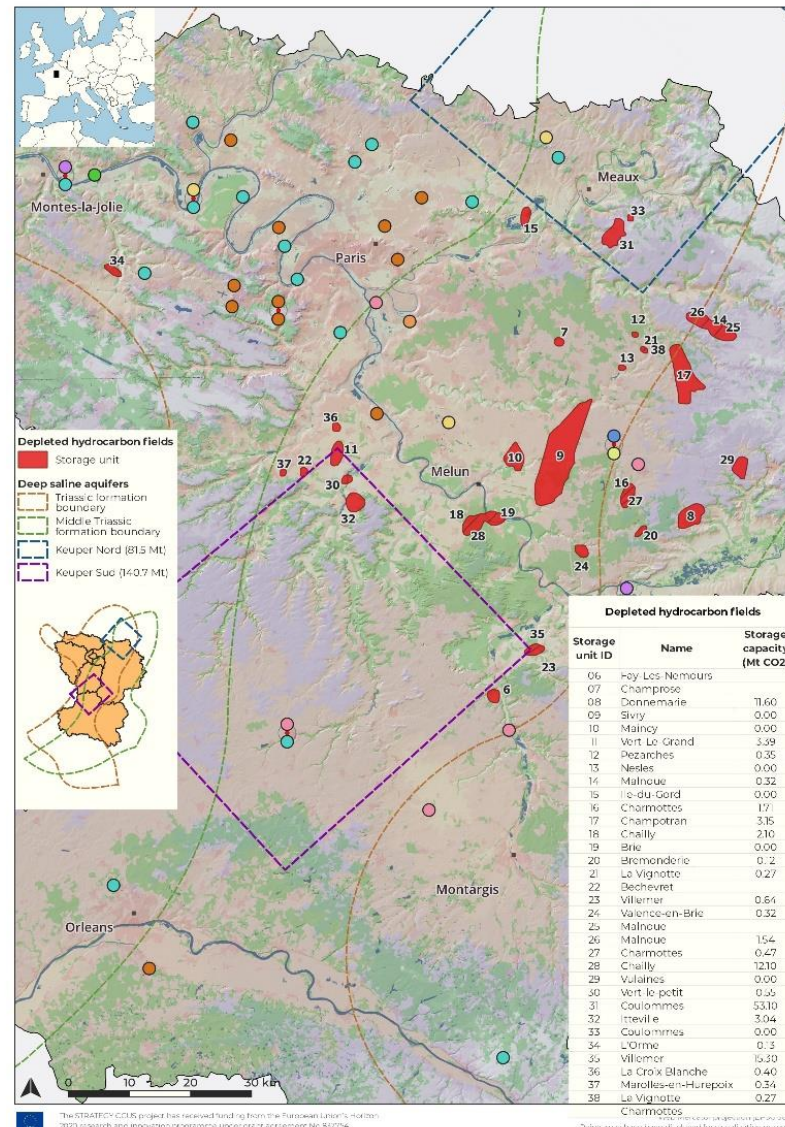
CO₂ Emissions (Mt/year) and industry sectors - 4.9 Mt/y in 2018



CO₂ storage capacity assessed

- **222 Mt CO₂ (Deep Saline Aquifers)**
 - Assessed in **two blocks only (Keuper)**, through dynamic simulations
- **111 Mt CO₂ (Depleted Hydrocarbon Fields)**
 - Assessed through volumetric calculations

Paris basin | Storage units



CO₂ use:

- ✓ **Greenhouses**
 - CO2SERRE project close to Orleans



Valoriser et stocker le CO₂ issu de la transformation de la biomasse pour la culture sous serre

CO2SERRE

Un projet financé par la Région Centre-Val de Loire



« Réduire les émissions de CO₂ de la Région Centre – Val de Loire, tout en bénéficiant à l'économie locale », tel est l'objectif du projet de recherche CO2SERRE qui commence en Octobre 2019. Il vise à développer la technologie Captage, Stockage et Valorisation du CO₂ dans la Région afin de lutter contre le réchauffement climatique, en promouvant également l'économie circulaire.

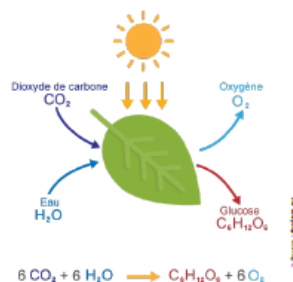
Le captage



Le CO₂ est issu de la **transformation de la biomasse**, comme les chaufferies biomasse ou les sucreries et distilleries (transformation de betterave).

Le CO₂ est **capté au niveau des sites producteurs**. Différentes techniques existent, selon la composition des fumées du site et la pureté du CO₂ requise.

L'utilisation dans les serres

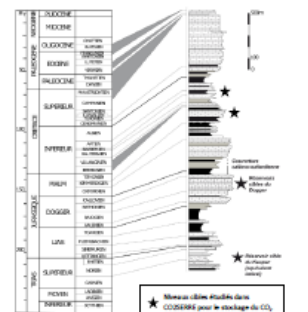


Le CO₂ est indispensable à la croissance des plantes, c'est la **photosynthèse**.

Pour **stimuler la croissance des plantes** et améliorer les rendements, de nombreux producteurs ajoutent du CO₂ dans les serres fermées.

Le stockage géologique

Le CO₂ non utilisé est injecté dans une formation géologique profonde, appelée réservoir, afin qu'il y reste **confiné de manière permanente**.



> Lithologie et stratigraphie type du Bassin de Paris

BECCS +
Valorisation CO₂

2020-2022

BRGM coordinateur

Partenaires :



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Coupler stockage géologique de CO₂ et géothermie profonde en Région Centre-Val de Loire

GEOCO₂

Un projet financé par la Région Centre-Val de Loire



Solution adaptée aux
petits émetteurs de
CO₂ (< 150 kt CO₂/an)

2019-2020

BRGM coordinateur

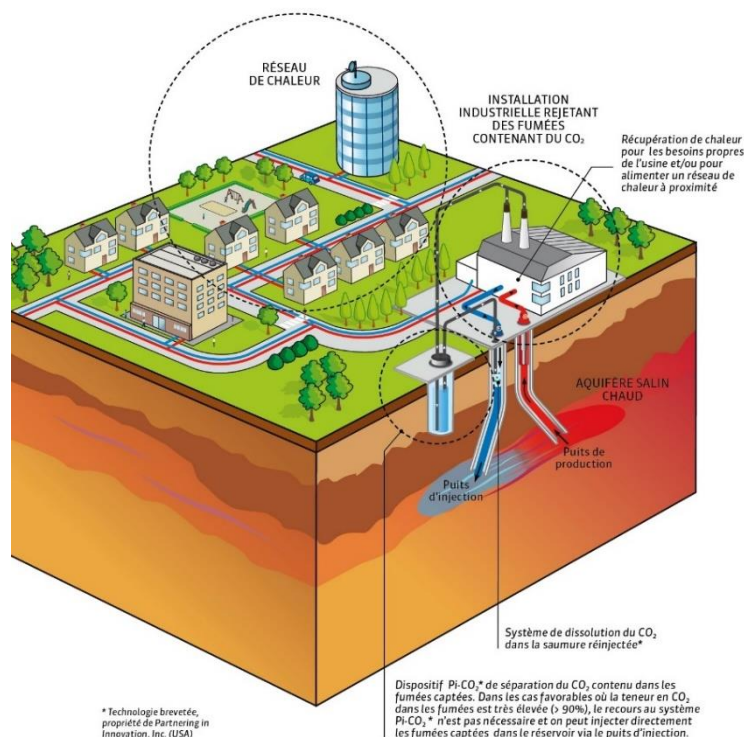
Réduire les émissions industrielles de CO₂ tout en produisant de l'énergie décarbonée : tel est le principe de l'approche « CO₂-DISSOLVED » développée au BRGM depuis 2013.

Le projet « GEOCO₂ » vise à étudier le potentiel de mise en œuvre de cette technologie innovante sur les sites industriels du territoire régional.

<http://co2-dissolved.brgm.fr/>

PRINCIPE

1. **Capter le CO₂** contenu dans les fumées d'une installation industrielle.
2. **Extraire l'eau chaude** d'une nappe aquifère profonde.
3. **Récupérer les calories** en surface pour, par exemple, alimenter un réseau de chaleur.
4. **Réinjecter l'eau froide** dans le même aquifère, **après y avoir dissous le CO₂** capté qui restera séquestré définitivement dans l'eau de la nappe ainsi exploitée.



* Technologie brevetée, propriété de Partnering in Innovation, Inc. (USA)

Dispositif Pi-CO₂* de séparation du CO₂ contenu dans les fumées captées. Dans les cas favorables où la teneur en CO₂ dans les fumées est très élevée (> 90%), le recours au système Pi-CO₂* n'est pas nécessaire et on peut injecter directement les fumées captées dans le réservoir via le puits d'injection.



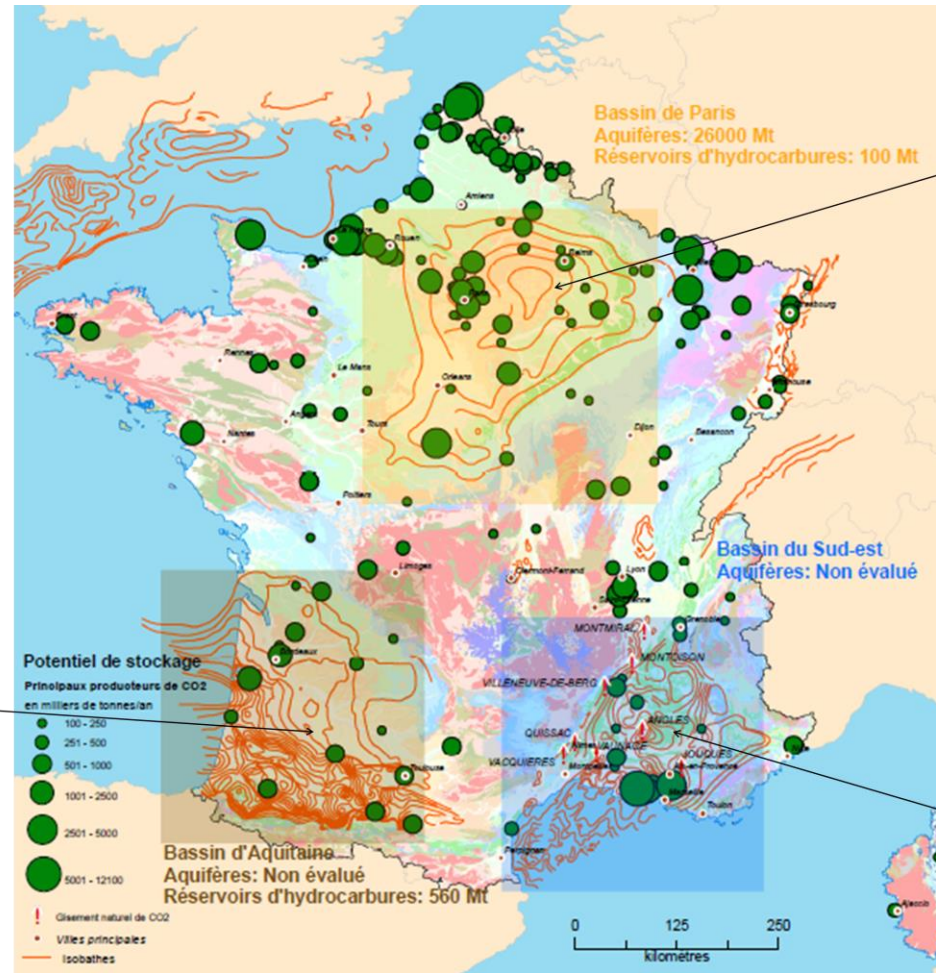
Géosciences pour une Terre durable

brgm

Potentiel de développement du stockage géologique de CO₂ en France

3 options :

- **Stockages massifs en mer**
(Mer du Nord...) (10 Mt/a) – CO₂ stocké **sous forme dense** (supercritique)
- **Stockages moyens à terre**
(1 Mt/a) – CO₂ stocké **sous forme dense** (supercritique)
- **Petits stockages avec récupération de chaleur géothermique** (< 150 kt/a) – CO₂ stocké **sous forme dissoute** dans l'eau



Bassin Parisien
Plusieurs structures avec des capacités de stockage de 50-100 Mt CO₂ évaluées à partir de simulations dynamiques

Bassin du Sud-Est
a) Gisements naturels de CO₂
b) Une pré-étude de faisabilité CSCV réalisée pour la zone industrielle de Fos-Marseille

Ref: METSTOR project, 2007

Géosciences pour une Terre durable

brgm

ECCSEL, l'infrastructure de recherche européenne européenne sur le CCUS

www.eccsel.org



European Carbon Dioxide Capture and Storage Laboratory Infrastructure

Nœud français de l'ERIC ECCSEL

Le Havre

EDF's CO₂ Capture Pilot



Catenoy

INERIS' Shallow CO₂ Injection Site



Mont La Ville

INERIS' CO₂ Transport Platform



Mobile for use on-site
IFPEN's Mobile ESCORT Station



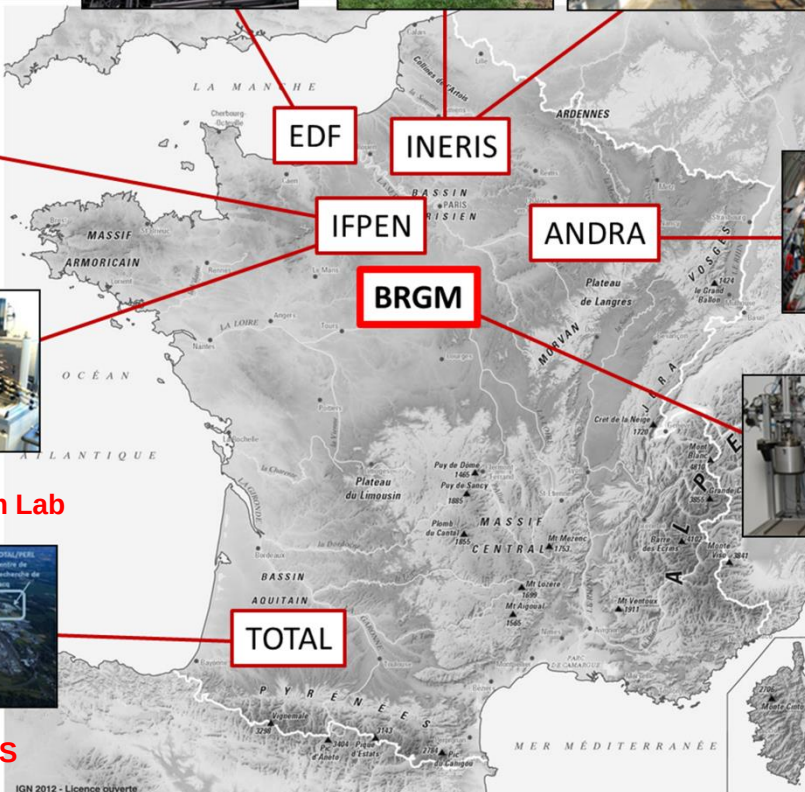
Rueil-Malmaison

IFPEN's GasGeochem Lab



Lacq

TOTAL's COOTRANS CO₂ Transport Loop



Bure

Andra's Underground Research Laboratory



Orléans

BRGM's Reactor

BIOREP



Géosciences pour une Terre durable

brgm

- Statut juridique : **ERIC** (depuis juin 2017)
- 5 pays fondateurs : Norvège, **France**, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni
- 77 plateformes de recherche : captage, transport, stockage, utilisation du CO₂
- 21 propriétaires de plateformes
- Centre Opérationnel à Trondheim (NO)

Emissions
incompressibles Puits de
carbone

Club CO₂

(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 CO₂**

www.club-co2.fr
florence.delprat-jannaud@ifpen.fr