



3^{ème} Apéro / Portes ouvertes du projet PilotSTRATEGY

Salle polyvalente de Grandpuits-Bailly-Carois – 31/05/2024

Equipe France – BRGM, IFPEN, Geostock, SYMLOG, Pole AVENIA (S3, Vermilion and Arverne)



The PilotSTRATEGY project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 101022664

www.pilotstrategy.eu | 1

Bienvenu – *Merci à M. BRICHET et à la CCBN !*
Programme de la soirée

18h15 - 19h00

Conférences et Discussions en petits groupes

- PilotSTRATEGY, recherche européenne enracinée dans un territoire
- Résultats, suites possibles, et au-delà du projet



Sélectionner
votre
Rapporteur

Préparer vos
Questions ou
Remarques



Aurélien BORDENAVE
BRGM



Isaline GRAVAUD
BRGM



19h00

Pause Apéro

*Rapporteurs –
Comparer les
questions pour
les synthétiser*



19h30

Vos Questions

*Réponses et
ressources pour
aller plus loin*



20h00

Conférence & Vos Questions

Pourquoi gérer le carbone ?

*Selon le Groupe
d'experts
intergouvernemental
sur l'évolution du climat
GIEC*



Gonéri LE COZANNET
BRGM

www.pilotstrategy.eu | 3



Projet PilotSTRATEGY – Projet de Recherche Européen sur le stockage géologique de CO₂

Equipe France– BRGM, IFPEN, SYMLOG,

Grandpuits 31/05/2024



The PilotSTRATEGY project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 101022664

www.pilotstrategy.eu | 4

Le Projet PilotSTRATEGY



<https://pilotstrategy.eu/>

- Étude préliminaire jusqu'à la **proposition d'un pilote pour le stockage de CO2** dans les territoires stratégiques (2021-2026)

*Partenaire Français
(5 partenaires + 3 tierce parties)
~ 4,2 Million € pour la France*



Coordinator



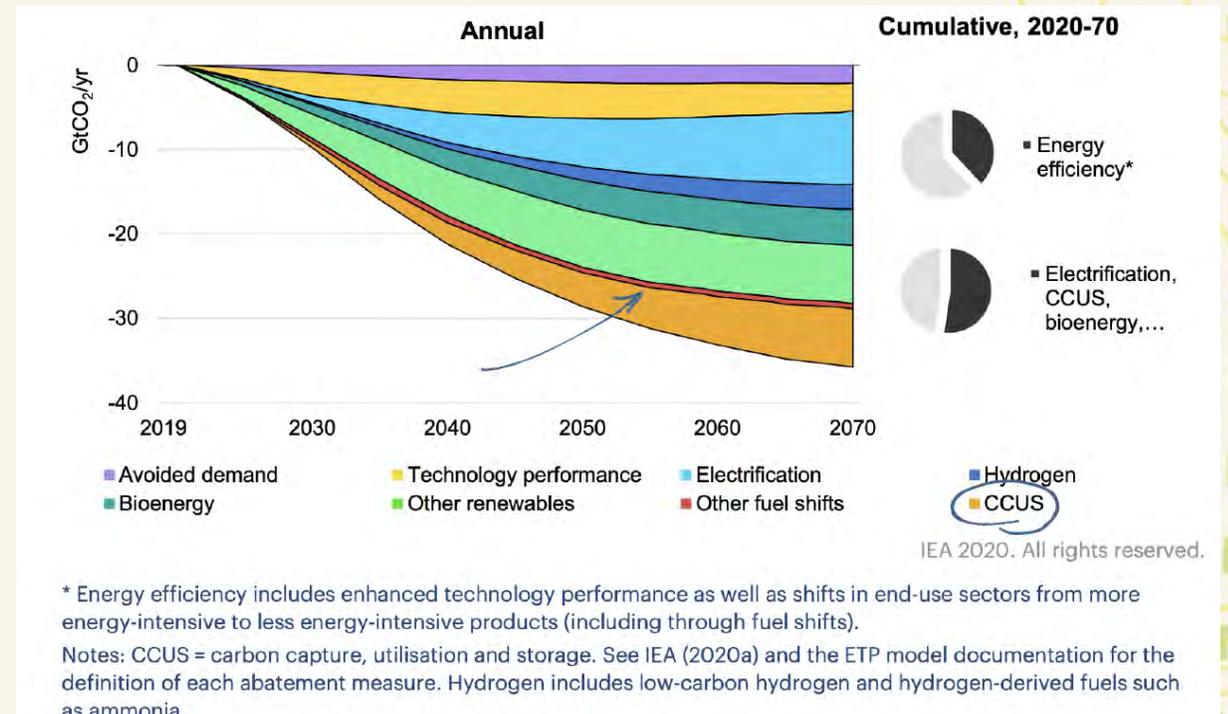
Pourquoi capter le CO₂?



- Du fait des émissions ultimes irréductibles, nécessité de disposer de "**puits de carbone**": végétation ou CCS (Captage et Stockage du CO₂)
- **Rôle important du CCS** sur le long-terme, même si l'ampleur dépend des scénarios

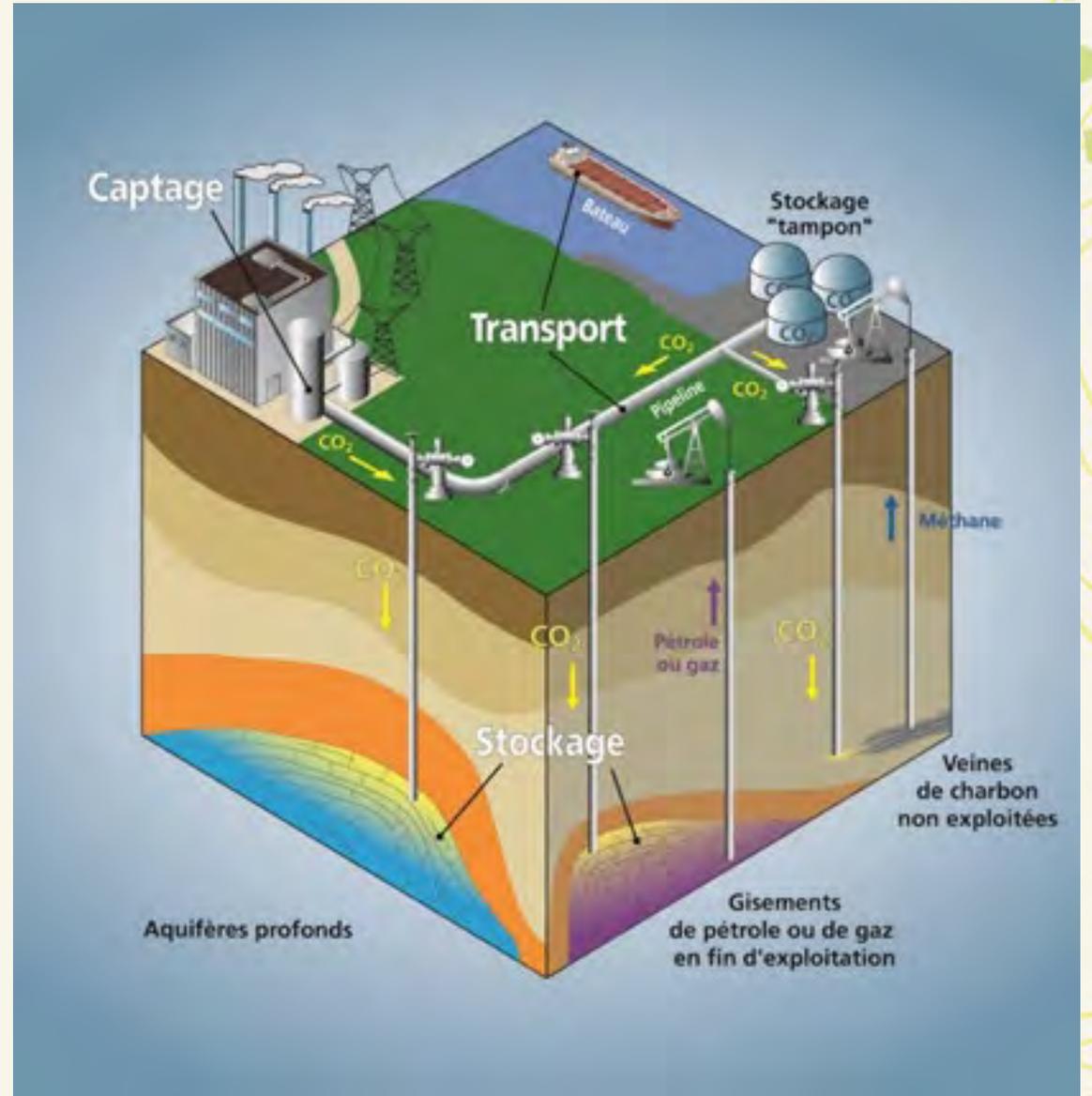


- Le dioxyde de carbone (CO₂) est un gaz à effet de serre
 - Emissions massives de CO₂ depuis un siècle du fait de l'activité humaine
 - Durée de vie de 100 ans dans l'atmosphère
- **Dérèglement climatique**



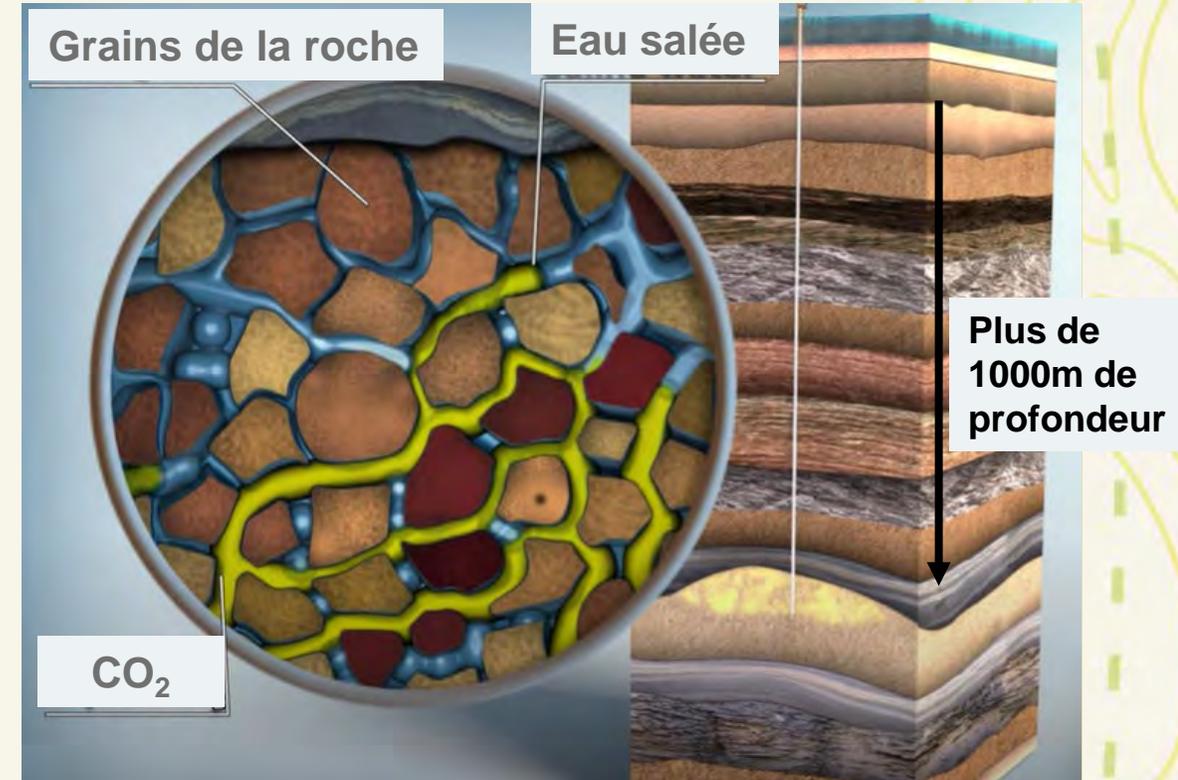
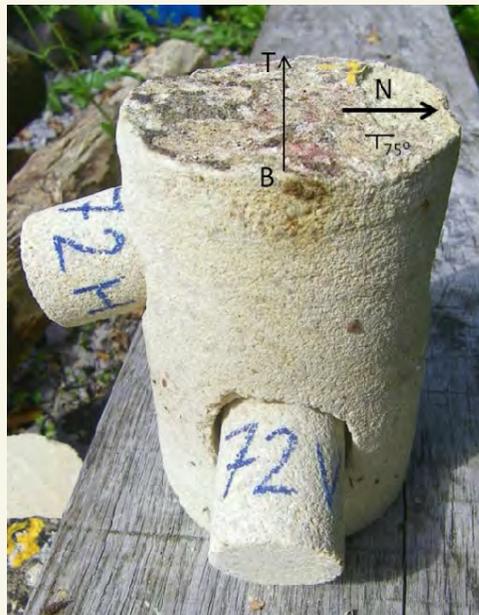
Comment stocker le CO₂?

- Plusieurs options pour le stockage géologique du CO₂
 - ↪ Réservoirs épuisés
 - ↪ **Aquifères profonds - PilotSTRATEGY**
 - ↪ On-shore / off-shore



Comment le CO₂ reste-t-il piégé?

- Mécanismes de piégeage dans le réservoir
 - Roche couverture imperméable
 - Porosité de la roche
 - Dissolution du CO₂ dans l'eau de l'aquifère
 - A long terme, le CO₂ peut former des minéraux



Le Projet PilotSTRATEGY

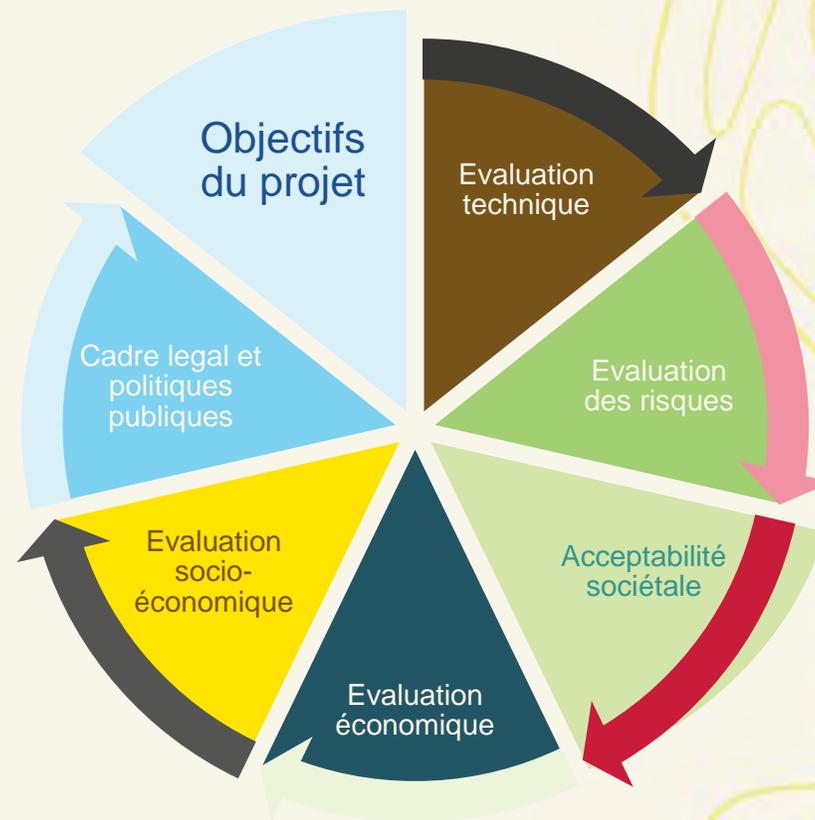
Projet de recherche dans sa globalité

- **Objectif principal :**
Réaliser **une étude détaillée** d'un **aquifère salin**, dans un objectif de **stockage de CO₂** pour développer le stockage de CO₂ en **France et Europe**
- **Evaluer tous les paramètres** pour un stockage de CO₂
 - géologique / technique / sociétal / législatif / économique
- Proposition d'une étude complète pour la **réalisation d'un Pilote**.



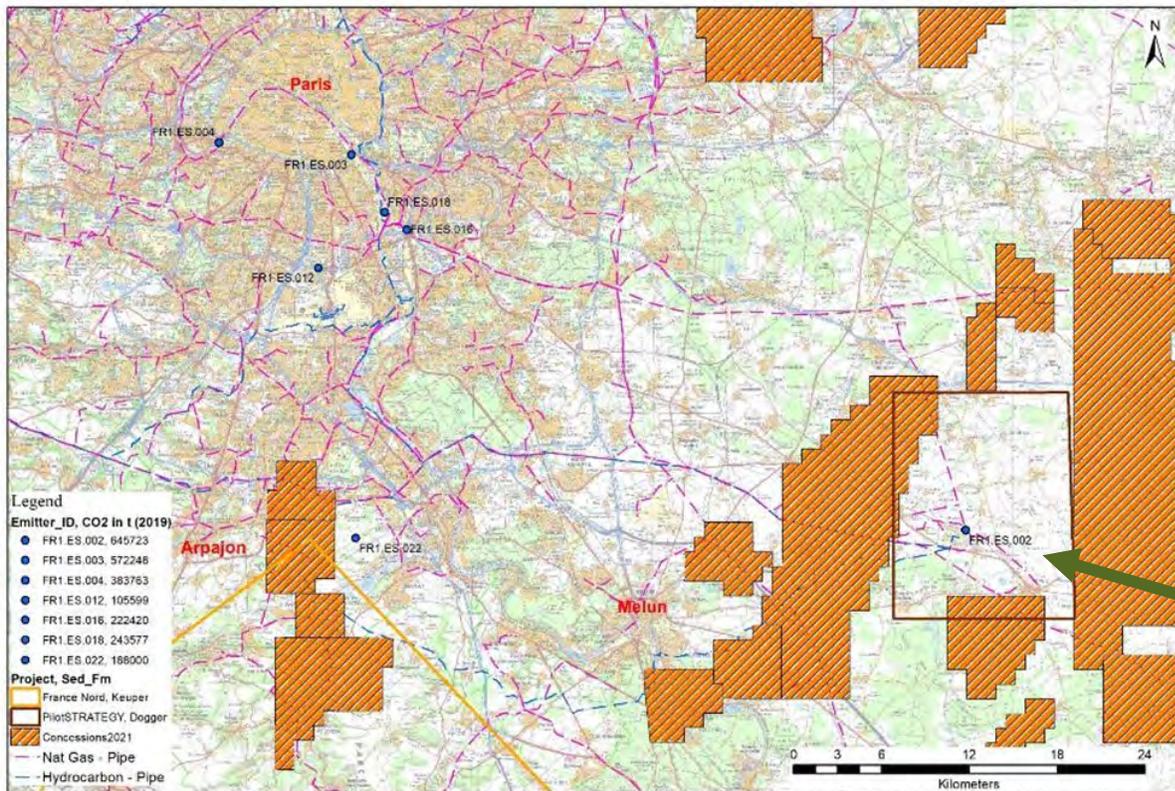
PilotSTRATEGY

<https://pilotstrategy.eu/>



Le Projet PilotSTRATEGY

La zone d'étude en France



Zone investiguée : autour du site industriel de Grandpuits

- Proche d'un site industriel émetteur de CO₂ (usine de fertilisants)
- Bonne connaissance de la géologie de la région (exploitation de pétrole)
- Couches géologiques prometteuses à env. 1800m de profondeur

Périmètre étudié



Chronologie du projet PilotSTRATEGY

- Campagne d'acquisition avec la méthode sismique
- Analyses labo d'échantillons de roche
- Informations puits existants

- Développer un modèle numérique représentant la zone étudiée
- Géométrie des couches géologiques, propriétés des roches

- Prédire le comportement du réservoir lors de l'injection de CO₂, l'évolution du panache de CO₂, des pressions

- Emplacement du puits
- Scénario d'injection (débit...)
- Etude d'impacts

Acquisition d'information sur le sous-sol

Construction d'un modèle numérique

Simulation de l'injection de CO₂ dans le réservoir

Conception d'un pilote de stockage de CO₂

Evaluation des risques

Mai 2021

Mai 2023

Mai 2024

Mai 2025

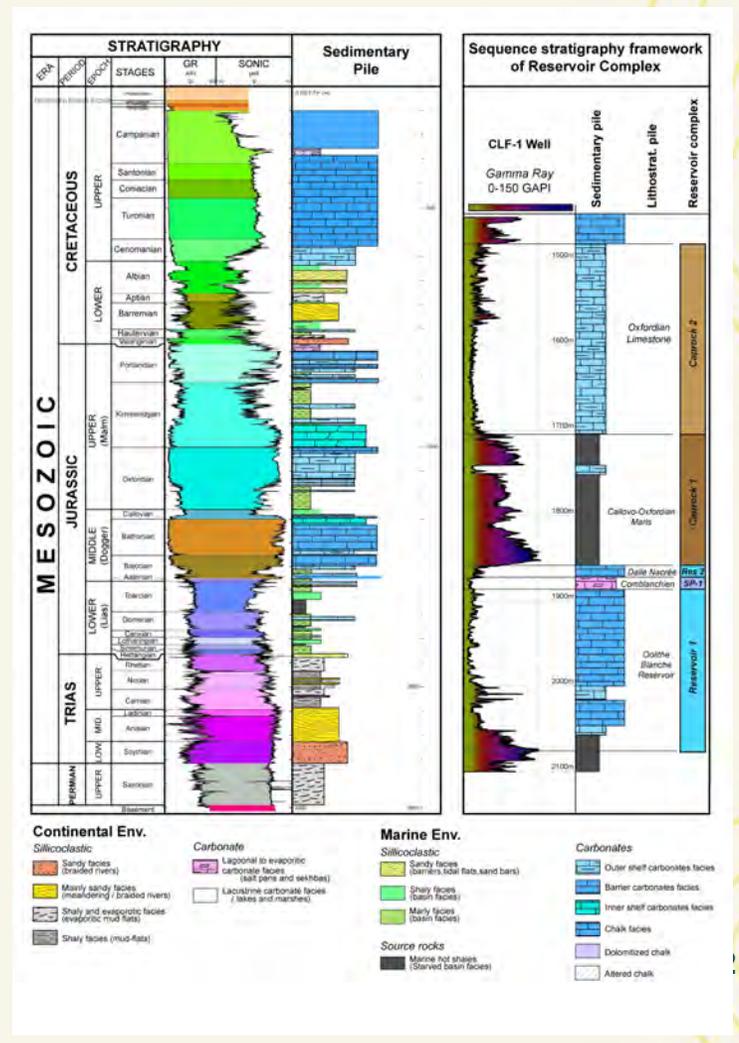
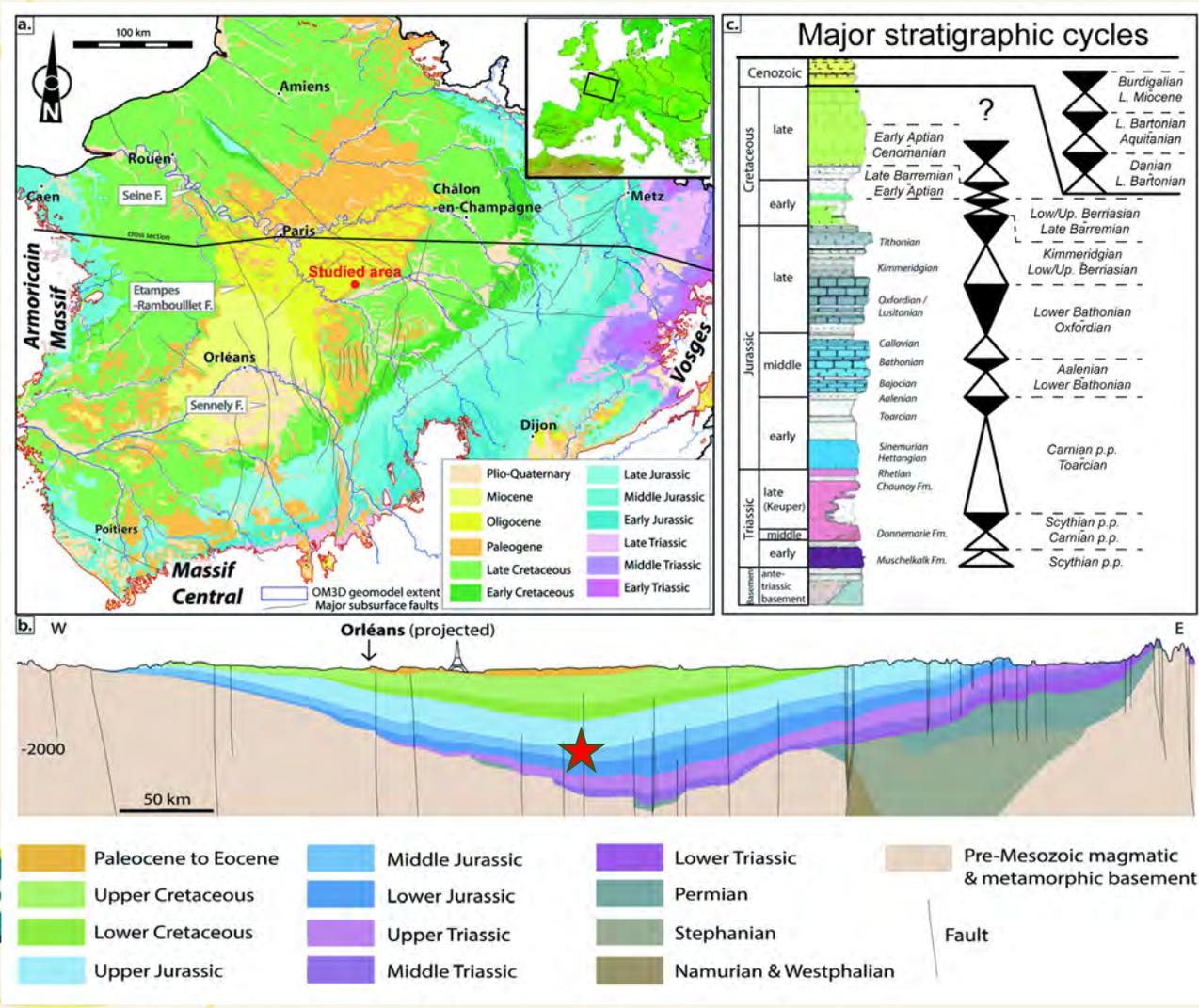
Mai 2026

Echanges avec les parties-prenantes

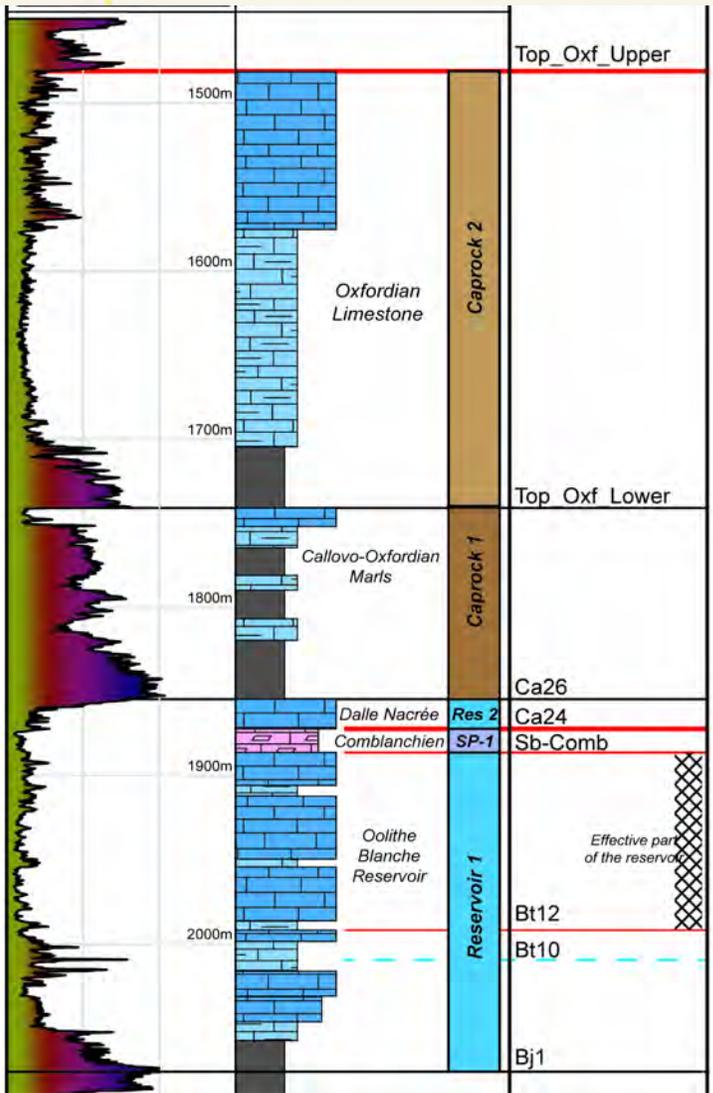
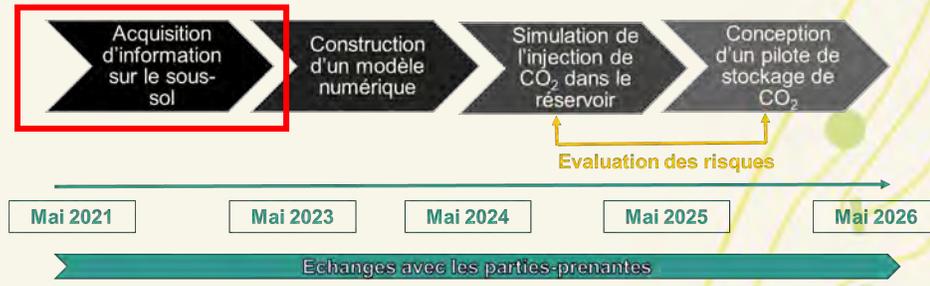




La géologie du Bassin de Paris



Le réservoir du Dogger, cible de notre étude



Couverture:

- Formation des Calcaires de l'Oxfordien
- Formation des marnes du Callovo-Oxfordien

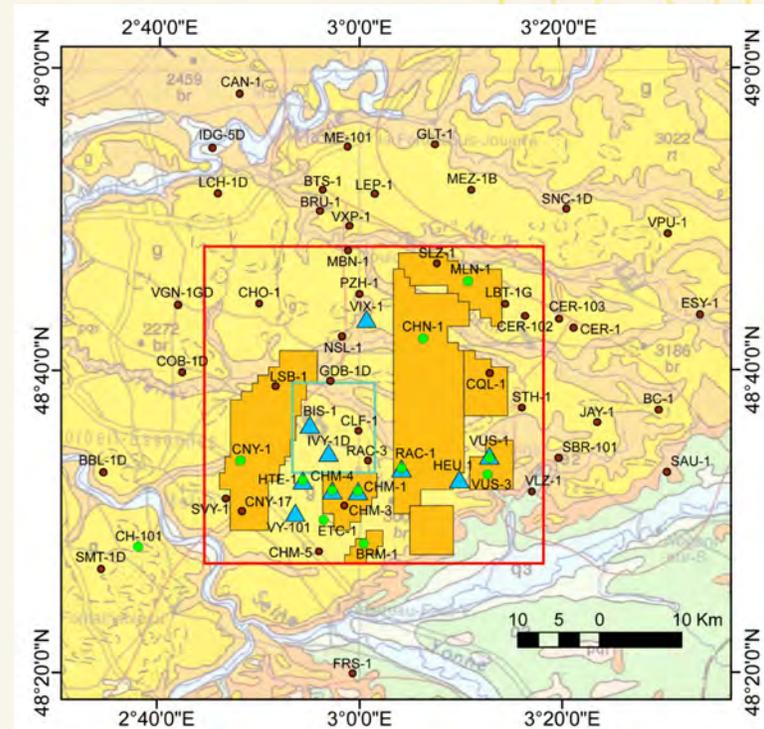
(Épaisseur de ~350m) / Profondeur (1500-1850m)



Réservoir visé:

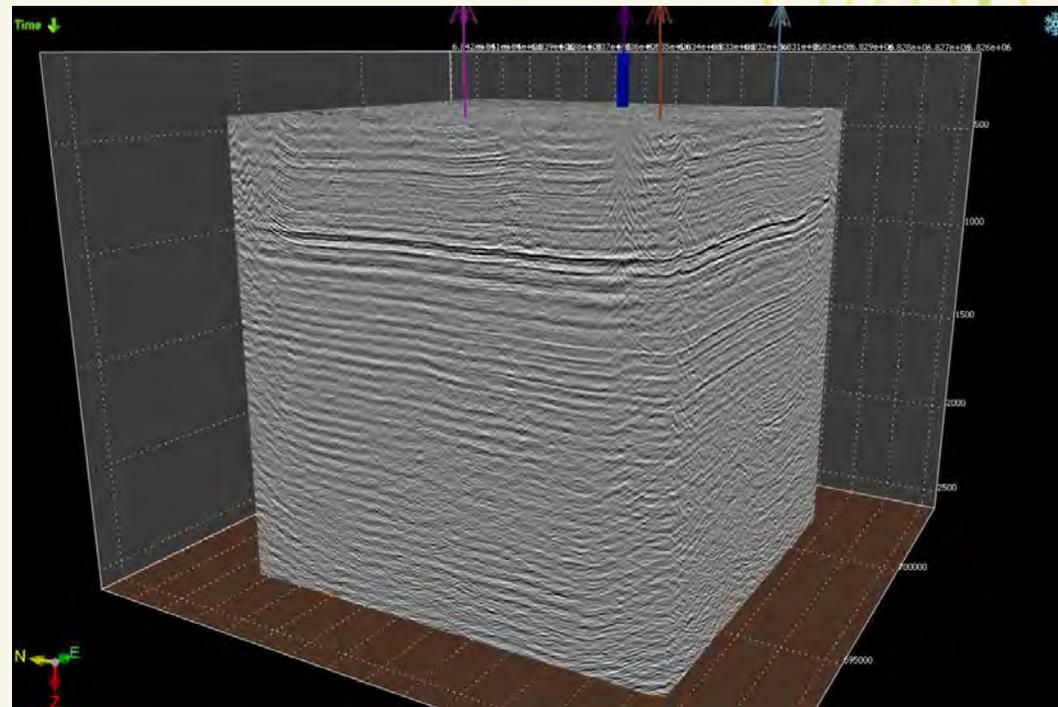
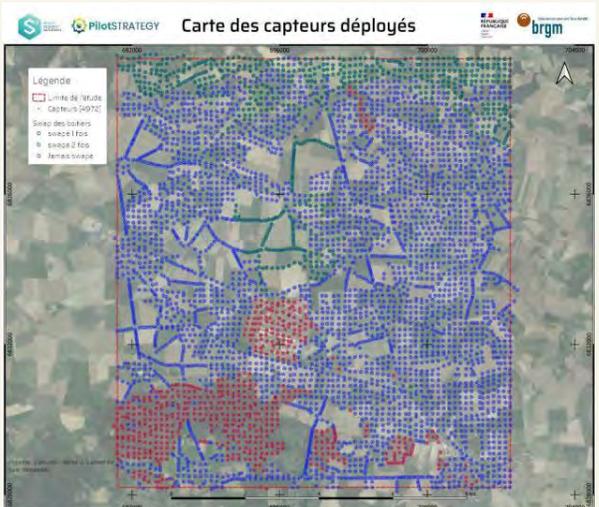
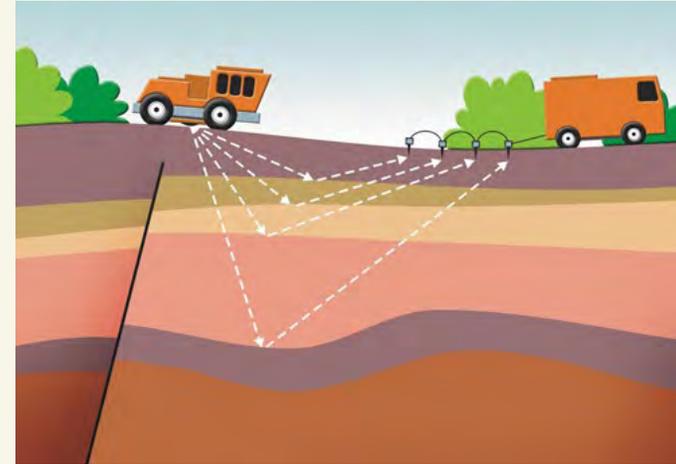
- Formation de la Dalle Nacrée
- Formation du Comblanchien
- Formation de l'Oolithe Blanche

(Épaisseur de ~150m) / (Profondeur 1800m – 2000m)



Imagerie 3D du sous-sol

Campagne d'acquisition sismique réflexion 3D

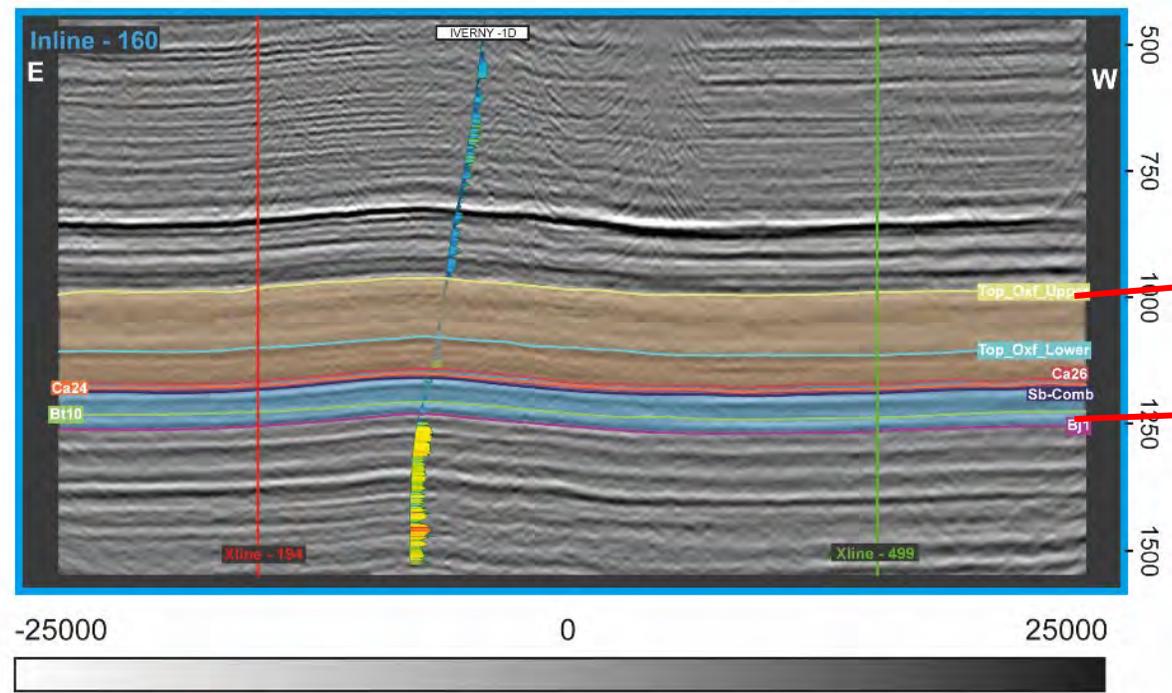


Résultats des données sismiques

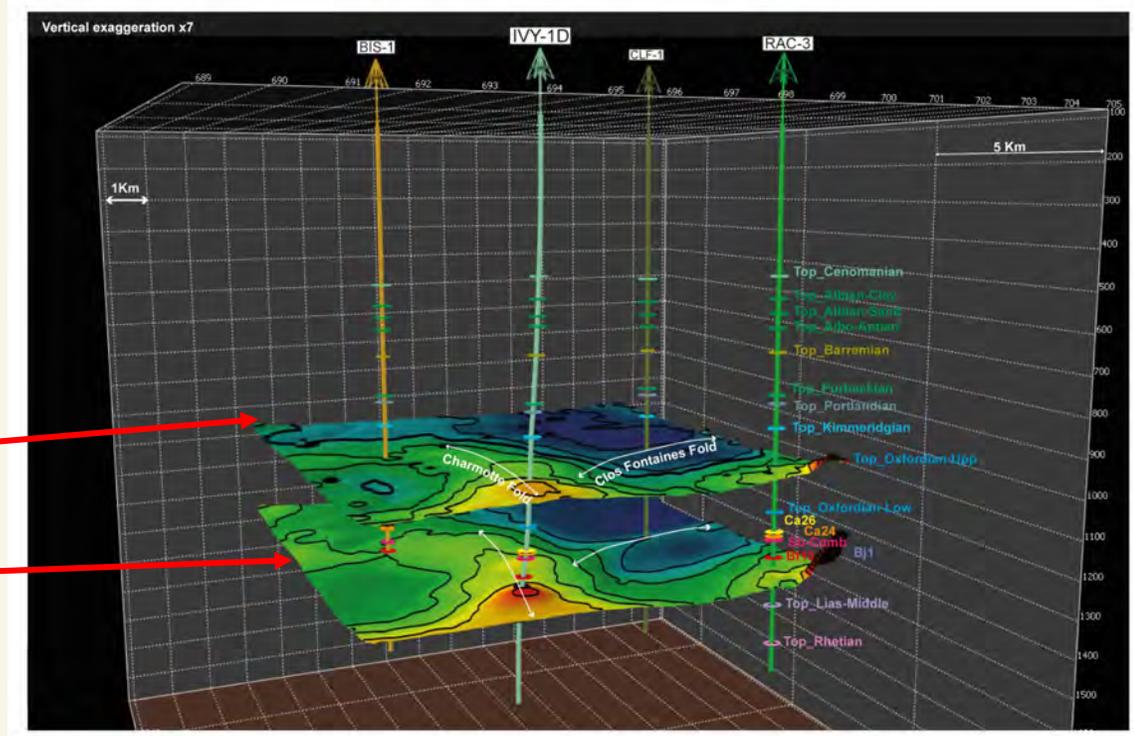


Comprendre la géométrie du sous-sol:

- Profondeur et épaisseur du reservoir
- Profondeur et épaisseur de la couverture
- Présence ou absence de faille



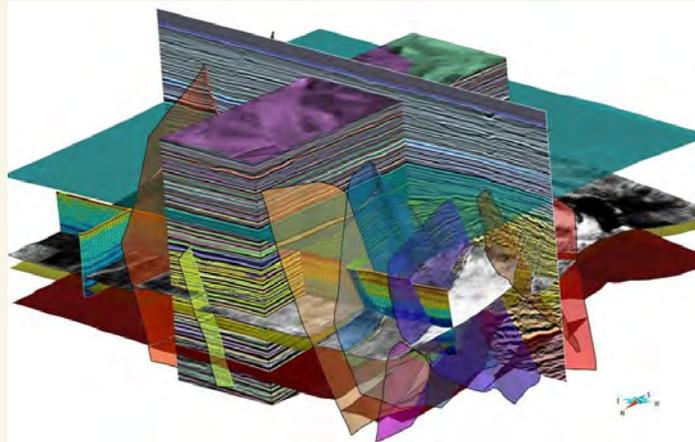
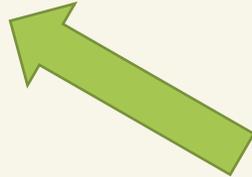
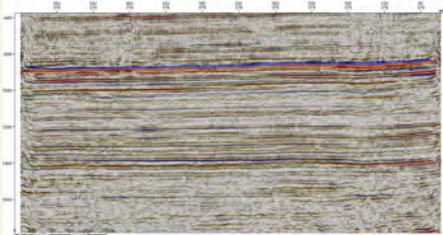
	Caprock 2		Reservoir 1 & 2		Vertical exaggeration: x5
	Caprock 1		Semi-Permeable 1		



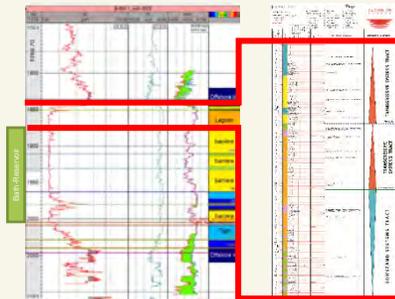
Construction d'un modèle numérique



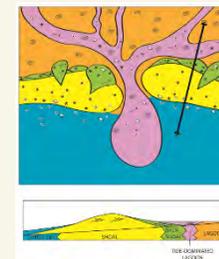
Données 3D
Comprendre la géométrie du sous-sol



Echantillons de roches
Comprendre les propriétés de la roche et leurs réactions lors du contact avec le CO₂



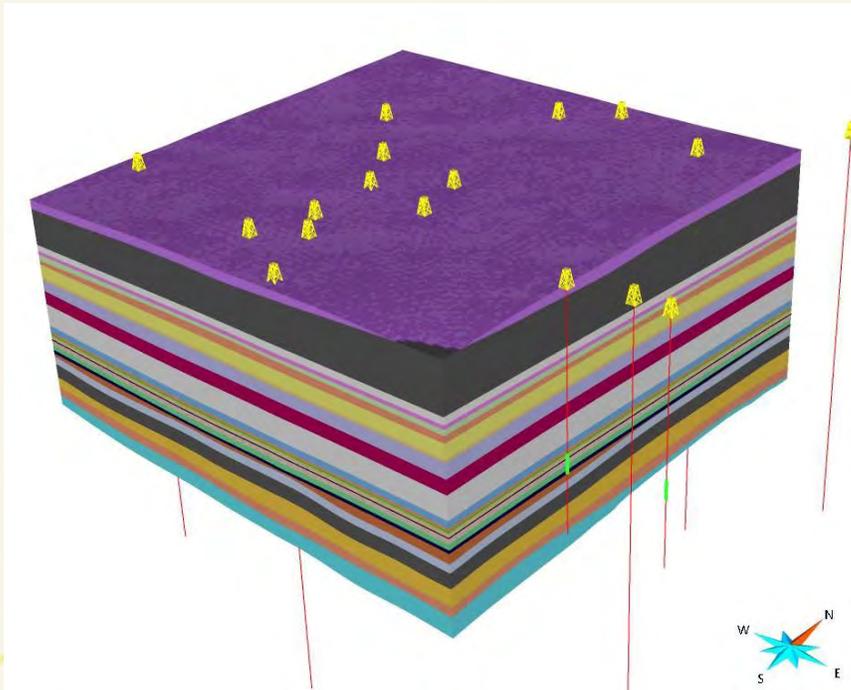
Forages et diagaphiques
Comprendre la géologie détaillée en profondeur et leurs propriétés



Modèle numérique statique

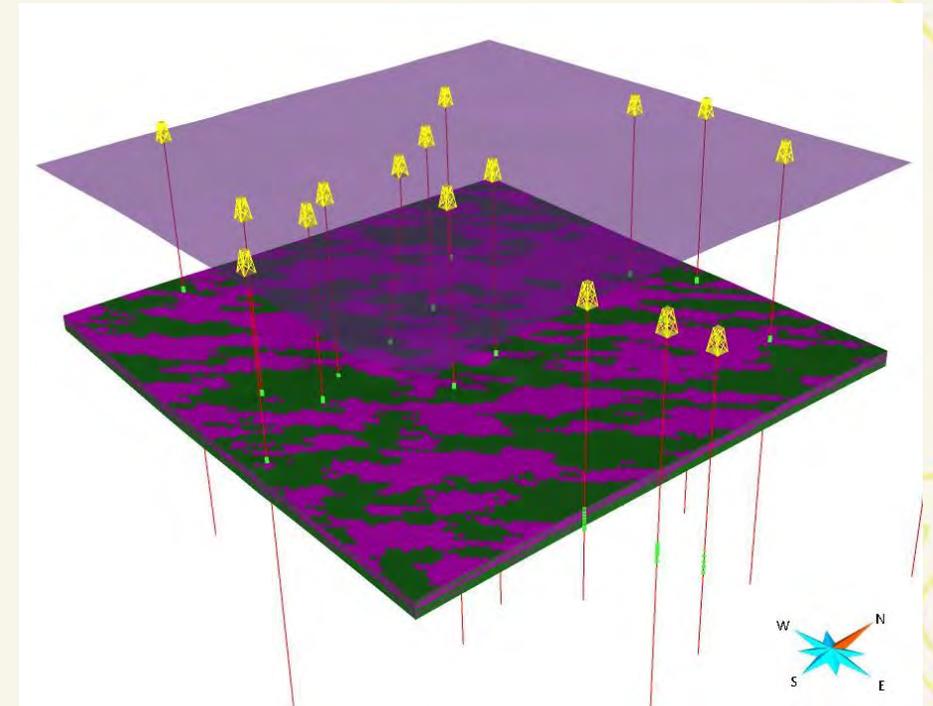
Construction d'un modèle à partir des données de sismiques et de diagraphies.

- 24 couches géologiques
- 30 x 30 x 2,5 Km
- Cible d'injection => l'oolithe Blanche
- Couverture étanche => marnes de Massingy



Simuler la géologie en profondeur du réservoir.

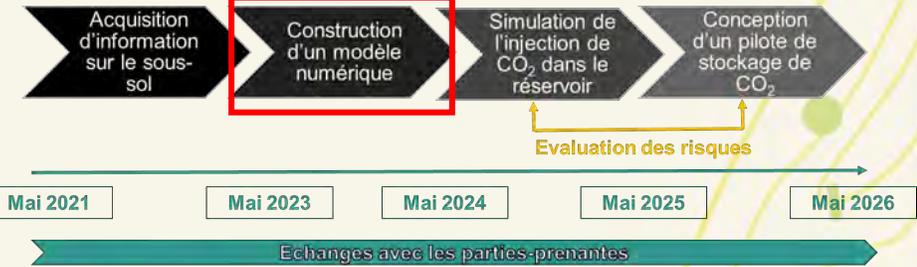
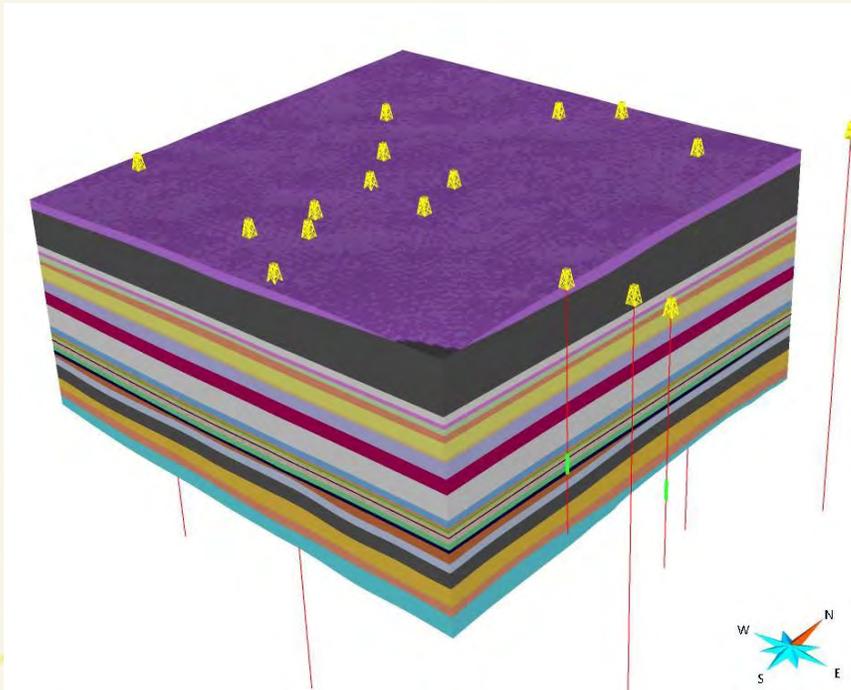
- Deux types de roches
- **Porosité élevé** vs **Porosité faible**
- Possible avec les données de forages et carottes



Construction d'un modèle numérique

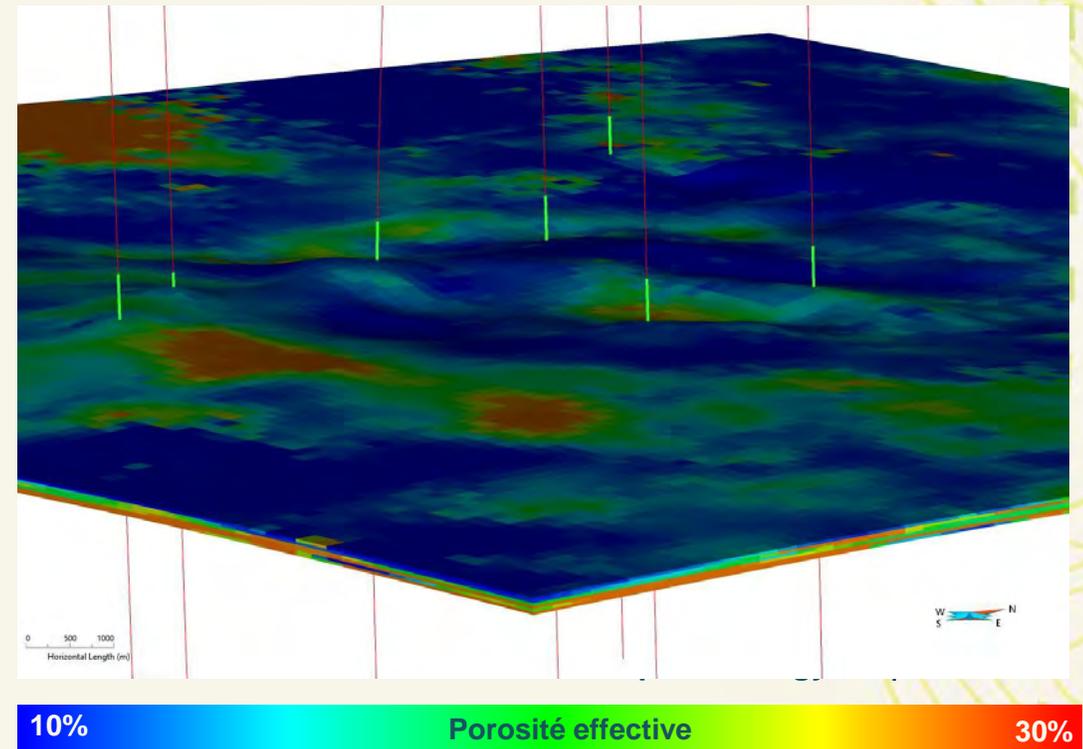
Construction d'un modèle à partir des données de sismiques et de diagaphies.

- 24 couches géologiques
- 30 x 30 x 2,5 Km
- Cible d'injection => l'oolithe Blanche
- Couverture étanche => marnes de Massingy



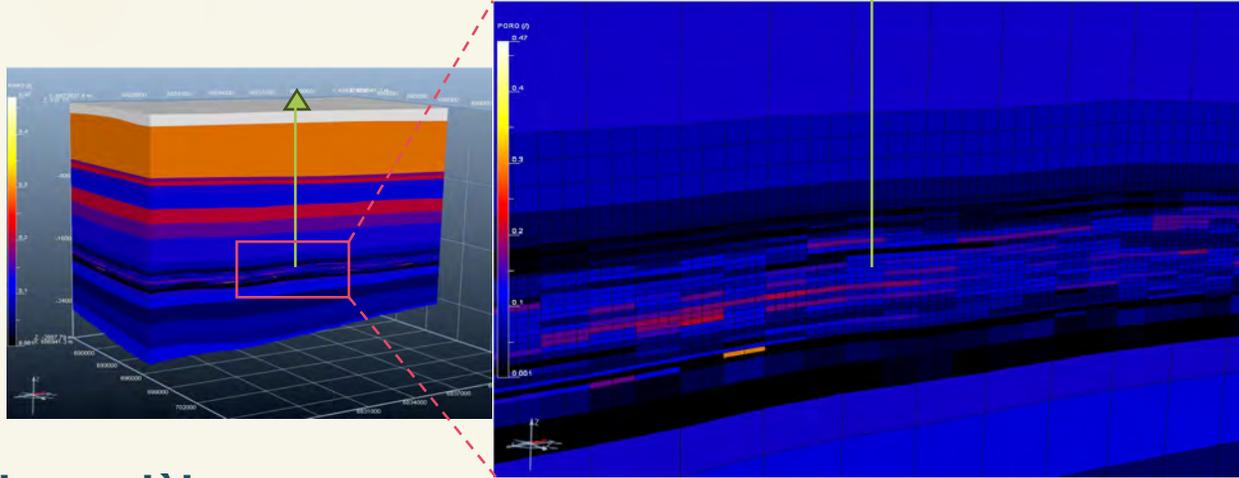
Simuler les propriétés du réservoir.

- Distribution de la porosité
- Distinguer les zones les plus favorable
- **Modèle initial pour réaliser des simulations**



Simulation d'injection de CO₂ :

Puits d'injection de CO₂



Evaluation des risques



Echanges avec les parties-prenantes

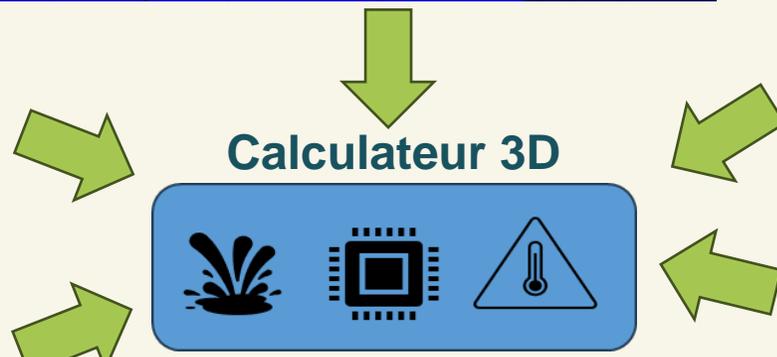
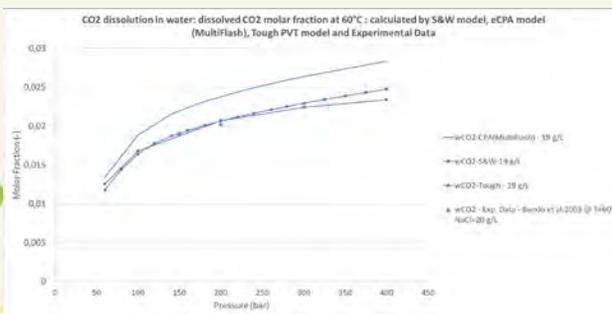
Propriétés pétrophysiques du sous-sol

Carte 3D de la porosité (volume disponible pour le CO₂ gaz supercritique et l'eau salée) et de la perméabilité (aptitude de la roche à se laisser traverser par des fluides)

Données du modèle

Température = 60°C à -1734 m
 Pression = 184 bar à -1734 m
 Salinité = 19 g/L

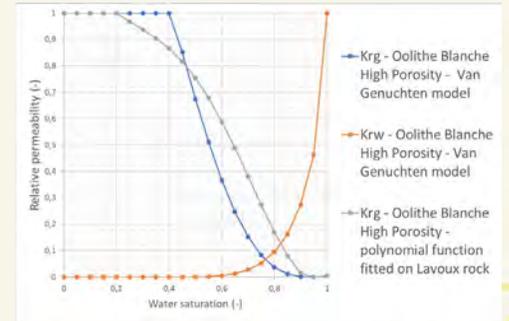
Modèle de dissolution du CO₂ dans l'eau salée



Puits d'injection de CO₂

100 000 tonnes injectées en 4 mois

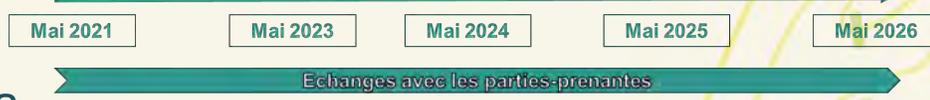
Modèle de migration



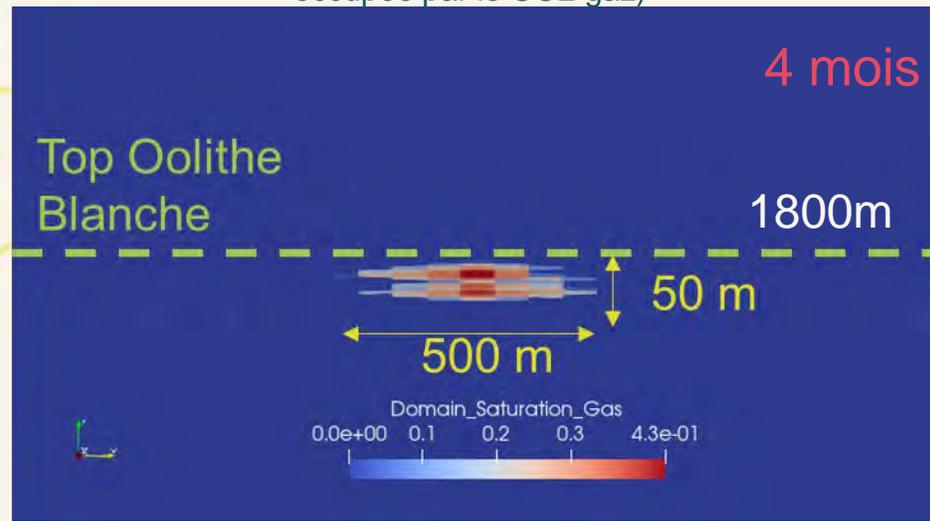
Modèle thermodynamique de l'eau salée et du CO₂ gaz supercritique (densité et viscosité)

Premier modèle non définitif
Position du puits non définitive

Simulation d'injection de CO2 :

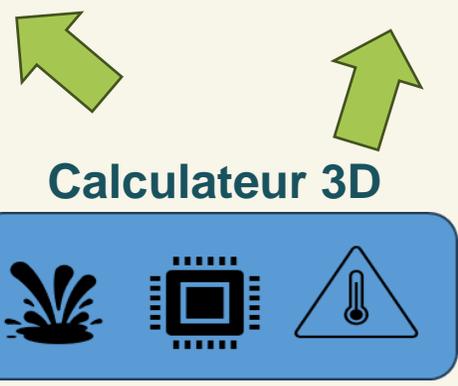


Saturation en gaz (proportion du volume poreux occupée par le CO2 gaz)



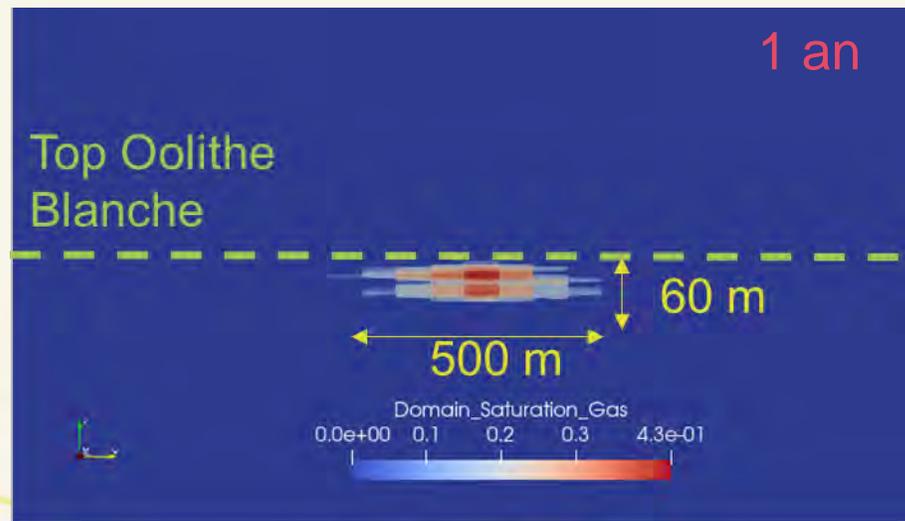
4 mois

Une augmentation de la pression dans l'Oolithe Blanche de 17% dans un rayon de 30m autour du puits injecteur et 0,5% à 2 km



Calculateur 3D

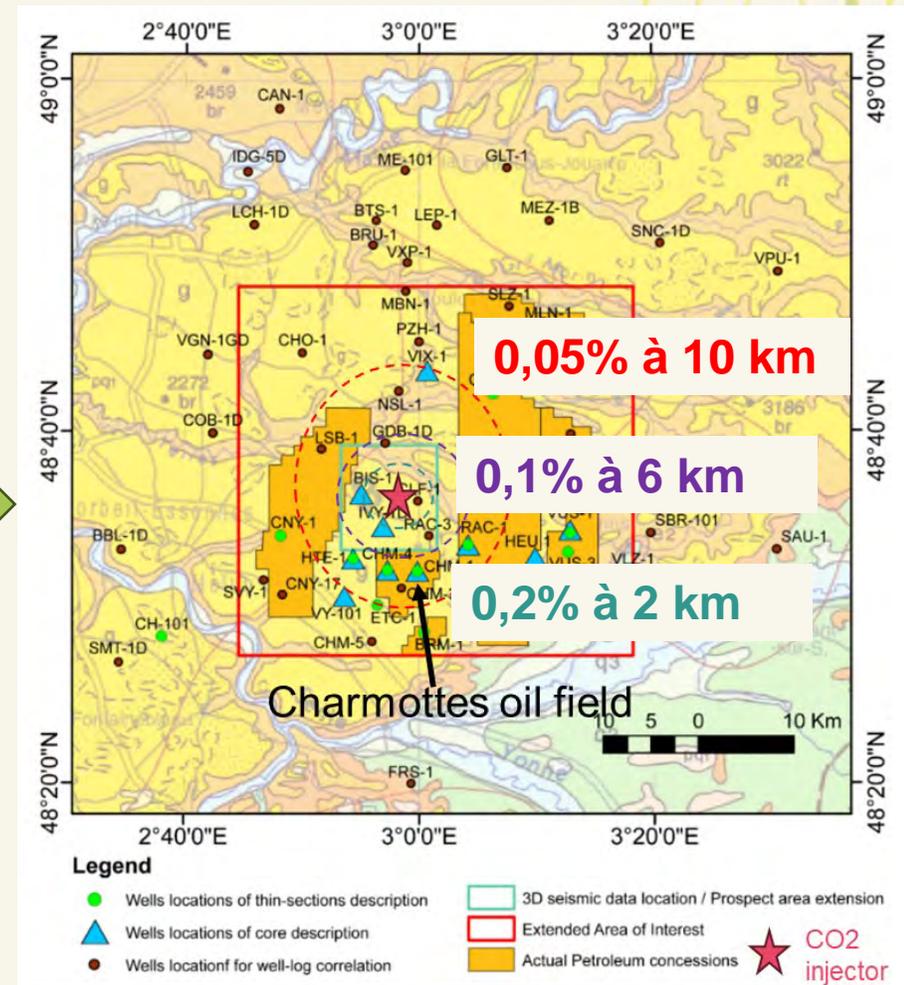
Migration latérale et verticale. Le CO2 est dans l'Oolithe Blanche



1 an

Une augmentation de la pression de 0,5% à 1 km

1 ans



- Legend**
- Wells locations of thin-sections description
 - ▲ Wells locations of core description
 - Wells location for well-log correlation
 - 3D seismic data location / Prospect area extension
 - Extended Area of Interest
 - Actual Petroleum concessions
 - ★ CO2 injector

Discussion avec les parties prenantes



Questions fréquentes

QUESTIONS GENERALES..... 2

1. Qu'est-ce que le CO₂?..... 2
2. En quoi consiste le stockage géologique du CO₂?..... 2
3. Le stockage de CO₂ est-il sûr?..... 2
4. Comment s'assurer que le CO₂ restera stocké?..... 3
5. Comment savoir si le CO₂ fuit?..... 3
6. Est-ce que la qualité de l'eau potable sera affectée si le CO₂ fuit?..... 3
7. Qu'advient-il en cas de séisme?..... 4
8. Le stockage souterrain de CO₂ peut-il provoquer des événements sismiques?..... 4
9. Le stockage de CO₂ est-il similaire à la fracturation hydraulique?..... 4
10. En ce qui concerne la réduction des émissions de CO₂, quel est le potentiel de la technologie CCS par rapport à d'autres alternatives?..... 5

QUESTIONS TECHNIQUES 5

1. Que se passera-t-il au point d'injection?..... 5
2. Quelle est la pression nécessaire pour injecter du CO₂?..... 6
3. Qu'est-ce que la minéralisation du CO₂ et quelle est l'échelle de temps concernée?..... 6
4. Faut-il forer de nouveaux puits ou serait-il possible de réutiliser des puits existants?..... 7
5. Quel est le coût du stockage de CO₂?..... 7

QUESTIONS SPÉCIFIQUES AU CAS D'ETUDE "BASSIN DE PARIS" 7

1. Le stockage de CO₂ peut-il avoir un impact sur d'autres ressources souterraines?... 7
2. Quelle est l'expérience des opérations de stockage de CO₂ en cours en France et à l'étranger?..... 7
3. Quels sont les risques pour le territoire et pour les populations voisines, notamment les agriculteurs?..... 8
4. Quel est l'impact sur le paysage et sur l'utilisation des terres?..... 8
5. Quelles sont les conséquences socio-économiques pour le territoire?..... 8

Portes-Ouvertes

- Une première en Juin 2023
- Une deuxième **aujourd'hui**
- **Rendez-vous l'année prochaine**



Réunion avec les Parties prenantes (Groupe de réflexion 'Adaptations & Territoire')

- Septembre 2023 (sur site)
- Prochaine réunion en Octobre 2024

Conclusions préliminaires

- Très bon résultats à la suite des données acquises lors de l'étude
- Premiers résultats des simulations qui vont être développées durant l'année
- Perspective du projet : présentation suivante 😊



Chronologie du projet PilotSTRATEGY

- Campagne d'acquisition avec la méthode sismique
- Analyses labo d'échantillons de roche
- Informations puits existants

- Développer un modèle numérique représentant la zone étudiée
- Géométrie des couches géologiques, propriétés des roches

- Prédire le comportement du réservoir lors de l'injection de CO₂, l'évolution du panache de CO₂, des pressions

- Emplacement du puits
- Scénario d'injection (débit...)
- Etude d'impacts

Acquisition d'information sur le sous-sol

Construction d'un modèle numérique

Simulation de l'injection de CO₂ dans le réservoir

Conception d'un pilote de stockage de CO₂

Evaluation des risques

Mai 2021

Mai 2023

Mai 2024

Mai 2025

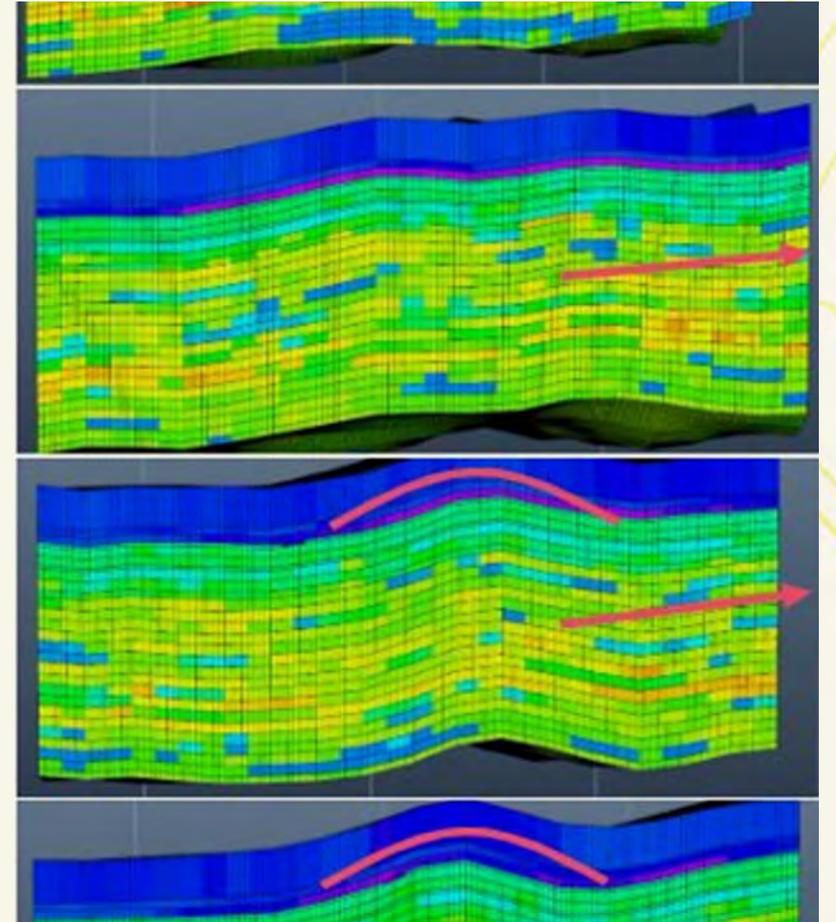
Mai 2026

Echanges avec les parties-prenantes



Simulations du stockage de CO₂

- Poursuite des travaux de simulation d'injection de CO₂
- Optimiser le placement du puits, selon différents critères:
 - Maximiser la capacité de stockage
 - Minimiser l'impact en pression
 - Eloignement des puits existants
- Simulation du devenir du stockage sur le long terme (1000 ans)
 - extension du panache de CO₂, dissolution, minéralisation



Evaluation des risques

- Assurer que le stockage, dans les conditions d'opération prévues, ne présente **aucun risque** significatif pour **la santé ou l'environnement**.
- Le stockage géologique de CO₂ est soumis à une **réglementation européenne et française stricte**, qui met l'accent sur la sécurité.
- Recommandations pour établir un **plan de surveillance** du stockage



La roche couverture

Epaisseur totale 300m avec des argiles imperméables



Absence de sismicité

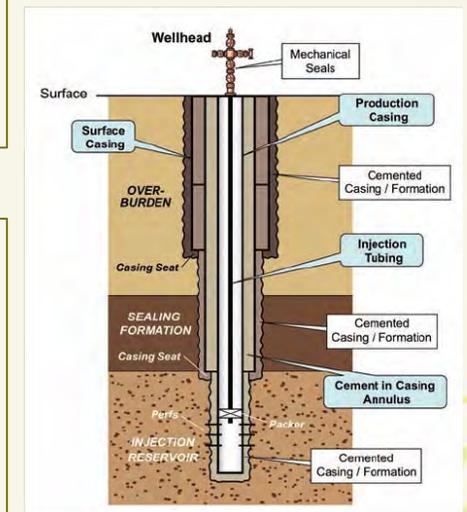
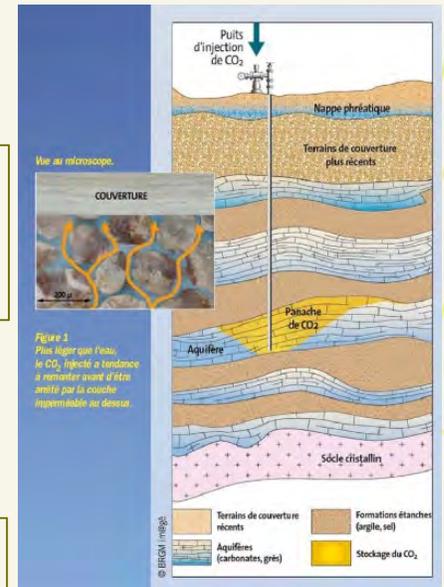
Pas de séismes naturels dans la région.

Peu de risque de sismicité induite car absence de faille.

Les puits

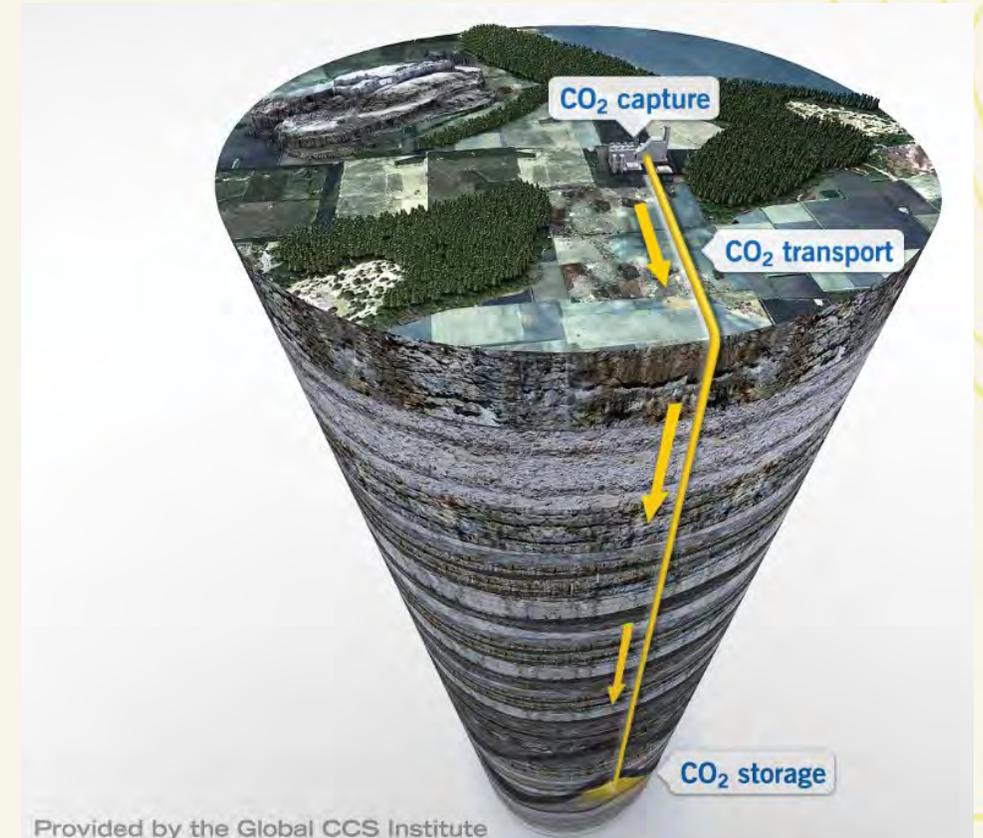
Puits d'injection de CO₂ spécialement conçu pour ce type d'opération.

Identification des anciens puits bouchés dans la zone.



Conception d'une opération pilote

- Définition du concept:
 - Source de CO₂: site de LatNitrogen (ex Boréal)is)
 - Maximum 100 000 tonnes injectées (limite pour un pilote)
 - Transport par canalisation (quelques km)
- Emplacement et design du puits
- Scénario d'injection (débit, durée)
- Etude d'impacts
- Evaluation économique
- Proposition d'investissement



Perspectives

- **Objectif en fin de projet (avril 2026):**
 - **Avoir toutes les études permettant de demander un permis exclusif de recherche pour le stockage de CO₂**

Etape suivante: opération pilote (hors projet de recherche PilotSTRATEGY)

Forage d'un puits
Acquisition de nouvelles données
Test d'injection de CO₂ dans le réservoir

Un acteur privé (hors PilotSTRATEGY) va déposer une demande de permis de recherche

Débouché potentiel

Stockage des émissions de l'usine à hauteur de 300 000 tonnes/an

*Incertitudes sur le devenir du site LAT Nitrogen.
Décarbonation : un argument de maintien d'activité?*



Etapes réglementaires d'un stockage de CO₂

Activité de l'opérateur	Etudes préliminaires Consultation des parties-prenantes	Exploration, caractérisation du site	Injection de CO ₂	Activités post-injection	
Phase		Recherche et développement	Exploitation	Post-fermeture	Post-transfert
Durée indicative		2-5 ans (env.)	10-50 ans (env.)	30 ans	100+
Titre minier		Permis exclusif de recherche (PER)	Concession de stockage de CO ₂		
Autorisations		Autorisation de travaux	Procédure d'autorisation environnementale		
		Déclaration d'ouverture de travaux	Autorisation d'exploitation	Permis ICPE	





Merci pour votre attention

i.gravaud@brgm.fr

a.bordenave@brgm.fr

info@pilotstrategy.eu

[@pilotstrategy](https://www.instagram.com/pilotstrategy)

www.pilotstrategy.eu