

« Qu'est-ce qu'un emplacement *favorable* - Quels critères – quelles priorisations ? »

Notion de zones « *favorables/moins favorables* »

Groupe de réflexion « Adaptations & Territoire » - Troisième réunion

Audrey Estublier – IFP Energies nouvelles

Alexandre Fornel – IFP Energies nouvelles

Grandpuits-Bailly-Carrois, 18/11/2024



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

IFP Energies nouvelles

Un organisme
public de R&I

Un centre
de formation

Un groupe
industriel

Un champ d'action international dans les domaines
de l'environnement, de l'énergie et du transport



1635 personnes



11 500 Brevets déposés
2005 Prix Nobel pour la Chimie



135 étudiants de
thèse et postdoc



1190 chercheurs



Environ **200** articles par an publiés dans des
journaux scientifiques internationaux

IFP Energies nouvelles

Climate, environment and circular economy

- Plastics recycling
- CO₂ capture, use and storage
- Air quality
- Environmental monitoring
- Climate/soil interactions and the water cycle
- Circular economy / LCA

Renewable energies

- Biofuels
- Biobased chemistry
- Biogas
- Offshore wind and ocean energies
- Geothermal energy
- Hydrogen
- Energy storage

Sustainable mobility

- Hybridization and electrification
- Electricity storage
- Connected vehicles
- Thermal engines
- Low-carbon fuels

Responsible oil and gas

- Fuels
- Petrochemicals
- Gas sweetening and conversion
- Basin modeling
- Reservoir simulation
- Enhanced oil recovery (EOR)
- Offshore production



Équipe simulation des écoulements de fluides dans le sous-sol

Audrey Estublier

Ingénieur en modélisation des écoulements de fluides dans le sous-sol

audrey.estublier@ifpen.fr



Alexandre Fornel

Ingénieur en modélisation des écoulements de fluides dans le sous-sol

alexandre.fornel@ifpen.fr



notre mission dans le projet PilotSTRATEGY

→ Définir les zones favorables pour injecter du CO_2 dans le sous-sol pour un pilote de stockage de CO_2 dans la zone d'étude



Comment représenter le sous-sol de Grandpuits?

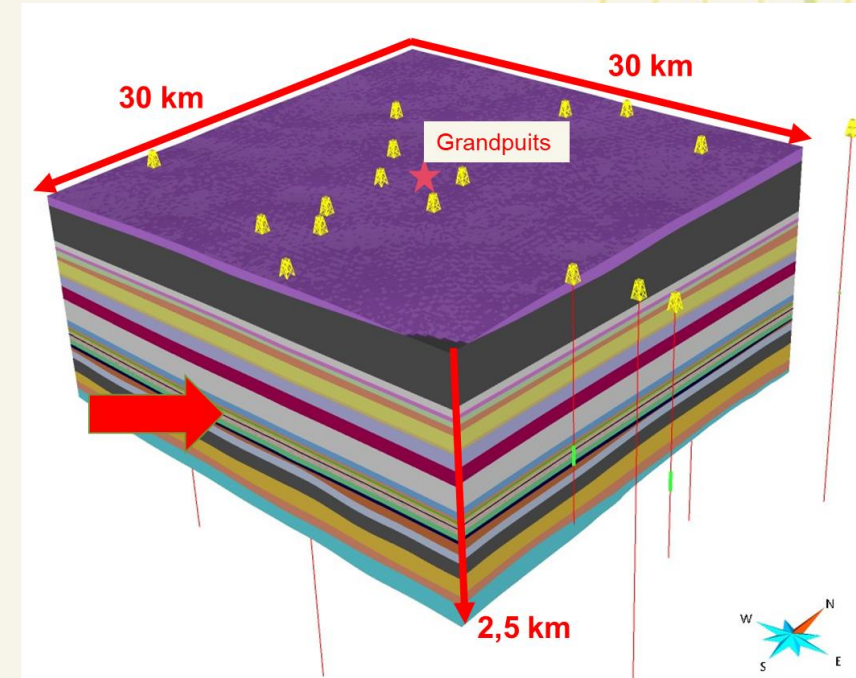
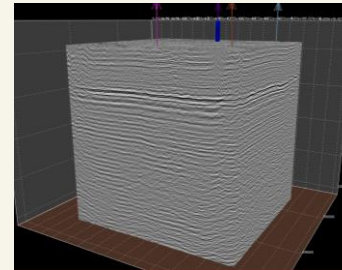
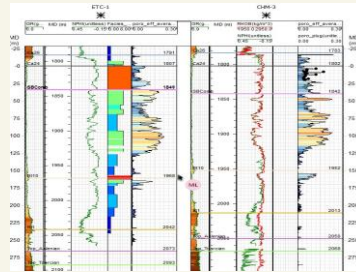
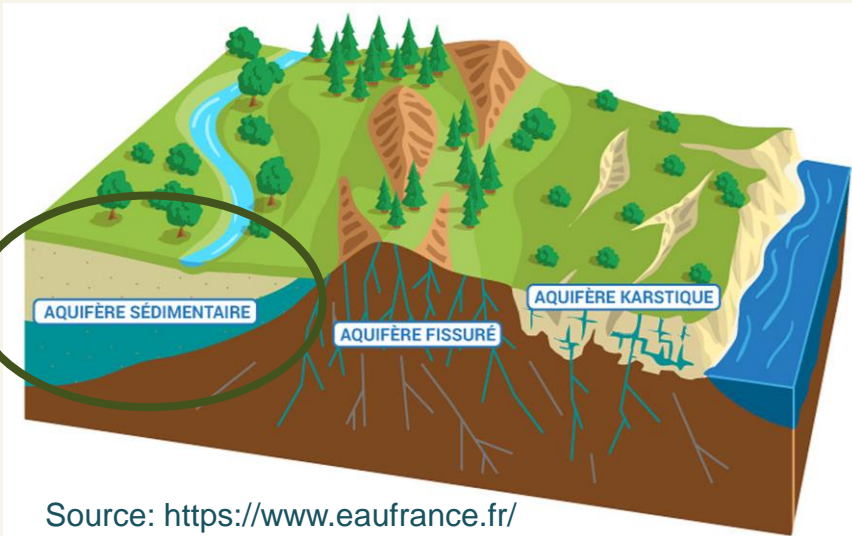
?

2500 m

Roche sédimentaire

Données

Représentation



Modèle géologique

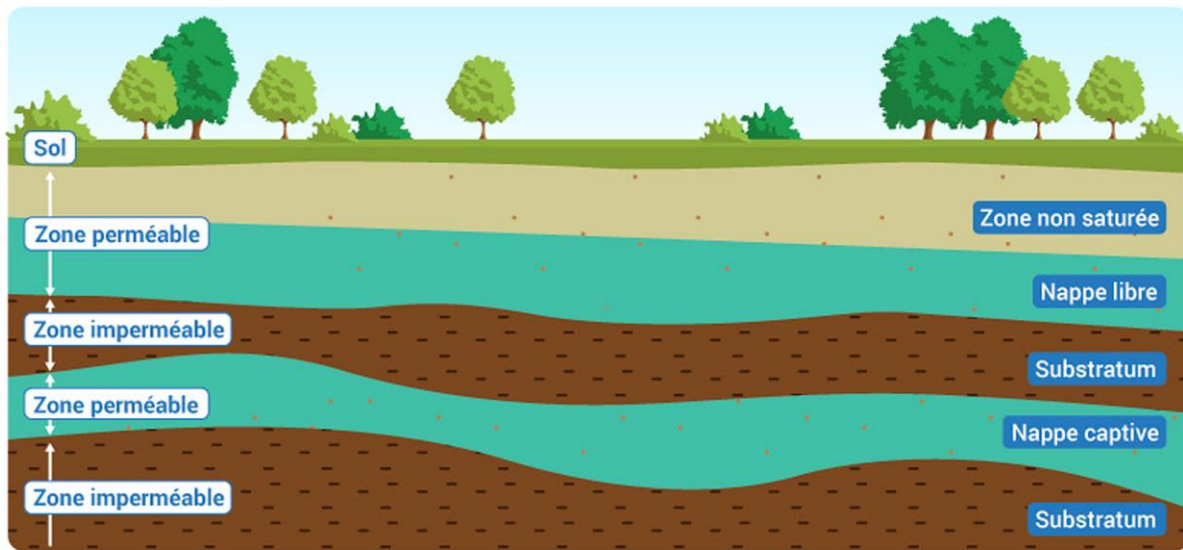


La cible de l'injection est l'**Oolithe Blanche**
localisation à **1600 - 1800 m sous la surface**
la **couche scellante** est constituée des **marnes de Massigny**

Comment serait le CO₂ dans le sous-sol de Grandpuits ?

Source: NETL

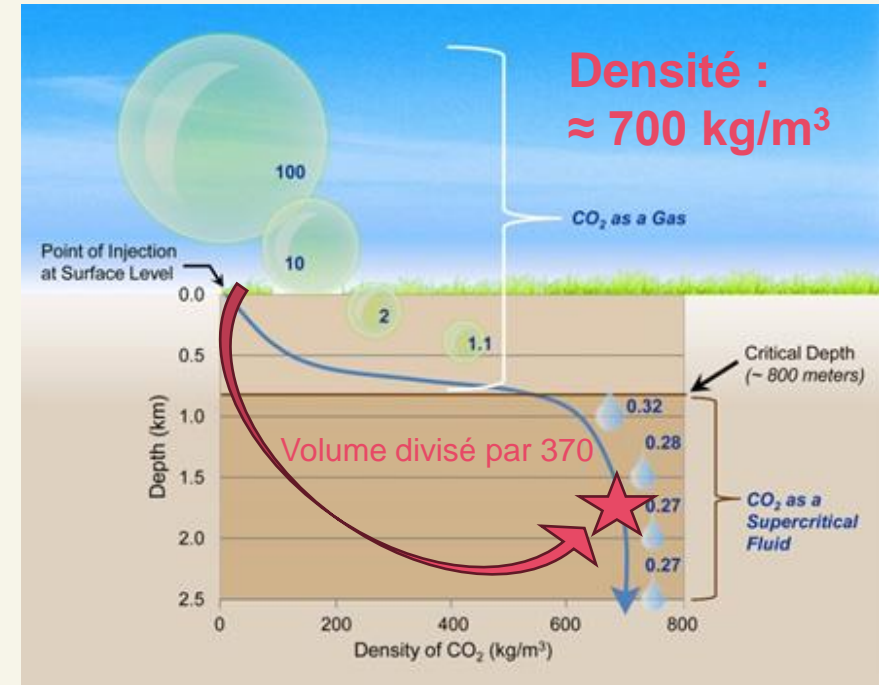
Température = 60°C à -1734 m
Pression = 184 bar à -1734 m



Source: <https://www.eaufrance.fr/>



Au-delà de 73 bar et 31°C, CO₂ est à l'état supercritique



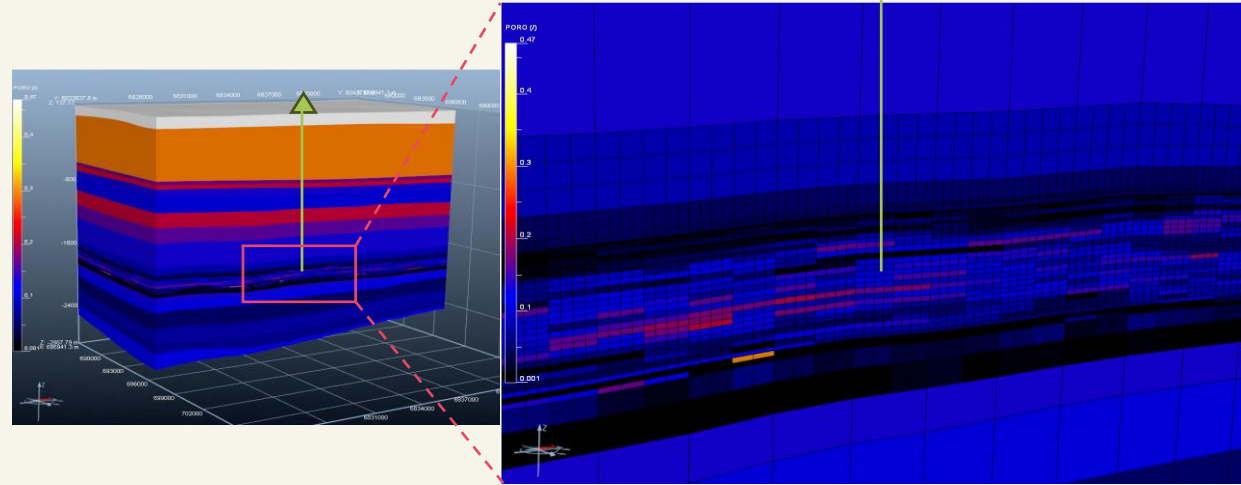
Viscosité : ≈ 0,05 cP



Echelle de viscosité

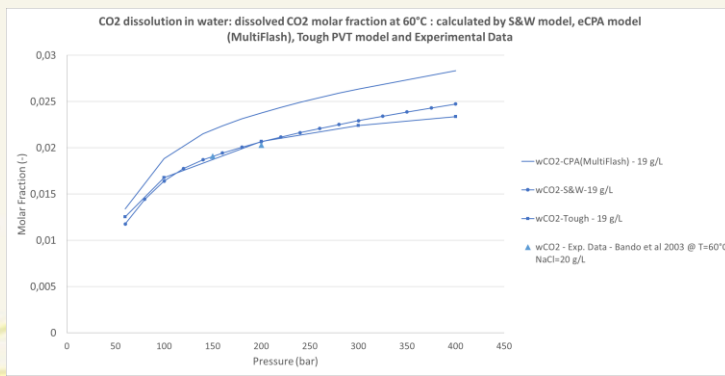
Comment prédire le comportement du CO₂ dans le sous-sol?

Propriétés
pétrophysiques
du sous-sol

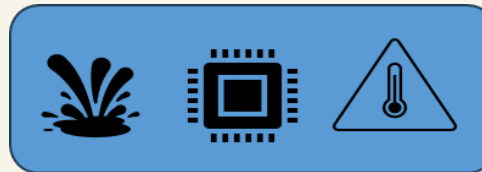


Données du modèle avant
l'injection

Modèle de dissolution
du CO₂ dans l'eau salée



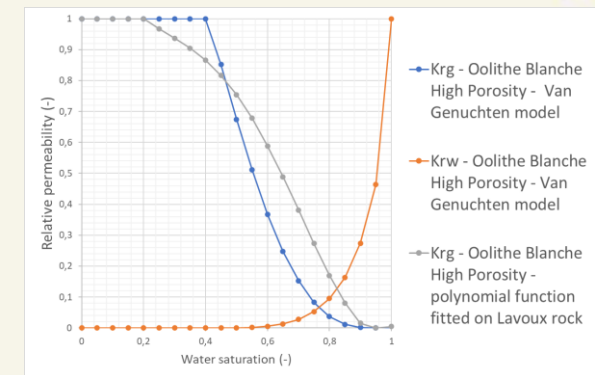
Calculateur 3D



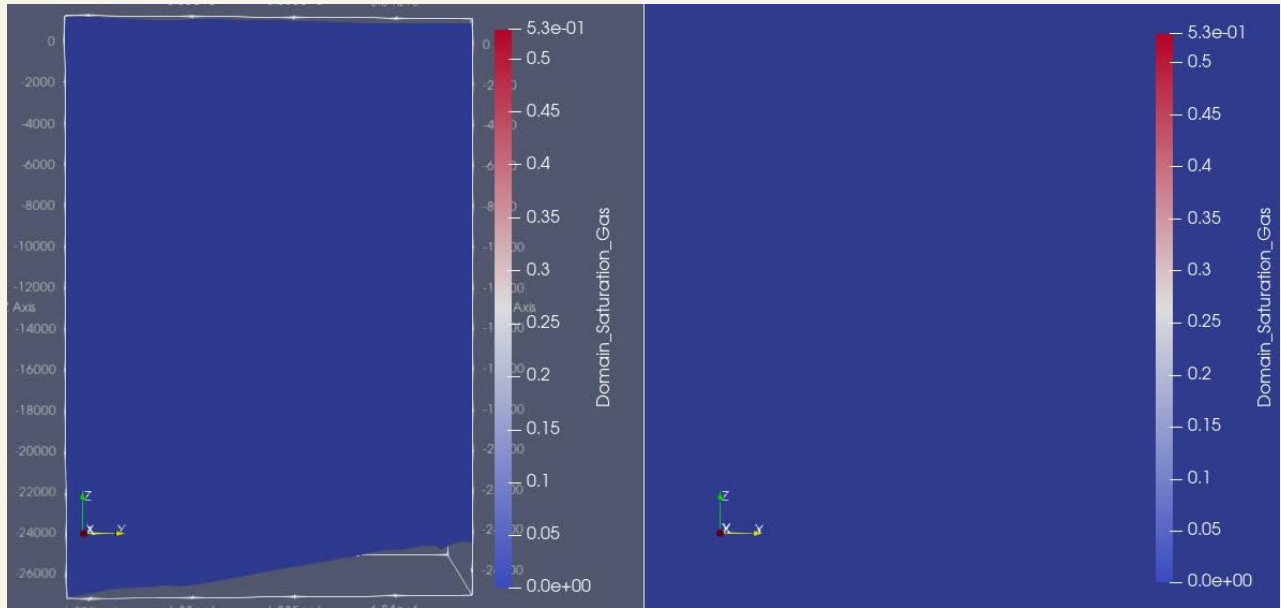
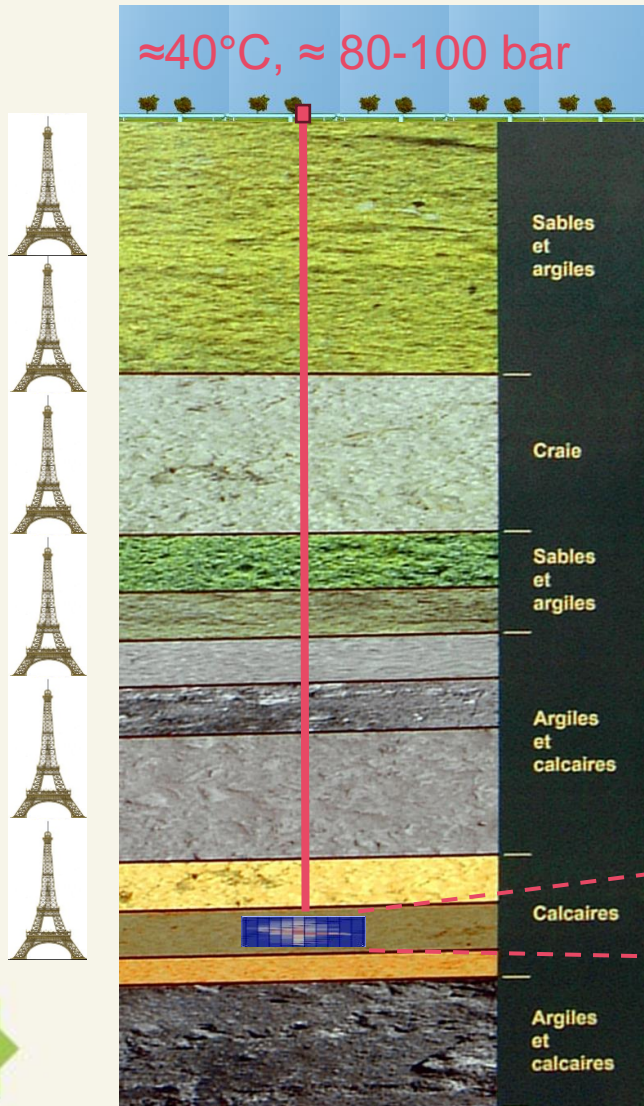
Puits d'injection de CO₂
100 000 tonnes injectées en 4 mois

Modèle de
migration

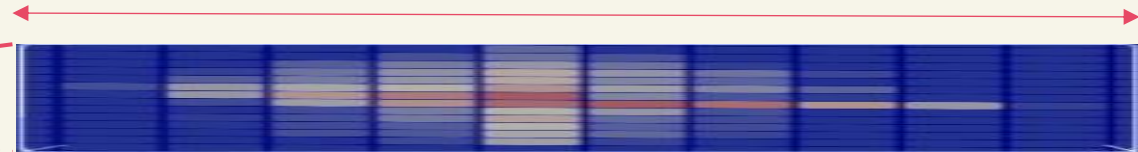
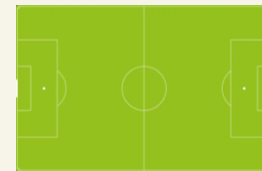
Modèle thermodynamique de
l'eau salée et du CO₂ gaz
supercritique (densité et viscosité)



Où irait le CO₂ dans le sous-sol et que représente 100 000 tonnes de CO₂ ?



600 m = 6 X



80 m

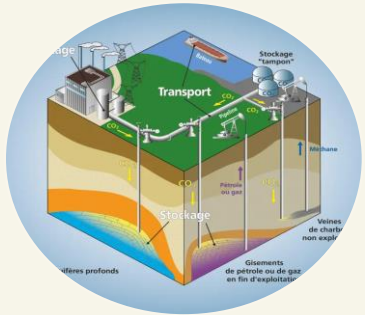


Quels impacts sont induits par le CO₂ dans le sous-sol ?

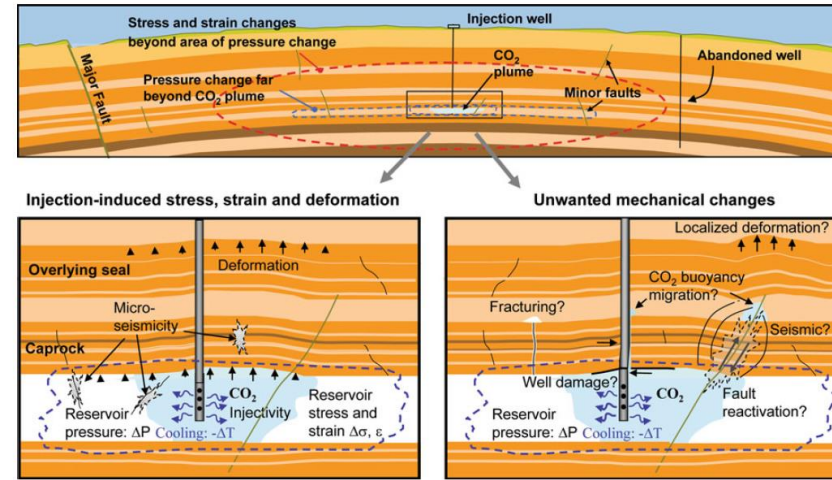
Augmentation de la pression

Diminution de la température

Acidification de l'eau en place

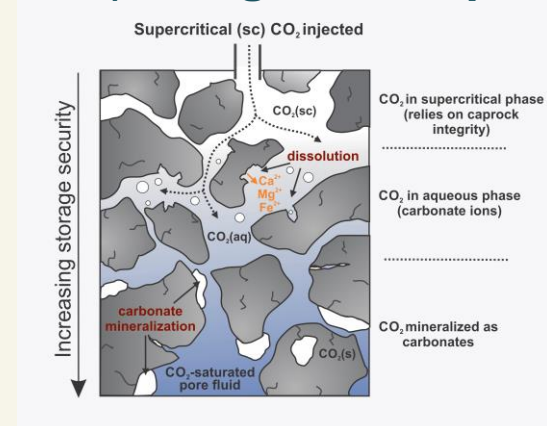


Impacts géomécaniques



Source: *The Geomechanics of CO2 Storage in Deep Sedimentary Formations* (2012), Jonny Rutqvist

Impacts géochimiques



Etude d'optimisation pour implanter un puits d'injection pour un pilote de stockage de CO₂ dans le périmètre d'étude de Grandpuits

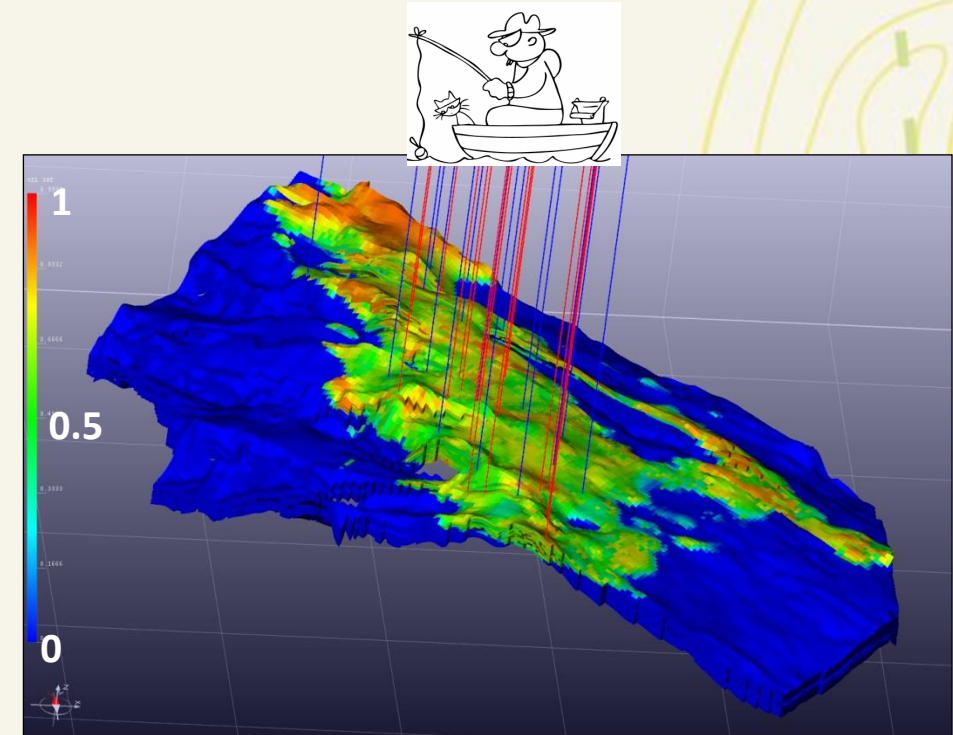
Comment identifier les zones favorables ?

Zone favorable :

- Maximiser la capacité de stockage
- Minimiser les risques

Similarités avec la problématique du *Placement de Puits dans le domaine Pétrolier et Gazier*

➔ Utilisation de l'approche Cartes de Qualité, en l'adaptant au stockage de CO₂



Brevet 19/10.977, 2021, "PROCEDE POUR DETERMINER UNE TRAJECTOIRE D'UN PUIITS DANS UN RESERVOIR PETROLIER"

Brevet EP2963235, 2015, "PROCEDE D'EXPLOITATION D'UN GISEMENT PETROLIER A PARTIR D'UNE TECHNIQUE DE POSITIONNEMENT DES PUIITS A FORER "

Méthodologie des cartes de qualité pour le placement de puits



Préparation des données

- 1) Sélection des critères clés
- 2) Calcul des critères clés



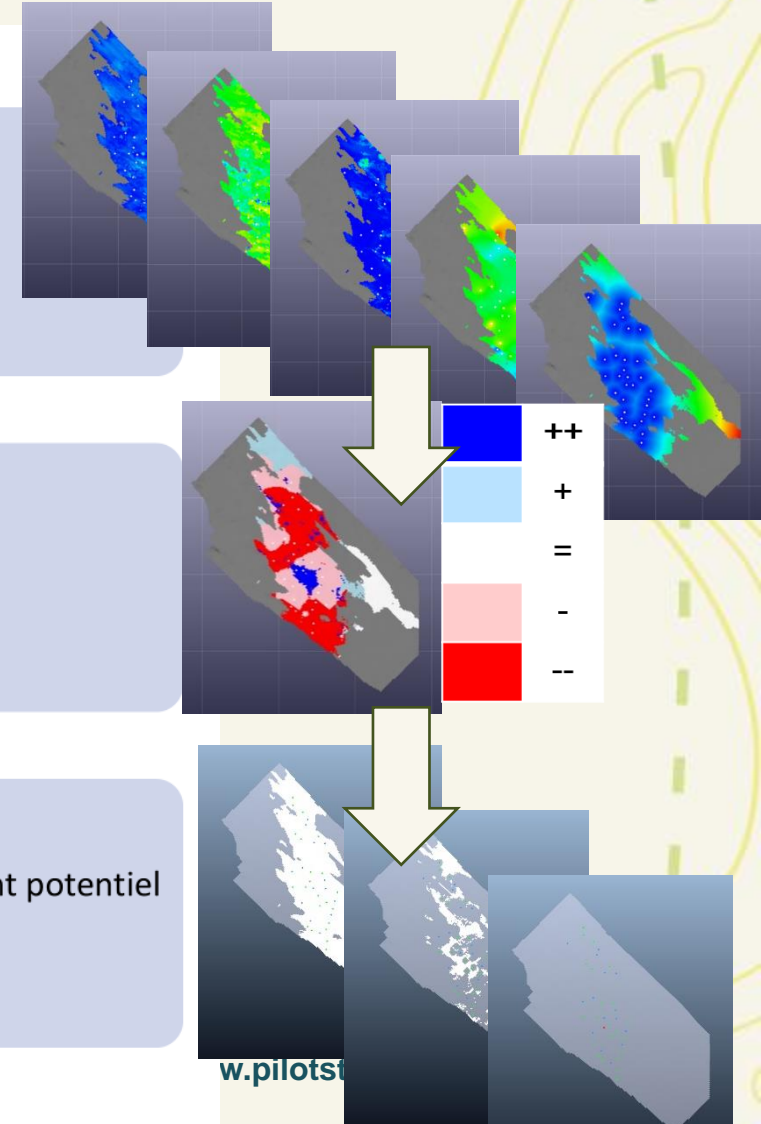
Analyse de données

- 3) Création de groupes
- 4) Hiérarchisation des groupes



Sélection de l'emplacement de puits

- 5) Calcul d'un indice de qualité pour chaque emplacement potentiel
- 6) Détermination des zones favorables



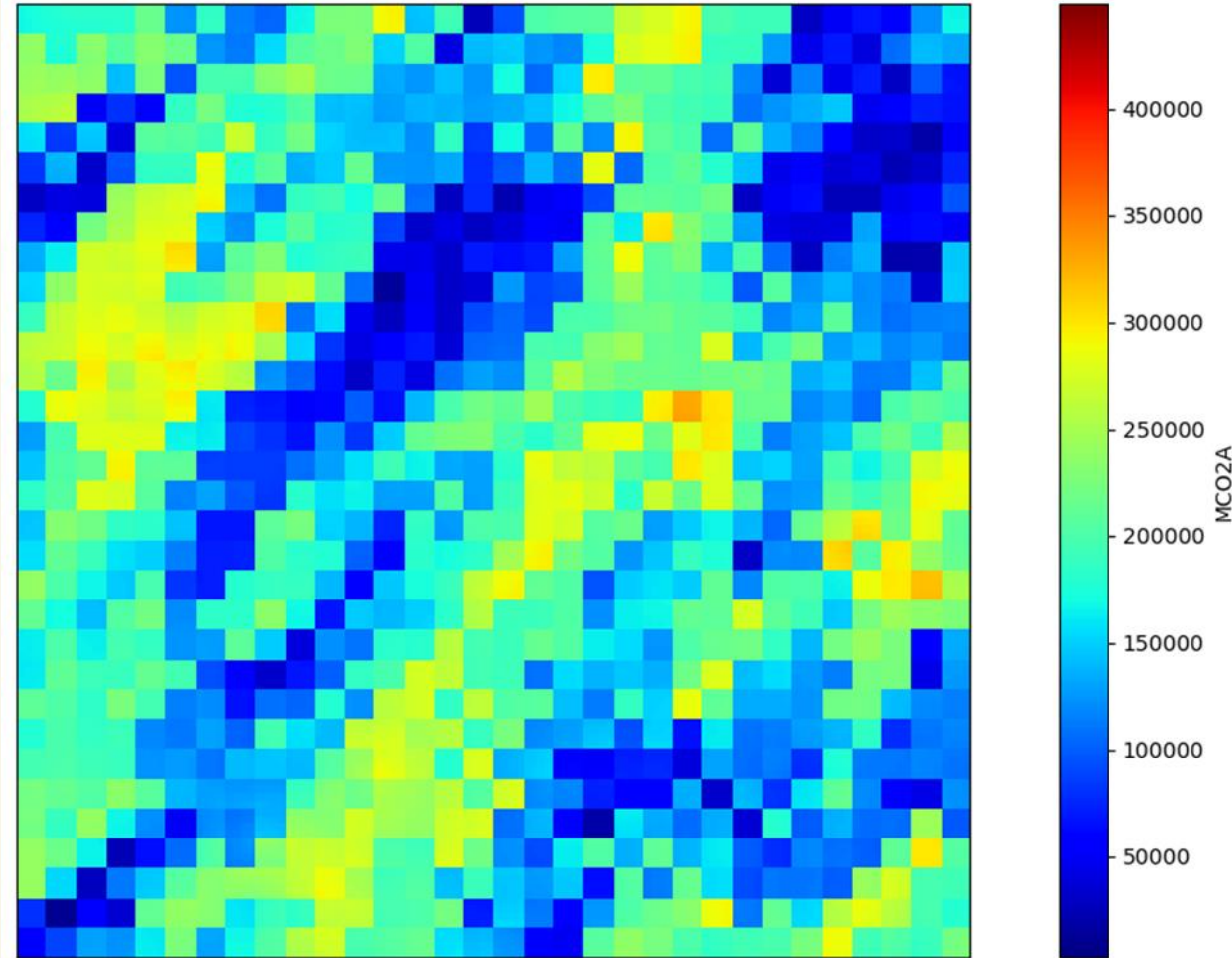
Critères clés de la méthodologie

Objectif: identifier les zones favorables pour implanter un pilote de stockage de CO₂



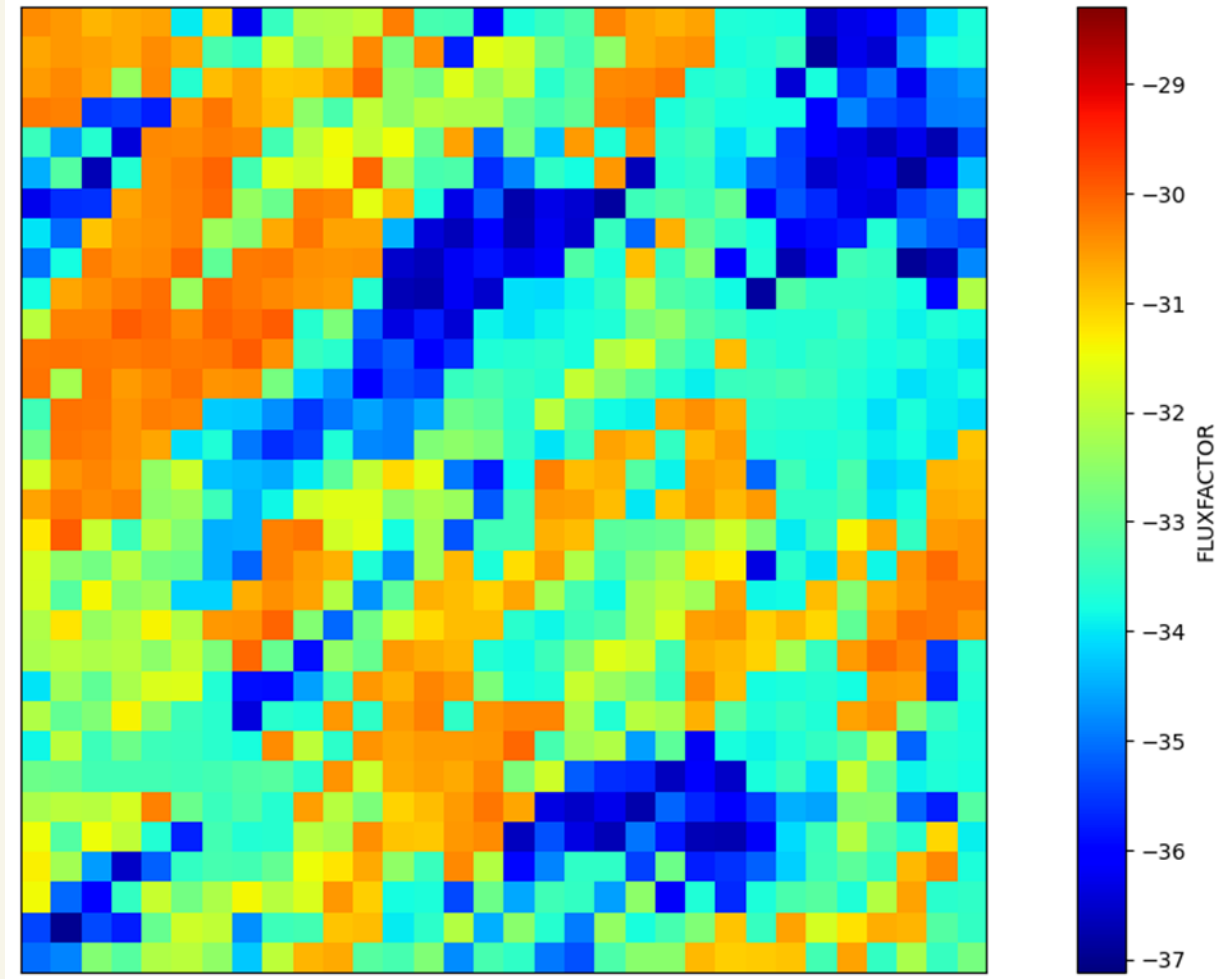
Critères clés pour un pilote de stockage de CO₂ et résultats de la zone d'étude de Grandpuits

- Capacité de stockage
 - Déterminer les zones où l'on a le plus grand volume/masse de stockage
- Facteur de flux
- Impact géomécanique
- Impact géochimique
- Distance aux puits existants
- Distance à la source de CO₂
- Zones d'exclusion en surface



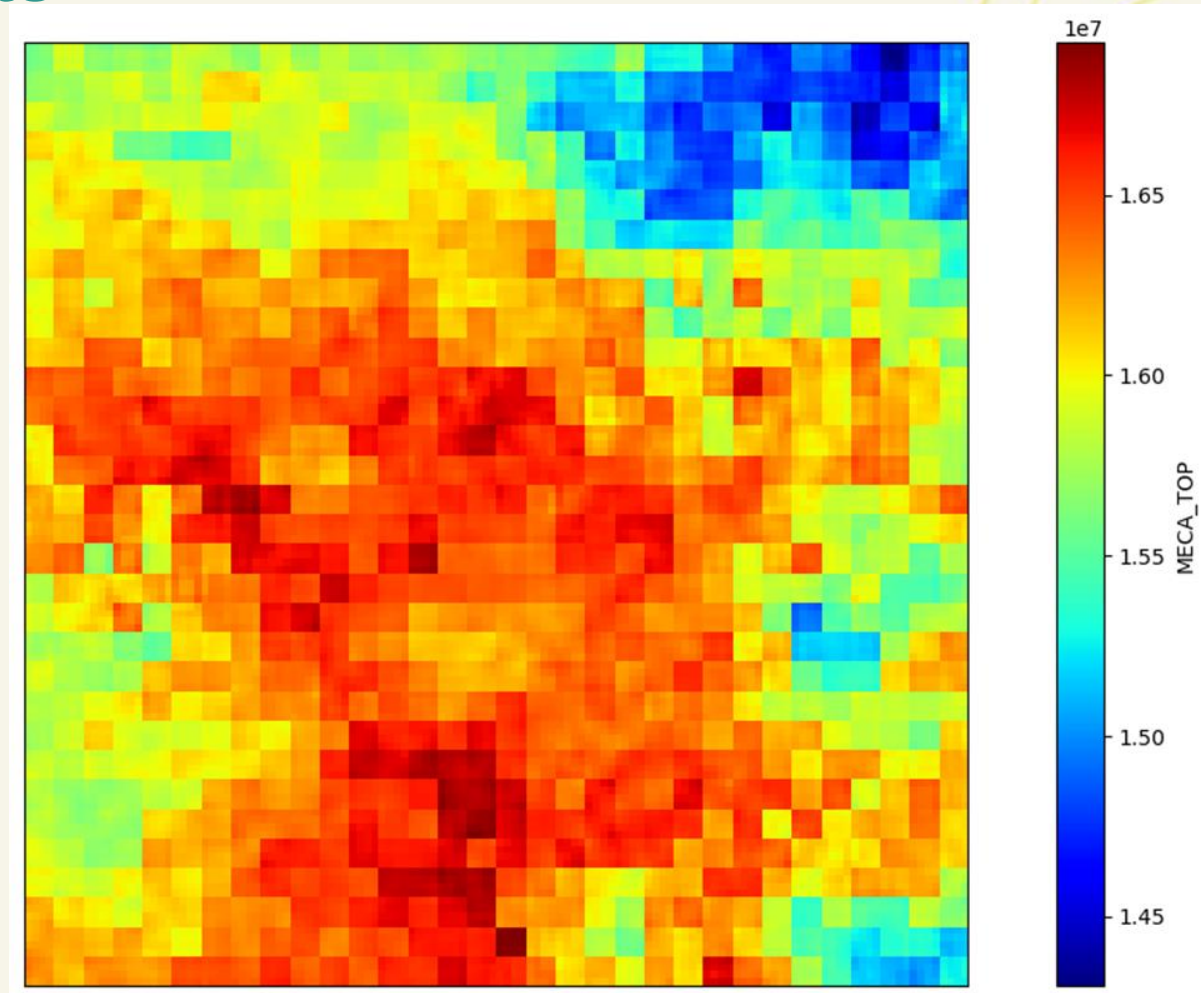
Critères clés pour un pilote de stockage de CO₂ et résultats de la zone d'étude de Grandpuits

- Capacité de stockage
- Facteur de flux
 - Déterminer les zones où les fluides circulent le plus facilement
- Impact géomécanique
- Impact géochimique
- Distance aux puits existants
- Distance à la source de CO₂
- Zones d'exclusion en surface



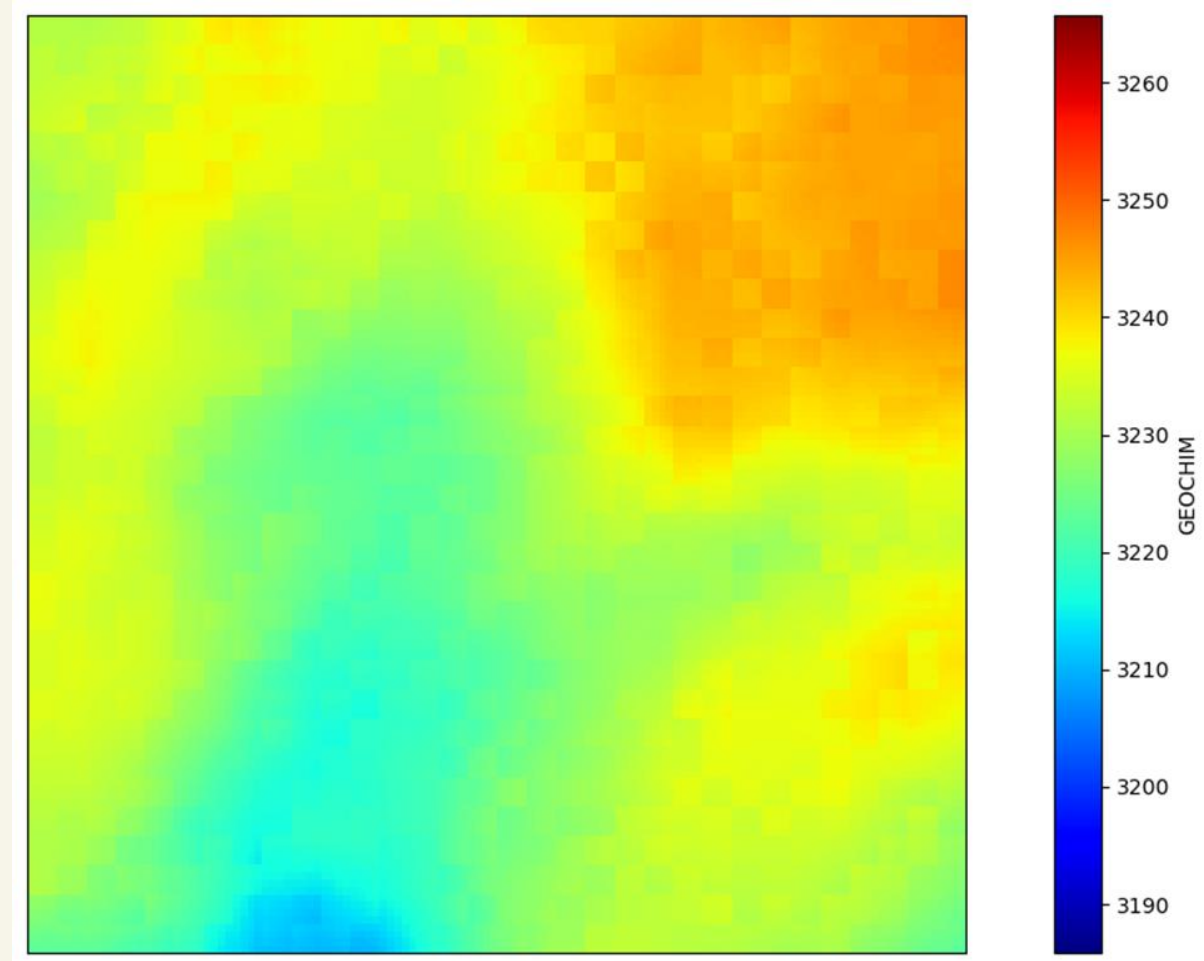
Critères clés pour un pilote de stockage de CO₂ et résultats de la zone d'étude de Grandpuits

- Capacité de stockage
- Facteur de flux
- Impact géomécanique
 - Déterminer les zones les plus solides mécaniquement parlant (dans le réservoir et dans la couverture)
- Impact géochimique
- Distance aux puits existants
- Distance à la source de CO₂
- Zones d'exclusion en surface



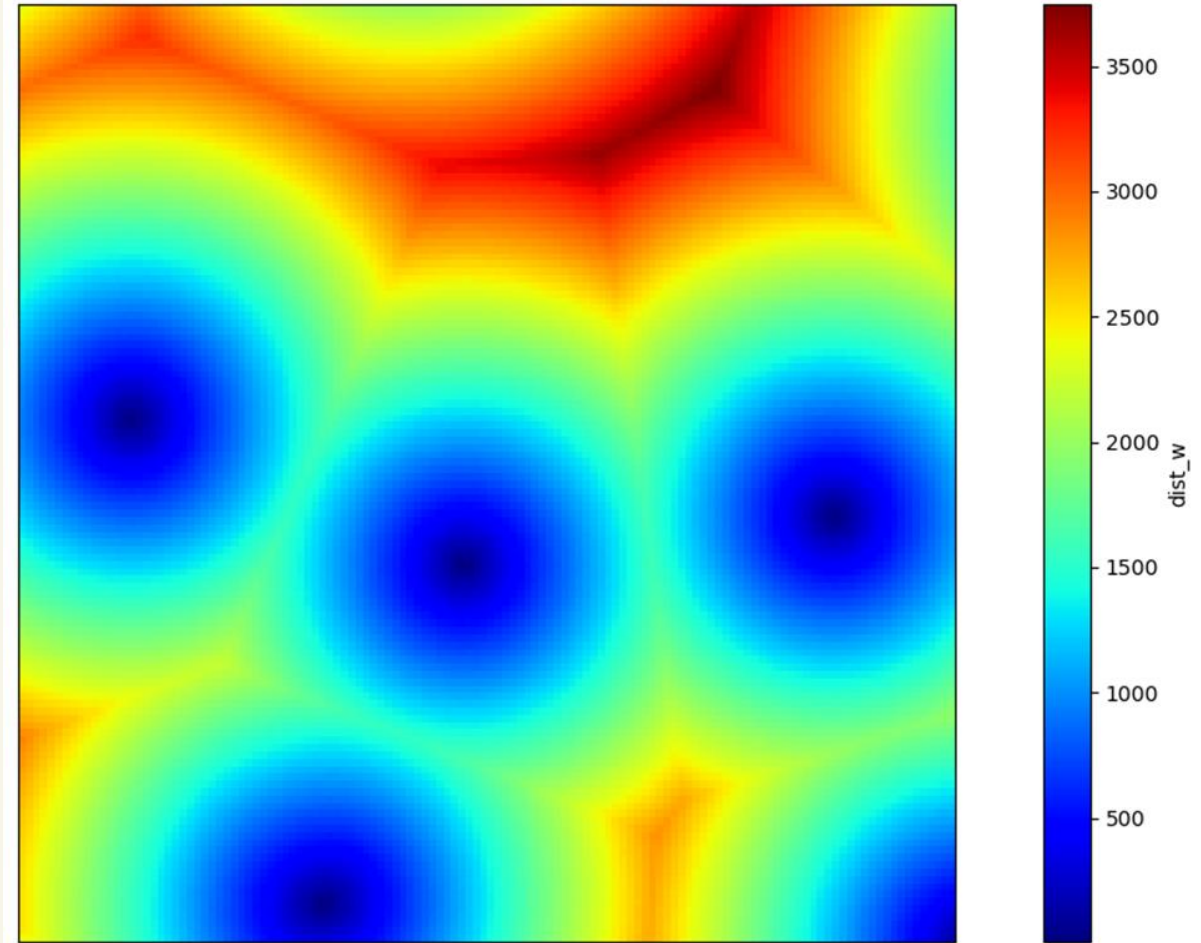
Critères clés pour un pilote de stockage de CO₂ et résultats de la zone d'étude de Grandpuits

- Capacité de stockage
- Facteur de flux
- Impact géomécanique
- Impact géochimique
 - Déterminer les zones où l'on gagne du volume poreux
- Distance aux puits existants
- Distance à la source de CO₂
- Zones d'exclusion en surface



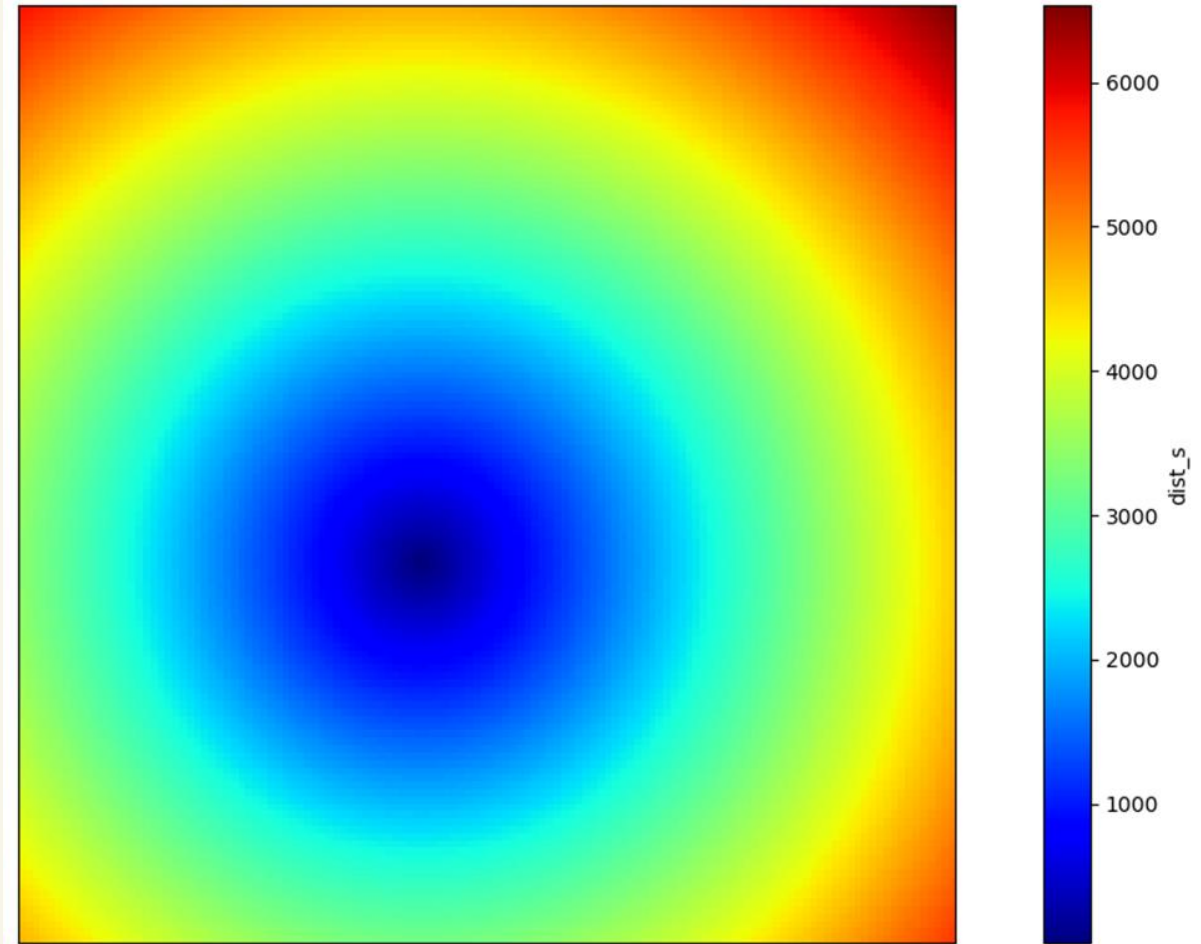
Critères clés pour un pilote de stockage de CO₂ et résultats de la zone d'étude de Grandpuits

- Capacité de stockage
- Facteur de flux
- Impact géomécanique
- Impact géochimique
- Distance aux puits existants
 - S'éloigner le plus possible des puits existants pour réduire les risques de fuite
- Distance à la source de CO₂
- Zones d'exclusion en surface



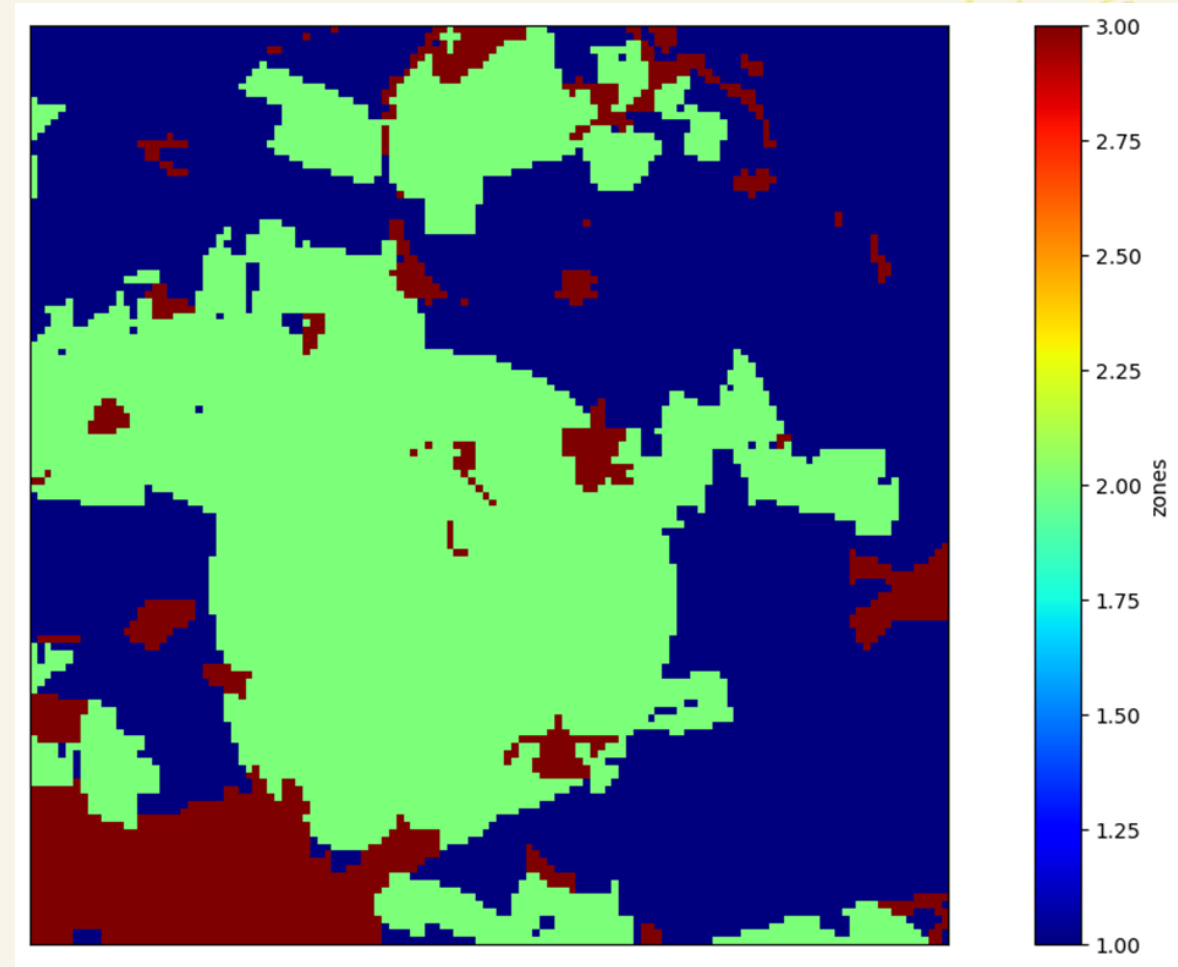
Critères clés pour un pilote de stockage de CO₂ et résultats de la zone d'étude de Grandpuits

- Capacité de stockage
- Facteur de flux
- Impact géomécanique
- Impact géochimique
- Distance aux puits existants
- Distance à la source de CO₂
 - Se rapprocher le plus possible de la source pour limiter les coûts de transport
- Zones d'exclusion en surface



Critères clés pour un pilote de stockage de CO₂ et résultats de la zone d'étude de Grandpuits

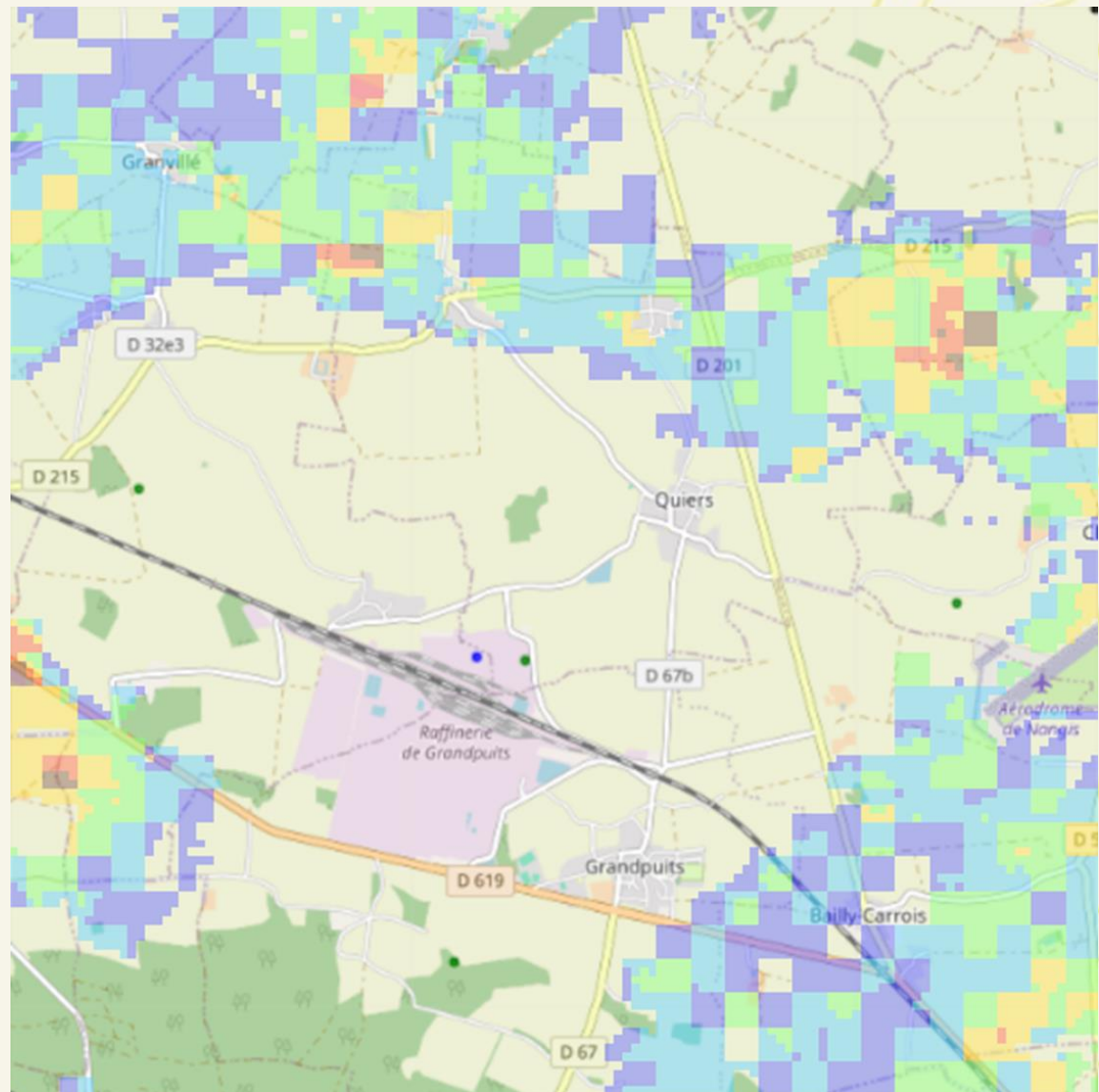
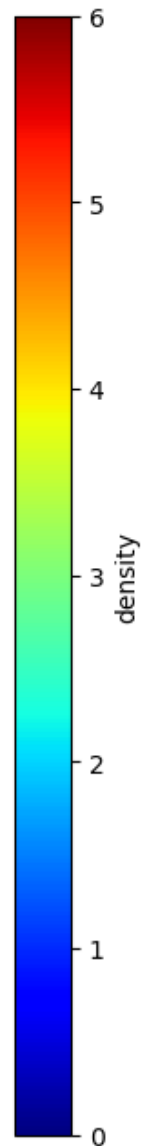
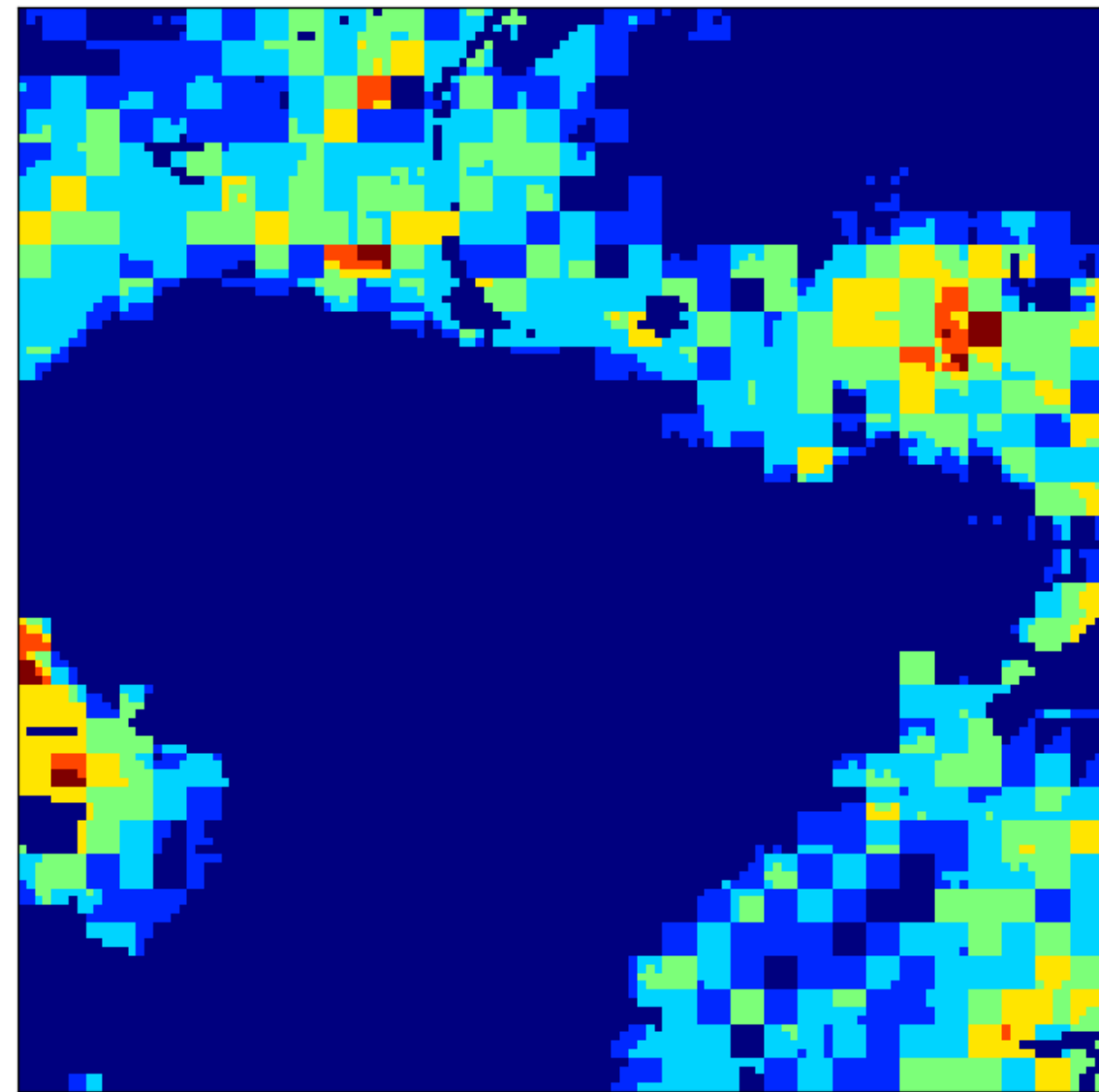
- Capacité de stockage
- Facteur de flux
- Impact géomécanique
- Impact géochimique
- Distance aux puits existants
- Distance à la source de CO₂
- Zones d'exclusion en surface
 - Prendre en compte les limitations/restrictions en surface



Résultats de l'optimisation du placement de puits d'un pilote de stockage de CO₂ dans la zone d'étude de Grandpuits

Carte des zones favorables / moins favorables d'un pilote de stockage de CO₂ avec un puits

Source de CO₂/Puits existants





Thank you for listening

Audrey Estublier et Alexandre Fornel

info@pilotstrategy.eu

[@pilotstrategy](https://twitter.com/pilotstrategy)

www.pilotstrategy.eu