

Pilote de captage et stockage de CO₂ de Lacq

Bilan de fonctionnement



CLIS du 12 septembre 2011





Agenda

- Suivi opérationnel du pilote
- Surveillance
- Programme R&D





Objectifs du pilote de captage-stockage de CO₂

- **Projet intégré de captage, transport et stockage dans un gisement de gaz déplété**
- **Chaudière d'oxycombustion de 30 MWth**
- **Autorisation administrative : mai 2009, pour 2 ans d'injection et 3 ans de suivi.**
- **Début de l'injection : 8 Janvier 2010**



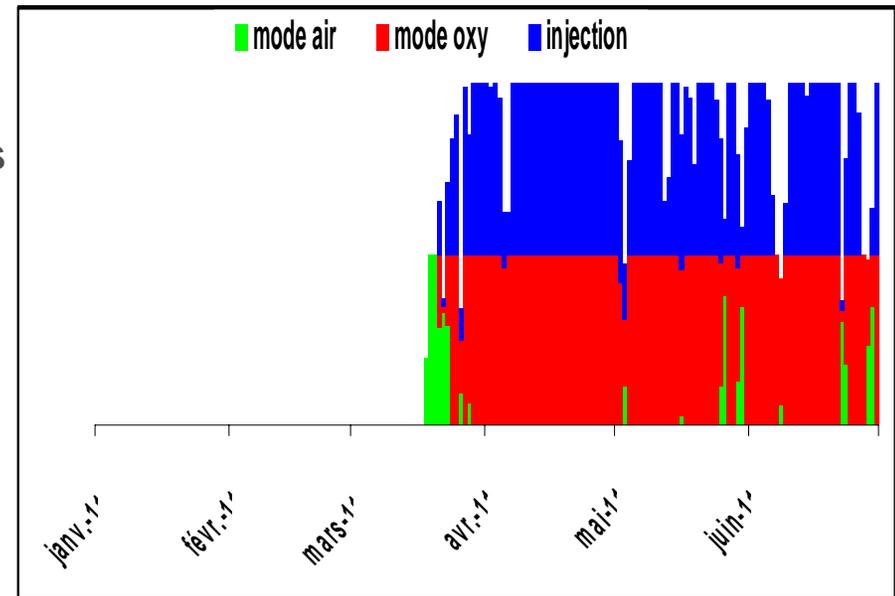
- **Démontrer la faisabilité technique d'une chaîne industrielle complète de capture, transport et d'injection de CO₂ dans le cadre d'une production de vapeur à haute pression.**
- **Développer une chaudière gaz optimisée pour un fonctionnement en oxy-combustion d'une capacité industrielle (200MW) dans le but de capter le CO₂ à une échelle industrielle. (essais)**
- **Développer une méthodologie de qualification (volume, pression, intégrité) et de surveillance d'un stockage géologique.**



Suivi opérationnel du Pilote

Faits marquants semestriels

- ▶ 6 décembre 2010 au 17 mars 2011:
 - Work over Rousse: remplacement sondes microsismiques fond puits
 - Travaux sur chaudière pour permettre l'acquisition d'informations sur le transfert thermique dans une chaudière oxycombustion
 - Maintenance générale et remise en état réfractaires chaudière.
- ▶ 18 mars au 30 juin 2011
 - Marche quasi continue de la chaudière
 - Réalisation d'essais dans le cadre du programme de recherche





Suivi opérationnel du Pilote

Gaz injecté

- ▶ Environ 8500 t de gaz ont été injectées au cours du premier semestre 2011, soit un total voisin de 18500 t depuis le début des injections (8 janvier 2010 à 30 juin 2011).
- ▶ La qualité du CO2 injecté est contrôlée et régulière :
 - La teneur en CO2 est supérieure à 93 %v
 - Les principaux gaz associés sont:
 - L'oxygène, l'azote et l'argon
 - et à des teneurs moindres: NOx, CO

Rendement de captage

- ▶ En France, moins de 10% de l'électricité est produite par combustion de charbon ou d'hydrocarbures. Sur cette base, le rendement global carbone du pilote CO2, varie selon les conditions de fonctionnement et les essais réalisés dans la période d'évaluation entre 75% et 95%

$$\text{rendement global carbone} = \frac{\text{CO2 capté}}{\text{CO2 (direct + indirect) produit}}$$



Suivi opérationnel du Pilote

Emissions atmosphériques

► Durée des émissions:

	réalisé mode air	réalisé mode oxy	réalisé total	limite deuxième année
premier semestre 2011	214 h	250 h	464 h	240 h

- Dépassement du nombre d'heures d'émission associé au mode d'exploitation de la chaudière (prévention de la dégradation des réfractaires).

► Composition des rejets (résultats du contrôle continu)

- Mode air: conforme aux valeurs attendues et conformes en tous points aux émissions d'une chaudière air conventionnelle.
- Mode oxygène: les concentrations en NOx ont été réduites, mais restent supérieures aux attentes. Toutefois, du fait du faible débit des fumées émises, les flux sont inférieurs aux flux maxi émis en mode air (déjà mentionné au cours de la première année d'exploitation)

► Flux émis:

- Dépassement sur les NOx lié au dépassement du nombre d'heures d'émissions.

		réalisé, 1er semestre	limite 2eme année
CO2	t	2426	3600
CO	kg	49	200
SO2	kg	3	45
Nox	kg	1085	500
Poussières	kg	4	8
COV	kg	22	135
HAP	kg	0.1	<1

► Rejets liquides:

- Qualité constante, analyse annuelle réglementaire prévue au second semestre



Suivi opérationnel du Pilote

Résultats des opérations de vérification et de surveillance

Les opérations réalisées au cours des derniers mois relèvent de la maintenance:

- Les problèmes de corrosion rencontrés sur le compresseur sont stabilisés, l'amélioration de la fiabilité de la machine se poursuit.
- Aucune évolution des réfractaires de la chaudière n'a été constatée

Disfonctionnements et incidents, mesures correctives et préventives

Au cours du semestre il n'a été constaté:

- Aucun disfonctionnement d'équipement critique
- Aucun incident pouvant avoir un effet sur l'environnement



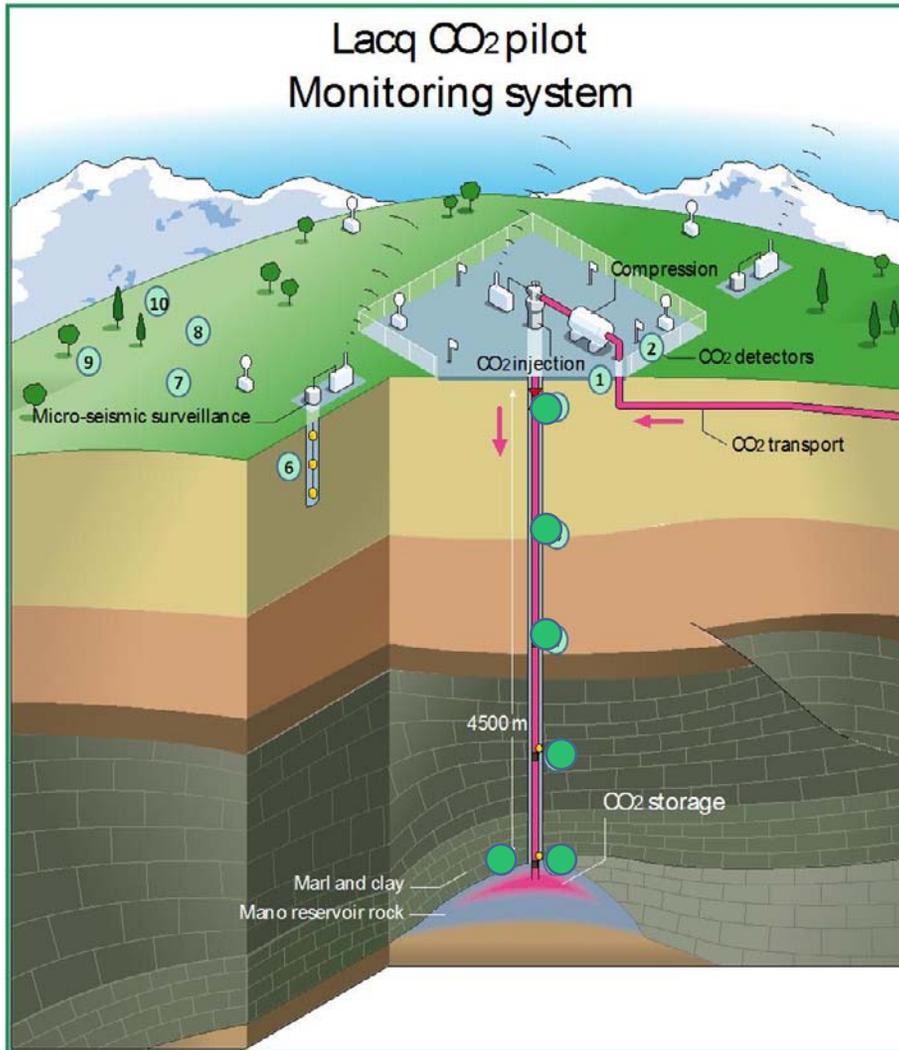
Agenda

- Suivi opérationnel du pilote
- **Surveillance**
- Programme R&D





Programme de surveillance de Rousse



1 - Contrôle de la quantité et de la qualité du CO₂ injectée :

① Débit et Composition en continu.

2 - Détection de fuite en surface :

② Détecteurs de CO₂ installés sur site

⑦ Analyse de gaz des sols

⑧ Analyse de la qualité des eaux souterraines

⑨ Analyse de la qualité des eaux de surface

⑩ Analyse de la biotope (faune et flore)

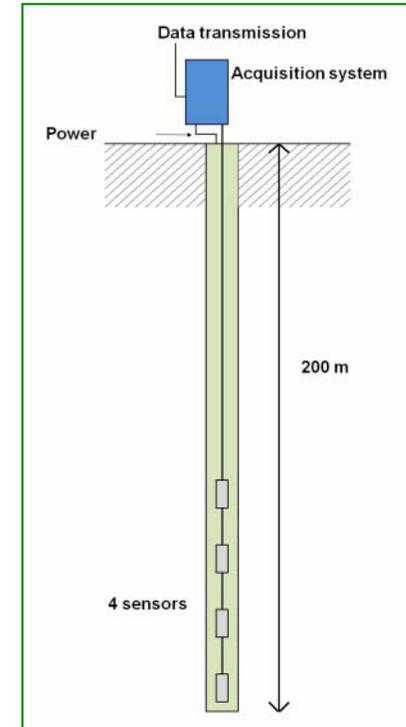
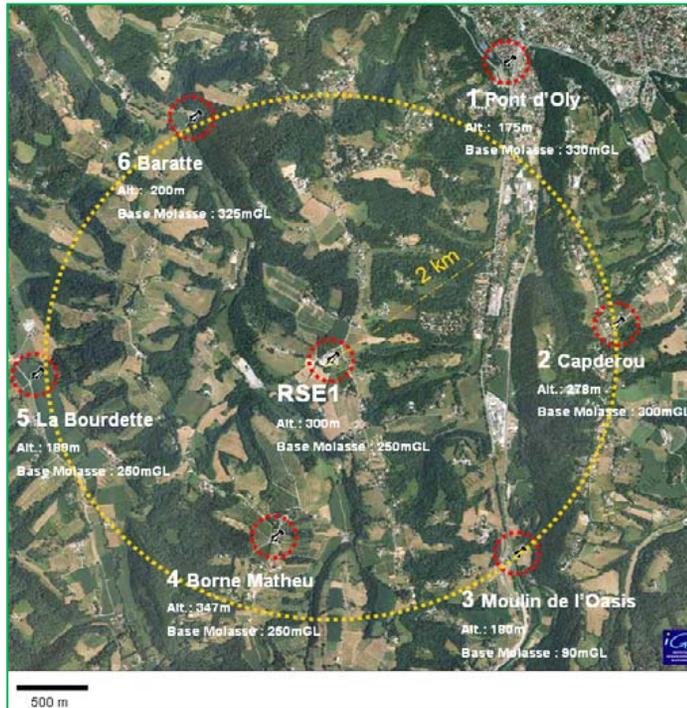
3 - Détection de perte d'intégrité du tubing d'injection au niveau du puits : suivi des Pressions des annulaires.

4 – Surveillance de l'intégrité du réservoir :

⑥ Sondes micro-sismiques



Surveillance micro-sismique



Objectif Intégrité du site

- ❑ 6 puits répartis sur un rayon de 2 Km autour du puits d'injection + 1 puits localisé sur le site d'injection
- ❑ Sismomètre en surface
- ❑ Interprétation des signaux en continu
- ❑ Calendrier
 - Ligne de base de Juillet à Déc. 2009, avec les sept antennes subsurface
 - Début d'injection en janvier 2010



Surveillance micro-sismique

□ Ligne de base

- Aucun événement de fond n'a été enregistré pendant la ligne de base
- La majorité des événements détectés correspondent à des séismes liés à l'activité des failles pyrénéennes



□ résultats

- 6 événements microsismiques identifiés dans le périmètre du réseau de surveillance mais non localisés dans la zone du réservoir et non imputable à l'injection
- magnitude de moment sismique très faible entre -0.2 et -1.1

Magnitude	faille (en m)	Déplacement (en mm)
-3	0.31	0.015
-2	1	0.05
-1	3.1	0.15
0	10	0.50
1	31.6	1.58
2	100	5.00
3	316.2	15.81
4	1000	50.0

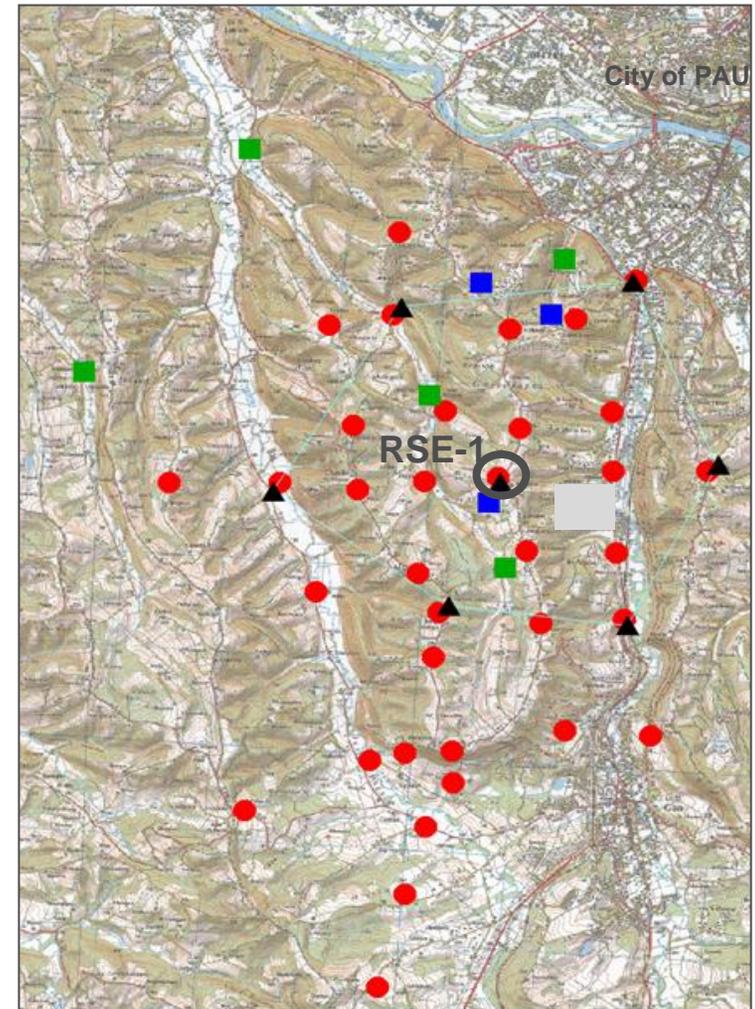


Surveillance environnementale

Objectif : détecter les changements qui pourraient être en relation avec les effets d'une fuite de CO₂

Etats initiaux réalisés en 2009 avant l'injection.

- **Gaz des sols** : Concentration et flux de CO₂ et CH₄.
Automne et hiver. ●
- **Nappe perchée** (3 sources) : paramètres physico-chimiques, 2 fois/an. ■
Indicateurs: pH, conductivité, carbonates, bicarbonates.
- **Eaux souterraines** (captages) : paramètres physico-chimiques, 2 fois/an. Idem sources.
- **Eaux de surface** (ruisseaux): Bio-indicateurs normalisés (IBD diatomées, IBGN macro invertébrés benthiques) & paramètres physico-chimiques, 2 fois/an.
- **Biotope** (Faune et flore) : inventaire annuel. ■
 - Flore d'écosystèmes représentatifs (33 sites);
 - Faune d'amphibiens et d'insectes (50 sites).



▲ Puits de surveillance microsismique



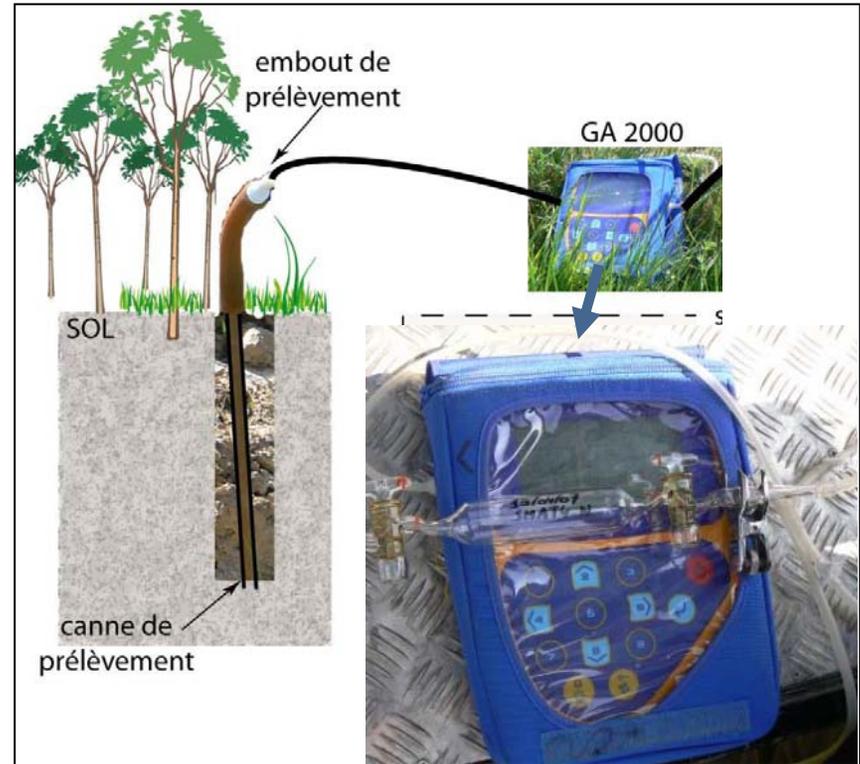
Analyse des gaz de sols

► Méthane:

- Pas de détection de teneur et flux en méthane

► CO₂ :

- teneur en CO₂ de 0 à 5.5% comparables données de référence (0 à 7.2%)
- Flux : valeurs de 0.4 à 8.6 cm³/min/m² comparables aux valeurs de référence (0 à 11.3 cm³/min/m²)
- Pas dépassement seuil de vigilance

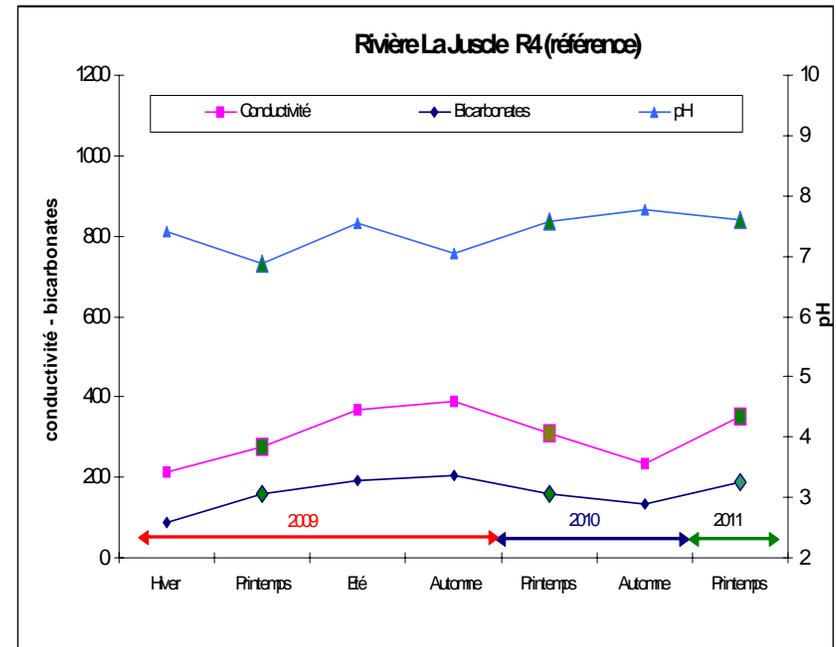
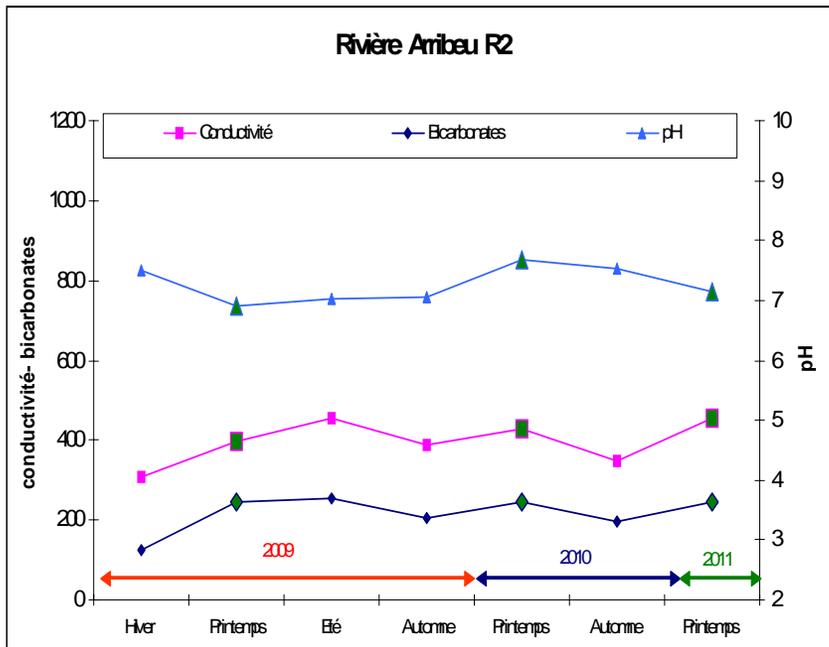




Surveillance environnementale

Eaux de surfaces : paramètres physico-chimiques

- ▶ Station Arribeu (R2) : à proximité aval site d'injection de Rouse
- ▶ Station de référence la Juscle (R4) : en dehors zone d'étude
- ▶ Pas d'évolution des caractéristiques physico-chimique des eaux





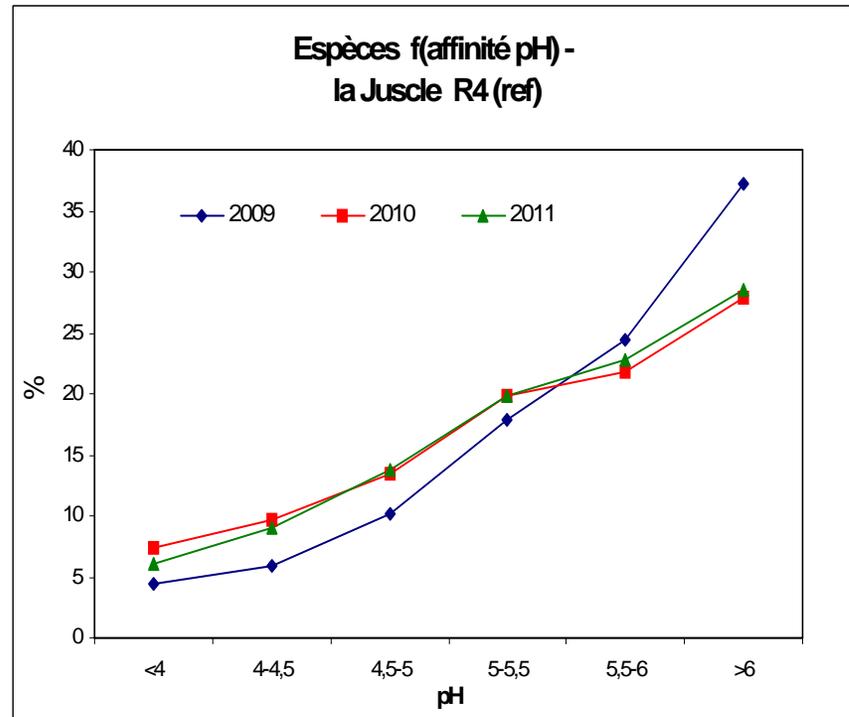
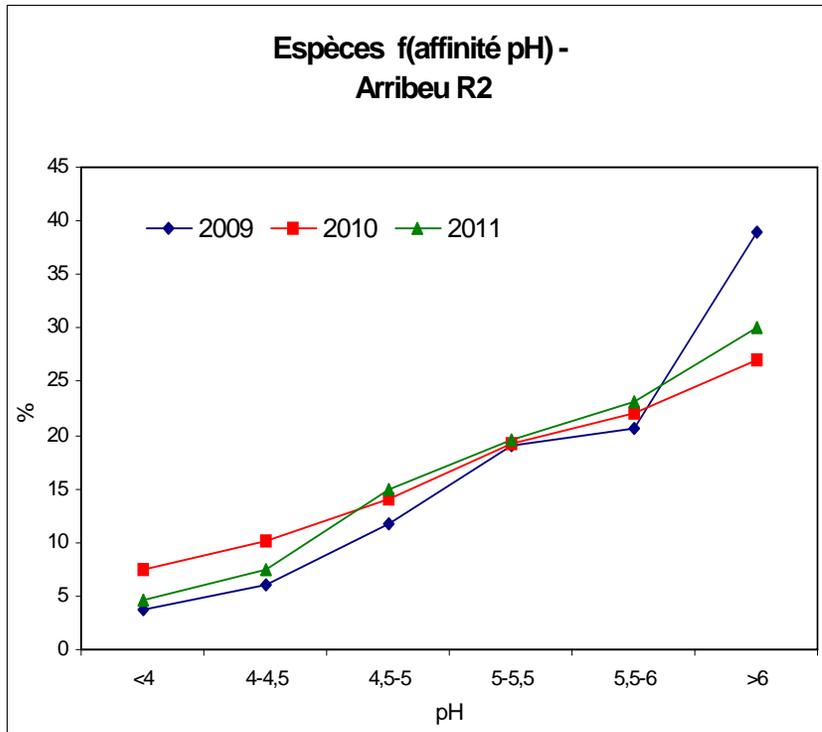
Surveillance environnementale

Eaux de surface : Indicateurs biologiques IBGN

► Répartition des peuplements macro invertébrés f(affinité au pH):

- L'Arribeu – R2 : proximité site Rousse
- La Juscle – R4 : station de référence

► Aucun impact lié à une acidification potentielle par relargage de CO2

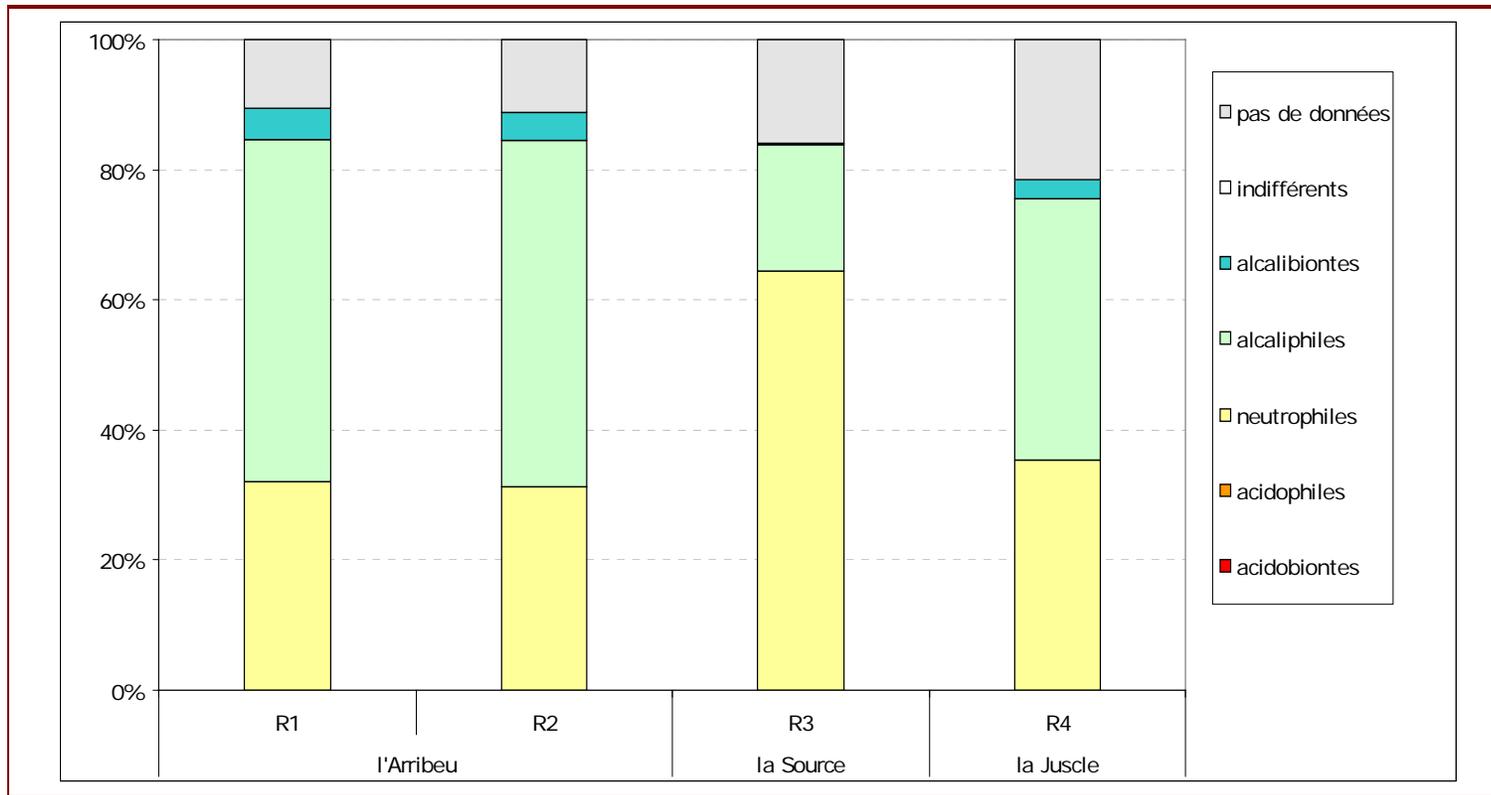




Surveillance environnementale

Eaux de surface : Indicateurs biologiques IBD

- Distribution des Diatomées (algues brunes) selon affinité au pH:
- *Aucune espèce acidophile observée*





Agenda

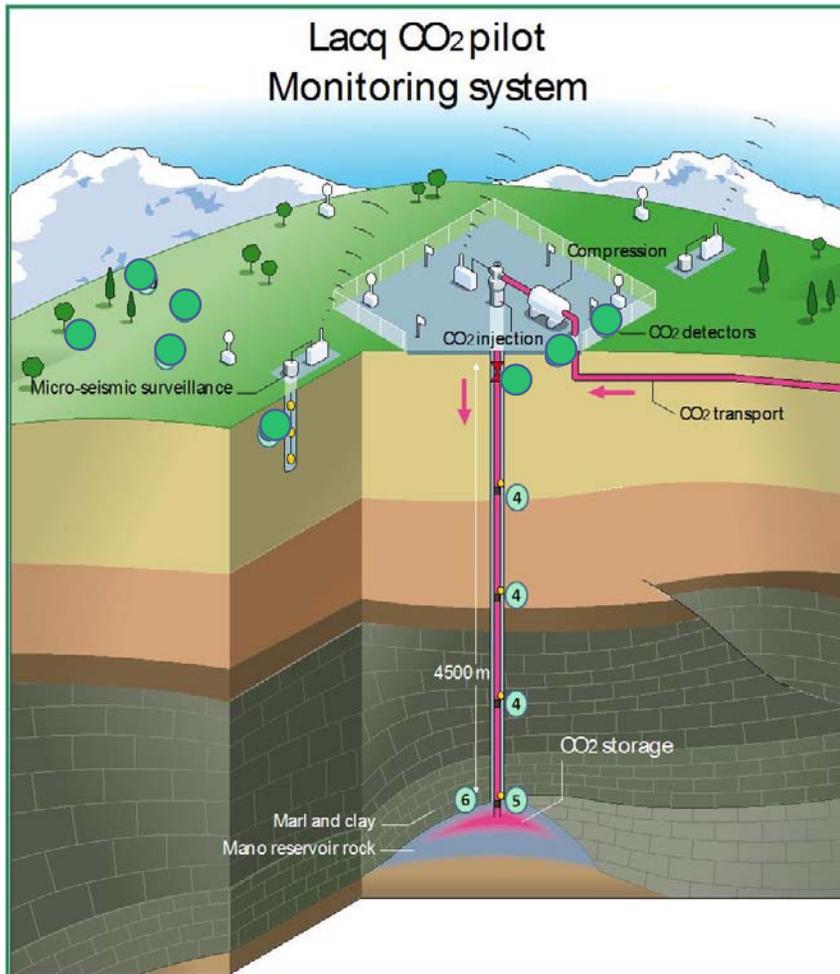
- Lacq pilot plant project overview
- Surveillance environnementale
- **Programme R&D**





Programme de R&D

Lacq CO₂ pilot Monitoring system



Calage des modèles de pertes de charge :

4

suivi pression et température à trois profondeurs dans
le puits -1100, -2200, - 3300 m

Calage du modèle réservoir :

5

suivi pression et température de fond (réservoir) à
- 4400 m

Test de nouvelle technologie :

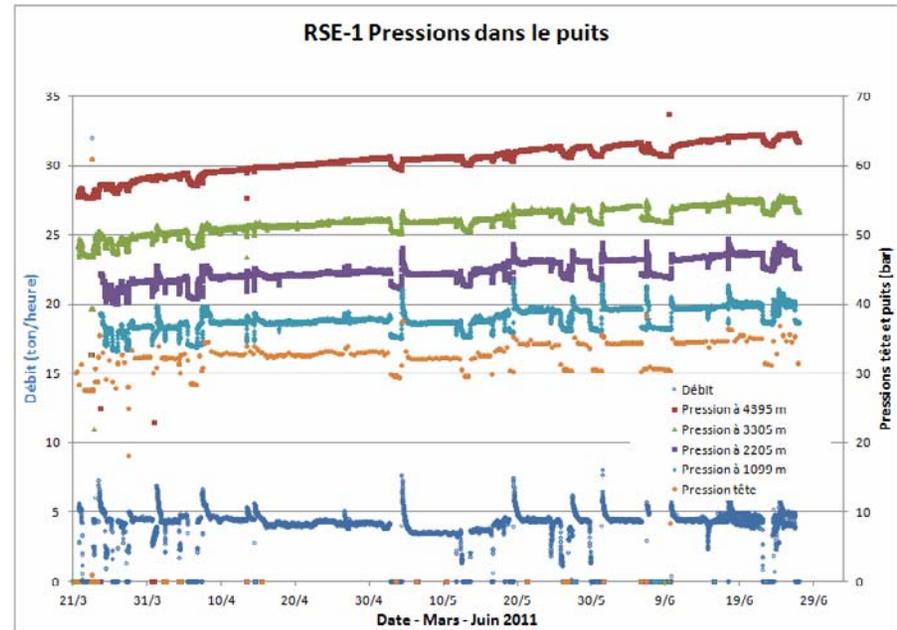
6

Fiabilité et Précision de capteurs micro-sismique de fond



Programme de R&D

Suivi des pressions Tubing



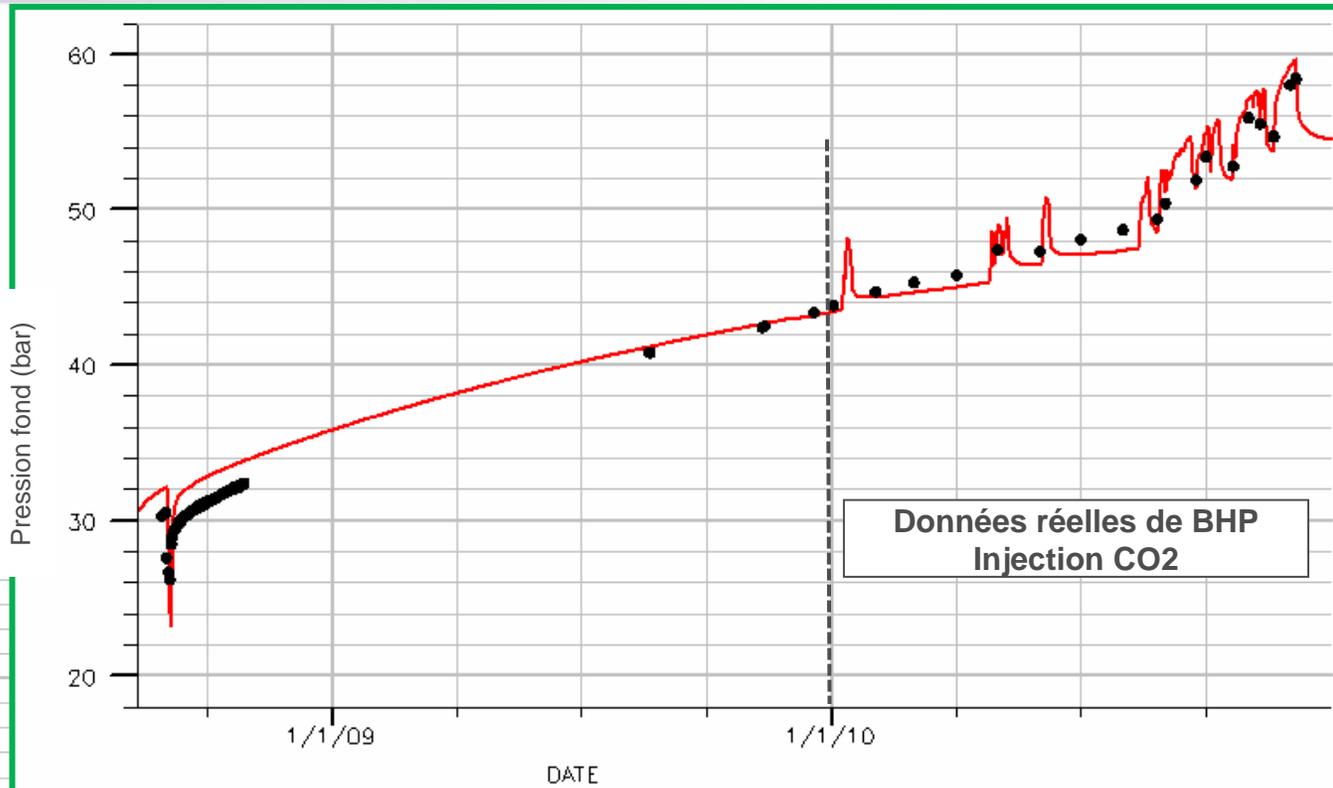
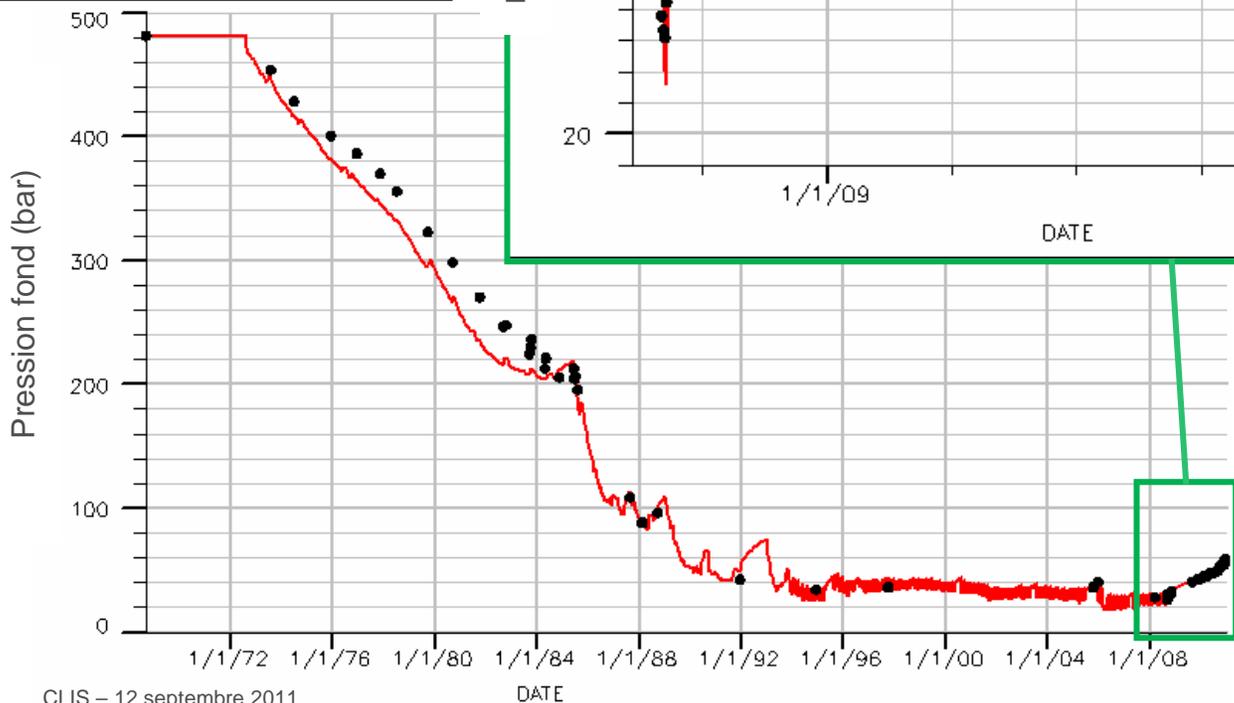
- ❑ La pression mesurée aux jauges augmente en fonction de la quantité injectée augmente.
- ❑ Les informations de pression sont utilisées :
 - ✓ pour la vérification des modèles d'écoulement : adéquation entre observation pression de fond et prévision
 - ✓ pour le calage des pertes de charge dans le puits / amélioration de la connaissance des conditions d'écoulements dans le tubing du puits.
 - ✓ pour l'évaluation de l'injectivité du puits. (Il est nécessaire d'avoir plusieurs phases d'arrêt pour des niveaux de pression fond différents)
- ❑ Les informations de température sont utilisées pour l'évaluation des transferts thermiques



Programme de R&D

Suivi des pressions réservoir

Production 1972-2008
Arrêt 2009 - Injection 2010



Données réelles de BHP
Injection CO2

Zoom sur arrêt 2009 et Injection
2010

- pression fond mesuré
- pression fond simulé



Programme de R&D

Expérimentation sondes micro-sismique de fond

**Système en cours de test (période significative 2 ans)
(Mise en service mars 2011/ bonne marche)**

Sensibilité potentielle + fine que système de surface

Intérêt durant la période d'injection /signaux proche puits.

Pas de signaux anormaux enregistré jusqu'à maintenant

Magnitude	faille (en m)	Déplacement (en mm)
-3	0.31	0.015
-2	1	0.05
-1	3.1	0.15
0	10	0.50
1	31.6	1.58
2	100	5.00
3	316.2	15.81
4	1000	50.0

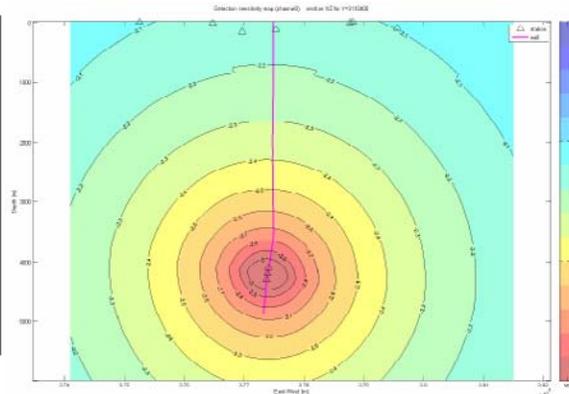
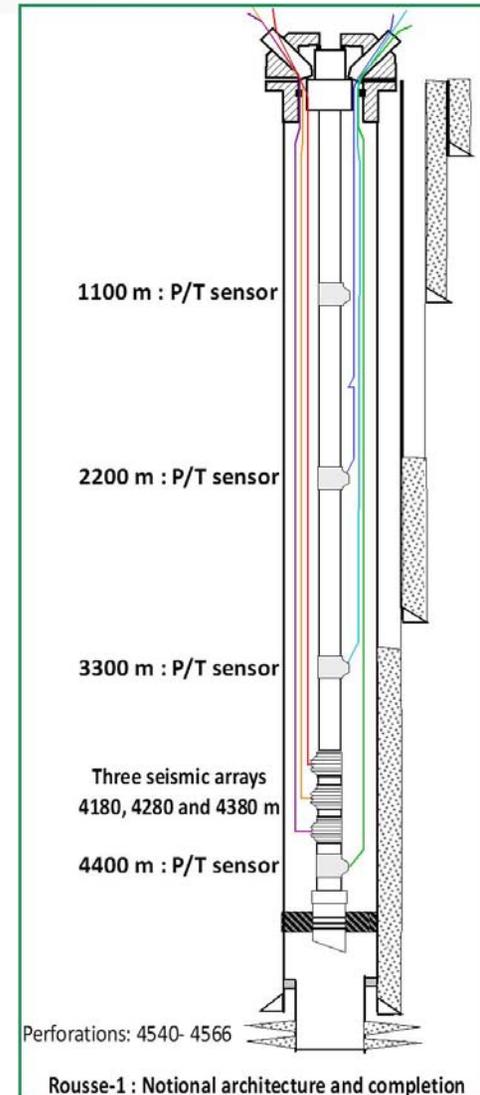


Figure 2 : Section Ouest-Est (Y = 3110400 m) pour un événement de fréquence 200 Hz.

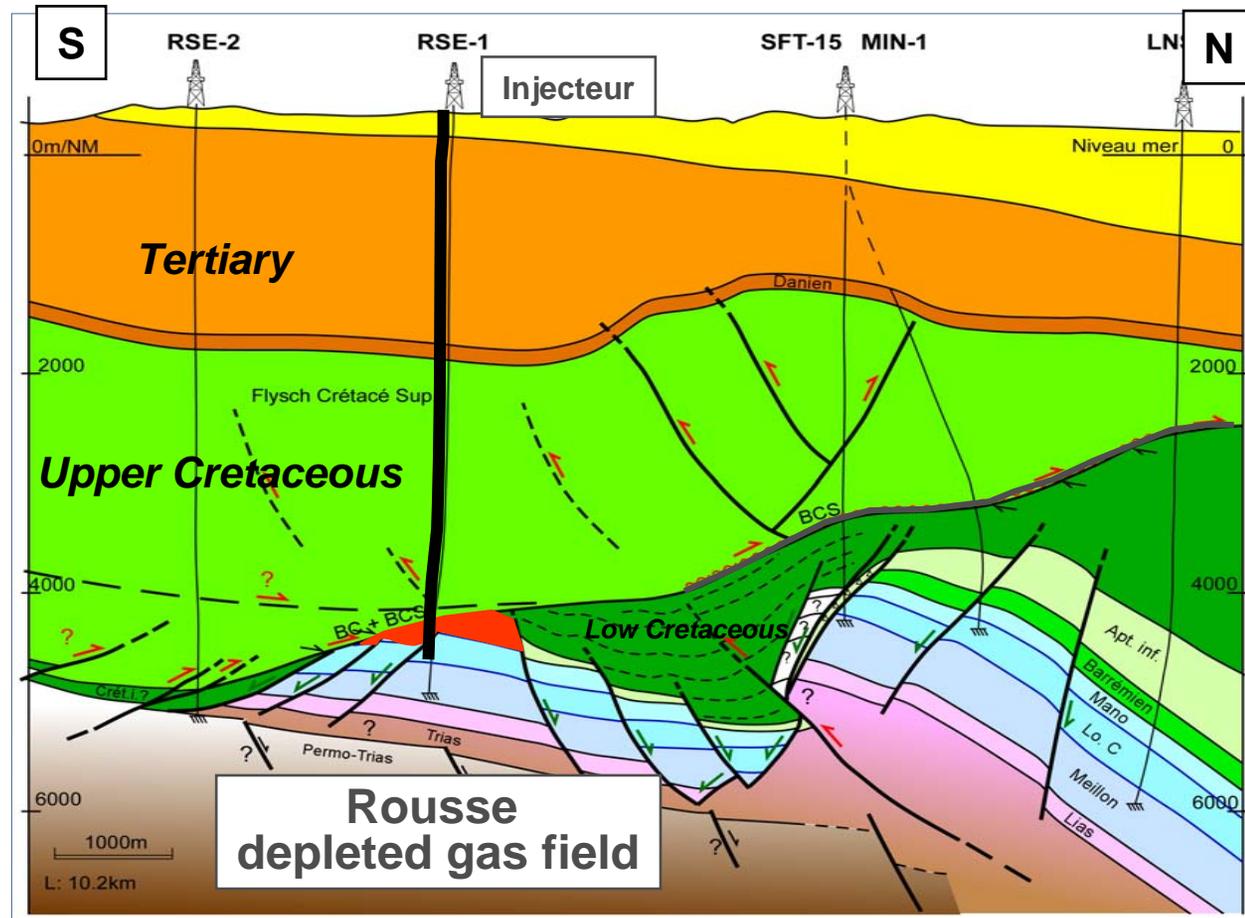


Merci pour votre attention!



Caractéristiques du site de stockage

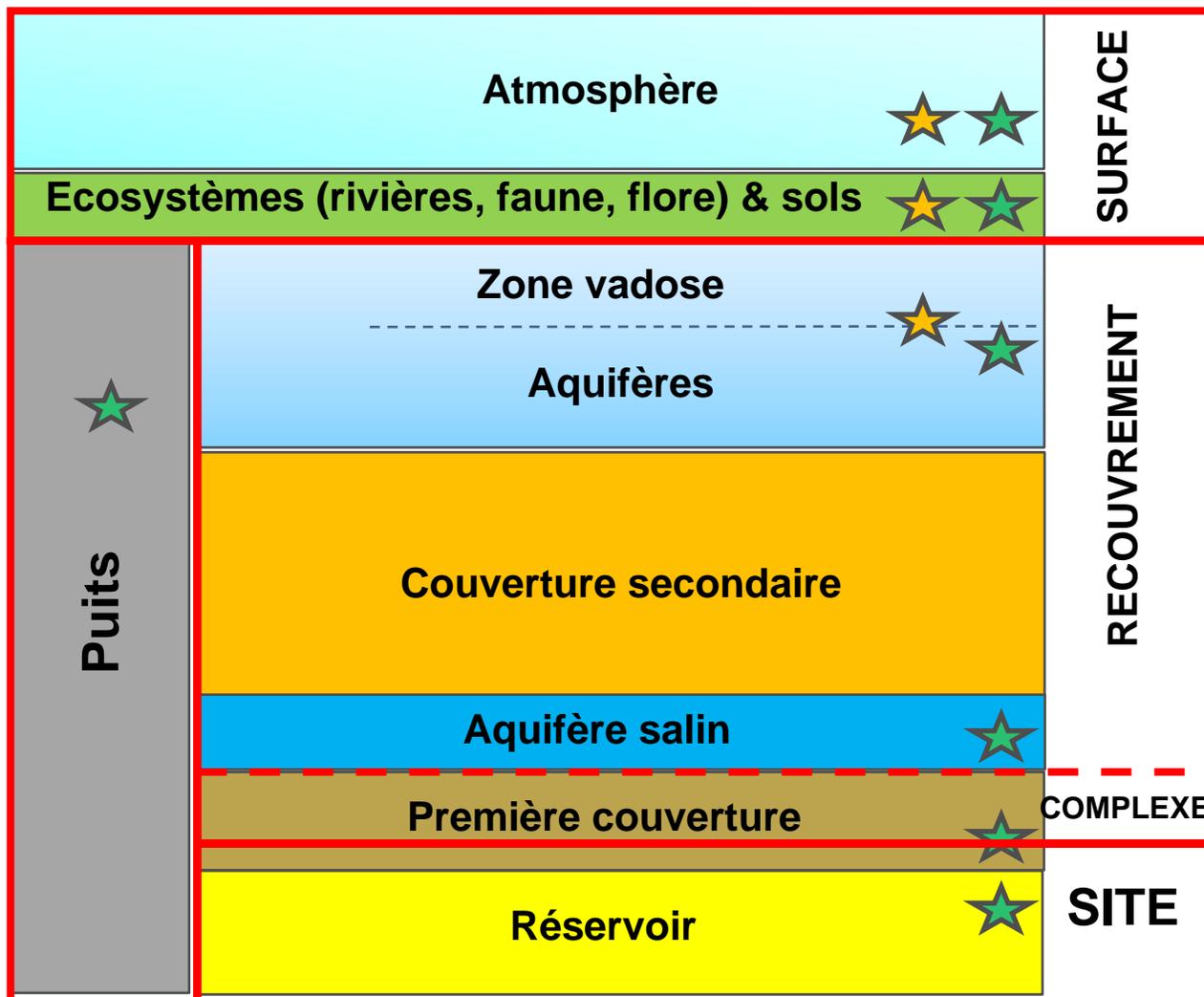
- Réservoir dolomitique du Jurassique
- Z : 4500m/NM
- T : 150°C
- P initiale : 485 bar
- P avant inj. # 40 bar
- P fin d'injection : # < 100 bar
- [CO₂] initiale : 4,6%
- [H₂S] initiale < 1%
- Porosité moyenne : 3%
- Perméabilité moyenne : 5 à 10 mD
- Sw initiale: 40%
- 1 seul puits : RSE-1. Producteur de 1972 à 2008, transformé en injecteur en 2009.



- Cumul injecté CO₂ = 25 kt (fin août 2011)
- P réservoir s'accroît comme modélisée.

Les compartiments à "monitorer"

L'exemple de Rousse



- ★ Obligatoire (AP)
- ★ Additionnel (R&D)