TOTAL E&P FRANCE

Pilote d'injection de CO_2

CLIS, 25 Novembre 2013

TOTAL

Sommaire

- Exploitation de surface : Faits marquants et Bilan de fonctionnement
- Stockage
- Puits
- Monitoring Environnemental
- Conclusion

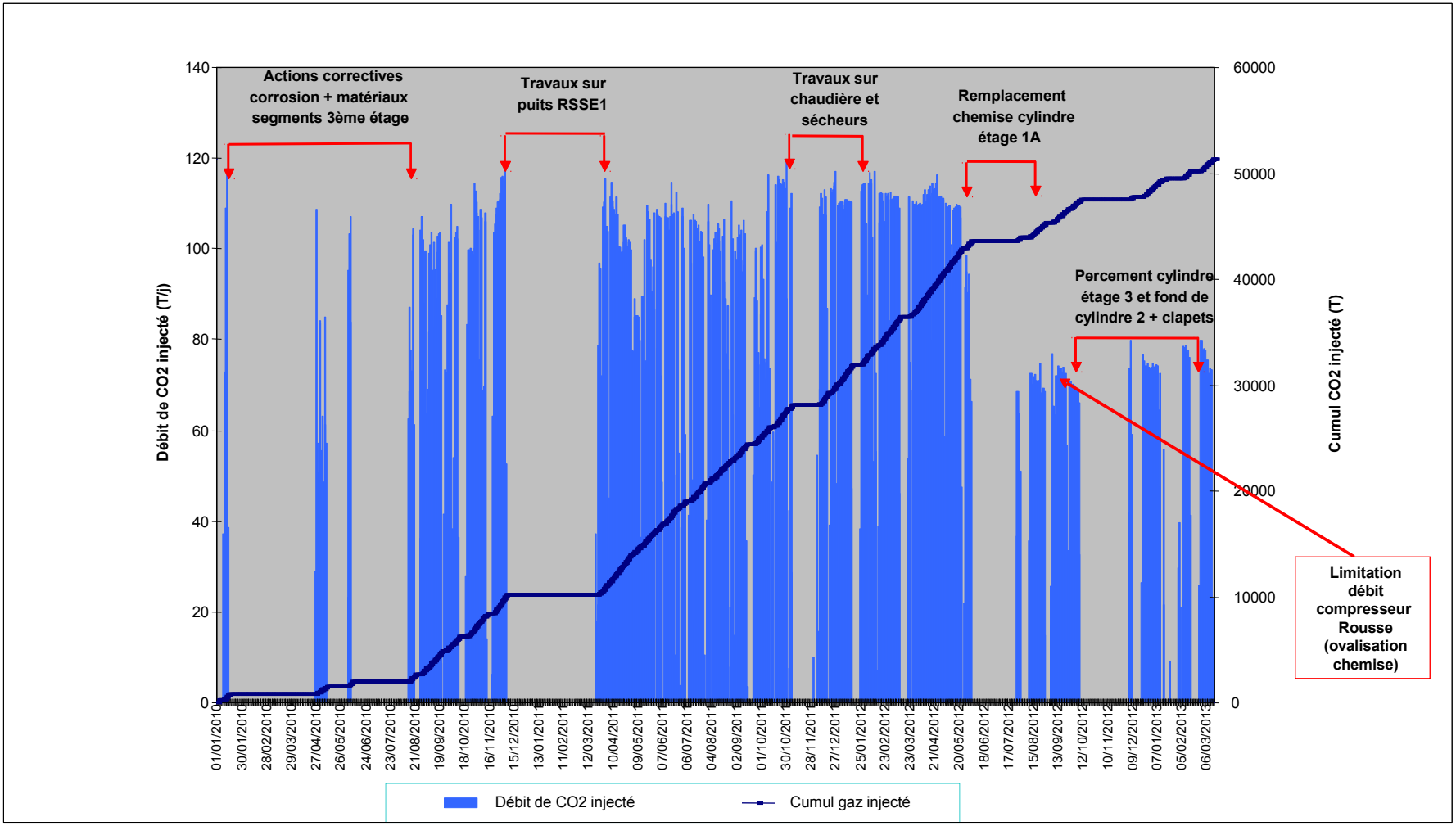
TOTAL E&P FRANCE

Faits Marquants
Bilan fonctionnement
2010 - 15 Mars 2013

TOTAL

Courbe injection depuis début pilote CO2 et Bilan de Fonctionnement

TOTAL E&P FRANCE



- Taux de marche Chaudière : 95% et 100% sur février mars 2013
- Taux de marche Captage pendant les périodes de fonctionnement : 83%

TOTAL

Bilan fonctionnement

- **Exploitation réussie de la chaîne complète (oxy-combustion, captage, transport, injection)**
- **Bon comportement de la canalisation, et des installations du site de Rousse 1**
- **Il n'a été constaté :**
  - Aucun dysfonctionnement d'équipement critique
  - Aucun incident pouvant avoir un effet sur l'environnement
    - Sur l'installation de ROUSSE (test en pression de l'IS OK)
    - Sur LACQ
    - Sur la canalisation minière de transport (test en pression à l'azote OK)
  - Aucun accident sur la durée du pilote travaux et exploitation :
    - Nombre de jour sans accident depuis début du projet = 1413 jours
    - Nombre de jour sans accident en phase exploitation = 1162 jours
- **Aucune émission atmosphérique annuelle n'a dépassé le taux en mode air demandé par l'Arrêté Préfectoral (< 2000 h/an)**
  - **Toutes les valeurs mesurées de rejets de CO, NOx, SO2 et O2 mesurées par un organisme accrédité COFRAC sont conformes aux exigences de l'AP**

Mise en sécurité des installations

Mise en sécurité Installation Surface LACQ

- Nettoyage et rinçage à l'eau des scrubbers traitement fumée déshydratation hydrocyclone
- Mise de l'ensemble sous azote
- Platinage de l'ensemble de l'installation

Mise en sécurité pipe de transfert

- Mise du pipe sous azote (5 volumes)
- Mise de l'ensemble sous azote
- Platinage du pipe départ LACQ et arrivée ROUSSE
- Maintien en pression sous azote pour monitoring étanchéité

Mise en sécurité IS ROUSSE

- Balayage à l'azote de l'IS jusqu'à la torche
- Platinage compresseur et IS

Mise en sécurité puits

- Pose d'un plug dans le puits
- Remplissage à l'eau inhibé du tubing

Dispositif de surveillance garantissant l'absence de fuite

- Surveillance des pressions de tête et des pressions annulaires
- Détection CO2 maintenue sur le site de Rousse
- Surveillance micro sismique par sonde de surface

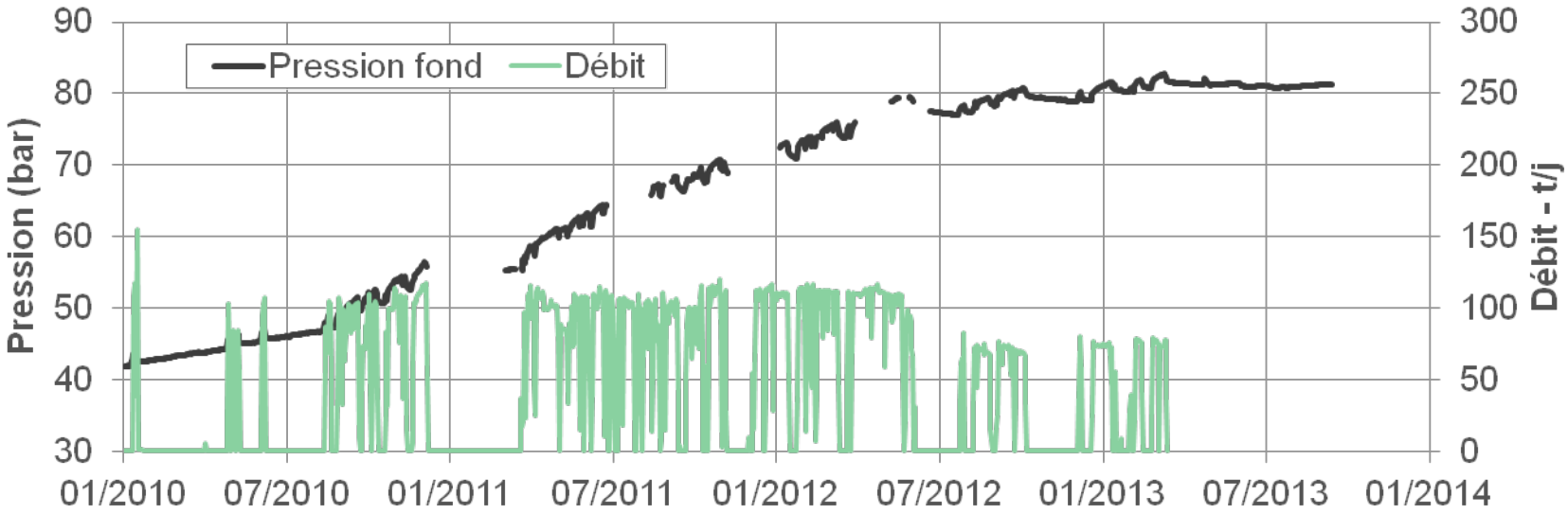
TOTAL E&P FRANCE

Stockage

TOTAL

Stockage / Thématique Monitoring

- **Pression du réservoir**
  - Plusieurs interruptions de mesures (orages, pb transmission)
  - La pression se stabilise à 81 bars depuis l'arrêt de l'injection



- **Température du réservoir**
  - Température stabilisée à la température fond

Stockage / Thématique Monitoring

- **Sismicité régionale focalisée sur les Pyrénées**
  - Plus de 20 km au sud de Rousse
- **Enregistrements microsismiques locaux par le réseau de surface (objectif intégrité)**
  - 3 événements détectés
  - Magnitude entre -1 et -0.3
- **Enregistrements microsismiques locaux par les capteurs puits (objectif R&D)**
  - Plus de 2000 événements détectés
  - Magnitude entre -2.4 et -0.8

Magni-tude	Taille d'une faille réactivée	Déplace-ment suite à la réacti-vation
8 – 10	100 – 1000 km	10 m
6 – 8	10 – 100 km	1 m
4 – 6	1 – 10 km	10 cm
2 – 4	10 – 100 m	1 cm
0 – 2	1 – 10 m	1 mm
-2 – 0	0.1 – 1 m	100 µm
-4 – -2	1 – 10 cm	10 µm

Bohnhoff et al., 2010

Stockage / Thématique injectivité

- **Etudes préalables**
  - Hypothèse que le puits se comportera en injection comme il s'est comporté en production
  - Pas d'impacts liés à des dépôts de sel
  - Pas d'impacts géochimiques (précipitation de minéraux)
  - Pas de réactivation thermique d'un réseau de fractures naturels

- **Analyse des données de pression en injection**
  - Les enregistrements de pression confirment que l'injectivité est constante

Stockage / Thématique intégrité

- **Etudes géomécaniques**
  - Etude géomécanique basée sur différents scénarios de contraintes dans les formation géologiques
  - Déplacements réversibles (élastiques) induits par la période de production du gaz
  - Pour le scénario le plus conservatif, il n'est pas possible d'endommager le scellement géologique pour une pression inférieure à 410 bar

- **Etudes géochimiques**
  - Nombreuses analyses de laboratoire pour quantifier la minéralogie des roches et des couvertures géologiques
  - Modélisation d'un impact du CO_2 sur le pH de l'eau dans le réservoir, mais pas de modification de la porosité
  - La chimie de la couverture tend à ralentir la diffusion moléculaire du CO_2 (résultats similaires obtenus sur Weyburn ou Sleipner)

TOTAL E&P FRANCE

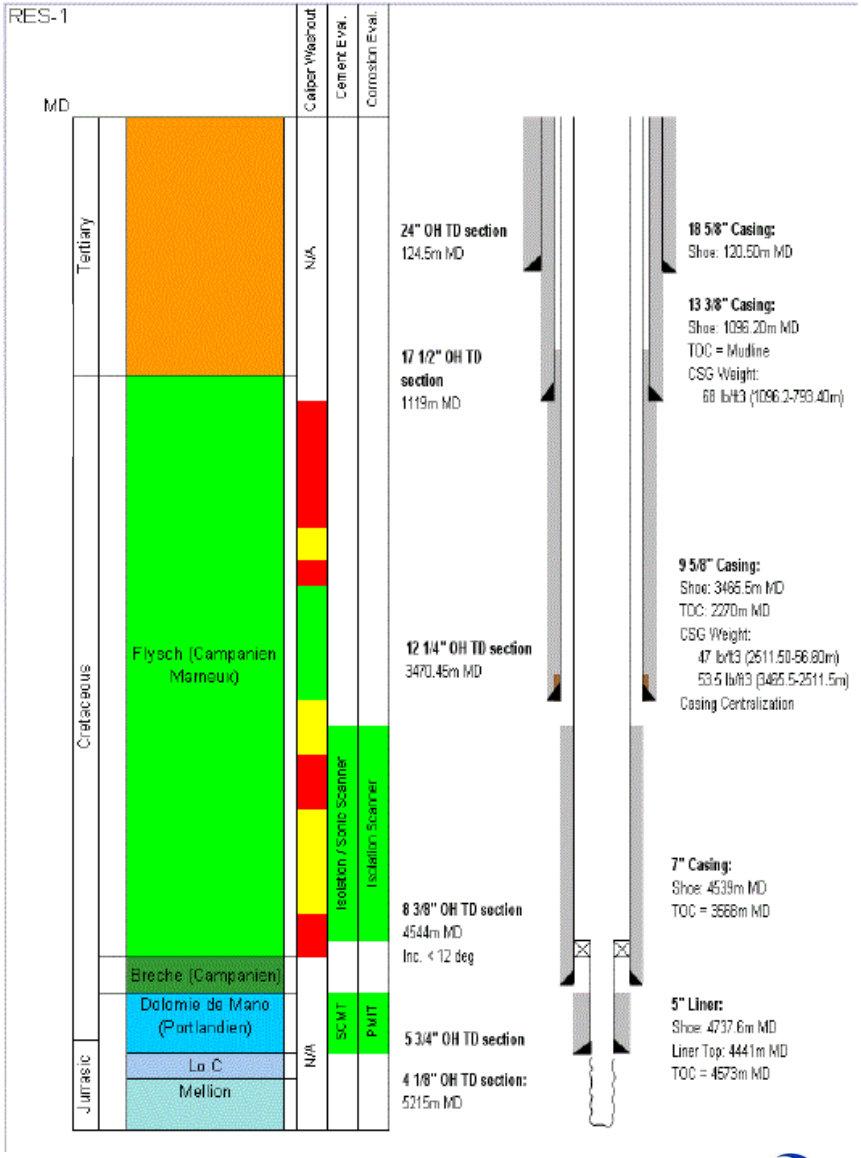
Puits

TOTAL

Intégrité: ciment et corrosion

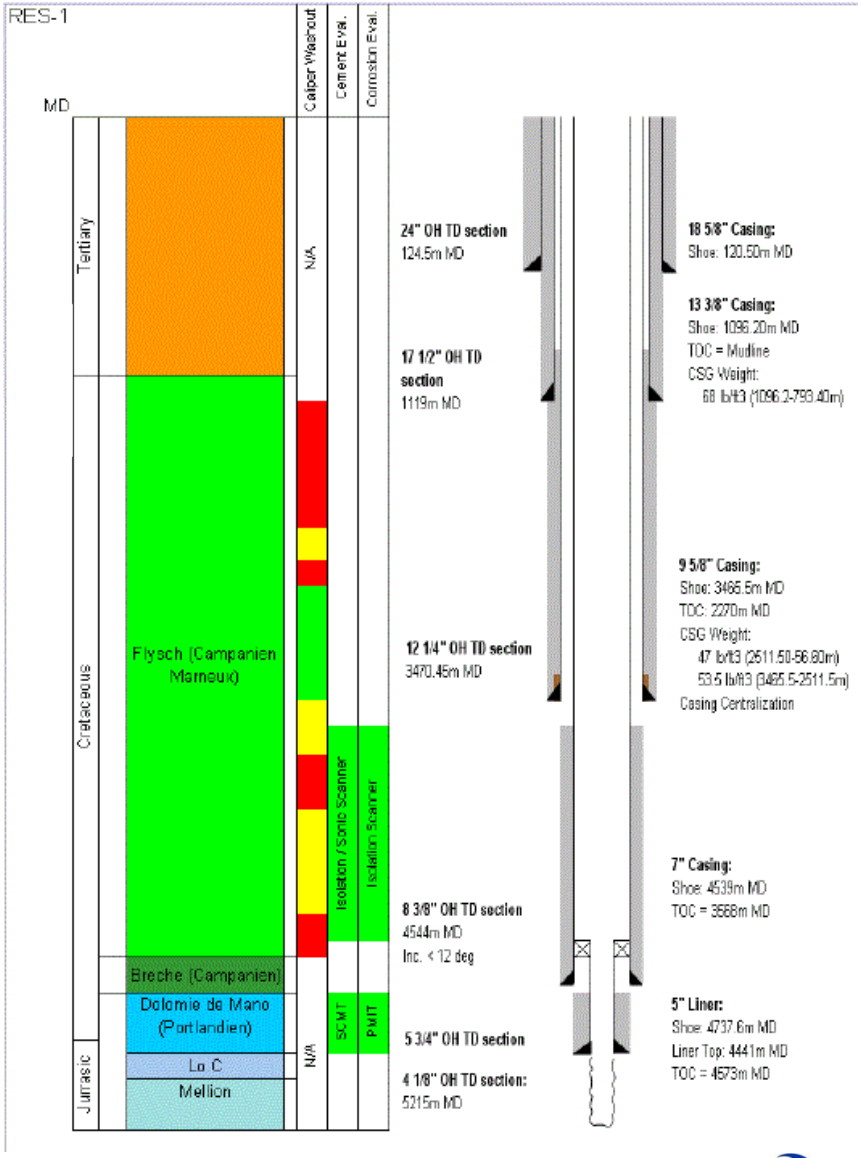
- **Intégrité confirmée lors des contrôles de cimentation:**
  - Qualité du ciment expertisée comme très bonne sur la hauteur du cuvelage 5'' concernée (1967 et 2006)
  - Qualité du ciment expertisée comme très bonne à bonne sur la hauteur du cuvelage 7'' concernée (1967 et 2009)

- **Intégrité confirmée lors des contrôles de corrosion:**
  - Contrôle réalisé en 2006 a prouvé l'absence de corrosion interne sur le cuvelage 5''
  - Contrôle réalisé en 2009 a prouvé l'absence de corrosion interne sur le cuvelage 7''



Intégrité: conclusion

- Les contrôles réalisés sur les cuvelages 5'' et 7'' montrent que l'intégrité du puits RSE-1 a été maintenue bien qu'exposé directement pendant plus de 40 ans à une production combinée d'eau acide et de gaz contenant du CO_2 et de l'H_2S



Intégrité: une décennie de recherche

- **Etudes géomécaniques et géochimiques sur les ciments pétroliers:**
  - Collaboration avec LCPC (thèses), LERM, LML et BRGM sur le comportement géomécanique et géochimique des ciments pétroliers en présence de gaz acides (CO_2 et H_2S)

- **Les propriétés mécaniques (module de Young, résistance) du ciment exposé aux gaz acides (CO_2, H_2S) sont supérieures à celles du ciment initial**

- **Le contact du gaz acide avec le ciment contribue donc à maintenir son intégrité, et non à la diminuer**

TOTAL E&P FRANCE

Monitoring Environnemental

TOTAL

Suivi des Eaux et des Gaz de Sol

Eaux de surface

- Deux types de paramètres : physico-chimiques et bio-indicateurs (IBGN, IBD)
- 5 stations, 2 campagnes par an
- Analyses de 2010 à 2013 :

⇨ Pas d'impact du CO2 sur les invertébrés benthiques

⇨ Eaux de bonne qualité, en cohérence avec l'état de référence

Eaux souterraines

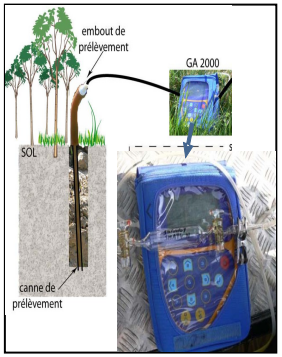
- 3 sources et 9 captages, 2 campagnes par an
- Analyses de 2010 à 2013 :

⇨ Variations non significatives d'un changement dû aux activités d'injection de CO2

Gaz du sol

- Trois types de mesures : flux, teneur, isotopie
- 35 sites, 2 campagnes par an
- Analyses de 2010 à 2013 :

⇨ Résultats dans un domaine normal pour une émission d'origine biologique



Biotope

Flore et habitats naturels

- 33 stations, 1 campagne par an
- Analyses de 2010 à 2013 :
- ⇨ Communautés végétales globalement stables
- ⇨ Pas de lien établi avec le stockage de CO2

Insectes

- 33 stations, 1 campagne par an
- Analyses de 2010 à 2013 :
- ⇨ 127 espèces recensées
- ⇨ Influence de la forte mobilité des espèces, de la météo, des modifications d'origine naturelle ou anthropique
- ⇨ Pas de corrélation établie entre les variations observées et le stockage de CO2

Amphibiens

- 34 stations de reproduction, 1 campagne par an
- Analyses de 2010 à 2013 :
- ⇨ Variation de richesse spécifique, positives ou négatives d'une année sur l'autre
- ⇨ Importance des facteurs extérieurs : météo, prédateurs, modifications d'origine naturelle ou anthropique
- ⇨ Pas de corrélation établie entre les variations observées et le stockage de CO2