Tierce expertise de l'INERIS

du bilan d'exploitation du pilote d'injection de CO_2 à Rousse en vue du dossier de Déclaration d'Arrêt Des Travaux (DADT) :

Impact environnemental et sélection des scénarios de risque

Décembre 2014

Régis FARRET
Reponsable de l'unité "Eaux Souterraines et Emissions Gazeuses"

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable

Cadre de l'étude

- La fermeture des puits de stockage de CO2 à Rousse, initialement prévue en 2016, est envisagée dès 2015
- Par courrier en date du 29 avril 2014, la DREAL demande à TEPF d'expertiser le bilan d'exploitation :
  - en analysant **l'impact environnemental** et **les scénarios de risque** – dans la continuité du rapport INERIS-DSC-13-139996-10787A d'octobre 2013 ;
  - en analysant également le **programme de bouchage du puits** ;
  - sans analyser le programme prévisionnel de surveillance (contrairement à l'étude de 2013).
- Documents soumis à expertise :
  - le dossier « Bilan intermédiaire d'exploitation du pilote à mi-2014 », constituant lui-même le chapitre 8 de la future DADT ;
  - incluant notamment: étude de suivi environnemental (mi-2014), analyses des eaux de surface et eaux souterraines, étude de dangers (révisée octobre 2014), notes de modélisation, programme de fermeture du puits.
- Rapport projet transmis à TEPF le 2 décembre 2014,
  rapport final remis le 12 décembre 2014,
  présenté à la CLIS le 2 mars 2015

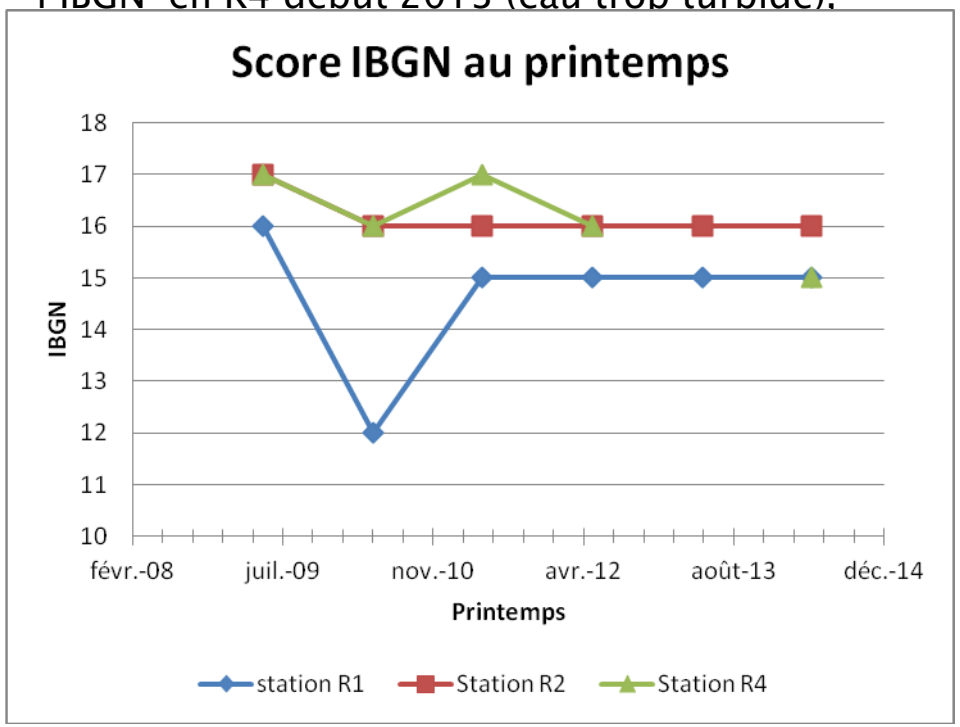
INERIS

Eaux de surface – suivi biologique

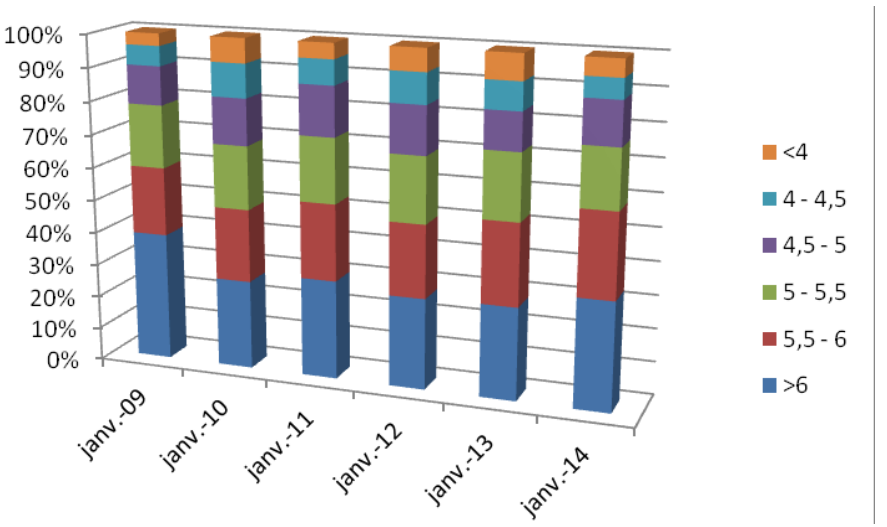
«Les nouvelles données d'automne 2013 et du printemps 2014 confirment les conclusions émises dans les rapports étudiés, les populations macrobenthiques des cours d'eau de surface n'ont pas été affectées par les opérations d'injections de CO_2 qui ont eu lieu à la station de Rousse.» *(Extrait du rapport INERIS-DRS-14-146896-11965A)*

A signaler toutefois, **pour l'IBGN**, (indice biotique global normalisé), une baisse lente et constante de la biodiversité au printemps, mais elle est présente à la fois sur l'Arribeu et sur la Juscle (station de référence).

Les conditions n'ont pas permis la mesure de l'IBGN en R4 début 2013 (eau trop turbide).



En ce qui concerne la **répartition au des populations de macro-invertébrés selon l'affinité au pH**, les taxons dont l'affinité est > 6 représentent la part la plus importante: les variations de cette classe sont quasiment identiques en R2 (figure) et R4 (station témoin)



Les résultats des **indices diatomées** proposée dans le rapport ARTELIA (2014) permettent également d'affirmer qu'il n'y a pas d'impact des opérations d'injection sur les diatomées

Eaux de surface – suivi physico-chimique

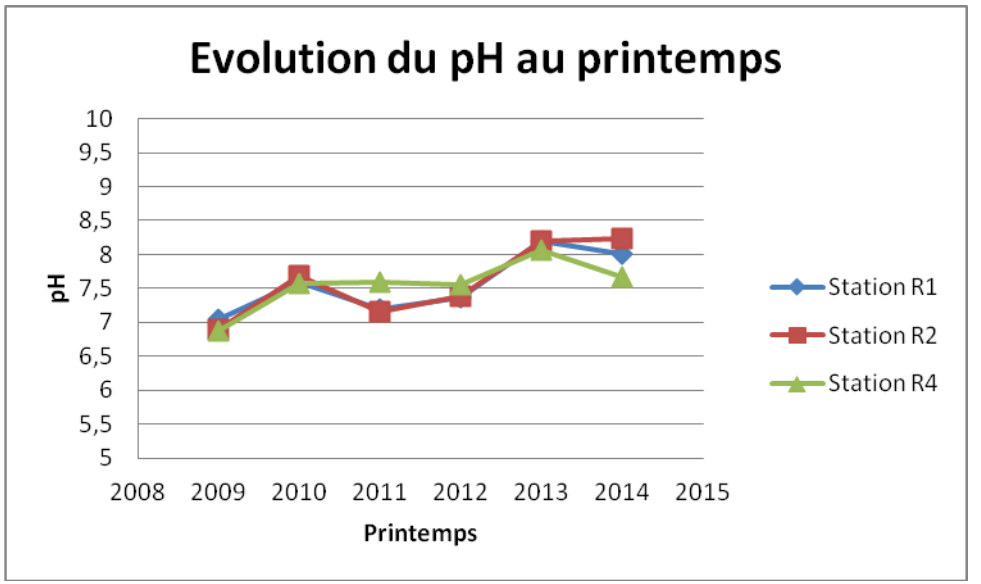
«Au regard des données disponibles, les indicateurs suivis de 2009 à 2014 ne mettent pas en évidence un impact sur les cours d'eau qui pourrait être directement provoqué par les activités d'injection de CO_2 opérées sur le site de Rousse. » *(Extrait du rapport INERIS-DRS-14-146896-11965A)*

<u>On observe une tendance généralisée à la hausse du pH sur l'ensemble des sites (effet inverse à celui qu'on attendrait en cas de fuite de CO_2).</u>

Il est légitime de différencier les mesures au printemps et en automne.

On constate une baisse du pH en R2 en automne 2013, sans doute due à une difficulté lors de la mesure de terrain ➔ l'INERIS recommande d'analyser ce point lors des campagnes à venir.

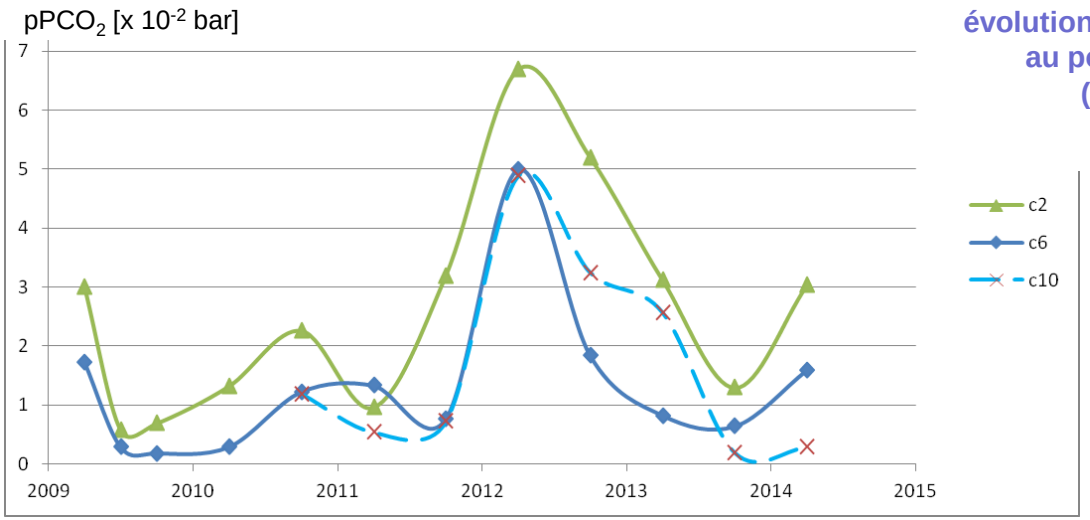
<u>Les concentrations de métaux, de HAP, des nitrates ou des phosphates sont dans la continuité des valeurs observées depuis 2009 et ne traduisent pas un impact des activités du site de stockage sur l'environnement.</u>



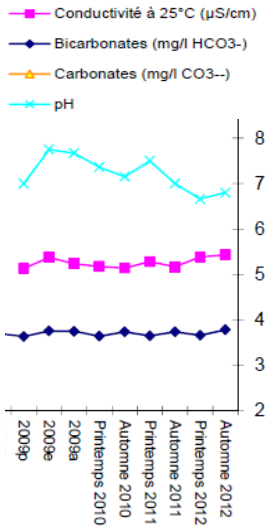
Pression partielle de CO_2 dans les eaux souterraines (1/2)

- Rappel du contexte : baisse du pH en 2012 (ex: nappe alluviale Gave de Pau) qui montre une hausse de la pression partielle de CO_2
- Mesures complémentaires (Total) et calculs (INERIS) en 2013-14

Evolution de la pression partielle de CO_2 aux 3 points de l'aquifère du Gave de Pau (dont C10 qui est en amont)



évolution du pH au point C2 (Arbus)



On note que :

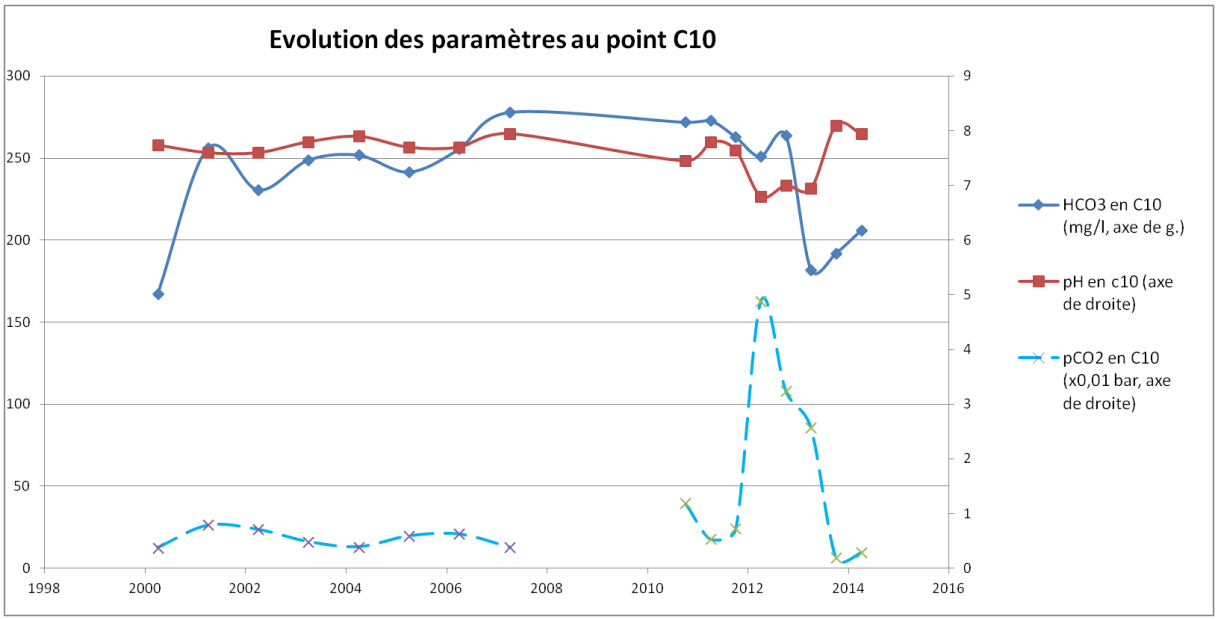
- Les protocoles d'échantillonnage et d'analyse répondent aux exigences demandées en 2013.
- Des soucis ponctuels (calibrage des sondes) apparaissent encore sur le terrain : rien d'inhabituel, mais attention à la rigueur de ces prélèvements et analyses chimiques.
- Après le pic centré sur 2012 (dont les causes possibles sont nombreuses, comme discuté dans le rapport INERIS, 2013), à l'automne 2013 les valeurs sur les trois points de l'aquifère du Gave de Pau reviennent à des niveaux constatés auparavant (pour 2014 c'est plus contrasté).

INERIS

Pression partielle de CO_2 dans les eaux souterraines (2/2)

On note :

- au printemps 2014, léger pic de $pPCO_2$ pour C2, mais à l'inverse C10 atteint des valeurs plus basses qu'avant 2011.
- Pour ce point C10, ceci s'explique car le pH a remonté, atteignant une valeur record de 8,1 pour la mesure en laboratoire.



Par ailleurs :

- Une légère tendance saisonnière en certains points, avec une baisse du pH au printemps par rapport à l'automne pour les points C1, C3 et C4.
- Une hausse globale et continue de la conductivité (comme des bicarbonates) sur les deux nappes suivies, tendance qui ne saurait être liée aux opérations d'injection et qui était d'ailleurs également observée pour les eaux de surface.

INERIS

Les scénarios de risque (1/4) - le retour d'expérience REX

«L'annexe A consacrée à la « Synthèse de l'état des connaissances » établit un retour d'expérience qui semble très complet, et qui est par ailleurs nécessaire à l'analyse des risques. Cette annexe est fondée sur l'analyse d'un nombre important de documents pertinents, dont les éléments précis ont été repris dans un tableau de synthèse, en citant au moins une référence pertinente en face de chaque type d'événement. »

(Extrait du rapport INERIS-DRS-14-146896-11965A)

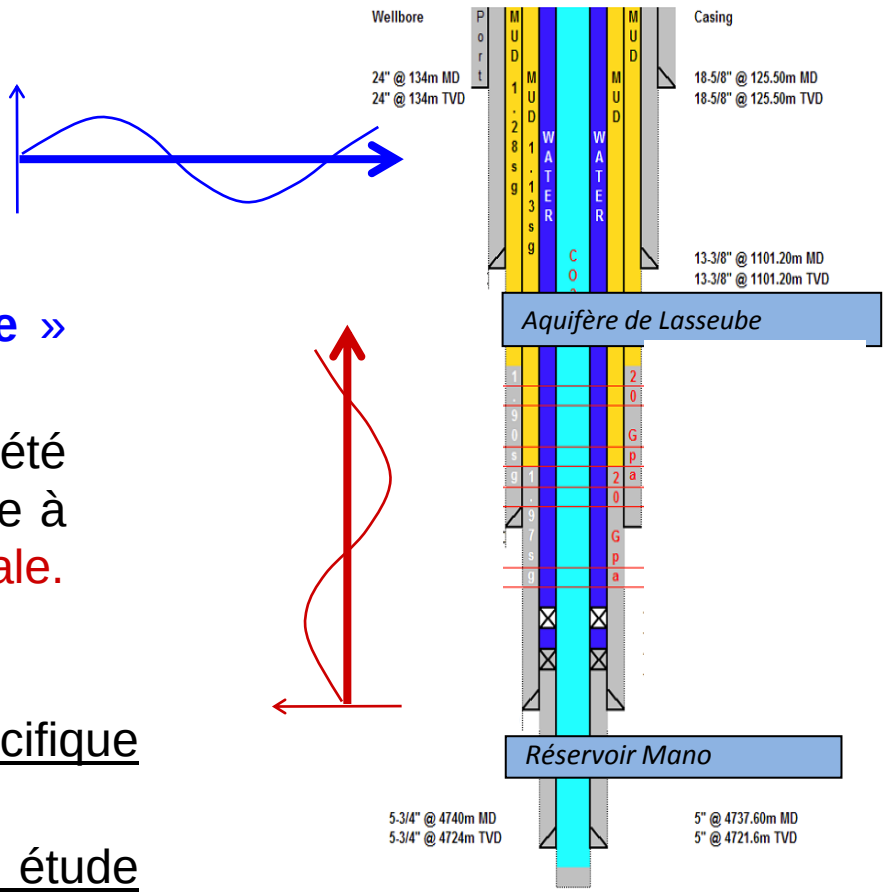
Plusieurs documents ont été ajoutés au bilan présenté en 2013 :

- rapport de synthèse (Evans, 2008) préparé par le BGS (British Geological Survey) pour le compte de HSE (Health and Safety Executive) au Royaume-Uni ;
- Rapport INERIS (2013) qui traite du REX sur les différents types de stockages souterrains de gaz (y compris CO2) et l'exploitation d'hydrocarbures ;
- Note technique de « feedback » interne à TOTAL sur l''intégrité des puits, résumée dans le mémo référencé « (EP/OPS/FP/EC) – chrono M14-096 ».
- les « lignes de conduite pour la sécurité d'un site de stockage de CO2 » (Bouc et al., 2011) ;
- rapports techniques de BRGM et INERIS ;
- différents documents réglementaires pertinents ;
- publications d'auteurs scientifiques ou d'organisations (US-EPA, Ademe, DNV, IEA-GHG…).

« Le retour d'expérience alimente l'identification des scénarios (phénomènes indésirables, causes) qui sont au cœur de l'analyse des risques »
(Extrait du rapport INERIS-DRS-14-146896-11965A)

INERIS

Les scénarios de risque (2/4) – risque sismique



Il s'agit du premier scénario qualifié d'« **extrême** » par TOTAL.

La résistance du puits à une onde horizontale a été étudiée avec précision, mais pas sa résistance à une onde qui se propagerait de manière verticale.

- ➔ L'INERIS recommande que ce point spécifique soit étudié.
- ➔ Total a transmis fin février 2015 une étude spécifique
- ➔ Après bouchage, le puits sera davantage solidaire du massif, via bouchons et ancrages

Les scénarios de risque - les fuites le long du puits (3/4)

(1) Fuite par un micro-annulaire :

Il s'agit du 2e scénario dit « extrême » par TOTAL.

=> remontée de CO_2 : exclu par la modélisation

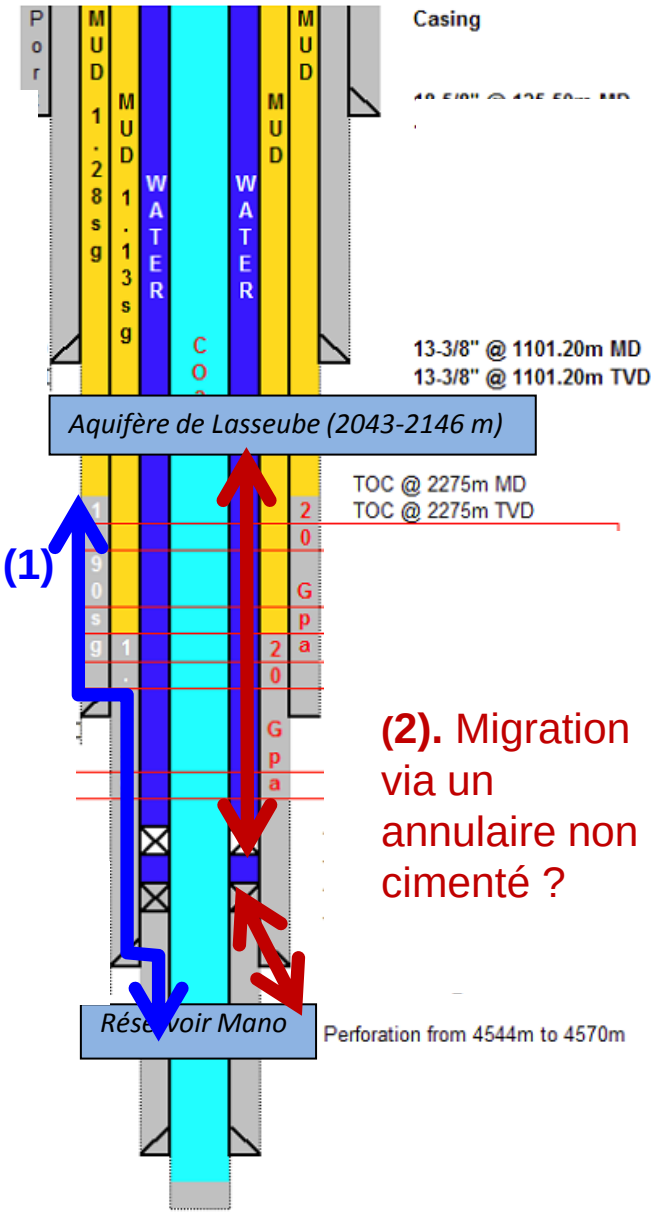
=> écoulement d'eau : une éventuelle conséquence peut être une faible dépressurisation de l'aquifère du Lasseube

> « Le dossier 2014 apporte une réponse précise concernant les hypothèses de modélisation : une largeur de 50 µm est justifiée car elle correspond à la limite de résolution des outils utilisés pour détecter des défauts de la cimentation.
>
> Considérer un cheminement sur une largeur de 50µm, sur tout le périmètre de la gaine cimentée et sur une hauteur de 2000 mètres environ est bien une hypothèse fortement majorante. »
>
> *(Extrait du rapport INERIS- 2014)*

(2) Fuite par un annulaire non cimenté :

=> En phase de travaux (de faible durée) : risque faible

=> A long terme : il n'est pas impossible qu'une cimentation se dégrade peu à peu dès lors qu'un défaut permet une première intrusion de fluides; mais Total justifie que la probabilité est extrêmement faible – de plus, on peut raisonnablement estimer qu'un tel scénario ne pourra avoir une conséquence plus grave que le scénario (1)



(2). Migration via un annulaire non cimenté ?

Les scénarios de risque (4/4) – autres scénarios

Les scénarios durant la phase actuelle d'observation, durant les travaux de bouchage (fermeture) et après bouchage du puits (post-fermeture) sont bien distingués.

Les travaux constituent une phase délicate: différents scénarios de puits éruptif sont envisagés, leurs distances d'effet sont toutes contenues dans l'emprise du site. Les moyens préventifs et correctifs sont présentés et on constate que, conformément aux bonnes pratiques, Total s'efforce de cumuler au moins deux barrières, soit mécaniques (vannes) soit hydraulique (colonne de fluide et injection d'eau).

Des remarques sans conséquence sur les conclusions de l'étude peuvent être faites sur la justification des scénarios en jeu en milieu souterrain, notamment à long terme :

- Une cause de fuite assez fréquente sur d'autres sites est la « mauvaise caractérisation du milieu »: la justification selon laquelle le site est « non concerné » aurait pu être plus complète. ➔ L'INERIS dans son rapport de décembre 2014 puis Total dans un mémo transmis en février 2015 ont apporté des compléments qui permettent de confirmer ce point
- Des scénarios de nature géochimique ont été considérés, mais non présentés dans les matrices finales de risques ➔ TOTAL confirme dans un mémo transmis en février 2015 l'innocuité du CO_2 sur l'intégrité des roches, ce que la tierce-expertise du BRGM ne remet pas en cause.

INERIS

Le programme de bouchage

Il convient d'étudier :

1- **le positionnement et la hauteur** des 5 bouchons envisagés,

2- **le matériau utilisé** (ciment, additifs…),

3- **les modalités de mise en œuvre** (scrapage systématique, test d'étanchéité, etc.)

➔ Les éléments présentés sont conformes à l'état de l'art comme à la réglementation

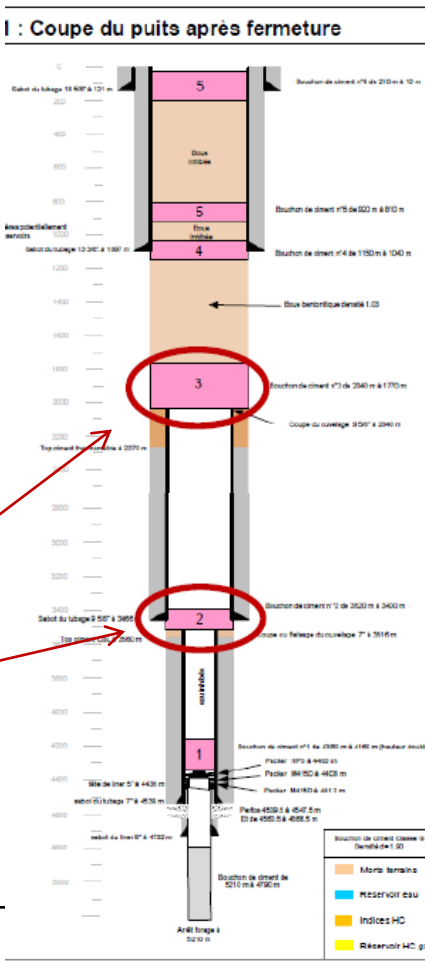
4 - **l'ancrage dans le massif.**

➔ Pour se prémunir de manière la plus définitive possible des cheminements « en périphérie » aux interfaces ciment-casing, l'INERIS recommande qu'il y ait un bouchon « traversant » toute la largeur du puits, jusqu'à la roche encaissante.

Il éviterait un mode commun de défaillance sur les bouchons internes aux cuvelages. En effet, les cheminements les plus critiquessont *a priori* susceptibles d'apparaître « en périphérie », aux interfaces ciment-casing ou ciment-roche

- Par exemple, réaliser le bouchon n°3 traversant, ce qui sera de toute façon nécessaire si le « top ciment » du cuvelage 9"5 /8 est à 2270 m seulement ou si la cimentation d'avère en mauvais état.
- Ou réaliser le bouchon n°2 selon l'option B ou D du programme de bouchage

➔ Ce sera à l'Administration de trancher, en fonction des propositions de l'exploitant et de l'état observé des cuvelages/ciments



Conclusions

- **Impact environnemental** :
  - Les modalités de prélèvement et d'analyse ont été précisées.
  - Les données recueillies ne mettent pas en évidence d'impact des opérations d'injection sur les eaux de surface ni sur les eaux souterraines – ni pour la physico-chimie, ni pour le suivi biologique
  - On regrette l'absence de mesures de l'isotopie du Carbone dans le dossier expertisé.
- **Scénarios de risques** :
  - Le retour d'expérience est complet et alimente la méthode d'analyse des risques
  - Les options de modélisation du scénario de fuite le long du puits sont justifiées
  - Des remarques peuvent être faites concernant la justification des autres scénarios de risque, mais sont sans conséquence quant aux conclusions en termes d'analyse des risques,
  - L 'étude de la transmission d'une onde sismique verticale n'a pas été intégrée au dossier expertisé à ce jour.
- **Programme de bouchage du puits** : l'INERIS recommande de mettre en place un bouchon « traversant » ; par ailleurs, le positionnement des 5 bouchons, leur matériau et leur modalité de mise en œuvre sont conformes à l'état de l'art.

INERIS