



Comité Local de Suivi des injections au C4000

Présentation activité 2019

Sommaire

- ▶ Contexte réglementaire
- ▶ Bilan exploitation C4000
 - Suivi quantitatif des effluents injectés
 - Evolution des débits depuis 2004
 - Volumes injectés depuis démarrage LCC30
 - Volumes injectés par puits
 - Suivi qualitatif des effluents injectés
 - Suivi nettoyage filtres
- ▶ Interventions et Travaux
- ▶ Perspectives 2020
- ▶ Suivi du gisement
 - Bilan gisement (historiques gaz, eau)
 - Bilan en pression
 - Tests d'injectivité
 - Ecoute sismique

CONTEXTE REGLEMENTAIRE

- Arrêté Ministériel du 10 octobre 2014 autorisant la mutation du périmètre d'exploitation d'hydrocarbures liquides ou gazeux de Lacq et de la concession de Lacq Nord (Landes et Pyrénées-Atlantiques) au profit de la société Geopetrol SA.
- Période de transition avec TEPF jusqu'au 30 Novembre 2014.

- **Arrêtés Préfectoraux :**
 - AP N° 06/IC/62 du 27/02/2006
 - AP minier MINES/2017/15 du 27/12/2017
 - AP n° 2014/MINES/03 - autorisant la société GEOPETROL à procéder à l'injection d'effluents industriels dans la structure géologique dite Crétacé 4000 (C 4000) et modifiant les conditions précédemment imposées à la société Total E&P France

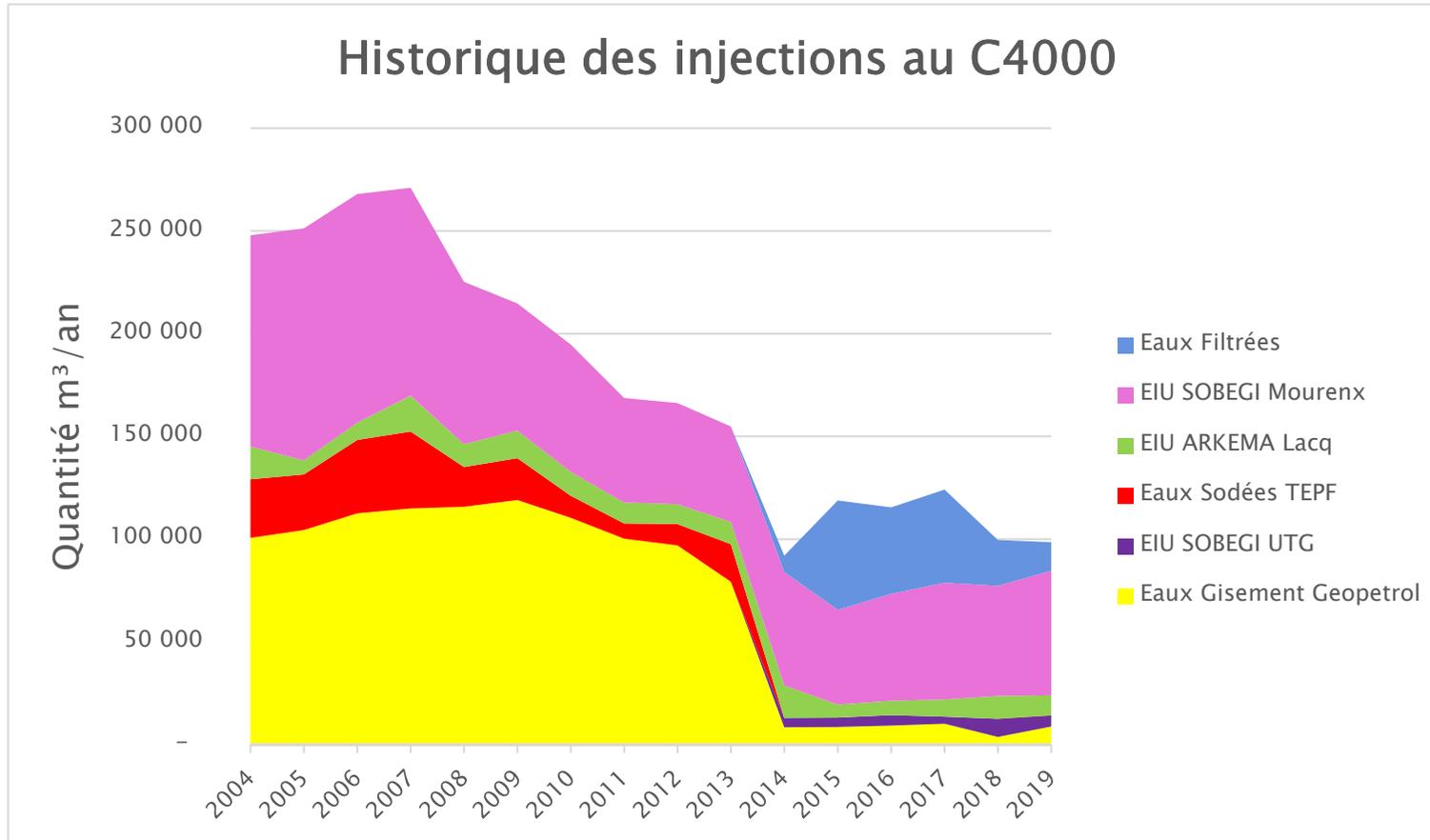
- **Arrêtés complémentaires des clients du C 4000 :**
 - Concernent chacun des clients (Arkema Lacq, SOBEGI UTG, Arkema Mourenx, Chimex, Sanofi, SBS)

BILAN EXPLOITATION C4000

Suivi quantitatif des effluents injectés

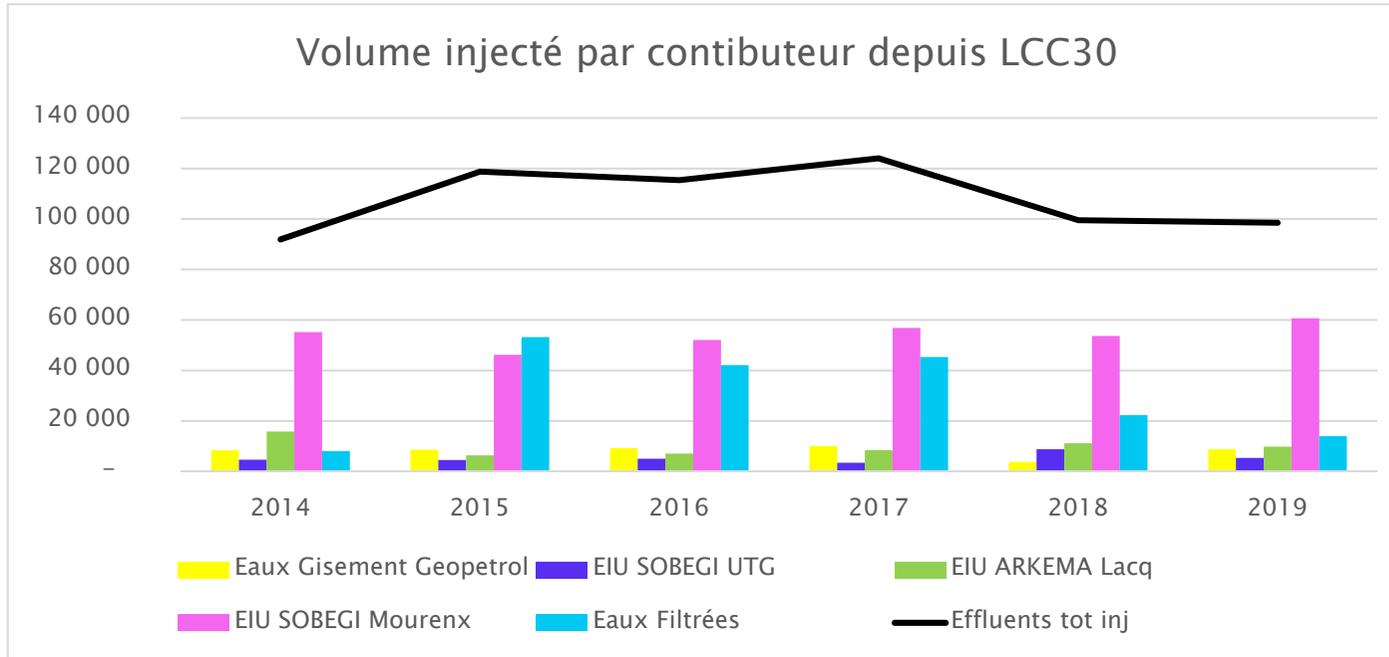


Evolution des débits injectés depuis 2004



Volumes injectés depuis LCC30

- ▶ 2019
 - Volume total injecté stable autour de 100 000 m³/an
 - Baisse des injections des Eaux Filtrées

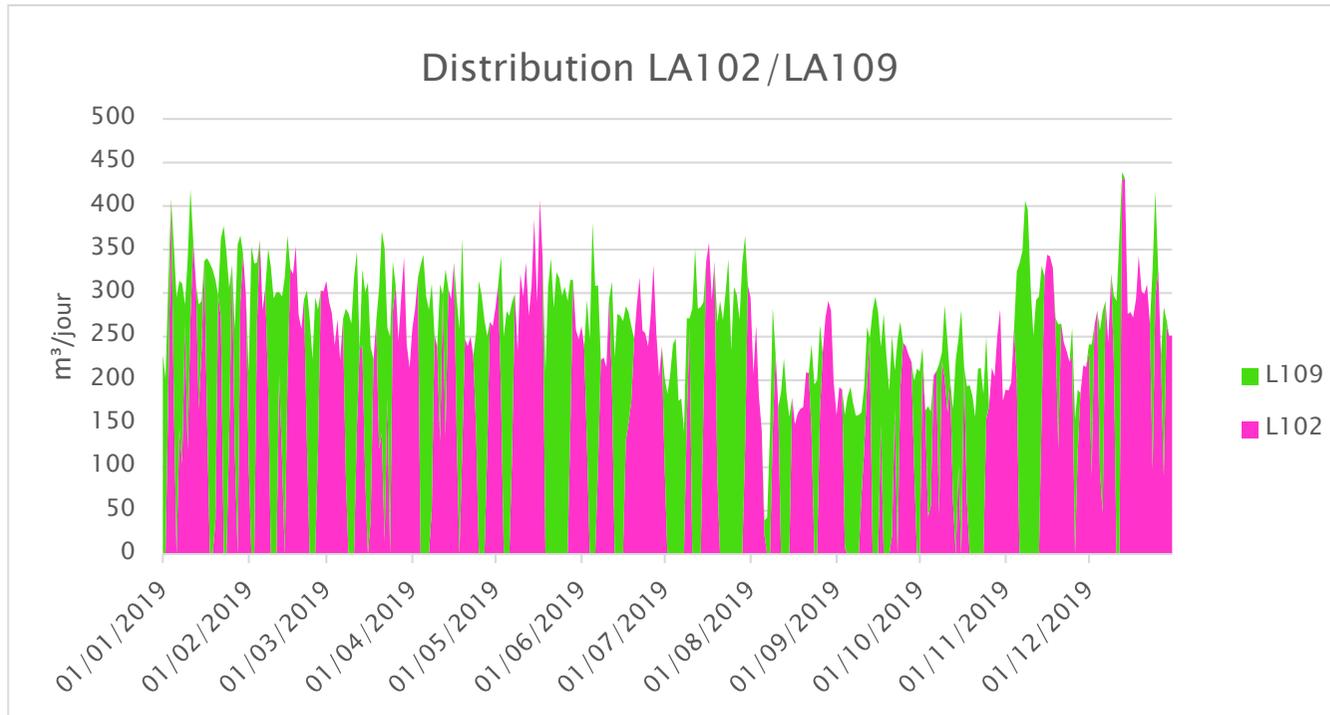


| | Eaux Gisement Geopetrol (m ³) | EIU SOBEGI UTG (m ³) | EIU ARKEMA Lacq (m ³) | EIU SOBEGI Mourenx (m ³) | Eaux Filtrées (m ³) | Effluents tot inj (m ³) |
|------|---|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| 2014 | 8 356 | 4 600 | 15 784 | 55 164 | 8 003 | 91 907 |
| 2015 | 8 548 | 4 522 | 6 346 | 46 171 | 53 202 | 118 789 |
| 2016 | 9 191 | 5 039 | 7 062 | 52 037 | 42 083 | 115 412 |
| 2017 | 10 073 | 3 409 | 8 411 | 56 825 | 45 310 | 124 028 |
| 2018 | 3 710 | 8 783 | 11 126 | 53 626 | 22 272 | 99 517 |
| 2019 | 8 771 | 5 337 | 9 788 | 60 668 | 13 945 | 98 509 |



Volumes injectés puits LA102/LA109

- ▶ Les effluents en provenance de la plateforme de Lacq et de Mourenx sont mélangés et sont injectés alternativement sur le puits LA102 (55%) et LA109 (45%)



BILAN EXPLOITATION C4000

Suivi qualitatif des effluents injectés



Suivi qualitatif des effluents injectés

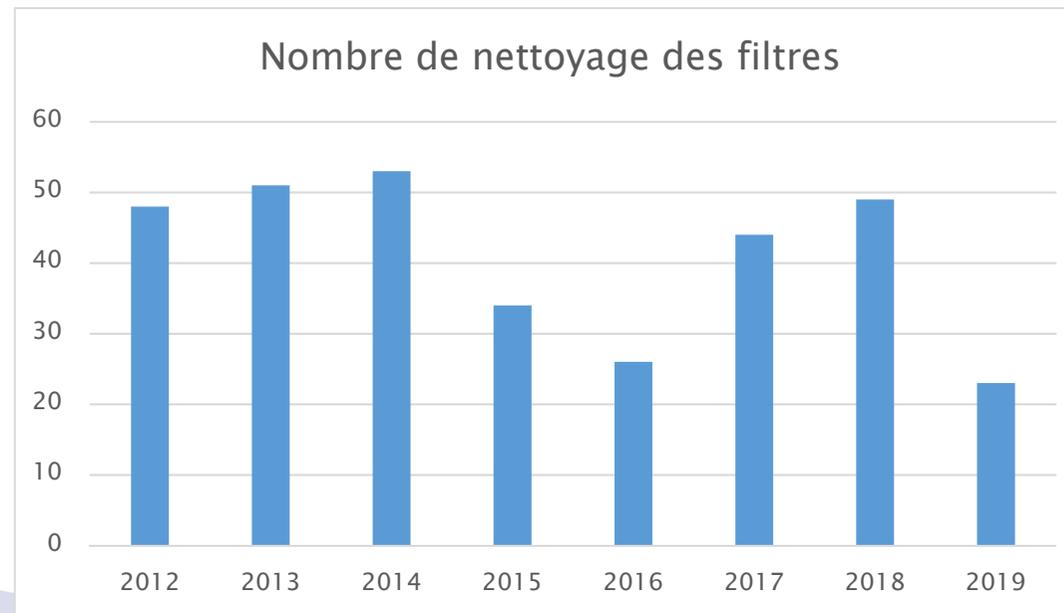
➤ Pas d'écart observé par rapport aux valeurs guides

| Impacts | Paramètres | Valeur Guide* | Valeur moyenne 2019 |
|-----------|---|---------------|---------------------|
| Matrice | pH | >6,5 et <9,5 | 7.8 |
| | Salinité Théorique à 20°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 640 000 | 236 485 |
| | Matières en suspension (mg/l) | 600 | 178 |
| | Chlorures (mg/l) | 140 000 | 59 254 |
| Sanitaire | Hydrocarbure (% vol) | 20% | 2.70% |
| | H ₂ S (mg/l) | 4 000 | 1 028 |
| | Phénols ($\mu\text{g}/\text{L}$) | 900 | <10 |
| | Cyanures ($\mu\text{g}/\text{L}$) | 400 | <10 |
| Corrosion | Fer ($\mu\text{g}/\text{L}$) | 3 000 | 1.0 |

> *Valeur guide CLS2016

Filtres

- **Objectif:**
 - Préserver l'intégrité du puits et des intervalles d'injection des puits injecteurs
- **3 filtres installés:**
 - X1 sur la plateforme Induslacq
 - X1 en amont de l'injection du puits LA102
 - X1 en amont de l'injection du puits LA109
- **Nettoyage de filtres :**
 - Depuis le démarrage du projet LCC30, les flux sont mélangés et injectés alternativement sur LA102 et LA109



Travaux sur réseau C4000



Interventions et Travaux 2019

- Tests injectivités sur les puits LA102 et LA109 (Octobre)
- Renforcement de la passerelle P3bis (Novembre)
- Remise en peinture du ballon décanteur D10861 dans l'usine de Lacq, de la collecte d'injection, de la ligne de torche et des installations de surface des puits LA102 et LA109 (de Juillet à Septembre)

Illustrations travaux



Perspective 2020

- Travaux d'entretien de la passerelle P3bis :
 - ✓ Réfection de la protection anticorrosion de la passerelle (Pylônes, chaises, chemins de roulement et câbles) ;
 - ✓ Reprise du réglage de la passerelle
- Travaux de reprise du supportage des flowlines des puits injecteurs LA102 et LA109 ;
- Mise en place de robinets de prise d'échantillon des EIU sur les emprises des puits LA102 et LA109 ;
- Reprise du supportage des fûts de torche LA102 et LA109
- Intervention sur le puits LA102

Suivi du gisement



Rappel historique

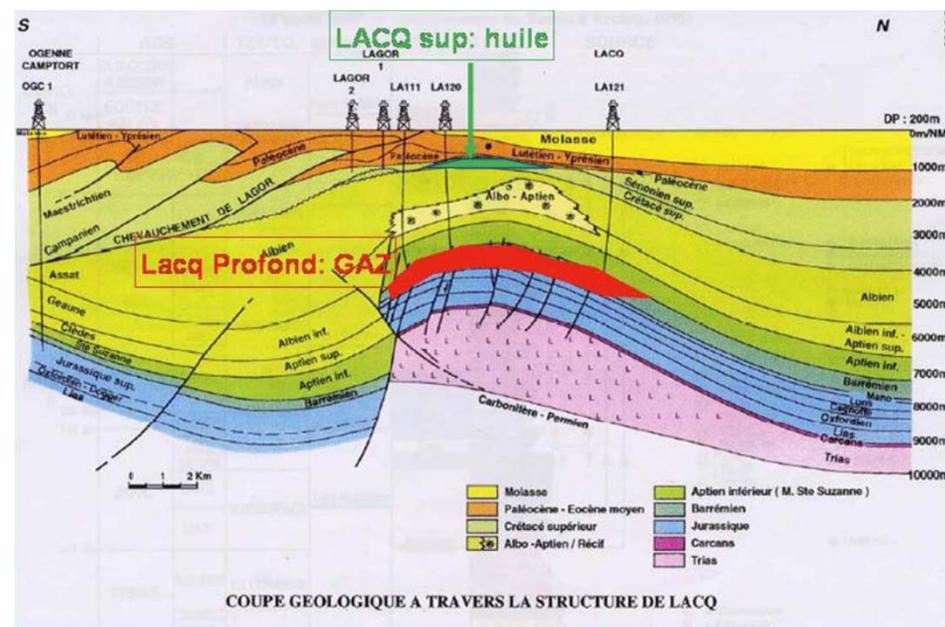
- ▶ 1974 : démarrage de l'injection d'effluents de SOBEGI Mourenx (ATG)
- ▶ 1996 : début de l'injection sur le LA 102
- ▶ 2002 : avis favorable du Conseil Supérieur des Installations Classées sur l'étude générale de sûreté
- ▶ 2003 : work over sur LA 109
- ▶ 2004 : installation d'une sonde sismique tri axiale dans LA 405
- ▶ 2004 : work over sur LA 102
- ▶ 2006 : mise en place ligne neuve d'effluents industriels venant de SOBEGI Mourenx
- ▶ 2007 : nouveau système de suivi micro sismique dans LA 405 (4 sondes tri axiales)
- ▶ 2009 : reprise du modèle ECLIPSE – prévisionnels post-2013 (projet LCC30)
- ▶ 2010 : reprise du modèle ECLIPSE – accent sur le calage aux injecteurs C4000 (LA109)
- ▶ 2010 - 2013 : études des possibilités de limiter les flux vers C 4000
- ▶ 2011 : reprise du modèle ECLIPSE – amélioration du calage (contribution zones périphériques)
- ▶ 2011-2012 : nouvelles modélisations des interactions fluide – matrice
- ▶ **10/10/2014 : Mutation du champ de Lacq à Geopetrol**

- ▶ 03/03/2015 et 14/10/2015 : Mesure de la pression statique au LA135
- ▶ 30/10/2015 : Mesure de la pression statique au LA102
- ▶ 02-05/11/2015 : Test d'injectivité LA102
- ▶ 23-25/11/2015 : Test d'injectivité LA109
- ▶ 29/09/2016 : Mesure de la pression statique au LA109
- ▶ 27/10/2016 : Mesure de la pression statique au LA144
- ▶ 17/10/2017 : Mesure de la pression statique au LA135
- ▶ 15/11/2017 : Mesure de la pression statique au LA102
- ▶ 24/10/2018 : Mesure de la pression statique au LA135
- ▶ 23/11/2018 : Mesure de la pression statique au LA109

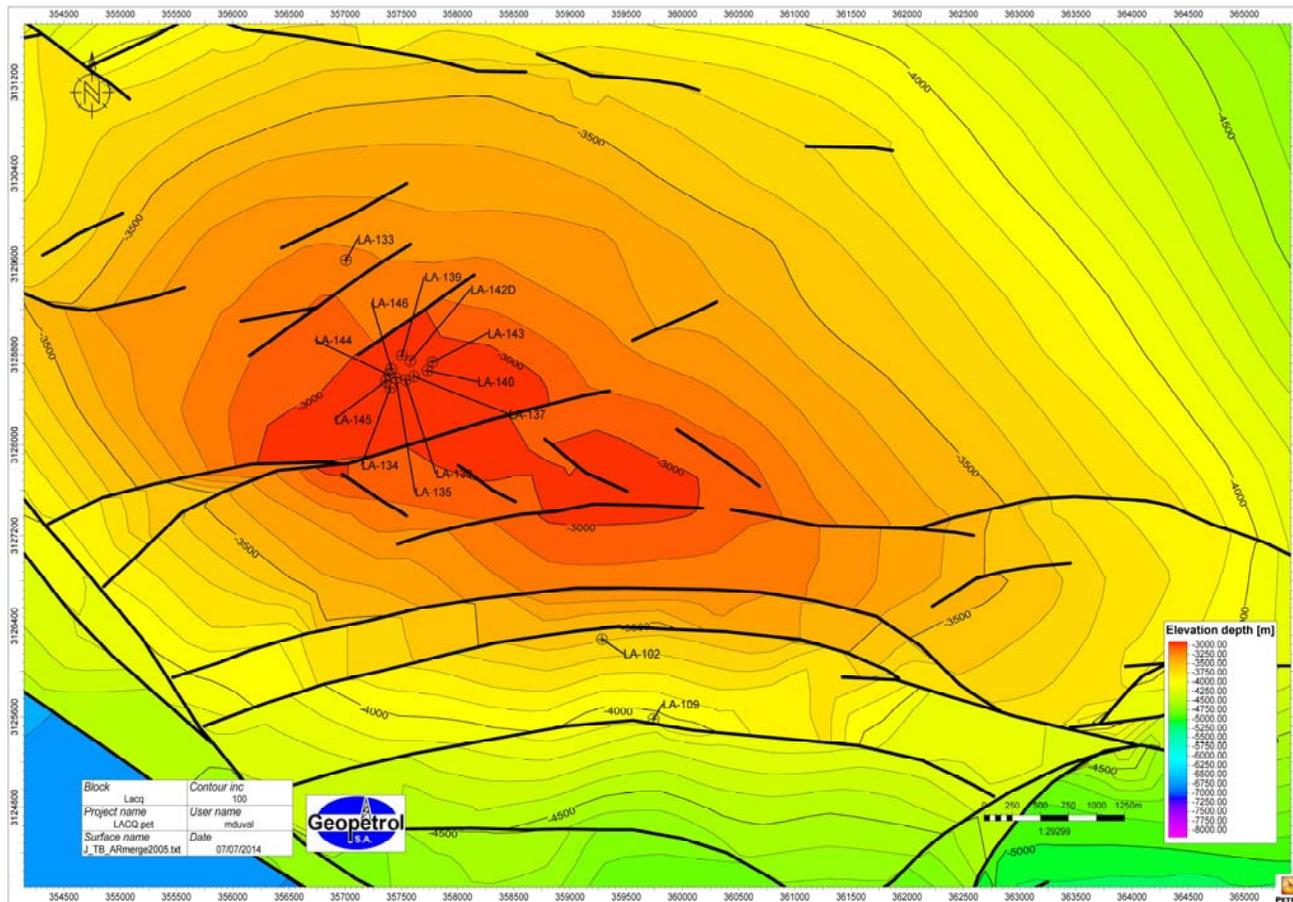
- ▶ **03/10/2019 : Mesure de la pression statique au LA135**
- ▶ **21/10/2019 : Test d'injectivité LA102**
- ▶ **28/10/2019 : Test d'injectivité LA109**
- ▶ **12/11/2019 : Mesure de la pression statique au LA102**

Généralités champ de Lacq profond

- ▶ Réservoir carbonatés fracturés:
 - Calcaires à Annélides (Barrémien) et dolomies de Mano (Portlandien)
- ▶ Piège structural formé par dépôt de sels
- ▶ Dimension du gisement :
 - Profondeur toit du gisement : 3200 m/msl
 - Hauteur de la colonne de gaz : 2600 m
 - Épaisseur moyenne réservoir: 100-150 m
 - Plan de scellement (plus probable) : 5800 m/msl
- ▶ Propriétés moyennes du gisement
 - Porosité matricielle : 1 à 4 %
 - Perméabilité matricielle : 0.001 mD
 - Perméabilité de fracture : 0.05 à 400 mD
- ▶ Pression et Température du gisement :
 - À l'état initial : @ -3700 mv/nm : P = 661 bara et T = 127°C
 - Actuel: @ -3700 mv/nm : P = 19.2 bara
- ▶ Débit journalier moyen de gaz brut en 2019 : 342.9 kSm³/j
- ▶ Cumulé produit gaz brut @ fin Décembre 2019 : 254.74 GSm³



Carte du gisement de gaz et statuts des puits



- ▶ Producteurs (4) :
 - LA139
 - LA142
 - LA143
 - LA144
- ▶ Puit observateur :
 - LA135
- ▶ Puits de substitution (5) :
 - LA134
 - LA137
 - LA138
 - LA140
 - LA145
- ▶ Injecteurs d'eau (2):
 - LA102
 - LA109
- ▶ Injecteurs de gaz:
 - LA146

Réglementation et mesures obligatoires AP MINES/2017/15

Contraintes réglementaires:

- ▶ **Deux puits injecteurs: LA102 & LA109 (article 42 et 42-2) :**
 - « Une mesure de pression de fond d'injection est réalisée annuellement sur la zone d'injection »
 - « Les pressions de tête de puits (tubage de production et espaces annulaires) des puits injecteurs font également l'objet d'un suivi quotidien »

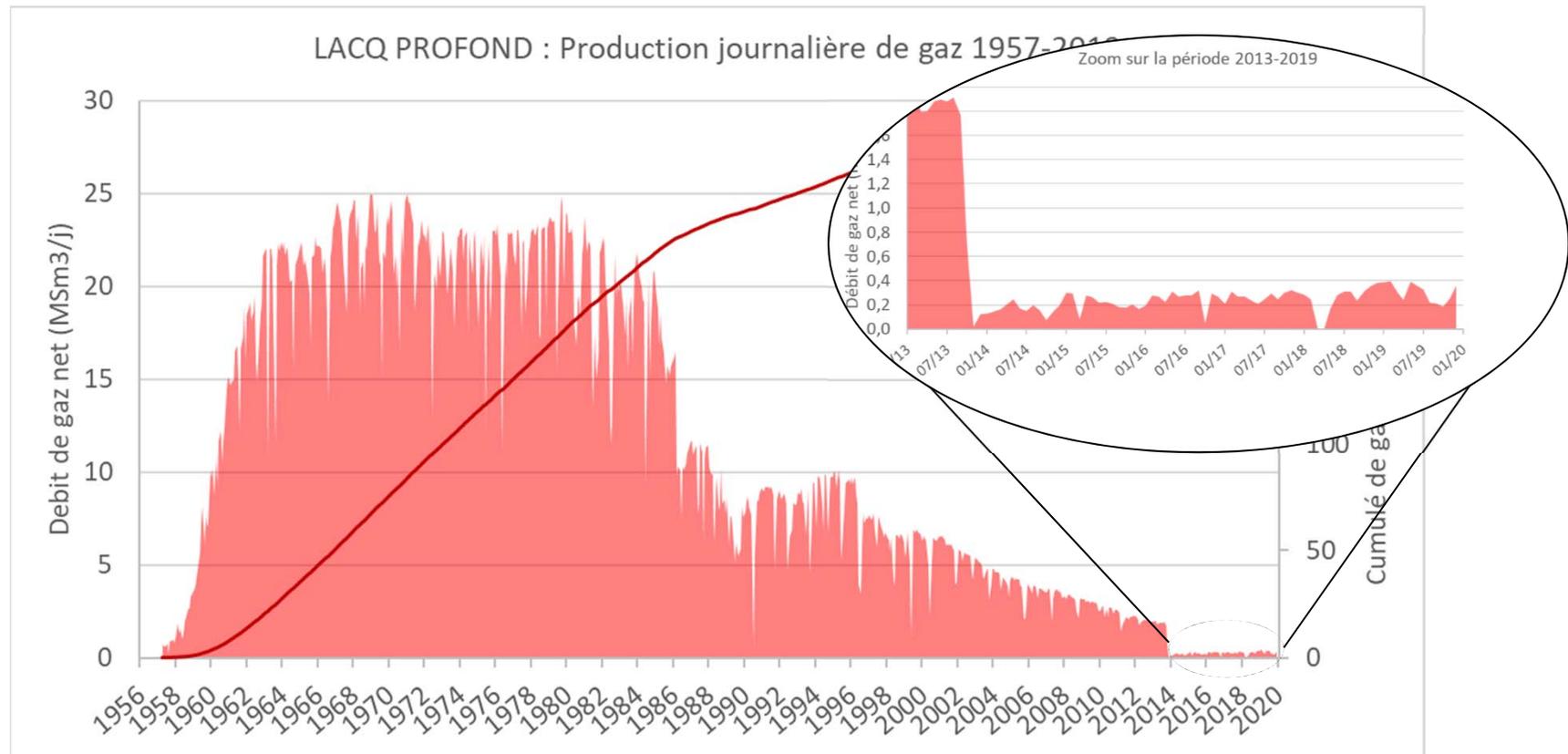
- ▶ **Puits observateur (article 40-3 et 42-2) :**
 - « L'exploitant communique tous les ans la liste des puits en observation »
 - « Une mesure de la pression fond statique est effectuée annuellement sur le puits observateur. »

- ▶ **Dispositif micro-sismique (article 40-4):**
 - « Un système d'écoute spécifique ayant pour but de suivre la sismicité autour du point d'injection est mis en place. »

- ▶ **Suivi des quantités injectées (article 42-3)**
 - « les volumes injectés sont relevés périodiquement sur chaque puits injecteur et consignés dans un registre. »

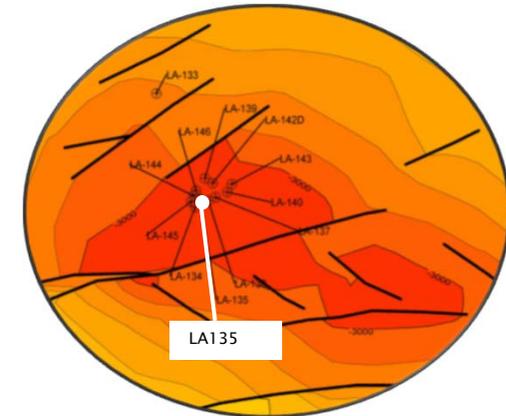
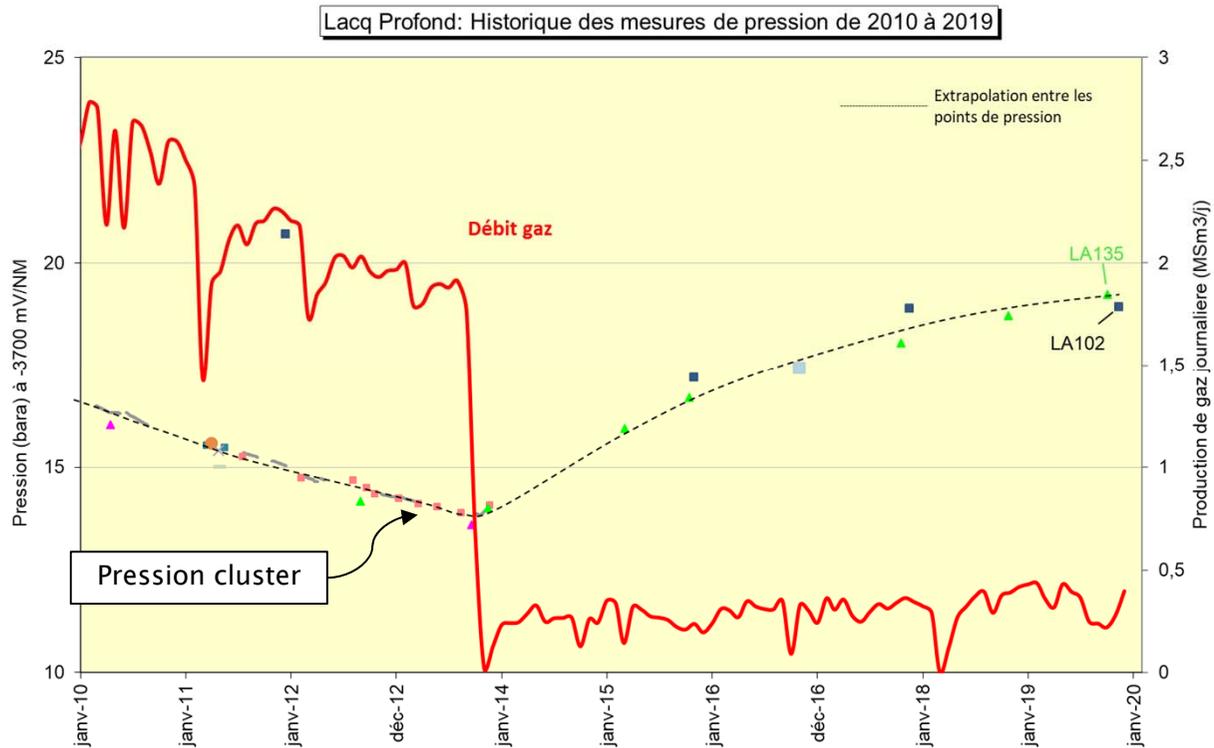
- ▶ **Analyse des eaux superficielles et de gisement (article 42-4)**
 - « Les eaux de gisement produites à partir des puits producteurs de Lacq Supérieur, font l'objet d'une analyse annuelle de concentration en ions sodium, chlorures et lithium. »
 - « Les eaux superficielles de la zone au droit du gisement font l'objet d'un suivi semestriel en conductivité et en teneur en hydrocarbures totaux, HAP, et BTEX sur les piézomètres »

Historique des productions de gaz



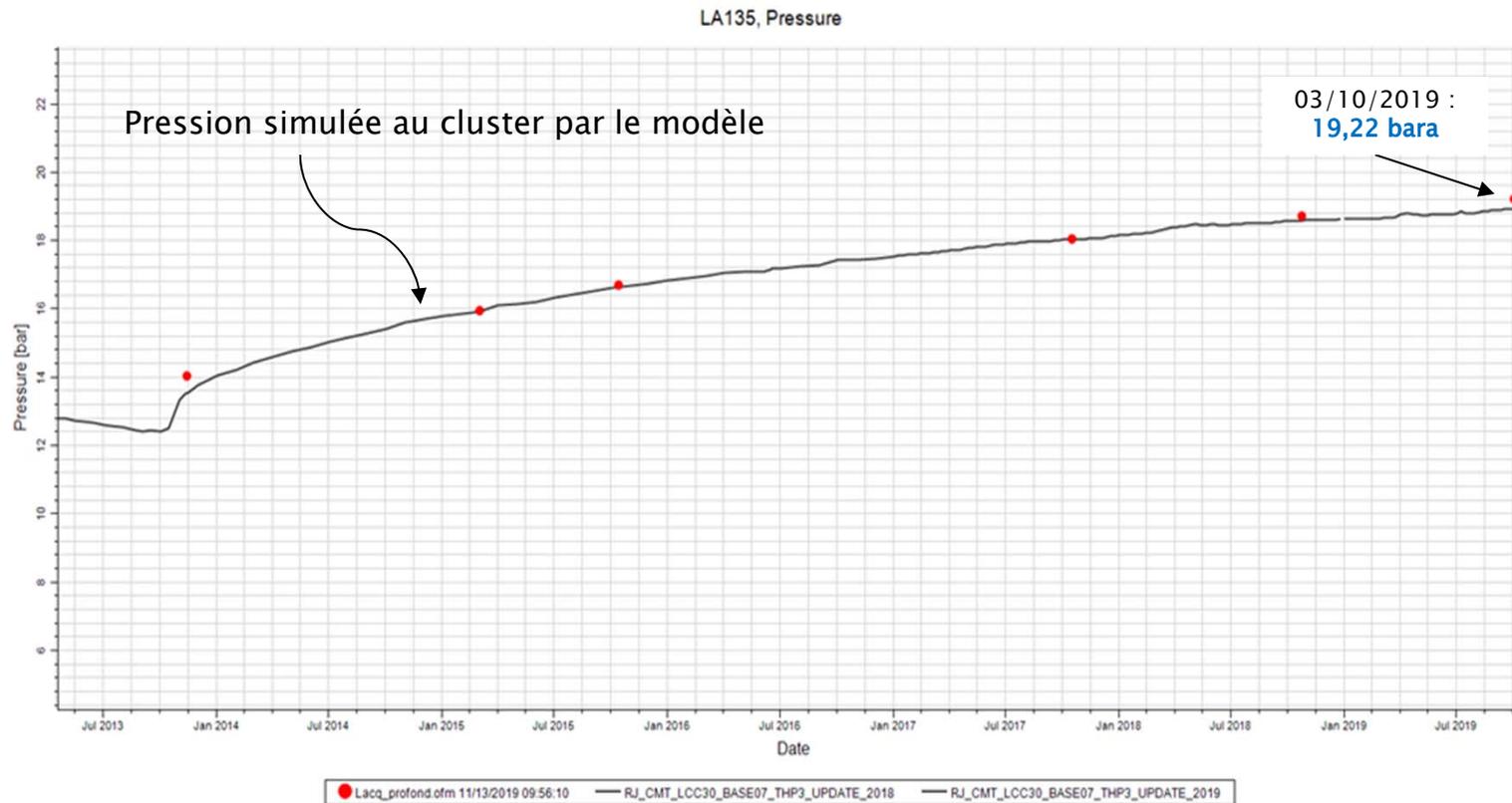
- ▶ Sept. 2013 : passage d'une production de **2 MSm3/j** de gaz à **~300 kSm3/j**
- ▶ Débit moyen de gaz brut en 2019 : **342.9 kSm3/j**
- ▶ Gaz cumulé produit (31/12/2019) = **254.74 Gsm3**

Historique des pressions statiques



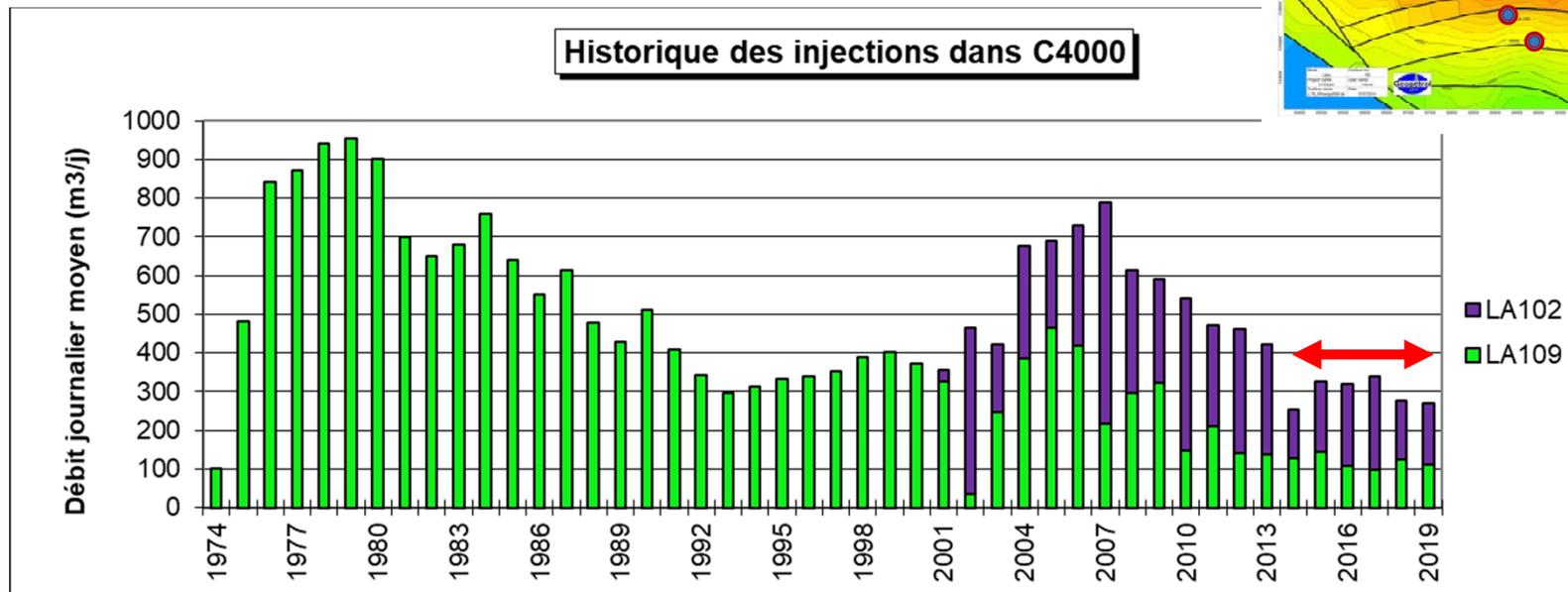
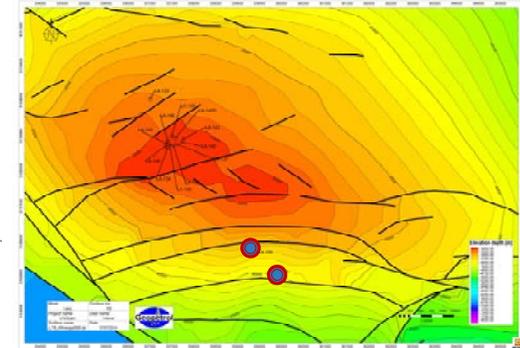
- ▶ Pression statique initiale (1957) : **663 bara @ 3700 m/NM**
- ▶ Remontée de la pression en **2013** suite à la diminution de la production de gaz
- ▶ Mesure de pression statique sur le puits observateur **LA135** le 03/10/2019 : **19,22 bara @ 3700mNM**

Mise à jour du modèle dynamique



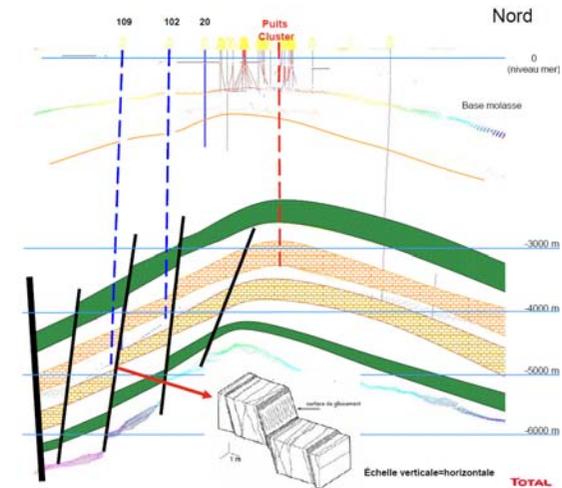
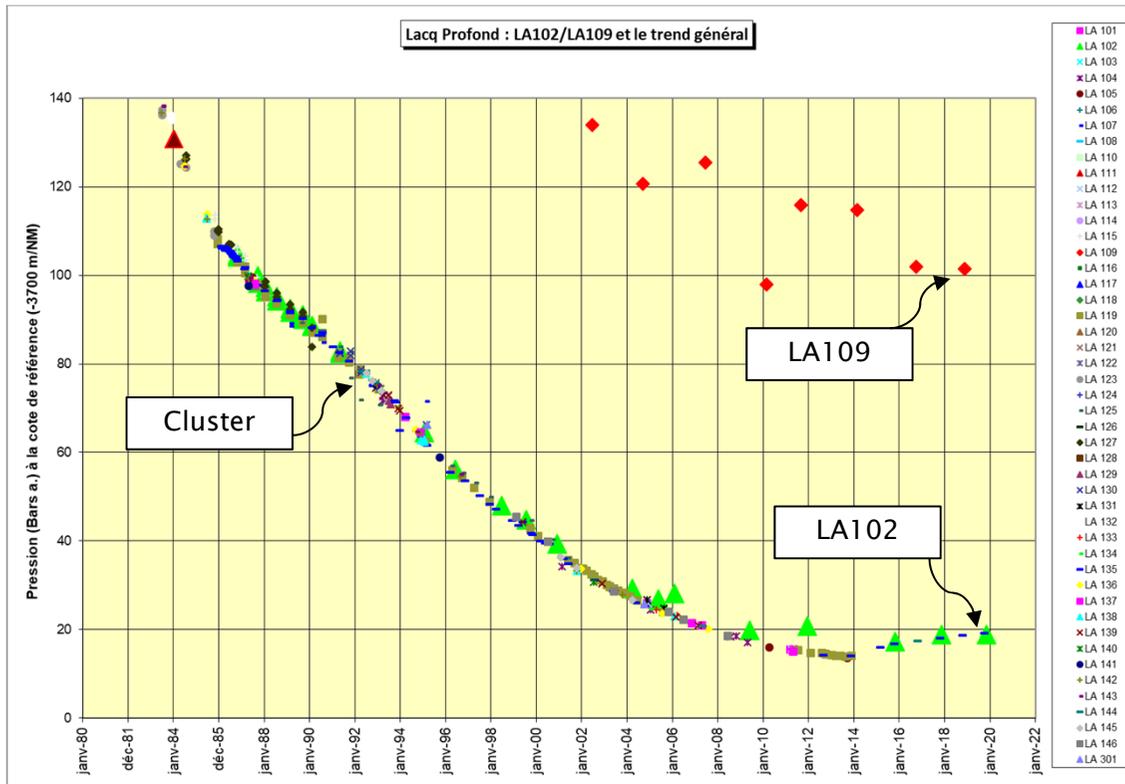
- ▶ La nouvelle donnée de pression d'octobre 2019 cale parfaitement avec les données issues du modèle dynamique. Le modèle permet donc une bonne prédiction de l'évolution des pressions du gisement.

Historique des injections d'eau



- ▶ Baisse des volumes injectés en 2018 et 2019 (par rapport à la période 2013 – 2017)
- ▶ Débit moyen 2019 = 270 m³/j (vs. 275 m³/j en 2018)

Historique des pressions statiques au C4000



- ▶ Mesure de pression au **LA102** (12/11/2019): **18,9 bara @ 3700 m/NM** (18,9 bars en 2017). La pression s'est équilibrée en 2017 avec les puits du cluster d'Arance → bonne communication avec le cluster.
- ▶ Dernière mesure de la pression au LA109 (23/11/2018) : 101,4 bara @ 3700 m/NM (102,7 bars en 2016). La pression est stable en 2018 par rapport à celle de 2016. La pression est plus élevée car l'injection se fait dans un bloc partiellement isolé du cluster de production.

Les tests d'injectivité au C4000

➤ Objectifs :

- Suivre le fonctionnement du réservoir et de la liaison couche-trou

➤ Historique :

- En 2006, 2009, 2011, pas d'évolution de l'injectivité aux puits LA102 et LA109.
- En 2015 :
 - Injectivité constante au puits LA109 (16 à 18 Sm³/j/bar). Cependant, une restriction a été constatée dans le tubing empêchant la descente de jauge.
 - Diminution de l'injectivité au puits LA102 passant de 50 m³/j/bar en 2011 au 12 m³/j/bar en 2015.

➤ En 2019 :

- Dans les conditions actuelles de fonctionnement (débits de 200 à 300m³/j en 2019), l'injection sur le dispositif C4000 montre **un comportement normal et sans dégradation du réservoir** (les puits sont en aspiration).
- Tests d'injectivités réalisés sur les puits **LA102** et **LA109** en octobre 2019;
- Interprétation des « **fall off tests** » des puits LA102 et LA109 pour mieux comprendre les caractéristiques du réservoir.
 - Fall-off test: baisse normale de la pression des puits à la fin du test d'injectivité

Tests d'injectivité au puits LA109

➤ Déroulement du test :

- Du 28 au 30 octobre, injection contrôlée à un débit de 95 m³/h.
- Suivi des pressions de tête pendant toute la période d'injection → pression stable à 1,8 bar
- Extrapolation de la pression de fond à l'aide d'un modèle puits (TEPF).

➤ Résultats :

| | | Puits LA-109 | | | | |
|----------------------|------------------------|--------------|------------|----------|------------|--------------|
| Année Test | | 2006 | 2009 | 2011 | 2015 | 2019 |
| Zone d'injection | m/tr | 4811-4816 | | | | |
| Indice d'injectivité | Sm ³ /j/bar | 17.0 +/- 3 | 16.7 +/- 3 | 18 +/- 2 | 20.8 +/- 2 | 22.9 +/- 0.2 |

Tableau 2 : Bilan du suivi de l'injectivité du LA109

➤ Analyse des résultats :

- Indice d'injectivité en légère augmentation depuis 2009;
- Quelques incertitudes liées à l'extrapolation de la pression de fond. Le modèle TEPF a été calé à partir du test d'injectivité de 2011. Certains paramètres peuvent évoluer en 8 ans. De plus, une acidification du puits a eu lieu en juin 2018 afin de résorber la restriction dans le tubing avec une amélioration possible de la liaison couche – trou;
- L'interprétation du fall-off test montre que le réservoir est **homogène et limité par des failles**. Ceci est cohérent avec la géologie du puits et le comportement de la pression autour du puits qui le situe dans un bloc **partiellement** isolé du reste du cluster.

Tests d'injectivité au puits LA102

➤ Déroulement du test:

- 18/10 : Descente des jauges d'enregistrement à 3780 m/sol
- 21/10 – 22/10 : Injection contrôlée. Diminution du débit de 94 m³/h à 62 m³/h. La pression de tête durant le test d'injectivité est positive à 1,9 bar.
- 22/10 - 24/10 : Arrêt de l'injection et suivi de la pression pendant le *fall-off*.

➤ Résultats:

| Puits | | LA-102 | | | | |
|----------------------|-------------------------|------------|------------|----------|------------|---------------|
| Année Test | | 2006 | 2009 | 2011 | 2015 | 2019 |
| Zone d'injection | m/tr | 4100-4150 | | | | |
| Indice d'injectivité | Sm ³ /j/bara | 39.0 +/- 5 | 39.6 +/- 4 | 50 +/- 5 | 12 +/- 0.3 | 5.05 +/- 0.05 |

Tableau 1 : Bilan du suivi de l'injectivité du LA102

➤ Analyse des résultats des tests d'injectivité:

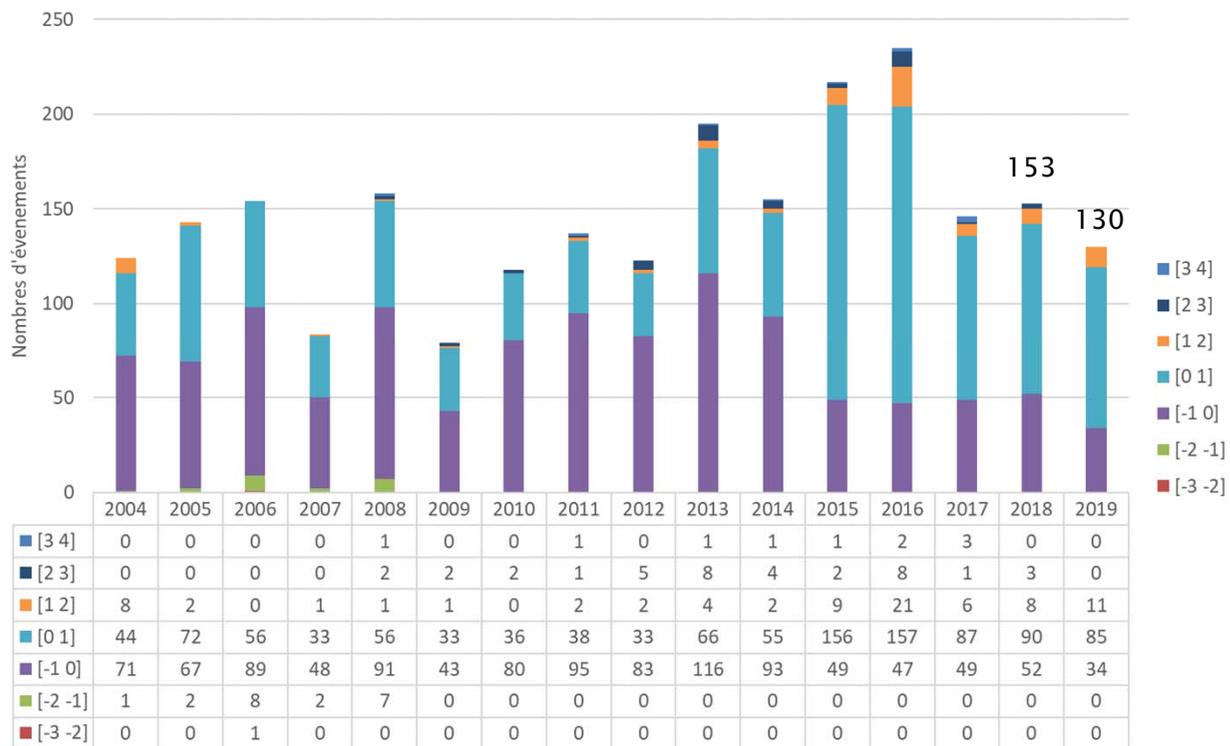
- L'indice d'injectivité a progressivement diminué depuis 2011. Or, la pression du réservoir montre que le puits LA102 communique bien avec les autres puits du cluster par l'intermédiaire du réservoir.
- Lors du test d'injectivité en 2019, nous avons observé des sédiments dans le bas du tubing qui pourraient être à l'origine d'une moins bonne liaison couche – trou et expliquer la baisse de l'injectivité au puits LA102.
- L'interprétation du *fall-off* enregistré à la suite du test d'injectivité comparé avec les *fall-off* précédents en 2006 et en 2015 confirme une moins bonne liaison couche – trou et l'absence de dégradation du réservoir.

Suivi sismique

- ▶ Mars 2004 : Mise en place d'une écoute sismique SAS. Elle permet de suivre la sismicité autour des injecteurs.
- ▶ Mi-décembre 2007 : Mise en place d'un nouveau système d'acquisition par la société magnitude au puits LA405.
 - Quatre stations d'enregistrement (SQUID) de 4 géophones triaxiaux sont situées à 300m, 350m, 400m, et 570m MD ;
 - Contrat de diagnostic de l'état de l'appareillage, de récupération et d'interprétation des données ;
 - Livraison de rapports hebdomadaire / annuels et quinquennaux;
 - Depuis le 16/01/2017, un compte rendu est reçu quotidiennement indiquant le taux d'auscultation, le fonctionnement des capteurs, et l'analyse des détections ;
 - Alertes (pannes) et rapports évènementiels (évènements de plus forte sismicité) ;
- ▶ Croisement des données avec le réseau sismique national (RENASS, CSEM, CEA).

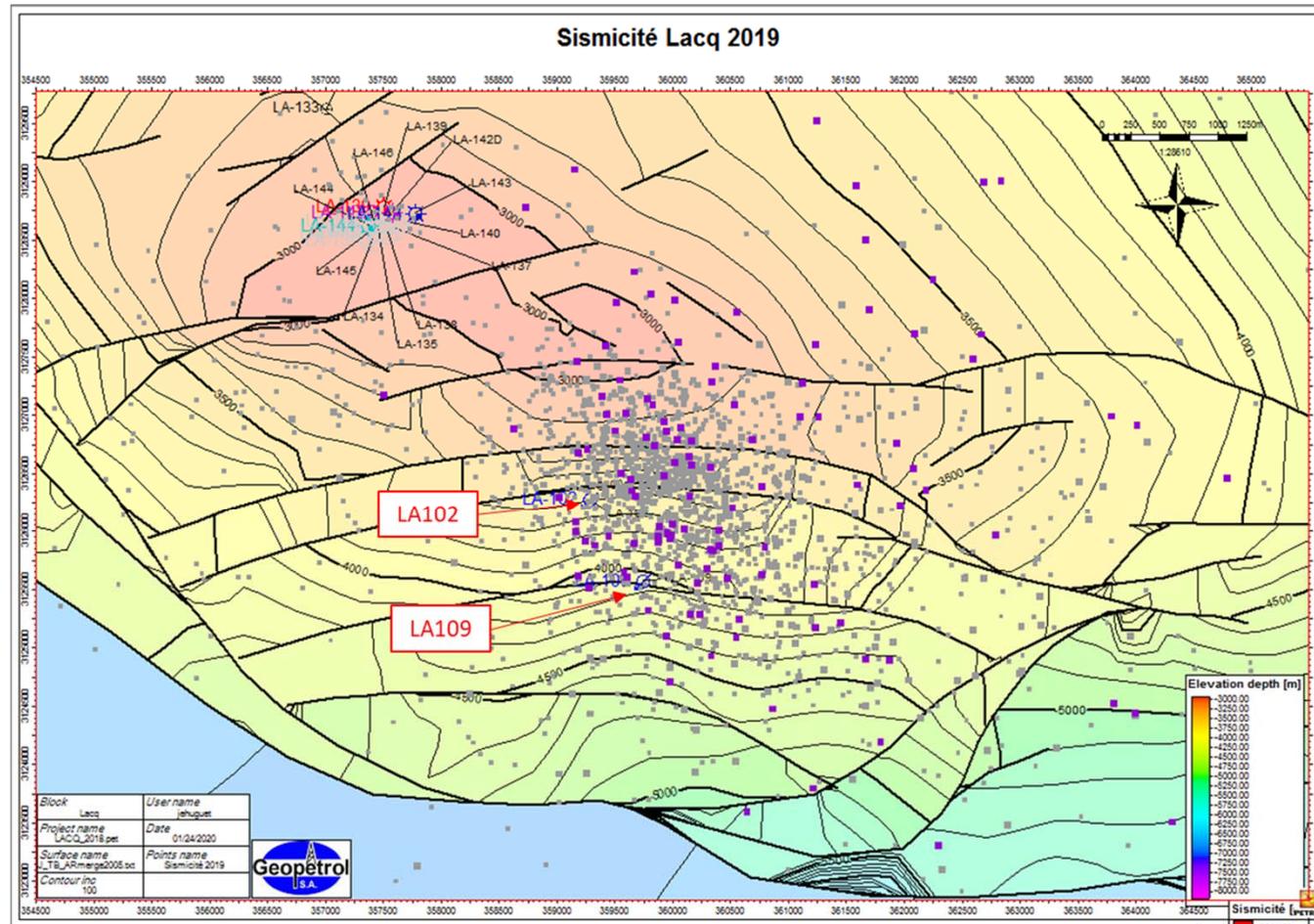
Suivi sismique

Nombre d'événements en fonction de la magnitude
2004 - 2019



- ▶ Diminution du nombre d'évènements sismique depuis 2016
- ▶ Baisse de la magnitude moyenne des évènement sismiques
- ▶ Pas d'évènement sismique de magnitude supérieure à 2 en 2019

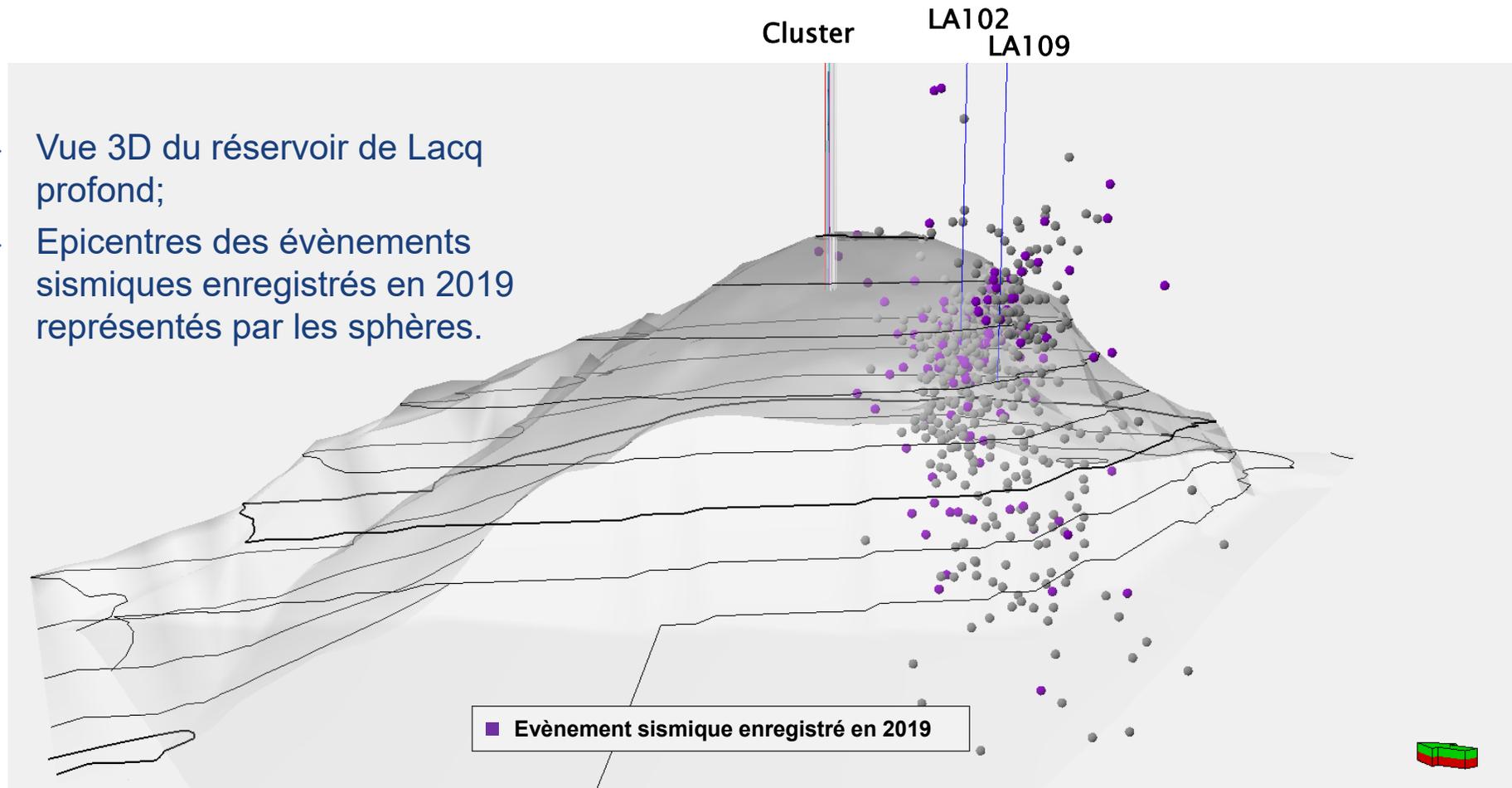
Localisation des évènements sismiques de 2004 à 2019



- ▶ Les séismes se concentrent exclusivement dans la zone d'injection du C4000

Localisation des évènements sismiques en 2019

- ▶ Vue 3D du réservoir de Lacq profond;
- ▶ Epicentres des évènements sismiques enregistrés en 2019 représentés par les sphères.



- ▶ Les séismes restent circonscrits au réservoir de Lacq