



Comité Local de Suivi des injections au C4000

Présentation activité 2021

3 mars 2022

Sommaire

- ▶ Contexte réglementaire
- ▶ Bilan exploitation C4000
 - Suivi quantitatif des effluents injectés
 - Evolution des débits depuis 2004
 - Volumes injectés depuis démarrage LCC30
 - Suivi qualitatif des effluents injectés
 - Suivi nettoyage filtres
- ▶ Puits LA109
- ▶ Puits LA102
- ▶ Travaux 2021 sur réseau C4000
- ▶ Suivi du gisement
 - Bilan gisement (historiques gaz, eau)
 - Bilan en pression
 - Tests d'injectivité
 - Surveillance sismique
- ▶ Perspectives 2022

Contexte réglementaire

- ▶ 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
 - AP MINES/2020/10 du 23/12/2020 concernant les puits LA102 et LA109
 - AP MINES/2021/18 du 03/11/2021 concernant les puits LA102 et LA109

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

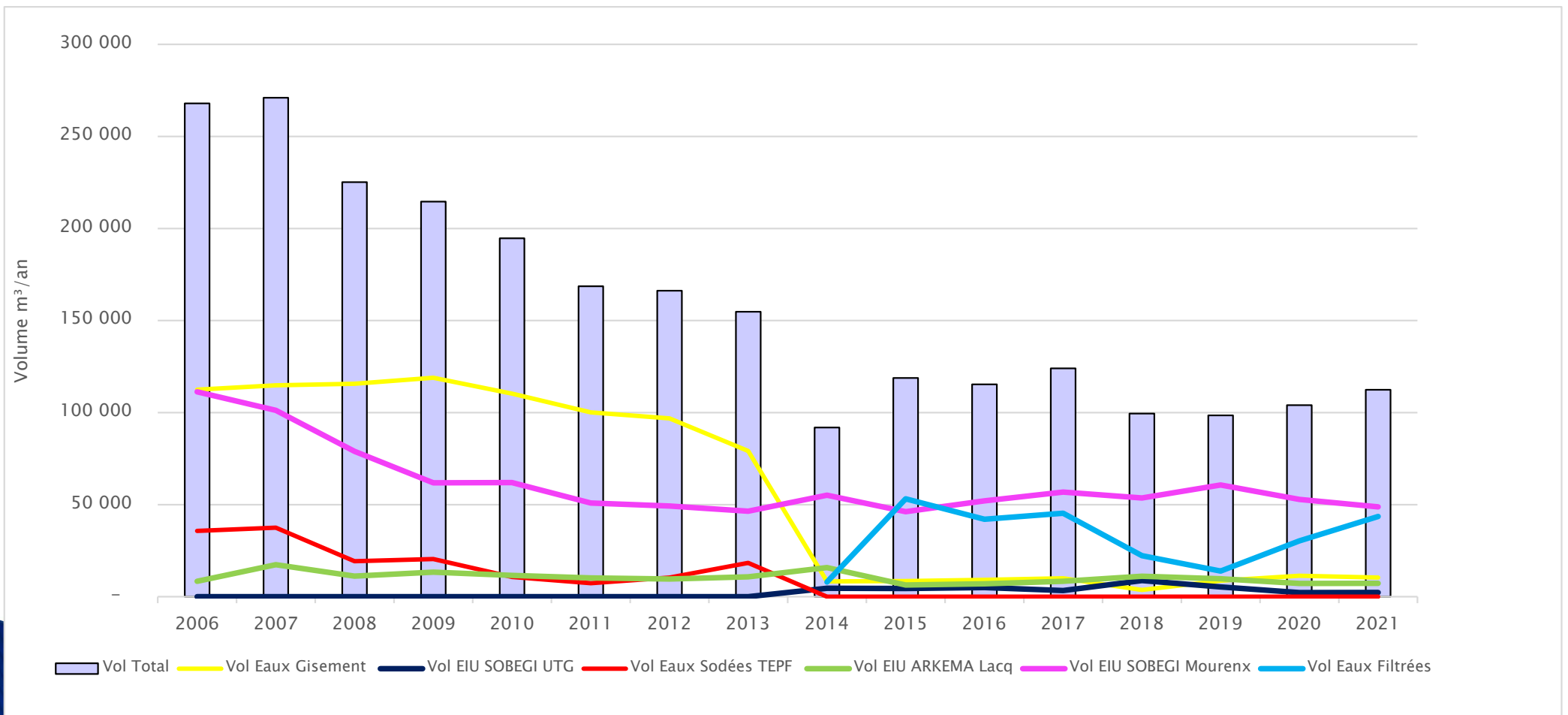
BILAN EXPLOITATION C4000

Suivi quantitatif des effluents injectés



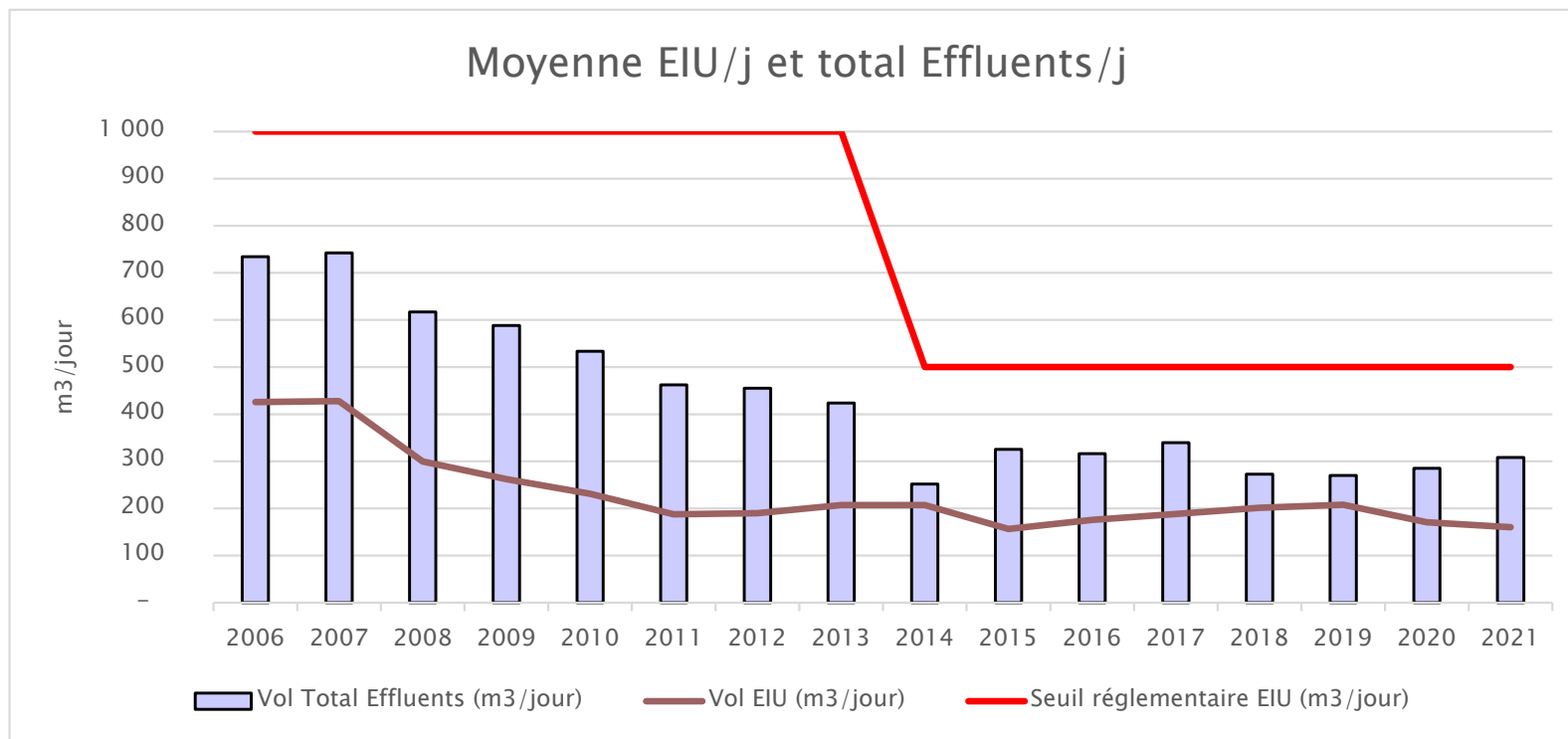
Evolution des volumes injectés depuis 2006

- ▶ Baisse significative des volumes injectés depuis le démarrage du projet LCC30 (2014) qui s'explique principalement par la baisse des eaux de gisement liée à la baisse d'extraction de gaz brut.
- ▶ Injection d'eaux filtrées depuis 2014 pour maintenir l'injection sur les 2 puits.
- ▶ En 2021, augmentation des volumes d'eaux filtrées en raison de l'injection en continu dans l'Espace Annulaire EA0 du puits LA109 (mesure compensatoire) ainsi que les périodes d'arrêt du mois de Mars/Avril 2021 et Septembre 2021, ce qui représente une augmentation des volumes totaux injectés d'environ 10% par rapport à 2020.



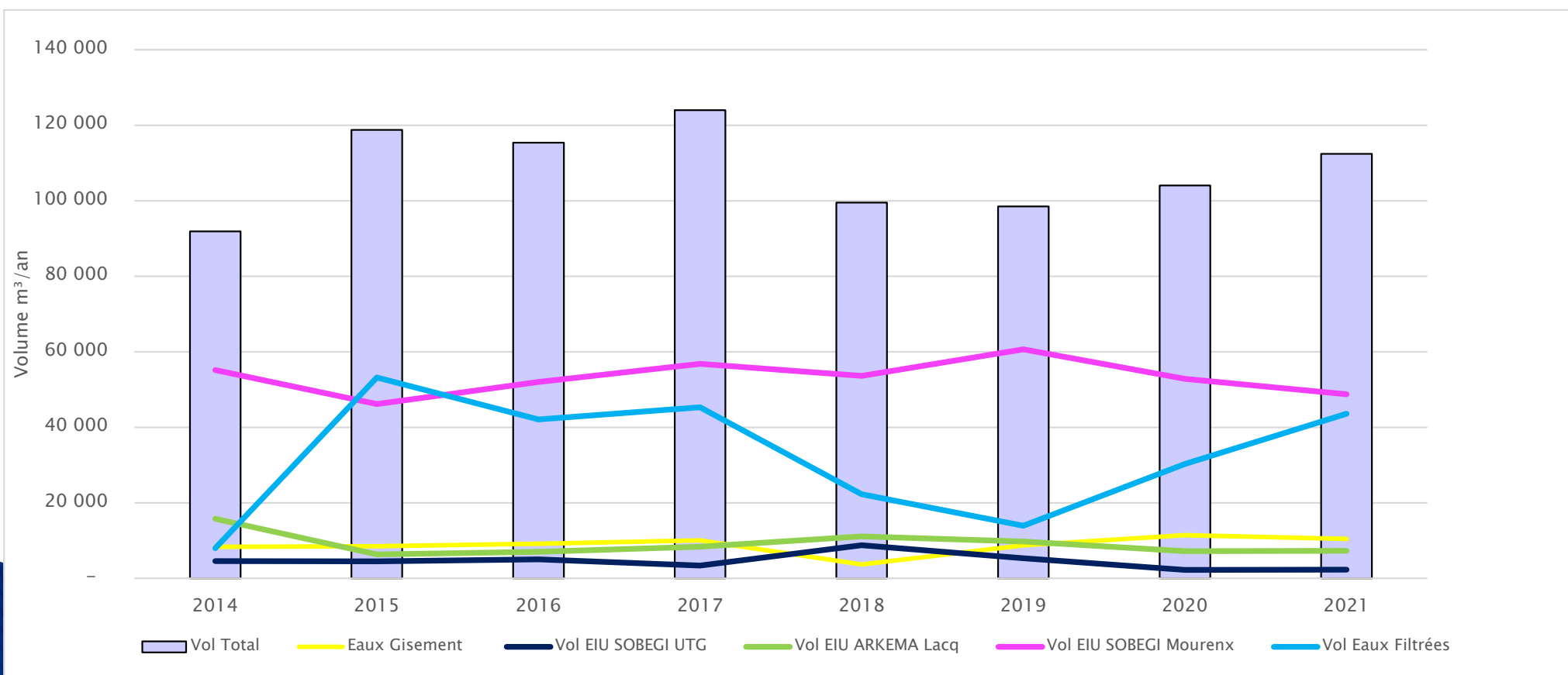
Evolution des volumes moyen jour injectés depuis 2006

- ▶ Avant le projet LCC30, le débit global des effluents injectés hors eaux de gisement ne pouvait dépasser réglementairement 1000m³/jour sur le mois
- ▶ A la mise en œuvre du projet LCC30, la limite réglementaire du débit global des effluents injectés hors eaux de gisement a été abaissée à 500m³/jour sur le mois
- ▶ Baisse des EIU depuis 2007 et relative stabilité depuis 2013
- ▶ Baisse des EIU injectées en 2021 (environ 160m³/j) en raison de 2 périodes d'arrêts (mars/avril et septembre 2021)



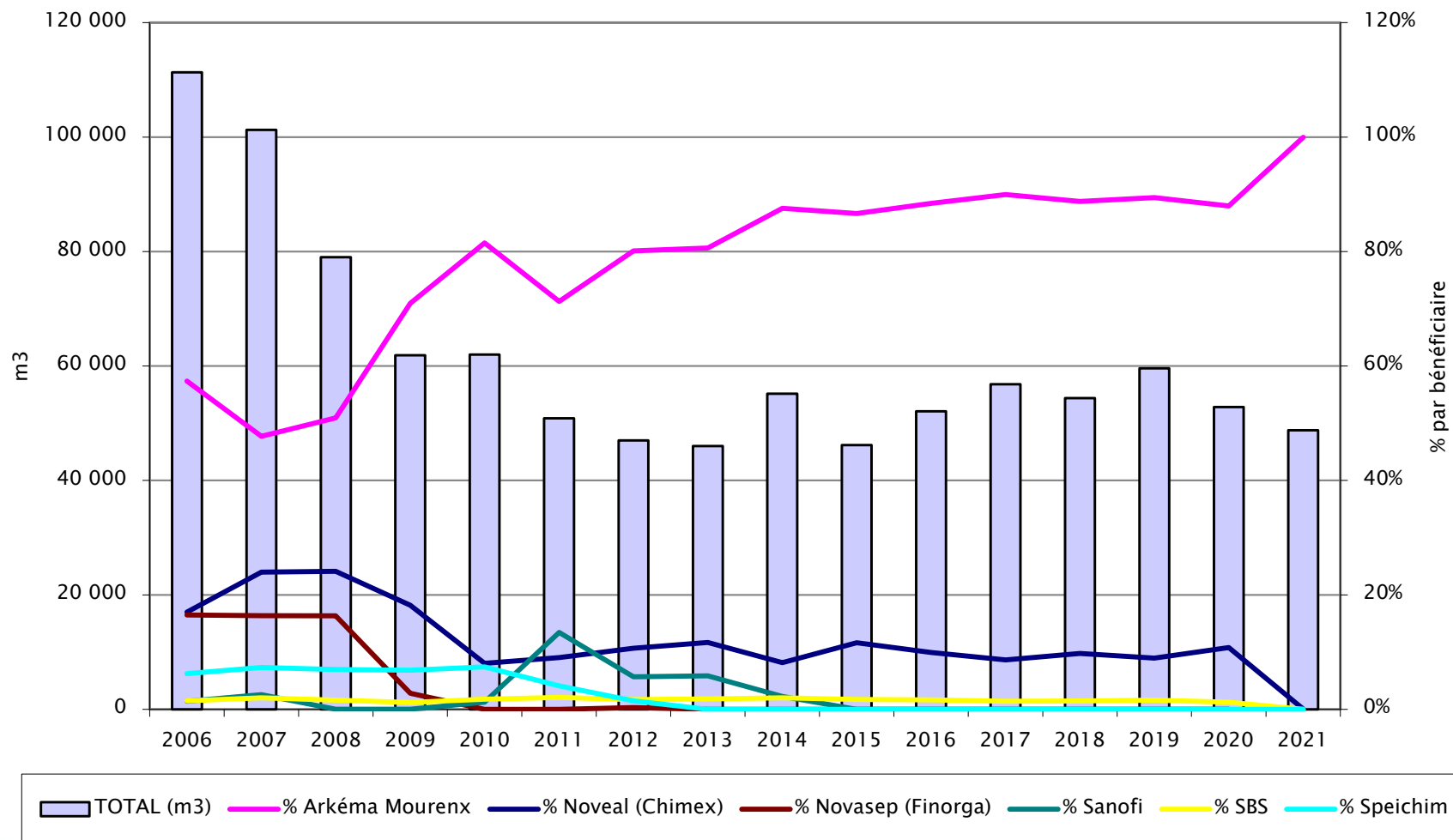
Volumes injectés annuellement depuis 2014

	Eaux Gisement Geopetrol (m3)	EIU SOBEGI UTG (m3)	EIU ARKEMA Lacq (m3)	EIU SOBEGI Mourenx (m3)	Eaux Filtrées (m3)	Effluents totaux injectés (m3)
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
2020	11 447	2 264	7 209	52 838	30 308	104 066
2021	10 468	2 317	7 304	48 766	43 593	112 448



Evolution des volumes injectés en provenance de SOBEGI Mourenx (depuis 2006)

- En 2021, les EIU en provenance de Mourenx sont issues de Noveal (0.05%) et Arkema (99.95%)



BILAN EXPLOITATION C4000

Suivi qualitatif des effluents injectés



Analyses – Méthodes d'analyses

- ▶ Analyses mensuelles réalisées par le Laboratoire de Contrôle Environnement
 - Laboratoire accrédité COFRAC suivant référentiel NF EN ISO/IEC 17025: n°1-2198

- ▶ Autocontrôles biannuels par organisme extérieur indépendant (LPL – Laboratoire des Pyrénées)

- ▶ Programme d'analyses:
 - pH – Eh – oxygène dissous – alcalinité – salinité – MES
 - Anions/cations
 - Hydrocarbures – H₂S – Mercaptans
 - Acides organiques
 - Phénols - cyanures

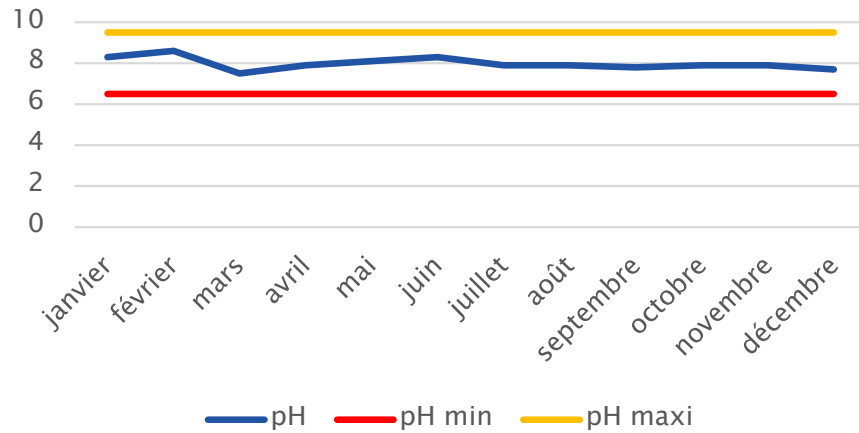
Valeurs Guides - Rappels

- ▶ Objectifs:
 - Fixer des seuils d'alertes
 - Informer les industriels pour prendre des mesures appropriées
- ▶ Les valeurs guide retenues correspondent aux paramètres ayant un impact sur:
 - la matrice
 - Les aspects sanitaires
 - La corrosion

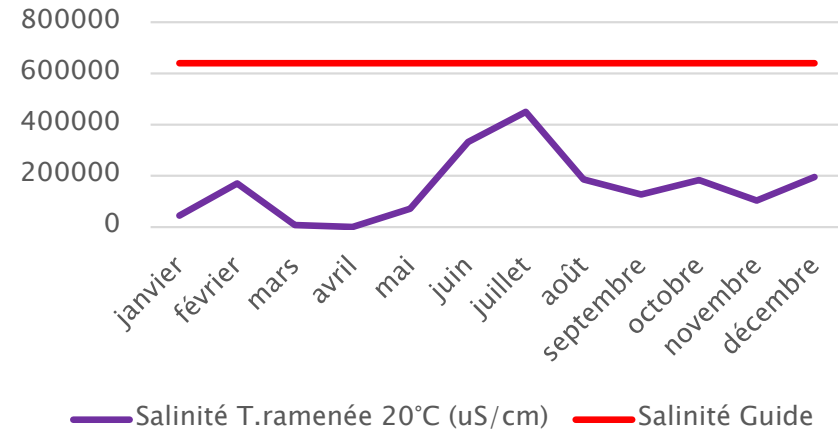
Impacts	Paramètres	Valeur Guide
Matrice	pH	>6,5 et <9,5
	Salinité Théorique à 20°C (μ S/cm)	640 000
	Matières en suspension (mg/l)	600
	Chlorures (mg/l)	140 000
Sanitaire	Hydrocarbure (% vol)	20%
	H ₂ S (mg/l)	4 000
	Phénols (μ g/L)	900
	Cyanures (μ g/L)	400
Corrosion	Fer (μ g/L)	3 000

Résultats des analyses

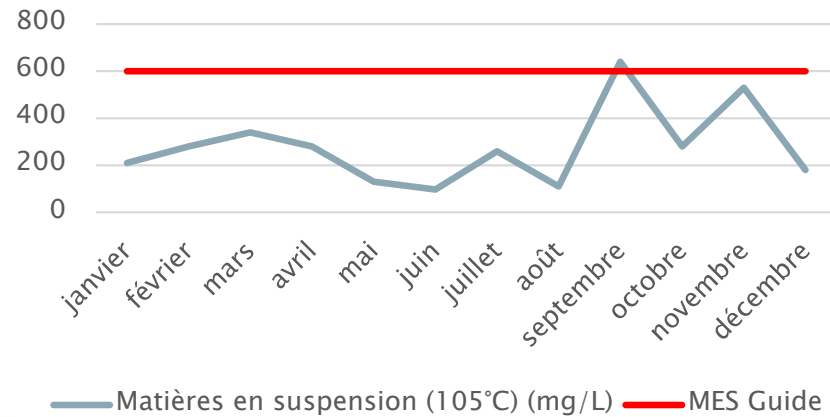
pH



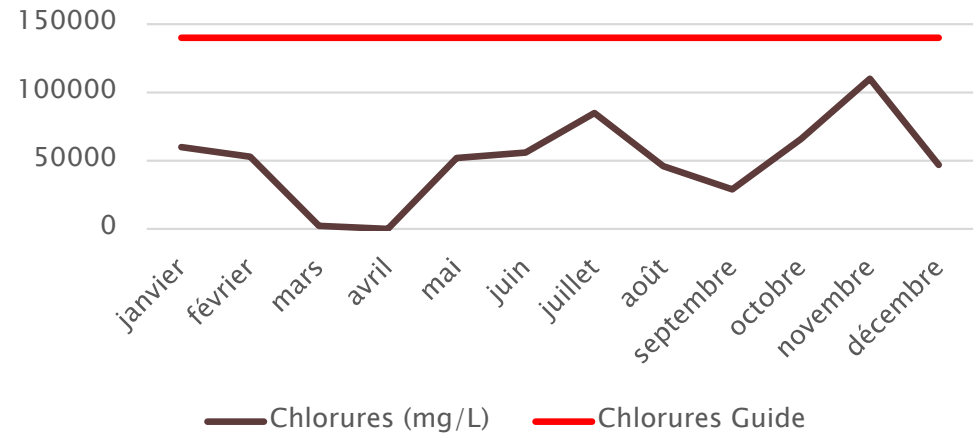
Salinité



Matières en suspension

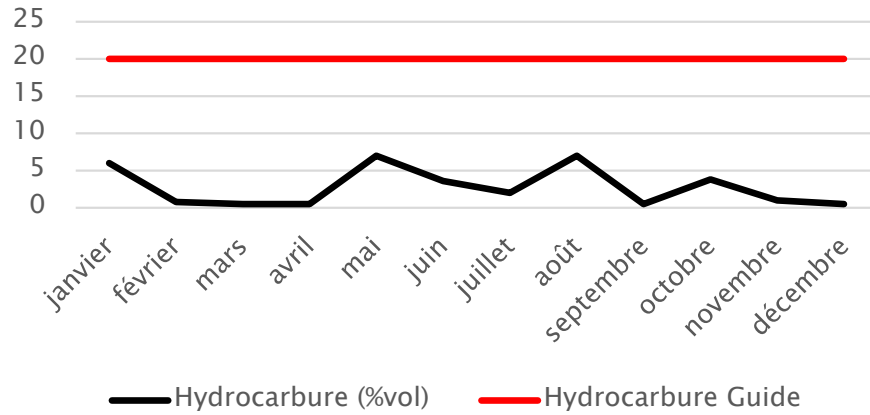


Chlorures

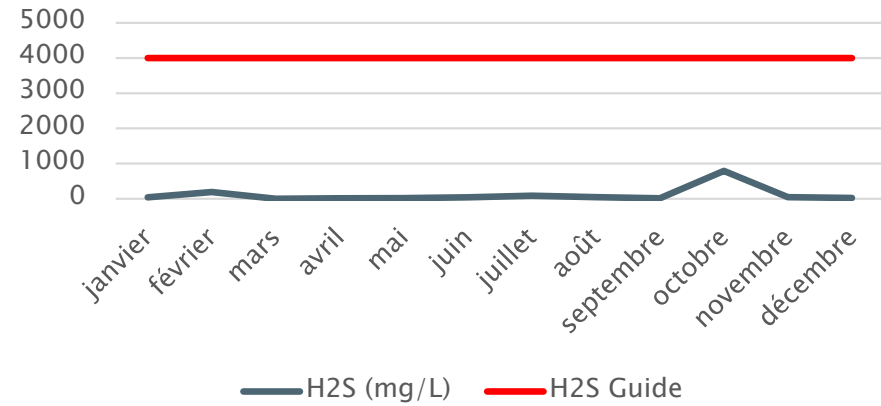


Résultats des analyses

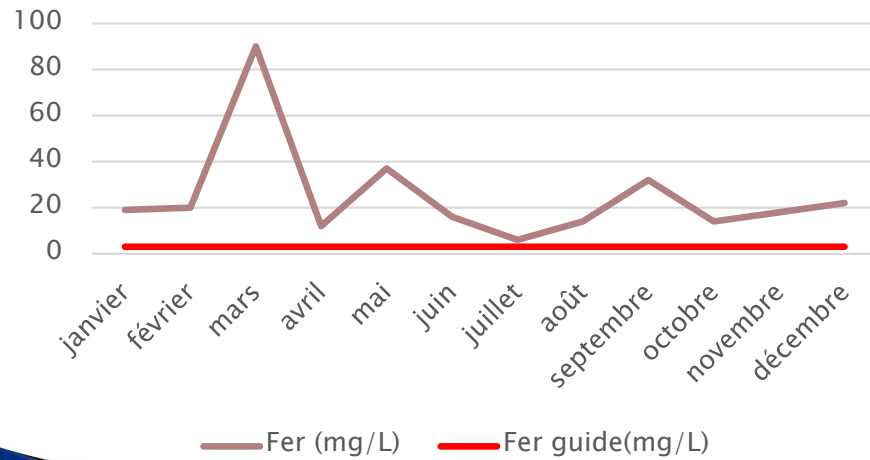
Hydrocarbures



H2S



Fer



Commentaires sur les analyses

▶ Commentaires sur l'écart observé MES en septembre 2021:

- Echantillon non représentatif (80% des effluents injectés en septembre sont des eaux filtrées (Installations LACQ et MOURENX à l'arrêt))

▶ Commentaires sur les analyses Fer

- L'augmentation de la teneur en FER s'explique par :
 1. Evolution de la méthode d'analyse : depuis septembre 2020, l'analyse mensuelle est réalisée par le LCE sur un échantillon non filtré (alignement avec la méthode d'auto-contrôle du LPL)
Difficultés rencontrées par le LCE pour fiabiliser l'analyse de ce paramètre du fait d'un manque d'homogénéité des échantillons. Ces difficultés ont pu être traitées, à partir de juin 21, par la modification de la méthode d'homogénéisation et de fractionnement des échantillons
 2. Evolution du type d'échantillon : depuis octobre 2020, constitution d'un échantillon moyen mois par prélèvement quotidien d'un échantillon non purgé

=> Nécessité de réviser la valeur guide du FER pour prendre en compte ces évolutions

Nota : les valeurs guide étant déterminées en fonction des valeurs enregistrées sur une période de 2 ans, la nouvelle valeur guide pourra être proposée second semestre 2023

▶ Commentaires sur les analyses Phénol et Cyanures

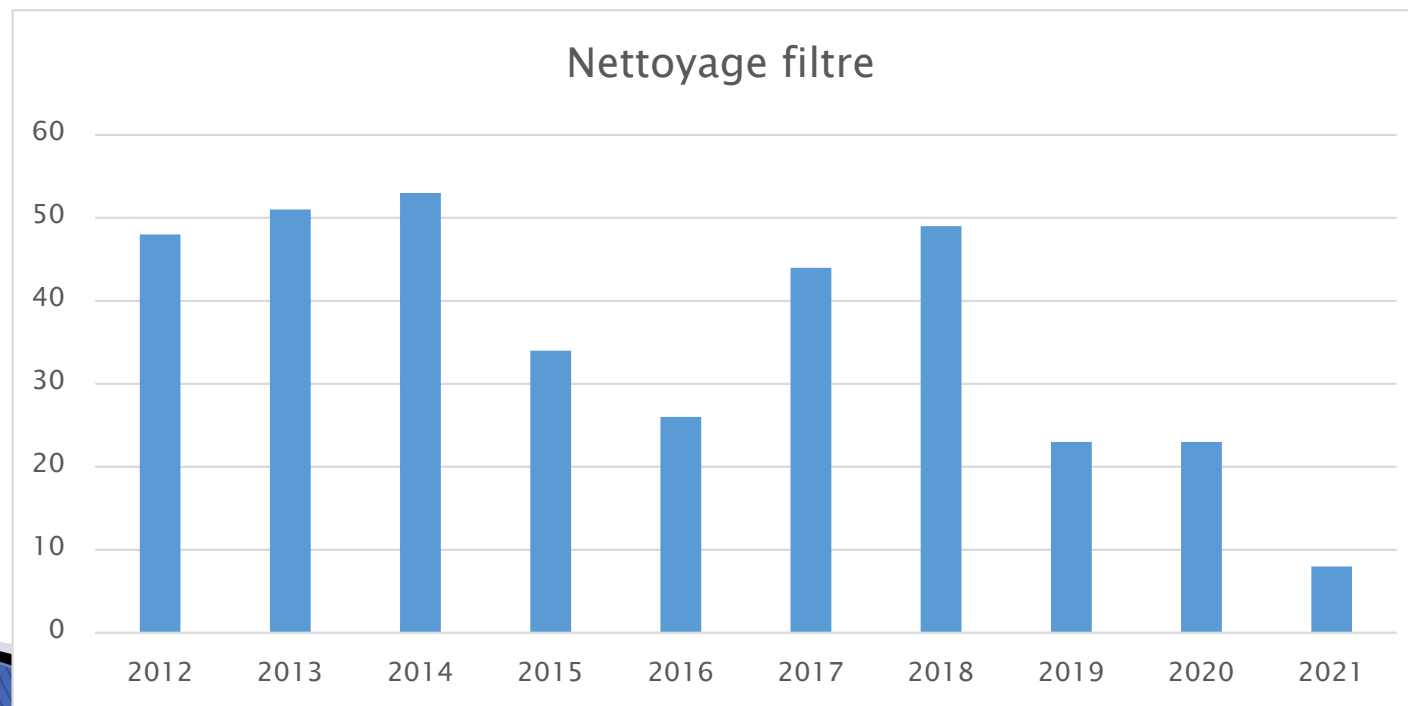
Rappel :

- *Les analyses sont effectuées par un laboratoire extérieur (LPL).*
- *Les résultats sur ces paramètres sont toujours inférieurs à la limite de quantification de 10mg/l mais ne permettent pas d'alerter par rapport aux valeurs guide.*
- *Depuis 2015, nous avons sollicité les laboratoires pour évaluer les mesures cyanures et phénols par d'autres techniques pour baisser cette limite de quantification.*

Nota : 2 nouvelles actions ont été menées en 2021 : Contact EUROFINs (essai non concluant) et Etude de faisabilité d'internaliser les analyses au LCE (résultat attendu pour Mars 22)

Nettoyage des filtres

- ▶ Objectif:
 - Préserver l'intégrité du puits et des intervalles d'injection des puits injecteurs
- ▶ 3 filtres installés:
 - 1 sur la plateforme Induslacq
 - 1 en amont de l'injection du puits LA102
 - 1 en amont de l'injection du puits LA109
- ▶ Nettoyage de filtres :
 - En 2021, le nombre de nettoyage a fortement diminué pour atteindre 8 interventions



PUITS LA109



PUITS LA109

- ▶ Rappel: Présence d'une communication entre le tubing et l'Espace Annulaire EA0 au dessus du packer. Le tubing est détérioré à environ 3793 m.
- ▶ Suite à cette communication, le puits est maintenu en sécurité (pression nulle en tête de puits) grâce à l'injection en continu d'eau filtrée dans l'espace annulaire EA0 à un débit d'environ 70m³/jour. Un biocide et un inhibiteur de corrosion sont associés à l'eau filtrée injectée afin de préserver le cuvelage 5".
- ▶ Une intervention sur puits appelée « Work-over » est planifiée au dernier trimestre 2022 pour remplacer le tubing détérioré.

PUITS LA102



PUITS LA102

Résultats du plan d'action court-terme établi en 2020

- ▶ Contrôle de l'injectivité du puits
 - Voir résultats dans la section « Suivi du Gisement »

- ▶ Contrôle corrosion des cuvelages par diagraphie EMDS-MFC
 - L'état du tubing 3-1/2" est intègre mais dégradé sur sa partie basse.
 - Le cuvelage 5" ne présente ni corrosion ni pertes d'épaisseur significatives.

- ▶ De manière préventive, le tubing 3-1/2" sera remplacé lors d'une intervention sur puits (Work-over) planifiée en 2023.

TRAVAUX 2021 SUR RÉSEAU C4000



Travaux 2021 sur réseau C4000

- ▶ Travaux d'entretien de la passerelle P3bis
 - Reprise de la protection anticorrosion des câbles et chaises de suspension de la passerelle P3bis et des chemins de roulement de la nacelle de visite
- ▶ Vidange EIU ballon D10861
- ▶ Excavation et reprise du revêtement de la collecte 8" EIU
- ▶ Remplacement de 2 vannes manuelles dans la fosse du manifold M13



SUIVI DU GISEMENT

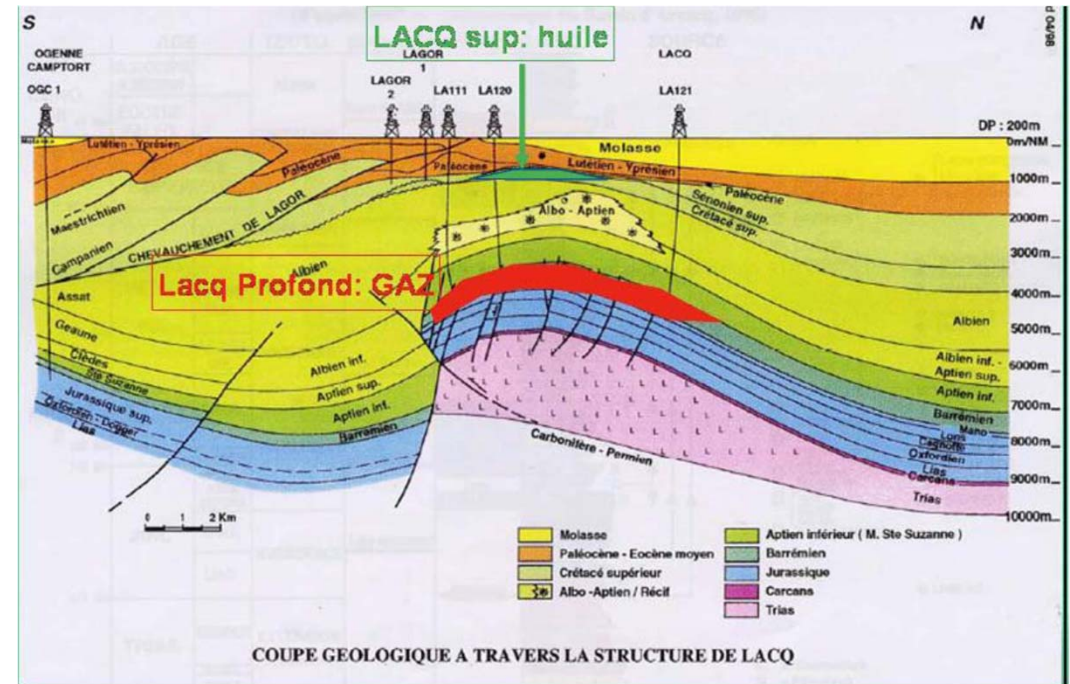


Rappel historique

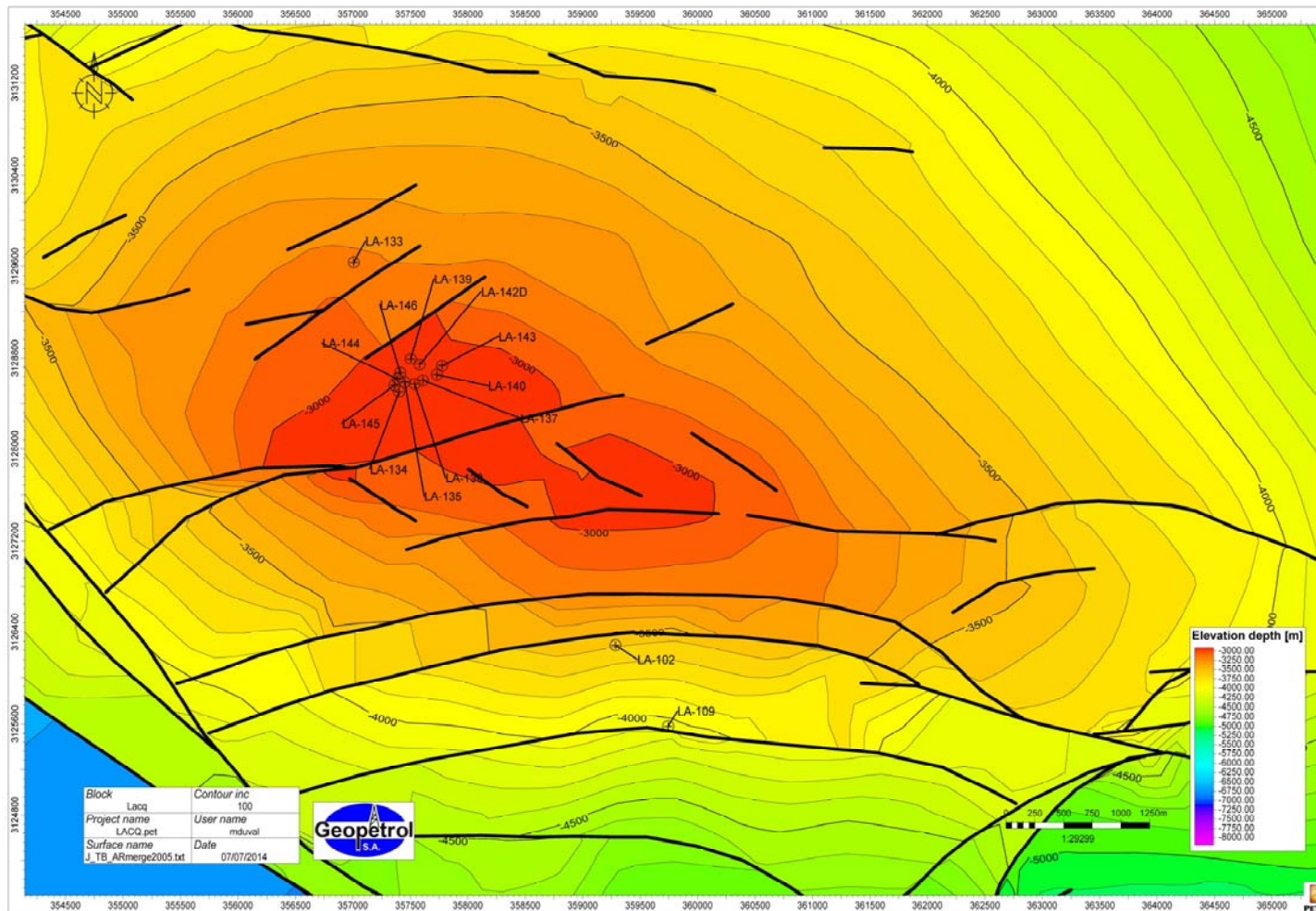
- ▶ 1974 : démarrage de l'injection d'effluents de SOBEGI Mourenx (ATG)
- ▶ 1996 : début de l'injection sur le LA 102
- ▶ 2002 : avis favorable du Conseil Supérieur des Installations Classées sur l'étude générale de sûreté
- ▶ 2003 : work over sur LA 109
- ▶ 2004 : installation d'une sonde sismique tri 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
- ▶ 2016 : Mesure de la pression statique au puits LA109 et LA144
- ▶ 2017 : Mesure de la pression statique au puits LA102 et LA135
- ▶ 2018 : Mesure de la pression statique au puits LA109 et LA135
- ▶ 2019 : Mesure de la pression statique au puits LA102 et LA135
- ▶ 21/10/2019 : Test d'injectivité LA102
- ▶ 28/10/2019 : Test d'injectivité LA109
- ▶ 2020 : Mesure de la pression statique au puits LA102 et LA135
- ▶ **Avril 2021 : Test d'injectivité LA102**
- ▶ **Octobre 2021 : Mesure de la pression statique au puits LA135**

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 = 20,1 bara
- ▶ Débit journalier moyen de gaz brut en 2021 : 338,8 kSm³/j
- ▶ Cumulé produit gaz brut @ fin Décembre 2021 : 254.85 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 »

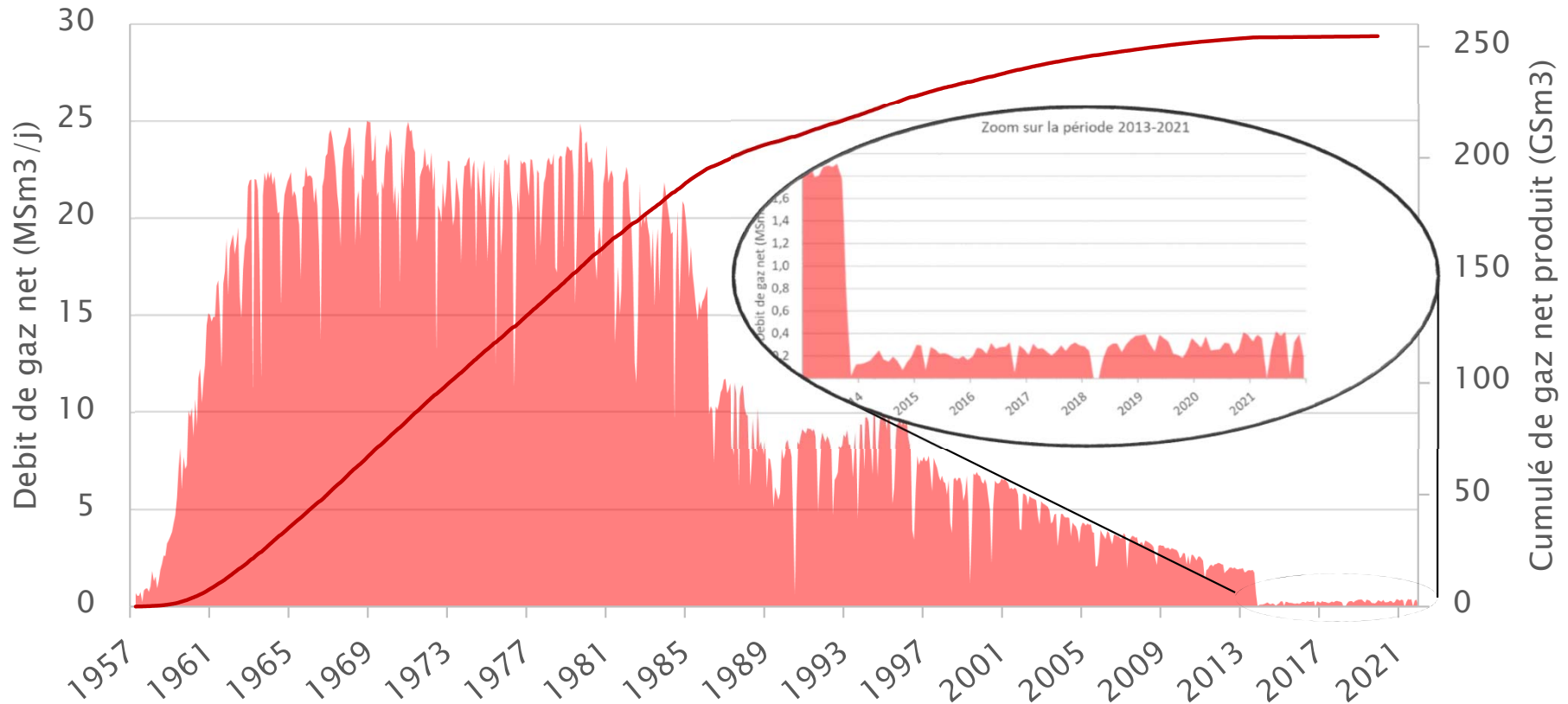
- ▶ **Puits observateur (article 40-3 et 42-2) :**
 - « L'exploitant communique tous les ans la liste des puits en observation »
 - « Une mesure de la pression fond statique est effectuée annuellement sur le puits observateur. »

- ▶ **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. »

Historique des productions de gaz

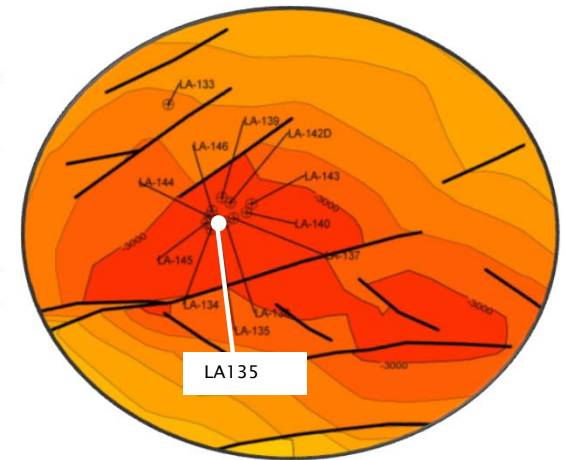
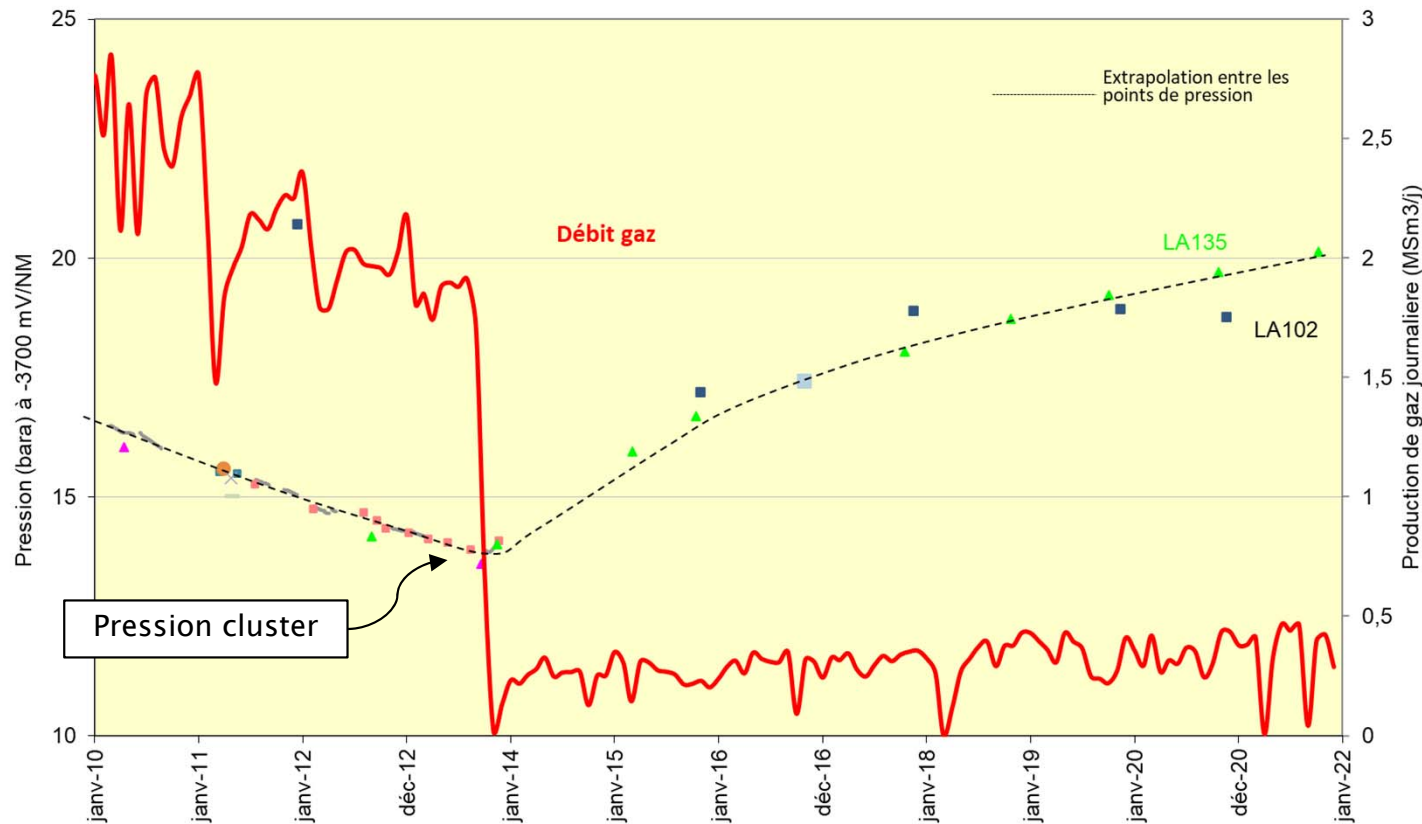
LACQ PROFOND : Production journalière de gaz 1957–2021



- ▶ Sept. 2013 : passage d'une production de **2 MSm³/j** de gaz à **~300 kSm³/j**
- ▶ Débit moyen de gaz brut en 2021 : **338,8 kSm³/j**
- ▶ Gaz cumulé produit (31/12/2021) = **254.85 Gsm³**

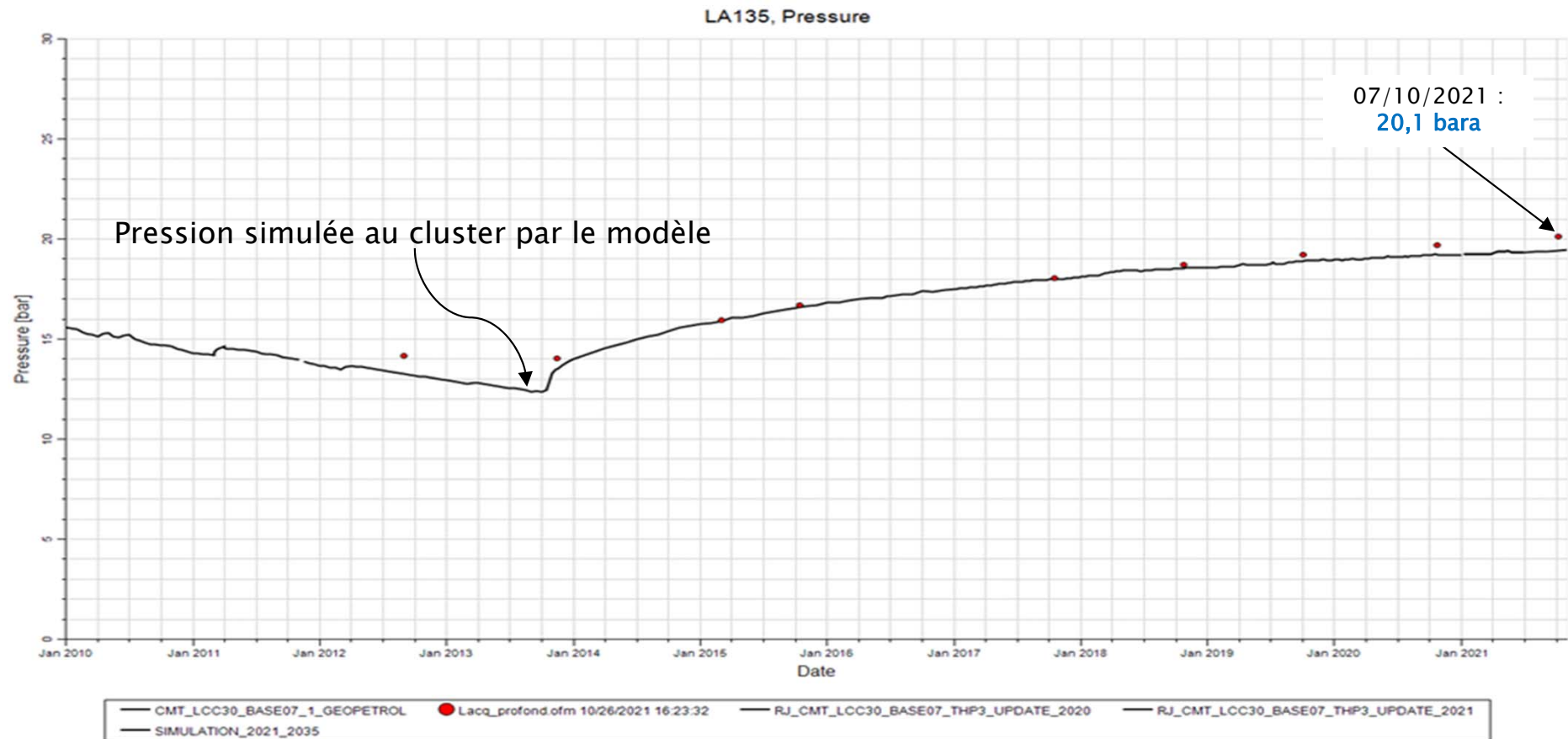
Historique des pressions statiques

Lacq Profond: Historique des mesures de pression de 2010 à 2021



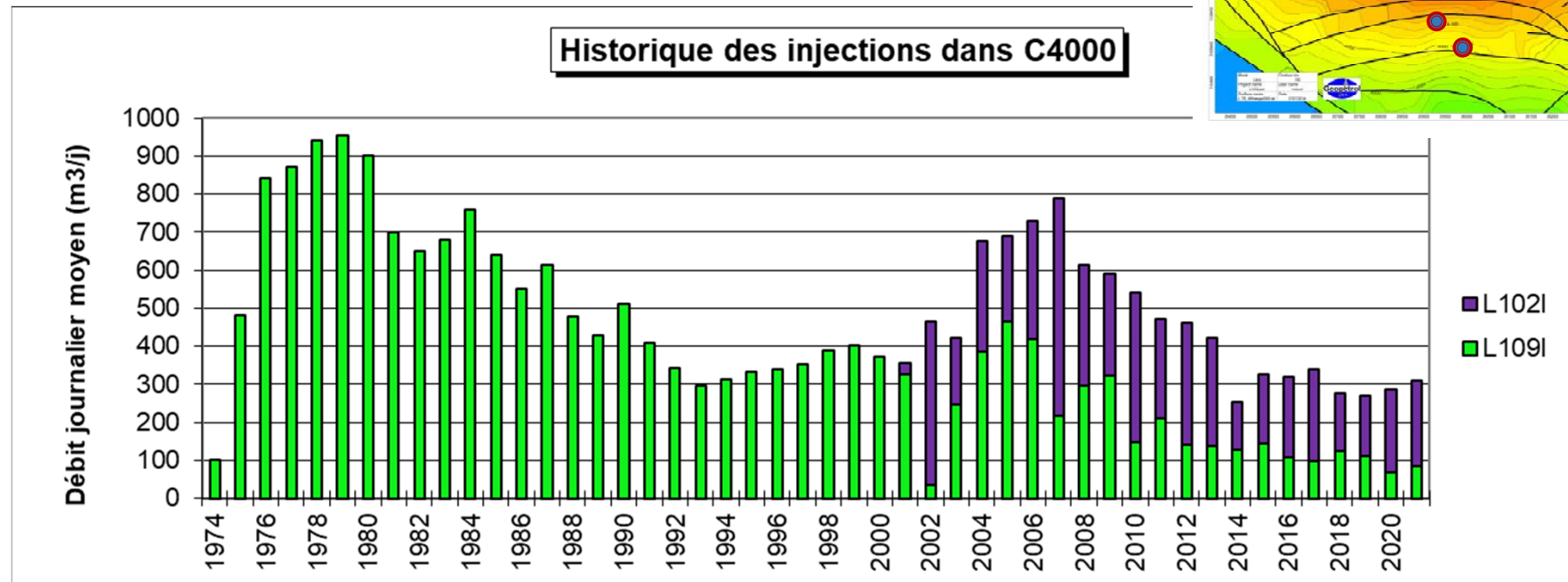
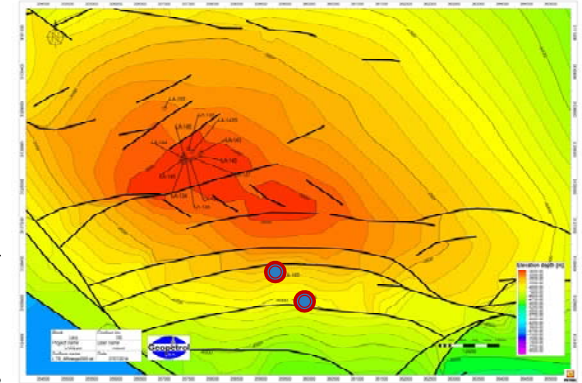
- ▶ Pression statique initiale (1957) : **663 bara @ 3700 m/NM**
- ▶ Remontée de la pression en **2013** suite a la diminution de la production de gaz
- ▶ Mesure de pression statique sur le puits observateur **LA135** le 07/10/2021 : **20,1 bara @ 3700mNM**

Mise à jour du modèle dynamique



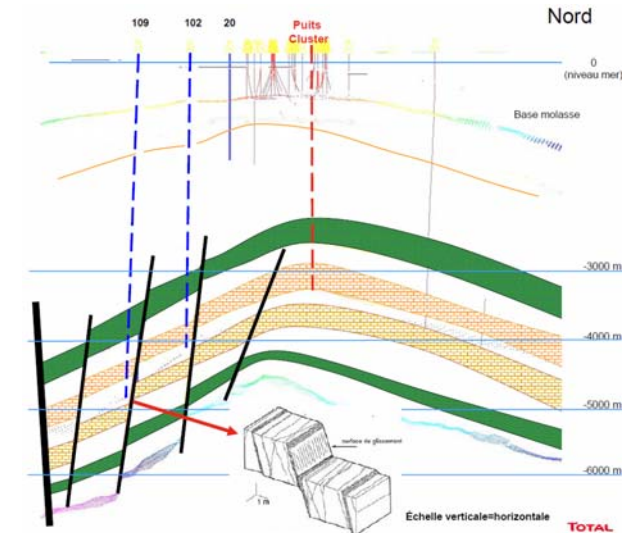
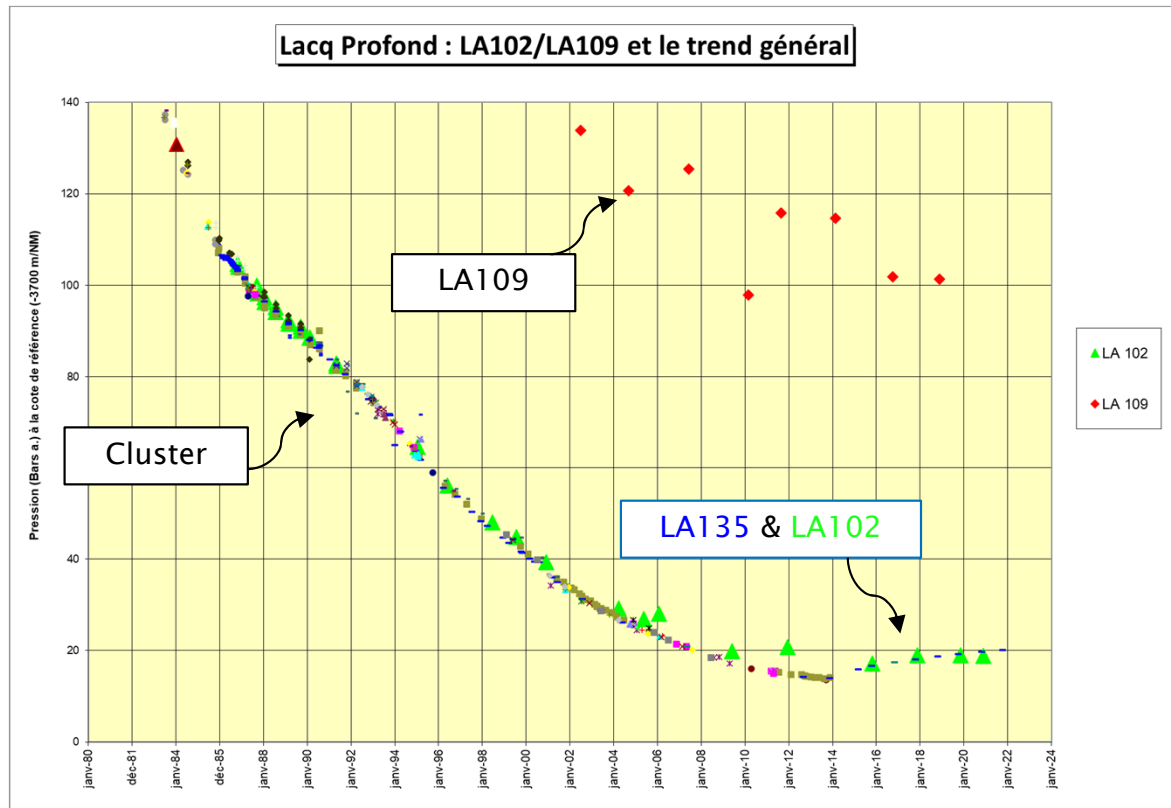
- ▶ La nouvelle donnée de pression d'octobre 2021 cale très bien avec les données issues du modèle dynamique qui permet de simuler le comportement du gisement.

Historique des injections au C4000



- ▶ Débit moyen 2021 = 308 m³/j (vs. 284 m³/j en 2020)
- ▶ Injections réalisées majoritairement dans le puits LA102 (73% des volumes injectés)

Historique des pressions statiques au C4000



- ▶ Pas de mesure de pression statique effectuée en 2021 sur les puits du C4000
- ▶ Mesure de pression au **LA102** (19/11/2020): **18,8 bara** @ 3700 m/NM (18,9 bars en 2019). Stabilité de la pression au puits LA102 alors que la pression du cluster a augmenté de 0,5 bars. sur la même période
→ Léger écart peut-être dû à un temps de stabilisation trop court entre l'arrêt de l'injection et la mesure de pression
- ▶ Dernière mesure de la pression au **LA109** (23/11/2018) : **101,4 bara** @ 3700 m/NM (102,7 bars en 2016).

Tests d'injectivité – LA102

	Puits	LA-102						
	Année Test	2006	2009	2011	2015	2019	2021 Pré-acide	2021 Post-acide
Zone d'injection	m/tr	4100-4150						
Pression statique gisement @ 3700m/nm	bara	28.1 +/- 0.2	19.9 +/- 0.2	20.7 +/- 1	16.7-17.1	18,93	18,77	
Pression stabilisée en injection à la jauge	bara	47-50	40-45	32-35	170-184	298,9	168	183,9
Débit d'injection pendant les tests	M3/jour	1920-2064	1968-2016	2196-2220	2256	1507,2	2426,9	2428,1
Pression de fond en injection @ cote d'injection m/rt	bara	83-87 @4150m	75-80 @4150m	61-65 @4150m	200-215 @4150m	319.7 @ 4150m	197,4 @ 4150m	213,5 @ 4150m
Indice d'injectivité	Sm³/j/bara	39.0	39.6	48.8	12	5.05	13,8	12,6

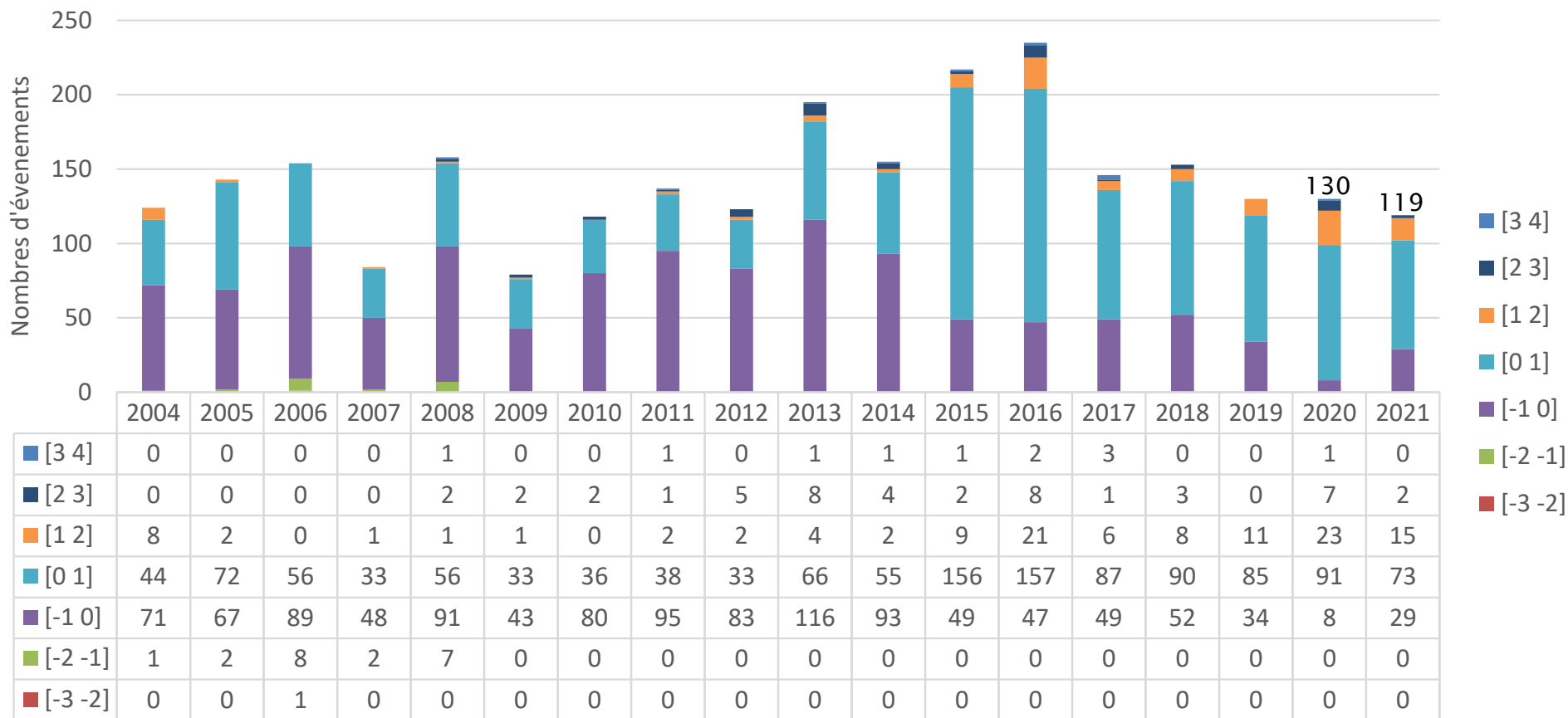
- ▶ L'indice d'injectivité a progressivement diminué entre 2011 et 2019.
 - ▶ L'injectivité s'est amélioré entre 2019 et 2021 mais n'a pas retrouvé son niveau de 2011.
 - ▶ L'acidification du réservoir n'a pas eu d'effet sur l'injectivité du puits
- La baisse d'injectivité ne semble pas venir d'une modification des propriétés du réservoir

Suivi sismique (LA 405)

- ▶ Mars 2004 : Mise en place d'une écoute sismique SAS. Elle permet d'observer les microséismes 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 tri-axiaux 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 hebdomadaires / annuels et quinquennaux
 - Alertes et rapports évènementiels (pannes et évènements de plus forte sismicité)
 - Installation d'un module redresseur de signal en 2018 pour une meilleure identification des évènements basse fréquence
- ▶ Croisement des données avec le réseau sismique national (RENASS, CSEM, CEA) pour la magnitude des évènements d'amplitude > 2.5

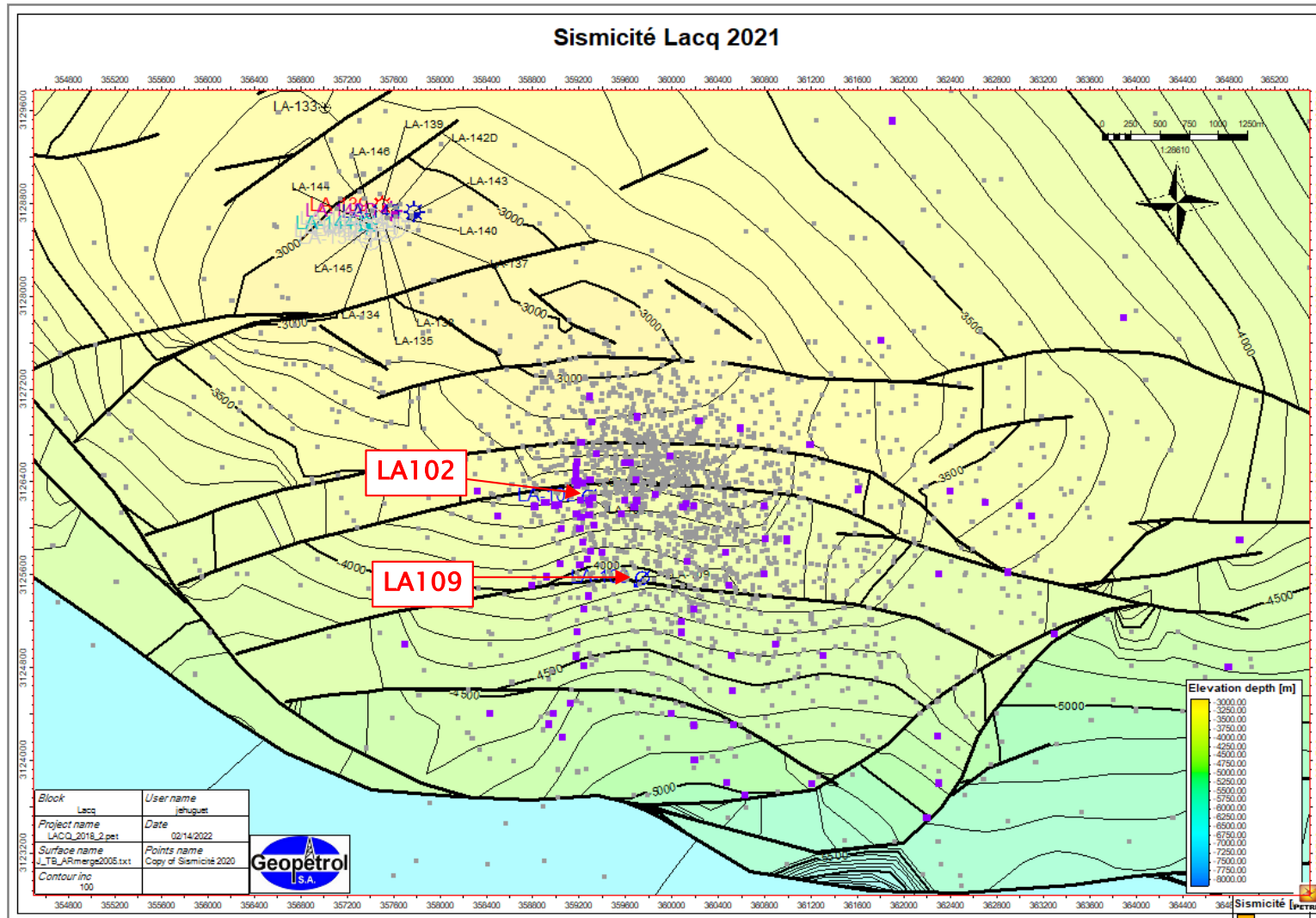
Suivi sismique

Nombre d'événements en fonction de la magnitude
2004 - 2020



- ▶ Légère baisse du nombre d'événements sismique entre 2020 et 2021

Localisation des évènements sismiques de 2004 à 2021

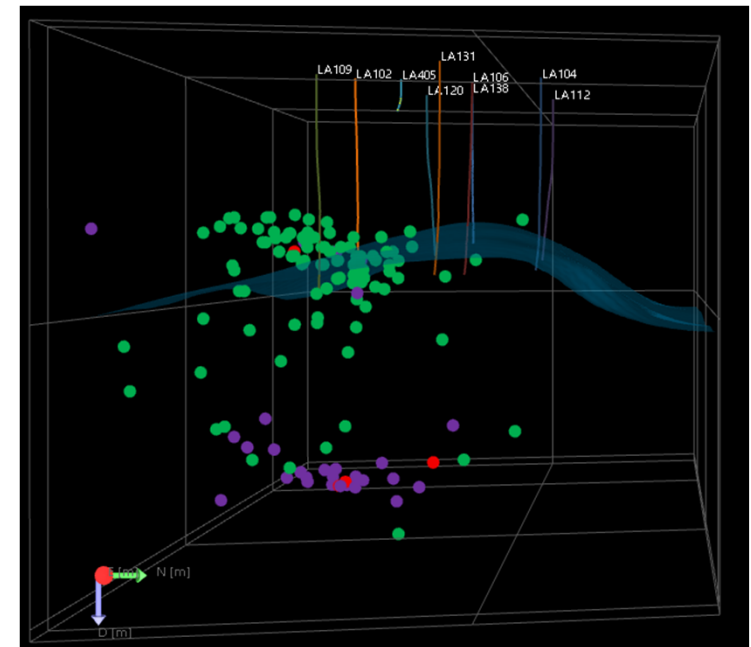


Les séismes se concentrent autour de la zone d'injection du C4000

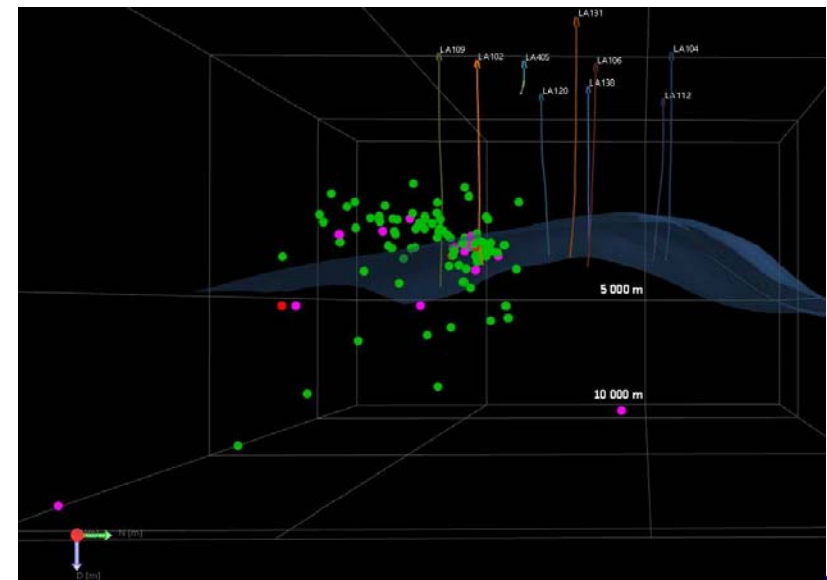
Localisation des évènements sismiques en 2021

- ▶ Vue en 3D du réservoir de Lacq profond
- ▶ Localisation des évènements sismiques enregistrés représentés par les sphères:
 - En vert: les évènements de magnitude < 1
 - En violet: les évènements de magnitude entre 1 et 2
 - En rouge: les évènements de magnitude > 2
- ▶ Peu d'évènements profonds de magnitude > 1 en 2021

2020



2021



Perspectives 2022

- ▶ Fin des travaux d'entretien de la passerelle P3bis
- ▶ Intervention (Work-Over) sur le puits LA109

Merci de votre attention

