

Les stockages souterrains d'hydrocarbures

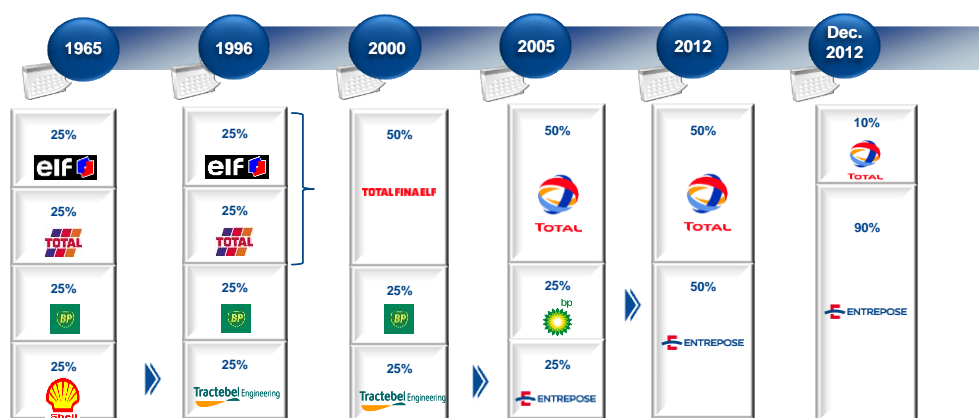
Compte rendu de la conférence du 6 janvier 2016

Par **Jean-Michel NOE**
Président de GEOSTOCK-ENTREPOSE

Histoire d'une PME française devenue leader mondial dans son domaine

Au préalable, Jean-Michel NOE, Ingénieur de l'Ecole Centrale de PARIS, fait un bref historique de son entreprise et de son évolution dans le monde des hydrocarbures. Créée en 1965, suite à la fermeture du canal de SUEZ de 1956 et à l'obligation faite aux opérateurs de disposer d'au moins trois mois de réserves, GEOSTOCK avait pour actionnaires, à parts égales, 4 pétroliers : les français ELF et TOTAL et les filiales françaises de BP et SHELL. L'actionnariat est resté constant pendant plus de 30 ans et actuellement GEOSTOCK est détenue à 90% par ENTREPOSE, du groupe VINCI

Figure 1 : évolution de l'actionnariat



A l'origine, GEOSTOCK avait pour objectif d'étudier, de construire et d'exploiter, en France et pour le compte de ses actionnaires qui souhaitent mutualiser leurs moyens, des stockages souterrains d'hydrocarbures. Ainsi furent construits, en s'inspirant des expériences aux USA, les stockages de :

- **GEOSSEL Manosque** : 28 cavités obtenues par dissolution dans une couche de sel entre 600 et 1200 mètres de profondeur et représentant 9 millions de m³ pour stocker du brut, du naphta, du gazole....Première mise en service en 1969
- **GEOGAZ Lavera** : stockage de 125 000 m³ de propane en cavité minée dans le calcaire à 100 m de profondeur En service en 1971
- **GEOVEXIN Gargenville** : stockage de 130 000 m³ de propane en cavité minée dans la craie à 130 m de profondeur. En service en 1974
- **GEOMINES** : conversion d'une ancienne mine de fer près de Caen en stockage de 5 millions de m³ de fuel lourd dans 120 km de galeries. En service en 1972 et pendant 15 ans.

Ces gros investissements faits au début des années 1970, le marché français présentait des perspectives de développement limitées ; s'appuyant sur son expérience de conception/construction de stockages mais aussi d'exploitant, GEOSTOCK s'est alors tournée vers des pays en développement qui avaient un besoin d'équipement dans le domaine des hydrocarbures. Ainsi dans les années 1980 furent construites, en Corée du Sud, les cavités minées d'ULSAN, YOSU et PYONGTAEK 1, les stockages de GPL de MOHAMMEDIA au MAROC en cavités salines ou ceux de TUZANDEPELT au Mexique

L'entreprise est devenue le leader mondial dans son domaine et intervient sur les cinq continents

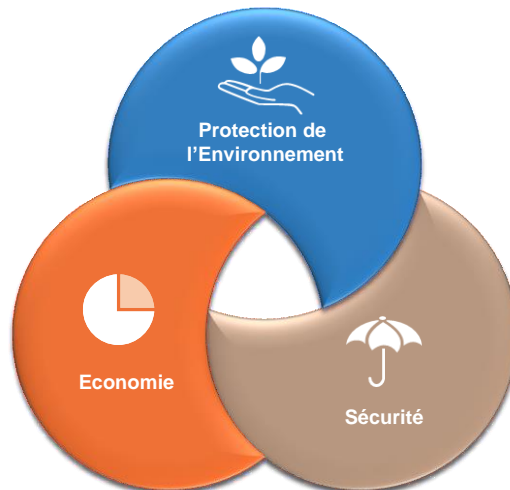


Principales références

Les stockages souterrains

- les avantages du stockage souterrain sont résumés dans le schéma ci-dessous

- Respectueux de l'environnement
- Faible impact au sol
- Faible impact visuel
- Faible impact sociétal



- Compétitivité Investissement
- Exploitation
- Longue durée de vie
- Faible maintenance
- Site plus sûr
- Site mieux sécurisé
- Plus résistant aux séismes

- les techniques de stockages souterrains et leurs applications dérivent :

- de l'industrie pétrolière et des forages pour les cavités salines, les stockages en aquifères et les champs déplétés à moyenne ou grande profondeur. Pour les cavités salines on procède d'abord au forage du puits, avec une double cimentation pour protéger les nappes aquifères ; la cavité de stockage est créée dans la couche de sel par un lessivage à l'eau douce ; cette technique nécessite de disposer sur le site de très importantes quantités d'eau douce et de pouvoir stocker ou rejeter les volumes de saumure saturée produits. Ces cavités, en forme de

grandes bouteilles dont le diamètre peut atteindre 60 m et la hauteur plus de 300 m, à des profondeurs de près de 1 500 m (GEOMETHANE à Manosque) offrent des volumes unitaires de 200 à 500 000 m³. Pour éviter que la cavité construite ne se referme sous l'effet du fluage du sel les cavités sont toujours maintenues « pleines » : de saumure saturée (quand il n'y a pas de produit) ou d'hydrocarbure liquide (pétrole brut, naphta, gazole...). L'exploitation se fait par substitution alternative entre hydrocarbure et saumure. Lors du remplissage, la saumure évacuée est stockée dans des bacs de rétention en surface pour être réinjectée lors de la vidange suivante. Pour les stockages de gaz naturel, celui-ci est injecté sous forme gazeuse à très forte pression (de l'ordre de 30 MPa) qui s'oppose au fluage du sel et l'exploitation se fait entre dans un domaine de pression bien précis. Outre leur faible encombrement au sol pour un volume important, les cavités salines présentent l'avantage de pouvoir – au cours de leur vie – être agrandies par un lessivage additionnel.

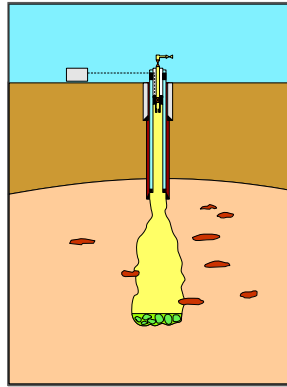
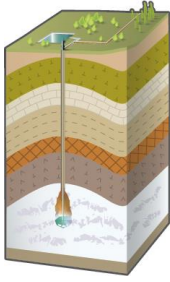


Schéma de principe d'une cavité saline

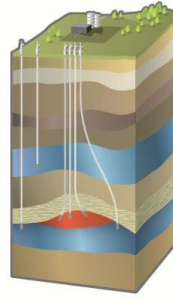
- **des travaux publics souterrains** pour les cavités minées revêtues ou non revêtues. L'accès à ces cavités se fait par un puits foncé depuis la surface avec, si nécessaire, le passage des alluvions de surface sous la protection d'une paroi moulée. Ce puits a un diamètre adapté au volume de la cavité à creuser ; il est souvent de l'ordre de 6 mètres et utilisé ultérieurement comme puits d'exploitation après fermeture par un bouchon de béton et remplissage en eau pour assurer une étanchéité hydraulique. Quand les conditions géologiques le permettent, ce puits peut être remplacé par une descenderie, de pente 15% environ, qui permet l'utilisation d'engins de transport des déblais plus importants d'où un gain de rendement dans le creusement de très gros stockages ; ce fut le cas pour les stockages de GARGENVILLE, PYONTAEK ou SHANTOU. Dans ce cas, le ou les puits d'exploitation sont réalisés par forage depuis la surface.

Dans ces cavités minées, dont certaines peuvent atteindre des volumes de plusieurs centaines de milliers de m³ (1.5 million m³ à SINGAPOUR), les galeries constitutives du stockage ont des sections de creusement importantes, de 300 m² à 500 m². La rentabilité économique de ce type de stockage impose, sauf cas particulier, que les galeries ne soient pas revêtues et ne nécessitent pas de soutènement ou un soutènement très léger (boulons et béton projeté). Le choix de l'horizon géologique du stockage est donc **fondamental** ; il nécessite des études approfondies faisant appel aux géosciences (géophysique, géologie, géotechnique, hydrogéologie, études sismiques) à partir d'études préliminaires complétées par un certain nombre de sondages et de mesures in-situ développées lors de l'étude de faisabilité et l'ingénierie de base. Les roches concernées peuvent être sédimentaires (calcaire, craie, grès) ou éruptives (granite, gneiss) La sécurité de ces stockages repose, pour les ouvrages souterrains, sur le principe de l'**étanchéité hydraulique** : à tout instant la tension de vapeur – à la température de la roche - du produit stocké, majorée d'un coefficient de sécurité, doit être inférieure à la pression hydraulique régnant dans le massif. En d'autres termes, si une fissure se crée dans la roche on n'assiste pas à une fuite du produit mais à une entrée d'eau dans la cavité ; cette eau, en général plus dense que le produit, se concentre dans un puisard, sous le puits d'exploitation, et elle peut être extraite par une pompe dédiée. Pour les roches à faible perméabilité, cette étanchéité est améliorée par la construction d'un **rideau d'eau** constitué de forages horizontaux, alimentés en eau, s'étendant au-dessus de la cavité et forés à partir d'une galerie spéciale à 15 ou 20 m du toit du stockage. L'exploitation utilise différentes tuyauteries installées dans le puits du même nom dont les fonctions sont les suivantes : remplissage, pompage du produit, pompage de l'eau, contrôle de la pression.....etc. Les produits stockés dans ce type de cavité sont soit des hydrocarbures liquides (pétrole brut, gazole, kérosène, naphta...) soit des Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL) tels le propane ou le butane, en phase liquide avec un ciel gazeux.



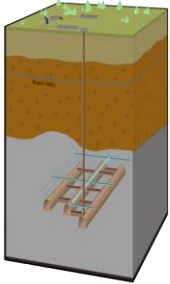
Cavités salines

- Gaz naturel
- Hydrocarbures liquides
- Hydrocarbures liquéfiés
- Air comprimé
- Hydrogène



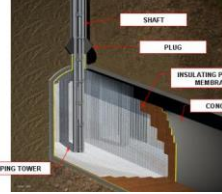
Champs déplétés & Aquifères

- Gaz naturel
- Air comprimé
- CO₂



Cavités minées (non revêtues)

- Gaz naturel
- Hydrocarbures liquides
- Hydrocarbures liquéfiés



Cavités minées (revêtues)

- GNL (Gaz naturel liquéfié)
- GNC (Gaz naturel comprimé)

Les différentes techniques de stockage souterrain d'hydrocarbures

Quelques exemples de réalisations

- en cavités salines :

Stockage de **TUZANDEPETL au Mexique** pour la société PEMEX : 1.5 millions de m³ de pétrole brut dans 12 cavités salines



Tête de puits

- 12 Cavités
- Profondeur : toit des cavités: de 565 à 725 m
base des cavités : de 840 à 1 000 m
- Hauteur : 250 m
- Volume unitaire des cavités de 140 à 200 000 m³
- Débit de remplissage : de 650 à 1 000 m³ /h
- Débit de pompage : de 650 à 1 000 m³ /h
- Début de la construction – 1 984
- Réception : 1 992

- Etudes préliminaires et de faisabilité
- Ingénierie de base et de détail
- Maîtrise d'œuvre construction
- Réception, tests et mise en service

Caractéristiques

Rôle Geostock

- en cavités minées :
 - o stockage de **LAVERA** pour la société **PRIMAGAZ** : 98 000 m³ de propane

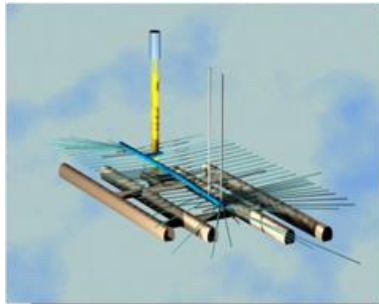


Schéma de l'ouvrage

- Galeries parallèles - Calcaire
- Longueur: 776 m - Section 110 m²
- Profondeur: 142 m
- Débit de remplissage: 1 000 m³ /h (tankers de haute mer)
- Débit de pompage: 960 m³ /h (3 postes de chargement camions, 6 postes de chargement wagons, bateaux cabotage)
- Début de la construction: 1994
- Réception: 1997

Caractéristiques



Galerie excavée

- Etudes préliminaires et de faisabilité
- Ingénierie de base et de détail
- Maîtrise d'œuvre construction
- Réception, tests et mise en service
- Assistance pour les autorisations administratives
- Formation des opérateurs et préparation des documents d'exploitation
- Assistance à l'exploitation

Rôle Geostock

- o stockage de **PYONGTAEK** (Corée du Sud) pour la société **SK GAS** : 270 000 m³ de propane

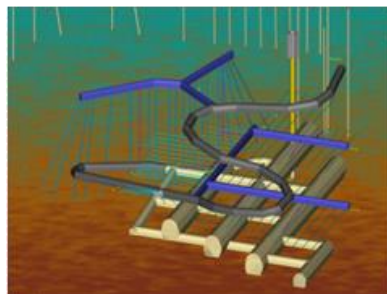


Schéma de l'ouvrage



Galerie excavée

- Galeries parallèles – Gneiss
- Profondeur: 137 m
- Longueur: 740 m
- Section: 320 m²
- Débit de remplissage: 2 000 m³ /h (tankers de haute mer)
- Débit de pompage: 960 m³ /h (7 postes de chargement camions, et bateaux cabotage)
- Début de la construction: 1996
- Réception: 1999

- Etudes préliminaires et de faisabilité
- Ingénierie de base
- Assistance à l'ingénierie de détail et aux commandes
- Supervision de la construction, réception, tests et mise en service
- Assistance à l'exploitation

Caractéristiques

Rôle Geostock

Les métiers de Geostock

L'activité de l'entreprise couvre toute la gamme des actions nécessaires à la vie d'un stockage d'hydrocarbures, où l'on peut distinguer 3 grandes étapes :

- **Le Conseil et le Design**, depuis les études préliminaires techniques et économiques jusqu'à l'ingénierie de base
- **Le Management de la Construction** jusqu'aux tests de mise en service et à la formation des opérateurs
- **La Gestion et l'Exploitation** de l'ouvrage ainsi que sa maintenance.

De son activité d'exploitant elle tire un « retour d'expérience » précieux pour les nouveaux projets et les nouveaux clients. Ceci implique pour elle d'avoir, dans tous les domaines, des ingénieurs et techniciens spécialistes compétents aussi bien dans les sciences de la terre que dans le process pétrolier ou la réglementation. Ces ingénieurs doivent travailler en équipes pluridisciplinaires, être ouverts sur le monde, sur d'autres cultures, parler une ou plusieurs langues étrangères et être prêts à s'expatrier à l'autre bout du monde. La valeur de la société est son capital humain, ce qui implique une culture d'entreprise qui génère une fidélisation du personnel. Elle n'a pas de secret de fabrication, mais un savoir-faire et une expérience, entretenus par une innovation permanente.

Conclusion

En conclusion Jean-Michel NOE rappelle que l'histoire industrielle est faite de cycles et qu'il faut savoir **résister lors des cycles bas** et **absorber les cycles hauts** ; cela implique une diversification géographique, une croissance organique ou externe en s'inscrivant dans les « temps longs » (ou « courts ») des projets. Il est convaincu que l'on aura encore pendant longtemps besoin de stockages massifs d'hydrocarbures notamment dans les pays neufs où la consommation d'énergie explose (Asie, Amérique du Sud), mais aussi – et pour des raisons écologiques – dans les pays très industrialisés.

Et demain on stockera en souterrain du CO₂ et de l'hydrogène.... !

Compte-rendu rédigé par
Jean Estivalet (E59)

Les transparents présentés lors de cette conférence sont accessibles sur le site : www.mines-energie.org/conferences.html

