



geostock

The international key player in underground storage

Panorama du stockage souterrain de l'énergie

Patrick de Laguérie

Journée CFMR du 6 décembre 2012





- **Quels produits stocke t'on**
- **Techniques de stockage**
- **Rôle des stockages**
- **Les stockages en France et dans le Monde**
- **Nouvelles Energies - tendances**



Quels produits stocke t'on?



geostock

- **Principalement des hydrocarbures**
 - **Gaz naturel**
 - **Liquides: brut, essence, gazole, naphta, etc**
 - **Gaz liquéfiés: propane, butane**
 - **Ethylène, propylène, éthane**
- **Mais aussi**
 - **Air comprimé**
 - **Hydrogène**
 - **Déchets industriels (en vrac ou en colis)**
 - **Déchet radioactifs: en colis**
 - **Séquestration du CO₂: sous pression, supercritique**



- **Liquides: brut, essences, gazole, naphta**
- **Liquéfié:**

	Pressurisé	Cryogénique
--	-------------------	--------------------
- propane:

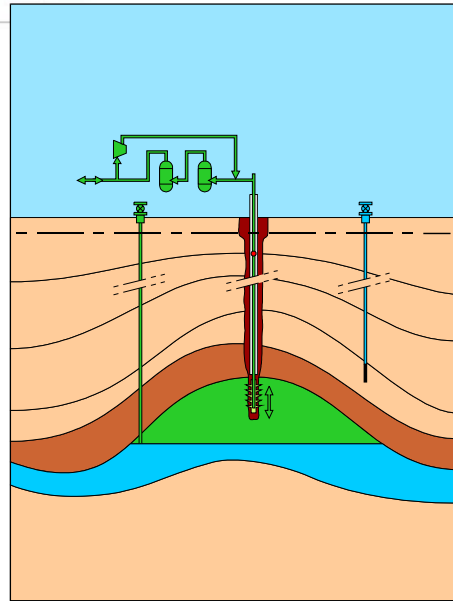
	15°C et 8bar a	-45°C et 1bar a
--	----------------	-----------------
- butane

	15°C et 3 bar	-5°C et 1 bar
--	---------------	---------------
- **Gazeux**
- Gaz naturel (>90% de CH₄)
 - **Liquide uniquement à très basse température: GNL - 162°C**
 - **Gazeux : 1Nm³ = 10,5kWh 1000Nm³= 0,9Tep**
- Ethylène, hydrogène, (air comprimé)

TECHNIQUES DE STOCKAGE



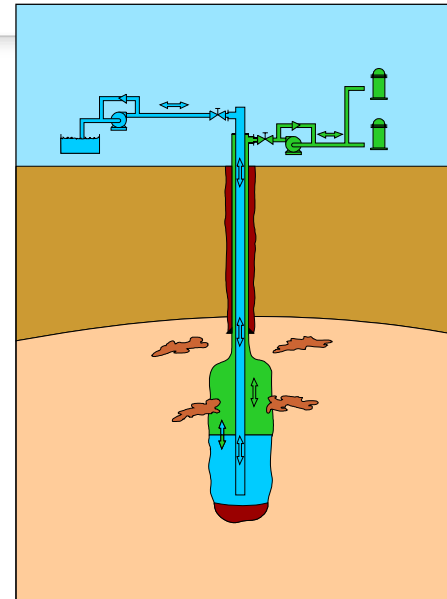
geostock



AQUIFERES CHAMPS DEPLETES

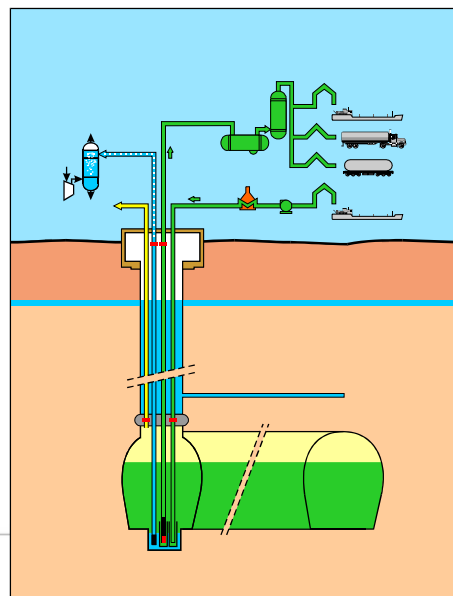
Gaz naturel
uniquement

Demain:
CO₂,
air comprimé ??



CAVITES LESSIVEES DANS LE SEL

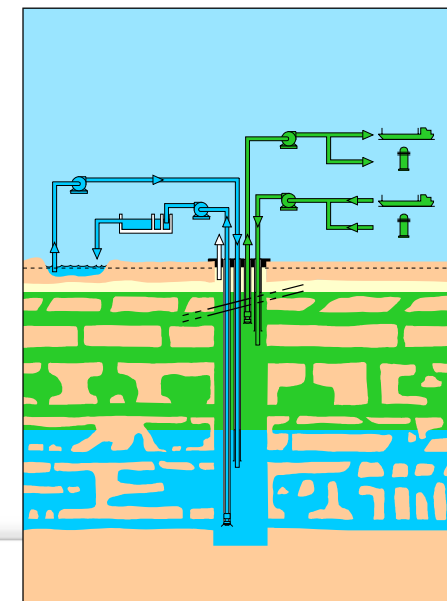
Gaz naturel
Pétrole brut et raffiné
GPL
Air comprimé
Hydrogène



CAVITES MINEES

GPL
Pétrole brut et raffiné

Demain:
gaz naturel,
air comprimé?



MINES ABANDONNEES

Produits liquide
Gaz naturel

Demain:
Air comprimé



- **Gisement épuisés: gaz naturel gazeux sous pression, variation de la pression et du volume de la bulle de gaz**
- **Cavités salines:**
 - **Gaz naturel, H₂, Air comprimé: gazeux, entre P_{max} et P_{min}**
 - **Liquide ou liquéfiés: par balancement de saumure**
- **Aquifère: idem gisement**
- **Cavités minées:**
 - **liquides ou liquéfiés : en équilibre liquide – vapeur + pompes immergés**
 - **Gaz naturel: entre P_{min} et P_{max}**
 - **Mines abandonnées : idem cavités minées**



- 1915 Première expérience sur un gisement (Ontario, Canada)
- 1916 Premier stockage en gisement déplété (Zoar, Buffalo, Etat de New-York, Etats-Unis)
- 1940 Premier stockage de liquide en cavités salines
- 1946 Premier stockage en aquifère (Kentucky, Etats-Unis)
- 1954 Premier stockage en Europe (Allemagne)
- 1961 Premier stockage de gaz en cavités salines (Michigan, Etats-Unis)
- 1963 Premier stockage en mine abandonnée (Colorado, Etats-Unis)
- Gaz naturel
 - 11 sites en 1930, pour un volume utile de 500 millions de m³
 - 75 sites en 1945, pour un volume utile de 12 milliards de m³
 - Aujourd'hui, plus 600 sites environ pour un volume utile de 310 milliards de m³



et en France



Nom	Année	Produit	Nature
Beynes sup	1956	Gaz naturel	Aquifère
Lussagnet	1957	Gaz naturel	Aquifère
Carresse	1962	Propane	Cavité salines
Saint Illiers	1965	Gaz naturel	Aquifère
Chémery	1968	Gaz naturel	Aquifère
Manosque	1969	Petrole brut	Cavités salines
Cerville	1970	Gaz naturel	Aquifère
Tersanne	1970	Gaz naturel	Salin
May/orne	1970	Gazole...	Mine de fer abandonnée
Etc.			...

Les stockages souterrains d'hydrocarbures liquides et gazeux en France



Geostock



□	Stockage en nappe aquifère (□ en projet)	■	Gaz naturel
○	Stockage en gisement déplété (○ en projet)	■	Hydrocarbures liquides
△	Stockage en cavité saline	■	Propylène
▽	Stockage en cavité minée (▽ en projet)	■	GPL
◇	Stockage en mine abandonnée (arrêté)		



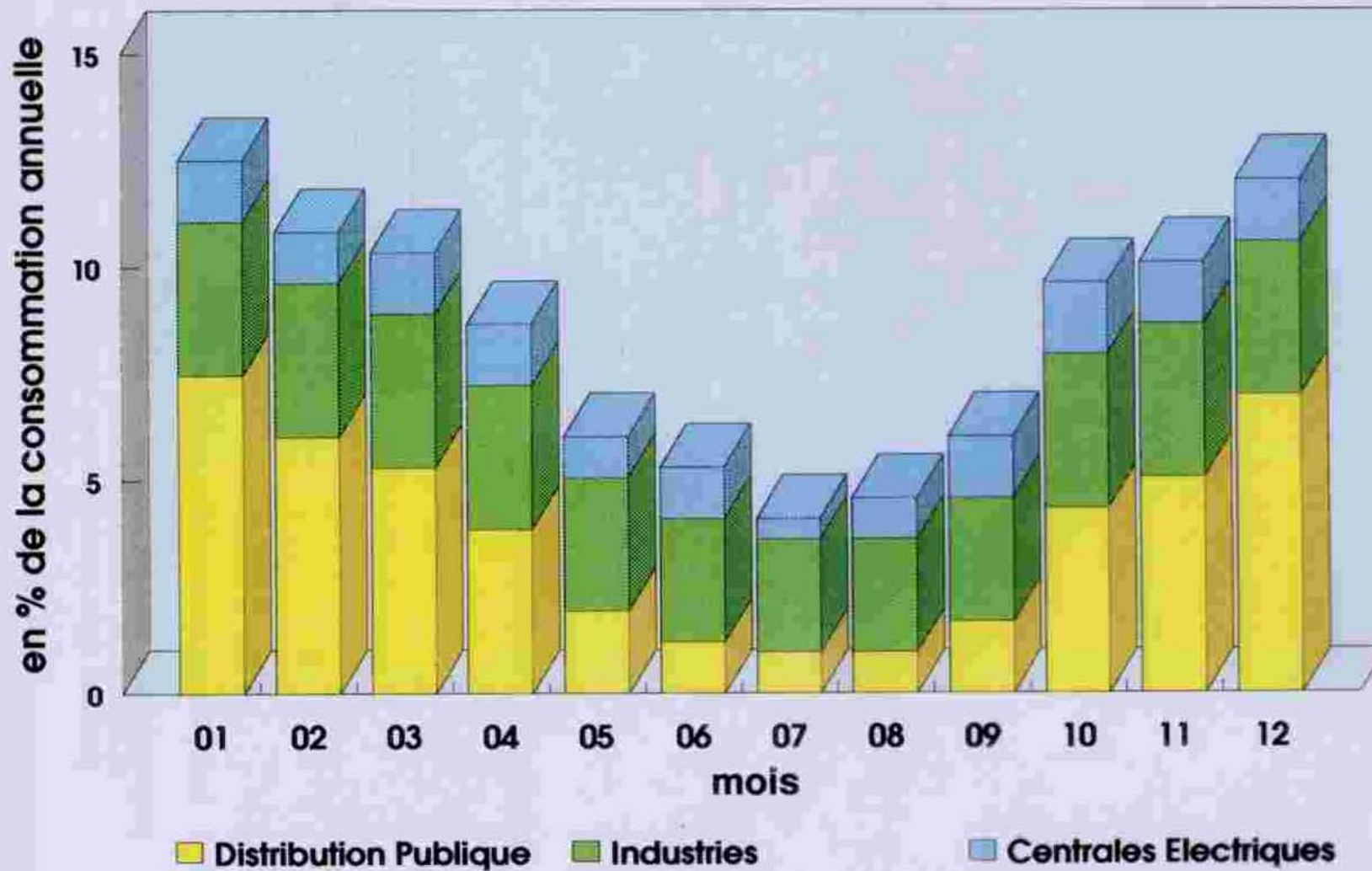
LE ROLE DU STOCKAGE SOUTERRAIN



geostock

- **Stockage stratégique: crise de Suez, la loi (et l'AIEA) impose aux pétroliers (yc les distributeurs: hypermarchés etc.) 3 mois de réserve : pétrole brut surtout, produit raffinés aussi**
- **Stockage saisonnier et de sécurité d'approvisionnement : gaz naturel**
- **Stockage pour écrêtage des pointes : gaz naturel**
- **Stockage opérationnel:**
 - **Au pied des terminaux de réception: principalement GPL et GNL**
 - **Stock tampon et de sécurité pour les raffineries et la consommation : pétrole brut et raffiné**
- **Stockage spéculatif**

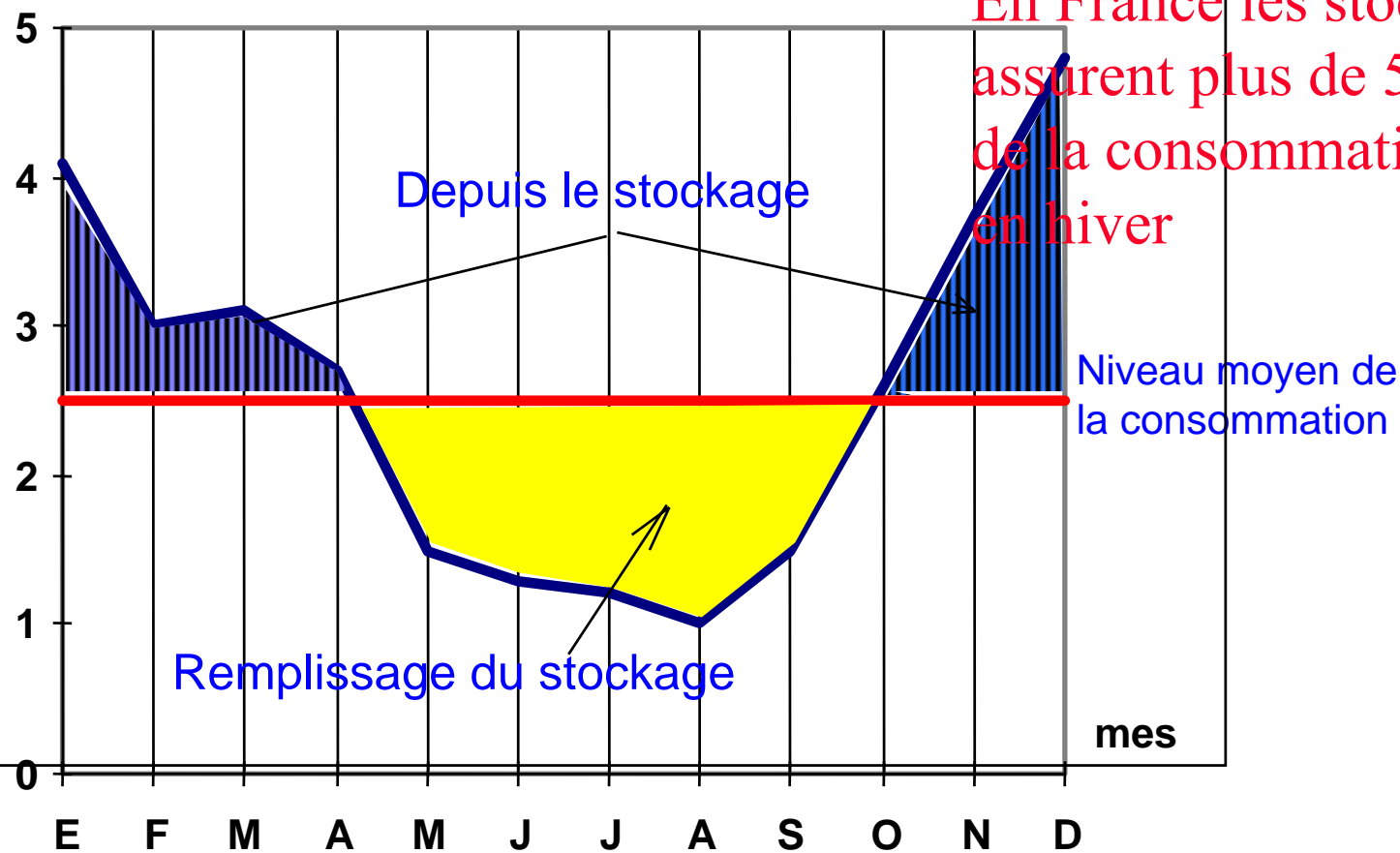
COURBE TYPE DE LA CONSOMMATION ANNUELLE DE GAZ D'UN PAYS D'EUROPE





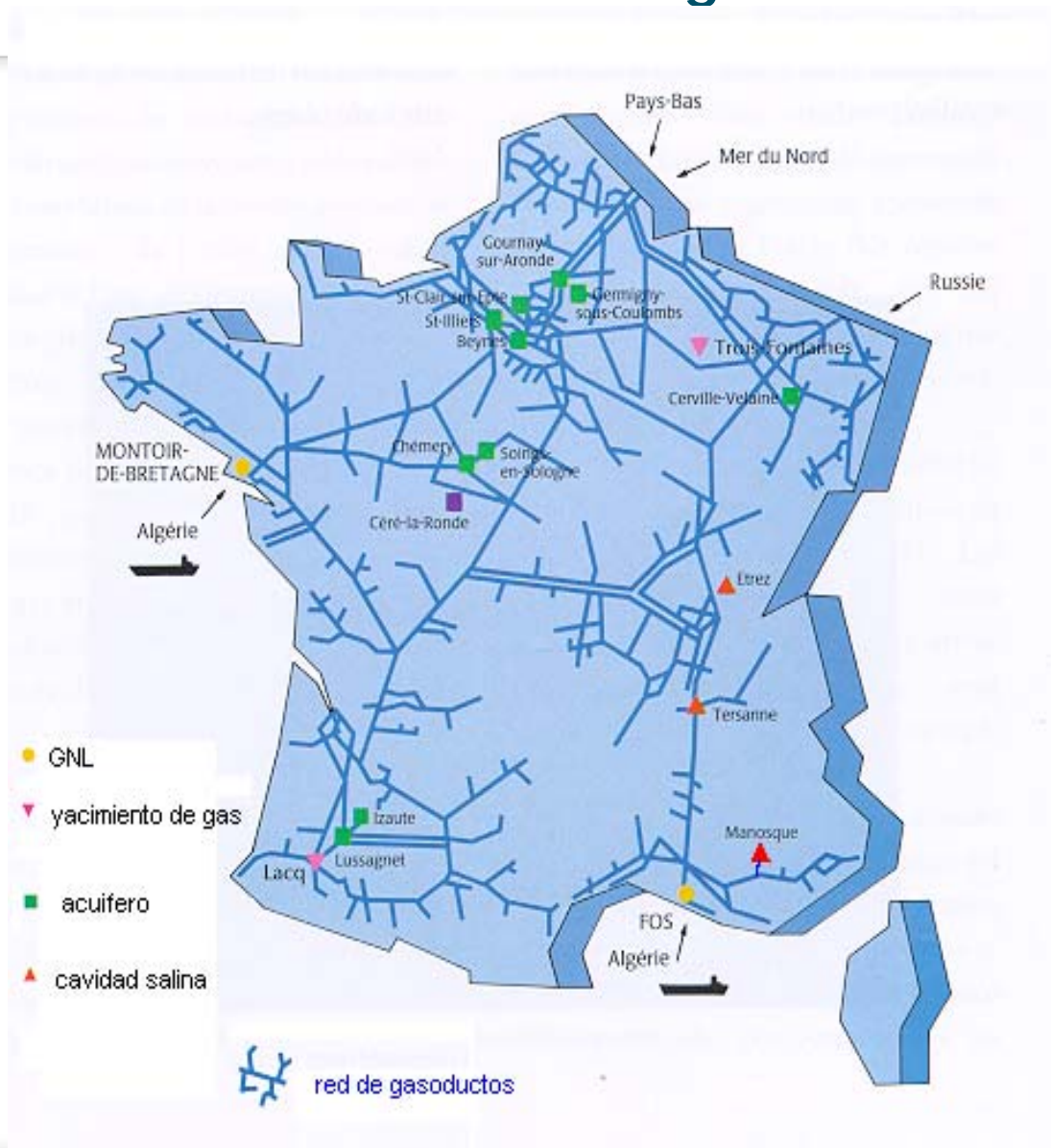
VARIATION SAISONNIERE DE LA CONSOMMATION DE GAZ NATUREL

$10^6 \text{ m}^3/\text{mois}$





FRANCE : Réseau de gazoducs et stockages

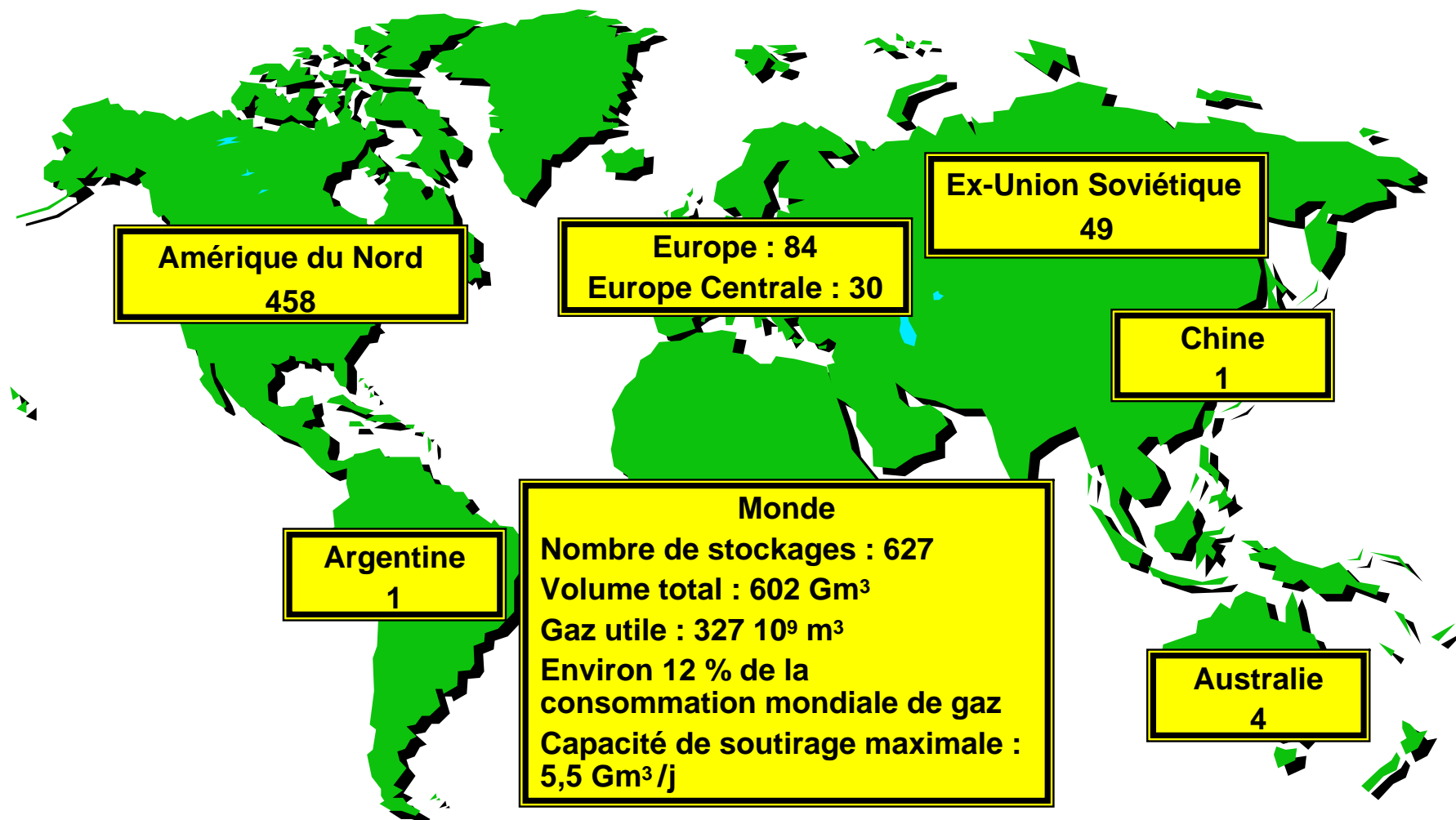




- **Stockage de gaz naturel : plus de 600 sites de stockage**
 - **Stockage de pétrole brut et raffiné: une cinquantaine de sites cavités salines principalement mais aussi cavités minées (Scandinavie, et projets en cours e nAsie)**
 - **Stockage de GPL : une cinquantaine de sites : cavités minées et cavités salines**
-



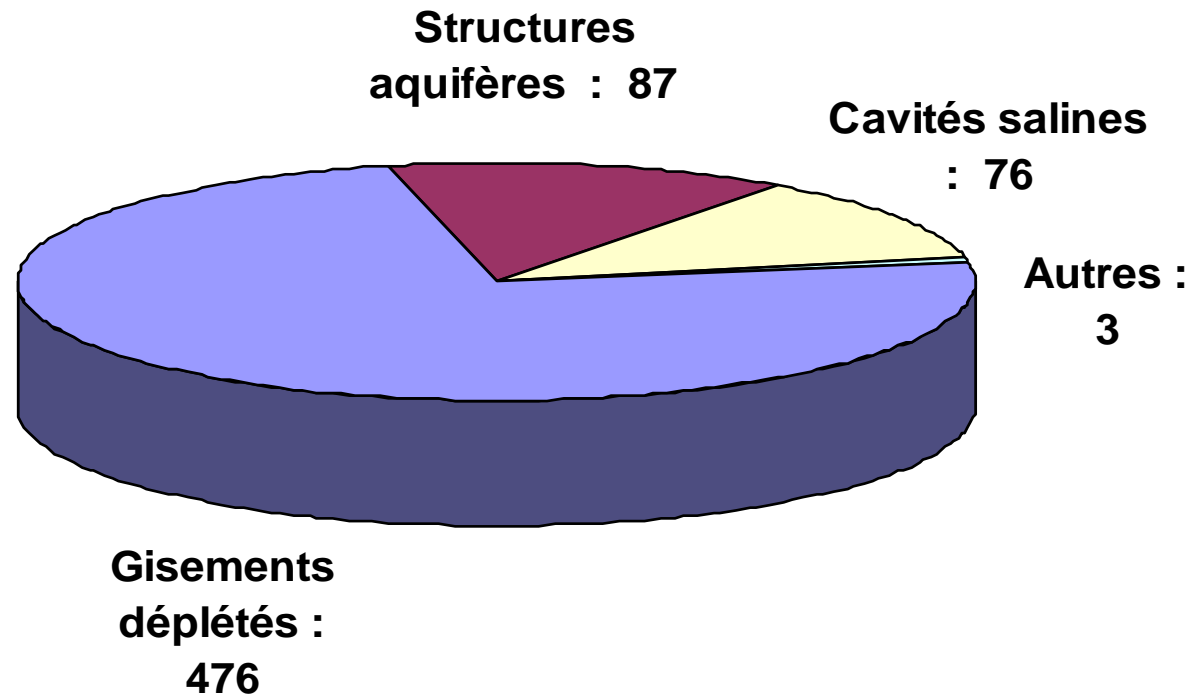
Les stockages souterrains de gaz naturel dans le monde





Stockage de gaz naturel dans le monde

Répartition par type de stockage



Source : CEDIGAZ, 2010

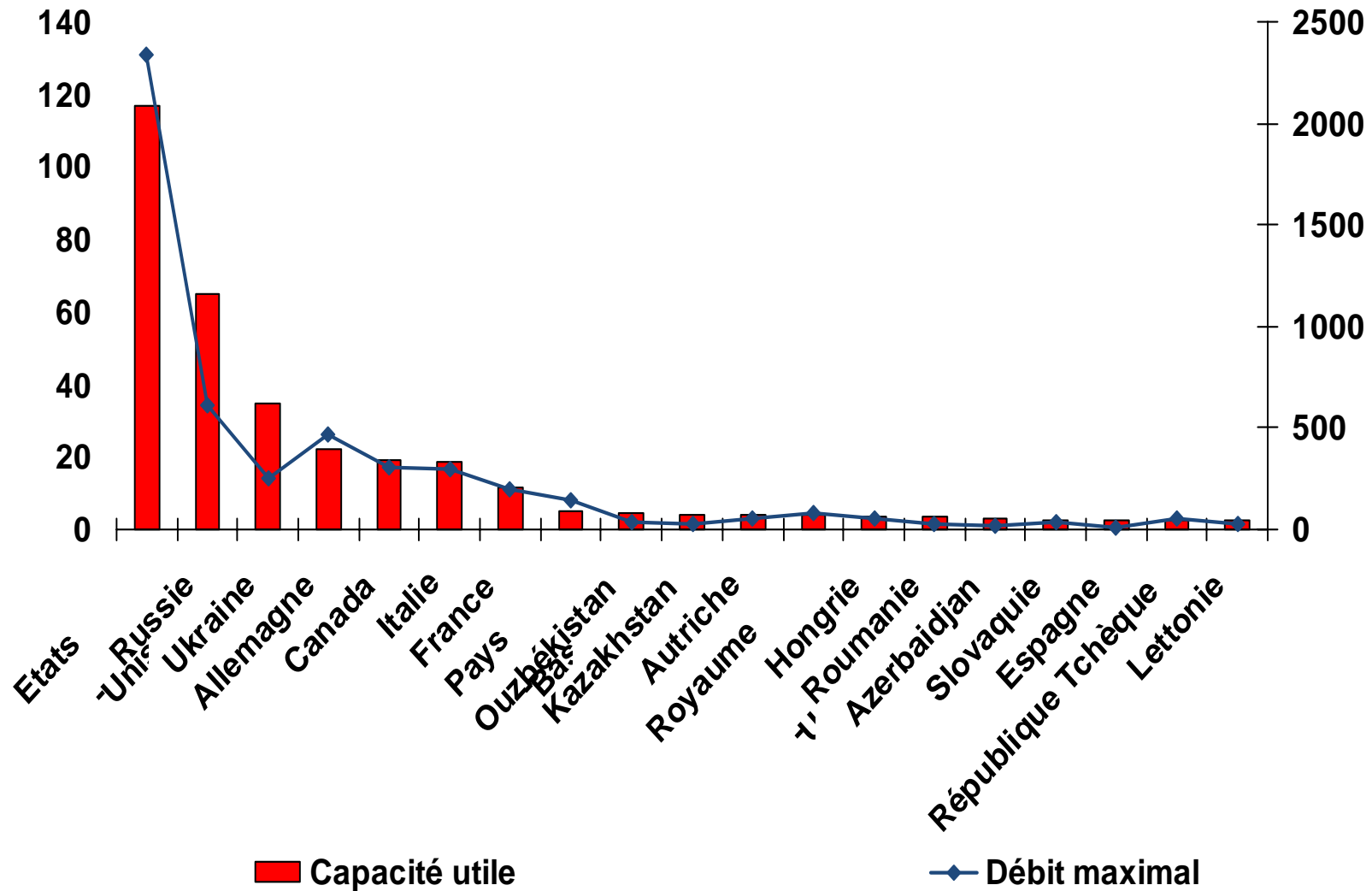


Répartition des stockages dans le monde, 2007



geostock
Mm3/jour

Gm3

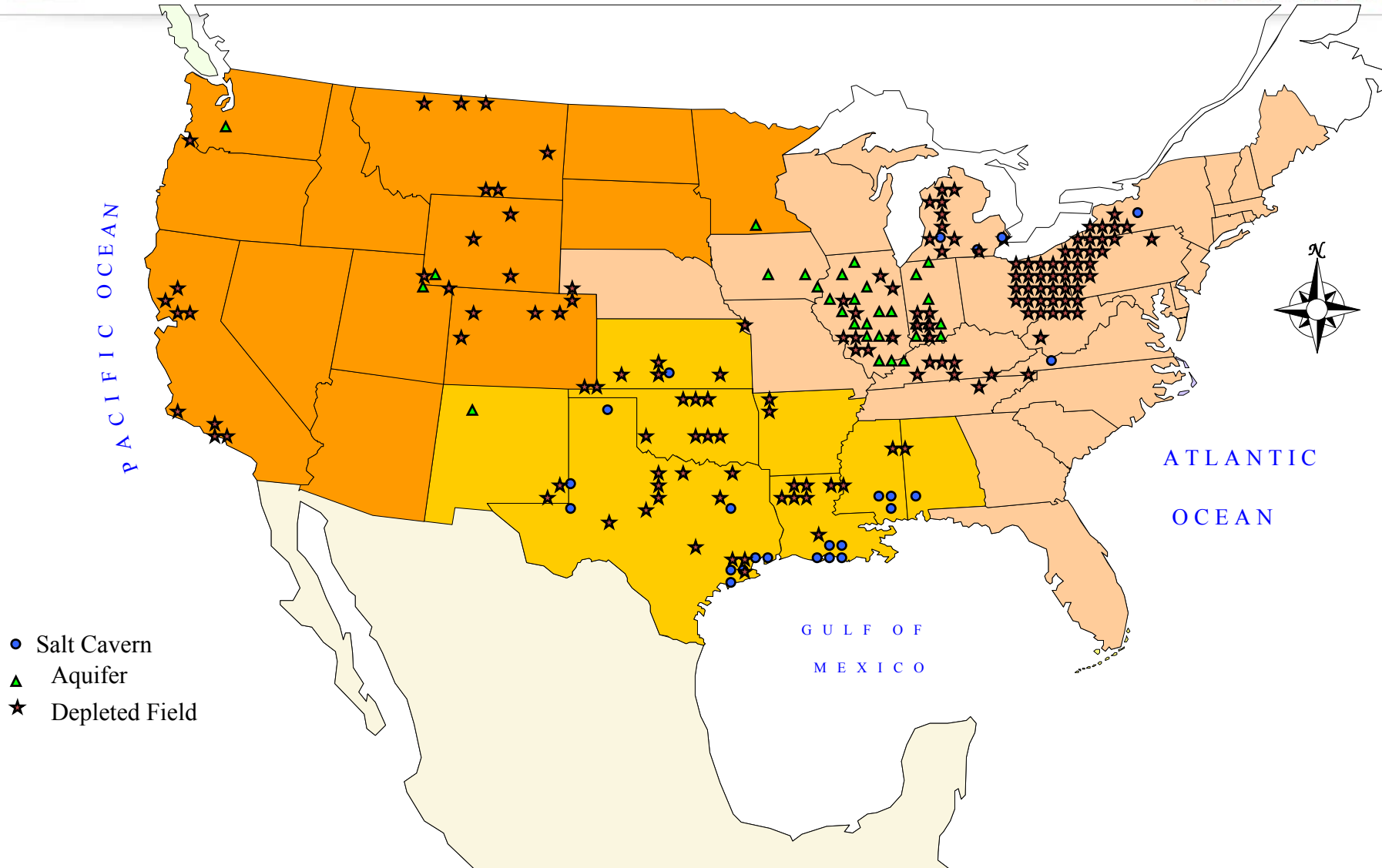




UNITED STATES UNDERGROUND STORAGE



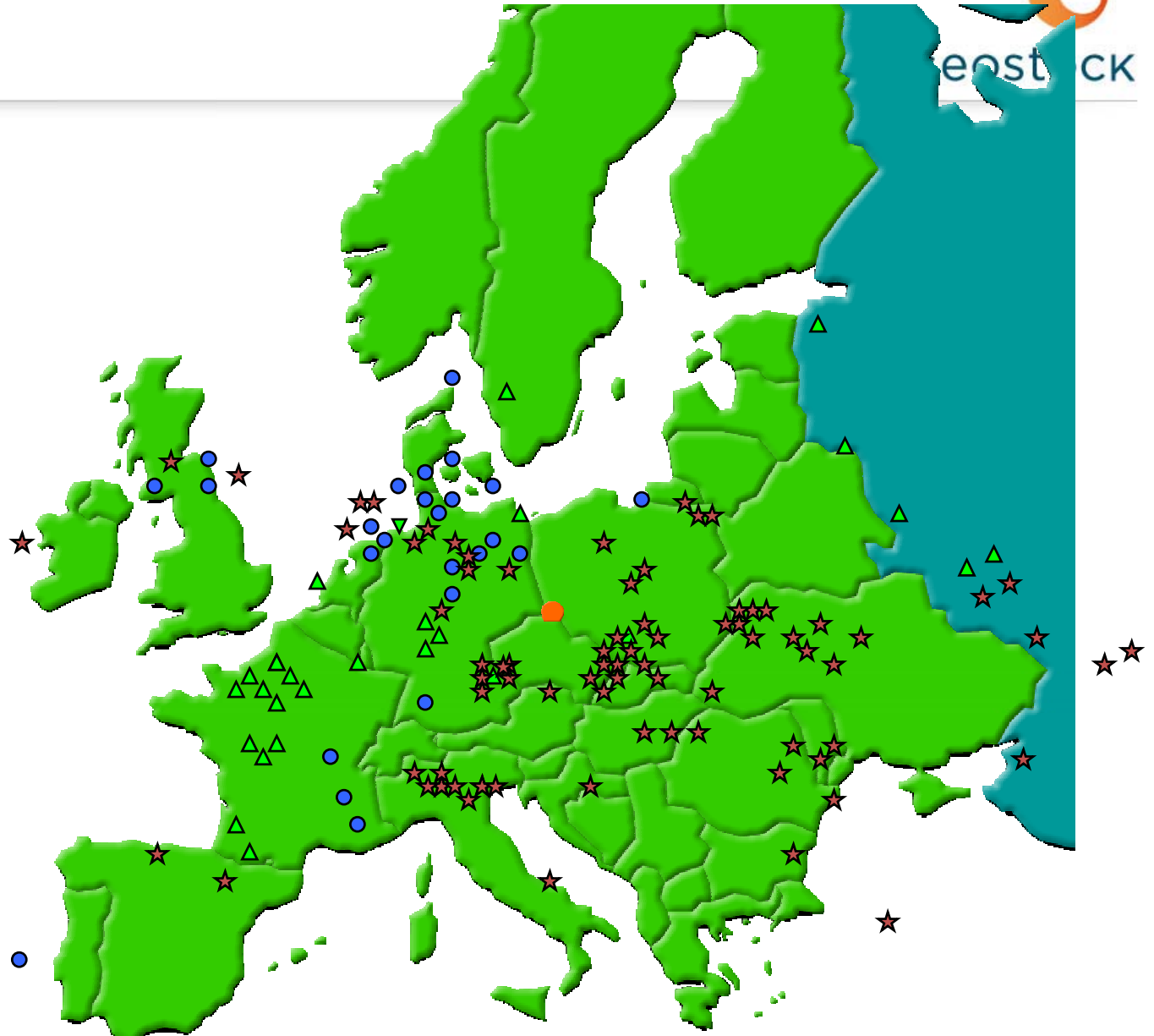
geostock





geostock

- Rock Cavern
- Salt Cavern
- ▲ Aquifer
- ★ Depleted Field



Sines



Stockage stratégique de produits liquides



- **USA : Stratégic Petroleum Reserve**
 - 110 million m³ – 4 sites cavités salines Bryan Mound et Big Hill au Texas, West Hackberry et Bayou Choctaw en Louisiane
- **Allemagne : NWKG**
 - 4 sites cavités salines brut et liquides : environ 10 Mm³
- **France: GEOSEL – SAGESS**
 - 30 cavités de brut et produits raffinés Manosque, - 7 Mm³ stockés pour principalement pour le compte de SAGESS
- **UK : 1 site brut abandonné**
- **Asie (en cours) : des cavités minées de 1 à 2 Mm³**
Inde (Visak, Mangalore), Singapour, Chine



- Il existe une centaine de stockage en cavité minées dans le monde, principalement pour du GPL et pour des produits liquides.
- Etats unis, Scandinavie, France, Corée du Sud, Chine, Japon
- Tendence actuelle: Stabilité du GPL, intérêt de l'Asie pour le stockage stratégique donc course au gigantisme: projet de 1 à 3 millions de m³



- **Manosque: 28 cavités de brut et de produits raffinés**
- **Grand Serres -Hauterives: 1 cavité de propylène**
- **Viriat: 1 cavité d'éthylène**
- **Caresse – Salies de Béarn: 3 cavités de propane en cours d'abandon**



- **Air comprimé: énergie mécanique**
 - (Seulement!) deux réalisations en service depuis les années 70/80: Huntorf en Allemagne et Mackintosh (USA - Alabama)
 - Nombreux projets d'études : projets SEARCH (GDF, STORENGY, Ecole des Mines etc) SACRE (EDF, LMS, GEOSTOCK etc)
 - Allemagne : projet ADELE (pilote)
 - USA: plusieurs projets du DOE mais pas encore de réalisation
- **Hydrogène - produit chimique**
 - Il existe aujourd'hui une cavité au UK et deux cavités aux USA (Texas) + une en construction
- **Hydrogène - Energie**
 - Etudes en cours mais pas (encore) d'installation industrielle



Densité énergétique des produits



geostock

Produit	Densité	Densité énergétique En kWh/m ³ de vide	Rotation du stock
Gazole, pétrole brut	1 m ³ = 0,85t	10 000	Stratégique: tous les 10 ou 20
GPL	1m ³ = 0,55t	7000	1 à 5 par an
Gaz naturel	60b – 180b 120nm ³ /m ³	1300	1 à 2 par an mais tendance à augmenter
Hydrogène	60b – 180b 120nm ³ /m ³	300	? À définir
Air comprimé	20b – 40 b	3	1 par jour



- **Pays industrialisés: Europe, Amérique du Nord:**
Développements modéré mais encore assez soutenu par le gaz naturel, en particulier stockage avec cyclage rapide (cavités saline)
- **Asie**

Stockages stratégiques (Cavités Minées) : Inde, Chine, Singapour,
Chine : nouvel eldorado pour le gaz naturel
- **Air comprimé, hydrogène: projets de demain ou après demain?**