

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL ET SCIENTIFIQUE

**BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

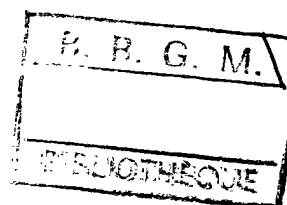
**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**

B.P. 6009 – 45018 Orléans Cédex – Tél.: (38) 66.06.60

**UTILISATION DU SOUS-SOL  
POUR LE STOCKAGE D'HYDROCARBURES  
L'INJECTION DE DÉCHETS LIQUIDES  
LE REJET ET LE STOCKAGE DE DÉCHETS RADIOACTIFS**

par

A.-N. KOROTCHANSKY



**Département géologie de l'aménagement**

B.P. 6009 – 45018 Orléans Cédex – Tél.: (38) 66.06.60

**73 SGN 168 AME**

1er mars 1973

## RESUME

Le sous-sol, longtemps ignoré d'une partie du monde industriel, lui permet aujourd'hui de faire face à deux obligations :

- la constitution de réserves d'hydrocarbures (le décret du 10 mars 1958 impose aux raffineurs et aux distributeurs de produits pétroliers d'avoir un stock correspondant à trois mois de consommation nationale)
- l'évacuation de déchets difficilement destructibles (l'essor considérable que va connaître la production d'électricité d'origine nucléaire entre 1980 et l'an 2000, donnera lieu à la formation de déchets radioactifs dont l'élimination doit être dès maintenant une préoccupation).

Les différentes techniques qui sont décrites succinctement ici, sont les plus modernes utilisées et il n'est pas interdit de penser que, dans un avenir relativement proche, leur évolution ira très loin.

Aussi il est indispensable d'établir un inventaire des sites utilisés et utilisables pour le stockage souterrain d'hydrocarbures, l'injection des déchets industriels liquides dans les couches profondes du sous-sol, le rejet et le stockage de déchets radioactifs.

# S O M M A I R E

	<u>pages</u>
RESUME	
A - <u>INTRODUCTION</u> .....	1
B - <u>PROCEDES MIS EN OEUVRE OU ENVISAGES</u> .....	1
1. <u>Stockages souterrains d'hydrocarbures</u> .....	1
1.1. Stockage de gaz en nappes aquifères .....	1
1.2. Stockage en cavités de dissolution dans le sel .....	2
1.3. Stockage en excavations .....	3
1.4. Stockage en mines abandonnées .....	4
1.5. Stockage cryogénique .....	4
1.6. Stockage en cavités nucléaires .....	5
1.7. Remarque sur les cavités naturelles .....	5
2. <u>Injection des déchets industriels liquides dans les couches profondes du sous-sol</u> .....	5
2.1. Injection en aquifères profonds .....	5
2.2. Injection par fracturation hydraulique dans les argiles ..	6
3. <u>Rejet et stockage des déchets radioactifs</u> .....	7
3.1. Généralités .....	7
3.2. Production de déchets .....	7
3.3. Rejets et stockages .....	8
3.4. Isotopes critiques pour le rejet et le stockage .....	8
3.5. Méthodes de stockage .....	8
C - <u>CONCLUSIONS</u> .....	10

BIBLIOGRAPHIE

## A - INTRODUCTION

La Direction de la technologie de l'environnement et des mines (Ministère DIS) a demandé au S.G.N. (réunion SGN du 21 février 1973) d'établir des documents cartographiques à l'échelle du 1/1 000 000 délimitant les sites favorables :

- au stockage souterrain d'hydrocarbures
- à l'injection de déchets liquides industriels
- au rejet et au stockage souterrain de déchets radioactifs.

Le présent rapport, préparé dans le cadre des travaux méthodologiques du département Géologie de l'aménagement, a pour but de fournir des informations sur les procédés mis en oeuvre ou proposés en France dans le domaine particulier de l'utilisation du sous-sol.

Ce document sera pris en compte pour l'exécution d'une cartographie des sites de stockage ou de rejet.

## B - PROCEDES MIS EN OEUVRE OU ENVISAGES

### 1. Stockages souterrains d'hydrocarbures

Il convient de rappeler que, du point de vue juridique, deux textes traitent de l'emménagement souterrain d'hydrocarbures :

- le décret 62-1296 du 6 novembre 1962 relatif aux stockages souterrains de gaz combustibles,
- le décret 65-72 du 13 janvier 1965 relatif aux stockages souterrains d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés.

Ces deux textes ont été publiés notamment dans le souci de protéger de contaminations éventuelles les nappes souterraines exploitables pour des besoins domestiques, industriels ou agricoles. Ils précisent les modalités d'autorisation des stockages ainsi que les conditions de l'exercice de la police des travaux de recherche et d'exploitation.

#### 1.1. Stockage de gaz en couches aquifères

- a) Les possibilités de stockage de gaz en couches aquifères sont liées à :
- l'existence d'une culmination de la couche aquifère (le cas le plus simple est celui de la structure anticlinale) car le gaz doit pouvoir y être confiné comme dans un gazomètre
  - l'étanchéité de la couverture
  - la capacité de stockage du piège
  - les caractéristiques hydrodynamiques et la profondeur de l'aquifère qui permettent d'assurer les débits de soutirage et d'injection nécessaires moyennant des pressions qui ne soient pas prohibitives (risques de rupture de la couverture et de fuites à travers les pores de la couverture).

b) Le tableau suivant résume les réalisations effectuées en France à ce jour :

Réalisations	Capacité totale	Capacité utile	Potentiel de soutirage
Lussagnet (Landes)	800 M m <sup>3</sup>	350 M m <sup>3</sup>	6,5 M m <sup>3</sup> /j
Beynes (Yvelines)	320 M m <sup>3</sup>	160 M m <sup>3</sup>	3,5 M m <sup>3</sup> /j
St Illiers (Yvelines)	950 M m <sup>3</sup>		9 M m <sup>3</sup> /j
Chemery - Contres (Loire et Cher)	1 000 M m <sup>3</sup>		10 M m <sup>3</sup> /j
Velaine sous Amance (Meurthe et Moselle)	700 M m <sup>3</sup>		

Les projets à l'étude sont ceux de :

- St Cyr du Gault (Loire et Cher)
- St Maur (Oise)

c) Les sociétés ayant bien étudié le stockage de gaz en aquifères sont :

- Gaz de France avec le concours de l'Institut français du pétrole et de Géopétrole
- la Société nationale des pétroles d'Aquitaine
- ELF

## 1.2. Stockage en cavités de dissolution dans le sel

### a) Produits stockés

Les produits pétroliers stockés en France dans des cavités de dissolution dans le sel sont :

- des produits pétroliers liquides (essence, gas-oil, brut)
- des gaz sous forme liquide (gaz naturel, éthylène, propane, butane).

b) Pour réaliser des cavités de dissolution dans le sel il est nécessaire qu'il y ait à la fois :

- existence d'un dépôt de sel étendu, de forte puissance, ayant un pourcentage d'insolubles aussi bas que possible et bien répartis dans la masse du sel (et pour le stockage de gaz liquéfiés, que la profondeur soit suffisante pour que le terrain sus-jacent supporte sans danger de fracturation une pression au moins égale à la tension de vapeur à la température qui y règne)
- possibilité de disposer, à proximité des dépôts de sel, de grandes quantités d'eau pas trop salée (salinité inférieure à 50 g/l par exemple) nécessaire à la création des cavités de dissolution
- proximité d'une mer, possibilité d'injection en couches profondes ou existence d'une industrie utilisatrice de saumures pour évacuer les saumures produites.

c) Formes de cavités

- Pour le stockage de gaz liquéfiés :

. cavités en forme de poire ou de bouteille dont le rapport

$$\frac{\text{diamètre}}{\text{hauteur}} = 1/3 \text{ à } 1/2$$

- Pour le stockage de produits pétroliers liquides :

. cavités en forme de bulbes allongés (à Manosque, diamètre = 70 mètres et hauteur = 300 mètres)

d) Réalisations effectuées en France

- Stockage de propane liquéfié dans le sel à Salies de Béarn par la Société nationale des pétroles d'Aquitaine
- Stockage d'éthylène dans le sel à Viriat par Rhône-Alpes
- Stockage de pétrole brut et de fuel domestique à Manosque par Géostock
- Stockage de gaz à Tersanne (Drôme) par Gaz de France

1.3. Stockage en excavations (ou cavités minées)

- a) La cavité créée artificiellement doit être placée sous la nappe phréatique et à un niveau tel que la pression hydrostatique soit supérieure à la tension de vapeur du produit stocké afin d'empêcher toute fuite de ce produit. L'eau, par contre, a la possibilité de pénétrer par les fissures, elle doit alors être éliminée par un système de pompes immergées. Il peut être aussi nécessaire de recomprimer localement la nappe pour éviter tout rabattement dû à la présence du stockage.

Ce type de stockage peut être réalisé dans des roches imperméables dures, tendres ou plastiques.

#### b) Réalisations effectuées en France

##### - Petite Couronne (Seine Maritime)

La compagnie de raffinage Shell-Berre exploite deux stockages de ce genre depuis 1966. Les cavités sont réalisées dans la craie marneuse du Turonien à une profondeur de 140 mètres.

Leur capacité est respectivement de 12 500 m<sup>3</sup> (pour le stockage de butane liquide) et de 50 000 m<sup>3</sup> (pour le stockage de propane liquide).

##### - Région de Lavéra

Géostock y a réalisé un stockage en galeries minées.

### 1.4. Stockage en mines abandonnées

- a) Les mines abandonnées peuvent constituer des gites intéressants dans la mesure où leur environnement est imperméable, la nappe phréatique à hauteur convenable et les venues d'eau acceptables.

Cette méthode de stockage s'apparente aux cavités minées. Néanmoins des précautions en ce qui concerne l'environnement doivent être prises.

#### b) Réalisations effectuées en France

Géostock est en train de réaliser à May sur Orne le premier stockage de ce genre en France.

### 1.5. Stockage cryogénique (ou stockage en terre gelée)

Il s'agit d'emmagasiner dans la terre, le gaz naturel liquéfié à -161 °C. L'intérêt réside dans le fait que sous forme liquide, le combustible occupe alors un volume 600 fois moindre qu'à l'état gazeux, d'où un investissement nettement plus faible par m<sup>3</sup> standard du gaz stocké.

Pour effectuer un tel stockage, on réalise une fouille à l'air libre, de forme cylindrique à axe vertical dont le fond situé à une profondeur de 30 mètres environ et les parois imperméables sont recouverts d'alluvions perméables susceptibles d'être congelées. La congélation progressive de ces alluvions est effectuée par circulation, dans des tubes logés à la périphérie, de saumure à -25°C puis (ou) de propane liquide à -60°C. Le stockage est recouvert d'un toit isolant thermique. Le gaz naturel est alors versé au contact de la paroi, déjà refroidie, qui forme ainsi un écran thermique entre le liquide et le terrain. Le volume de gaz ainsi stocké varie entre 30 000 et 50 000 m<sup>3</sup> liquides, soit 18 à 30 Mm<sup>3</sup> gazeux. Les pertes par évaporation sont assez élevées.

En France il n'existe aucun stockage cryogénique. On en trouve près de Londres (stockage de gaz algérien liquéfié) et à Arzew en Algérie.

### 1.6. Stockage en cavités nucléaires

Certains spécialistes envisagent l'utilisation de l'énergie nucléaire pour la formation de cavités de stockage d'hydrocarbures liquides ou gazeux.

Aux Etats Unis le projet KETCH se propose d'expérimenter cette technique de stockage de gaz dans une cheminée nucléaire pratiquée dans des argiles imperméables, par explosion d'une charge de 24 kilotonnes à une profondeur de 1 000 mètres, qui permettrait de stocker 20 M m<sup>3</sup> sous une pression de 1 00 kg/m<sup>2</sup>.

Son emploi pourrait être envisagé pour les stockages stratégiques de pétrole en mer, sur le plateau continental ou à l'entrée de ports, pour créer des capacités de stockage relai permettant l'utilisation des tankers géants dont l'accès aux ports est impossible ou demande des travaux importants, et là où le stockage d'énormes quantités d'hydrocarbures en milieu industriel crée un problème de sécurité permanent.

### 1.7. Remarque sur les cavités naturelles

Il n'est pas recommandé de retenir les cavités naturelles pour le stockage car elles ont été presque toujours creusées par circulation d'eaux souterraines et de ce fait ne sont pas étanches.

## 2. INJECTION DES DECHETS INDUSTRIELS LIQUIDES DANS LES COUCHES PROFONDES DU SOUS-SOL

Le décret n° 73-218 du 23 février 1973 (paru au Journal Officiel du 2 mars 1973) portant application des articles 2 et 6 (1°) de la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution précise bien maintenant les modalités de demande d'autorisation pour les rejets en couches profondes. Cela ne signifie nullement que l'Administration accordera facilement des autorisations d'injection.

### 2.1. Injection en aquifères profonds

a) En règle générale, le réservoir réceptacle retenu pour l'injection devra :

- être un aquifère à eau salée, c'est-à-dire qu'il devra contenir une eau de gisement impropre à toute consommation humaine, industrielle ou agricole
- être confiné verticalement par des couvertures s'opposant à la migration des effluents vers des aquifères à eau consommable
- avoir une perméabilité, une porosité, une épaisseur, une extension horizontales suffisantes pour agir comme réservoir d'emmagasinement de l'effluent injecté à des pressions ne dépassant pas les normes de sécurité (l'existence de pressions statiques de gisement anormalement élevées peut condamner un projet d'injection).



- être tel que l'hydrodynamisme, c'est-à-dire l'écoulement naturel dans le réservoir, se fasse dans le sens des salinités croissantes des eaux de gisement.

#### b) Réalisations effectuées en France

En France, il n'existe qu'une seule réalisation de ce type : c'est celle de la Société des Engrais de l'Ile de France à 77 - Grandpuits. Cette réalisation évacuant 900 m<sup>3</sup>/j d'eaux résiduares nitratées, chlorurées et sulfatées depuis février 1971 a été autorisée par l'arrêté préfectoral n° 69 DAGR 2 EC 268 en date du 6 janvier 1970 permettant notamment une dérogation à l'article 26 du règlement sanitaire départemental.

- c) En France, seule la Société Géohydraulique a à la fois conduit des études de faisabilité et réalisé l'ingénierie de la mise en oeuvre de cette technique.

D'autres sociétés ont néanmoins effectué des études dans ce domaine notamment la Société nationale des Pétroles d'Aquitaine, Elf, Franlab en collaboration avec Géoservices et le Service géologique d'Alsace et de Lorraine maintenant rattaché au Service géologique national.

## 2.2. Injection par fracturation hydraulique dans des argiles

- a) Après avoir incorporé, dans un laitier de ciment, les produits fortement polluants à éliminer, à l'aide d'un puits spécialement conçu on les injecte dans le sous-sol, à grande profondeur, dans des couches d'argiles imperméables, par fracturation hydraulique.
- b) Pour qu'une formation imperméable puisse être retenue pour la mise en oeuvre de cette technique, il est nécessaire que :
- les fractures développées dans cette couche imperméable soient horizontales ou sub-horizontales, ce qui implique que :
    - . la formation retenue soit pratiquement imperméable (perméabilité inférieure à  $10^{10}$  cm/s), non fissurée et sans risque de dissolution (les formations argileuses moyennement consolidées répondent en général à ces critères et constituent donc des sites indiqués pour ce type de stockage)
    - . la formation retenue soit à une profondeur inférieure à environ 1 000 mètres (car une fracture se développe toujours dans le plan perpendiculaire à la plus petite contrainte principale s'exerçant sur la formation et pour l'application de cette règle il convient naturellement d'ajouter aux contraintes réelles, les résistances à la traction respectives dans chaque direction)
  - son pendage soit inférieur à 20°
  - son épaisseur soit au moins égale à 100 mètres
  - cette formation imperméable soit confinée par des aquifères contenant des eaux de gisement impropres à toute consommation.

- c) Cette technique n'a pas encore été mise en application en France, néanmoins il convient de signaler que le Bureau d'Etudes Industrielles et de Coopération de l'Institut Français du Pétrole essaie de promouvoir en France cette méthode pour l'évacuation d'effluents concentrés toxiques.

### 3. REJET ET STOCKAGE DES DECHETS RADIOACTIFS (1)

#### 3.1. Généralités

En marge de l'utilisation du sous-sol pour le stockage d'hydrocarbures et pour l'élimination des effluents industriels, une mention spéciale doit être faite des questions posées par les déchets radioactifs qui, si elles ne sont pas bien connues du grand public, seront d'actualité dans quelques années.

Dès l'origine du développement de l'énergie nucléaire, les problèmes soulevés par les déchets radioactifs ont été étudiés par les responsables, des solutions ont été adoptées et une expérience de plus de 20 ans a montré qu'elles étaient efficaces. Mais l'essor considérable que va connaître cette énergie, entrainera une augmentation correspondante des déchets. La production d'électricité d'origine nucléaire va aller en s'accroissant. Alors qu'à la fin de l'année 1970 la puissance nucléaire installée dans le monde se montait à 15 GWe, il est prévu qu'aux Etats Unis 150 GWe seront en service en 1980 et environ 950 GWe en l'an 2 000. En 1970 la puissance mondiale installée sera de l'ordre de 250 GWe et en l'an 2 000 elle se situera entre 1 500 et 2 000 GWe.

#### 3.2. Production de déchets

Les principales sources de production de déchets radioactifs seront :

- les réacteurs,
- les usines de retraitement
- les usines de fabrication de combustible au plutonium
- et si l'utilisation des produits de fission ou des transuraniens dans l'industrie se développe, les usines correspondantes qui produiront aussi des déchets en quantités significatives.

---

(1) Les paragraphes concernant le rejet et le stockage des déchets radioactifs sont un résumé et une adaptation complétée de "La gestion des déchets radioactifs et leur stockage à long terme" de Y. SOUSSELIER et J. PRADEL - Quatrième Conférence Internationale des Nations Unies sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques - Genève 6 - 16 septembre 1971.

### 3.3. Rejets et stockages

Il a souvent été avancé que la gestion des déchets était un choix entre la concentration (suivie d'un stockage) et la dilution (suivie d'un rejet dans le milieu). En réalité l'un et l'autre sont des rejets dans le milieu. Dans le cas d'un stockage, les nucléides ne pourront diffuser dans le milieu que très lentement, d'une manière prévisible et éventuellement contrôlée. Les conditions d'un stockage déjà réalisé pourront être modifiées le cas échéant en fonction des contrôles, alors que la dilution et le rejet sont des procédés irréversibles.

Les autorités sanitaires, tant nationales qu'internationales ont fixé des limites (CMA = concentration maximale admissible) pour les rejets dans les divers cas qui peuvent se présenter.

Pour le stockage il n'existe pas encore de règles internationales. Néanmoins certaines normes sont respectées, par exemple en France, un centre de stockage définitif en tranchées non bétonnées ne doit pas contenir plus de 10 000 fois la CMA eau - population pour les radionucléides présents.

### 3.4. Isotopes critiques pour le rejet et le stockage

Aussi bien pour le rejet que pour le stockage dans le milieu, les isotopes sur lesquels l'attention devra le plus porter seront d'une part ceux de période longue et d'autre part ceux pour lesquels des processus particuliers de concentration et d'échange sont susceptibles d'exister.

a) -Période longue s'entend par rapport à la vie humaine. Dans cette optique des isotopes comme le Sr 90 ou le Cs 137 ne sont pas tellement concernés. Leur période, de l'ordre de 30 ans, entraîne une décroissance d'un facteur 1000 en 300 ans et d'un facteur  $10^9$  en 900 ans, durées sur lesquelles il est possible de réaliser des confinements sûrs.

Le problème est tout autre pour certains transuraniens et essentiellement le plutonium (période du Pu 239 : 24 000 ans) ou même de l'américium (période du Am 241 : 430 ans). Garantir un confinement sur des durées de centaines ou de milliers d'années est un autre problème et des changements climatiques ou géographiques, des modifications des conditions de vie, etc..., peuvent intervenir de façon importante et actuellement imprévisible.

b) -Dans la deuxième catégorie des isotopes critiques, il faut placer essentiellement le tritium. Si sa période (12 ans) est relativement courte, l'importance du cycle de l'eau dans la vie, les possibilités d'échange isotopique et les possibilités restreintes de traitement font que l'attention et les efforts devront en particulier être axés sur cet isotope.

### 3.5. Méthodes de stockage

Un grand nombre de méthodes de stockage ont été développées et plusieurs sont utilisées à grande échelle depuis plusieurs années.

a) Stockage en surface

C'est la méthode la plus couramment utilisée :

- tranchées en pleine terre
- fosses bétonnées dans lesquelles les déchets sont fixés par un coulis de béton

b) Immersion en mer dans des fosses océaniques profondes

Jusqu'à maintenant il n'a été immergé que des radioactivités faibles, quelques  $10^3$  à  $10^4$  Ci (à comparer avec la radioactivité naturelle des océans :  $10^{11}$  Ci)

c) Rejet dans le milieu naturel en respectant les normes ICRP

Cela ne peut se faire que pour des déchets à très faible radioactivité :

- rejets gazeux dans l'atmosphère
- rejets d'effluents liquides dans les cours d'eau et les eaux côtières

d) Stockage dans le sous-sol

Suivant les types de déchets radioactifs, différentes techniques de stockage dans le sous-sol sont utilisées ou proposées :

- stockage de déchets à forte radioactivité dans des couches de sel interstratifiées (mine de Asse près de Braunschweig en RFA et mine de Lyons au Kansas)
- stockage de déchets à forte radioactivité dans des roches cristallines (usine nucléaire de la Savannah river aux Etats Unis)
- injection dans des formations perméables profondes pour l'évacuation de larges quantités d'eaux tritiées pour lesquelles il n'existe aucune méthode conventionnelle de traitement (projet en cours de réalisation au Centre de recherches nucléaires de Karlsruhe en RFA) et pour l'évacuation d'effluents de radioactivité de l'ordre de  $10^{-5}$  à  $10^{-6}$  Ci/litre (réalisations de Melekess en URSS, de l'Anaconda Company près de Grants au Nouveau Mexique et de l'Idaho Chemical Processing Plant aux Etats Unis),
- injection par hydrofracturation d'argiles litées pour des déchets liquides dégageant peu de chaleur (réalisation d'Oak ridge aux Etats Unis)
- recherches en cours pour le stockage souterrain de gaz nobles tel que le krypton 85
- nombreuses autres méthodes en cours d'études.

## C - CONCLUSIONS

1. Il n'échappe à personne que les stockages souterrains d'hydrocarbures sont hautement liés à des contraintes économiques et stratégiques très strictes que connaissent bien leurs utilisateurs.

Aussi une évaluation des possibilités de sites géologiques pour le stockage souterrain d'hydrocarbures sur le territoire national a déjà été effectuée dans les domaines qui leur sont propres par :

- Gaz de France
- Géostock (Groupement de la Compagnie de Raffinage Shell-Berre, de la Société Française des Pétroles BP, de la Compagnie Française de Raffinage et d'Elf Union) qui a été créé en vue d'étudier, pour les 4 associés, les possibilités de stockages souterrains en France.
- la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine

D'autre part, il faut signaler que les Mines Domaniales de Potasse d'Alsace connaissent très bien les gisements de sel reconnus en France, de même que les Services des mines connaissent bien les mines désaffectées et leur état d'abandon.

Aussi pour établir des cartes délimitant les sites géologiques favorables au stockage souterrain d'hydrocarbures, il semble qu'il faille demander le concours des sociétés ou organismes spécialisés en France dans ce domaine ou dont les connaissances particulières du sous-sol peuvent être très précieuses.

2. En ce qui concerne l'injection des déchets liquides industriels dans les couches profondes du sous-sol, le problème est tout autre car, en France, pratiquement tout reste à faire pour délimiter les sites géologiques favorables à l'utilisation de ces techniques de pointe et pour garantir qu'il ne peut y avoir de dangers de contamination des ressources en eaux souterraines utilisables pour la consommation humaine, industrielle ou agricole.

L'établissement de cartes délimitant les régions favorables géologiquement aux procédés d'injection ne peut être que l'aboutissement d'études synthétiques des aquifères profonds permettant d'établir les relations entre les réservoirs géologiques potentiels, les couvertures encaissantes (ces dernières pouvant servir à l'injection par hydrofracturation) et les aquifères à eau douce et ceci à l'échelle de chaque bassin. L'idéal serait d'établir bassin par bassin des modèles de simulation, même imprécis, qui permettraient d'assurer une bonne gestion de l'injection.

3. Dans le cas du rejet ou du stockage de déchets radioactifs, il est nécessaire avant tout de bien connaître les produits à rejeter ou à stocker et de bien comprendre leur comportement et ensuite les différentes techniques utilisées ou mises au point avant de pouvoir prétendre établir des cartes délimitant des sites géologiques convenant aux différents types de rejets ou de stockages envisagés.

## BIBLIOGRAPHIE

Anonyme

Les stockages souterrains : techniques actuelles et futures  
Revue de l'Association française des techniciens du pétrole n° 197,  
Septembre - Octobre 1969

Anonyme

L'évolution des stockages massifs d'hydrocarbures liquides  
Bulletin mensuel d'informations ELF n° 8 et 9, 25 septembre 1971

Anonyme

Subsurface water pollution - A selective annotated bibliography - Part I :  
subsurface waste injection  
U.S. Environmental protection agency, Washington D.C. March, 1972

Anonyme

Les stockages souterrains de gaz naturel  
Nord Industriel n° 13, 31 mars 1972

P. BERTIN, P. LE TIRANT, M. MASSON

Injection de déchets industriels dans le sous sol par fracturation hydraulique  
Annales des mines, mars 1972

J.D. COOK

Underground waste management and environmental implications  
Mémoire 18 - American association of petroleum geologists. December, 1972

F.L. CULLER, J.O. BLOMEKE and W.G. BELTER

Current developments in long term radioactive waste management  
Quatrième conférence internationale des Nations Unies sur l'utilisation de  
l'énergie atomique à des fins pacifiques - Genève 6 - 16 septembre 1971

FLANAGAN and CRAWFORD

Feasibility of underground storage of liquid methane  
Society of Petroleum Engineers - AIME paper n° 1397 - October, 1959

D.L. KATZ and K.H. COATS

Underground storage of fluids - Ulrich's books Inc, Ann Arbor, Michigan 1968

A.N. KOROTCHANSKY

Injection des effluents industriels  
Annales des mines - mai 1969

A.N. KOROTCHANSKY et C. VANISCOTTE

Injection d'eaux résiduaires - Première réalisation française (puits SEIF I-1)  
Annales des mines, décembre 1972

SCHLUMBERGER et PACHET

Stockages souterrains des hydrocarbures : techniques, applications.  
Association pour le développement de la recherche scientifique et technique  
en Haute Normandie - Rouen - 20 avril 1972

SOUSSELIER Y. et PRADEL J.

La gestion des déchets radioactifs et leur stockage à long terme.  
Quatrième conférence internationale des Nations Unies sur l'utilisation  
de l'énergie atomique à des fins pacifiques - Genève 6 - 16 septembre 1971