

CEA 1435 - POMAROLA J.

STOCKAGE ET EVACUATION DES DECHETS RADIOACTIFS SOLIDES (1960).

Sommaire. - La présente communication a pour objet les solutions envisagées pour une destination finale des déchets radioactifs solides.

I. Il est tout d'abord nécessaire de prévoir, dans chaque centre, un stockage provisoire organisé. Plusieurs types de stockage provisoire peuvent convenir et coexister sur une même aire ; stockage sur le sol ; stockage en bâtiment ; stockage en sous-sol.

II. Stockage définitif.

La réalisation d'un stockage définitif rend nécessaire, en fonction de l'activité et du conditionnement des déchets, la définition :

- du site et des modes de transports envisagés à l'intérieur et à l'extérieur des Centres Nucléaires.

Le choix des solutions découle des impératifs ci-dessus et on examine successivement le stockage définitif,

- sur le sol ; dans le sous-sol ; en mer.

Les considérations d'ordre économique constituent un facteur important dans le choix de la solution.

CEA 1435 - POMAROLA J.

STORING AND EVACUATION OF SOLID RADIOACTIVE WASTE (1960).

Sommaire. - The object of this paper is to present the plans under consideration for the final destination of solid radioactive wastes.

I. It is first of all necessary to provide in each centre an organised temporary storage dump. Several types of temporary dumps are suitable and can coexist in the same area ; on the ground, in buildings, in basements.

II. Definitive storage. To accomplish a definitive storage arrangement it is necessary, as a function of the activity and the conditioning of the wastes, to define :

- the site and the means of transport considered both inside and outside nuclear centres.

The solution adopted depends on the above imperatives, and plans for definitive storage on the ground, underground and in the sea are examined successively.

Economic considerations play a large part in the decision reached.

- Rapport C.E.A. n° 1435 -

Service de Contrôle des Radiations
et de Génie Radioactif

STOCKAGE ET EVACUATION
DES DECHETS RADIOACTIFS SOLIDES

par

J. POMAROLA

(Conférence de Monaco, novembre 1959)

- 1960 -

PREMIER MINISTRE

COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**STOCKAGE ET EVACUATION
DES DECHETS RADIOACTIFS SOLIDES**

par

J. POMAROLA

Rapport CEA N° 1435

CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY
SERVICE DE DOCUMENTATION
Boite postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.-et-O.)

STOCKAGE ET EVACUATION DES DECHETS RADIOACTIFS SOLIDES

L'attention des utilisateurs de l'énergie d'origine nucléaire a toujours été retenue par les résidus radioactifs gazeux, liquides ou solides. Cependant, les déchets ont pris depuis peu une importance croissante due évidemment à leur quantité, mais provoquée aussi par l'intérêt que le public a manifesté soudainement pour ce genre de résidus. C'est pourquoi une confrontation des moyens mis en oeuvre dans divers pays, en vue d'assurer l'emballage, le stockage et l'élimination des déchets, contribuera certainement à faciliter la tâche des responsables de ces opérations.

Cet exposé traitera seulement des déchets solides, parmi lesquels seront rangées les boues issues des divers traitements des liquides radioactifs.

On peut remarquer tout d'abord qu'il n'y a pas actuellement de solution universelle économique, susceptible de résoudre les problèmes de traitement de stockage et d'élimination des déchets et que, en fait, chaque organisme producteur s'efforce de résoudre au mieux les difficultés qui se présentent. Les solutions adoptées sont déterminées par les conditions locales

et en particulier la position géographique du site, le voisinage de mers ou d'océans, la nature des sols, la proximité des cours d'eau et des nappes phréatiques, la densité des populations avoisinantes

Par ailleurs, la variété infinie des déchets radioactifs solides rend plus difficile encore la définition d'une solution unique, mais, si l'on ne veut pas que le développement de l'industrie atomique soit limité par l'abondance des résidus radioactifs, il est nécessaire d'organiser leur stockage.

Pour mener à bien les études et réalisations nécessaires, le C.E.A. a fait appel à des sociétés ou à des organismes spécialisés avec lesquels des contrats ont été conclus et parmi lesquels nous citerons plus spécialement :

- l'Entreprise Industrielle (E.I.)
29, rue de Rome - Paris (8ème).
- la Société Générale d'Exploitation Industrielle (SOGEI)
4, rue d'Aguesseau - Paris (4ème).
- le Centre de Recherches et d'Etudes Océanographiques
1, Quai Branly - Paris (7ème).

Nous avons pu ainsi traiter parallèlement et simultanément un certain nombre des problèmes posés par l'évacuation des déchets.

On peut classer ces derniers en deux catégories selon leur provenance :

Dans la première, les déchets très variés et accidentels provenant surtout des laboratoires, des installations à Etudes et de Recherches des Centres Nucléaires et aussi ceux qui se produisent accidentellement dans les installations à caractère industriel.

Dans la deuxième catégorie, la plus importante, les déchets normaux généralement de grande activité qui sont issus en majeure partie de l'élaboration des combustibles nucléaires et des divers traitements des mêmes combustibles usés.

Une classification des déchets doit aussi mettre en évidence :

leur nature (combustibles ou non), la facilité de leur conditionnement (compressibles, tronçonnables) de leur mise sous emballage et naturellement leur activité ; ces divers aspects intervenant lorsqu'il s'agit d'étudier un stockage provisoire et un stockage définitif.

I - STOCKAGE PROVISOIRE.

Nous dirons que, en principe, il est nécessaire de réaliser dans chaque centre nucléaire un stockage provisoire organisé.

Il paraît logique de permettre le vieillissement des résidus afin que l'activité, au moment de leur blocage définitif, soit la plus réduite possible. Si la variété et la complexité des déchets ne permet pas toujours de les classer systématiquement en fonction de la période des éléments radioactifs qu'ils contiennent, il est cependant souhaitable qu'un tri préalable

soit effectué afin de diminuer au maximum le prix de revient du conditionnement et du stockage définitif.

Plusieurs types de stockage provisoire peuvent convenir et coexister sur une même aire :

- stockage sur le sol
- stockage en bâtiment
- stockage en sous-sol.

Le stockage sur le sol impose évidemment l'aménagement d'une aire bétonnée enduite comportant une couverture, un bardage et la mise des déchets en "conteneurs", en cuves, en fûts et tout au moins en emballages légers pour les déchets peu actifs, afin d'éviter la contamination. Ce mode de stockage permet éventuellement, au moyen de panneaux en béton, de dresser des murs mobiles de protection à l'épaisseur souhaitée autour des déchets très actifs. On peut aussi utiliser comme stockage provisoire sur le sol, des blocs fixes en béton de forme rectangulaire, avec alvéoles horizontaux cylindriques gainés intérieurement de tubes en fer. Ces blocs peuvent abriter des déchets très actifs de grande longueur tels que les bouchons ou les cellules. Leur prix de revient est assez élevé : un bloc de longueur 6 m, largeur 4 m, hauteur 2 m, avec 32 alvéoles de diamètres différents (voir schéma en annexe) revient à 2 millions de francs.

Le stockage en bâtiment est le plus onéreux car il réclame une construction soignée, des enduits de murs et de sols, une ventilation avec filtration, une surveillance constante et naturellement la mise en fûts ou sous emballages des

déchets. Par ailleurs, il n'évite pas les protections mobiles pour les déchets très actifs. Cependant, il peut être très intéressant pour les productions de grande série, par exemple les boues et les stériles très actifs, dont on peut attendre une décroissance importante. Dans le cas de production identique les séparations sont inutiles, mais il est nécessaire d'utiliser un engin spécial pour le transport et la manutention.

Le stockage en sous-sol permet d'obtenir une meilleure protection biologique et, s'il est organisé en alvéoles spécialisés, il facilitera certaines classifications.

L'appareil de manutention sera choisi en fonction du conditionnement définitif.

Il est possible en effet, de concevoir deux types d'alvéoles.

Le premier consisterait en fosses de béton (avec enduit spécial) et de grandes dimensions :

- hauteur minimum : 2 m
- longueur: 10 m
- largeur: 2 m.

Elles seraient recouvertes de dalles en béton ou fonte et divisées à la demande. Ces fosses auraient une capacité suffisante pour contenir les déchets de grande activité produits pendant un an et qui seraient repris ensuite pour blocage définitif.

Le deuxième type d'alvéoles consisterait en cuves préfabriquées et enterrées en béton que l'on scellerait

ultérieurement après décroissance des déchets enfermés, qui ne seraient donc manipulés qu'une seule fois.

Nous croyons utile de faire ici une digression sur les manutentions des résidus radioactifs.

Le stockage provisoire et le blocage définitif dépendent souvent de la manière dont le déchet est emballé au départ de l'installation. Il convient donc en premier lieu de définir rigoureusement les types d'emballage à utiliser pour les transports jusqu'au stockage provisoire et en vue du blocage définitif. Il faut toujours imposer un emballage étanche pour éviter la contamination.

Il semble d'autre part, que l'on doit s'efforcer de créer partout où cela est possible dans un centre, un stockage provisoire en fosses et aussi en cuves préfabriquées enterrées qui seraient enlevées et scellées après remplissage; on supprimerait ainsi un nombre considérable de fûts métalliques qui, dans certains cas, rendent plus onéreux et plus compliqué le stockage définitif.

II - STOCKAGE DEFINITIF.

Ultime étape des déchets, il devrait spécialement supprimer toute contamination ou irradiation par ceux-ci.

Il y a donc nécessairement entre les deux stockages, provisoire et définitif, un stade intermédiaire de préparation et de mise en conditionnement aboutissant à un blocage définitif des déchets. Tous les moyens seront évidemment employés

pour réduire au maximum les volumes : découpage, cisailage, compactage, calcination

Ces diverses opérations précèdent le blocage et pour cette dernière opération le meilleur matériau paraît être actuellement le béton, parce qu'il répond le mieux et le plus économiquement aux exigences de la protection biologique du confinement des résidus. Des études particulières ont été faites ou sont en cours, sur les coulis et mortiers destinés à la confection d'un béton spécial présentant des caractéristiques mécaniques correctes, ne se fissurant pas par retrait, résistant au gel et à la dissolution.

Les résultats de ces études sont concrétisés dans la confection de certains blocs de béton ¹⁾, confectionnés à partir de cuves ou par enrobage, permettant un conditionnement garanti. Le choix du mode de stockage définitif en devient ainsi plus aisé, ainsi que les impératifs qui en découlent.

La réalisation d'une solution dépend de la définition du site et du mode de transport.

En ce qui concerne le site, il semble qu'un dépôt de résidus radioactifs conditionnés et répondant aux conditions définies plus haut, ne présente pas plus de danger que celui

1) Ils seront décrits dans d'autres exposés et dans la suite de celui-ci.

provenant de certaines installations elles-mêmes. On peut donc penser qu'il est plus commode de stocker les résidus à l'intérieur ou à côté des centres de production sans que soient sensiblement modifiés les problèmes posés par l'exploitation de ce centre.

Par ailleurs, les transports seront d'autant plus onéreux qu'on voudra éloigner davantage les déchets et, pour les très radioactifs, le coût serait prohibitif sur de longues distances en raison des conditions spéciales de ces transports. Il y aurait donc intérêt à faire voyager les déchets les moins actifs.

Le choix des solutions adoptées est guidé par ces considérations et nous allons examiner successivement les modes de stockage définitif - sur le sol - dans le sous-sol - en mer.

a) Sur le sol :

Les blocs en béton spécial, réalisés à partir de "conteneurs", cuves ou par enrobage peuvent demeurer indéfiniment sur une aire qui par précaution supplémentaire pourrait être couverte en toiture légère. Un tel stockage ne serait limité que par les surfaces disponibles, même si avec une bonne résistance au sol on superpose les blocs. Ce mode de stockage a l'avantage de permettre la reprise éventuelle des déchets vers une autre destination.

Une autre méthode peut permettre un stockage définitif sur le site même, ou à proximité immédiate, en partant de fûts nus contenant des déchets très actifs : par exemple des boues.

En prenant pour base une production annuelle de 6 000 fûts, de 570 mm de diamètre et de 930 mm de hauteur et dont l'activité maximale serait de 20 c, on peut construire un bloc de béton hexagonal (voir schéma en annexe) permettant un stockage de trois ans. On réalise préalablement une semelle hexagonale légèrement armée de 30 cm d'épaisseur inscrite dans un cercle de 18 m de rayon. On dresse sur le radier des cloisons verticales qui forment 6 compartiments triangulaires chacun d'eux pouvant recevoir 333 fûts par couche. Les fûts les plus actifs seront disposés vers le centre de l'ouvrage ou vers le centre de l'alvéole. Dès qu'un alvéole est plein on recouvre les fûts d'un béton fluide qui, par vibration, assurera un remplissage complet des vides entre les fûts ; on poursuit le bétonnage jusqu'à ce qu'on ait réalisé une couche uniforme de 30 cm au-dessus du couvercle des fûts et on constitue ainsi un plancher permettant de supporter une couche supplémentaire ; on passe ensuite au deuxième alvéole et on complète tout le rez-de-chaussée de l'ensemble, on peut empiler successivement, de cette manière 9 couches de fûts et assurer un stockage définitif de 18 000 fûts soit la production de 3 ans, à 20 fûts par jour, la dernière couche de béton formant toit, sera armée et enduite comme la semelle pour assurer une étanchéité parfaite (cas de boues fluides).

Toutes les opérations de manutention des fûts et de coulée de béton sont effectuées à distance au moyen d'une grue se déplaçant sur une voie étroite circulaire autour de l'hexagone.

La hauteur au-dessus du sol peut être limitée à l'étage désiré, ou au contraire augmentée si on veut utiliser au

maximum la surface du terrain occupé ; il faut dans ce dernier cas un sol à plus grande résistance. L'ensemble de l'ouvrage aurait les dimensions suivantes :

- hauteur totale (avec les pentes) : 12,20 m
- côté de l'hexagone : 18 m

La terrasse sera conique avec une faible pente vers le centre pour évacuer les eaux de pluie par une descente de 200 mm de diamètre au centre de l'ouvrage et mise en place au fur et à mesure de la progression des travaux. Cette descente sera reliée au réseau général d'évacuation des eaux ; un contrôle est donc possible.

Cette réalisation présente les avantages suivants :

- faible superficie : environ 1 000 m², avec les accès, pour 3 ans de stockage.
- résistance mécanique excellente: un tel ensemble est insensible aux mouvements de terrain.
- aucune contamination éventuelle des eaux avoisinantes n'est à craindre si on prend les précautions voulues dans la construction, qui au fur et à mesure de son avancement fournit la protection biologique suffisante.
- économique, le prix de revient pour un fût est de 6 600 F , si ce bloc était enterré le prix pour un fût serait de 9 à 10 000 F .

Un autre procédé permettant une reprise éventuelle consiste en un empilement de blocs de béton contenant 3 fûts (voir schéma en annexe). Ces blocs de béton vibré auront une

épaisseur minimum de 22 cm et un poids de 5,6 tonnes ; on les empilera les uns sur les autres sur une aire circulaire dont le centre sera occupé par un derrick qui servira : au déchargement des fûts, à la coulée du béton et à la manutention des blocs de béton. L'installation qui comporte une centrale à béton avec vibreuse a pour dimensions :

- Diamètre de l'aire circulaire	:	50 m
- Nombre de couches	:	6
- Hauteur totale	:	8 m
- Nombre de fûts	:	6 000
- Prix de revient par fût	:	13 000 F

On remarquera que le prix de revient est double du précédent, de même qu'il faut deux fois plus de surface pour un stockage limité à un an seulement au lieu de 3.

Dans les deux cas ce prix comprend l'achat du matériel, la fourniture des matériaux et de la main d'oeuvre mais exclue le transport des fûts à pied d'oeuvre, la fourniture de l'eau et de l'électricité.

L'avantage sur la solution bloc hexagonal est la facilité de reprise éventuelle et c'est pourquoi le poids des blocs est limité à 5,6 tonnes ce qui est commode pour les manutentions et transports.

b) Stockage dans le sol.

Nous décrirons dans ce mode de stockage, les solutions

faisant appel à des fouilles dans les terrains naturels.

- Alvéoles -

On fouille des tranchées sur le site même ou à proximité immédiate, en recherchant un terrain de formation géologique appropriée pour éviter les infiltrations. On crée ensuite une rétention par le sol en rapportant du sable et une argile fine. Enfin, on donne au volume bonne résistance en complétant par des empierrements cylindrés, on ajoute des drains avec puisarde permettant l'évacuation des suintements éventuels (cas des boues).

Un alvéole de dimensions :

- longueur totale : 56 m
- largeur : 10 m
- profondeur : 5 m

permet le stockage suivant : les fûts sont empilés sur quatre couches de 16 fûts, avec 64 rangées soit : 4 000 fûts par alvéole. Le vide entre fûts est comblé avec les déblais au fur et à mesure ; on peut recouvrir le dessus d'une dalle de béton ou d'une couche d'argile pour assurer la protection contre la pluie. Estimation de la dépense : 8 500 à 11 900 F par fût.

Si on veut manipuler des fûts nus des précautions classiques mais importantes sont à prendre : utilisation de semi-remorques avec blindages importants pour l'acheminement vers l'alvéole et de chariots élévateurs blindés pour les opérations de manutention : chargement, déchargement, empilement.

D'autre part, ce mode de stockage doit être considéré comme définitif, car les fûts malgré les précautions prises ne peuvent être garantis indéfiniment contre l'oxydation et les crevaisons. Ces dernières pouvant être causées par des tassements différentiels au cours de remblaiement.

Il semble, au contraire, qu'il soit avantageux de protéger le fût lui-même par un "conteneur" préfabriqué en béton avec injection de béton pour blocage de fût. Une estimation du coût des opérations de passivation comprenant la station de bétonnage (amortissement 10 ans) la fourniture des matériaux et l'exploitation peut être chiffrée de 13 000 à 16 400 par fût selon leur activité. Dans le cas des fûts contenant des boues, on a intérêt à utiliser des alvéoles mieux aménagés, comportant un radier et des murs latéraux en béton, on peut y ranger soit les fûts nus, soit les fûts enrobés de béton. L'aménagement peut admettre les fûts empilés sur trois rangées, les vides (25 % du volume total) étant remplis avec du sable graveleux d'alluvions. Une couverture doit être réalisée avec des matériaux imperméables, on peut aussi au lieu de remblayer des fûts nus, injecter du béton spécial ce qui donnerait un monolithe enterré de 4 000 fûts. On grouperait les alvéoles par quatre autour d'un poste de déchargement commun.

Les prix de revient seraient de :

- alvéole non injecté, fût galvanisé + poche plastique :
5 480 F par fût.
- alvéole injecté, fût tôle ordinaire nu : 7 100 F par fût
- alvéole non injecté, fût ordinaire passivé : 10 000 F par fût

Ces diverses solutions en alvéoles ne permettent des reprises dans les conditions requises de sécurité, que si on emploie des "conteneurs" en béton pour protéger les fûts.

Une remarque en ce qui concerne les boues : il y a intérêt à les transformer en un bloc compact non léchable ce qui facilite leur stockage provisoire et leur conditionnement pour un stockage définitif. Une solution se présente avec les mélanges boues ciment, pour lesquels des études nombreuses ont été faites.

- Tunnels - Mines- Carrières -

Nous abordons ici un stockage éloigné des centres de production. Immédiatement s'accroissent les difficultés d'ordre économique et psychologique. En ne tenant compte que de l'aspect économique, il y a lieu de considérer : le transport qui doit être conforme aux réglementations (doses au contact et à 1 m), les manutentions et l'aménagement du stockage définitif.

Nous n'avons pas étudié suffisamment le stockage, très intéressant, dans les mines et carrières pour en faire état ici, mais il sera question de l'utilisation des galeries souterraines disponibles que sont les tunnels de voies ferrées désaffectées. S'ils sont choisis convenablement ils assurent une protection efficace contre les intempéries et même dans une certaine mesure contre des mouvements importants de terrain. On doit rechercher les tunnels sans humidité et dont la maçonnerie est en bon état ; se préoccuper des accès, de

l'état des routes en hiver car l'accès normal par la voie ferrée est le plus souvent exclu aux abords du tunnel.

On peut songer à utiliser ces ouvrages pour un stockage provisoire mais en fait il n'y a pas intérêt à procéder à des manipulations et à des reprises successives en dehors des centres de production. Il faut considérer réellement le tunnel comme un dépôt définitif de résidus, en remplissant les intervalles entre les "conteneurs" de déchets au moyen d'un coulis spécial qui donnerait toute garantie après durcissement. On doit rendre le radier aussi étanche que possible et traiter localement les parois pour pallier les déficiences constatées. De toute façon l'entrée se ferait au point bas du tunnel de telle sorte que la collecte et le contrôle des eaux s'effectuent dans un puisard.

Pour l'exploitation on obturerait le tunnel à un bout par un mur en béton armé à partir duquel on commencerait le remplissage. Le transport à l'intérieur se ferait par monorail, pont roulant ou fenwick, selon la largeur du tunnel. Pour protéger le personnel contre le rayonnement on réaliserait des cloisements en blocs préfabriqués. Après l'injection de chaque alvéole on regresserait vers l'entrée où serait placé le groupe électrogène assurant l'éclairage et le fonctionnement du matériel électrique, ainsi que les ventilateurs équipés de filtres pour assainir le tunnel pendant la durée de l'exploitation. Tout le matériel serait récupérable.

Dans le prix de revient d'une telle réalisation le transport intervient pour une part importante ; il est naturellement fonction de l'éloignement et du mode de conditionnement

au départ. On utilisera au maximum la voie ferrée à partir du point de production mais le camion sera souvent nécessaire pour parvenir jusqu'au tunnel. Une estimation a été faite pour divers tunnels éloignés de 150 kilomètres environ du lieu de production : pour des fûts de 200 l couchés et empilés jusqu'aux $\frac{2}{3}$ environ de la hauteur : on peut disposer 40 à 50 fûts par mètre linéaire soit : 8 à 10 m³. Le prix de revient serait de 15 000 à 22 000 frs par fût, en tenant compte des conditions de transport et d'exploitation.

c) Stockage en mer.

Parmi les solutions proposées pour le stockage définitif, la question de reprise éventuelle a été soulevée et peut apparaître comme une contradiction. En fait une destination finale était encore envisagée : le rejet en mer. Les difficultés d'ordre économique ou psychologique évoquées à propos des tunnels prennent en général plus d'ampleur lorsqu'il s'agit d'immersion marine.

Sous l'angle économique c'est le problème des transports qui est le plus important, on peut envisager tout d'abord le transport par voie d'eau de bout en bout (sans transbordement) s'il existe un port fluvial ou si le centre est au bord de la mer. Dans la plupart des cas, il faut passer par l'intermédiaire de la route ou du rail et quelquefois les deux. Il s'ensuit des transbordements onéreux et la nécessité d'un conditionnement parfait répondant aux conditions de sécurité de ces divers transports. Nous avons déjà insisté sur l'importance du blocage des déchets et sur la réalisation des "conteneurs" définitifs.

Par ailleurs, le choix du site est d'une grande importance et cette question a été abondamment étudiée, débattue et a fait l'objet de nombreuses communications ou publications.

Comme il ne peut être question d'immerger des déchets radioactifs dans n'importe quel emballage et n'importe où sans polluer le milieu marin, nous avons recherché dans les études que nous avons menées, avec les organismes précités, à définir :

Un "conteneur" susceptible d'être immergé sans danger pour le milieu environnant, un lieu d'immersion favorable et les conditions de cette réalisation.

Le "conteneur" sera un bloc compact de béton répondant à certaines caractéristiques et en particulier celles à la compression et à la dissolution. Son poids doit permettre les facilités de manutention et de transport.

Le choix du site d'immersion dépend essentiellement des études et analyses complexes du fond sous-marin envisagé : plateau ou vallée, vitesse des courants, sédiments, faune et flore etc.... Ces examens sont en cours.

Aucun essai d'immersion en actif n'a été effectué jusqu'à présent et seuls ont été entrepris et sont poursuivis des essais d'immersion jusqu'à 2 300 m de fûts ou "conteneurs" absolument inactifs.

Nous avons essayé de chiffrer les dépenses occasionnées par ce genre de stockage définitif.

En prenant pour référence un bateau automoteur de 450 tonnes, type L C T, coûtant d'occasion 28 millions de francs, amorti en 10 ans, le prix de transport par fût en "conteneur" béton est de 9 000 à 15 000 F selon le mode de transport utilisé, c'est-à-dire route, fleuve, mer ou route mer ou encore route-rail-mer sur une distance de 400 kilomètres, jusqu'au point d'immersion, dont 120 km par route fleuve ou rail et 280 km en mer. Le moins cher est le transport route-port fluvial-mer et le plus cher le transport par route, rail, mer.

De plus, il faut naturellement tenir compte du prix du "conteneur" béton qui est de 40 000 F environ pour 5 tonnes avec une contenance utile de 700 litres. Le prix d'un rejet en mer serait de 100 000 F environ par m³ de déchets.

III - CONCLUSIONS.

Sous l'angle psychologique les transports et les stockages radioactifs en dehors des centres de production soulèvent une certaine résistance auprès des populations, qui voient pourtant circuler ou stocker, de manière permanente, des produits extrêmement dangereux : solides, liquides ou gazeux, explosifs, inflammables ou toxiques.

On peut dire que le transport par voie ferrée est celui qui rencontrera le moins de difficultés parce que le moins spectaculaire.

Les réactions du public sont certainement dues à une

méconnaissance des conditions de transport, de stockage et de tous les essais qui permettent de prendre telle ou telle décision.

Les divers modes de stockage envisagés dans cet exposé et dont certains sont déjà utilisés dans quelques pays, semblent offrir des solutions acceptables au point de vue de la protection biologique.

Nous avons essayé de définir quelles étaient les conditions d'établissement d'un dépôt de déchets radioactifs, le choix étant déterminé par la sécurité des populations, la géographie, l'économie. Il est indispensable de prévoir les emballages et le conditionnement. Dans les évaluations des dépenses de transport et de stockage on remarque combien il est intéressant d'avoir un matériel réduit, compacté au maximum. Pour les boues, il faut songer aussi à les bloquer ce qui facilitera finalement les manipulations et la protection. Il est aussi du plus grand intérêt d'utiliser au maximum la décroissance radioactive en organisant le stockage provisoire.

Enfin, au moment du blocage définitif comment faire un choix entre les "conteneurs", les blocs enrobés, les monolithes, les alvéoles, les tranchées injectées ou non, les tunnels, les carrières, la mer enfin ?

L'esprit humain se satisferait peut-être mieux d'un stockage sur le sol bien visible et facilement surveillé.

Par ailleurs, l'idée d'une reprise éventuelle en vue d'une utilisation possible, n'est pas à écarter, non plus, en

ce qui concerne certains déchets.

En France, jusqu'à présent, il n'y a eu ni stockage définitif dans le sol, ni immersion dans les mers, car en Europe il n'est pas toujours facile de réaliser tout ce qui est devenu routine, ailleurs, en matière d'élimination des déchets. Je prendrai comme exemple, les pays non maritimes, qui pour effectuer leurs rejets en mer, devront faire transiter leurs résidus chez les voisins et embarquer dans des ports étrangers.

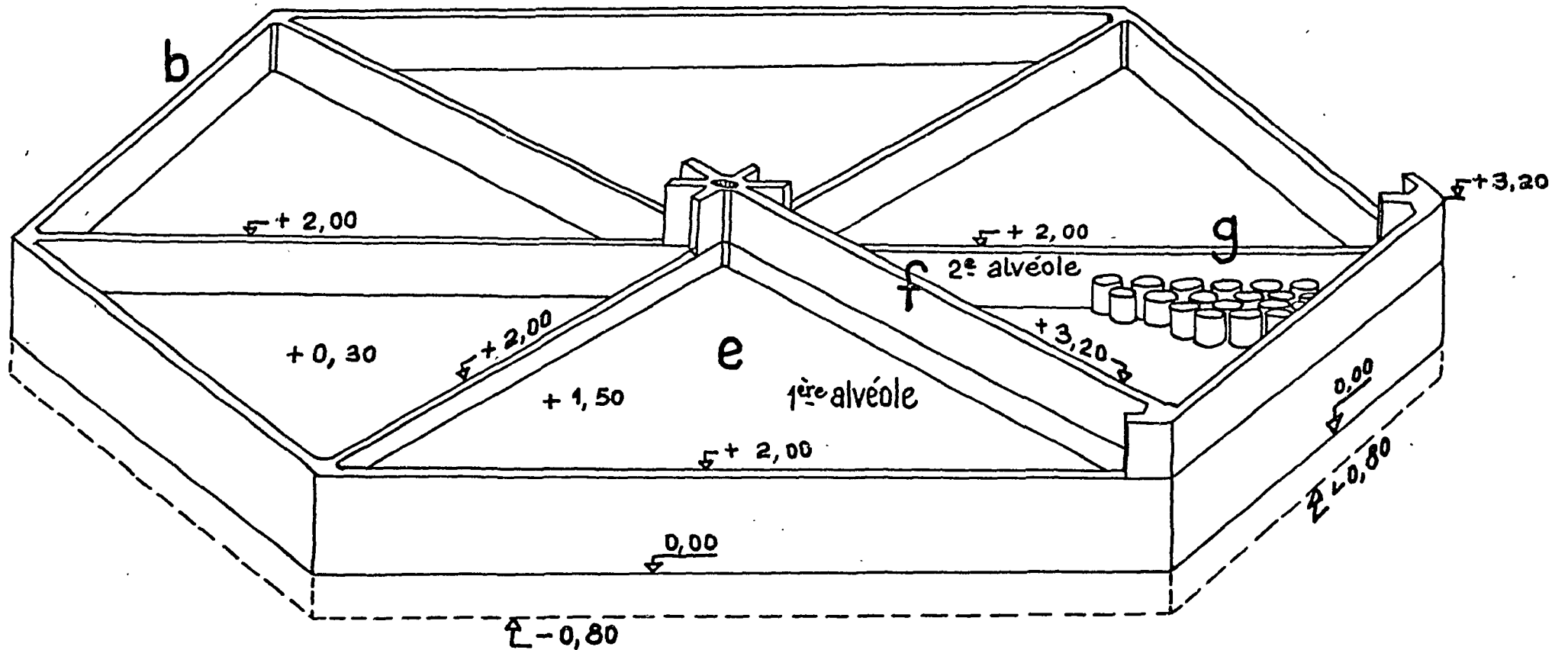
Ceci ne sera possible qu'avec l'application d'une réglementation définissant aussi bien les normes de ces transports spéciaux et les emballages, que les conditions mêmes de l'immersion en mer.

Manuscrit reçu le 18 janvier 1960.

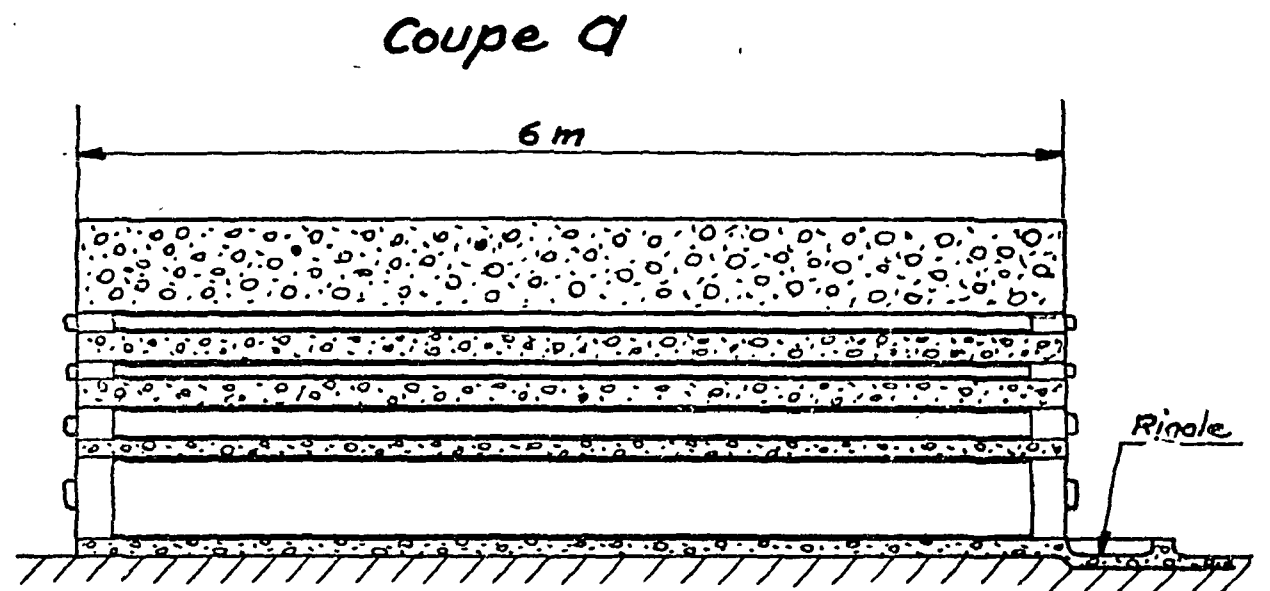
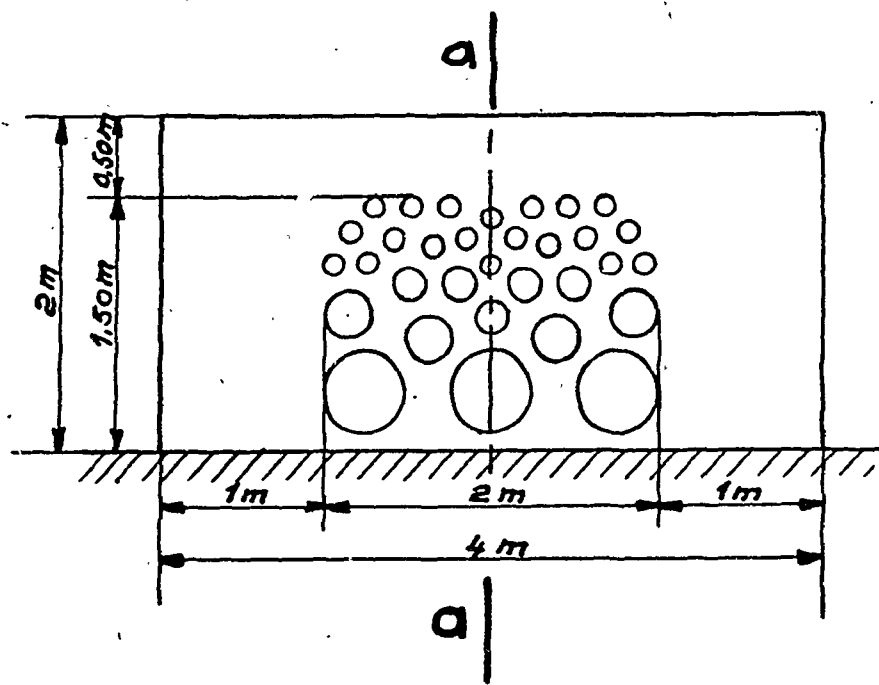


— Stockage sur le sol — Bloc hexagonal

Perspective au début du chantier pendant
l'opération "g"



— Stockage sur le sol — Bloc tubulaire



FINN