

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
DIRECTION DU CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE SACLAY
SST - GMLC

CONDITIONNEMENT DE DECHETS TRITIÉS AU LABORATOIRE CHAUD
DU C.E.N./SACLAY

PAR

L. HAYET ET P. BOURDINAUD

Communication présentée à la réunion plénière 1982 du
Groupe de Travail "Laboratoires Chauds et télémanipulation" de
la Commission des Communautés Européennes les 10 et 11 Juin 1982
à MOL (Belgique).

JUIN 1982

I - INTRODUCTION

II - LES LABORATOIRES CHAUDS DU CEN/SACLAY

III - LA "CELLULE 4 TRITIUM

III.1 Exploitation - Programme

III.2 Données pratiques de radioprotection

III.3 Equipements

III.4 Projet de procédés de conditionnement des déchets.

IV - DEMANTELEMENT ET CONDITIONNEMENT DES DECHETS TRITIÉS DE LA CELLULE 4

IV.1 Inventaire

IV.2 Principes de démantèlement

IV.3 Conditionnements des déchets

V - CONCLUSIONS

VI - REFERENCES

VII - FIGURES

I - INTRODUCTION

Le Commissariat à l'Energie Atomique exploite au CEN/SACLAY des Laboratoires Chauds de moyenne activité regroupés dans un seul bâtiment, où sont effectuées des missions de recherche et d'application.

Ces missions couvrent des domaines très divers, métallurgie, physique, chimie, fabrication de sources industrielles ou médicales, entretien des télémanipulateurs du CENS et contrôle des effluents du CEN/SACLAY.

Suivant les Laboratoires on distingue :

- La recherche métallurgique appliquée aux constructions d'enceintes de réacteurs et de combustibles des filières à neutrons thermiques ou à neutrons rapides, à partir d'essais mécaniques spécifiques et d'examen métallographiques.
- La fabrication des sources scellées de démarrage des réacteurs à eau pressurisée (252 Cf).
- La calibration d'appareils de contrôle d'enrichissement des combustibles PWR.
- La fabrication des sources de curiethérapie (252 Cf).
- L'étude, la réalisation et la production de molécules marquées au tritium ou au carbone 14 par voies chimiques ou biochimiques.
- L'analyse et l'étude du traitement des effluents et des procédés de décontamination.
- La fabrication de sources de césium 137 destinées aux industriels ou aux hôpitaux.
- L'analyse chimique sur chaîne blindée de produits actifs.
- Le comportement des transuraniens vis-à-vis des barrières.
- L'étude de l'efficacité de piégeage des filtres.
- La vérification des caractéristiques des équipements d'instrumentation des centres de traitement des déchets sur une boucle d'essais (capteurs ..).
- Le conditionnement de sables marqués pour la sédimentologie.
- L'entretien et la réparation de l'ensemble des télémanipulateurs du CEN/SACLAY et des télémanipulateurs lourds du CEA.

De 1962 à 1976 un des laboratoires, dénommé "cellule 4", était équipé pour la production de fortes quantités de tritium. Après la mise en route de l'ATM Marcoule vers 1970, il a servi à la répartition du tritium et de l'eau tritiée pour des usages médicaux et de recherche. Les décisions de réorientation de l'activité de Département des Radioéléments prises en juin 1976 comportaient notamment l'arrêt au CEN/SACLAY des activités tritium de la cellule 4.

De 1976 à 1981 plusieurs services du CEA ont contribué à l'élaboration et à la mise en pratique d'un mode de conditionnement des déchets tritiés résultant du démantèlement de la cellule 4.

II - LES LABORATOIRES CHAUDS AU CEN/SACLAY

Cet ensemble de laboratoires a été conçu en 1952, 1953, il y a déjà 30 ans et a été mis en service à partir de 1955.

Seize laboratoires distincts appelés "cellule" sont desservis par un couloir central de deux cents mètres de longueur. L'accès aux cellules se fait par l'intermédiaire d'un vestiaire général disposé au centre du bâtiment, du couloir central et du sas d'entrée de la cellule (voir figure 1).

L'on distingue deux types de cellules :

- Onze cellules "basses" (1955) n°s 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,
- Cinq cellules "hautes" (1960) n°s 11, 12, 14, 15, 16.

Les cellules "basses" ont une surface utile de 140 m² chacune et une installation de ventilation spécifique. Le circuit d'évacuation d'air est relié à un collecteur général et à une cheminée d'une hauteur de 30 mètres.

Les cellules "hautes" ont une surface utile de 275 m² chacune et une installation de ventilation spécifique. Les rejets gazeux sont évacués après filtration directement au niveau + 11 mètres de chaque cellule.

Les cellules basses peuvent abriter une dizaine de boîtes à gants ou des installations du type enceintes blindées. Les capacités des cellules hautes sont deux fois plus importantes en surface avec une hauteur sous plafond de 3,5 m et 7 m.

Les cellules sont exploitées par des unités et pour des objectifs différents, et les caractéristiques des réseaux de ventilation, taux de renouvellements par exemple, sont adaptés aux risques des radionucléides manipulées.

Compte tenu de cette disposition, ces laboratoires abritent 150 agents de 9 Unités distinctes sur une surface de plancher de 10.000 m².

A titre indicatif, on donne sur le schéma de la figure 2 la répartition des surfaces par Unités. On constate que la surface des cellules représente 40 % de la surface totale du bâtiment.

III - LA "CELLULE 4" TRITIUM

III.1. Exploitation - Programme

Cette cellule exploitée par le Département des Radioéléments, dans le cadre d'une association tripartite - CEA France - CEN Belgique - SORIN Italie - assurait la fourniture de produits tritiés tels que :

- Produit radiochimique, dans des ampoules, des flacons ou des bouteilles métalliques sous forme de gaz ou d'eau tritiée ayant respectivement des activités de 250 à 1000 Ci et de 0,2 à 5 mCi/ml.
- Produit radiopharmaceutique sous forme d'eau tritiée injectable, de thymidine méthyle ^3H et d'Uridine $^3\text{H-5}$, de 0,5 à 5 mCi/ml et de 3 à 15 Ci/mM.
- Molécules marquées au tritium.
- Services de tritiation par exposition au gaz tritium (technique de WILZBACH), par échange catalytique en milieu aqueux et par hydrogénation catalytique avec le tritium de précurseurs insaturés.
- Sources Bêta, avec le tritium absorbé dans un dépôt de titane sur un support en acier inoxydable.
- Cible pour accélérateur, constitué d'un support métallique épais revêtu d'une couche mince de titane déposée par métallisation sous vide ou par pulvérisation cathodique. Dans ce cas le tritium est absorbé dans le titane avec lequel il forme un hydrure. L'activité moyenne de telle cible est de 1 à 5 Ci.
- Etalons sous forme gazeuse de 0,2 $\mu\text{Ci/ml}$ à 500 $\mu\text{Ci/ml}$.

III.2. Données pratiques de radioprotection

Les données pratiques de radioprotection pour la manipulation du tritium ont été décrites par les Services de Radioprotection du CEN/SACLAY (voir référence 1).

Les caractéristiques physiques et chimiques du tritium sont regroupées dans la figure 3.

Les données retenues par l'évaluation des risques du tritium sont données en annexe (voir figure 4).

Notons que le risque à considérer est celui de la contamination interne qui peut survenir selon quatre voies.

| Voie | Exemple d'origine - Observations |
|--------------|--|
| Respiratoire | séjour en atmosphère contaminée sans équipement adéquat (masque autonome ..) |
| Digestive | pipettage à bouche - Non respect des règles élémentaires de radioprotection (ne pas fumer, manger, boire ..) |
| Cutanée | L'oxyde de tritium passe très facilement à travers la peau |
| Transcutanée | effraction cutanée d'origine traumatique (verre, seringue contaminée ..) |

En cas de contamination interne, l'organe le plus radiosensible est la moelle osseuse. Si la contamination est élevée, il peut en résulter une anémie lente mais progressive, devenant irréversible.

III.3. Equipements

Les équipements de la cellule 4 étaient destinés à assurer la répartition de tritium gaz en ampoules pyrex, en bouteilles métalliques et en fours à uranium pyrophorique, ainsi que la répartition d'eau tritiée à usages médicaux et industriels, et donc d'activité déterminée, livrables aux utilisateurs.

Compte tenu de la diversité des produits finis et des caractéristiques des circuits du procédé ces équipements étaient répartis dans un caisson étanche (voir figure 5) et dans sept boîtes à gants.

Le caisson de 75 m³ de volume approximatif à parois de métal et d'altuglass contenait les équipements suivants :

- 1 tamis moléculaire contenant environ 300.000 curies de tritium gaz, (sous forme HTO),
- 15 bouteilles de modèle ancien, contaminées extérieurement et contenant du tritium gaz ; quantité globale voisine de 70.000 curies de tritium gaz,
- déchets solides divers, appareils, y compris les parois du caisson ; quantité globale estimée à 10.000 curies de tritium diversement combiné (eau, graisses, matières plastiques ..).

Les sept boîtes à gants étaient équipées de :

- 20 fours à uranium pyrophorique contenant au total environ 30.000 curies de tritium gaz et une masse d'U naturel ou appauvri de 2 kg environ,
- déchets solides divers (verreries, canalisations métalliques ..) y compris les parois des boîtes ; quantité globale estimée à 10.000 curies de tritium diversement combiné.

Bien que l'exploitation se soit arrêtée en 1976 le maintien de ces équipements en place a imposé les précautions suivantes :

- fonctionnement permanent d'une ventilation assurant le dégazage des équipements,
- contrôle permanent par mesures en continu des quantités de tritium évacuées et permettant de déceler une dispersion accidentelle,
- entretien des équipements pour assurer en tout point une vitesse d'air de balayage suffisante pour s'opposer à la diffusion du tritium dans la cellule (état des joints, des gants ..).

III.4. Projet de procédés de conditionnement des déchets

Pendant une très longue période de 5 ans les services de Radioprotection et certaines unités du CEA ont élaboré des projets de procédés de conditionnement des déchets solides tritiés répondant aux critères fixés par les organismes de sûreté et de l'Agence Nationale pour la gestion des déchets radioactifs.

Ainsi pour le conditionnement et le stockage des déchets tritiés, il a été établi un classement en trois groupes :

1er groupe - CONDITIONNEMENT DANS UN CONTENEUR EN ACIER INOXYDABLE SOUDE

$$\text{ACTIVITE } 3,7 \times 10^{13} \text{ Bq} < A_0 < 1,1 \times 10^{15} \text{ bq}$$

$$\text{soit } 10^3 \text{ Ci} < A_0 < 3 \times 10^4 \text{ Ci}$$

On prévoyait que les fours à uranium pyrophorique et quelques pièces fortement contaminées telles que l'activité initiale contenue par colis soit comprise entre 10^3 Ci et 3×10^4 Ci (limite supérieure impérative) seraient enrobés dans un coulis de ciment spécialement mis au point, entouré d'une couche de 50 mm de résine époxyde chargée en sable, à l'intérieur d'un conteneur d'acier inoxydable soudé d'épaisseur 5 mm qui constituera la barrière principale.

Les dimensions externes du conteneur sont voisines de celles du fût standard de 200 l ($\varnothing = 600$ mm; $h = 780$ mm).

Ce type de conditionnement constitue le premier groupe.

En cas de difficultés particulières de conditionnement, le groupe de travail proposait l'utilisation d'une coque en résine époxyde pure .

En effet, les propriétés de confinement de la résine époxyde pure sont meilleures que celles de la résine chargée en sable, car l'hétérogénéité de la résine chargée en sable engendre des chemins préférentiels de migration.

Les barrières de résine époxyde chargée en sable de 50 mm d'épaisseur qui constituent le revêtement intérieur des conteneurs de 200 l d'acier inoxydable du premier groupe, et le revêtement intérieur des coques de béton armé du type 95D (200 l de volume utile) du deuxième groupe, pourraient être remplacés par des coques de résine époxyde pure préfabriquées qui ont été mises au point pour le conditionnement des déchets issus du démantèlement d'Elan IIB.

Les dimensions de ces coques sont approximativement :

| | | |
|---------------------------|---|-----------------------|
| Hauteur hors tout | : | 880 mm |
| Diamètre extérieur | : | 600 mm (partie haute) |
| | | 560 mm (partie basse) |
| Hauteur sans le couvercle | : | 775 mm |

Ces coques sont constituées d'une enveloppe externe de polyester (épaisseur de 4mm) accolée à une couche épaisse de résine époxyde (épaisseur 20 mm).

Si l'utilisation de telles coques était retenue, on adapterait les dimensions du conteneur d'acier inoxydable utilisé pour le conditionnement des déchets du premier groupe et du deuxième groupe.

2ème groupe - CONDITIONNEMENT DANS UNE COQUE EN BETON ARME, REVETUE INTERIEUREMENT D'UNE COUCHE EPAISSE DE RESINE EPOXYDE CHARGEE EN SABLE

$$\text{ACTIVITE } 7,4 \times 10^{11} \text{ Bq} < A_0 < 3,7 \times 10^{13} \text{ Bq}$$

$$\text{soit } 20 \text{ Ci} < A_0 < 10^3 \text{ Ci}$$

Dans ce cas les parties moyennement contaminées de l'appareillage (procédé,) essentiellement des vannes, des tuyauteries en verre ou métalliques, des pompes à vide, etc ... seraient enrobées dans le même coulis de ciment, à l'intérieur de coques cylindriques préfabriquées en béton armé, recouvertes intérieurement d'une couche de 50 mm de résine époxyde chargée en sable, dont le moule interne sera formé par une enveloppe d'acier.

La couche de résine époxyde constituera la barrière principale pour ce deuxième groupe de conditionnement.

Le type de coque préfabriquée retenu correspond à un volume utile de 200 l où les déchets sont enrobés dans le coulis de ciment.

D'autre part les bouteilles d'acier inoxydable pouvaient être utilisées pour le transport et le stockage de tritium .

Le Groupe de travail précise que les bouteilles de transport et de stockage possèdent de très bonnes qualités de confinement, éprouvées pendant l'exploitation. Il paraît économiquement illusoire de réaliser des conteneurs de déchets plus étanches et plus fiables que ces conteneurs primaires qui sont en acier inoxydable. On veillerait à maintenir l'intégrité du confinement en bloquant dans un enrobage de résine pure le système d'obturation et son voisinage, qui constitue la partie la plus sensible de ces conteneurs primaires. La résine époxyde employée est celle utilisée pour le conditionnement des autres déchets (résine époxyde XF 431 = durcisseur XF 348) sans charge de sable. On réalisera des moules adaptés à la géométrie des différents types de conteneurs, de sorte que l'épaisseur minimale de résine entre les points où il pourrait y avoir risque de fuite à long terme et l'extérieur soit de 3 cm.

Avant ce traitement d'obturation définitive des bouteilles, on prélèvera, si les risques associés ne sont pas trop importants, un échantillon de leur contenu pour évaluer l'activité résiduelle.

Compte tenu de leurs propriétés de confinement, ces conteneurs après préconditionnement seront enrobés dans un coulis de ciment à l'intérieur d'une coque de béton armé, revêtue intérieurement d'une couche épaisse de résine époxyde chargée en sable (conditionnement du deuxième groupe).

3ème groupe - CONDITIONNEMENT DANS UNE COQUE EN BETON ARME, REVETUE
INTERIEUREMENT D'UNE COUCHE MINCE DE RESINE EPOXYDE

ACTIVITE $< 7,4 \times 10^{11}$ Bq

soit $A_0 < 20$ Ci

Les matériels très faiblement contaminés tels que les éléments de caisson ou de boîte à gants, les tenues de protection usagées, etc seraient enrobés dans le même coulis de ciment à l'intérieur de coques cylindriques préfabriquées en béton armé recouvertes intérieurement d'une couche mince (2 à 3 mm) de résine époxyde sans charge.

Les coques utilisées pour ce troisième groupe de conditionnement ont un volume utile de 1 m³.

Avant de procéder à l'homologation des conteneurs, les services de sûreté ont demandé de préciser les spécifications techniques et de procéder aux essais cités dans le tableau ci-dessous :

| CARACTERISTIQUES | PROPRIETES ET PHENOMENES EXAMINES |
|-------------------------|--|
| Physiques et mécaniques | Densité du colis, du contenu Taux de remplissage de l'enveloppe Résistance du colis à l'écrasement et au choc Résistance à la compression Retrait, fissuration |
| Chimiques | Compatibilité matrice - déchet Stabilité chimique Compatibilité conteneur - enrobé Résistance à la corrosion |
| Thermosensibilité | Tenue au feu |
| Radiosensibilité | Production de gaz |
| Confinement | Durée de vie du conteneur Perméabilité aux gaz, à l'eau Lixiviation - eau renouvelée en circulation |

Ces essais et les procès verbaux d'agrément ont été réalisés durant les années 1978 - 1979 - 1980 - 1981.

IV - DEMANTELEMENT ET CONDITIONNEMENT DES DECHETS DE LA CELLULE "TRITIUM"

IV.1. Inventaire des déchets

Parmi toutes les cellules que nous devons assainir, la cellule 4 était celle dont le niveau de contamination était le plus élevé.

Cette cellule a donc été choisie pour y rassembler tous les équipements à démanteler des autres cellules travaillant sur les mêmes radionucléides. Pendant la période de 1976 à 1981, la cellule 4 a été utilisée comme "stockage ventilé". Elle était équipée de deux systèmes de contrôle en continu. L'un mesurant l'ambiance de la cellule, l'autre suivant les rejets gazeux du collecteur général d'extraction d'air.

L'autorisation de rejets du tritium gaz pour le centre de SACLAY est de $5,5 \cdot 10^{14}$ Bq/an (15.000 Ci/an).

Pendant cette période de stockage des déchets tritiés les rejets gazeux globaux des Laboratoires Chauds ont été de $1,8$ à $2,6 \cdot 10^{13}$ Bq/an (5 000 à 7 000 Ci/an).

L'implantation du stockage des déchets dans la cellule 4 a été la suivante :

- dans le fond de la cellule un caisson en acier doux dans lequel se trouvait une hotte ventilée en appendice sur le caisson étanche - un sas - deux boîtes à gants - sept boîtes à gants à ventilation indépendante (trois de ces boîtes provenant d'autres cellules). Les déchets répartis dans les boîtes à gants et le caisson ont été classés en trois groupes d'activité.

1er groupe :

Activité : 10^{13} Bq \leq Ao \leq $1,1 \cdot 10^{15}$ Bq soit 10^3 Ci \leq Ao \leq $3 \cdot 10^4$ Ci.

Les équipements entrant dans cette catégorie sont constitués par :

- 10 fours pyrophoriques à enveloppe métallique représentant un volume de $0,3 \text{ m}^3$ et une activité de 10^{13} B.
- 10 fours pyrophoriques à enveloppe de verre représentant un volume de $0,1 \text{ m}^3$ et une activité de $4 \cdot 10^{13}$ Bq,
- 15 bouteilles et capacités diverses en acier inoxydable, représentant un volume de $0,3 \text{ m}^3$ et une activité de 10^{15} Bq,
- tamis moléculaire dans une bouteille de verre de 2 litres dont l'activité est évaluée à 10^{16} Bq.

Il faut noter que ce type de déchet possède une activité supérieure à celle du 1er groupe et doit faire l'objet d'un traitement particulier afin de permettre la récupération du tritium.

L'ensemble des déchets de cette catégorie représente un volume total de 1 m^3 environ.

2ème groupe

Activité : 10^{11} Bq \leq Ao \leq $3,7 \cdot 10^{13}$ Bq

soit $3 \cdot 10^4$ \leq Ao \leq 10^3 Ci

Dans ce groupe sont inclus tous les appareillages de procédés localisés à l'intérieur des boîtes à gants ce sont essentiellement :

- . les pompes à vide
- . les canalisations et les tubulures dans lesquelles le tritium a circulé, ces matériels sont en verre ou en acier inoxydable
- . les vannes et robinets également en verre ou en acier inoxydables .

Ces déchets représentent un volume total de 3 à 4 m³.

3ème groupe

Activité : Ao \leq $7,4 \cdot 10^{11}$ Bq

Ao \leq 20 Ci

Les différents éléments des structures des installations et les équipements généraux sont compris dans ce groupe. Ainsi on trouve :

- . les charpentes métalliques
- . les boîtes à gants
- . les supports mécaniques de verrerie
- . les plans de travail des boîtes à gants
- . les moteurs électriques des pompes et des agitateurs
- . les circuits électriques et les canalisations de fluide
- . les appareils de mesure

Le volume de l'ensemble de ces déchets est évalué à 12 m³ environ.

IV.2 Principe de démantèlement

L'objectif primordial a été de neutraliser les points "chauds" des boîtes à gants en démontant en premier lieu les équipements du 1er groupe puis ceux du 2ème groupe afin de réduire à la valeur la plus basse possible l'activité d'ambiance des boîtes à gants et d'une partie du Laboratoire.

Ces déchets ont été regroupés dans le caisson étanche qui a cette occasion servait d'enceinte de conditionnement (zone III).

Ensuite, deux tentes en vinyle ont été construites dans la cellule 4 pour abriter les installations de chargement et de stockage des conteneurs béton et résine (voir figure 8).

Le poste de chargement était situé à proximité immédiate du caisson pour faciliter les opérations de transfert des déchets et l'enrobage en coulis de ciment dans les conteneurs en béton ou en résine (voir figure 8A et 8B).

Le poste de stockage relié à la ventilation, se trouvait en légère dépression par rapport à l'atmosphère de la cellule 4, environ - 10 mm de CE.

Il permettrait de contrôler les niveaux d'activités du dégazage des conteneurs pendant le temps nécessaire à la prise du ciment (24 heures environ) (voir figure 8C).

IV.3 Conditionnement des déchets

Un ingénieur et quatre techniciens ont été employés dans l'opération de démantèlement de la cellule 4.

Les enveloppes et les enrobages ont été stockés à l'extérieur du bâtiment.

Dans un premier temps les tentes de vinyle ont été montées à l'intérieur de la cellule 4 et l'on a procédé au tri dans les boîtes à gants et au démontage des éléments les plus "actifs".

Le tamis moléculaire et les fours pyrophoriques métalliques ont été stockés sous la hotte ventilée à l'intérieur du caisson.

Dans les boîtes à gants, les fours pyrophoriques à enveloppe de verre ont été rompus pour provoquer la combustion et le dégazage du tritium gaz.

Les bouteilles et capacités en acier constituaient des dispositifs de transfert du tritium qui par construction répondaient déjà aux normes de transport.

Ces matériels ont été rassemblés dans des coques métalliques pour être évacués vers un autre centre CEA afin de procéder à la récupération du tritium sous forme eau tritiée et gaz et à la création d'un déchet de faible activité.

La séparation dans un même ensemble, des pièces élémentaires qui pouvaient être évacuées comme déchet du 2ème ou comme déchet du 3ème groupe, a été réalisée à l'intérieur du caisson.

En particulier, on peut citer le démontage des groupes motopompe dans lesquels la chambre de pompage (déchet du 2ème groupe) a été séparée du socle et du moteur électrique (déchet du 3ème groupe).

Les déchets du 2ème groupe ont été placés dans les emballages de résine puis enrobés à l'aide d'un coulis de ciment.

A la fin de cette opération nous nous trouvions plus qu'en présence de déchets du 3ème groupe dont certains de grandes dimensions ont nécessité le découpage par tronçonnage. Pendant ces opérations les élévations ponctuelles de température ont provoqué un dégazage. Pour effectuer ce travail les agents d'intervention portaient une tenue ventilée (voir figure 9B).

L'assainissement se terminera par la dépose des équipements généraux : structures du caisson et gaines de ventilation.

La sélection des déchets et le découpage mécanique des équipements ont permis de séparer d'une part les déchets "inactifs" et d'autre part les déchets du 2ème et du 3ème groupe en réduisant ainsi au minimum la quantité de déchets "actifs".

Le déroulement des opérations de démantèlement de la cellule 4 nous permet de distinguer trois phases :

- 1ère phase : durée 2,5 mois.

Pendant cette période l'activité tritium contenue dans la cellule reste relativement inchangée.

On procède à la sélection des déchets et à l'installation des postes de chargement et de contrôle de dégazage.

Les premières évacuations des déchets de 2ème catégorie représentent un volume de quelques m³.

Les agents travaillent en tenue normale des L.C. dans la cellule qui reste une zone II et en tenue ventilée à l'intérieur du caisson qui est classé "zone 3".

- 2ème phase : durée 2,5 mois

Durant cette phase, on a effectué les démontages et les conditionnements des déchets du 2ème et 3ème groupe ainsi que la sortie des bouteilles et des capacités pour évacuer la majeure partie des activités "tritium".

L'activité de la cellule a rapidement décru et le volume des déchets enrobés atteint 1m³/jour. Les agents exécutent en tenue ventilée les découpages à l'intérieur du caisson et en tenue normale :

- la fabrication des coulis en ciment
- le suivi et le contrôle des enrobages
- le chargement des déchets du 3ème groupe
- la manutention des conteneurs du 2ème et du 3ème groupe

3ème phase : (2 mois)

Les travaux exécutés pendant cette période comprennent des interventions de descellement et de découpage des structures générales du caisson, des gaines de ventilation et aussi des opérations de "marteau piqueur".

Ces travaux sont effectués en tenue normale L.C.

V - CONCLUSION

L'arrêt de l'exploitation de la cellule 4 en 1976 a laissé en place des installations en état de fonctionnement avec des quantités de tritium piégées dans des capacités ou stockées dans des réservoirs. Ces quantités ne pouvant être mesurées d'une manière précise, il a été nécessaire de prendre en compte les chiffres comptables et d'agir prudemment au cours des travaux de démantèlement.

La vérification de l'efficacité des barrières à la diffusion du tritium étant imposée par les organismes de sûreté, nous avons été obligé de procéder à des essais caractérisant les performances des conteneurs.

Le démantèlement de la cellule 4 a été conduit rapidement, il démontre la valeur des principes retenus ainsi que la maîtrise d'exécution des équipes spécialisées du CEN/SACLAY.

Toutefois, il faut noter que les solutions d'emballages proposées, ont été satisfaisantes pour le conditionnement des déchets tritiés de faible et de moyenne activité c'est-à-dire pour les groupes 2 et 3.

Par contre, pour les équipements du 1er groupe, il s'est avéré plus réaliste de s'orienter vers une récupération du tritium dans des installations appropriées et une mise au déchets des résidus de faible activité.

L'assainissement complet de cette activité tritium met en évidence les difficultés liées à ce type de contamination et aux stockages des déchets pour lesquels on ne saurait trop conseiller aux concepteurs de tenir compte pour les installations futures de la nécessité de réduire au maximum les volumes susceptibles d'être contaminés et de prévoir les opérations de démontage.

R E F E R E N C E S

- (1) R. CHOQUET - J.P. PEROTIN - C. WEISS

DONNEES PRATIQUES DE RADIOPROTECTION POUR LA MANIPULATION
DE RADIONUCLEIDES - CAS DU TRITIUM ET DES COMPOSES TRITIÉS

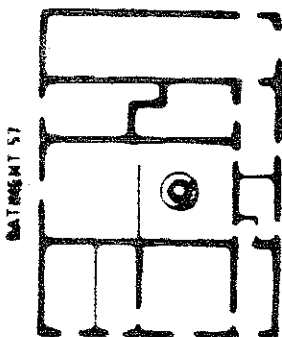
XIème CONGRES NATIONAL SUR LE CONTROLE DES RAYONNEMENTS IONISANTS
NANTES = 18 au 21 Septembre 1979

- (2) CATALOGUE DES PRODUITS EUROPEENS RADIOACTIFS DE 1973

- (3) D. BOULITROP

PROJET DE PROCEDES DE CONDITIONNEMENT DE DECHETS SOLIDES TRITIÉS
DOCUMENT INTERNE C.E.A. - NOVEMBRE 1980

=====



Echelle : 10 m

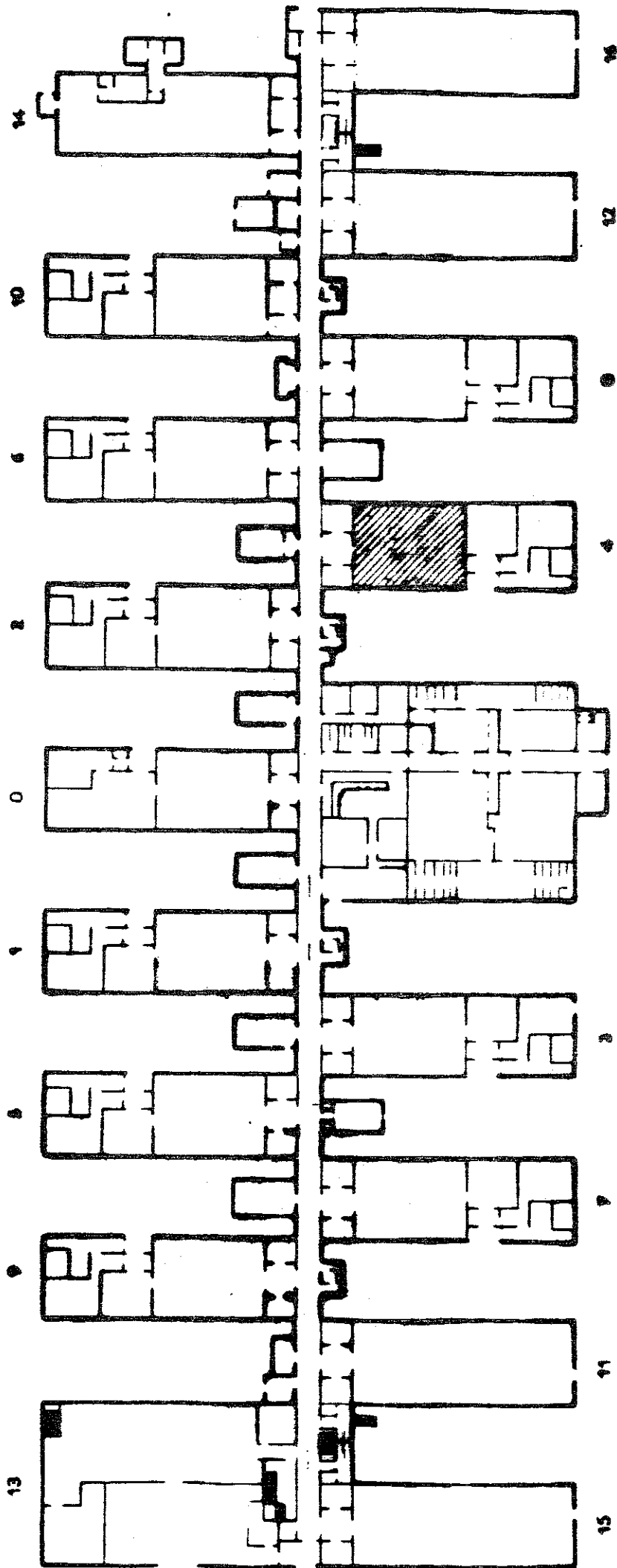


FIGURE 1 : LABORATOIRES CHAUDS DU CEN DE SACLAY

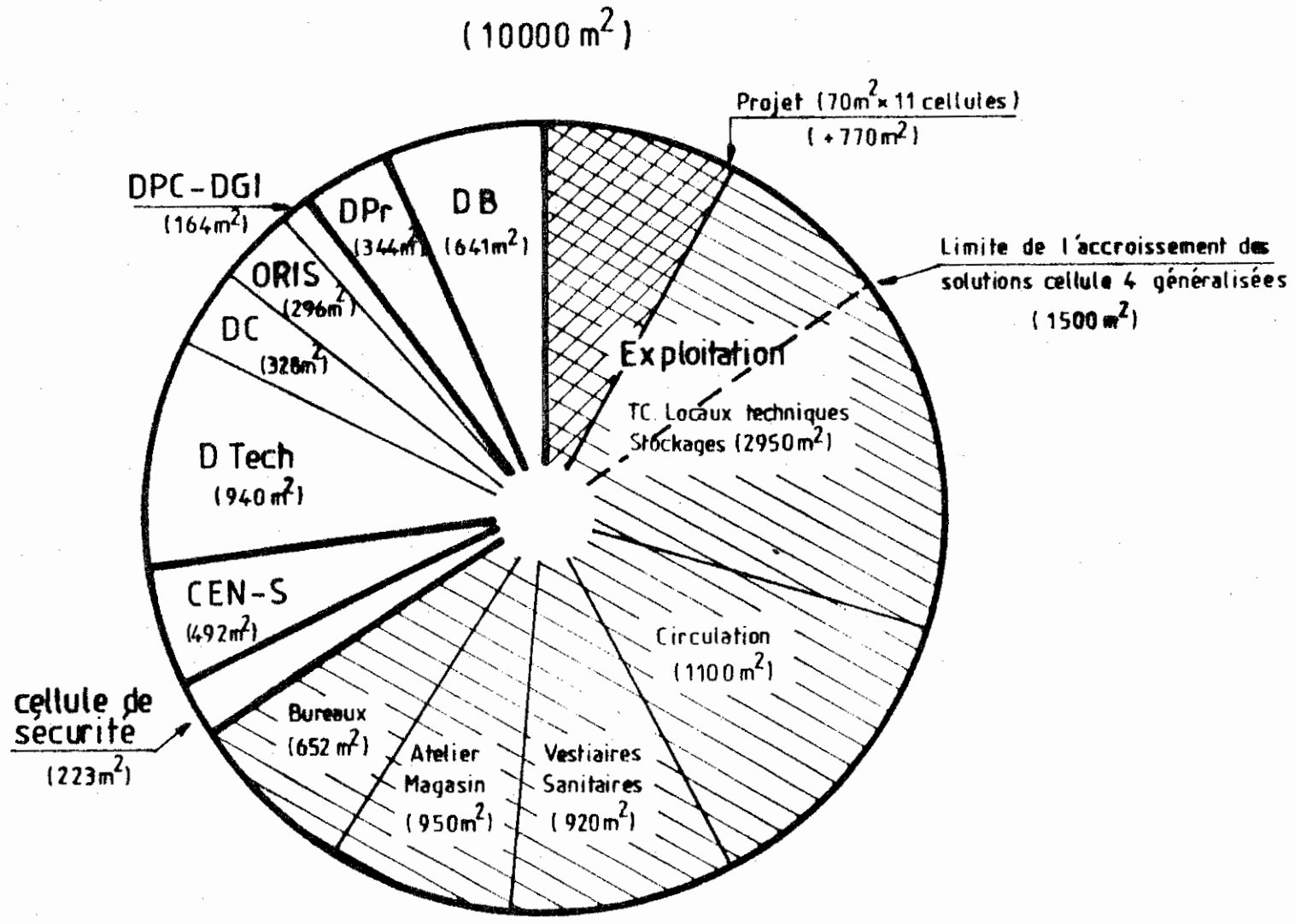


FIGURE 2 : REPARTITION DES SURFACES DES LABORATOIRES CHAUDS DU CEN SACLAY

FIGURE 3

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU TRITIUM

1. Caractéristiques physiques

Emetteur β^- pur : ${}^3\text{H} \xrightarrow{\beta^-} {}^3\text{He}$

Période : 12, 34 ans + 0,02

Caractéristiques des β^- :

| | | | | |
|---------------------------------|-------|--------------------|------|-----|
| - énergie maximale | 18,61 | ± | 0,04 | keV |
| - énergie moyenne | 5,71 | ± | 0,03 | keV |
| - pourcentage d'émission | 100 | % | | |
| - parcours maximum : | | | | |
| . dans la matière | 0,6 | mg/cm ² | | |
| . dans l'air | 4,5 | mm | | |
| . dans l'eau ou les tissus * | 6 | μm | | |
| . émulsion photographique | 1 | μm | | |

2. Caractéristiques chimiques

Isotope lourd du premier élément de la classification périodique, le tritium peut se présenter sous forme :

- de gaz

- . tritium pur (T_2)
- . hydrogène tritié (HT)

- d'oxyde

- . eau tritiée pure (T_2O)
- . phase vapeur (HTO)

- de molécules tritiées diverses dans lesquelles un ou plusieurs hydrogènes sont remplacés par du tritium.

Une transformation partielle du tritium gaz en oxyde s'effectue par oxydation biologique ou spontanée et par échange isotopique avec les atomes d'hydrogène de la vapeur d'eau contenue dans l'air.

L'activité massique à l'état pur est très élevée :

| | | |
|-------------------------------|----------|-----------|
| T_2 | 9 700 | Ci/g |
| T_2O | 2 630 | Ci/g |
| HTO | 1 450 | Ci/g |
| Molécules marquées au tritium | 0,1 à 10 | Ci/m/Mole |

* dans les tissus, 90 % des β^- sont absorbés dans 1 μm .

FIGURE 4/

TRITIUM - DONNEES POUR L'EVALUATION DU RISQUE

1. Irradiation externe

Il n'y a pas de risque d'irradiation externe avec le tritium étant donné la nature et l'énergie du rayonnement émis.

2. Contamination

2.1. Oxyde - gaz

- Travailleurs exposés (exposition de 2 000 heures/an)

a) Limite dérivée de concentration dans l'air

| Forme | Organe critique | Ci/m ³ |
|-------|-----------------------|--------------------|
| Oxyde | Tissus de l'organisme | 6.10 ⁻⁶ |
| Gaz | Peau | 2.10 ⁻³ |

On notera que la limite dérivée de concentration dans l'air est 3 000 fois plus sévère pour le tritium sous forme d'oxyde.

b) Limite d'incorporation trimestrielle par inhalation.

La fixation dans l'organisme du tritium gaz étant négligeable, on ne donne ici que la valeur pour les oxydes (HTO ou T₂O). Elle est de 3 750 microcuries.

c) Limite dérivée de contamination des surfaces.

Vêtements de travail, surfaces de travail, sol et matériel :
1 µCi/cm².

- Personnes du public

Limite dérivée de concentration dans l'air et dans l'eau.

| Forme | dans l'air Ci/m ³ | dans l'eau Ci/m ³ |
|-------|------------------------------|------------------------------|
| Oxyde | 2.10 ⁻⁷ | 3.10 ⁻³ |
| Gaz | 4.10 ⁻⁵ | |

2.2. Molécules marquées

La radiotoxicité de chaque molécule marquée est fonction de sa composition chimique et de son métabolisme dans le corps humain. Aucune valeur d'incorporation maximale annuelle ne peut-être donnée actuellement.

Cependant, on peut proposer un ordre de grandeur de leur radiotoxicité par rapport à l'eau tritiée pour la thymidine tritiée (incorporation dans l'ADN des noyaux des cellules) 100

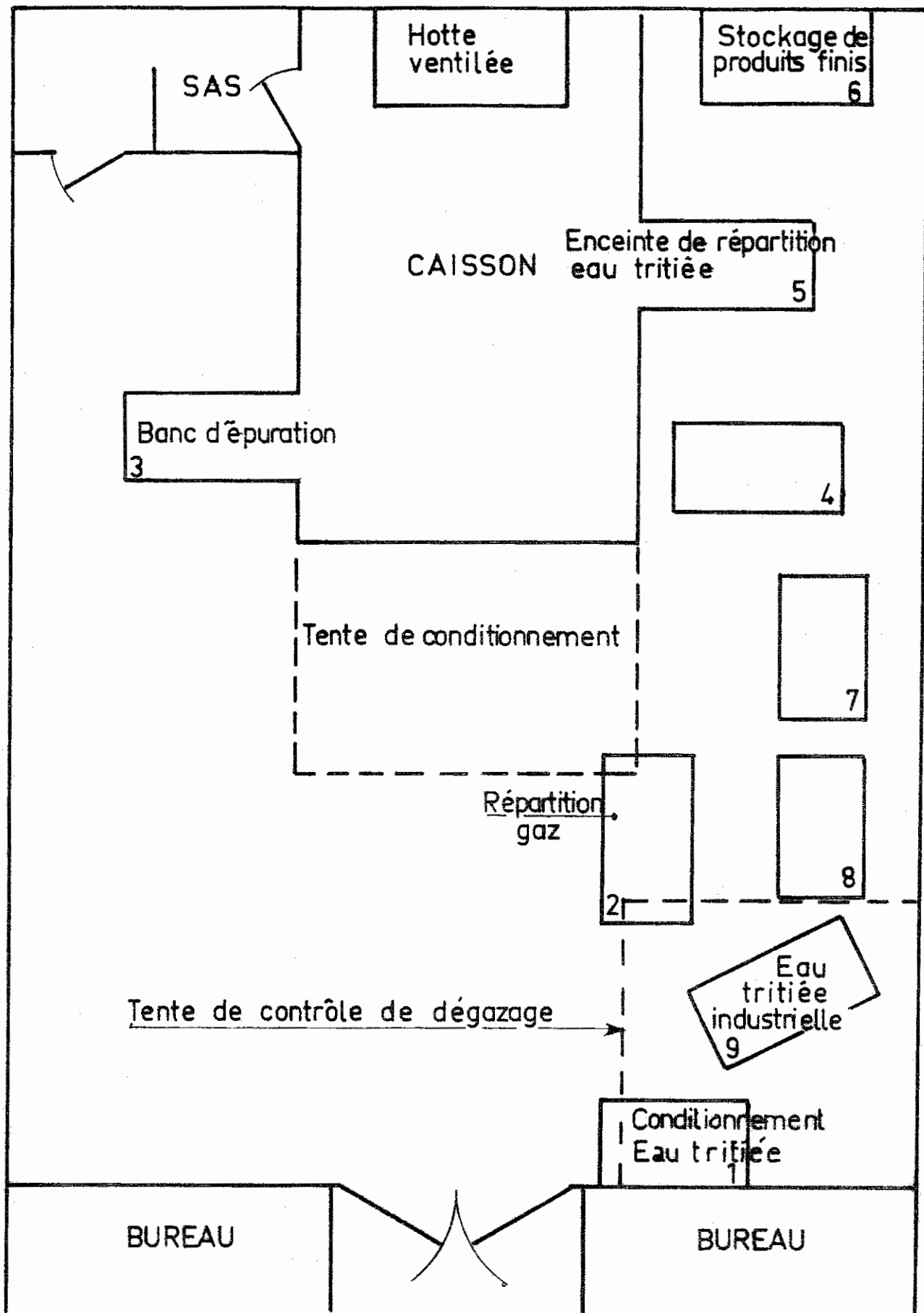
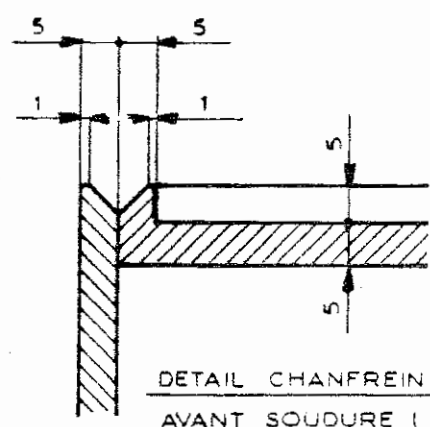
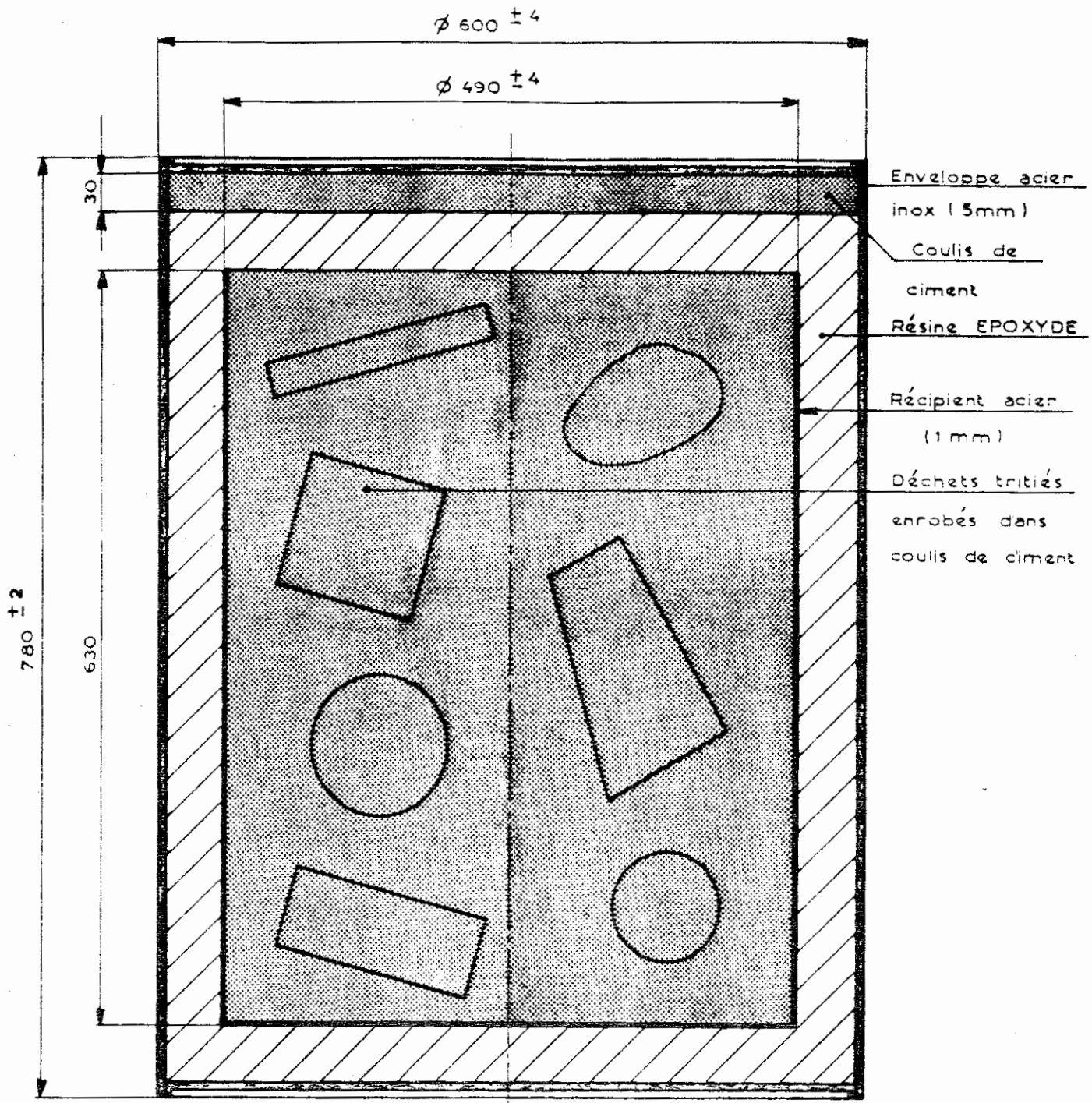


Figure 5: TRITIUM. Cellule 4 des Laboratoires Chauds

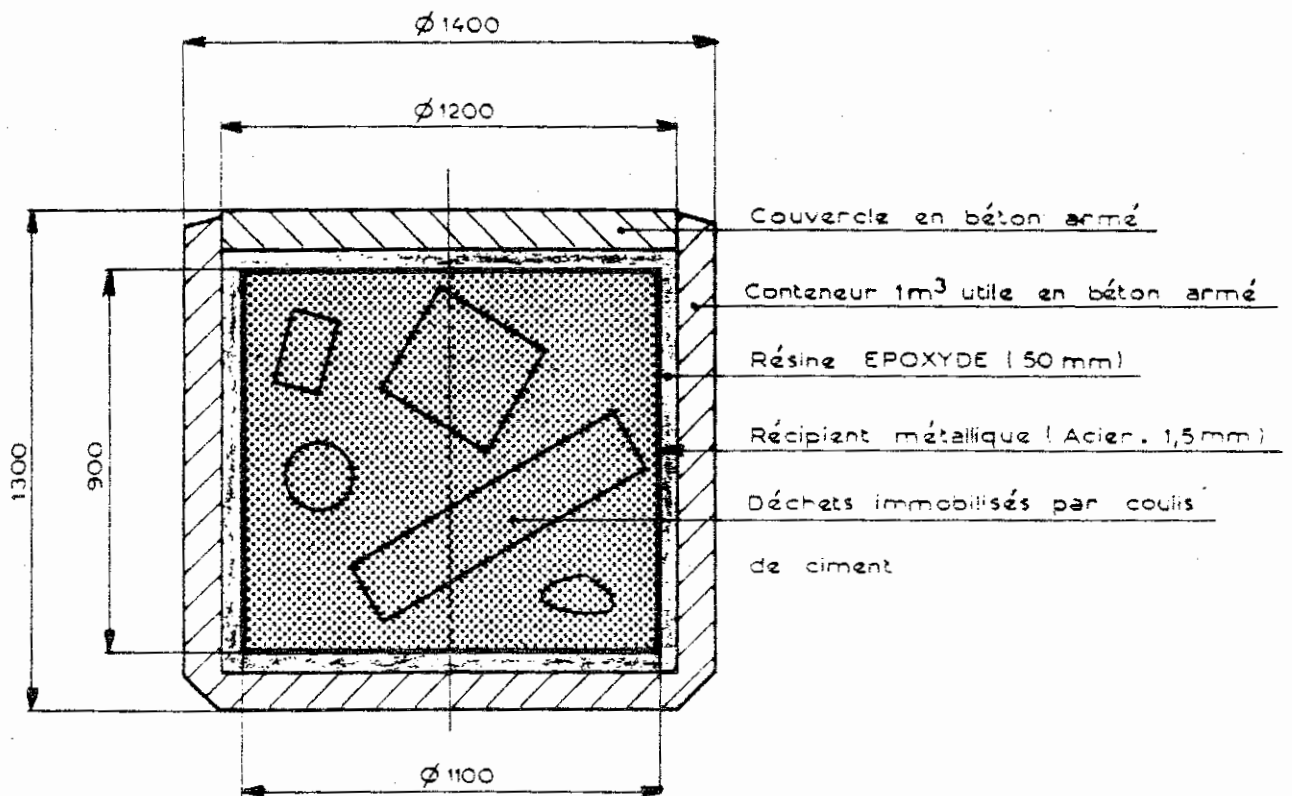


Echelles : 1/5 et 1
 Poids approximatif : 420 à 500 kg

DETAIL CHANFREIN A 45°
 AVANT SOUDURE (Echelle 1)

FIGURE 6 : CONTENEUR POUR DECHETS TRITIÉS DU PREMIER GROUPE

$$10^3 \text{ Ci} < A_0 < 3 \cdot 10^4 \text{ Ci}$$

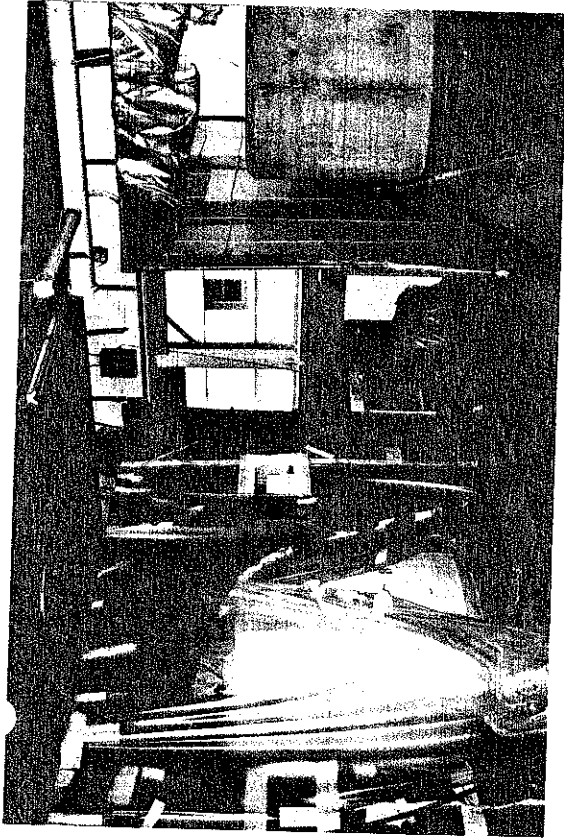


Echelle : 1/20

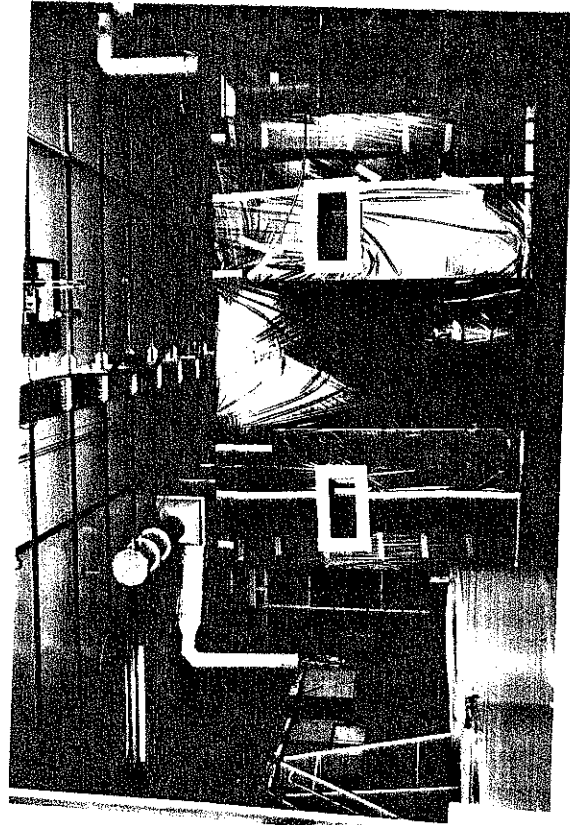
FIGURE 7 : CONDITIONNEMENT DE DECHETS TRITIÉS DU DEUXIEME GROUPE DANS CONTENEUR EN BETON ARME TYPE

140D - Ep^r 10

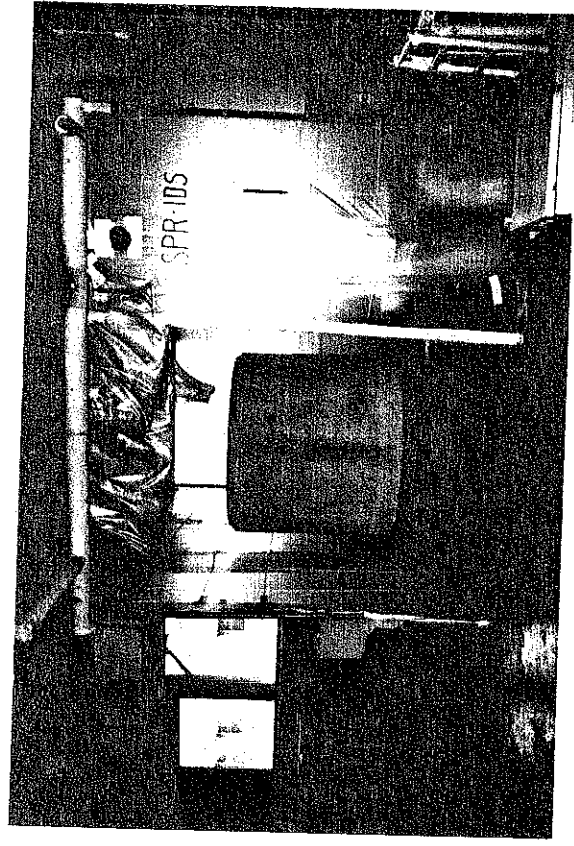
$20\text{Ci} < A_0 < 10^3 \text{Ci}$



A. Postes de chargement et de contrôle du dégazage

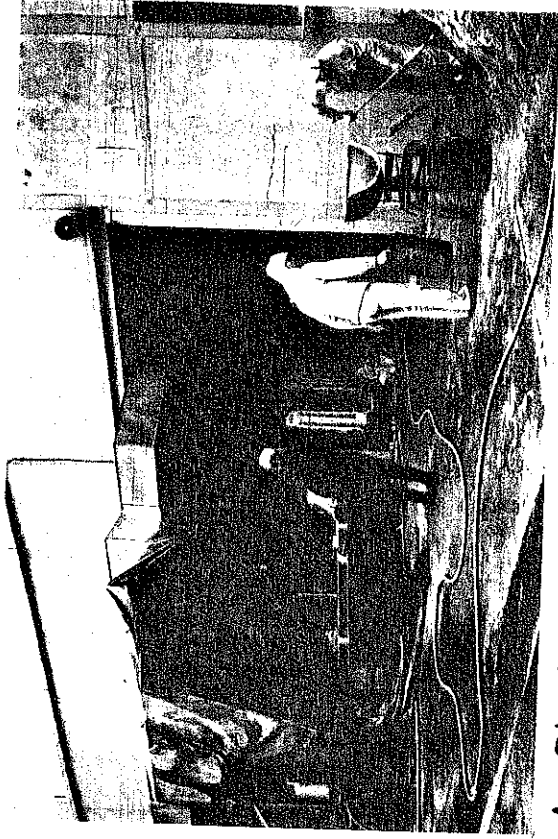


B. Poste de chargement

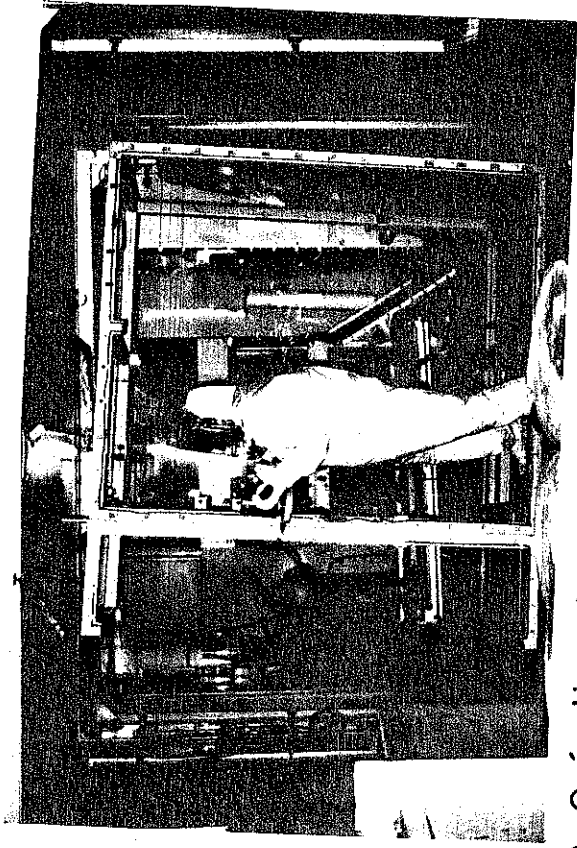


C. Poste de contrôle du dégazage

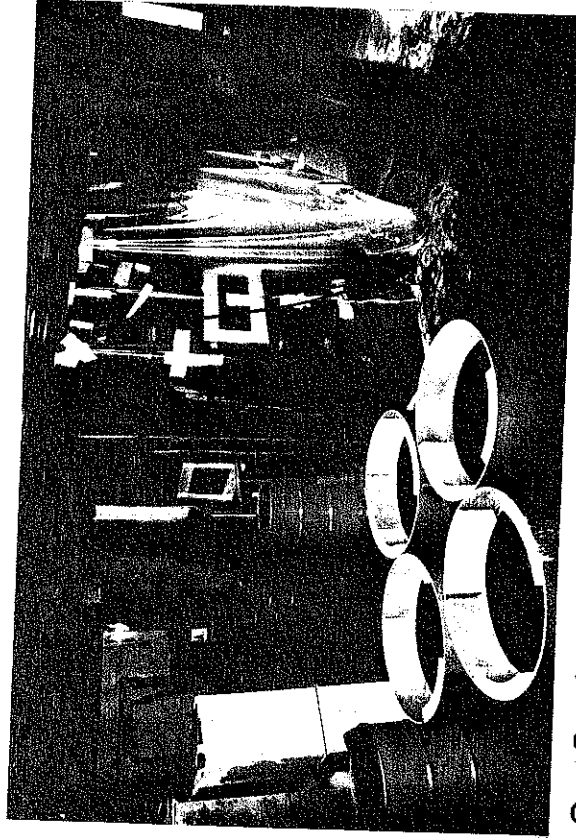
FIGURE 8: INSTALLATIONS DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS TRITIÉS DE LA CEL.4 DES L.C.



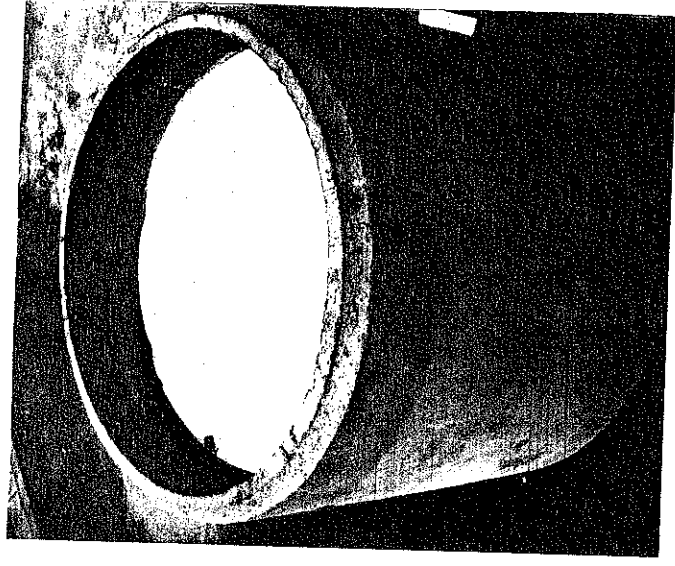
A - Stockage des matières premières et préparation du coulis de ciment



B - Opération de découpage dans le caisson étanche



C - Conteneur du 2^e groupe (résine)



D - Conteneur du 3^e groupe (béton + couche résine)

FIGURE 9 : DÉMANTÈLEMENT DE LA CELLULE 4 DES L.C.

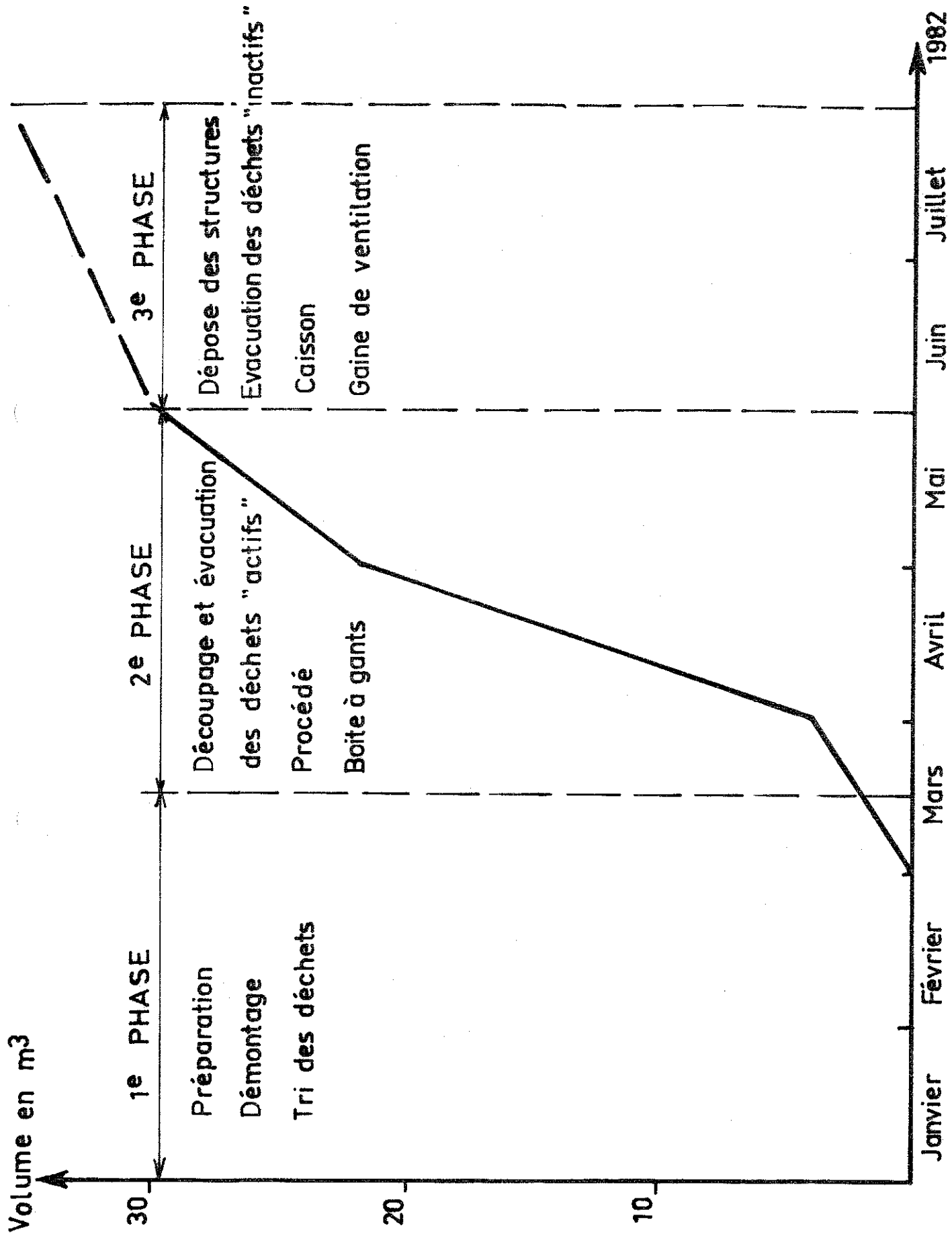


FIGURE.10 : CELLULE 4. TRITIUM VOLUME DES DÉCHETS

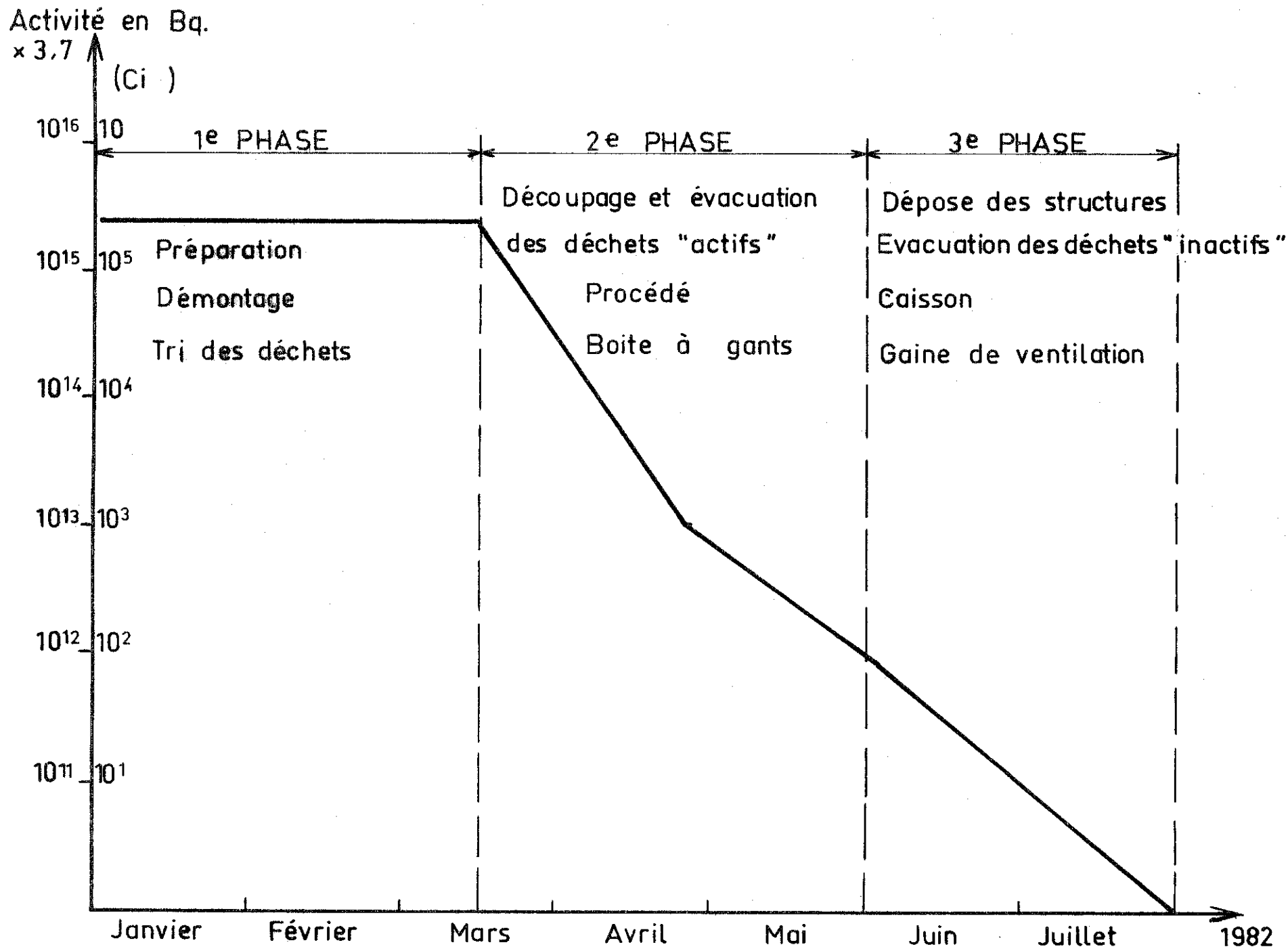


FIGURE.11 : EVOLUTION DES ACTIVITÉS "TRITIUM" CONTENUES DANS LA CEL.4 DES L.C.