

## Le transport des résidus vitrifiés vers la Suisse

# Stratégie suisse de gestion du combustible usé

*Au cours de l'année 2000, les centrales nucléaires suisses ont produit environ 25 milliards de kWh, soit près de 40 % de la production globale d'électricité du pays.*

Ces centrales utilisent du combustible nucléaire qui, une fois usé, peut être géré selon l'une des deux stratégies suivantes :

→ le stockage direct, en l'état, de ce combustible usé,

→ le traitement-recyclage.

Dans une perspective de développement durable, la Suisse a fait le choix du traitement-recyclage.

## Le traitement-recyclage

Le traitement du combustible usé permet de récupérer 97 % de matières énergétiques recyclables et de les séparer des 3 % restant qui constituent les résidus ultimes.

Le recyclage consiste à valoriser le contenu énergétique de ces matières (uranium, 96 % et plutonium, 1 %) en fabricant du combustible neuf (MOX, mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium).

## Le recours au savoir-faire de COGEMA

COGEMA bénéficie d'une expérience et d'une réputation solides dans le traitement-



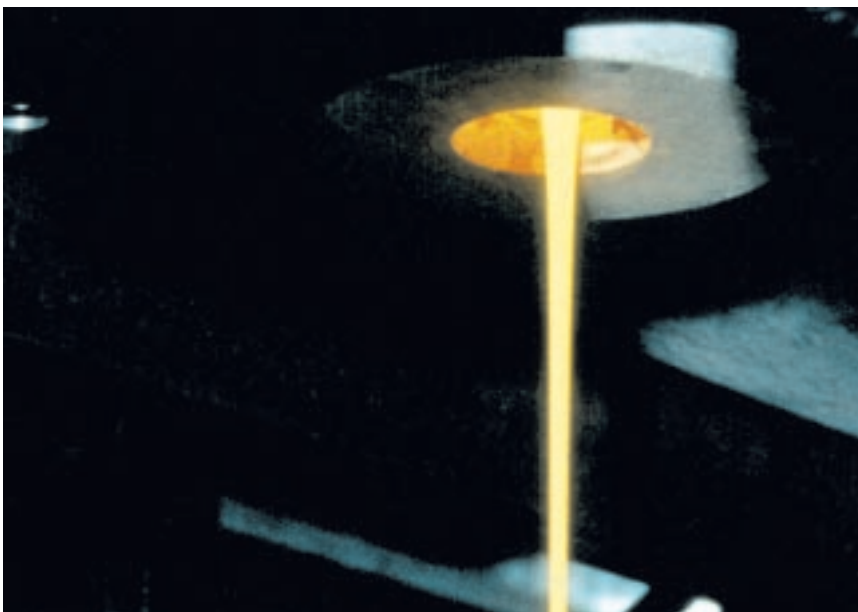
recyclage. A ce titre, les compagnies suisses d'électricité, comme leurs homologues français, britanniques, allemands, belges, néerlandais et japonais, ont choisi de traiter leurs combustibles usés dans l'usine de COGEMA-La Hague.

Cette usine dispose de la certification ISO 14001 depuis le mois de septembre 2001, l'organisation indépendante de contrôle AFAQ ayant attesté la qualité de l'organisation et du système de management environnemental mis en place sur le site.

Les contrats ayant pour objet le traitement de combustibles usés ont été signés entre COGEMA et ses clients suisses dans les années soixant-dix et ont reçu l'aval des Autorités suisses et françaises. Ces contrats prévoient les services suivants :

→ le transport vers la France des combustibles usés dans des emballages spécifiques,

→ le traitement de ces matières à l'usine de COGEMA-La Hague,



## Stratégie suisse de gestion du combustible usé

- le conditionnement des déchets ultimes sous une forme stable,
- le retour en Suisse des résidus pour entreposage et stockage définitif.

### Transports de combustibles usés en provenance des centrales suisses

Depuis 1975, la Suisse effectue des transports de combustibles usés en provenance de ses centrales nucléaires et à destination de l'usine de traitement COGEMA-La Hague, dans des conditions de sûreté optimales et dans le respect des réglementations en vigueur.



### Retour des résidus vitrifiés en Suisse

Dans la perspective du retour de leurs résidus, les exploitants de centrales se sont dotés d'installations de stockage adaptées. Ils se sont regroupés au sein de la société ZWILAG AG et ont construit le centre d'entreposage pour déchets radioactifs à Würenlingen.

Ayant reçu des Autorités de sûreté nucléaire suisses le 18 juin 2001 l'autorisation de mise en service des bâtiments de stockage pour les déchets de haute activité et pour les assemblages de combustible, le centre de ZWILAG est prêt à recevoir les premiers conteneurs de résidus vitrifiés suisses.

# Le traitement du combustible usé suisse à Cogema-La Hague

*Le traitement consiste en une série d'opérations qui permettent de séparer les différents composants du combustible usé :*

- les matières valorisables et recyclables (uranium, 96 % et plutonium, 1 %),
- les résidus ultimes (3%).

Après séparation, ces déchets sont conditionnés sous une forme extrêmement stable, adaptée au transport, à l'entreposage et au stockage définitif.

Le traitement des éléments combustibles usés suisses et le conditionnement des résidus ultimes associés à ces opérations,

s'effectuent par étapes successives selon les procédés utilisés à COGEMA-La Hague.

La qualité de l'organisation et du système de management environnemental de ces procédés est certifiée selon la norme internationale ISO 14001.

## Les étapes successives du procédé

### → La réception et l'entreposage en piscine du combustible usé

A leur arrivée à l'usine de traitement de COGEMA-La Hague, après contrôle des emballages et de leur contenu, les éléments

combustibles sont déchargés, placés dans des paniers. Ils sont ensuite entreposés sous eau dans une piscine de désactivation, pour refroidissement (3 à 5 ans) avant le début des opérations de traitement.

### → Le traitement du combustible usé

Les opérations de dissolution constituent la première étape du traitement. A l'issue de leur refroidissement en piscine, les combustibles usés sont cisailés et dissous dans de l'acide nitrique.

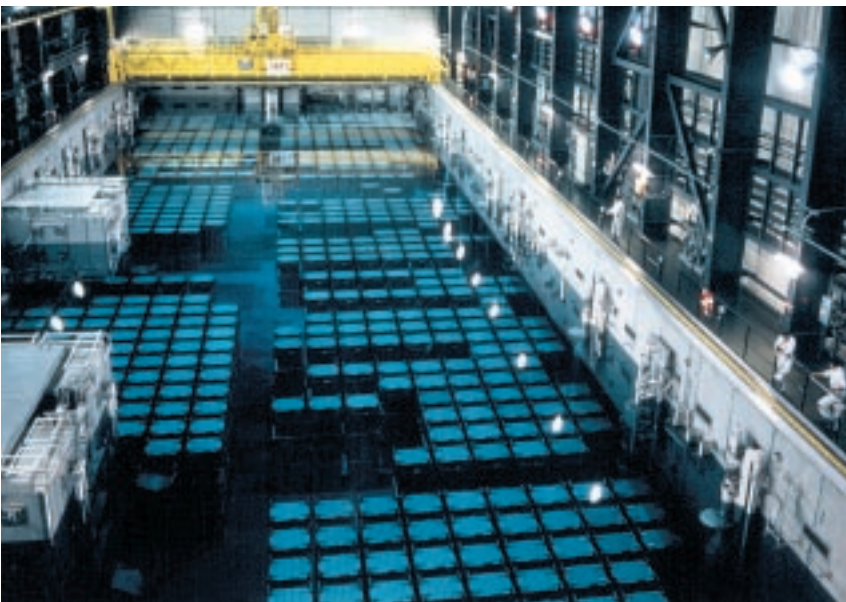
Ensuite, l'uranium et le plutonium sont séparés et entreposés, pour recyclage ultérieur. Les produits de fission (résidus vitrifiés) sont conditionnés sous une forme extrêmement stable, adaptée au transport, à l'entreposage et au stockage définitif.

### → Le conditionnement des résidus

## Vitrification des produits de fission

La vitrification est un procédé industriel qui consiste à incorporer les produits de fission à une matrice de verre au borosilicate particulièrement stable, permettant ainsi leur confinement sous une forme appropriée à leur stockage définitif.

A cet effet, les produits de fission sont dissous puis calcinés. La poudre ainsi obtenue



# Le traitement du combustible usé suisse à Cogema-La Hague

est mélangée à haute température (1000 °C) avec de la fritte de verre, de manière à incorporer totalement les produits de fission à la structure moléculaire du verre avant de le couler dans des conteneurs. De nombreux pays (France, Japon, Royaume-Uni, Etats-Unis, Allemagne, Belgique, Suisse...) s'accordent à reconnaître le verre au borosilicate comme la matrice la mieux adaptée pour immobiliser les produits de fission et les actinides à vie longue.



## Mise en conteneurs

La matrice de verre est alors conditionnée sous forme de conteneurs standardisés, en acier inoxydable, appelés Conteneurs Universels. Ces conteneurs cylindriques mesurent 1,34 m de hauteur et 43 cm de diamètre.

Les résidus ultimes ainsi conditionnés sont produits dans le strict respect des spécifications agréées par les Autorités suisses et françaises et conformes aux critères élaborés par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA, agence spécialisée de l'ONU composée de plus de 130 pays membres).

## Les avantages du procédé

### → Récupération de matières valorisables et réutilisables

L'uranium et le plutonium présents dans une tonne de combustible usé équivalent à 20 000 tonnes de pétrole : le recyclage de ces matières préserve les ressources naturelles et constitue un potentiel énergétique non-négligeable.

### → Réduction de volume des résidus ultimes

Le volume de résidus est environ 4,5 fois moindre après traitement et recyclage. Par ailleurs, la toxicité des résidus est considérablement réduite, le plutonium ayant été retiré à 99,9%.

### → Manutention et gestion simplifiées

L'utilisation d'un conteneur standardisé permet de faciliter significativement la manutention, le transport, l'entreposage et le stockage définitif de ces résidus.

# La sûreté des transports

## Des emballages de transport spécifiques

*La sûreté des transports repose d'abord sur l'emballage, celui-ci étant conçu pour assurer le confinement de la matière transportée en toutes circonstances.*

Les éléments combustibles ainsi que les résidus vitrifiés suisses sont acheminés dans des emballages de transport spécifiques.

Deux types d'emballage, présentant des caractéristiques de sûreté similaires, peuvent être utilisés : il s'agit des emballages CASTOR HAW 20/28 CG et, ultérieurement, TN 81. De structure cylindrique, ils pèsent environ 100 tonnes chacun.

Tous les emballages ont été conçus et sont fabriqués dans le strict respect des critères de qualité énoncés par la réglementation de l'AIEA pour les emballages de type B. Leur sûreté et leur efficacité ont été éprouvées au cours de plusieurs tests pénalisants comprenant notamment :

des épreuves de chute.

Les emballages sont soumis à deux types de chute :

→ une chute d'un mètre sur un poinçon en acier, lui-même placé sur une surface en béton armé.



→ une chute de neuf mètres sur une surface indéformable, donc pénalisante, qui permet d'évaluer les conséquences d'une chute à des hauteurs bien supérieures sur une surface moins rigide, telle que l'on pourrait rencontrer en conditions réelles.

# La sûreté des transports

Une épreuve thermique.

L'emballage est soumis pendant 30 minutes à un feu enveloppant de 800 °C.

Des épreuves d'immersion.

Enfin, le même emballage après avoir subi les différents tests, est soumis à deux épreuves d'immersion au cours desquelles il doit résister à la pression de quinze mètres d'eau pendant au moins huit heures et à 200 mètres pendant au moins une heure.

Pour pouvoir être agréé, l'emballage doit conserver, à l'issue de ces tests, son intégrité et l'ensemble de ses capacités de confinement.

Le Castor HAW 20/28 CG sera utilisé pour les premiers transports vers la Suisse.

Il a reçu l'agrément des Autorités de sûreté françaises et suisses compétentes.

Le TN 81 qui est actuellement (fin 2001) en cours de fabrication n'a pas encore reçu l'agrément des Autorités françaises et n'est donc pas encore validé en Suisse.

## Les principaux tests successifs définis par l'Agence Internationale pour l'Energie Atomique (AIEA)

### Conditions normales de transport



Aspersion d'eau pendant une heure



Chute libre de 0,3 à 1,2 m\*



Gerbage 5 fois la masse du colis



Pénétration d'une barre de 6 kg lâchée d'une hauteur de 1 m

### Conditions accidentelles de transport



Chute libre de 9 m\*



Chute de 1 m sur poinçon



Feu à 800 °C durant 30 mn



Immersion sous 15 m pendant 8 heures

\* Sur une surface indéformable

# L'organisation logistique des transports

*Les résidus vitrifiés sont acheminés du site de COGEMA-La Hague vers le centre de stockage intérimaire de Zwilag par route et par rail. Ces résidus vitrifiés sont transportés dans des emballages spécifiques, à bord de camions (remorques) et de wagons spécialement conçus à cet effet.*

La remorque utilisée a une capacité maximale de 160 tonnes. Elle est dotée de huit lignes de double-essieux et est conforme à la réglementation nationale s'appliquant aux convois exceptionnels et aux matières dangereuses.

Une fois acheminés par route jusqu'au terminal ferroviaire de Valognes, les emballages sont transférés sur un wagon spécialement conçu à cet effet, ayant reçu l'agrément de la SNCF et des Chemins de fer fédéraux suisses (SBB/CFF/FFS).

A l'arrivée du train au terminal ferroviaire suisse de Würenlingen, l'emballage de transport est transféré sur une remorque routière spécialement conçue à cet effet et acheminé par route jusqu'au bâtiment d'accueil de ZWILAG.



# Cadre réglementaire applicable aux transports

*L'ensemble des matériels utilisés et des opérations effectuées dans le cadre de ces transports est conforme aux réglementations internationales et nationales en vigueur.*

## L'élaboration de la réglementation

Les prescriptions nationales en matière de transport de matières nucléaires sont élaborées à partir des réglementations



internationales relatives au transport des marchandises dangereuses (ADR/RID).

L'Autorité en charge de l'élaboration de la réglementation des transports de matières radioactives est l'AIEA. En 1985, elle a formulé des recommandations, sous la forme d'un Règlement de transport des matières radioactives (SS6, mis à jour en 1996 sous la désignation ST-1), qui s'appliquent quel que soit le mode de transport.

Ces recommandations reposent principalement sur l'intégrité de l'emballage comme garant de la sûreté du transport.

## L'application de la réglementation en Suisse et en France

Le transporteur est le principal responsable de l'observation des prescriptions relatives au transport et notamment de la sécurité

d'exportation et de transit des équipements et des matières nucléaires.

Pour ce faire, l'OFEN fonde ses décisions sur les expertises de la Division principale de Sécurité des installations Nucléaires (DSN/HSK).

### → En France :

La Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN), placée sous la tutelle des Ministères en charge de l'Industrie et de l'Environnement, veille au respect des prescriptions nationales et internationales en matière de sûreté des transports de matières nucléaires et délivre les certificats d'agrément.

L'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) fournit à la DSIN l'expertise en matière d'évaluation de la sûreté.

La DSIN et l'OFEN collaborent activement, procèdent à des inspections croisées et se réunissent au sein de la Commission mixte franco-suisse de sûreté des installations nucléaires dont la douzième conférence annuelle s'est tenu les 4 et 5 juillet 2001 à Würenlingen.

radiologique. Le transporteur doit obtenir un certificat d'agrément des Autorités compétentes suisses et françaises.

### → En Suisse :

La section Energie Nucléaire de l'Office Fédérale de l'Energie (OFEN), dépendant du Département fédéral de l'Energie, des Transports et des Communications (DETEC), établit les autorisations de transport, d'importation,

# Assurance Qualité et Sûreté

*L'objectif est de garantir la qualité et la sûreté tout au long des opérations.*

## Au moment de la production du verre

Les résidus vitrifiés sont produits selon des spécifications particulières approuvées par les Ministères français en charge de l'Industrie et de l'Environnement et par les Autorités suisses.

Pour garantir que le verre est conforme aux spécifications, COGEMA a mis en place des programmes d'Assurance Qualité et de Contrôle Qualité très stricts (AQ/CQ) mettant particulièrement l'accent sur la qualité des composants du verre et le contrôle du procédé durant la phase de production.

Parallèlement, un organisme indépendant (Bureau Véritas) a la responsabilité de contrôler les opérations, de vérifier les programmes d'Assurance Qualité et de certifier la conformité de chaque conteneur aux spécifications COGEMA.

Par ailleurs, l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs (ANDRA) a accès à tous les documents relatifs à la production. Des audits réguliers des installations de vitrification et de désentreposage sont effectués pour s'assurer de la qualité des résidus vitrifiés produits à COGEMA-La Hague et de leur conformité aux spécifications.

L'ANDRA rédige des rapports à l'attention de la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN) qui lui a confié le rôle d'interface avec les Autorités de sûreté suisses (DSN/HSK).

Pour chaque conteneur produit à COGEMA-La-Hague, un jeu complet de documents constituant le "Rapport Qualité" est délivré. Pour les clients, il inclut les données relatives au procédé et aux contrôles réalisés sur chaque conteneur, ainsi que le certificat délivré par le Bureau Véritas.

## Avant le transport

Avant tout transport, un exemplaire du dossier Qualité est transmis au client. Après évaluation par le client et ZWILAG et approbation formelle par l'Autorité de sûreté suisse, les opérations commencent :

→ Chaque conteneur est transféré vers l'installation de désentreposage et de chargement.

→ Dans l'atelier de désentreposage, un ultime contrôle de chaque conteneur est réalisé. Il inclut une inspection visuelle, une mesure du débit de dose et un contrôle de l'activité surfacique. Ces informations sont également vérifiées par le Bureau Véritas. Ensuite, les conteneurs sont chargés dans l'emballage de transport en présence des représentants officiels suisses.

→ Après le chargement, l'emballage est inspecté afin de vérifier sa conformité aux réglementations de transport et aux spécifications d'acceptation du centre de stockage de Zwilag : mesure du débit de dose, contamination surfacique, température de surface... Une copie de ces résultats est fournie à l'Autorité de sûreté suisse pour acceptation.



## Après le transport

Une fois arrivés sur le site de Zwilag, les emballages sont soumis à des procédures de contrôle de façon à s'assurer que l'ensemble des critères de stockage à ZWILAG soit respecté (débits de dose, contamination surfacique, températures et étanchéité).

*La procédure d'acceptation finale est supervisée par l'Autorité de sûreté suisse.*

# L'entreposage des résidus ultimes

## Une étape nécessaire de la gestion des résidus radioactifs

→ L'objectif des activités de gestion des résidus radioactifs est de protéger durablement l'homme et son environnement contre les rayonnements ionisants issus de ces résidus.

→ Dans une telle perspective, le stockage intermédiaire des déchets présente trois avantages certains :

– perte d'une quantité importante de radioactivité (plus de 90 % au cours des 50 premières années),



– mettre les résidus en sûreté pour le court terme, en attendant que les programmes relatifs au développement d'une installation opérationnelle pour le Dépôt final aboutissent,

– permettre aux résidus de refroidir suffisamment pour être transférable vers le site de dépôt final (couche d'argile profonde par exemple) sans risquer de l'altérer ; les résidus vitrifiés dégagent en effet initialement une puissance thermique maximale de l'ordre de 2 kW par conteneur (comparable à la puissance d'un radiateur électrique à usage domestique) et doivent donc refroidir trente à quarante ans sur un site d'entreposage intermédiaire.

## Centre d'entreposage intermédiaire de Würenlingen ( ZWILAG )

→ Le centre d'entreposage intermédiaire suisse ZWILAG (Zwischenlager Würenlingen AG) est situé au Canton d'Argovie, dans la commune de Würenlingen, à côté du site de l'Institut Paul Scherrer (PSI/IPS), où la Confédération réalisait déjà le traitement et le stockage intermédiaire des résidus liés à la médecine, l'industrie et la recherche) et à proximité des centrales nucléaires de Beznau et de Leibstadt.

→ L'autorisation générale de construction fut accordée par le Conseil fédéral le 21 août 1996. Au terme d'une série de contrôles et d'inspections effectués et de recommandations proposées par la DSN, et après la mise en conformité avec les observations et prescription de l'Autorité de sûreté, ZWILAG a obtenu l'autorisation d'exploitation de son bâtiment d'entreposage le 18 juin 2001. Cette autorisation a permis la mise en exploitation du centre et la réception des premiers conteneurs de stockage.

## Les étapes de l'entreposage

→ La réception des colis

Une fois sur le centre de ZWILAG, les emballages de transport (CASTOR HAW 20/28 CG ou TN 81) sont déchargés des camions et mis à la verticale à l'aide d'un pont roulant d'une capacité de 170 tonnes.

### → *Le contrôle de l'emballage*

Des contrôles systématiques sont effectués dans le sas du bâtiment de réception pour vérifier qu'aucune altération n'a été subie pendant le transport. L'emballage est ensuite mis en configuration stockage. Les principales étapes à l'arrivée à ZWILAG sont les suivantes :

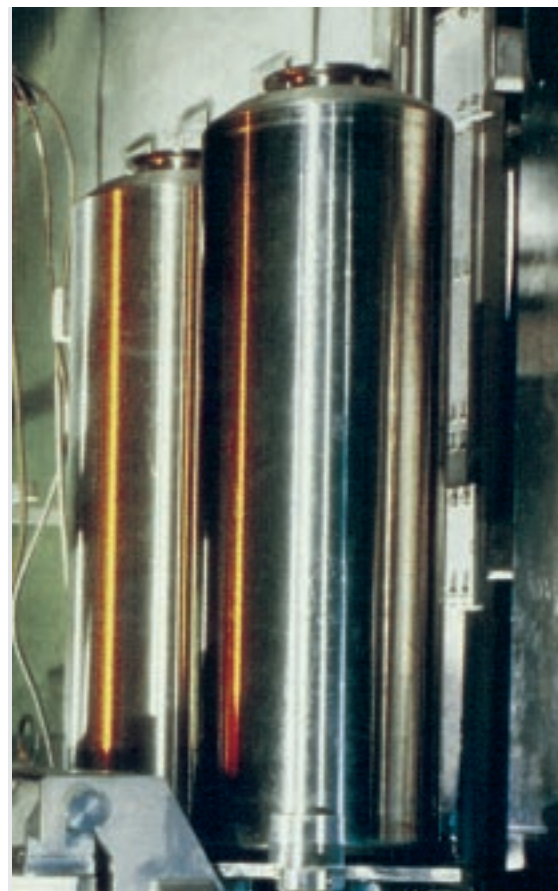
- contrôles radiologiques,
- mise en place du couvercle secondaire,
- vérification de l'étanchéité,
- installation du système de surveillance de l'étanchéité,
- mise en place de la protection contre les accidents d'avions.

### → *Le hall d'entreposage*

Après la préparation et le contrôle de l'emballage, l'emballage est transféré dans le hall de stockage. Le système de surveillance de l'étanchéité de l'emballage est alors connecté au système de surveillance et d'alarme de ZWILAG.

Le contrôle d'étanchéité est maintenu pendant toute la durée de stockage.

Le hall d'entreposage dispose d'un système d'aération basé sur la convection naturelle de l'air : l'air entre dans le hall par des ouvertures dans les parois et sort par celles du toit.





Groupe Communication sur le nucléaire

**Belpstrasse 23 - Case postale - CH-3001 Berne**  
Tél. +41 58 286 64 20  
[www.nucleaire.ch](http://www.nucleaire.ch)



**COGEMA**

**Compagnie Générale des Matières Nucléaires**  
2, rue Paul Dautier - BP 4, 78141 - Vélizy cedex, France - Tél. +33 1 39 26 30 00  
[www.cogema.fr](http://www.cogema.fr)