

Formation de spécialistes du combustible nucléaire pour les pays en développement

Les enseignements de l'expérience permettent d'améliorer les programmes

par J.L. Zhu, A. Nechaev et M. Tauchid

Le besoin de former du personnel dans les diverses spécialités du cycle du combustible nucléaire dépend du rôle que les pouvoirs publics de chaque pays assument dans le programme nucléo-électrique national et de l'ampleur de ce programme. Les activités correspondant aux différentes étapes du cycle du combustible nucléaire constituent ensemble une branche d'industrie à part entière; elles nécessitent d'importants investissements qui ne portent leurs fruits qu'à long terme. C'est pourquoi l'assistance de l'AIEA dans ce domaine se borne généralement à dispenser et à perfectionner les connaissances scientifiques et techniques indispensables, et notamment à mettre en place l'infrastructure fondamentale qui permet d'entreprendre les recherches et études nécessaires.

Caractéristiques de la formation

La formation aux différentes activités relevant du cycle du combustible nucléaire que l'Agence dispense dans le cadre de son programme a pour but d'enseigner la technologie actuelle aux scientifiques et aux ingénieurs, conformément au programme que chaque pays met en œuvre ou se propose d'entreprendre. Grâce aux compétences ainsi acquises, les nouveaux spécialistes peuvent remplir efficacement et en connaissance de cause le rôle qui leur incombe vis-à-vis des entrepreneurs et fournisseurs étrangers qui construisent et équipent les centrales nucléaires. En visitant un certain nombre de centres et d'installations nucléaires, les cadres supérieurs bénéficiaires de cette formation acquièrent une connaissance d'ensemble des différents procédés utilisés dans ce domaine par des organisations et des pays qui ont des objectifs analogues, et ils sont ainsi mieux à même d'apprécier l'importance des diverses opérations et de l'infrastructure nécessaire à chacune d'elles.

Cette formation est donnée de plusieurs façons: cours (interrégionaux, régionaux ou nationaux), voyages d'étude, bourses individuelles de perfectionnement à l'étranger, visites (individuelles ou en groupe) d'installations scientifiques. Elle comporte aussi des stages pratiques dans le pays même, dirigés par des experts désignés à cet effet pour des périodes plus ou moins longues, dans le cadre soit du programme de

coopération technique de l'Agence, soit de projets à long terme financés par le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD).

Cycle du combustible nucléaire

Cette expression désigne l'ensemble des opérations nécessaires pour alimenter un réacteur nucléaire en combustible neuf et enlever le combustible usé. Si l'on emploie la méthode du cycle ouvert, le combustible ne passe par le réacteur qu'une seule fois: on ne traite pas le combustible épuisé et l'on ne recycle donc pas l'uranium 235 restant ni le plutonium 239 produit contenu dans ce combustible, qui est alors définitivement éliminé comme déchet. Au contraire, si l'on emploie la méthode du cycle fermé, le combustible usé est livré à une usine de retraitement qui récupère les matières fissiles qu'il contient en vue de leur recyclage sous forme de combustible pour réacteurs thermiques ou à neutrons rapides (voir le schéma).

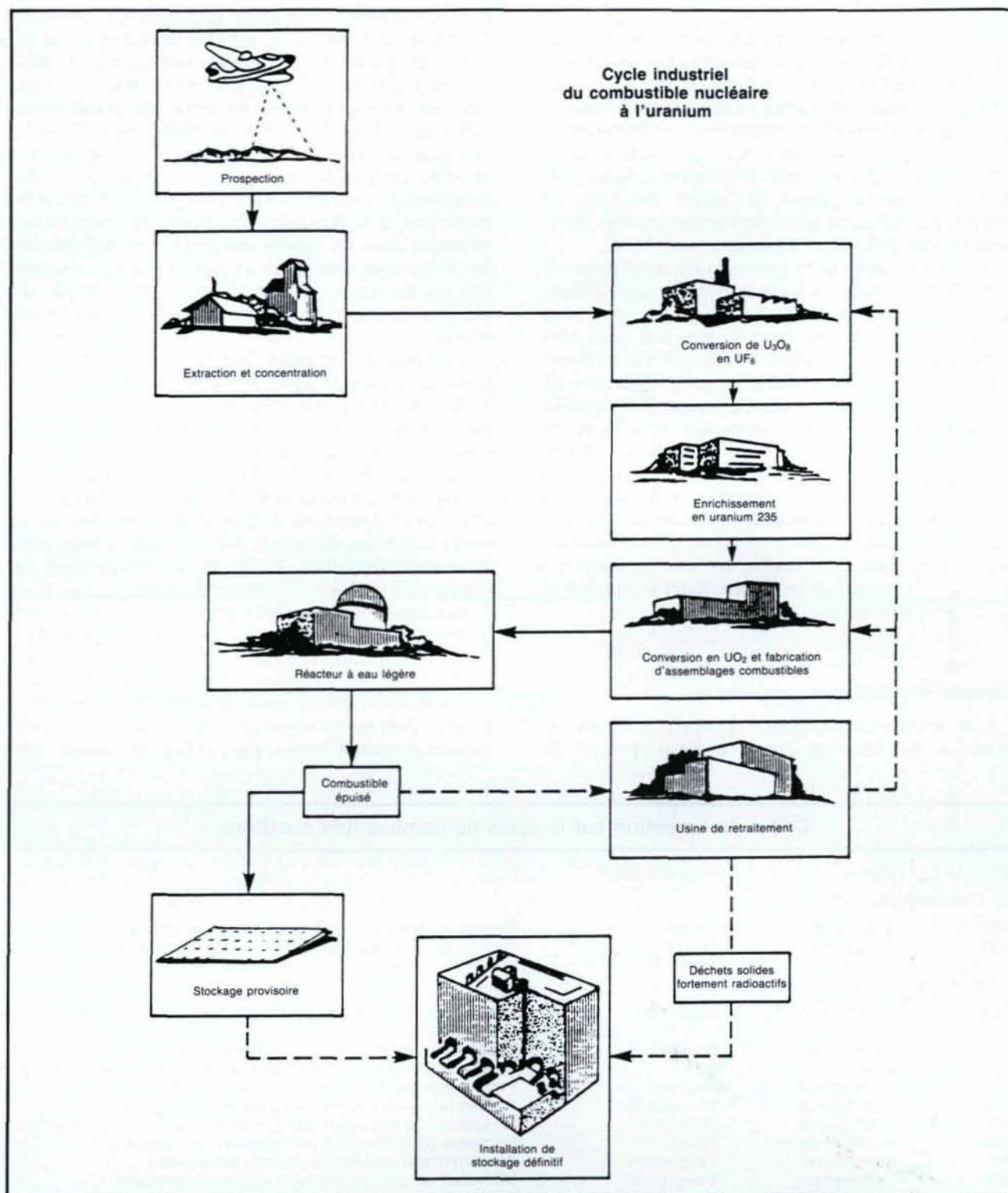
Des spécialistes sont formés dans l'une des multiples activités dont l'ensemble constitue le cycle, dans lequel on distingue une phase de tête et une phase de queue.

La phase de tête englobe les activités suivantes: la prospection de l'uranium, c'est-à-dire la recherche de gisements exploitables; l'extraction du minerai; le broyage et l'affinage du minerai, qui donnent un concentré d'uranium; la production d'hexafluorure d'uranium; l'enrichissement isotopique de l'hexafluorure d'uranium pour lui donner la teneur nécessaire à son utilisation dans le réacteur; et la fabrication du combustible destiné à alimenter le réacteur. Cette fabrication comprend la conversion de l'hexafluorure d'uranium en oxyde; le pastillage de l'oxyde; l'encapsulation des pastilles pour en faire des barres de combustible ensuite assemblées en éléments combustibles.

La phase de queue du cycle du combustible nucléaire comporte les activités suivantes: le stockage provisoire ou à long terme du combustible épuisé; le retraitement de ce combustible pour en extraire le plutonium et l'uranium en vue de les recycler; la fabrication de combustible à mélange d'oxydes; la gestion des déchets radioactifs, y compris leur traitement, leur conditionnement, leur stockage et leur élimination; le transport des matières radioactives entre ces diverses opérations.

L'industrie de l'uranium englobe les trois premières — parfois les cinq premières — activités de la phase de tête du cycle du combustible nucléaire. Les autres

M. Zhu est directeur de la Division du cycle du combustible nucléaire de l'AIEA; M. Nechaev et M. Tauchid sont membres de cette division.



relèvent normalement de l'exploitant du réseau nucléo-électrique.

Bilan sommaire des activités de formation

Depuis 1969, l'Agence a organisé 14 cours de formation interrégionaux ou régionaux et un voyage d'étude dans divers domaines du cycle du combustible nucléaire (voir le tableau). Dans presque tous les cas, elle a dû refuser des candidats tant ils étaient nombreux, surtout

pour la prospection. Les stages ont d'abord été consacrés aux premières activités du cycle, notamment la prospection, l'évaluation et le traitement du minerai. Puis leur centre d'intérêt s'est progressivement déplacé vers les activités plus avancées du cycle, suivant ainsi l'évolution des opérations observée dans bon nombre de pays en développement. Certaines activités n'ont cependant pas suffisamment retenu l'attention.

L'Agence a modifié sa ligne de conduite, il y a cinq ans, en organisant des stages nationaux dans le cadre de

sés projets de coopération technique. Jusqu'ici, la prospection de l'uranium et l'évaluation des gisements ont fait l'objet de cinq stages, qui ont eu lieu successivement en Indonésie (1984), en Syrie (1985), en Turquie (1986), en Chine (1987) et en Jordanie (1988). Selon le sujet étudié, le nombre de conférenciers et de moniteurs invités s'échelonne entre un et six, et la durée du stage entre deux et quatre semaines. L'intérêt de cette formule tient à ce qu'elle permet de former davantage de stagiaires en même temps, à un moment où leur placement devient difficile à l'étranger.

Une bonne partie de la formation est donnée dans le cadre du programme de bourses et de voyages d'étude de l'Agence. Le nombre des candidats varie entre 50 et 80 selon les années; en général, plus des deux tiers s'intéressent à la prospection, à l'extraction et au traitement du minerai. L'une des principales difficultés est que le nombre des organismes qui acceptent d'accueillir des stagiaires reste limité alors que le nombre de candidats augmente. Le problème prend en ce moment une tournure préoccupante, car les pays qui ont une longue expérience de la prospection et de la mise en valeur des gisements d'uranium ont considérablement réduit leurs activités dans ce domaine depuis quelques années. Il est donc indispensable que les organismes qui présentent des candidats les sélectionnent en appliquant des critères plus stricts.

Nouvelle orientation du programme

L'un des meilleurs moyens d'apprécier les besoins de formation des Etats Membres en développement de

l'Agence consiste à considérer le nombre de demandes de bourses d'études et de voyages scientifiques, et la nature des projets de coopération technique demandés (*voir les graphiques*). La plupart des demandes se situent dans les premiers stades du cycle du combustible nucléaire : prospection, études géologiques, extraction, traitement du minerai; cela dénote que beaucoup d'Etats Membres sont encore actifs dans ces domaines. Cette indication se confirme lorsqu'on observe le nombre et la proportion des demandes de projet de coopération technique dans les mêmes domaines. Les activités de formation correspondantes se justifient donc, d'autant plus que les stages sont très demandés puisqu'il y a eu, ces dernières années, plus de candidats que de postes offerts.

Les cours de formation, jusqu'à présent, ont surtout porté sur des sujets assez généraux (*voir les tableaux*). A de rares exceptions près, ils étaient beaucoup plus axés sur la technologie que sur la planification et la gestion. On remarque surtout que certaines activités du cycle du combustible nucléaire, telles l'extraction de l'uranium et la fabrication du combustible, ont été négligées dans la formation. Il faudrait donc que les stages soient désormais davantage axés sur une activité plus étroitement spécialisée. Toutes les activités du cycle du combustible nucléaire ont des justifications techniques et économiques, des exigences et des besoins financiers (normalement importants) qui leur sont propres. Les stages et séminaires consacrés à l'étude de ces activités et organisés à l'intention des planificateurs et des décideurs des différents pays méritent donc une certaine priorité. Non moins importants sont les stages à prévoir dans les domaines quelque peu oubliés, en particulier la

Cours de formation sur le cycle du combustible nucléaire

Année	Région	Pays d'accueil	Sujet
Sur l'ensemble du cycle			
1980	Interrégional	France	Gestion du cycle du combustible nucléaire (en français)
1981	Interrégional	France	Gestion du cycle du combustible nucléaire (en français)
Sur la phase de tête du cycle			
1969	Amérique latine	Argentine	Prospection et évaluation des gisements d'uranium (en espagnol)
1970	Interrégional	Espagne	Analyse des minerais d'uranium (en anglais)
1974	Asie	Inde	Prospection et évaluation des gisements d'uranium (en anglais)
1975	Interrégional	Autriche	Prospection géochimique de l'uranium (en anglais)
1977	Interrégional	Yougoslavie	Prospection géochimique de l'uranium (en anglais)
1978	Interrégional	Etats-Unis	Prospection et évaluation des gisements d'uranium (en anglais)
1981	Amérique latine	Bolivie	Méthodes de prospection de l'uranium (en espagnol)
1981	Interrégional	Yougoslavie	Traitement des minerais d'uranium (en anglais)
1982	Interrégional	Madagascar	Méthodes de prospection de l'uranium (en français)
1982	Interrégional	Espagne	Analyse des minerais d'uranium (en espagnol)
1983	Interrégional	Yougoslavie	Evaluation des gisements d'uranium (en anglais)
1983	Interrégional	Espagne	Traitement des minerais d'uranium (en espagnol)
1984	Interrégional	France	Traitement de l'uranium: de l'extraction à la fabrication du combustible (en français)
1985	Interrégional	Brésil	Prospection par forage et estimation des réserves de minerai (en anglais)
Sur la phase de queue du cycle			
1986	Interrégional	Allemagne (Rép. féd. d'), France, Royaume-Uni, Suède, Tchécoslovaquie	Voyage d'étude sur la gestion du combustible épuisé (en anglais)

fabrication du combustible. L'Agence a apporté son soutien à dix projets de coopération technique dans ce secteur.

On ne s'est pas non plus suffisamment préoccupé, jusqu'ici, de former des spécialistes de la gestion du combustible usé (stockage des barres irradiées, surtout) provenant des réacteurs de puissance ou des réacteurs de recherche. Un séminaire sera sans doute organisé sur ce sujet en 1990, car il est nécessaire d'intensifier la formation dans ce domaine.

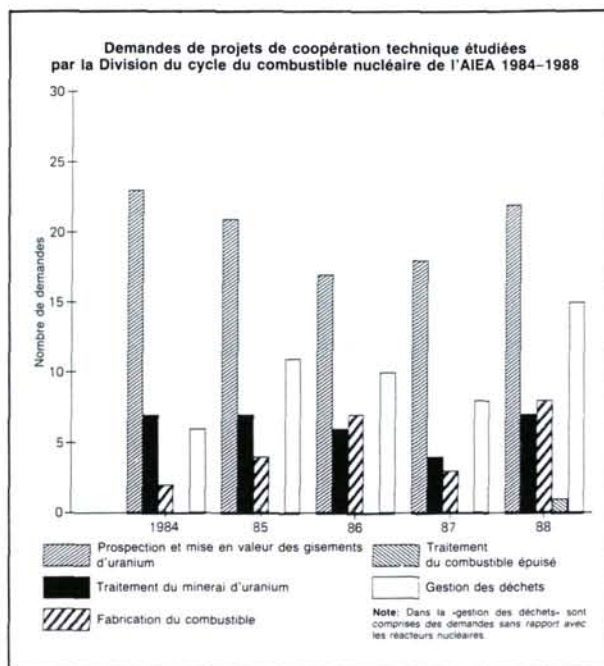
Depuis quelques années, l'Agence est saisie de demandes de renseignements et d'assistance concernant l'évaluation, les incidences sur l'environnement et les aspects économiques du traitement des schlamms d'étain chargés de minéraux contenant diverses concentrations de thorium, d'uranium et de terres rares. C'est en effet un problème très mal connu et, comme il ne se pose guère que pour les pays producteurs d'étain de l'Asie du Sud-Est et d'Extrême-Orient, il conviendrait d'organiser un séminaire régional sur le sujet. De même, la récupération de l'uranium contenu dans l'acide phosphorique intéresse seulement quelques pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient; des séminaires régionaux sur le sujet rendraient service à ces pays.

L'AIEA a sélectionné ou élaboré elle-même un certain nombre de logiciels qui peuvent servir à établir des bases de données géologiques et minières, à traiter les informations fournies par les études géochimiques et à estimer les réserves minérales. Elle se propose d'organiser aussi des stages sur l'utilisation de ces logiciels.

Enseignement et formation: les deux visages du même impératif

La production d'électricité nucléaire est tributaire du combustible nucléaire dont elle partage les vicissitudes. Tous ceux qui participent de près ou de loin à la conception, à la construction, à l'exploitation, à la gestion économique, à l'homologation des centrales nucléaires et à toutes les autres activités associées ont absolument besoin, et se doivent, de connaître les propriétés fondamentales des matières fissiles et des combustibles pour réacteurs, ainsi que les principes essentiels de la fission, de la production de chaleur nucléaire et de la radioactivité. Il en va de même pour les médias, surtout dans les pays qui se sont déjà équipés en nucléaire ou se proposent de le faire. Les connaissances modernes sur les matières et les combustibles nucléaires ne doivent pas demeurer confinées dans un cercle restreint de professionnels, mais être au contraire largement diffusées dans le grand public. C'est en effet de cette façon que l'on pourra créer une véritable «culture nucléaire», la meilleure garantie de l'utilité et de la sûreté de l'atome pacifique.

La mission impartie à l'Agence — «hâter et accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier» — ne signifie pas qu'on puisse se servir d'elle pour imposer le nucléaire aux Etats Membres. Ce qu'elle cherche à faire, c'est faciliter la création des conditions nécessaires au développement rationnel de la science et de la technologie nucléaires dans les pays qui auront choisi cette option. Pour installer et développer en toute sécurité la production nucléo-électrique (ou les autres applications



du nucléaire), il faut d'abord et surtout que l'éducation «nucléaire» du public et la qualification des professionnels atteignent un niveau élevé et ne se cantonnent pas dans un cercle restreint d'initiés. C'est seulement ainsi que l'on pourra éviter de dangereuses erreurs et d'imprévisibles accidents, et garantir la sûreté dans le pays même et dans le monde entier. Le développement de la «culture nucléaire» dans les pays en développement est absolument vital pour l'humanité. Le système de coopération technique de l'AIEA est l'un des mécanismes qui peuvent le mieux résoudre le problème, et la formation l'une des ses principales composantes parmi les plus utiles. Aussi devons-nous constamment veiller à l'améliorer.

