

Ensignement et formation dans le domaine nucléaire : moins d'inquiétudes, plus de compétences

Synthèse



Développement de l'énergie nucléaire

Enseignement et formation dans le domaine nucléaire : moins d'inquiétudes, plus de compétences

Synthèse

Publication complète en anglais disponible sur : www.oecdbookshop.org

© OCDE 2012

AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

Synthèse

Contexte

En 2000, l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE publiait le rapport *Enseignement et formation dans le domaine nucléaire : faut-il s'inquiéter ?* qui, pour la première fois, attirait l'attention sur le fait que les ressources humaines allaient vraisemblablement s'avérer insuffisantes pour poursuivre l'exploitation du parc nucléaire actuel, accompagner le développement à venir et gérer le démantèlement des installations mises à l'arrêt. Plusieurs mesures étaient proposées pour encourager une intervention urgente des différents acteurs du secteur. Les progrès par rapport aux recommandations émises furent ensuite évalués en 2004 dans un rapport de suivi sur le renforcement des compétences dans le secteur du nucléaire. Divers problèmes non résolus y étaient mis en évidence, notamment le délai requis pour accumuler les aptitudes et les connaissances suffisantes pour atteindre le niveau de compétence souhaité. La situation avait empiré en raison de la perte du savoir-faire existant, la réduction du nombre d'installations de recherche et de formation et la contraction des budgets universitaires. Malgré une meilleure prise de conscience des besoins futurs en compétences clés, force était de constater que la réponse des parties prenantes à ces enjeux était variable d'un pays à l'autre et globalement insuffisante pour empêcher la diminution de la main-d'œuvre nucléaire qualifiée.

Depuis, le paysage politique et technologique a considérablement changé et il existe aujourd'hui un potentiel de déploiement de l'énergie nucléaire civile, qui peut apporter une réponse à l'accroissement de la demande énergétique, à la lutte contre le changement climatique et au besoin de renforcement de la sécurité de l'approvisionnement en énergie. La mise en place d'un prix du carbone qui pénalise les énergies fossiles, et la volonté de disposer d'un prix de l'électricité stable sur le long terme sont d'autres facteurs favorables au développement du nucléaire. Celui-ci requiert une main-d'œuvre nucléaire qualifiée, et l'on constate que l'enseignement et la formation dans le domaine nucléaire se sont développés favorablement au cours des dix dernières années grâce à une compréhension plus fine de ces besoins en compétences spécialisées.

Cette étude évalue l'état actuel de l'enseignement et de la formation pour le développement des compétences dans le domaine nucléaire, les lacunes restantes et les actions désormais requises pour combler les besoins en développement dans tous les pays membres de l'AEN. Les programmes et les instruments utilisés dans le développement des ressources humaines ont été analysés en trois temps, en considérant l'enseignement nucléaire spécialisé dispensé aux professionnels du nucléaire : 1) par un passage en revue des initiatives entreprises ces dix dernières années par les divers acteurs au niveau international ; 2) par une étude parallèle sur l'utilisation d'installations de recherche pour l'enseignement et la formation ; 3) par le développement d'un cadre de classification et de caractérisation d'une sélection de profils de poste dans le nucléaire.

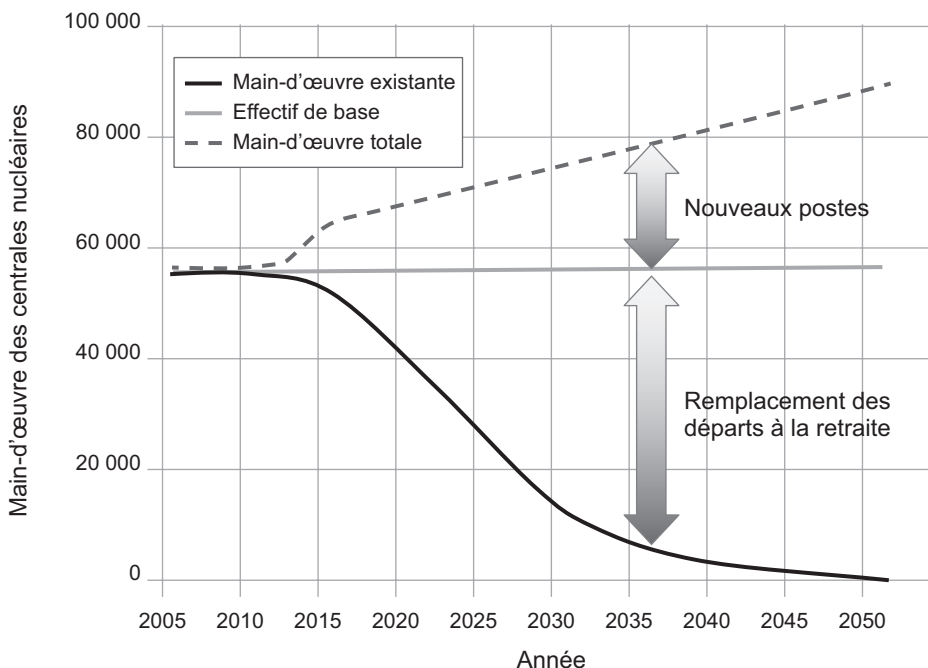
Un besoin continu en ressources humaines

Les caractéristiques particulières de l'énergie nucléaire et de son cycle du combustible imposent des contraintes spécifiques à l'enseignement et à la formation. Dans chaque pays disposant aujourd'hui d'un programme électronucléaire et indépendamment de la construction de nouvelles centrales ou de la politique nationale en matière d'énergie nucléaire, le parc actuel devra continuer à être exploité et entretenu de manière sûre et, en temps voulu, être démantelé. Ces activités industrielles, de même que les activités de recherche et développement en soutien, requièrent l'existence d'un personnel formé et compétent.

La main-d'œuvre au service du nucléaire du 21^e siècle est une importante communauté internationale, que ce soit dans le monde industriel ou dans celui de la recherche. Même s'il manque des données chiffrées détaillées aux niveaux national et international, les études menées dans plusieurs pays laissent supposer qu'au niveau mondial, le besoin en emplois qualifiés dans les activités liées au nucléaire se chiffrera en dizaines voire en centaines de milliers, notamment en raison du départ à la retraite du personnel actuellement en activité.

Une étude récente réalisée par le Laboratoire national de Los Alamos (Li et al., 2009) présente une simulation des besoins en ressources humaines selon plusieurs scénarios aux États-Unis et en Fédération de Russie. La figure E.1 montre l'importance de la demande en personnel d'exploitation (c'est-à-dire en personnel qui exploite les centrales nucléaires après leur construction) dans l'hypothèse où les États-Unis construiraient de nouvelles centrales afin de maintenir la part du nucléaire dans la production d'électricité. À partir du niveau de 2006, à savoir 56 000 employés, la figure représente séparément les besoins en personnel destinés à combler les départs à la retraite et ceux nécessaires pour gérer la capacité supplémentaire. À l'horizon 2030, environ 19 000 nouveaux postes seraient créés, auxquels se rajoutent 44 000 recrutements pour remplacer les employés partis à la retraite, soit environ 63 000 nouvelles embauches. Cette analyse démontre avant tout qu'un énorme besoin en enseignement et formation des nouveaux employés va apparaître.

Figure E.1 : Estimations du personnel d'exploitation nécessaire pour conserver les parts de marché de l'énergie nucléaire aux États-Unis



Source : Li et al. (2009).

Pour répondre à la demande en compétences découlant d'une main-d'œuvre globalement vieillissante, une action importante sera nécessaire pour conserver un personnel correctement qualifié et compétent, ainsi qu'un flux de nouvelles recrues pour assurer la viabilité du secteur à long terme. Des décisions politiques doivent être prises pour assurer, dans les décennies à venir, la présence d'infrastructures suffisantes d'enseignement et de formation dans le domaine du nucléaire. Tout retard et changement de politique ont des effets préjudiciables sur la capacité à maintenir une main-d'œuvre adéquate.

La recherche et le développement dans le domaine des technologies nucléaires sont des activités de plus en plus internationales. De même, le développement du nucléaire civil, y compris les chaînes d'approvisionnement, sont de plus en plus globalisés. De ce fait, le besoin d'une main-d'œuvre globalisée dans le secteur nucléaire se fait de plus en plus sentir.

Une main-d'œuvre compétente est une ressource primordiale

L'industrie nucléaire, qui doit opérer avec des exigences de sûreté très élevées, requiert de hauts niveaux de qualification pour son personnel. La sûreté est une préoccupation de chaque instant pour l'industrie nucléaire : parce qu'elle conditionne son existence, mais aussi en raison de la sensibilité de l'opinion publique aux enjeux de sûreté, et en vertu des réglementations nationales et régionales et des accords internationaux. Le rôle de l'enseignement et de la formation du personnel travaillant dans le secteur nucléaire dans le maintien de la sûreté ne doit pas être sous-estimé. Pour toutes ces raisons, un comportement sûr est considéré comme une aptitude cruciale en plus des compétences techniques spécifiques à un poste. Les dirigeants et les cadres ont un rôle clé à jouer en montrant l'exemple d'une part, et en soutenant d'autre part toutes les activités d'enseignement et de formation qui créent et consolident la culture de sûreté.

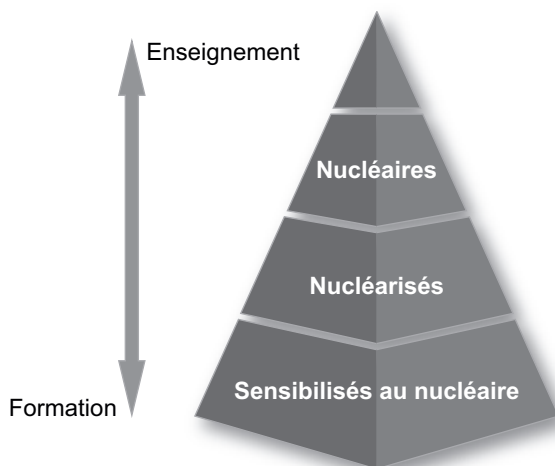
Il faut reconnaître qu'il existe plusieurs niveaux d'exigence de connaissance du nucléaire au sein de l'industrie, c'est-à-dire différents niveaux de spécialisation et de sensibilisation à la sûreté qui complètent d'autres compétences techniques ou de management. Toute la main-d'œuvre amenée à travailler dans le secteur requiert une sensibilisation générale au nucléaire mais seules certaines catégories de personnel requièrent des connaissances nucléaires plus spécialisées selon les exigences particulières des postes concernés.

Nous pouvons définir trois catégories de compétences nécessaires pour exploiter une centrale nucléaire :

- les profils « nucléaires », c'est-à-dire les individus ayant suivi un enseignement spécialisé dans le domaine du nucléaire (par exemple génie atomique, radiochimie, radioprotection, etc.) ;
- les profils « nucléarisés », c'est-à-dire les individus ayant suivi un enseignement et une formation classiques d'ingénieur ou de technicien (par exemple mécanique, électricité, génie civil, systèmes) mais ayant acquis également des connaissances particulières sur l'environnement nucléaire où ils doivent exercer leur savoir-faire ;
- les profils « sensibilisés au nucléaire », c'est-à-dire les individus nécessitant une sensibilisation au nucléaire pour travailler dans ce secteur (par exemple les électriciens, mécaniciens, autres artisans et personnel de soutien).

Ces catégories peuvent être représentées sous la forme de la pyramide des compétences de la figure E.2. En général, le nombre d'employés croît du haut vers le bas.

Figure E.2 : La pyramide des compétences



Généralement, si l'on va de la base au sommet de cette pyramide, l'acquisition des compétences passe d'une formation spécifique à un poste, une tâche ou un ensemble de tâches données à un enseignement qui s'attache aux principes plus profonds permettant à ses bénéficiaires d'utiliser leurs compétences dans des situations moins prédéfinies.

L'enseignement et la formation, parfois perçus comme deux processus distincts, sont étroitement liés dans la création d'une main-d'œuvre nucléaire compétente. La voie technique a une composante de formation pratique plus élevée. La filière professionnelle a par contre une composante académique plus approfondie. Désormais, la frontière entre les différentes voies est moins rigide et s'adapte selon les besoins des futurs employés du secteur. Dans certains cas, les industriels du secteur ont réagi à la pénurie de main-d'œuvre en recrutant du personnel qualifié dans les domaines techniques appropriés mais sans spécialité nucléaire, et en leur dispensant une formation spécifique. L'industrie a également complété ses besoins en main-d'œuvre en ayant de plus en plus recours à des chaînes de sous-traitance qui, elles aussi, doivent établir et maintenir une culture forte de sûreté nucléaire. Cet aspect est audité continuellement par les autorités de sûreté, comme le rapporte l'Avis technique du Comité sur la sûreté des installations nucléaires (CSIN) de 2009 intitulé *Améliorer la maintenance des centrales nucléaires en optimisant les performances humaines et organisationnelles*.

Les professionnels nucléaires qui composent le sommet de la pyramide ont un rôle essentiel dans les activités de recherche et développement et de conception nécessaires à l'exploitation sûre des installations nucléaires. C'est dans cette couche supérieure (qui était visée par le rapport *Faut-il s'inquiéter ?*) que se trouvent la plupart des équipes de management des centrales nucléaires. Ces professionnels ont une responsabilité primordiale dans la transmission de la culture de sûreté nucléaire à l'ensemble des effectifs. Pour cette catégorie, avoir suivi un enseignement en génie atomique et/ou en physique nucléaire, ou disposer d'une expérience dans des domaines d'applications non-électrogènes (par exemple la propulsion marine), est généralement indispensable. Cet enseignement est normalement dispensé dans des établissements supérieurs (niveau licence ou master). De plus, selon la fonction occupée, la formation sur des simulateurs (par exemple pour les exploitants de réacteurs) et d'autres types de formations spécifiques à un poste sont également nécessaires pour atteindre un parfait niveau de compétence professionnelle.

Des formations doctorantes sont également nécessaires pour former certains spécialistes et développer les compétences des chercheurs en génie atomique et sciences nucléaires. Ces programmes sont indispensables pour soutenir les efforts de recherche et développement dans l'industrie et les organismes de recherche ainsi que pour dispenser les enseignements universitaires dans le domaine.

Depuis le rapport publié en 2000 par l'AEN, de nouveaux motifs d'inquiétude ont fait leur apparition, concernant le manque d'opérateurs et de techniciens nécessaires au fonctionnement des centrales nucléaires existantes pendant toute leur durée de vie, que celle-ci soit prolongée ou non. Aux États-Unis par exemple, des enquêtes portant sur les questions de main-d'œuvre indiquent que l'exploitation des réacteurs existants représente le plus gros besoin en main-d'œuvre à court terme du pays. Les projets de nouvelles constructions et la croissance de l'industrie nucléaire à l'échelle mondiale ne vont faire que renforcer la nécessité de former un plus grand nombre d'employés du secteur, souvent employés temporaires, formant la base de la pyramide.

Si l'on garde à l'esprit la durée généralement longue nécessaire à l'enseignement et à la formation dans le domaine nucléaire, la création et le maintien d'une réserve de main-d'œuvre qualifiée imposent une planification systématique plusieurs décennies à l'avance. De ce point de vue, des politiques énergétiques nationales contradictoires peuvent avoir des conséquences graves. Le contexte mondial dégradé par la crise financière persistante et les inquiétudes soulevées par l'accident de Fukushima Daiichi accroissent les incertitudes et risquent d'exacerber les lacunes existantes. En effet, les changements ou les reports des décisions gouvernementales ont un effet dissuasif sur l'investissement et l'emploi, et nuisent à l'intérêt et à l'engagement que les jeunes peuvent avoir dans le secteur nucléaire.

Une action concertée des gouvernements, de l'industrie, des universités et des instituts de recherche reste donc fondamentale pour éviter le risque de pénurie de ressources humaines dans certains pays et pour maintenir une réserve d'employés qualifiés et compétents. Il est également nécessaire, pour assurer un flux de nouvelles recrues durable sur le long terme et adapté, de compenser les départs à la retraite qui s'annoncent.

Les développements de ces dix dernières années

Si l'on regarde les développements de la décennie passée dans divers pays, il apparaît qu'en réponse aux inquiétudes persistantes et aux nouvelles conditions du marché, les acteurs du secteur ont entrepris des actions, parfois avec retard et souvent sous l'effet de contraintes extérieures. Les défis

à relever ont été identifiés et des progrès réels ont été accomplis en réponse à certaines recommandations du rapport de l'AEN de 2000. Toutefois, au niveau global, des inquiétudes persistent sur l'absence d'un mécanisme permettant l'émergence dans la durée des ressources humaines couvrant tous les domaines et les pays.

Pouvoirs publics

Dans de nombreux pays, le système éducatif est façonné par l'État. Par conséquent, même si d'autres acteurs jouent un rôle important, il est difficile de changer le système d'enseignement sans une forte implication de l'État. Or, dans l'ensemble, les gouvernements ont pris peu de mesures stratégiques et à long terme au cours des dix dernières années.

L'expérience montre qu'un monitoring actif de la demande et de l'offre est nécessaire pour le développement de ressources humaines. Cependant, si l'on veut une efficacité et des bénéfices durables, cette surveillance doit être conduite en continu, avec des évaluations entreprises régulièrement et fréquemment, pour disposer d'une planification systématique.

Dans plusieurs pays, les gouvernements ont fait réaliser de telles évaluations. Dans certains cas, les résultats et les recommandations tirés de ces études ont poussé les gouvernements à prendre des mesures importantes pour combler les lacunes ainsi identifiées. Des institutions ont été créées (par exemple en France, au Japon et au Royaume-Uni) pour entreprendre des recherches sur le marché du travail et la planification de la main-d'œuvre, ce qui s'est souvent avéré efficace et a permis à ces gouvernements de prendre des mesures favorables au développement des ressources humaines.

Certains gouvernements ont apporté un soutien particulier à la recherche et aux programmes universitaires, ce qui a parfois permis d'inverser la tendance à la baisse des inscriptions dans les filières de génie atomique. Souvent, les changements de politique énergétique ou l'absence de stratégie à long terme rendent les approches et les systèmes de développement en ressources humaines existants insuffisants, incohérents ou inadaptés, ou conduisent même à leur disparition.

Recommandation 1

Les pouvoirs publics doivent faire preuve d'un engagement continu et stable pour planifier le développement des ressources humaines sur une durée suffisamment longue qui dépasse les fluctuations habituelles des cycles économiques. L'implication des gouvernements doit comprendre une évaluation continue de la demande et de l'offre, ainsi que la mise en place de budgets pour soutenir les programmes d'enseignement et de formation permettant de développer et de maintenir les compétences pointues.

Enseignement

Ces dix dernières années, des améliorations ont également été réalisées au niveau des universités. De nouveaux programmes avancés de sciences nucléaires ont été lancés dans un contexte de mondialisation croissante. Dans certains cas, notamment lorsqu'ils ont bénéficié des fonds et du soutien du gouvernement, les programmes universitaires ont réussi à inverser la tendance à la baisse des inscriptions d'étudiants enregistrée dans les années 1980 et 1990. Cela est notamment le cas aux États-Unis et en France. Un nombre plus conséquent d'étudiants a également été attiré par la perspective de nouvelles constructions de réacteurs nucléaires, ou par des sujets de recherche de haut niveau et des projets internationaux.

Les efforts de coordination se sont révélés efficaces pour promouvoir ou préserver les programmes d'enseignement des sciences nucléaires. Les établissements universitaires y sont parvenus parfois en collaboration avec d'autres acteurs (par exemple les centres de recherche), par l'établissement de réseaux, par le lancement de programmes internationaux ou par la fusion de leurs cours, rendue nécessaire dans les pays aux programmes nucléaires sur le déclin ou dans lesquels la demande de spécialistes est faible.

Notons, dans certains pays, la création de consortiums inter-universitaires et de partenariats avec des collèges d'enseignement technique, permettant une interaction précoce avec les jeunes étudiants. Certaines universités se sont engagées auprès de ces collèges pour répondre à la demande croissante de formation aux métiers techniques de l'industrie. Certains cours ont été spécialement conçus pour sensibiliser les professionnels des secteurs non-nucléaires aux spécificités du nucléaire.

Toutefois, dans de nombreux pays, l'offre n'atteint toujours pas un niveau suffisant pour répondre à la demande future.

Recommandation 2

Les universités doivent intensifier leurs efforts, en collaboration avec l'industrie, pour offrir un choix plus vaste de cours et une plus grande souplesse d'horaires pour attirer les étudiants.

Recommandation 3

Les gouvernements doivent soutenir les établissements d'enseignement supérieur et les collèges d'enseignement technique accueillant des étudiants en sciences et techniques nucléaires pour garantir la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée pour toutes les carrières du secteur.

Infrastructures de recherche

L'association d'organismes de recherche et d'établissements universitaires s'est généralement développée au cours des dix dernières années, dans des cadres coopératifs internationaux. Il est maintenant largement reconnu que la mise en place de programmes de recherche importants, les opportunités de participer à des initiatives internationales et une plus grande implication des pouvoirs publics, de l'industrie et des universités dans la recherche et la formation sont autant de facteurs susceptibles d'attirer les étudiants de haut niveau et les jeunes chercheurs vers le secteur nucléaire et d'améliorer leur formation. Cette approche collaborative doit continuer.

La coordination entre les instituts de recherche et les universités et les autres acteurs a été poursuivie par différents moyens : participation directe dans les programmes universitaires, promotion et organisation de cours et de séminaires destinés à un public varié, offres de stages, mise à disposition de laboratoires entièrement équipés et accompagnement des étudiants nationaux et étrangers dans leurs recherches, remise de prix, subventions et bourses, organisation de visites.

S'appuyant sur une activité récente développée par la Plate-forme technologique européenne pour l'énergie nucléaire durable (SNETP), une étude a été menée dans les pays de l'AEN afin de mesurer la disponibilité et le niveau d'utilisation des infrastructures de recherche nucléaire pour l'enseignement et la formation. Il a été demandé aux propriétaires ou exploitants d'installations de recherche de répondre à un questionnaire. Cette étude a révélé que le nombre des réacteurs de recherche dans certains pays, et l'usage qui en est fait, atteignent des niveaux préoccupants. Le risque d'obsolescence est moindre pour les boucles thermo-hydrauliques, il y a donc moins de souci concernant leur disponibilité ou leur vieillissement. Néanmoins ces boucles sont largement sous-utilisées pour l'enseignement et la formation. Les infrastructures de recherche existantes, y compris celles appartenant aux industriels, doivent être mieux utilisées et mises à profit. Les recommandations suivantes s'appuient sur les résultats de cette étude.

Recommandation 4

L'accès aux infrastructures de recherche adaptées à l'enseignement et à la formation doit être élargi et coordonné au niveau international afin d'en améliorer l'utilisation. Les gouvernements doivent faire des efforts pour soutenir financièrement les infrastructures existantes.

Recommandation 5

Les instituts de recherche et les établissements universitaires proposant des séances en laboratoire, y compris des simulations sur ordinateur, devraient prendre de nouvelles initiatives pour préparer et mettre à disposition le matériel pédagogique (livres, logiciels) utilisé lors de ces séances.

La modélisation numérique et les simulations sur ordinateur ne remplacent pas les séances en laboratoire mais peuvent favoriser la compréhension théorique. Dans le cadre d'une formation, le rôle des simulateurs est obligatoire dans certains pays et tend à se généraliser. Néanmoins, leur usage dans l'enseignement et la formation reste généralement un complément à la formation pratique.

Recommandation 6

Les organismes de recherche doivent collaborer davantage avec l'industrie et les universités pour permettre un usage plus efficace de leurs infrastructures et favoriser ainsi l'enseignement et la formation.

Dans son rapport, *Développement des compétences dans le domaine de l'énergie nucléaire*, l'AEN a confirmé la dégradation de la situation financière des instituts de recherche dans de nombreux pays, en raison de la diminution des aides publiques et de la rude concurrence sur le créneau où ils vendent leurs services et leurs produits. Même si cette tendance semble s'être améliorée dans certains pays, où des aides sont accordées à la recherche et développement et au soutien des infrastructures de recherche, le fait que de nombreuses infrastructures de recherche, uniques et coûteuses, soient entrées en service dans les années 1960 est préoccupant. Certaines ont déjà été fermées et de nombreuses autres suivront ces prochaines années.

Recommandation 7

Une attention particulière doit être portée aux besoins des universités concernant l'accès aux installations de type maquettes critiques et à l'instrumentation nucléaire, y compris les réacteurs de recherche, qui permettent de réaliser des recherches et de compléter l'enseignement théorique. Les organismes de recherche doivent bénéficier d'un soutien pour entretenir les infrastructures de recherche existantes, les remettre à niveau, ou les remplacer lorsqu'elles ont atteint leur limite d'âge.

En ce sens, notons l'exemple des États-Unis : le Département de l'Énergie soutient plus de 20 réacteurs de recherche universitaires et a financé des programmes de recherche sur l'énergie nucléaire et des modernisations d'équipement dans des établissements d'enseignement supérieur et des universités du pays.

Industrie

L'engagement de l'industrie est généralement constant et solide, à tous les niveaux. Ces dernières années, en vue de la renaissance prévue du nucléaire, les principaux acteurs industriels ont réussi à augmenter leurs niveaux de recrutement dans le monde entier.

Certaines initiatives de l'industrie ont engendré des exemples louables de collaboration avec les universités et d'autres acteurs, comme le financement de chaires et le parrainage de programmes d'enseignement et de recherche, l'implication directe dans le développement et la prestation de cours, les offres de stages et, dans certains cas, l'accès à des infrastructures de recherche pour les étudiants.

Dans certains pays, l'industrie s'est également impliquée dans le processus d'évaluation de la demande et de l'offre en ressources humaines et a participé à des partenariats fructueux avec les universités et les établissements d'enseignement supérieur pour combler les lacunes identifiées à différents niveaux. Notons tout particulièrement la participation de l'industrie dans l'initiative de création de réseaux d'enseignement multilatéraux. Le partenariat entre les producteurs d'électricité américains et les établissements d'enseignement supérieur technique a donné naissance au *Nuclear Uniform Curriculum Program*, qui vise à former des techniciens aux États-Unis. Certains réseaux existants, comme le Réseau d'excellence universitaire en génie nucléaire (UNENE) et le Réseau européen pour l'enseignement des sciences nucléaires (ENEN), envisagent d'étendre leurs activités pour former du personnel technique. Cette mesure bénéficie d'un plein soutien de la part des industriels.

Recommandation 8

Les réseaux, comme ceux développés pour les programmes d'enseignement, devraient être élargis pour couvrir également la formation technique.

La plupart des principaux acteurs industriels ont développé et conservé de solides processus de formation professionnelle interne pour préparer leur personnel et assurer son renouvellement. Dans certains cas, de grands centres et programmes de formation ont été développés pour répondre aux besoins de recrutement à la fois élevés et diversifiés. Toutefois, comme nous l'avons vu précédemment, la perte de compétences reste élevée et, dans certains pays, l'industrie nucléaire n'a pas été capable de conserver ses professionnels qualifiés, qui sont partis vers d'autres secteurs ou, dans un contexte de plus en plus mondialisé, vers d'autres pays.

En règle générale, si les conditions sont favorables, les carrières dans l'industrie nucléaire offrent la perspective alléchante d'un emploi sûr à long terme, ce qui constitue l'un des points forts du secteur.

Recommandation 9

Afin d'attirer et de conserver les jeunes professionnels prometteurs et limiter les risques de départ vers d'autres secteurs ou d'autres pays, l'industrie doit offrir une rémunération motivante, des opportunités de carrière et une meilleure reconnaissance à ses employés.

Pour l'industrie nucléaire, le maintien et l'amélioration continue de la culture de sûreté constituent un défi permanent, d'autant que cette culture est difficile à mesurer. Pour les quelques fournisseurs de technologie nucléaire de dimension internationale, la variabilité des codes et normes applicables selon les pays, et la gestion d'une filière d'approvisionnement globalisée représentent d'autres défis.

Internationalisation

Une internationalisation croissante et importante caractérise généralement le secteur nucléaire. Avec un marché consolidé de quelques fournisseurs de technologie à l'échelle mondiale et un nombre croissant de projets de recherche et de développement internationaux, l'industrie nucléaire et sa chaîne d'approvisionnement ont connu une mondialisation accrue ces dernières années. L'énergie nucléaire est devenue une affaire internationale encadrée par des accords internationaux. L'accent a particulièrement été mis sur la collaboration internationale dans le cadre de la réglementation, de la recherche et du développement de base ainsi que sur des chaînes d'approvisionnement globales impliquant les producteurs d'électricité, les fournisseurs et les sous-traitants employés en production, ingénierie, construction, exploitation, maintenance et démantèlement.

Face à cette internationalisation croissante, de nouveaux problèmes et questions sont apparus, comme la mobilité des étudiants et des ressources humaines, le contrôle de la qualité de l'enseignement et de la formation, une meilleure compréhension des différents profils de poste du nucléaire, le besoin d'un kit de compétences nucléaires transférables et une sensibilisation à la sûreté dans le cadre d'une chaîne d'approvisionnement internationale.

De nombreuses initiatives internationales en ont découlé. De nouveaux programmes proposés par des entités internationales et intergouvernementales ont donné aux acteurs du secteur les moyens de trouver des fournisseurs ou des collaborateurs dans les domaines de la recherche, de l'enseignement, de la formation et de la gestion des connaissances au niveau international. Ces programmes fournissent également des instruments permettant aux acteurs du secteur de bénéficier d'aide pour le recrutement de personnel sur le marché du travail et d'y contribuer à leur tour au niveau de l'offre et de la demande.

Des partenariats mondiaux, visant à améliorer l'enseignement et l'excellence dans le domaine des technologies et sciences nucléaires, ont été établis ces dernières années, comme l'Université nucléaire mondiale (WNU, *World Nuclear University*) et l'Académie européenne de l'énergie nucléaire (ENELA, *European Nuclear Energy Leadership Academy*). Le soutien de la Commission européenne au développement des ressources humaines s'est avéré particulièrement remarquable et a donné lieu à de nombreuses initiatives comme le Réseau européen pour l'enseignement des sciences nucléaires (ENEN), les programmes européens de formation sur la fission (EFTS), l'Observatoire européen des ressources humaines dans le secteur de l'énergie nucléaire et l'École européenne de la sûreté et la sécurité nucléaires.

Recommandation 10

Les gouvernements doivent vivement encourager et soutenir les initiatives et les programmes internationaux, qui favorisent l'harmonisation de l'enseignement et de la formation dispensés dans les différents pays et contribuent globalement à améliorer les capacités de développement des ressources humaines.

Dans ce nouveau contexte, en plus des obligations des pays concernant les programmes nationaux en place, les fournisseurs et les fabricants ont une nouvelle responsabilité : développer une main-d'œuvre compétente dans les pays concernés. Divers accords bilatéraux et multilatéraux ont été signés à différents niveaux (institutions, universités et industrie) et de nombreux projets internationaux d'enseignement et de formation ont été engagés dans plusieurs pays. Pourtant, malgré les composantes internationales que l'on voit poindre dans l'industrie nucléaire et, de plus en plus,

dans l'enseignement, la responsabilité de l'éducation nationale revient toujours au gouvernement de chaque pays.

Les pays disposant de fortes activités, installations et ressources nucléaires nationales ont lancé des programmes de « formation des formateurs », qui complètent les programmes similaires conçus par les organisations internationales (notamment l'Agence internationale de l'énergie atomique). Ces programmes sont mis en œuvre en étroite collaboration avec les pays concernés et sont spécifiquement adaptés à leurs besoins et aux systèmes éducatifs locaux dans le but de constituer une réserve solide de ressources humaines autochtones.

La participation aux programmes transnationaux et aux réseaux régionaux et nationaux a souvent bénéficié de moyens technologiques améliorés. Des systèmes de communication et des instruments informatiques innovants peuvent sembler plus attirants pour les nouvelles générations, et leur diffusion a permis le développement de méthodes d'apprentissage efficaces et novatrices. De plus en plus, les ressources et l'apprentissage à distance basés sur Internet deviennent des pratiques courantes, tant pour les établissements d'enseignement et de recherche que pour les programmes de formation de l'industrie. Ces moyens ont permis d'élargir la réserve d'étudiants éventuels. Grâce à l'enseignement à distance, les étudiants peuvent suivre des cours qui ne sont pas dispensés par leur propre université, pendant un semestre où ils ne peuvent être enseignés ou, surtout, lorsque des obstacles physiques ou géographiques empêchent la présence physique des étudiants ou rendent cette dernière beaucoup plus onéreuse. Néanmoins, ce mode d'enseignement soulève le problème de l'harmonisation des contenus et de l'accréditation des enseignements.

La taxinomie des emplois

Conscient de cette internationalisation croissante de la main-d'œuvre et de la priorité fondamentale de garantir la sûreté, et en s'appuyant sur l'expérience de nombreux pays, le groupe d'experts chargé de cette étude a étudié et classifié un ensemble de postes qualifiés de toute l'industrie nucléaire. Ce travail constitue la base d'un système de classification des profils de postes du nucléaire, c'est-à-dire un cadre de taxinomie des emplois.

Le système taxinomique proposé est, bien entendu, non exhaustif. Il s'agit d'une proposition qui n'a pas vocation à être finale, ni unique, mais qui constitue une base pour le développement des classifications.

Des descriptions de postes dans le secteur nucléaire ont été élaborées pour les principales activités associées à la construction, à l'exploitation et au démantèlement des réacteurs commerciaux et de recherche, en s'appuyant sur les analyses réalisées par plusieurs sociétés. Elles peuvent faire office de base de départ sur laquelle les organisations ou les gouvernements peuvent ajouter leurs propres exigences.

Une analyse des points communs a permis d'établir les conclusions et recommandations suivantes :

- Des compétences dans les domaines technique et réglementaire sont requises systématiquement dans les descriptions de postes nucléaires, dans le monde entier. La culture de la sûreté nucléaire est inextricablement liée aux deux.
- L'information, les conseils et l'orientation, notamment concernant les compétences techniques et réglementaires, pourraient être améliorés par une habilitation de la formation, qu'elle soit dispensée en interne ou en externe.
- Au niveau international, il existe peu de normes professionnelles pour guider la formation et le développement de la main-d'œuvre nucléaire¹. Il existe néanmoins des normes nationales comme celles établies par l'*Institute of Nuclear Power Operations* aux États-Unis².

1. Notons qu'au niveau européen, il y a une volonté forte de structurer la formation et le développement des carrières et d'établir des « normes de référence » européennes de haute qualité dans le but ultime de créer un passeport européen des compétences.

2. Il convient d'ajouter que le travail réalisé par l'*Institute of Nuclear Power Operations* (INPO) pour les exploitants est diffusé internationalement par l'Association mondiale des exploitants de centrales nucléaires (WANO, *World Association of Nuclear Operators*).

- À l'exception du *National Nuclear Accreditation Board* aux États-Unis et du *National Skills Academy* au Royaume-Uni, il n'existe pas d'autre organe national indépendant pour l'habilitation des formations nucléaires.
- La taxinomie en tant qu'outil dans le développement du personnel peut permettre, dans le cadre de la planification des effectifs, d'élaborer des scénarios d'offre et de demande des compétences, de développer des normes de formation et de faire office de structure pour les systèmes de gestion de maintien de compétences, comme les programmes de passeport nucléaire.
- Les gouvernements et les employeurs peuvent bénéficier d'un accès à des informations détaillées sur l'offre et la demande de postes hautement qualifiés, et à des normes de formation. Ces informations peuvent servir de base, par exemple, à des interventions politiques ciblées, comme des directives sur la formation ou le classement des ressources par priorité pour la recherche et l'enseignement supérieur.
- La diffusion de directives internationales pour la formation et le maintien des compétences aiderait les employeurs à choisir ou à concevoir des programmes de développement du personnel appropriés.

Recommandation 11

En s'appuyant sur l'expérience du *National Nuclear Accreditation Board* des États-Unis, la recommandation suivante est émise :

Il conviendrait d'adopter, dans le domaine de la formation, la culture de l'habilitation et de la certification déjà bien établie dans l'enseignement, et d'établir une habilitation et une certification indépendantes des programmes de formation financés par les employeurs.

La culture de la sûreté est omniprésente dans les descriptions de postes dans le secteur nucléaire. En ce sens, la taxinomie proposée met l'accent non seulement sur les aspects de maintien des compétences de la section précédente, mais aussi sur les compétences techniques et réglementaires, liées à la sûreté.

Recommandation 12

Il semble y avoir un consensus international sur les composantes fondamentales d'une formation nucléaire de base qui couvrirait les aspects techniques et réglementaires essentiels et permettrait l'établissement d'un programme-cadre en « sensibilisation de base au nucléaire », qui pourrait se révéler précieux pour la communauté internationale. La recommandation suivante est donc émise :

Il conviendrait d'envisager l'élaboration d'un cadre de formation en « sensibilisation de base au nucléaire » dont le contenu couvrirait tous les secteurs nucléaires et tous les niveaux professionnels.

Référence

Li, N., C. Dale, K. Kern et S. Scott (2009), « Los Alamos Nuclear Enterprise Resource and Infrastructure Model (LA-NERIM) », Laboratoire national de Los Alamos, actes du Congrès international sur les avancées des centrales nucléaires 2009 (ICAPP 2009), 10-14 mai 2009, Shinjuku, Tokyo, Japon.



Enseignement et formation dans le domaine nucléaire : moins d'inquiétudes, plus de compétences

En 2000, l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE publiait le rapport *Enseignement et formation dans le domaine nucléaire : faut-il s'inquiéter ?* qui révélait d'importants problèmes de disponibilité en ressources humaines pour l'industrie nucléaire. Dix ans plus tard, *Enseignement et formation dans le domaine nucléaire : moins d'inquiétudes, plus de compétences* fait le point sur les changements intervenus dans l'intervalle. Cette étude fait état de mesures positives prises par certains pays, mais également de sérieux défis en matière de ressources humaines dans d'autres pays face aux besoins des installations nucléaires existantes et futures, le taux croissant des départs à la retraite exacerbant ces difficultés. Le rapport présente une caractérisation qualitative des besoins en ressources humaines et évalue les instruments et les programmes d'enseignement et de formation dans le domaine du nucléaire entrepris par les acteurs du secteur dans différents pays. Dans ce contexte, il examine aussi les usages actuels et futurs des installations de recherche nucléaire à des fins d'enseignement et de formation. Concernant la composante nucléaire de la formation de la main-d'œuvre, il définit une taxinomie des emplois pouvant aider à identifier et à combler les besoins en personnel du secteur. Il présente la taxinomie comme un moyen d'améliorer la reconnaissance mutuelle et de favoriser l'harmonisation de l'enseignement et de la formation dans les pays développés et en voie de développement.