

**LE NUCLEAIRE POUR L'ENERGIE ET LA SANTE :
VERS UN POLE D'EXCELLENCE
EN BASSE-NORMANDIE**

AVIS

du Conseil Economique et Social Régional de Basse-Normandie

adopté par 66 voix pour, 1 contre et 2 abstentions

27 février 2009

Le nucléaire regroupe toutes les activités et tous les usages qui exploitent les effets consécutifs à des événements qui se déroulent au cœur de l'atome et qui sont, plus précisément, liés à la transformation de son noyau. Les forces considérables en présence et les rayonnements générés sont utilisés pour de nombreuses applications. La découverte de la radioactivité à la fin du XIX^{ème} siècle a marqué l'histoire de l'humanité entraînant de réels bouleversements dans la compréhension de la matière. Les premières applications concernèrent la médecine et la biologie avec la possibilité de "voir" à travers les corps et de soigner. A cette période, on attribuait (de manière parfois très excessive) des pouvoirs "miraculeux" à la radioactivité. Une prise de conscience intervint ensuite sur le fait que la radioactivité pouvait également tuer le vivant et nécessitait des mesures de protection draconiennes pour s'en prémunir. L'évolution ne cessa pas ensuite, les dispositifs gagnant en sécurité et en protection des personnes traitées sur le plan médical ; cette problématique reste encore aujourd'hui d'actualité, d'où les enjeux importants en matière de contrôle et de radioprotection.

D'autres applications du nucléaire furent développées au cours du XX^{ème} siècle et certaines employées pour le meilleur... comme pour le pire (Hiroshima et Nagasaki). L'énergie nucléaire fut ensuite exploitée dès la seconde partie du siècle dernier pour la production d'électricité. Remises en cause au milieu des années 80 suite à la catastrophe de Tchernobyl, les applications énergétiques du nucléaire connaissent actuellement un fort regain d'intérêt au niveau international. Parallèlement à une prise de conscience sur la nécessité incontestable de consacrer tous les moyens possibles au développement des énergies renouvelables non polluantes et de s'engager dans des politiques ambitieuses de maîtrise et d'économies d'énergie, un grand nombre de pays développés, mais également parmi ceux qui accèdent au développement, ont opté en faveur d'une relance du nucléaire civil, élément jugé incontournable du "mix énergétique" mondial des prochaines décennies car ne générant pas ou peu de gaz à effet de serre.

Mais le nucléaire ne se limite pas aujourd'hui au seul secteur de l'énergie, même si ce secteur, par les moyens consacrés et l'activité générée, apparaît prédominante. Ainsi, dans le domaine médical, le nucléaire est utilisé pour diagnostiquer et pour soigner des affections qui ne pourraient, sinon, être traitées. De nombreux autres secteurs ont recours aux effets des rayonnements comme l'irradiation industrielle utilisable pour durcir les composants électroniques, le contrôle des matériaux et des soudures ou encore la stérilisation des aliments par exemple. Le nucléaire est aussi utilisé dans la propulsion navale de certains bâtiments militaires, plus rarement civils. Dans le domaine culturel également, les applications du nucléaire interviennent à la fois dans les méthodes de datation à partir des isotopes contenus dans les objets et la conservation du patrimoine.

Il est un fait incontestable : la France est l'une des nations qui s'est le plus engagée en faveur du nucléaire civil. La relance mondiale des programmes va nécessiter la mobilisation des compétences les plus pointues en la matière au niveau international. Les accords de coopération conclus ces derniers mois avec bon

nombre de pays étrangers ouvrent de nouvelles perspectives de développement pour un secteur industriel qui emploie directement plus de 100 000 personnes au plan national.

La Basse-Normandie représente l'une des régions françaises où l'activité autour du nucléaire est importante avec une forte concentration d'activités et de savoir-faire dans le Nord-Cotentin autour de l'énergie et des compétences reconnues sur Caen dans les domaines de la physique nucléaire et du biomédical.

Le nouveau contexte laisse ainsi augurer des perspectives de développement au niveau industriel nécessitant des efforts considérables en termes de formation et de recherche.

Mais toute activité autour du nucléaire, que celle-ci relève de l'énergie, de la médecine ou de l'industrie, doit se faire dans le cadre des normes les plus strictes en matière de sûreté, de maîtrise des risques, de transparence et de préservation de l'environnement. En ce sens, la radioprotection et la maîtrise des risques représentent un enjeu majeur. C'est pourquoi l'approche retenue du CESR a été d'intégrer à la réflexion tous les domaines d'applications et les compétences dans lesquels notre région est reconnue. Compte-tenu de la relance du nucléaire civil dans le monde et des avancées médicales constatées grâce au développement des technologies de radiothérapie, la Basse-Normandie qui présente bon nombre d'atouts dans les secteurs de l'industrie, de la formation et de la recherche a incontestablement une place à prendre sur la scène internationale en termes d'expertise et d'ingénierie.

Il convient de souligner que la présente étude analysant les potentiels régionaux sur la base du triptyque industrie - formation - recherche n'a volontairement pas ou peu traité des éléments concernant les dispositifs de prévention des risques industriels ou environnementaux. Sur ces points, une étude du CESR est en cours sur la thématique "des risques technologiques majeurs en Basse-Normandie" qui consacrera un développement spécifique aux activités autour du nucléaire à l'instar du transport des combustibles usés ou recyclés.

Avant de développer le contexte bas-normand et de détailler les propositions, il paraît opportun de rappeler les enjeux et les grandes problématiques pour l'avenir.

I. LES ENJEUX ET LES GRANDES PROBLEMATIQUES POUR L'AVENIR

I.1. L'ENERGIE NUCLEAIRE DU FUTUR

Face aux besoins en énergie liés à l'accroissement de la population mondiale et à l'élévation du niveau de vie des pays en développement, un mix énergétique comprenant les énergies renouvelables et le nucléaire, couplé à une politique d'économie d'énergie est, de l'avis général, incontournable. Par ailleurs, le problème du réchauffement climatique devient très préoccupant, renforçant l'opportunité de développer des énergies ne produisant pas d'émission de gaz à effet de serre. Ces deux principaux éléments expliquent le regain d'intérêt pour le nucléaire civil constaté dans le monde.

a) La fission

L'énergie nucléaire utilise, pour l'heure, uniquement le principe de la fission qui consiste à casser un noyau lourd en fragments plus petits et à récupérer l'énergie dégagée à l'occasion de cette fragmentation. Le seul noyau fissile (élément apte à subir la fission) existant à l'état naturel est l'uranium 235 ; mais celui-ci ne constitue que 0,7 % de l'uranium des ressources minières, ce qui rend les phases d'enrichissement nécessaires (à hauteur de 4 % en moyenne) pour fonctionner dans les réacteurs actuels. La perspective d'un recours accru voire d'un développement important du nucléaire dans le monde soulève la question des ressources disponibles, demain, en uranium. Sur la base de la consommation actuelle, elles correspondraient à une centaine d'années de fonctionnement des réacteurs en service. La prospection d'uranium est d'ailleurs actuellement relancée dans le monde pour répondre au regain d'intérêt en faveur de l'énergie nucléaire. D'autres ressources pourraient être exploitées à des coûts supérieurs (gisements de phosphate par exemple). L'évolution rapide, ces dernières années, des cours de l'uranium atteignant des niveaux sans précédents est le signe avant-coureur d'une raréfaction des ressources.

La troisième génération de réacteurs dont la tête de série **EPR** (Evolutionary Power Reactor) constitue une évolution des réacteurs à eau sous pression qui présente comme avantages :

- d'être plus sûre grâce à des systèmes de sauvegarde renforcés¹, une réduction significative de la contribution des risques externes et une diminution des doses soumises aux travailleurs,
- plus respectueux de l'environnement par une division par 3 ou 4 des effluents,
- plus compétitive grâce à une meilleure utilisation des matières, une disponibilité et une durée de vie rallongées,
- plus robuste grâce à une technologie éprouvée.

Les **réacteurs nucléaires de quatrième génération** qui font l'objet d'une concertation au sein d'un forum international, notamment ceux à neutrons rapides actuellement à l'étude qui pourraient être opérationnels au milieu de ce siècle, devront -tout en garantissant des niveaux de sécurité au moins équivalents au niveau prévu par les réacteurs de troisième génération- présenter l'avantage d'être plus économes en ressources en tirant bien mieux parti du potentiel de l'uranium naturel et de surcroît utiliser le stock historique d'uranium appauvri grâce à la surgénération tout en produisant moins de déchets radioactifs. Autre technologie étudiée, les réacteurs nucléaires à haute température utilisant pour leur part la technologie des neutrons thermiques devraient donner lieu à une diversification d'applications autres que la production d'électricité (production d'hydrogène, dessalement de l'eau de mer, production de chaleur industrielle...).

La question des **déchets nucléaires ultimes** (ceux aujourd'hui non recyclables) représente l'un des principaux défis auxquels la filière électronucléaire va devoir répondre dans les décennies à venir compte tenu de l'échelle de temps considérable en jeu (plusieurs milliers d'années pour certains déchets de haute

¹ L'EPR est équipé de dispositifs permettant de garantir que, même en cas de fusion complète du cœur, les rejets de radioactivité à l'extérieur resteraient négligeables.

activité). Cette question constitue d'ailleurs l'un des principaux obstacles à l'acceptation de l'énergie nucléaire par la société. La loi du 30 décembre 1991 (loi Bataille), à instauré un moratoire de quinze ans sur la gestion de ces déchets et à imposé aux organismes concernés, le CEA, l'ANDRA et le CNRS, des recherches très poussées pour aboutir, en 2006, à une nouvelle loi (28 juin 2006). Cette dernière intègre les notions de séparation poussée - transmutation, de conditionnement et d'entreposage à long terme en surface et de stockage réversible en formation géologique profonde. Elle entérine le fait qu'il existe une solution scientifiquement avérée à la gestion de ces déchets et fixe un agenda très précis des recherches qu'il faut encore mener pour pouvoir prendre des décisions sur les sites d'entreposage et d'enfouissement.

L'objectif de la séparation poussée - transmutation² est de réduire les quantités d'éléments radioactifs à vie longue contenus dans les déchets ultimes en les séparant par des procédés chimiques puis en les transmutant sous flux neutronique, c'est-à-dire en les transformant en éléments à vie courte. Outre le fait que, parmi les réacteurs de quatrième génération, la filière à neutron rapide répond à l'élimination d'une partie des déchets ultimes, des programmes de recherche internationaux portent sur l'étude d'installations couplant un accélérateur de particules et un réacteur sous-critique à neutrons rapides, appelées "systèmes hybrides" ou Accelerator Driven Systems (ADS).

b) La fusion

A plus longue échéance (fin du XXI^{ème} siècle), produire et exploiter sur Terre l'énergie des étoiles, nécessitant **la maîtrise de la fusion thermonucléaire**, ouvrirait la voie à une énergie quasiment inépuisable et plus propre en ce sens qu'elle ne produirait pas de déchets hautement radioactifs à vie longue. Cette technologie nécessite encore de nouveaux développements et recherches et doit faire preuve de sa faisabilité. Tel est l'objectif du projet de réacteur expérimental international ITER qui doit être mis en service à l'horizon 2020 à Cadarache.

c) Le démantèlement

A mesure que leurs installations nucléaires continuent à prendre de l'âge, les pays concernés vont de plus en plus être appelés à en cesser l'exploitation, à les déclasser et à les déconstruire. L'**enjeu du démantèlement** est de taille puisque l'on estime que plus d'une centaine de centrales dans le monde sont en fin de vie. S'y ajoutent des dizaines d'unités de recherche et d'usines de production de combustible et de recyclage.

² Le traitement des combustibles nucléaires usés permet d'ores et déjà de séparer les matières recyclables des éléments radioactifs non réutilisables (les actinides mineurs et les produits de fission) et d'immobiliser ces déchets ultimes dans des colis vitrifiés. La séparation dite "poussée" consiste à séparer les éléments radioactifs présentant les plus longues durées de vie (en particulier, les actinides mineurs) grâce à un traitement chimique approprié. Dans un deuxième temps, la transmutation permet de transformer ces éléments radioactifs en éléments stables ou à durée de vie plus courte (source : www.industrie.gouv.fr).

I.2. LA MEDECINE NUCLEAIRE

La médecine nucléaire repose depuis plus d'un siècle sur l'utilisation de radionucléides à des fins diagnostiques et thérapeutiques. Cette discipline doit largement son développement à la recherche et aux acquis de la physique atomique et nucléaire. A l'origine, la médecine nucléaire et l'imagerie fonctionnelle sont nées en France de la volonté du Commissariat à l'Energie Atomique de promouvoir et de développer les applications du nucléaire dans les domaines de la biologie et de la santé.

I.2.1. La radiothérapie face à de nouveaux défis

La radiothérapie est, aux côtés (et souvent en complémentarité) de la chirurgie et de la chimiothérapie, l'une des principales techniques employées pour le traitement des tumeurs cancéreuses. La radiothérapie met en œuvre les rayonnements ionisants qui, en modifiant la structure des atomes, vont altérer le patrimoine génétique (l'ADN) des cellules conduisant à la destruction des tumeurs. Selon l'Institut National du Cancer, parmi les 300 000 nouveaux cas de cancers qui surviennent en France chaque année, plus de 180 000 patients bénéficient, à un moment de leur maladie, d'un traitement par radiothérapie.

L'irradiation est effectuée à l'aide d'accélérateurs produisant des faisceaux de photons ou d'électrons. Des techniques nouvelles de radiothérapie se développent. Grâce à leur haute précision, elles permettent d'augmenter l'efficacité du traitement et de minimiser les effets secondaires sur les tissus environnants. Il convient de préciser que suite aux accidents de sur-irradiation de patients en France et après parution de l'enquête d'urgence commandée à l'Agence de Sûreté Nucléaire (ASN) et à l'Inspection Générale des Affaires Sociales (IGAS), le Ministère de la Santé a annoncé, en mai 2007, des mesures d'urgence pour renforcer la sécurité, la vigilance et la qualité des soins en matière de radiothérapie.

Le développement de technologies innovantes de radiothérapie est un enjeu majeur : accélérateurs de dernière génération, tomothérapie, robot de radiothérapie (Cyberknife). Egalement, **l'hadronthérapie** est une nouvelle modalité de radiothérapie encore plus performante mais aussi plus complexe à mettre en œuvre qui utilise, non plus des faisceaux de rayons X classiques, mais des faisceaux de particules que l'on appelle des hadrons (soit des protons, soit des ions carbone 12).

L'hadronthérapie par protons, ou **protonthérapie** possède les mêmes propriétés biologiques que les rayons X, mais elle est beaucoup plus précise. Il existe actuellement deux centres cliniques de protonthérapie en France à Orsay et à Nice qui traitent environ 800 patients par an au total. Une deuxième modalité d'hadronthérapie, appelée hadronthérapie par ions carbone 12, est de développement plus récent et présente un double avantage par rapport aux rayons X. Le premier avantage est balistique, les ions carbone 12 ayant une précision de même ordre que les protons donc supérieur aux rayons X. Le deuxième avantage est biologique, car les ions carbone 12 sont beaucoup plus efficaces que les rayons X et les protons. Pour un même niveau de tolérance des tissus sains, la dose qui peut être délivrée dans la tumeur pour la tuer peut voir ainsi son efficacité biologique multipliée par un facteur 1,5 à 3 selon le type de tumeur considéré, par rapport aux rayons X ou par rapport aux protons.

I.2.2. L'imagerie nucléaire et l'imagerie fonctionnelle au cœur de l'innovation thérapeutique

Parallèlement à leur action thérapeutique, les applications du nucléaire couplées à des techniques d'imagerie de pointe jouent un rôle majeur dans la phase diagnostique et le dépistage de maladies et plus précisément le cancer. L'imagerie nucléaire consiste dans l'étude d'un organe ou d'un tissu au moyen de traceurs radioactifs dans le but de suivre son fonctionnement afin de déceler d'éventuelles anomalies. Deux principales technologies de pointe sont aujourd'hui utilisées.

Tout d'abord, la **Tomographie par Emission de Positons** (TEP) consiste à administrer par voie intraveineuse des molécules marquées avec un isotope radioactif afin de suivre, par détection externe, le fonctionnement normal ou pathologique d'un organe. La médecine nucléaire trouve dans le développement de ces molécules radiopharmaceutiques un potentiel toujours renouvelé d'investigations cliniques. L'utilisation de marqueurs moléculaires permet le suivi de cellules tumorales cibles des rayonnements.

Par ailleurs, l'**Imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire** (IRM) est une méthode d'imagerie fonctionnelle d'investigation in vivo non traumatique. Elle utilise le phénomène de la Résonance Magnétique Nucléaire (RMN), technique de spectroscopie découverte fin 1946. La RMN et l'IRM font appel aux propriétés magnétiques des noyaux atomiques des molécules de l'organisme. Elles utilisent un aimant avec un champ magnétique élevé et homogène ainsi qu'un équipement électronique et informatique spécialisé. L'IRM est une technique capable d'étudier des tissus dits mous, tels que le cerveau, la moelle épinière, les muscles... Elle permet d'en connaître la structure anatomique (IRM anatomique), mais également d'en suivre le fonctionnement ou le métabolisme (IRM fonctionnelle).

Un volet de recherche va également s'appuyer à mettre au point des **technologies couplant différentes longueurs d'ondes** (imagerie 3D et optique par exemple). Un défi va consister à développer des **traceurs hybrides** grâce au couplage des différentes techniques. Les recherches devraient permettre d'aboutir à marier le nucléaire ionisant, le nucléaire non ionisant et l'optique. En Basse-Normandie, le Centre CYCERON, avec ses partenaires, s'engage dans cette voie prometteuse (cf. deuxième partie).

I.3. LES BESOINS DE FORMATION ET DE QUALIFICATION DANS LES SECTEURS DU NUCLEAIRE

Que ce soit dans le domaine médical ou de l'énergie, les besoins de formation et, plus largement, de transmission des savoirs constituent un enjeu majeur pour l'avenir. Il convient de rappeler ici les principales approches en cours.

Compte tenu de l'attention croissante des pays développés ou en voie de développement au nucléaire civil, le Haut Commissaire à l'Energie Atomique, Bernard BIGOT, a émis un rapport en février 2008 révélant, au regard des enjeux, des besoins massifs en personnes qualifiées pour les années à venir. En France, 300 ingénieurs sont actuellement formés chaque année. Les projections réalisées à partir de l'augmentation possible des effectifs dans les cursus existants et l'ouverture prévue de nouveaux cursus conduisent à estimer que l'on pourrait former de l'ordre de 900 étudiants par an à court terme. Ce chiffre reste probablement en deçà des

besoins que l'on peut estimer être de l'ordre de 1 200 en prenant en compte la demande d'étudiants étrangers. Une étape supplémentaire sera envisageable une fois la première étape de 900 diplômés en voie d'être atteinte.

Le rapport indique que trois sites principaux assurent l'essentiel de la formation sur le territoire national. Ce sont l'Île de France, Grenoble (site élargi ensuite au Grand Sud Est) et le **Grand Ouest** avec le trinôme Nantes - Caen - Cherbourg. Des associations à ces pôles principaux sont susceptibles d'être proposées aux autres sites qui mènent ou mèneront des actions complétant de façon cohérente le dispositif mis en place dans les trois principaux pôles ainsi identifiés.

Outre les formations d'ingénieurs, les formations professionnalisées de niveaux IV (baccalauréat professionnel), III (BTS, DUT) ou II (licence professionnelle) dans les domaines de la maintenance nucléaire et de la radioprotection apparaissent comme des profils particulièrement recherchés par les industriels de l'énergie nucléaire. D'autres filières de formation dans des disciplines scientifiques et industrielles bien que moins ciblées "nucléaire" méritent toutefois une attention particulière, certaines d'entre elles répondant en effet aux besoins et aux attentes des employeurs de la filière.

Pour les entreprises du nucléaire, il convient de distinguer deux aspects : d'une part la qualification du personnel (l'approche métier) et son aptitude à travailler en milieu nucléaire d'autre part. Il faut souligner l'intérêt de l'alternance pour la transmission des savoir-faire et des bonnes pratiques. La principale problématique est de transmettre le bon geste aux arrivants ; cette démarche peut s'assimiler à du tutorat voire du compagnonnage car mis à part les modules dédiés à la maîtrise d'ambiance, il n'existe pas de formation spécifique dans ce domaine. Cela exige un haut niveau technique concernant le geste car, dans ce secteur d'activités, une erreur peut avoir des conséquences majeures.

La démographie médicale est un souci majeur auquel n'échappe pas la médecine nucléaire. De surcroît, suite aux accidents de radiothérapie (tragédie d'Epinal ou de Toulouse), un plan d'action national a été établi prévoyant un premier train de mesures immédiates intégrant notamment l'augmentation du nombre de radiophysiciens (ou physiciens médicaux) en formation et la création de passerelles avec les formations d'ingénieurs

La démographie des professionnels de la radiothérapie est préoccupante et rejoint celle des médecins, avec une inflexion très sensible des effectifs à compter de 2005-2010. Pour ce qui est des radiothérapeutes, au nombre de 663 en 2007, la décision d'augmenter le nombre d'internes en radiothérapie permet de rendre cette filière plus attractive mais cette mesure, selon l'Office Parlementaire des Choix Scientifiques et Technologiques³, sera insuffisante pour couvrir les besoins sanitaires à terme. Quant aux 300 physiciens médicaux, les effectifs sont notoirement insuffisants. Ce fait a été constaté par la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés qui a évoqué un risque d'insécurité des traitements dans un centre sur deux en raison du manque de radiophysiciens, mais aussi par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) lors de nombreuses

³ Audition publique organisée par l'OPECST le 15 novembre 2007 sur le thème : La radiothérapie : efficacité du traitement et maîtrise des risques.

enquêtes sur le terrain et, enfin, dernièrement par l'ASN qui estime qu'un centre sur trois n'a pas de physicien durant toute la durée des traitements.

Un rapport d'inspection de l'ASN des centres de radiothérapie remis au Ministre de la Santé en avril 2008 a fait apparaître la nécessité de renforcer les effectifs des équipes de radiophysiciens⁴. La formation dans ce domaine représente un défi important. L'objectif est de doubler le nombre des effectifs formés d'ici cinq ans, passant ainsi de 300 à 600 radiophysiciens, ce qui permettra, à moyen terme, de garantir la présence de ces professionnels pendant toute la durée d'ouverture de chacun des centres⁵.

Enfin, une réflexion est en cours sur l'évolution du métier de manipulateur en radiothérapie et sur le développement de la formation de "dosimétriste". Il s'agit d'un métier en pleine expansion qui s'impose dans les centres de grande taille face à la complexification mais aussi à l'amélioration de la précision des traitements par radiothérapie.

II. LE NUCLEAIRE CIVIL EN BASSE-NORMANDIE : SITUATION ET PERSPECTIVES

La Basse-Normandie concentre sur son territoire un nombre important d'activités nucléaires réparties en deux pôles principaux : le Nord-Cotentin autour de l'énergie et de la propulsion navale et le bassin caennais avec une concentration de laboratoires et d'établissements de recherche autour des sciences nucléaires et du biomédical. Dans ce contexte, des dispositifs spécialisés de formations initiales comme continue se sont particulièrement développés à même de présenter une offre globale particulièrement attractive.

II.1. LE POLE INDUSTRIEL DU NORD-COTENTIN AUTOUR DU NUCLEAIRE

Sur le plan industriel, une véritable filière s'est constituée dans le Nord-Cotentin (il n'y manque que les procédés de la mine jusqu'à la fabrication du combustible) constituant un pôle majeur d'activités regroupant des compétences exceptionnelles.

Il comprend :

- l'établissement **AREVA NC - La Hague**, spécialisé dans le recyclage des combustibles nucléaires usés, premier site mondial pour ce type d'activité. Au sein de cet ensemble industriel unique qui s'étend sur une superficie de 300 hectares, environ 5 000 personnes y travaillent en permanence dont **3 100 salariés** d'AREVA NC.
- la **Centrale Nucléaire de Production d'Electricité d'EDF Flamanville** totalisant actuellement deux tranches de 1 300 MW chacune qui emploie **680 personnes** en 2008,
- l'établissement **DCNS** de Cherbourg-Octeville dont l'activité repose sur la conception, l'architecture et l'intégration des sous-marins nucléaires et

⁴ Déjà, au titre des mesures nationales, le Ministère de la Santé a décidé que l'effectif formé chaque année, qui était de 42 radiophysiciens en 2006, passe à 60 en 2008.

⁵ Un rapport spécifique (SFRO/INCa/ASN) sur la démographie des métiers de la radiothérapie a été achevé en octobre 2007.

conventionnels. Sur un total de 2 240 équivalents temps plein, le nombre de personnes spécialisées dans le nucléaire directement rattachées à l'établissement DCNS est de **25 salariés** environ,

- le **Centre de stockage de la Manche** de l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) situé à Digulleville, aujourd'hui en phase de surveillance (effectif de 5 personnes).

Une étude commanditée par la DRIRE réalisée en 2008 a recensé, autour de ces grands donneurs d'ordres, **54 sous-traitants** essentiellement dans le Nord-Cotentin, dans les domaines de la conception, de la maintenance, des services et de l'ingénierie, disposant d'un savoir-faire spécifique dans le nucléaire, la radioprotection et la gestion de la dosimétrie. Certaines entreprises ont consacré des développements majeurs, souvent innovants, autour des productions et des services dédiés au nucléaire.

Toutes activités confondues, ils emploient **5 700 personnes** et réalisent plus de 650 millions d'euros de chiffre d'affaires.

Au total, cet ensemble industriel exceptionnel par ses compétences et savoir-faire dans le nucléaire emploie **plus de 9 500 salariés directs**.

A ce chiffre, il convient d'ajouter l'activité générée par le **chantier de construction de la tête de série EPR** à Flamanville qui emploie, début 2009, environ **1 500 personnes** et qui, à terme dans sa phase d'exploitation, emploiera environ 300 salariés.

Beaucoup d'autres entreprises localisées en Basse-Normandie sont impliquées dans les activités en lien avec le nucléaire dont certaines, innovantes, sont nées de l'essaimage de la recherche régionale ou incubées en Basse-Normandie.

II.2. LA RECHERCHE EN LIEN AVEC LE NUCLEAIRE EN BASSE-NORMANDIE

En matière de recherche, la région dispose d'un potentiel scientifique important avec des laboratoires et des plateaux techniques et scientifiques exceptionnels autour des sciences nucléaires et de ses interfaces (biomédical, radiobiologie, matériaux, physique nucléaire, sciences humaines et sociales...) essentiellement localisés sur Caen. La recherche conduite en région dans ces domaines rassemble un potentiel de l'ordre de **800 chercheurs et enseignants-chercheurs, ingénieurs et techniciens** et près de 150 doctorants.

Le **Grand Accélérateur National d'Ions Lourds (GANIL)** donne à la communauté scientifique internationale les moyens de conduire des recherches fondamentales en physique nucléaire. Les expériences qui y sont menées ont, depuis sa mise en service, largement contribué à élargir la connaissance de la structure du noyau de l'atome, de ses propriétés thermiques et mécaniques et des noyaux que l'on appelle "exotiques" car n'existant pas à l'état naturel sur la Terre. La variété des ions accélérés, la large gamme d'énergie disponible, les intensités délivrées et la grande qualité du faisceau en font un outil particulièrement adapté à des activités de recherche fondamentale. C'est l'un des cinq grands laboratoires au monde dans cette discipline. Le GANIL est d'ores et déjà impliqué dans des travaux concernant les applications énergétique et médicale. Tel est l'objet de la deuxième

mission du GANIL qui a trait à l'utilisation des faisceaux d'ions lourds à des fins pluridisciplinaires et l'étude d'applications à d'autres domaines de recherche fondamentale ou appliquée dont certains sont susceptibles de répondre à des enjeux de société majeurs comme ce qui concerne tout particulièrement la présente étude : la gestion des déchets radioactifs, le vieillissement des matériaux au sein des centrales nucléaires, la tenue des composants électroniques aux rayonnements cosmiques ou encore la radiobiologie par particules lourdes.

Le programme **FIRST** (Fission Induite par RéactionS de Transferts) mené au sein du GANIL s'inscrit dans le programme européen EURATOM et est financé par le Programme Aval du Cycle Electronucléaire (PACE) du CNRS qui implique, dans le domaine de la physique nucléaire, le groupement de recherche (GDR) GEDEPEON (GEstion des DÉchets et Production d'Énergie par Options Nouvelles), lequel s'appuie sur une collaboration entre le CNRS, le CEA, AREVA et EDF.

Avec la future installation **SPIRAL 2** (Système de Production d'Ions Radioactifs Accélérés en Ligne - phase 2), équipement décidé par le comité d'experts d'ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures), le GANIL produira en abondance des noyaux exotiques riches en protons ou en neutrons dans une large gamme de masses. Ce nouvel équipement confèrera au GANIL une réelle avance technologique et renforcera sa position pour obtenir la construction à plus long terme de la machine européenne de seconde génération, **EURISOL**.

La plate-forme d'imagerie biomédicale **CYCERON** constitue aujourd'hui un ensemble important de laboratoires et d'instruments : des laboratoires de biologie moléculaire et cellulaire, un cyclotron et des laboratoires de chimie et de radiochimie, dont une salle blanche pour la production de radio-pharmaceutiques, une animalerie et des installations de physiologie associées, deux caméras à positons, deux IRM à très haut champ (3 teslas pour les études chez l'homme et 7 teslas dédié au petit animal), un appareil de cartographie électro-encéphalographique et un équipement TEP dédié aux études chez le petit animal. Depuis janvier 2008, 10 équipes hébergées au sein de CYCERON se sont fédérées au sein de l'Unité Mixte de Recherche **CI-NAPS** (Centre d'Imagerie - Neurosciences et d'Applications aux PathologieS) commune aux CNRS, CEA, INSERM et UCBN⁶, cette unité mène des recherches biomédicales principalement dans le domaine des neurosciences et de la cancérologie.

Sur le plan biomédical, l'agglomération caennaise dispose d'un environnement exceptionnel rarement égalé ailleurs en France du fait de la présence de deux établissements de soins référents en cancérologie, le **CHU de Caen** et le **Centre de Lutte Contre le Cancer François BACLESSE**, tous deux situés à proximité immédiate l'un de l'autre et à très courte distance du GANIL et de CYCERON.

Il convient de citer également les travaux des équipes de recherche impliquées dans le cadre de l'imagerie médicale et histo-imagerie quantitative et notamment le **Groupe de Recherche en Informatique, Image, Automatique et Electronique de Caen** (GREYC), Unité Mixte de Recherche UCBN-ENSICAEN-CNRS, et le **Groupe Régional d'Etudes sur le Cancer** (GRECAN), laboratoire de l'Université de Caen hébergé au Centre de Lutte Contre le Cancer F. BACLESSE, dont l'équipe "Histo-imagerie quantitative" s'est fixée comme objectif de développer des outils adaptés

⁶ UCBN : Université de Caen Basse-Normandie.

d'histo-imagerie et de cyto-imagerie, de les éprouver dans un contexte de dépistage, de recherche clinique (marqueurs diagnostiques et pronostiques), de recherche fondamentale (appréhension des mécanismes) et de les introduire en pratique de laboratoire. De récentes pistes de recherche concernant de nouveaux traceurs radioactifs sont également entreprises.

Autour de la thématique des matériaux et des interactions ion-matière évolue un potentiel important de recherche. Les laboratoires universitaires impliqués se trouvent directement concernés par des sujets en lien avec le nucléaire avec des travaux et sujets de recherches touchant aux secteurs de l'énergie et de la médecine. En tant que lieu d'accueil des expérimentations en termes de recherches interdisciplinaires auprès des faisceaux du GANIL, le **Centre de Recherche sur les Ions, les Matériaux et la Photonique** (CIMAP), Unité Mixte de Recherche ENSICAEN-UCBN-CNRS-CEA, porte ses recherches sur l'interaction ion - matière et la relaxation des matériaux excités, l'étude des défauts dans les matériaux, les matériaux pour les lasers, la photonique et l'électronique.

Le **Laboratoire d'Accueil pour la Radiobiologie** (LARIA), hébergé au sein du CIMAP, est l'un des trois laboratoires du Service de Radiobiologie - Oncologie de l'Institut de Radiobiologie Cellulaire et Moléculaire de la Direction des Sciences du Vivant du CEA - Fontenay aux Roses. Le LARIA utilise une sortie faisceau du GANIL. Son objectif est de mettre à la disposition des biologistes des équipements permettant de réaliser leurs expériences dans des conditions optimales. Les recherches portent sur les effets des fortes densités d'excitations électroniques sur la matière biologique aux niveaux moléculaire, cellulaire et in vivo (animal).

Les recherches conduites visent à préparer l'installation, sur Caen, du projet de centre européen de ressources en hadronthérapie, **ARCHADE** (Advanced Resource Centre for HADrontherapy in Europe), en partenariat avec l'entreprise belge IBA, leader mondial de la protonthérapie. Ce centre devra être équipé d'une machine dédiée capable de délivrer des protons et des ions carbone dans le but de développer les recherches dans ce domaine et de fournir des services adaptés aux acteurs de l'hadronthérapie en Europe.

Le **Laboratoire de Physique Corpusculaire** (LPC), UMR ENSICAEN-UCBN-CNRS, a pour objectif d'étudier les propriétés des forces à l'œuvre dans les noyaux atomiques afin de comprendre les mécanismes responsables de leur formation. Il intervient dans la conception et le développement de multi-détecteurs, de chambres à réaction, d'électronique et d'acquisition de données. Les recherches fondamentales sont menées auprès d'accélérateurs (GANIL essentiellement). Au sein du laboratoire, les recherches appliquées concernent deux volets majeurs intéressant la filière nucléaire. Tout d'abord, l'aval du cycle électronucléaire implique fortement le laboratoire dans le cadre de programmes collaboratifs (traitement des déchets radioactifs via notamment l'étude de réacteurs sous-critiques pilotés par accélérateur, base de données nucléaires utiles pour la IV^{ème} génération de réacteurs ou ITER, programme expérimental NFS au sein de SPIRAL 2). Par ailleurs, le groupe "Applications" du Laboratoire de Physique Corpusculaire a orienté, depuis quelques années, ses recherches vers les applications médicales, en collaboration avec le CLCC François BACLESSE autour du développement d'instruments de contrôle faisceau et de dosimétrie en radiobiologie, radiothérapie et

hadronthérapie. Des travaux ont notamment été conduits en partenariat avec la société ELDIM.

Le **Laboratoire de Cristallographie et Science des Matériaux (CRISMAT)**, UMR ENSICAEN-UCBN-CNRS, est un laboratoire spécialisé dans la synthèse de nouveaux matériaux et l'étude des propriétés physiques de ces nouveaux matériaux. Les recherches en lien avec la thématique de la présente étude concernent l'irradiation, l'étude des défauts et de recherche de nouveaux matériaux pour le nucléaire. Pour la caractérisation mise en œuvre dans le cadre du nucléaire, le laboratoire fait appel à des moyens d'expertise et d'analyses de pointe. Fort de cette expertise, le laboratoire participe au GDR national NOMAD (NOUVEaux MATériaux pour les Déchets) destiné à développer les études sur le stockage des déchets nucléaires conformément à la Loi Bataille. Le laboratoire est également associé au réseau d'excellence européen ACTINED qui concerne la recherche de matériaux pour le stockage des actinides. Il existe un Institut fédératif entre le CRISMAT et le Groupe de Physique des Matériaux (GPM) de Rouen (IRMA - Institut de Recherche sur les Matériaux Avancés) dans le domaine de la caractérisation des matériaux et des projets de collaborations étroites associant le CIMAP sont en projet.

Le **Laboratoire Universitaire de Sciences Appliquées de Cherbourg-Octeville (LUSAC)**, réparti en trois groupes de recherche : "Céramiques, Capteurs, Composants et Procédés", "Mécanique des Fluides et Rhéologie", "Composants et Systèmes Electroniques" a des partenariats notamment avec l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN) et l'Ecole des Applications Militaires de l'Energie Atomique (EAMEA) afin de soumettre des composants électroniques aux irradiations nucléaires (étude des niveaux de dégradation, influences sur les systèmes, étude de fiabilité...).

Le **Laboratoire CORRODYS** porte ses travaux sur le traitement de la corrosion marine et biologique sur la base de trois compétences principales : matériaux, microbiologie et physico-chimie, l'innovation étant à l'interface de ces disciplines. Une convention entre le CEA et l'Université de Caen a permis de mettre à disposition d'anciens chercheurs du laboratoire LETC (Laboratoire d'Etude Technique de la Corrosion) localisé à La Hague ainsi que la cession de matériels. L'intervention de CORRODYS porte principalement sur de l'expertise et de l'analyse pour AREVA et davantage sur de l'étude technologique pour DCNS.

Le **Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg-Octeville** relève de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), établissement public industriel et commercial dont les secteurs d'activités prioritaires concernent la sûreté nucléaire, la protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants, le contrôle des matières nucléaires. Le site de Cherbourg concentre ses activités sur deux pôles : un pôle de radioécologie marine et un pôle d'étude de dispersion des radionucléides dans l'atmosphère.

Le **Groupe d'Etudes Atomiques (GEA)** relevant de l'Ecole des Applications Militaires de l'Energie Atomique est un laboratoire d'études et de recherche dans le domaine de la radioécologie disposant de moyens performants sur le site principal de l'Ecole et d'installations souterraines situées sous la Montagne du Roule permettant la détection de très faibles niveaux de radioactivité, la qualification de méthodes d'analyses et l'expertise des résultats de mesure en partenariat avec l'IRSN.

Parmi les plateaux techniques et d'expertises, citons également, au sein de l'Université de Caen, la structure **IMOGERE (Installations de Mise en Oeuvre et de GEstion des Radioéléments)** qui constitue un outil au service de la recherche sous une forme mutualisée puisque des chercheurs et personnels issus de différentes équipes viennent mener leurs expérimentations au sein même de ces installations. Le centre, rattaché à l'Institut Fédératif de Recherche (IFR-145) ICORE (Interactions Cellules Organismes Environnement) est également impliqué dans la formation autour de la radioprotection.

Au-delà des sciences dites "exactes", des travaux conduits à la Maison de Recherche en Sciences Humaines (MRSH) au sein de ses pôles pluridisciplinaires touchent au nucléaire. Tel est le cas du pôle "Risques" via le **Centre d'Étude et de Recherche sur les Risques et les Vulnérabilités (CERReV)**, qui s'est donné comme objectif de travailler sur les risques et les vulnérabilités sociales et environnementales. Un axe fort fut alors développé autour des Risques Technoscientifiques pour l'Environnement et la Santé (RITES). Parmi les thématiques de recherche, on peut citer l'approche post-accidentelle de la catastrophe de Tchernobyl et son expertise universitaire caennaise reconnue au niveau international ainsi qu'une approche anthropologique et des enquêtes autour de l'environnement nucléaire du Nord-Cotentin.

D'autres équipes en SHS sont également impliquées dans des travaux en lien avec le nucléaire comme le **Centre Interdisciplinaire de Réalité Virtuelle (CIREVE)**, service commun de l'Université de Caen qui associe 12 équipes de recherche. Le projet de salle immersive en réalité virtuelle au sein de la MRSH, équipement inscrit au Contrat de Projets Etat-Région s'avère stratégique pour la recherche pluridisciplinaire. Citons les travaux autour de l'ergonomie qui rejoignent des problématiques concernant la sécurité et les bons gestes à pratiquer dans des métiers sensibles tels que le nucléaire.

II.3. L'OFFRE DE FORMATION DANS LE NUCLEAIRE

La Basse-Normandie dispose de filières de formations spécifiques dédiées au nucléaire et de formations plus "généralistes" qui répondent cependant aux besoins des entreprises du secteur.

- **Les formations spécialisées "nucléaire" en Basse-Normandie**

Les filières de formations de niveau ingénieur dans le domaine du nucléaire sont, au niveau national, la cible prioritaire des efforts à conduire pour les années qui viennent au regard des besoins attendus à l'échelle internationale en la matière.

L'**ENSICAEN** est reconnue au niveau national, depuis de nombreuses années, pour ses formations dans le domaine de l'Instrumentation au sein de la spécialité "Electronique et Physique Appliquée", discipline qui correspond à des besoins importants dans les secteurs de l'énergie et du médical (imagerie nucléaire). Dans ce cadre, l'ENSICAEN propose, depuis 2007, une **Majeure "Génie et Instrumentation nucléaires"** centrée pour partie sur les mécanismes d'interaction rayonnement-matière et sur ses applications en détection des rayonnements (radioprotection, dosimétrie, électronique impulsionnelle, contrôle non destructif, imagerie médicale). Une seconde partie du programme concerne les réacteurs nucléaires (cycle du combustible, neutronique, matériaux pour le nucléaire...). Les promotions concernant

la Majeure sont de 24 élèves par an sélectionnés sur la base du mérite. Des conventions de partenariats ont été signées avec l'INSTN, l'EAMEA et l'Ecole des Mines de Nantes. Des relations privilégiées ont également été établies avec EDF et AREVA.

L'Ecole d'Ingénieurs de Cherbourg (EIC), composante de l'Université de Caen Basse-Normandie, a vocation à former des ingénieurs généralistes pour tout secteur d'activités en production. Près de 500 ingénieurs y ont été formés à ce jour. Autour de la formation d'ingénieurs de production sont concernés de nombreux secteurs d'activités comme le nucléaire, l'agroalimentaire, l'automobile, la micro-électronique, la pharmacie... avec une spécificité unique en France qui concerne la maîtrise d'ambiance. Ce concept comprend deux branches : la maîtrise des contaminations et la sécurité au travail.

La **licence professionnelle "Maintenance en milieu nucléaire"**, diplôme de l'UFR Sciences de l'Université de Caen Basse-Normandie dispensé au Lycée de Tocqueville à Cherbourg-Octeville existe dans sa forme actuelle depuis 2005 mais a repris la suite d'un premier diplôme ouvert, en 1985, en qualité de DNTS (Diplôme National de Technologie Spécialisée). Ce diplôme bénéficie donc aujourd'hui de tout l'historique de cette formation, de l'expérience, des contacts et collaborations industrielles établis. La quinzaine d'élèves formés chaque année vient de différentes sections de BTS, départements d'IUT, du L2 "Sciences de la Matière". Seuls les meilleurs dossiers sont retenus (une cinquantaine de candidatures au départ), l'objectif étant de privilégier un bon niveau compte tenu de la thématique sensible qui exige des personnels rigoureux et compétents. La licence professionnelle est ouverte en formation initiale à temps plein et par apprentissage (la moitié des effectifs) voire par contrat professionnalisant. Cette formation répond à un besoin important de la part des entreprises.

L'Education Nationale a créé en 2006 un **baccalauréat professionnel "Environnement Nucléaire"** dont une section a été ouverte sur Cherbourg-Octeville, en 2007, au sein du Lycée Alexis de Tocqueville. Le choix s'est porté sur une formation par apprentissage, la compétence recherchée s'appuyant sur le comportement acquis au sein de l'entreprise. La finalité de ce Bac Pro est de former des chefs d'équipe opérationnelle intervenant en environnement nucléaire. Son travail consiste notamment à assurer des opérations de logistique de maintenance nucléaire, participer à la gestion de déchets des industries nucléaires, contribuer aux opérations de démantèlement d'installations et effectuer toutes sortes de travaux particuliers liés à un environnement nucléaire. En 2008, la promotion comptait 10 élèves, le maximum étant fixé à 14.

L'Ecole des Applications Militaires de l'Energie Atomique (EAMEA) est un organisme à vocation interarmées qui relève du Ministère de la Défense. Sa mission est de contribuer à l'enseignement militaire supérieur interarmées en assurant la formation des officiers, sous-officiers et officiers mariniers dans le domaine des sciences, des techniques et de la sécurité nucléaires. Elle participe également à la formation des ingénieurs relevant de la Délégation Générale pour l'Armement (DGA) et à celle des ingénieurs relevant d'organismes civils travaillant sur des programmes nucléaires militaires (en majorité, personnels DCNS et AREVA-TA). Quelque 700 stagiaires sont formés chaque année dont environ 280 officiers et ingénieurs et 420 sous-officiers et techniciens. Les stagiaires sont répartis en 40 types de

formations (cours et stages). La formation phare de l'Ecole est le **cours d'ingénieur en génie atomique**. Cette formation est une spécialisation qui dure 12 mois. Elle concerne environ 15 à 20 ingénieurs par an sur les 700 stagiaires de l'Ecole. Ils bénéficient tous d'une expérience embarquée de 5 ans environ. La principale formation pour les officiers sous-marinières est "atome de propulsion navale" chargé de la mise en œuvre d'un réacteur nucléaire (conduite de réacteur ou conduite de machines).

L'**Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN)**, établissement d'enseignement supérieur rattaché au CEA sous la double tutelle des ministères en charge de l'Education Nationale et de l'Industrie, a pour mission de transmettre les savoirs et savoir-faire du CEA, notamment dans tous les domaines et applications concernant les sciences et techniques nucléaires et la radioprotection. L'antenne de l'INSTN de Cherbourg-Octeville intervient, au titre de la formation professionnelle, dans plusieurs dispositifs spécialisés autour de la radioprotection comme la formation "**Agent d'Intervention et d'Assainissement en Milieu Radioactif**" (AIAMR) -niveau CAP-, la formation "**Premier Niveau en Radioprotection**" (PNR), la formation de **Technicien en Radioprotection** qui donne les connaissances théoriques et pratiques indispensables à l'exercice du métier de radioprotectionniste dans tous ses aspects, la formation **Personne Compétente en Radioprotection (PCR)** pour les secteurs "industrie - recherche" et "INB-ICPE"⁷. Citons également des sessions très techniques autour de la "**Détection et Mesures des Rayonnements**"

En matière de radioprotection, l'**Université de Caen Basse-Normandie** propose également, sur Caen, la formation certifiée de **Personne Compétente en Radioprotection (PCR)** qui couvre deux secteurs d'activités : "industrie-recherche" et "médical".

Dans la formation professionnelle, le **Centre AFPA de Cherbourg** a développé, depuis 25 ans une expertise forte dans le nucléaire en lien avec les principaux acteurs de cette filière au niveau local et, au-delà même des frontières régionales. Le site d'Equeurdreville est fortement impliqué au cœur de partenariats historiques avec les grands comptes de ce secteur. Avec DCNS-Cherbourg, il existe un partenariat fort depuis 2003 consécutif à la fermeture du Centre de Formation des Apprentis de l'Arsenal.

Dans le **biomédical** en lien avec le nucléaire, se sont développées sur Caen des filières de formation spécialisées autour de l'**imagerie** et des **sciences du vivant** qui représentent de véritables forces en région. Citons ainsi :

- le **Master 2 professionnel "Biologie, Santé" spécialité Neurosciences et Imagerie de la Santé** proposé par l'Institut de Biologie Fondamentale et Appliquée et l'UFR de Médecine en partenariat avec CYCERON qui a pour objectif de former les étudiants à l'utilisation des techniques d'imagerie dans le domaine de la santé et des neurosciences ;
- la **licence professionnelle "Image et Son" option "Acquisition et Traitement d'Images"** organisée par le Département "Mesures Physiques" de l'IUT de Caen en collaboration avec les UFR de Sciences, de Médecine et de Pharmacie, le

⁷ Installation Nucléaire de Base et Installation Classée pour la Protection de l'Environnement.

Groupe Régional d'Études sur le CANcer, l'ENSICAEN, le CHU, le Centre de Lutte Contre le Cancer François BACLESSE et les milieux industriels ;

- le niveau L2 "**Sciences du vivant**", parcours biologie - biophysique où des enseignements sont délivrés dans les domaines de l'interaction rayonnement-matière et de la radioprotection.

Au-delà des filières classiques qui apparaissent très importantes pour l'activité nucléaire et qui peuvent conduire à des spécialisations ultérieures, il convient d'insister sur les enseignements qui intègrent une "coloration" nucléaire. Le niveau L2 de la filière "Sciences de la Matière" de l'Université de Caen présente un parcours "Physique". S'agissant du niveau L3 "recherche", les unités d'enseignement concernant la physique nucléaire et l'instrumentation se renforcent (spécificité caennaise) comme l'étude des propriétés microscopiques de la matière.

Au niveau Master, il existe un parcours "physique nucléaire" classique dans le M1 de physique. Le M2 "recherche" avec option "physique nucléaire" conduit vers le doctorat. D'autres débouchés concernent ensuite le M2 professionnel, l'école d'ingénieur ou l'enseignement. Il est à relever que l'UFR Sciences propose également un M2 professionnel CEI "**Contrôle de l'Environnement Industriel**" qui couvre tout le besoin en analyse physique et chimique de toutes les industries, y compris du nucléaire.

Citons également le Master "**Expertise du Mouvement et Ergonomie**" dispensé par l'UFR STAPS qui, en seconde année, est ouvert sur le monde industriel et a vocation à développer les partenariats avec l'industrie nucléaire (concernant notamment la sécurité via les bons gestes à pratiquer).

Concernant le Doctorat en physique nucléaire proposé au sein de l'école doctorale SIMEM (Sciences des Structures, de l'Information, de la Matière Et des Matériaux), on enregistre la soutenance de 5 ou 6 thèses de doctorat par an en moyenne encadrées au LPC ou au GANIL. S'agissant du Doctorat en physique des matériaux, on recense en plus 1 à 2 thèses par an en Basse-Normandie au sein des laboratoires d'accueil CIMAP ou CRISMAT. Ce sont des effectifs importants au regard du nombre total d'étudiants en sciences.

D'autres filières de formation dans les domaines scientifiques et industriels de niveaux V, IV et III bien que moins ciblées "nucléaire" méritent toutefois une attention particulière, certaines d'entre elles répondant en effet aux besoins et aux attentes des employeurs de la filière dans la maintenance industrielle et les mesures physiques notamment.

Il convient enfin de préciser l'importance et les grandes qualités et technicité des outils et plates-formes pédagogiques localisés à la fois sur Cherbourg-Octeville et Caen (plate-forme pédagogique de l'INSTN, Pôle de formation aux métiers en environnement contrôlé, plateau technique de l'EAMEA, plate-forme CYCERON...).

III. LES PROPOSITIONS DU CESR POUR LE DEVELOPPEMENT D'UN POLE D'EXCELLENCE NUCLEAIRE POUR L'ENERGIE ET LA SANTE

Au vu de tous ces potentiels exceptionnels dans les domaines de l'industrie, la formation et la recherche, la Basse-Normandie est une région qui devrait être reconnue au niveau national pour ses compétences pointues dans les applications énergétiques et médicales du nucléaire. Le premier effort à réaliser est de fédérer l'ensemble des acteurs sur la base du triptyque industrie - recherche - formation et d'afficher une visibilité permettant d'atteindre une ambition internationale.

III.1. L'INDUSTRIE NUCLEAIRE : CONFORTER LES ENTREPRISES ET VALORISER LEUR SAVOIR-FAIRE

L'étude commanditée par la DRIRE sur la filière nucléaire a mis l'accent sur les enjeux autour du tissu des PME sous-traitantes principalement concentrées dans le Nord-Cotentin. Celles-ci s'avèrent confrontées d'une part à des réductions de coûts chez les donneurs d'ordres qui peuvent impacter l'activité des sous-traitants et notamment des sous-traitants de taille réduite et, d'autre part, à des contraintes fortes pour être présents sur le marché du nucléaire (certifications notamment) qui handicapent les entreprises de petite taille.

Au vu de la cartographie d'acteurs et des entretiens réalisés, l'étude de la DRIRE a ainsi dégagé trois grands enjeux :

- améliorer les performances commerciales des entreprises,
- optimiser les savoir-faire et les aptitudes dans le nucléaire,
- valoriser et développer les savoir-faire de la filière nucléaire,

le tout étant décliné en 20 actions (annexé pour information au présent avis).

Pour le CESR, il paraît essentiel de favoriser l'ouverture internationale des entreprises bas-normandes du nucléaire afin de leur permettre d'accéder aux marchés à l'exportation et de valoriser leur savoir-faire. Il convient d'aider les PME bas-normandes à se faire connaître dans le monde en vue de décrocher des contrats leur permettant de bénéficier d'activités pérennes et, ainsi, de maintenir des outils et des compétences localement. Le CESR encourage les groupements d'entreprises pour répondre aux marchés nationaux et internationaux (appels d'offres). Toutefois, une telle stratégie doit s'accompagner de moyens d'animation, de veille et de prospection que seule une filière organisée en région peut être à même de fournir.

La forte spécialisation nucléaire des entreprises sous-traitantes (énergie-retraitement-sous-marins) induit une situation de grande dépendance vis-à-vis des grands donneurs d'ordre. Dans un contexte de marché local du nucléaire provisoirement stagnant (baisse de charge sur les chantiers de DCNS - Cherbourg, réduction du nombre de sous-traitants pour l'usine AREVA-NC - La Hague...), les PME concernées s'avèrent particulièrement fragilisées. La diversification des activités et la recherche de nouveaux débouchés durables sur la base des savoir faire développés par les entreprises (nouvelles énergies, applications médicales...) constituent des pistes à encourager.

L'une des activités prometteuses pour l'avenir concerne le marché du démantèlement des installations et bâtiments nucléaires. Quels que soient les choix sur le nucléaire, le démantèlement apparaît comme une étape nécessaire (décidée par décret en Conseil d'Etat) et c'est une activité garantie sur plusieurs décennies. Cela explique les enjeux autour de cette activité demain. La Basse-Normandie possède déjà un savoir-faire avec l'expérience passée du démantèlement d'anciennes installations du CEA sur le site AREVA NC - La Hague⁸. Le démantèlement sur le site de La Hague d'UP 2-400, la première unité de retraitement qui a commencé à fonctionner en 1966, va constituer la prochaine étape : une première mondiale qui va nécessiter 20 à 25 ans de travaux. Des entreprises dont certaines sont des filiales des grands acteurs du nucléaire se sont spécialisées dans le démantèlement (SALVAREM, SOGEDEC, SPIE Nucléaire, STMI, MSIS, ESI, PNS...) mais il existerait de réelles difficultés pour trouver suffisamment de personnes compétentes dans ce secteur.

Toutefois, l'activité de démantèlement nécessite le développement d'un savoir-faire, des formations, des contrôles rigoureux et une maîtrise sur les plans technique et humain (temps, distance et écrans de protection, développement de télé-opérations).

Plus globalement, le CESR insiste sur l'importance de la radioprotection qui vise à protéger l'homme des rayonnements ionisants, discipline dans laquelle la région se distingue tout particulièrement (nous reviendrons sur ce point dans les formations). Il existe à ce propos une réglementation stricte qui fixe les normes pour tous les travailleurs du nucléaire. Le Décret n°2003-296, relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants et codifié dans différents articles du code du travail, a établi un cadre unique de protection pour l'ensemble des travailleurs exposés dans les domaines de l'industrie nucléaire, de l'industrie non nucléaire et de l'activité médicale. Au-delà des limites réglementaires, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) a adopté en 2007 un texte de nouvelles recommandations mettant l'accent sur l'optimisation de la radioprotection qui vise à tout mettre en œuvre (à un coût économiquement acceptable) pour réduire les expositions aussi bas que raisonnablement possible.

Le CESR fait siennes ces recommandations et insiste pour que l'industrie nucléaire consacre les moyens nécessaires en équipements et en personnels pour assurer sa pérennité et son développement mais aussi pour garantir à ses salariés les meilleures conditions de sécurité, de santé et d'hygiène au travail. Les activités touchant directement à la sécurité ne doivent pas être revues à la baisse. Les applications du nucléaire, qu'elles concernent l'énergie, le médical ou l'industrie sont des activités à risque qui nécessitent que tous les moyens soient consacrés au maintien et à l'amélioration de la sécurité des hommes comme de l'environnement. A ce sujet, les organisations syndicales revendiquent de longue date la conclusion d'une convention collective nationale du nucléaire dans le but d'harmoniser les conditions des travailleurs de ce secteur.

Pendant des décennies, les activités liées au nucléaire ont pâti de la culture du secret née des applications militaires, ce qui a considérablement nui à leur

⁸ Citons également le fait que la section de l'ASN de Caen a pour mission de suivre les opérations de démantèlement de la centrale de Brennilis compte tenu des compétences reconnues en Basse-Normandie.

acceptation publique. Les acteurs du nucléaire doivent avoir bien conscience que c'est une activité sensible dont les efforts en termes de transparence, de sécurité, de radioprotection et de maîtrise des risques se doivent d'être permanents et encouragés notamment au sein de structures de concertation telles que les Commissions Locales d'Information. La Basse-Normandie qui aspire à constituer une région d'excellence dans le nucléaire civil doit ainsi parallèlement mettre en avant toute son expertise dans le contrôle et la maîtrise des risques industriels touchant au nucléaire (pôle maîtrise d'ambiance, pôle "risques" de la MRSH, expertises de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, de l'Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest...).

Ces questions de la maîtrise des risques rejoignent les enjeux fondamentaux autour du maintien et de la transmission des savoir-faire et des compétences dans les entreprises.

De la même manière, le CESR encourage le développement de collaborations entre la MRSH et l'industrie nucléaire dans le domaine de la réalité virtuelle sur la base des compétences pointues existant au sein du CIREVE et soutient dans ce cadre la mise en œuvre rapide du projet de salle immersive en 3D au sein du campus 1 de l'Université de Caen ainsi que le projet de plate-forme de réalité virtuelle en lien avec la société EURIDIS à Cherbourg-Octeville.

Un point important concerne également l'accompagnement des entreprises dans leurs démarches de certifications. Après les contraintes imposées par les donneurs d'ordre qui ont exigé de leurs sous-traitants une démarche qualité type norme ISO 9001 dans le domaine intégré "Qualité, Sécurité, Environnement" (QSE), la prochaine étape va concerner la démarche de développement durable (norme ISO 14000). Dans ce cadre, le CESR encourage la mise en place d'actions collectives de certification en Basse-Normandie.

Une autre proposition pourrait concerner l'accompagnement à l'habilitation nucléaire des plus petites entreprises, dispositif qui coûte aujourd'hui très cher.

III.2. LA RECHERCHE NUCLEAIRE : CONFORTER L'EXCELLENCE EN REGION

Le nucléaire est l'une des rares thématiques où il existe, à travers différents programmes de recherche, une mobilisation très forte entre tous les scientifiques des disciplines de la physique, de la chimie, de la biologie, de la santé et des sciences humaines et sociales dans une démarche pluridisciplinaire. La Basse-Normandie s'inscrit totalement dans ce cadre et tout particulièrement le pôle scientifique caennais qui est de tout premier ordre.

Le CESR souhaite insister tout d'abord sur l'avenir des grands équipements structurants pour la recherche régionale dans le nucléaire.

Au sein du GANIL, le **projet SPIRAL 2** dont la mise en service est prévue en 2012-2013 est une installation intermédiaire entre la première et la seconde génération qui confèrera à la France une réelle avance technologique et renforcera sa position sur le plan international dans le domaine de la physique nucléaire.

Au sein de SPIRAL 2, le programme de source de neutrons NFS (Neutrons For Science) permettra, demain, de conduire des travaux expérimentaux très importants sur les données nucléaires. Le nouveau très grand équipement produira des flux de

neutrons à très haute énergie permettant de nouvelles voies de recherches autour de la fission dont pourraient bénéficier les projets de réacteurs de la quatrième génération portant sur les neutrons rapides, les réacteurs hybrides ADS et les technologies mises en œuvre dans le cadre de la fusion (projet ITER). Parallèlement aux expérimentations de physique, SPIRAL 2 représente par ailleurs un potentiel pour la production d'une variété considérable de radionucléides pour la médecine.

SPIRAL 2 donnera à la France une réelle avance technologique et renforcera sa position pour obtenir la construction, à plus long terme (vers 2020), de la machine européenne de seconde génération, **EURISOL** (EUROpean Isotope Separation On-Line radioactive nuclear beam facility). Le GANIL coordonne les efforts d'une large collaboration européenne visant à définir cet ambitieux projet commun. GANIL est d'ores et déjà candidat pour être le site d'accueil de cette future installation. Le CESR renouvelle sans réserve son appui à cette candidature en insistant sur l'importance stratégique de préparer, d'ores et déjà, cette échéance en Basse-Normandie sur le plan notamment des réserves foncières nécessaires à sa réalisation sur le plateau Nord de Caen.

La poursuite du développement de **CYCERON** représente un défi majeur afin que cette plate-forme acquière, au-delà de 2010, une place stratégique au niveau européen. Le CESR attire l'attention sur l'importance de cette plate-forme et ses laboratoires associés, structure qui a toujours bénéficié des soutiens de la part de ses tutelles comme des collectivités territoriales partenaires. Les enjeux pour demain vont consister à affirmer l'identité imagerie-neurosciences de CYCERON couvrant deux champs thématiques stratégiques pour les dix ans qui viennent : la découverte d'un bon traitement pour l'accident vasculaire cérébral et la manière de prendre correctement en charge les maladies neurodégénératives (et notamment la maladie d'Alzheimer).

Concernant l'imagerie, un effort devra être poursuivi pour disposer d'outils novateurs et de pointe indispensables pour maintenir à l'avenir une avance technologique. La plate-forme dispose pour l'heure d'une installation IRM à haut champ (3 teslas). Il conviendra à l'horizon 2013 d'acquérir notamment un équipement IRM à très haut champ (plus de 7 teslas) utilisable pour la recherche chez l'homme, y compris la recherche clinique. Un tel équipement qui positionnerait alors CYCERON parmi les plus grands pôles mondiaux nécessitera une infrastructure spécifique.

CYCERON pourrait notamment développer dans le futur des recherches dans le domaine de l'optique concernant le visible ou le proche infrarouge, une zone du spectre électromagnétique relativement délaissée jusqu'à présent. Une perspective prometteuse consiste à développer des traceurs hybrides grâce au couplage des différentes techniques. Les recherches devraient permettre d'aboutir à marier le nucléaire ionisant, le nucléaire non ionisant et l'optique.

Pour l'ensemble de ces projets, le CESR souhaite la poursuite du soutien de l'ensemble des partenaires, à la plate-forme CYCERON au-delà de 2010, date de renouvellement du GIP, lui permettant d'atteindre, demain, une taille critique pour être reconnu au niveau européen.

Dans ce cadre, le CESR considère comme stratégique la constitution par les acteurs locaux (GANIL, CYCERON et les laboratoires concernés de l'Université de Caen et de l'ENSICAEN) d'un Institut des sciences nucléaires et biomédicales avec l'appui des organismes de tutelles.

Suite aux problèmes de production de certains radionucléides pour l'imagerie médicale (et notamment le technétium), le CESR suggère que la Basse-Normandie mène, du fait de ses compétences, une action de veille autour du renforcement des moyens de production de ces molécules marquées.

La mise en évidence des axes de recherche de tous les laboratoires bas-normands impliqués dans le nucléaire et présentés précédemment⁹ a révélé toute la richesse du potentiel régional dans ce domaine. La plupart des équipes sont mobilisées, le plus souvent dans des collaborations et programmes nationaux et internationaux, autour de thématiques aux enjeux sociétaux forts comme les nouveaux matériaux pour le nucléaire (IV^{ème} génération de réacteurs, ITER...), les matériaux pour les matrices de stockage des actinides, le traitement des déchets radioactifs, les nouvelles technologies de radiothérapie, le développement d'instruments de contrôle faisceau et de dosimétrie en radiobiologie, radiothérapie et hadronthérapie, etc.

Tous ces aspects apparaissent fondamentaux et certains sont au cœur même des conditions d'acceptabilité sociale du nucléaire et de ses applications (transmutation des déchets nucléaires, durée de vie des centrales, maîtrise des risques, sécurité et radioprotection...). Dans ce cadre, le CESR souhaite un soutien fort à ces laboratoires et encourage la valorisation de leurs travaux et le développement des partenariats avec les industriels intéressés. Le CESR insiste sur l'importance des réseaux interrégionaux et des projets collaboratifs. Sur ce point, il encourage au rapprochement en cours entre le GANIL, le CIMAP et le Groupe de Physique des Matériaux (GPM), Unité Mixte de Recherche entre le CNRS, l'Université et l'INSA de Rouen localisée au Technopôle du Madrillet. Au sein du GPM, l'Equipe de Recherche Transformation de phases et Nanostructures (ERTraNs) est fortement impliquée dans les programmes de recherche autour du vieillissement du parc électronucléaire actuel, des projets de réacteurs de quatrième génération, des projets de réacteurs hybrides associés à des accélérateurs de particules dédiés à la transmutation des déchets ou encore du projet ITER (thématiques confrontées à des problématiques majeures de tenue des matériaux). ERTraNs est par ailleurs partie prenante, depuis janvier 2008, d'un laboratoire commun EDF-CNRS "Etude et Modélisation des Mécanismes de Vieillesse des Matériaux" (EM²VM). Cette collaboration entre les équipes des deux régions permet d'envisager, en parfaite complémentarité, le développement en Normandie d'un pôle d'analyses des matériaux radioactifs (stockage, découpe, préparation, analyse...). Le CESR encourage au développement d'un tel partenariat dans ces travaux qui peuvent très rapidement acquérir une envergure mondiale. Dans le même esprit, des échanges sont à développer dans le cadre du pôle "énergie" qui se constitue à l'initiative de la Haute-Normandie.

Le projet ARCHADE, centre européen de R&D autour de l'hadronthérapie en partenariat avec l'entreprise IBA représente un projet stratégique dont les retombées devraient être non négligeables du fait de l'effet d'entraînement généré. La mobilisation des acteurs bas-normands de la recherche dans le biomédical, la radiobiologie et l'instrumentation autour de ce projet est déjà importante (collaborations entre le CLCC BACLESSE, le LPC, le LARIA et les équipes de l'IFR

⁹ et largement détaillés dans le rapport d'information du CESR.

ICORE¹⁰). Dès la décision acquise de l'installation d'ARCHADE à Caen, toute la communauté des chercheurs et des cliniciens impliqués devrait profiter de cette dynamique dans un contexte très fédérateur. Le projet caennais entend en effet créer une filière industrielle articulant recherche, formation, développement et création d'entreprises dans les domaines de la physique, des accélérateurs, de la mécanique, de la robotique, de l'informatique et de l'imagerie médicale. Aussi le CESR demande à la Région d'accompagner largement l'installation de ce projet d'envergure européenne et donc d'attractivité forte pour notre région.

Enfin, compte tenu des compétences avérées dans le nucléaire et la radioprotection, le CESR estime que la délocalisation de tout ou partie du siège de l'IRSN en Basse-Normandie serait opportune.

III.3. LA FORMATION DANS LE NUCLEAIRE : FEDERER ET AFFICHER UN POLE DE NIVEAU INTERNATIONAL

Du fait des formations existantes et de leurs savoir-faire, l'ENSICAEN et l'Université de Caen, à travers les sites de Caen et de Cherbourg, ont été retenues avec le pôle nantais (Université et Ecole des Mines) en vue de constituer sur le Grand-Ouest, l'un des trois pôles de formations supérieures reconnus en France en termes de sciences et technologies nucléaires. Dans ce contexte, de nouvelles formations d'ingénieurs spécialisés sont en cours d'habilitation.

Pour l'ENSICAEN, il est prévu de créer, à la rentrée 2009, un pôle "**Physique Appliquée et Génie Nucléaire**" avec deux options : la première, "Instrumentation avancée" sera orientée vers l'utilisation de l'instrumentation nucléaire et optique dans les secteurs industriels, médicaux et de recherche ; la seconde sera dédiée au "Génie nucléaire" avec des enseignements consacrés à la neutronique, à la thermo-hydraulique et à la sûreté. Au total, ce sont 48 ingénieurs par an qui devraient être diplômés dans ces domaines.

Pour l'Ecole d'Ingénieurs de Cherbourg, une orientation vers le nucléaire a été retenue du fait du contexte local favorable par la juxtaposition des différents sites industriels. Le projet SUP'NUC 2009, porté par l'Université de Caen Basse-Normandie, se positionne ainsi comme une filière de formation d'ingénieurs spécialement préparés pour l'industrie du nucléaire pendant les trois années de la formation. Ce projet de formation d'ingénieurs "**Opérations Nucléaires**" ambitionne de former des personnes compétentes participant à la maîtrise d'œuvre de projets, sur les chantiers et/ou les installations nucléaires, assurant les interfaces avec les clients, les concepteurs, les fournisseurs, les exploitants et les autorités de sûreté, dans un contexte national ou international. Le dossier a été déposé, fin 2008, auprès de la Commission des Titres d'Ingénieurs.

Le CESR apprécie ces projets qui vont contribuer à donner à la région une réelle attractivité nationale et internationale. Ces deux initiatives s'inscrivent en outre dans un contexte de partenariats renforcés avec les structures bas-normandes de recherche et d'enseignement supérieur concernées (EAMEA, INSTN, IRSN...). Mais parallèlement, il convient de poursuivre cet effort au bénéfice d'autres formations de niveaux I (Master 2), II (Master 1, licence professionnelle), III (DUT, BTS) et

¹⁰ L'Institut Fédératif de Recherche (IFR-145) ICORE (Interactions Cellules ORganismes Environnement).

IV (Baccalauréat Professionnel) compte tenu du tissu essentiellement productif des entreprises du nucléaire implantées en région.

Ainsi, il conviendrait d'encourager le développement de formations qualifiantes dans le domaine de la radioprotection de niveau technicien supérieur par exemple, en partenariat avec l'INSTN¹¹.

La radioprotection (en lien direct avec la sécurité au travail) semblant répondre aujourd'hui à un besoin fort des entreprises, il pourrait être étudiée la création de modules mutualisés au sein de formations existantes conformément à la possibilité d'adaptation locale des contenus des formations d'IUT à hauteur de 20 %.

Le développement de nouveaux diplômes dans des thématiques porteuses aux débouchés professionnels importants est également à encourager.

Du fait des enjeux majeurs en matière de démantèlement, le CESR appuie la candidature du projet de licence professionnelle AGEDEN "Assainissement Gestion Déchets en Environnement Nucléaire" proposé sur Cherbourg tant à la formation initiale que continue et porté par l'INSTN, l'Université de Caen Basse-Normandie et le Lycée de Tocqueville. A ce propos, il convient d'insister sur l'importance de l'offre de formations nucléaires du Lycée de Tocqueville qui apparaît stratégique au niveau académique et qu'il convient de conforter.

Au niveau Master, il semblerait opportun d'étudier une formation professionnelle en Physique et Biologie autour de la thématique de la radioprotection sur la base des compétences reconnues existant à l'Université de Caen Basse-Normandie (UFR Sciences ; Institut de Biologie Fondamentale et Appliquée - IMOGERE). Du fait que le développement des applications du nucléaire doit se faire dans le cadre des normes les plus strictes en matière de sûreté, de sécurité, de transparence et de surveillance de l'environnement, le CESR insiste sur la forte expertise en région autour de la maîtrise des risques. Cet aspect mobilise, dans un esprit pluridisciplinaire, bon nombre de compétences et de formations universitaires, y compris en sciences humaines avec la MRSH, qu'il convient d'intégrer pleinement dans une démarche globale.

Compte tenu de l'importance de la transmission des savoir-faire et des bonnes pratiques via une démarche de compagnonnage indispensable dans les métiers de l'industrie nucléaire, le CESR insiste sur l'importance des formations professionnalisantes et qualifiantes qui alternent périodes de cours et périodes de stages. Plus largement, cela répond à des défis concernant toutes les applications en lien avec le nucléaire (radioprotection, énergie, médical) qui exigent des mises à niveau régulières des connaissances et des pratiques.

Dans le domaine biomédical, du fait des potentiels existants sur le plateau Nord de Caen avec la présence de CYCERON en lien avec les compétences de recherches hospitalières et cliniques, la réflexion en cours reposant sur la mise en place d'une offre de formations innovantes en imagerie médicale apparaît opportune et permettrait de valoriser davantage les savoir-faire régionaux en constituant un

¹¹ Notons que l'antenne INSTN de Cherbourg envisage proposer un brevet de technicien en radioprotection en alternance dès la rentrée prochaine. En revanche, la création d'un BTS de radioprotection à Cherbourg-Octeville n'est pas, pour l'instant à l'ordre du jour.

centre de ressources en la matière. Des acteurs industriels se sont déjà montrés intéressés par ce projet qui pourrait, dans un premier temps, être ouvert à la formation à distance en lien avec le Polytechnicum Normand.

Au regard des besoins considérables en physiciens médicaux et dosimétristes (formation initiale, formation continue et remise à niveau), le CESR suggère d'étudier l'éventualité d'un partenariat entre la Basse-Normandie et les sites de formation existants les plus proches (Saclay et Nantes) dans un esprit de complémentarité.

Plus globalement, un enjeu majeur va consister à former des spécialistes capables de travailler au niveau international, d'où l'importance des formations bilingues. De même, face au besoin important de formateurs, la Basse-Normandie dispose d'un vivier unique du fait de la présence d'une recherche forte en la matière. Il apparaît opportun d'étudier la possibilité de mise en place d'un Master International dans le domaine des métiers du nucléaire, Master commun à l'ensemble des acteurs, en particulier l'ENSICAEN et l'Université de Caen en partenariat avec l'INSTN, les laboratoires de recherches et les entreprises. Se positionnant ainsi sur cette thématique, la Basse-Normandie serait ainsi visible de l'extérieur et bénéficierait d'une forte attractivité.

Sur le modèle en France de l'Ecole JOLIOT CURIE¹², il pourrait être étudié un dispositif de formations, de modules et de conférences autour des applications et techniques nucléaires en Basse-Normandie sur une courte période (une semaine) mais de manière régulière (annuel ou bisannuel).

Parallèlement au développement des formations, la mise en synergie entre les moyens de formations, plates-formes et outils pédagogiques exceptionnels, apparaît comme une perspective prometteuse. Disposant d'un plateau technique et des outils d'exception, l'EAMEA s'inscrit, par exemple, dans cette démarche partenariale entreprise avec d'autres établissements d'enseignement supérieur dans le nucléaire. De même, le CESR soutient le projet de halle technologique mutualisée portée actuellement par l'ENSICAEN, en accompagnement à la mise en place de sa filière de formation en génie nucléaire en lien avec Cherbourg et Nantes. Cet équipement intégrerait un générateur de neutrons, la caméra à positons gracieusement fournie par CYCERON, une boucle de thermo-hydraulique et une plate-forme de simulation neutronique. Le CESR croit à l'opportunité de cette mise en synergie.

La plate-forme IMOGERE qui place l'Université de Caen parmi les établissements d'enseignement supérieur et de recherche en pointe en France dans la gestion des radioéléments est concernée par un projet d'extension permettant d'aménager sur un même lieu les locaux destinés à la fois à la plate-forme et ses outils et à un centre de formation à la radioprotection (PCR notamment). Le CESR encourage l'élargissement des compétences d'IMOGERE pour en faire un service de

¹² Depuis 1982, l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules - IN2P3, en collaboration avec le CEA organise une Ecole de Physique Nucléaire qui a pour but de faire le point, chaque année, sur un grand thème de cette discipline. Elle s'adresse aux physiciens nucléaires expérimentateurs et théoriciens. L'Ecole JOLIOT-CURIE est pour les physiciens un lieu de formation continue où les recherches de pointe en Physique Nucléaire sont présentées et discutées dans un langage au niveau de tous.

radioprotection commun à l'ensemble des établissements régionaux d'enseignement supérieur et de recherche.

En matière de radioprotection, le CESR salue la mise en place, depuis 2004, d'un réseau régional Grand Ouest des PCR et acteurs de la radioprotection à l'initiative de l'Université de Caen Basse-Normandie. Il rassemble des PCR et acteurs de la radioprotection des régions Basse et Haute-Normandie, Bretagne et Pays de la Loire venant de milieux divers (enseignement, recherche, structures hospitalières, entreprises...) hors industrie nucléaire. L'objectif est d'assurer un suivi des PCR et de créer du lien entre les personnes formées. Ces dernières viennent y chercher de la formation, de l'information et échanger sur leurs pratiques et leurs expériences. Cette démarche est prise en modèle au niveau national en vue de la constitution à terme d'autres grands réseaux de ce type en France.

L'ensemble de ces propositions touchant à la formation devrait s'appuyer sur la mise en place d'un Observatoire des Métiers du Nucléaire qui s'inspirerait des initiatives d'AREVA ou d'EDF en la matière. Un tel outil partagé, par son caractère structurant, permettrait de procéder à un suivi des métiers actuels et d'anticiper les besoins à venir des grands donneurs d'ordre du nucléaire et de leurs sous-traitants en Basse-Normandie et, plus largement, sur l'ensemble du Grand Ouest.

En résumé, la Basse-Normandie a clairement une carte à jouer aux niveaux national et international dans la formation sur le nucléaire du fait de l'ingénierie très forte existant localement dans ce domaine. Elle peut, demain, constituer un pôle d'expertise et accompagner le marché international de la formation dans le nucléaire qui se constitue. Des échanges et jumelage avec l'étranger (enseignants-chercheurs, étudiants) seraient sources d'attractivité pour la région. Tous les dispositifs d'accueil (bourses post-doc, chaires d'excellence...) doivent être mobilisés à cette occasion.

Rendre lisible, attractive et cohérente l'offre de formation en région apparaît, dans ce cadre, un objectif majeur. Le CESR suggère la réalisation d'un document et d'un site Internet qui pourraient présenter l'ensemble des formations tous niveaux confondus en lien avec le nucléaire.

III.4. LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE : UN ENJEU MAJEUR

L'étude du CESR a révélé l'effort indispensable à accomplir pour rendre attractives les formations autour des sciences et des techniques en général et du nucléaire en particulier. Déjà, des initiatives sont à saluer comme celles conduites au sein de l'action culturelle académique dont un plan prévoit la mise à disposition auprès des institutions, de professeurs de lycées à temps partiel, des formations de professeurs de toutes disciplines ou encore l'organisation de conférences.

Le Groupe de Réflexion sur l'Enseignement des Sciences (GRES), collaboration étroite entre l'Université de Caen, l'ENSICAEN et l'IN2P3 organise, en partenariat avec une vingtaine de lycées de Basse-Normandie des conférences¹³, interventions, séances de manipulations.... Les thématiques principales concernent la physique nucléaire, l'interaction rayonnement - matière et ses applications.

¹³ Plus de 130 conférences ont été réalisées dans les lycées depuis 2002.

Le CESR appuie fortement ces initiatives et souhaite plus globalement une stratégie ambitieuse en région de développement de la culture scientifique auprès des jeunes et ce, dès le collège. La sensibilisation des enseignants des matières "sciences de la vie et de la terre" et "physique-chimie" apparaît dans ce cadre opportune et pourrait s'intégrer dans le cadre du Plan Académique de Formation (PAF). Des modules spécifiques destinés aux enseignants abordant la problématique de l'énergie et de ses fondements scientifiques et technologiques dans l'optique d'une politique d'énergie durable (combinant l'éolien, le solaire, le nucléaire, les économies d'énergies...) mériteraient d'être étudiés en collaboration avec l'INSTN-CEA. L'idée d'accueillir en Basse-Normandie, pendant quelques jours les meilleurs spécialistes pour intervenir devant les enseignants et les étudiants est à encourager.

De la même manière, les grands colloques internationaux comme ceux déjà organisés par le GANIL, CYCERON et les acteurs de la recherche méritent d'être multipliés et mieux valorisés.

Dans le domaine du nucléaire, l'information délivrée à la population dans un but de transparence mais également de sensibilisation aux différentes applications constitue un enjeu majeur. Même si son image s'améliore, grâce notamment aux approches pédagogiques et aux débats de société, le nucléaire suscite encore des réactions hostiles. La crainte du nucléaire est bien souvent la conséquence d'incompréhensions suscitées par la culture du secret qui fut longtemps la règle dans ce secteur. Le rôle de structures de concertation telles que les CLI sont, sur ce point, à valoriser.

Le rôle actuel et potentiel de **Relais d'sciences**, Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle de Basse-Normandie (CCSTI) s'avère en la matière important. Sans esprit de polémique, les expositions, interventions et lieux d'échanges du CCSTI n'esquivent pas les débats sur les grandes problématiques sociétales suscitées par le nucléaire et les risques en présence ; les interventions réunissant à la fois des acteurs scientifiques favorables ou plus réservés sur le recours au nucléaire. Chaque année, la **Fête de la Science** est en outre l'occasion, pour la communauté scientifique régionale autour du nucléaire et de l'atome, de présenter ses travaux et d'ouvrir les portes de ses équipements sur l'ensemble du territoire bas-normand. Les messages à délivrer au grand public dans une approche "sciences et sociétés" dépassant la vulgarisation doivent être encouragés afin d'objectiver la perception de la population vis à vis du nucléaire. Dans cette perspective, le CESR souhaite que Relais d'sciences développe un axe spécifique consacré aux sciences de la matière, de l'atome à la radioactivité et à toutes leurs applications (énergie et médical notamment).

Dans le même esprit, le CESR appuie le projet porté par l'antenne de l'INSTN de pavillon muséographique consacré à la Radioactivité et ses Applications sur Cherbourg-Octeville.

----000----

En conclusion, l'étude du CESR a révélé le potentiel considérable de la Basse-Normandie dans le nucléaire civil, de toutes ses interfaces et applications (énergie et biomédical tout particulièrement) qui mobilisent à la fois l'industrie, la recherche et les formations. La région a tous les atouts : elle dispose de l'ingénierie, des compétences, des plates-formes et des entreprises. Pour que la Basse-Normandie devienne attractive et visible de l'extérieur dans les thématiques précitées, il convient dorénavant de s'organiser. L'une des premières tâches sera de fédérer les projets en cours et à venir et favoriser des collaborations interrégionales et internationales.

Cette organisation aurait tout à fait vocation à bénéficier d'une forte attractivité compte tenu des enjeux actuels et à venir. Les nombreuses "vitrines" que sont les grands équipements de recherche comme le GANIL, CYCERON et demain ARCHADE, mais aussi les premières mondiales comme la tête de série EPR - Flamanville 3 ou encore le chantier de démantèlement d'UP 2-400 à AREVA - La Hague, attirent et vont, demain, attirer davantage de délégations étrangères. La Basse-Normandie doit en profiter pour accroître son rayonnement international.

La Basse-Normandie occupe donc une place stratégique et a incontestablement tous les atouts pour fédérer tous les acteurs et les projets dans ce domaine en vue de constituer **un pôle d'excellence d'envergure internationale.**

Les enjeux de la filière nucléaire et le détail du plan d'actions d'après l'étude sur la filière nucléaire de la DRIRE de Basse-Normandie - SOFRED

Enjeu n° 1 : Améliorer les performances commerciales des entreprises

- **Action 1** : Accroître la visibilité des entreprises bas-normandes par l'identification des interlocuteurs clés chez les donneurs d'ordres et les sous-traitants de rang 1
- **Action 2** : Développer une connaissance mutuelle entre les sous-traitants du nucléaire et le GANIL
- **Action 3** : Faire évoluer les référentiels de certification des sous-traitants par rapport aux contraintes réglementaires rattachées aux marchés EDF
- **Action 4** : Développer l'activité commerciale par la mise en place d'un commercial à temps partagé
- **Action 5** : Anticiper les marchés du nucléaire à venir par une veille commerciale active
- **Action 6** : Diversifier l'activité des sous-traitants par la valorisation de leur savoir-faire en dehors du nucléaire
- **Action 7** : Préparer techniquement les entreprises à se positionner sur les futurs marchés liés au démantèlement des installations nucléaires

Enjeu n° 2 : Optimiser les savoir-faire et aptitudes dans le nucléaire

- **Action 8** : Sensibiliser et accompagner les entreprises dans une démarche de développement durable
- **Action 9** : Accompagner les entreprises dans l'amélioration de leur productivité industrielle
- **Action 10** : Former et accompagner les entreprises dans leur politique de ressources humaines
- **Action 11** : Mettre à disposition un outil de veille réglementaire performant
- **Action 12** : Optimiser les savoir-faire des sous-traitants par des formations techniques de pointe
- **Action 13** : Faciliter l'ouverture des marchés nationaux et internationaux aux sous-traitants

Enjeu n° 3 : Valoriser et développer les savoir-faire de la filière nucléaire

- **Action 14** : Valoriser les formations bas-normandes spécialisées "nucléaire" à travers une plaquette de communication
- **Action 15** : Etudier l'opportunité et la faisabilité du projet de Muséologie de l'INSTN
- **Action 16** : Etudier l'opportunité et la faisabilité du projet de création d'une salle de réalité virtuelle sur le territoire
- **Action 17** : Valider la faisabilité commerciale de la création d'une plateforme de formation dans le domaine de la radioprotection
- **Action 18** : Promouvoir les savoir-faire nucléaires de Basse-Normandie
- **Action 19** : Renforcer les collaborations entre le tissu industriel et le système éducatif
- **Action 20** : Promouvoir la filière nucléaire de Basse-Normandie par l'organisation d'une convention d'affaires