COURS DE RADIOBIOLOGIE EN ISRAEL

par Peter Alexander

(Un cours international de perfectionnement en radiobiologie, organisé par l'Agence internationale de l'énergie atomique et le Gouvernement israélien, a eu lieu en Israël d'octobre 1961 à février 1962. Dans l'article ci-dessous, le Dr Peter Alexander, de l'Institut de recherche Chester Beatty de Londres, qui a participé en qualité de conseiller de l'AIEA à l'organisation du cours, donne ses impressions et expose brièvement l'intérêt pratique de ce cours.)

Vers la fin de l'année 1960, l'AIEA décida d'organiser en Israël, avec la collaboration de la Commission de l'énergie atomique israélienne, un cours international de formation en radiobiologie. Je fus prié de participer à l'organisation de ce cours en qualité de conseiller technique et d'en mettre au point les détails avec les autorités israéliennes.

Je me rendis tout d'abord en Israël en janvier 1961 pour rencontrer M. Charles Braudo directeur du Centre de formation à l'emploi des radioisotopes qui dépend de la CEA israélienne et de l'Institut Weizmann. Le Centre, doté d'un personnel excellent et de matériel de première qualité, avait dispensé un grand nombre de cours divers sur les applications des radioisotopes en médecine, dans l'industrie et dans la recherche; mais il n'avait aucune expérience d'un cours de radiobiologie, où l'on étudie les effets des rayonnements ionisants sur la matière vivante et où les radioisotopes ne jouent presque aucun rôle. En dix jours de travail acharné, M. Charles Braudo et moi-même arrêtâmes le programme général du cours. Nous dûmes aussi décider quels cours pourraient être professés par des hommes de science israéliens et les persuader d'y prendre part. En outre, nous dûmes trouver des hommes de science capables d'organiser et de diriger les expériences spécialisées que l'on projetait d'effectuer. A quelques très rares exceptions près, nous obtînmes une coopération spontanée et enthousiaste de toutes les personnes qui furent contactées. En fait, bon nombre d'éminents hommes de science israéliens durent consacrer une grande partie de leur temps, pendant et un peu avant les cours, à la direction des travaux pratiques.

A l'époque de mon premier séjour, les laboratoires du Centre de formation étaient installés temporairement à l'Institut Weizmann, mais un bâtiment était en construction sur le site d'un réacteur expérimental israélien à une quinzaine de kilomètres de là. C'est dans ce nouveau bâtiment que l'on décida de donner le cours de radiobiologie. Malgré son éloignement de l'Institut Weizmann, il fut néanmoins possible pendant le cours d'avoir recours à de nombreuses installations de ce laboratoire de recherche universellement connu. Les conférences furent données dans un de ses excellents amphithéâtres; sa cantine, sa bibliothèque et sa salle commune furent mises à la disposition de de tous les étudiants du cours. Plusieurs des hommes de science qui avaient accepté de diriger les travaux pratiques appartenaient au personnel de l'Institut Weizmann et, en fait, c'est dans leurs propres laboratoires, à l'Institut Weizmann, qu'eurent lieu bon nombre d'expériences impliquant des techniques spécialisées. Cette méthode de travail se révéla être extrêmement profitable.

Programme du cours

Nous résolûmes d'axer le cours autour de quatre expériences principales qui illustreraient les domaines essentiels de la recherche en radiobiologie. Toutes ces expériences étaient, pour ainsi dire, des projets de recherche en miniature. Les différents expérimentateurs purent introduire des variantes et les échanges de vues consacrés à la comparaison et à la discussion des résultats se révélèrent très utiles. Nous avons prévu que chacune de ces expériences durerait de trois à quatre semaines; ce fut le facteur principal qui détermina la durée de quatre mois assignée au cours. Le programme que M. Braudo et moi-même soumîmes à la Commission de l'énergie atomique israélienne et à l'Agence en février 1961 donnera une idée de la nature du cours :

COURS DE PERFECTIONNEMENT SUR LES EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS

Durée du cours

Le cours durera quatre mois à compter du 24 octobre 1961.

Objet du cours

Le cours est destiné à former des personnes désireuses de faire des recherches en radiobiologie ou d'acquérir des connaissances approfondies touchant les effets des rayonnements sur la matière vivante. Les aspects médicaux de la radiothérapie ou du radiodiagnostic n'y seront pas traités, et les applications des radioisotopes aux problèmes médicaux et biologiques ne le seront qu'accessoirement.

Participation

Les candidats doivent avoir terminé assez récemment des études supérieures en science ou en médecine et avoir eu une certaine expérience dans le domaine de la recherche après avoir quitté

l'Université ou continuer à faire des recherches. Ils doivent posséder une bonne connaissance de l'anglais.

Nature du cours

Le cours comprendra quelque 150 heures de conférences, dont 40 heures seront consacrées à une revision des notions fondamentales relatives à la physique nucléaire, à l'interaction des rayonnements et de la matière, aux instruments de mesure nucléaires et à la biologie moléculaire. Pendant le reste du temps des experts invités et des hommes de science israéliens feront les exposés généraux et des conférences spécialisées. Le programme de ces conférences sera publié dès que les détails en seront connus.

Chaque semaine, deux journées d'études, auxquelles des conférenciers invités et des experts israéliens prendront part, seront consacrées, soit à la discussion des expériences spécialisées, soit à l'examen de certaines questions controversées de radiobiologie.

La partie expérimentale de ce cours est fondée sur quatre expériences spécialisées qui illustreront les effets des rayonnements à tous les stades des processus biologiques, du niveau infracellulaire aux mammifères; ces expériences porteront sur les sujets ci-après :

1. Aspects quantitatifs de la mort des cellules:

La courbe de survie de diverses bactéries en fonction de la dose reçue sera déterminée à la suite de l'exposition à différents types de rayonnements ionisants. Les installations spécialisées du réacteur expérimental de la Commission de l'énergie atomique d'Israël pourront être utilisées, de même que les appareils à haute tension de l'Institut des sciences Weizmann.

2. Effets génétiques et cytologiques:

Les mutations récessives et dominantes seront mises en lumière au moyen d'expériences sur la drosophile. Les anomalies chromosomiques seront étudiées quantitativement dans des végétaux.

3. Inactivation des enzymes in vivo et in vitro:

Les facteurs qui entraînent l'inactivation des enzymes dans des solutions diluées seront étudiés; les résultats seront comparés aux modifications de l'activité enzymatique observées dans les organes de certains animaux, à différents moments après l'irradiation.

4. Pathologie des mammifères irradiés:

Des souris recevront des doses de rayonnement élevées et les modifications de la composition sanguine, de l'histopathologie de différents organes et de la synthèse de l'hémoglobine (étudiée à l'aide du fer radioactif) seront déterminées à différents moments après l'irradiation. L'action exercée par les agents protecteurs sur ces modifications sera évaluée.

Il faudra de trois à quatre semaines pour mener à bien chacune de ces expériences; en outre, de brèves expériences feront comprendre l'emploi des appareils et techniques fondamentaux ci-après :

1. Compteur Geiger-Muller
2. Compteurs proportionnels et à scintillations
3. Absorption des rayons gamma. Problèmes de protection
4. Parcours des particules alpha. Absorption et diffusion du rayonnement bêta
5. Méthodes radiochimiques
6. Préparation de sources radioactives et dosage des matières radioactives
7. Dosimétrie des rayonnements par les méthodes physiques
8. Dosimétrie des rayonnements par les méthodes chimiques

* * * * * * * * * * * * * * * * *

Il nous fallut ensuite trouver des spécialistes pour faire des conférences sur les sujets qui ne pouvaient être traités par des israéliens. Nous eûmes la chance de pouvoir persuader plusieurs hommes de science - MM. Bacq (Belgique), Errera (Belgique), Howard-Flanders (Etats-Unis), Hadorn (Suisse) et Zeleny (AIEA) - de prêter leur concours à l'entreprise. Pendant les deux semaines qu'ils ont passées chacun en Israël, les quatre premiers d'entre eux ont donné de 12 à 18 conférences et organisé quelques échanges de vues. Je suis retourné en Israël pour deux semaines, à l'ouverture du cours, et j'ai donné alors ma part de conférences pour inaugurer le programme. Nous nous sommes efforcés de grouper au mieux les sujets à traiter par les différents conférenciers, notamment ceux qui venaient comme invités, et je crois que, dans l'ensemble, les oublis et les doubles emplois ont été limités.

Pour les travaux pratiques, les étudiants furent répartis en huit groupes de quatre ou cinq. Les quatre expériences principales furent entreprises simultanément, chacune par deux de ces groupes, A peu près tous les mois, chaque groupe passait à une autre expérience.

Un autre problème était le choix des étudiants. L'Agence avait offert 20 bourses et il devait y avoir dix participants israéliens. A notre grande surprise, les candidatures affluèrent et le Comité des bourses éprouva bien des difficultés à faire une sélection parmi les nombreux candidats qualifiés. En fin de compte, le Gouvernement israélien facilita les choses en renonçant à quelques-unes des places qui lui revenaient.

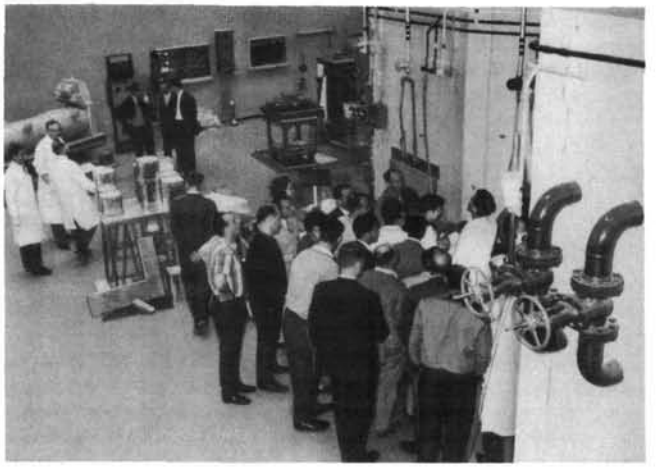
Tous les participants avaient reçu une formation poussée et la plupart d'entre eux avaient poursuivi des recherches sanctionnées par un doctorat. Ils étaient originaires de diverses parties du monde : Suisse, Tchécoslovaquie, Norvège, Yougoslavie, Pays-Bas, Inde, Ethiopie, Philippines, Venezuela, Argentine, Mexique, Turquie, Australie, Japon, Suède et Finlande ; dans quelques cas seulement, un pays donné était représenté par plus d'un étudiant.

Début du cours

Le cours a commencé un mardi et je dois avouer que ce n'est pas sans une certaine appréhension - partagée par M. Braudo et ses assistants - que, le dimanche et le lundi, nous avons vu débarquer de différents avions, tous ces stagiaires dont la réunion formait une sorte d'ONU en miniature. Comment réagiraient-ils pendant cette période de quatre mois ? Formeraient-ils une équipe ? Le cours répondrait-il à leur attente ? Dès le début, tout se passa sans heurt ; chacun fut accueilli par un membre de la Commission à l'énergie atomique israélienne et je suis sûr qu'aucun d'entre eux n'oubliera comment l'infatigable Mme Schweitzer, qui fut si j'ose dire leur bonne fée, se dépensa sans compter pour répondre à des demandes aussi variées que nombreuses. Les étudiants furent d'abord logés dans un hôtel de luxe près de l'aéroport ; puis, peu après, la plupart d'entre eux purent être hébergés dans la petite ville de Rehovoth. Les conférenciers invités eurent la chance de pouvoir s'installer dans l'excellente pension de l'Institut Weizmann.

L'ouverture du cours devait coïncider avec l'inauguration du nouveau Centre de formation à l'emploi des radioisotopes. Aucun d'entre nous ne se doutait que la simultanéité des événements serait aussi parfaite. Le dimanche matin, j'avais eu l'impression que le bâtiment était si peu avancé

M. Ch. Braudo, Directeur du Centre israélien de formation à l'emploi des radioisotopes, fait un exposé



Les participants au cours de formation visitent le réacteur de recherche israélien

qu'il ne pourrait être achevé avant la fin du cours de quatre mois. Comme par miracle, 48 heures plus tard, le mardi matin, les drapeaux étaient hissés et tout était fin prêt pour la cérémonie d'ouverture que présida M. David Toll, représentant spécial de M. Sterling Cole, alors Directeur général de l'Agence, en présence d'une imposante assemblée d'officiels israéliens et de membres du corps diplomatique. Tout à fait par hasard, le choix du jour de cette cérémonie et du début du cours se révéla très judicieux ; c'était la journée des Nations Unies. En fait, tout se passa exactement comme prévu et personne n'aurait pu deviner que M. Braudo et le personnel administratif de la CEA israélienne avaient travaillé jour et nuit, pendant plus d'une semaine, pour transformer un bâtiment vide, aux murs nus, en un laboratoire des plus perfectionnés.

L'enseignement de la radiobiologie soulève des difficultés particulières du fait que le sujet intéresse des hommes de science spécialisés dans des disciplines très diverses. Ce fut aussi le cas pour ce cours. Les participants avaient reçu une formation très différente, les uns en physique ou en chimie, les autres, en biologie, en génétique ou en médecine. Aussi, les conférenciers devaient-ils commencer par rappeler les notions fondamentales de chaque sujet qu'il s'agisse de génétique, de radiophysique, de pathologie ou de biochimie. Ils le faisaient très brièvement et les stagiaires devaient combler eux-mêmes leurs lacunes en lisant les ouvrages appropriés. Cette méthode consistant à reprendre au début mais à avancer rapidement, s'est révélée, je crois, satisfaisante dans l'ensemble bien qu'elle ait exigé de gros efforts de la part des étudiants.

Pour les travaux pratiques, les étudiants étaient groupés de telle manière que chaque équipe de quatre ou cinq comprenait un spécialiste familiarisé avec les méthodes utilisées dans chacune des

expériences (par exemple, un pathologiste pour les sur les mammifères, un chimiste ou un biochimiste pour les expériences sur les enzymes, un généticien pour les expériences de génétique). Ainsi, les membres des différents groupes pouvaient, dans une large mesure, profiter de leurs connaissances respectives.

Collaboration

Le principal intérêt du cours fut certainement de donner l'occasion de travailler ensemble à des hommes de science dont l'expérience, tant personnelle que professionnelle, était très différente. Comme exemple de collaboration internationale, ce cours n'aurait certainement pas pu être mieux réussi. Ceci provient évidemment, en grande partie, de ce que les hommes de science de nationalité différente n'ont jamais beaucoup de difficulté à se retrouver et à coopérer sur le plan scientifique. Cependant, la délicieuse atmosphère de détente et de bonne volonté créée par les hôtes israéliens fut pour beaucoup dans l'excellent climat où se déroula le cours.

Il est difficile, cependant, d'évaluer les résultats scientifiques dudit cours. S'il devait recommencer, il se déroulerait certainement dans d'autres conditions. Les exercices pratiques ont été nombreux et certains d'entre eux étaient trop compliqués et trop difficiles. Dans l'ensemble, quatre mois est une période trop longue. Si l'on tient compte du caractère d'avant-garde de cette entreprise - aucun cours d'un niveau aussi élevé n'avait été organisé auparavant - je pense que tous les intéressés peuvent être entièrement satisfaits. Toutefois, il faut souligner que ce cours a exigé un travail considérable de la part de M. Braudo et de son personnel dévoué, qui n'ont ménagé ni leur temps ni leurs efforts. Je suis certain de me faire l'interprète des étudiants en leur exprimant les remerciements de tous pour la tâche qu'ils ont accomplie.

THERMODYNAMIQUE DES MATERIAUX POUR REACTEURS

Une série d'importants problèmes relatifs aux matériaux utilisés dans la technologie nucléaire a été examinée au Colloque sur la thermodynamique des matériaux pour réacteurs, organisé par l'AIEA, à Vienne, du 21 au 25 mai 1962.

La thermodynamique est, de façon générale, l'étude des lois qui régissent les phénomènes comportant des échanges de chaleur. Elle comprend l'étude des conditions dans lesquelles des substances existent à l'état d'équilibre chimique, des conséquences des réactions chimiques, et des échanges de chaleur et d'énergie sous d'autres formes qui interviennent lorsqu'il y a réaction chimique. Dans le domaine de la technologie nucléaire, il faut connaître les températures de fusion et de vaporisation des matériaux de construction, la solubilité des combustibles nucléaires, la probabilité des réactions chimiques entre les matériaux utilisés, et l'énergie fournie par la réaction lorsqu'elle a lieu. A côté de l'étude des autres propriétés des matériaux pour réacteurs, telles que les caractéristiques nucléaires et les effets des rayonnements dans les solides, la thermodynamique est l'une des disciplines fondamentales pour la technologie moderne des réacteurs, notamment pour la mise au point de réacteurs fonctionnant à haute température et de méthodes nouvelles de traitement des combustibles irradiés.

A l'ouverture du colloque, M. Sigvard Eklund, Directeur général de l'AIEA, a fait observer qu'à mesure que la technologie nucléaire se développait, particulièrement au cours des dernières années où une importance de plus en plus grande a été accordée à la mise au point de réacteurs fonctionnant à des températures élevées, les propriétés des matériaux pour réacteurs faisaient l'objet d'un intérêt sans cesse croissant. Cet intérêt, a poursuivi M. Eklund, s'explique de toute évidence par les efforts que l'on déploie pour obtenir dans le fonctionnement des réacteurs un meilleur rendement ainsi qu'une sécurité et une durabilité accrues. Il est également évident que toutes ces caractéristiques ont une incidence directe sur les perspectives qu'offre l'atome du point de vue de la production rentable d'énergie d'origine nucléaire.

M. Eklund a fait observer que les problèmes de la thermodynamique des matériaux pour réacteurs pouvaient être étudiés non seulement dans les centres de recherches nucléaires, mais également dans d'autres établissements scientifiques et qu'en fait des recherches sur la thermodynamique avaient eu lieu dans des laboratoires très divers qui avaient utilisé des éléments, composés et systèmes différents. Les résultats obtenus dans ce domaine au cours des dernières années sont si importants et