

APERÇU DES PERSPECTIVES D'UTILISATION DE L'ENERGIE ATOMIQUE DANS DIX PAYS

En avril, mai et juin 1962, une mission de l'AIEA a visité neuf pays en Afrique et un dans le Moyen-Orient, afin d'y étudier les perspectives, les programmes et les activités en matière d'application de l'énergie atomique et pour évaluer la mesure dans laquelle ces pays auraient besoin d'une aide de l'Agence*. Cette mission d'assistance préliminaire, qui était la neuvième du genre à être organisée par l'Agence, s'est rendue dans trois pays de l'Afrique orientale (Kenya, Tanganyika et Ouganda), dans trois pays de l'Afrique occidentale (Cameroun, Gabon et Togo), dans trois autres pays africains (Congo (Léopoldville), Ethiopie et Madagascar) et au Liban.

Dans tous ces pays, les membres de la mission ont eu de longs entretiens avec les autorités nationales, ils ont recueilli des renseignements sur les plans élaborés et les activités exercées dans le domaine de l'énergie atomique, ainsi que sur toutes les questions qui pouvaient avoir un rapport avec les perspectives de l'application de l'énergie atomique; ils ont fourni aux autorités locales les conseils dont celles-ci avaient besoin et les ont aidés à formuler des demandes touchant l'assistance que l'Agence pourrait leur fournir pour l'exécution de leurs programmes d'énergie atomique. Les rapports de la mission sur les séjours faits dans les divers pays permettront à l'Agence de donner aux demandes formulées la suite qu'elles comportent; ils serviront en outre, d'une manière générale, de sources de documentation sur la situation et les perspectives de ces pays en matière d'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques.

On trouvera dans le présent article un résumé des renseignements contenus dans ces rapports qui présentent un intérêt général.

LES TROIS PAYS DE L'AFRIQUE ORIENTALE

Matières premières

Au Kenya, la prospection d'uranium et d'autres matières premières nucléaires s'est

poursuivie d'une façon intermittente depuis 1948. Les travaux comprenaient quelques levés aériens et un vaste relevé à l'aide de scintillomètres auto-portés; cependant, on n'a pu déceler aucun gisement revêtant une importance économique, à l'exception d'un gisement de pyrochlore, au nord de Monbasa, qui pourrait être considéré comme une source éventuelle de niobium.

Le Tanganyika dispose d'un Service des mines et de géologie bien équipé, qui s'attache avant tout à l'exécution de relevés géologiques et à l'exploration des venues de minerais repérées au cours des travaux géologiques. On n'a encore signalé aucune découverte importante d'uranium, mais la mission de l'Agence a estimé qu'il ne faudrait pas en conclure que les minerais radioactifs et d'autres matières nucléaires sont inexistantes au Tanganyika. Les conditions géologiques sont favorables et justifient une enquête approfondie en temps opportun. La mission a noté l'existence d'un gisement important de pyrochlore et a été informée des recherches entreprises pour la mise au point d'un procédé permettant d'extraire du niobium de cette ressource naturelle.

L'Ouganda occupe une place importante parmi les producteurs de matières premières nucléaires; en effet, l'exploitation du minerai de béryl ne cesse de s'accroître et on envisage d'extraire du niobium du pyrochlore. Pour l'année en cours, on s'attend à une production de béryl dépassant un millier de tonnes. Dans le voisinage de Tororo, l'exploitation d'importants gisements de carbonite est sur le point de commencer, l'objectif principal étant la production d'un engrais à partir de l'apatite. On traitera les résidus du pyrochlore obtenus par flottation de l'apatite, en vue de récupérer l'oxyde de niobium; on prévoit que la production annuelle de concentrés commerciaux s'élèvera à 80 tonnes. On n'a repéré aucun gisement d'uranium, mais on a pu identifier quelques formations thorifères.

Energie

En ce qui concerne les sources d'énergie, la prospection du charbon, des hydrocarbures et du gaz naturel au Kenya n'a permis jusqu'à présent de déceler aucun gisement exploitable. Cependant, il existe près de Nairobi des cours d'eau offrant un bon potentiel hydroélectrique. Le plus important est le Tana, qui présente dans son cours supérieur un potentiel de 300 000 kW. Il existe dès à présent des centrales hydrauliques qui satisfont à environ un tiers des besoins du Kenya, ceux-ci s'élevant à

* La mission comprenait cinq membres du Secrétariat de l'Agence (MM. J.C. Webb, Division des fournitures techniques, chef de la mission, H.T. Daw, Division de la santé et de la sécurité et de l'élimination des déchets, M.M. d'Orival, Division des réacteurs, O.E.S. Lloyd, Division des questions économiques et de l'assistance technique, et A. Trofimenko, Division des échanges et des moyens de formation) ainsi que deux experts de l'extérieur (MM. F. Goetz, Tauernkraftwerke A.G., Salzbourg, Autriche, et B.D. Mayberry, Chef du Département de l'horticulture, Tuskegee Institute, Alabama, Etats-Unis d'Amérique).

l'heure actuelle à quelque 400 millions de kWh. L'East African Power and Lighting Company a élaboré un projet d'aménagement hydroélectrique du Tana : plan "des sept fourches". Ce plan prévoit l'installation de centrales ayant une puissance installée de 230 000 kW et une production annuelle d'environ 900 millions de kWh; si le programme peut être exécuté assez rapidement, le Kenya pourra se suffire à lui-même pour l'approvisionnement en énergie électrique. Pour le moment, la question de l'introduction de l'énergie d'origine nucléaire ne se pose donc pas, mais au cas où la demande dans la zone côtière dépasserait les possibilités d'une puissance installée d'environ 40 000 kW (ce qui pourrait se produire avant la fin des 10 années à venir), il serait utile d'examiner à nouveau s'il y a lieu de satisfaire cette demande au moyen d'une ligne de force sous haute tension en faisant appel au réseau de Nairobi ou s'il est préférable d'installer une centrale nucléaire à proximité de la côte.

D'ici à deux ans, la centrale hydraulique de Hale approvisionnera en énergie à bas prix les principaux centres industriels du Tanganyika qui sont Tanga et Dar es-Salam. Par contre, certaines autres régions industrielles se trouvent dans une situation beaucoup moins avantageuse pour ce qui est du prix de l'électricité, étant donné la nécessité de transporter le charbon sur de longues distances. Si une étude du potentiel hydroélectrique de ces régions ne révèle aucune perspective de production d'énergie à bon marché, l'introduction de l'énergie d'origine nucléaire se présenterait sous un jour assez favorable. Cependant, les centrales nucléaires dont l'exploitation pourrait actuellement être rentable dans les régions en question seraient trop importantes pour les besoins prévus. Si le développement industriel de ces régions se poursuit, on pourra revoir la question d'ici cinq ou dix ans, lorsque l'économie et la technologie des petites centrales nucléaires auront été améliorées.

Dans l'Ouganda, on n'a découvert aucun gisement de charbon, d'hydrocarbures ou de gaz naturel, mais il existe un important potentiel hydroélectrique, qui constitue à peu près la seule source de production d'énergie électrique. Ce potentiel, qui est estimé à 3 millions de kW, est fourni essentiellement par la Kagara. Les besoins actuels sont bien inférieurs à ce chiffre; aussi une seule partie de la Kagara, à la sortie du lac Victoria, est-elle exploitée par la centrale des chutes Owen, qui a une puissance installée de 120 000 kW. Une partie considérable de sa production est livrée au Kenya. On pourrait installer deux autres groupes de génératrices, ce qui porterait la puissance à 150 000 kW. En emmagasinant l'eau du lac Victoria pendant les saisons humides, afin de ne pas en manquer pendant les saisons sèches, on pourrait faire face aux besoins énergétiques de l'Ouganda pendant les quatre ou cinq années à venir. Pour satisfaire la demande accrue par la suite, on a élaboré un projet prévoyant la construction, en aval des chutes Owen,

d'une centrale d'une puissance de 180 000 kW; on étudie également les possibilités d'aménagement de la Kagara et d'autres cours d'eau. Etant donné que les conditions sont favorables à l'installation de centrales hydrauliques dans l'Ouganda, la mission a estimé qu'il ne serait pas économique d'implanter actuellement des centrales nucléaires au lieu de centrales hydrauliques.

Médecine

Au Kenya, la mission a visité l'hôpital King George et a examiné les diverses possibilités d'utilisation de l'énergie atomique en médecine. Elle a été informée que les appareils à rayons X servent exclusivement au diagnostic et qu'il n'existe pas d'appareils de radiothérapie en profondeur. Les cas de cancer sont traités principalement par les méthodes de chimiothérapie. Des plans sont à l'étude pour la création d'un laboratoire de formation à l'emploi des méthodes radioisotopiques pour le diagnostic et le traitement. On a examiné la possibilité d'installer à l'hôpital Aga Khan un appareil de télécobalthérapie de 3 000 curies; d'une manière générale, on a estimé que cet appareil serait surtout utile pour la formation et pour l'enseignement, en liaison avec l'Université de l'Est-Africain. La mission a discuté l'application éventuelle des radioisotopes dans la recherche médicale; elle a constaté que les milieux compétents s'intéressaient beaucoup à l'emploi des radioisotopes pour l'étude de diverses anémies, carences alimentaires et maladies parasitaires.

Il n'existe au Tanganyika aucune école de médecine; c'est le Collège universitaire de Makerere, dans l'Ouganda, où se trouve un grand hôpital, qui satisfait actuellement aux besoins du Tanganyika en la matière. On a employé les radioisotopes, sur un plan très limité, pour marquer au cobalt-60 les moustiques anophèles et les bilharzies. Les hôpitaux ne possèdent pas d'appareils de radiothérapie en profondeur et n'envisagent pas d'en acquérir dans l'avenir immédiat. La mission a visité le Service de radiologie de l'hôpital Princess Margaret et y a discuté les problèmes que pose la radioprotection des travailleurs exposés professionnellement. Comme il n'existe actuellement aucun service de films dosimètres, la mission a recommandé qu'on en crée un à bref délai. Le Service de chimie analytique a manifesté quelque intérêt pour l'évaluation du niveau actuel de contamination radioactive du lait, des légumes, de la viande, des os, etc., en vue de fixer le niveau de base pour la contamination radioactive ambiante.

Dans l'Ouganda, on utilise quelque peu les radioisotopes à des fins médicales : iode-131 pour le traitement du cancer de la thyroïde, chrome-51 et fer-59 pour les recherches sur les anémies et carbone-14 pour l'étude des stéroïdes. Grâce aux travaux d'un petit laboratoire nucléaire, rattaché à l'Ecole de médecine du Collège universitaire de Makerere, on pourra étendre l'emploi des radioisotopes : phosphore-32 et or-198. A l'hôpital de

Mulago, on prévoit l'installation d'un petit laboratoire de radioisotopes pour certaines recherches et des travaux cliniques, mais on n'envisage pas l'acquisition d'appareils de roentgentherapie ou de téléthérapie. Au Centre de recherches zoologiques d'Entebbe et au Centre régional de recherches sur la trypanosomiase de Jinja, on a estimé qu'il serait intéressant d'utiliser les radioisotopes pour l'étude des déplacements des stomoxes, pour le marquage des produits prophylactiques contre la trypanosomiase et, d'une manière générale, dans les insecticides.

Agriculture

L'agriculture joue un grand rôle dans l'économie du Kenya; c'est pourquoi des institutions bien organisées et bien outillées se consacrent exclusivement à des recherches sur des questions qui intéressent les principales entreprises agricoles. Les travaux de recherche du Ministère des travaux publics sur la densité et l'humidité des sols sont parvenus à un stade où les radioisotopes pourraient être utilisés avec profit. Il en est de même des travaux de recherche du Ministère de l'agriculture sur l'humidité des sols. Les méthodes radioisotopiques pourraient également être utilisées à l'avenir dans d'autres secteurs : entomologie, nutrition des plantes, physiopathologie animale.

Au Tanganyika, de nombreux problèmes agricoles exigent des recherches théoriques et appliquées. Parmi les plus courants figurent l'étude des sols et des engrais en vue de l'amélioration des cultures, l'étude des aspects économiques de l'irrigation, l'amélioration du cheptel, l'introduction de nouvelles cultures et la lutte contre les parasites du bétail. Il y aurait lieu d'utiliser les méthodes

radioisotopiques dans certains de ces travaux, mais il n'est guère possible de le faire pour le moment, car la recherche classique elle-même n'est pas encore organisée.

En Ouganda, la mission a visité des laboratoires bien équipés de recherche classique, relevant de divers organismes : Collège universitaire de Makerere, Division de la recherche du Ministère de l'agriculture, Centre régional de recherches sur la trypanosomiase et Empire Cotton Growing Corporation. Malgré le manque de personnel, les travaux de recherche classique ont progressé de manière encourageante. Compte tenu du stade atteint à ce jour, les radioisotopes pourraient être utilisés avec profit dans l'étude des questions suivantes : phosphore assimilable par les caféiers pendant la floraison; mesure dans laquelle l'herbe à éléphant peut contribuer au retour des éléments nutritifs du sous-sol à la couche arable; formes chimiques sous lesquelles les phosphates sont assimilables par le sisal, le café et le coton; persistance des insecticides.

Enseignement et formation

Il existe au Kenya cinq écoles techniques et commerciales; de plus, l'Ecole polytechnique, ouverte en mai 1961, offre à 600 étudiants un enseignement dans diverses disciplines techniques. A la Faculté des sciences du Collège universitaire de Nairobi, les étudiants reçoivent des notions de physique nucléaire et d'électronique. La mission a noté une grave pénurie de professeurs, qui limite l'expansion de l'enseignement universitaire.

Au Tanganyika, le principal centre d'enseignement technique est l'Institut technique de Dar es-Salam. Il y a peu de temps encore, l'enseignement scientifique de base et l'enseignement technique en Afrique orientale étaient concentrés à Nairobi (Kenya), celui de la médecine et de l'agronomie à Kampala (Ouganda) et celui du droit à Dar es-Salam. La mission a recommandé que l'on accorde une plus grande attention à l'enseignement scientifique et à l'enseignement technique au Tanganyika.

Dans l'Ouganda, l'enseignement de la physique dispensé par la Faculté des sciences du Collège universitaire de Makerere comprend des éléments de physique nucléaire. La mission a pris note des applications actuelles et prévues des radioisotopes à l'Ecole de médecine de Makerere ainsi que d'une proposition tendant à créer un laboratoire de radioisotopes à l'Ecole de physique. Ce laboratoire servirait de centre de formation à l'emploi et à la manipulation des radioisotopes, ainsi qu'à l'entretien et à la réparation des appareils électroniques nécessaires.

Un événement important, qui devrait influencer favorablement le développement de l'enseignement supérieur en Afrique orientale, a été la création de l'Université de l'Est africain, qui

Usine de traitement d'uranium à Mounana (Gabon)



englobe les collèges universitaires de Kampala, de Nairobi et de Dar es-Salam.

LES TROIS PAYS D'AFRIQUE OCCIDENTALE

Matières premières nucléaires

Au Cameroun, on se propose de faire un relevé aérien systématique en vue de dresser des cartes détaillées et d'obtenir des renseignements géologiques qui pourront servir de base aux futurs travaux de prospection. Tant que ce relevé ne sera pas terminé, le Gouvernement ne s'occupera pas des matières premières nucléaires.

Le Gabon est déjà réputé comme l'un des grands producteurs africains d'uranium; les réserves connues de Mounana sont suffisantes pour maintenir la production annuelle d'uranium (400 tonnes) pendant au moins 12 ans. De plus, il semble que l'on puisse s'attendre à découvrir d'autres gisements. Il existerait également des réserves d'autres matières premières nucléaires, en particulier de colombite-tantalite, et on a trouvé des indices de thorium. Toutefois, le nombre de géologues et de prospecteurs gabonais qualifiés est très faible, et il serait souhaitable que le Gouvernement se penche sur ce problème.

D'importants levés géophysiques, dont certains au moyen de scintillomètres, doivent être effectués au Togo au titre d'un projet du Fonds spécial des Nations Unies. Si ces travaux révèlent la présence d'uranium, il se peut que le Gouvernement togolais demande à l'Agence de l'aider à faire une étude plus détaillée de ces indices et à mettre en valeur les gisements qui se prêteraient à une exploitation commerciale.

Energie électrique

On n'a pas découvert au Cameroun de gisement de charbon, de pétrole ou de gaz naturel, mais il existe un énorme potentiel hydroélectrique, évalué actuellement à 4 millions de kW. Une partie du cours de la Sanaga a déjà été mise en valeur et une centrale hydraulique d'une puissance installée de 160 000 kW a été aménagée à Edea, près de Douala. On étudie en ce moment la possibilité de construire un barrage sur la Sanaga et ses tributaires, en amont d'Edea. Ceci permettrait d'emmagasiner de l'eau pendant la saison des pluies pour l'utiliser à Edea pendant la saison sèche et de faire ainsi fonctionner la centrale à pleine puissance de manière presque continue. La centrale hydraulique d'Edea pourra satisfaire la demande croissante d'Edea et de Douala pendant les 10 prochaines années. Pour alimenter en électricité la région côtière au nord-est de Douala et l'arrière-pays jusqu'à Foumban, on prévoit la construction d'une centrale hydraulique d'une puissance installée de 15 000 kW. L'étude générale des sources d'énergie

classique, notamment des ressources hydrauliques, est actuellement entreprise dans le cadre du premier plan quinquennal du Cameroun. Les résultats de cette étude seront communiqués à l'Agence, qui pourra alors adresser au Gouvernement camerounais des observations et des recommandations sur les perspectives de l'énergie d'origine nucléaire. Au premier abord, il semble que le Nord-Cameroun offre des conditions favorables à l'implantation d'une centrale nucléaire.

Au Gabon, la centrale thermique de Port-Gentil est alimentée au gaz naturel; toutefois, 20 % seulement de la production de gaz naturel sont actuellement utilisés à cette fin. La production de pétrole est concentrée dans le secteur de Port-Gentil; faute de raffineries, elle est presque entièrement exportée. On n'a pas encore découvert de gisements de charbon qui méritent d'être exploités. Le potentiel hydroélectrique du Gabon n'est pas exactement connu, mais on l'évalue à 2 millions de kW. Il n'y a pas actuellement de centrale hydraulique en service ou en construction. Les autorités gouvernementales étudient, néanmoins, la possibilité d'exploiter le potentiel hydroélectrique en vue de l'implantation d'industries. A cet égard, on peut envisager cinq centres importants, dont chacun a son propre potentiel énergétique. Il n'existe pas actuellement au Gabon de conditions favorables à la construction d'une centrale nucléaire. La mise en valeur du potentiel hydroélectrique devrait permettre de satisfaire la demande d'énergie pendant les 10 prochaines années, au moins.

Autant qu'on le sache, le Togo ne possède pas de gisements de houille, de pétrole ou de gaz naturel qui puissent être exploités pour la production d'énergie. Le potentiel hydroélectrique est considérable, mais les sites où il serait possible de construire des centrales hydrauliques suffisamment importantes sont éloignés des centres probables de consommation. A première vue, il semblerait intéressant de recourir à l'énergie d'origine nucléaire; toutefois, compte tenu de la demande probable au cours des quatre ou cinq prochaines années, l'exploitation de centrales nucléaires ne serait sans doute pas rentable. La mission a recommandé que l'on étudie à nouveau la question dans quatre ou cinq ans, à la lumière de l'accroissement de la demande au Togo ainsi que de l'évolution de la technologie et de l'économie des petits réacteurs de puissance.

Médecine

Au Cameroun, la mission a visité l'hôpital général de Yaoundé, dont le Service de radiologie est doté d'un appareil à rayons X de type courant pour le diagnostic. La roentgenthérapie en profondeur n'est pas pratiquée pour le moment, mais la mission a appris qu'un appareil de 250 kV, de type classique, était arrivé à Yaoundé et pourrait bientôt être installé. On n'a pas encore utilisé de radioisotopes en médecine, et il n'existe au Cameroun ni laboratoire adéquat ni spécialistes qualifiés

pour leur emploi. Pour ce qui est de la radioprotection, un service de dosimétrie par films vient d'être mis sur pied; les films seront traités et analysés à Saclay (France). Les radioisotopes peuvent servir à l'étude et au diagnostic de plusieurs maladies; toutefois, étant donné les nombreux problèmes médicaux qui se posent au Cameroun, la mission a estimé qu'il n'était pas nécessaire d'introduire immédiatement les méthodes radioisotopiques, mais qu'il conviendrait de revoir la question dans quelques années.

Des appareils à rayons X pour le diagnostic existent dans toutes les régions administratives du Gabon ainsi que dans les centres de district. La mission a visité l'hôpital général de Libreville, où les appareils à rayons X pour le diagnostic constituent la seule application des rayonnements ionisants. On doit y installer un appareil classique de thérapie en profondeur, mais il n'est pas question de recourir à la téléthérapie ni d'appliquer les méthodes radioisotopiques. La fluoroscopie est d'usage courant. Il n'existe pas de service de films dosimètres ni de règlement de radioprotection. La mission a visité les mines d'uranium et de manganèse; il y a un service de films dosimètres pour les travailleurs de la mine d'uranium et de l'usine de traitement; les films sont analysés à Saclay (France). De l'avis de la mission, il serait utile d'employer les rayonnements ionisants et les radioisotopes au Gabon, notamment pour la thérapie en profondeur des tumeurs malignes et pour le diagnostic; toutefois, il n'est pas nécessaire d'introduire les méthodes radioisotopiques dans un avenir trop immédiat.

Au Togo, les radioisotopes ne sont pas encore utilisés en médecine. L'hôpital de Lomé dispose

Mine d'uranium à Ambatomika (Madagascar)



d'un appareil à rayons X pour le diagnostic. La mission a recommandé que le Gouvernement togolais demande l'aide de l'Agence en vue d'élaborer rapidement des règlements de radioprotection, notamment pour l'emploi des appareils à rayons X. Elle a estimé qu'il n'était pas nécessaire d'introduire immédiatement les méthodes radioisotopiques en médecine.

Agriculture

Le Cameroun dispose à Yaoundé d'un laboratoire bien équipé pour la recherche pédologique fondamentale (Institut de recherches scientifiques du Cameroun) et un Centre de recherches agronomiques comprenant quatre laboratoires de recherche appliquée (physiologie végétale, génétique, entomologie et phyto-pathologie); ce centre relève du Gouvernement. Un membre du personnel de chacun de ces établissements de recherche ira à l'étranger afin d'y recevoir une formation à l'emploi des radioisotopes dans la recherche agronomique. Avant le retour au Cameroun de ces spécialistes, qui auraient à y introduire ces techniques, le Gouvernement devrait élaborer une législation et fixer des règles en matière de physique sanitaire et de radioprotection; cette législation et ces règles s'appliqueraient aux activités ayant trait à l'obtention, à la manutention et à la distribution de radioisotopes.

L'économie du Gabon repose essentiellement sur les produits forestiers et les minerais. Des plans pour le développement de la formation et de la recherche en agriculture sont encore à l'étude. De l'avis de la mission, ce n'est qu'après avoir exécuté ces plans pendant quatre à cinq ans que l'on pourrait envisager d'appliquer les méthodes utilisant les radioisotopes.

Bien que l'économie du Togo soit fondée principalement sur l'agriculture, les sols ne sont pas particulièrement fertiles et il serait extrêmement utile de prévoir un programme de recherches en phytopédologie, l'accent étant mis sur le rendement des cultures. Aucune recherche fondamentale de cette nature n'est actuellement entreprise. Les radioisotopes pourraient jouer un rôle très important dans les études de phytopédologie.

Enseignement et formation

L'enseignement technique et l'enseignement supérieur au Cameroun en sont encore au premier stade. Le Gouvernement projette d'inscrire au programme des établissements d'enseignement supérieur des cours sur les méthodes radioisotopiques. La mission a estimé que le Gouvernement devrait attacher plus d'importance aux sciences fondamentales et créer des cours de mathématiques, de physique, de chimie et de biologie.

Le Gouvernement gabonais envisage de créer en 1963, à Port-Gentil ou à Libreville, un institut polytechnique. Il se propose également d'aménager,

le moment venu, un laboratoire de physique nucléaire. L'institut serait organisé de manière à pouvoir accueillir des étudiants des pays voisins; on a exprimé l'espoir qu'il servirait de base à la création d'un centre scientifique régional. La mission a noté que le pays faisait de grands efforts pour améliorer l'enseignement, mais elle a estimé qu'il conviendrait d'attacher plus d'importance aux sciences fondamentales et aux questions techniques.

CONGO, ETHIOPIE ET MADAGASCAR

Matières premières

En dehors des réserves d'uranium subsistant au Katanga, le Congo n'a pas de gisements connus d'uranium. Le pays a été un grand producteur de béryl, mais la distance qui sépare les gisements de la côte et, par conséquent, les frais de transports, nuisent à l'exploitation régulière de ce minerai. Le Congo possède quelques réserves de charbon et des gisements importants de roches pétrolifères; en outre, les régions côtières offrent des conditions favorables à l'existence de gisements de pétrole.

En Ethiopie, il n'est pas possible d'entreprendre une prospection systématique des matières premières nucléaires, étant donné l'absence d'enquêtes géologiques et le manque de prospecteurs. L'utilisation de ces matières n'entre pas actuellement dans le plan de développement économique et énergétique du pays. On a signalé au sud d'Alghe (Boran) un gisement de minerais radioactifs ainsi que quelques indices de béryl.

La situation de Madagascar en ce qui concerne les matières premières nucléaires est privilégiée. La plupart d'entre elles, notamment l'uranium, le thorium, le béryllium et le niobium, sont déjà produites en quantité appréciable et elles constituent une bonne source d'exportations. Aux termes d'un accord avec le Commissariat français à l'énergie atomique, Madagascar reçoit une assistance technique pour la prospection, l'extraction et le traitement de son uranium. Des accords similaires avec d'autres organismes français lui permettent d'exploiter ses ressources de béryllium et de monazite. Il est donc peu probable que Madagascar demande l'assistance technique de l'Agence dans ce domaine.

Energie et réacteurs

Le potentiel hydroélectrique du Congo est immense et son importance n'a pas encore été complètement évaluée. Ainsi, le potentiel hydroélectrique du Congo en aval de Léopoldville est de 28 millions de kW. Actuellement, la production d'électricité dans la République est fondée principalement sur l'énergie hydraulique. En 1961, la production s'est élevée à environ 4 millions de kWh, la puissance installée étant d'environ 850 000 kW, y

compris le Katanga. L'industrie et les mines sont les principaux consommateurs d'électricité, en particulier au Katanga. En 1961, la consommation de Léopoldville a atteint 136 millions de kWh, avec une charge de pointe de 30 000 kW. Le centre nucléaire "Trico" a été inauguré en juin 1959 à l'Université Lovanium; il comprend un réacteur Triga Mark I et sert principalement à la production de radioisotopes de courte période et à la formation en physique nucléaire. Quelque 600 radioisotopes ont été préparés pour divers programmes de recherches et pour des études à l'Université et ailleurs. La mission a pris note avec satisfaction des propositions tendant à modifier le réacteur actuel et à agrandir le bâtiment qui l'abrite pour y installer de nouveaux laboratoires, notamment un laboratoire de chimie des corps radioactifs.

On n'a pas encore décelé de charbon, de pétrole ou de gaz naturel en Ethiopie et rien n'indique que ces combustibles pourraient exister en quantités suffisantes pour alimenter les nouvelles centrales que l'on se propose de créer et qui auraient une puissance installée de 10 000 kW. Toutefois, le pays a un excellent potentiel hydroélectrique. Le Nil bleu offre depuis sa source, au lac Tana, jusqu'à la frontière soudanaise un potentiel exploitable d'environ 5,2 millions de kW; ceci représente environ 50 % du potentiel hydroélectrique total de l'Ethiopie, à l'exclusion de l'Erythrée. Il semble que les centrales actuelles pourront satisfaire la demande jusqu'en 1965. Pour répondre aux besoins accrus à partir de 1965, on projette de construire une centrale hydraulique à quelque 25 km en aval de celle qui existe déjà à Koka; sa puissance installée sera de 36 000 kW. Il y a deux autres emplacements encore plus en aval. Ainsi, il existe relativement près d'Addis-Abéba d'importantes ressources hydroélectriques qui peuvent être exploitées facilement. On prévoit également que le prix de revient aux bornes des centrales hydrauliques sera très inférieur à celui de l'énergie produite par des centrales nucléaires de même puissance installée.

Il n'existe pas à Madagascar de gisements connus de pétrole et de gaz naturel. Les sables pétrolifères qui sont actuellement prospectés constitueraient, s'ils pouvaient être exploités de façon rentable, une source importante de pétrole. On trouve du charbon au Sud de l'île, mais il serait peu économique de l'utiliser dans les centrales thermiques alimentant les centres de consommation de Madagascar. On n'a pas encore évalué le potentiel hydroélectrique de l'île, mais il est certainement important. Des centrales hydrauliques fonctionnent déjà; en 1960, elles ont fourni environ 60 % de l'énergie consommée. Pour répondre à la demande plus importante qui se manifestera dans les quatre ou cinq années à venir, il serait aisé de pourvoir les centrales actuelles de génératrices supplémentaires. Il est peu vraisemblable que l'augmentation de la demande au cours des prochaines années justifie la construction d'une centrale nucléaire.

Médecine

Au Congo, l'Université Lovanium utilise les radioisotopes dans les recherches zoologiques ainsi que dans quelques travaux cliniques. On se sert d'appareils à rayons X pour le diagnostic. Il n'y a pas encore de service de films dosimètres. L'équipement nucléaire est assez perfectionné; il sert à diverses recherches en médecine et en biologie. Il n'y a pas beaucoup de matériel pour la formation des étudiants, mais la mission a été avisée que cette lacune sera bientôt comblée.

Les radioisotopes n'ont pas encore été utilisés en Ethiopie. La mission a recommandé que les autorités compétentes étudient la possibilité d'inscrire au programme de biologie du Collège universitaire des notions sur les méthodes radioisotopiques et leur emploi en biologie. La mission a visité l'hôpital Hailé Sélassié, qui dispose d'appareils de roentgentherapie classiques. Les aiguilles de radium sont principalement utilisées en gynécologie. Il n'existe pas de service de films dosimètres ni de législation sur la radioprotection. La mission a visité l'Institut Pasteur, où l'on fait des recherches sur le goitre dans lesquelles on pourrait utiliser le radioiode. Dans le cadre de ses travaux sur la fièvre jaune, l'Institut pourrait peut-être entreprendre des études sur les aèdes au moyen de méthodes de marquage par les radioisotopes.

Au Commissariat à l'énergie atomique de Tananarive (Madagascar), on analyse le béryllium en exposant le minerai à une source gamma intense. La source est entourée d'un bon écran de protection et le personnel dispose d'un service de films dosimètres, traités à Saclay (France), ainsi que de stylos dosimètres. L'Institut Pasteur prépare divers vaccins et effectue, dans le cadre d'une recherche panafricaine sur la trypanosomiose, des travaux sur des rats. A la section d'entérologie de l'I.R.S.M., on procède à des recherches sur l'anophèle vecteur du paludisme et son écologie. On a été très intéressé par la possibilité de marquer la larve de l'anophèle au phosphore-32 pour étudier la volée et la longévité de ce moustique. La mission a également visité les laboratoires de zootechnique où l'on fait des travaux très importants sur la nutrition animale et le métabolisme de divers minéraux. On a estimé qu'il serait intéressant d'utiliser des acides aminés marqués pour des études de métabolisme et des radioisotopes pour l'analyse d'oligoéléments.

Les radioisotopes n'ont pas encore reçu d'application médicale à Madagascar, mais la question est à l'étude. En radiologie, on pratique la roentgentherapie classique et on utilise les aiguilles de radium. On établit actuellement des plans pour doter la Faculté des sciences d'un laboratoire de radioisotopes à des fins diverses, notamment pour les recherches en médecine et en agriculture. La mission a recommandé au Gouvernement d'établir une réglementation pour la manipulation des radioisotopes (que l'on utilise mainte-

nant dans une certaine mesure en agriculture) et pour l'utilisation des rayonnements ionisants en général.

Agriculture

La mission a visité les installations de l'Université Lovanium, qui possède des laboratoires bien équipés; des agronomes ayant reçu une formation théorique et pratique très poussée y poursuivent des recherches fondamentales et appliquées. La mission s'est aussi rendue à la Ferme de recherches de l'Université, qui est le siège de recherches appliquées sur les problèmes suivants: culture du café, amélioration des sols, culture du tabac, alevinage et conservation du poisson. Une section d'élevage fait des recherches sur la lutte contre les insectes nuisibles à la volaille et au bétail. On a constaté une carence protéique au Congo; aussi a-t-on entrepris des recherches sur les quantités de molybdène requises pour stimuler l'activité microbiologique dans certains sols. On espère augmenter la quantité de protéines en améliorant les méthodes de culture ou la nutrition des plantes. En outre, le Département de l'agriculture fait des études sur le carbone à partir d'échantillons fossiles de bois.

L'Ethiopie tire environ 97 % de son revenu de l'agriculture. Abstraction faite d'un petit nombre de concessions, la petite propriété domine. Des travaux de recherches et de mise en valeur s'imposent. Le Collège impérial d'agriculture fait des recherches théoriques et appliquées; il est à noter que nombre d'entre elles ont atteint le stade où il serait profitable de recourir aux radioisotopes. Toutefois, la mission a estimé que l'emploi des radioisotopes devrait être différé jusqu'à ce que les besoins urgents en matière de recherche appliquée soient plus amplement satisfaits.

L'agriculture est la principale activité économique de Madagascar. Il s'y pose des problèmes de nutrition minérale des plantes, notamment du riz, et des problèmes connexes de chimie, de physique et de classification des sols. Cinq institutions de recherche et de formation étudient les problèmes agricoles de Madagascar par diverses méthodes classiques. Les radioisotopes sont employés à une échelle très limitée pour des études sur l'humidité et le phosphore des sols. Dans l'ensemble, les programmes de recherches sont freinés par la pénurie de personnel scientifique. La mission a recommandé que les institutions de recherche créent un laboratoire central de radioisotopes - qui pourrait être attaché à l'Université - pour répondre aux besoins de tous les programmes de recherches et former des spécialistes. La création d'un tel laboratoire est à l'étude.

Enseignement et formation

Au Congo, l'enseignement supérieur est dispensé essentiellement par l'Université Lovanium;



A la station de recherche de Telle Amara (Liban), les membres de la Mission examinent les résultats de l'application des radioisotopes à la culture du blé

les étudiants de la Faculté des sciences peuvent acquérir de bonnes notions de physique nucléaire. Le réacteur de recherches de l'Université est également utilisé pour l'enseignement.

En Ethiopie, le Collège universitaire d'Addis-Abéba donne des cours de physique qui comprennent des notions de physique nucléaire. Des travaux pratiques dans un laboratoire ouvert récemment permettent aux étudiants de faire quelques expériences et mesures en optique, en électricité et en physique nucléaire. La mission a recommandé que la Faculté des sciences soit dotée du matériel nécessaire à l'emploi des méthodes radioisotopiques. Elle a également recommandé que l'Université et les écoles d'ingénieurs collaborent pour utiliser au mieux le matériel nucléaire disponible et l'expérience acquise jusqu'à présent.

La mission a noté l'évolution rapide de l'enseignement secondaire, technique et supérieur à Madagascar au cours des dernières années, mais elle a dû constater que le pays manquait de spécialistes autochtones. Elle a recommandé la formation de Malgaches dans diverses disciplines scientifiques.

LIBAN

Matières premières et hydrologie

Le Liban n'a pas de service géologique national. Pour le moment, on s'occupe surtout de l'hydrologie et il est peu probable que le personnel affecté à ces travaux puisse utilement entreprendre la prospection des matières premières nucléaires.

De toute façon, ces matières ne semblent pas devoir être nécessaires avant quelques années; si elles le devenaient, il faudrait créer un service géologique.

Les études hydrologiques qui seront faites dans le cadre d'un projet financé par le Fonds spécial des Nations Unies impliquent l'emploi de radioindicateurs, car les méthodes classiques ne seraient pas applicables; des indicateurs tritiés donneraient sans doute de bons résultats.

Energie

Le Liban ne possède pas de gisements de charbon, de pétrole ou de gaz naturel; il dispose néanmoins de quantités importantes de pétrole venant d'Irak et d'Arabie saoudite et transitant jusqu'aux ports de Tripoli et de Sayda. Dans la principale région de consommation, Beyrouth et ses environs, 70 % de l'électricité sont produits par des centrales thermiques au mazout et 30 % par des centrales hydrauliques. Il devrait être possible de faire face à l'accroissement de la demande - qui est évalué à 15 % par an - grâce aux centrales thermiques existantes, à la future centrale hydraulique de Litani et à de nouvelles centrales thermiques, dont l'une doit entrer en service près de Tripoli dans le courant de 1962. Avec les nouvelles centrales, on pourra satisfaire la demande jusqu'à la fin de 1968, époque à laquelle la charge de pointe dans la région de Beyrouth atteindra probablement 240 000 kW, ce qui correspondrait à une puissance installée d'environ 330 000 kW.

Pour le moment, il ne paraît donc pas justifié d'avoir recours à l'énergie d'origine nucléaire; la mission a, néanmoins, étudié les perspectives à plus long terme. Le Liban peut être doté d'un réseau interconnecté et le problème est de savoir si des centrales nucléaires seraient utiles dans ce réseau. On a établi un vaste programme de construction de centrales thermiques, qui comprend deux stades: l'exécution du premier commencera dans quatre ans, celle du second dans dix ans. La mission a recommandé qu'avant d'exécuter le second, le Gouvernement étudie de nouveau la question; d'ici quatre à cinq ans, il pourrait demander à l'AIEA d'envoyer une mission spéciale chargée d'étudier la possibilité d'intégrer des centrales nucléaires dans un réseau interconnecté.

Médecine

La mission a visité le laboratoire de radioisotopes de l'Université américaine de Beyrouth, qui dispose d'un matériel classique assez complet. Cette université a organisé des cours de formation aux applications médicales des radioisotopes. Des travaux sur les diverses hémoglobinopathies ont été réalisés au moyen des radioisotopes du fer et du chrome. Les radioisotopes ont aussi servi à des recherches sur les troubles de la thyroïde et leur traitement; ils sont utilisés à l'heure actuelle dans des recherches sur le métabolisme intermédiaire.

L'Université possède une bombe au cobalt; son département de radiologie est équipé d'appareils à rayons X pour le diagnostic et le traitement, ainsi que d'autres installations classiques.

La mission a aussi visité l'Institut de radiologie et Laboratoire Saint-Joseph, qui possède un appareil de télécobalthérapie. L'Institut a presque terminé l'aménagement d'un laboratoire de radioisotopes, mais le matériel n'a pas encore été entièrement mis en place; ce laboratoire doit servir à deux sortes de travaux : maladies individuelles et santé publique.

La mission a pensé que le Gouvernement libanais aurait intérêt à s'adresser au laboratoire de l'Agence, à Vienne, pour l'analyse d'échantillons de produits alimentaires, de sols et de légumes.

Agriculture

Le Liban est un pays essentiellement agricole; les conditions physiques et climatiques se prêtent à des entreprises agricoles très diverses. La mission a été informée qu'à l'exception de l'irradiation de deux lots de semences, que des laboratoires étrangers ont faite à la demande du Ministère de l'agriculture, les radioisotopes n'ont pas été utilisés dans la recherche agricole. Les laboratoires de recherche du Ministère de l'agriculture, à Telle Amara, possèdent d'excellentes installations où se poursuivent des recherches classiques sur les sols, sur la nutrition, la sélection et la protection des plantes ainsi que sur la nutrition animale.

Des recherches appliquées ont aussi été entreprises dans divers domaines : élevage des volailles, sélection du blé et de l'orge et alimentation du bétail. La Faculté d'agriculture de l'Université américaine de Beyrouth dispose aussi de

laboratoires de recherche bien équipés. La mission a noté que les travaux entrepris dans certains domaines : nutrition minérale des moutons, emploi des engrais dans la culture des fruits et des légumes, études comparatives sur l'irrigation, sont suffisamment avancés pour que l'emploi des radioisotopes se révèle avantageux.

La mission a été d'avis que le Gouvernement libanais devrait prendre des mesures pour assurer une coordination plus étroite entre les activités de recherches du Ministère de l'agriculture et celles de l'Université américaine de Beyrouth.

Enseignement et formation

La physique nucléaire figure au programme de physique de l'Université du Liban; en 1963, le laboratoire recevra du matériel nouveau pour des travaux pratiques en physique nucléaire. Au Département de physique de l'Université américaine de Beyrouth, les études portent surtout sur la physique de l'état solide et la physique des basses températures. Les laboratoires de l'Université sont bien équipés pour l'enseignement et la recherche. L'Université Saint-Joseph ne possède pas de Faculté des sciences; elle organise cependant des cours de physique pour les étudiants de l'Ecole médicale et de l'Ecole d'ingénieurs. Au Centre de physique et mathématiques de l'Ecole supérieure, le cycle d'études dure quatre ans. L'équipement du laboratoire de physique du Centre permet des travaux pratiques de physique générale.

La mission a recommandé que les collèges libanais attachent une plus grande importance à l'enseignement des sciences fondamentales et des disciplines techniques. En outre, il serait souhaitable d'assurer une collaboration plus étroite entre les diverses universités et une meilleure coordination en ce qui concerne l'emploi du matériel disponible.