

L'ENERGIE ATOMIQUE EN AFRIQUE

Vingt et un pays d'Afrique sont devenus Membres de l'Agence et ont entrepris des activités très diverses pour bénéficier des avantages de l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques. Le présent article donne des exemples de ces activités, évoque des possibilités d'action pour l'avenir et montre de quelles manières l'Agence prête son concours. Toutes les activités mentionnées ne sont pas nécessairement menées en liaison avec l'Agence, mais elles montrent l'intérêt croissant que suscitent les applications des méthodes nucléaires. Cet article est une version abrégée d'un document présenté à la huitième session de la Commission économique pour l'Afrique, qui relève de l'Organisation des Nations Unies.

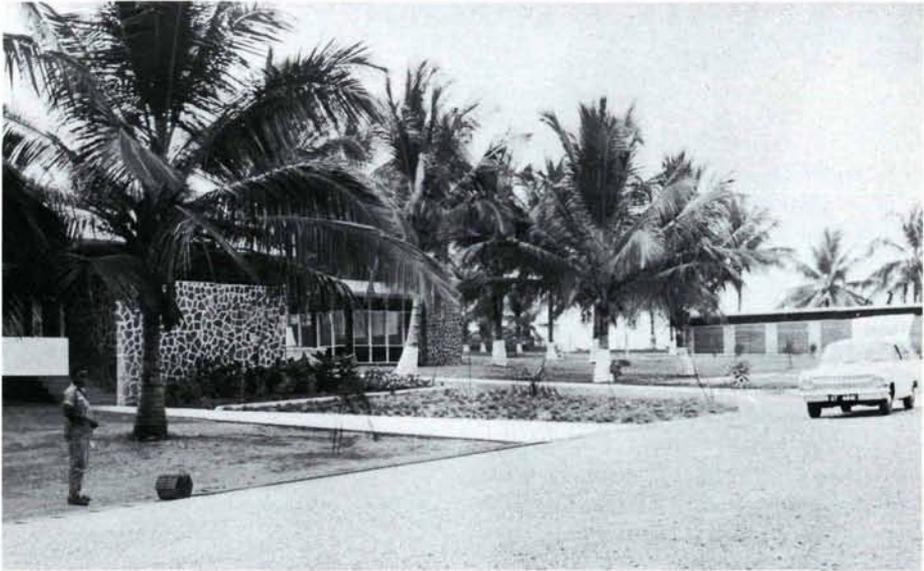
Les pays africains dont les noms suivent sont Membres de l'Agence ou le deviendront prochainement :

| | |
|------------------|-----------------------|
| Afrique du Sud | Madagascar |
| Algérie | Mali |
| Cameroun | Maroc |
| Côte-d'Ivoire | Nigeria |
| Congo (Kinshasa) | Ouganda* |
| Ethiopie | République Arabe Unie |
| Gabon | Sénégal |
| Ghana | Sierra Leone * |
| Kenya | Soudan |
| Libéria | Tunisie |
| Libye | |

L'Agence conclut un accord avec l'Organisation de l'Unité africaine et elle espère collaborer avec la commission compétente de cette organisation pour les questions d'intérêt commun.

Dans la pratique, l'aide que fournit l'Agence, avec l'accord des gouvernements intéressés, vise à faciliter la mise en œuvre des plans de développement nationaux et à faire en sorte qu'il soit tenu compte des possibilités offertes par les applications pacifiques de l'énergie atomique dans l'établissement des plans d'avenir. On trouvera ci-après des exemples ainsi que certaines suggestions pour l'avenir.

* Deviendra Membre dès le dépôt d'un instrument d'acceptation du Statut de l'Agence.

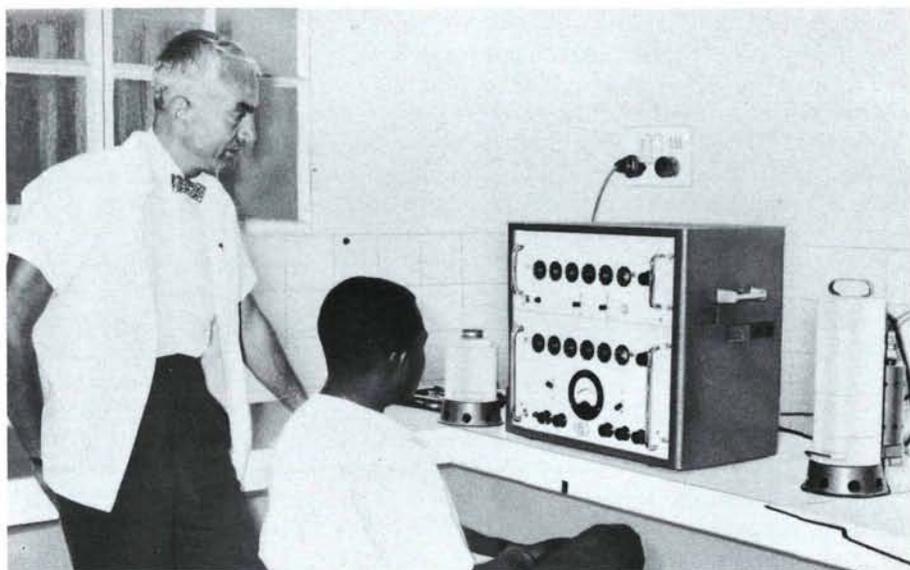


Vue prise au Centre d'études nucléaires de Kwabena, au Ghana.

ELECTRICITE D'ORIGINE NUCLEAIRE

Actuellement, la capacité de la plupart des réseaux africains est relativement petite et un important potentiel hydroélectrique reste encore inexploité. Il faudra donc attendre un certain temps avant que des usines nucléaires assez grandes pour être compétitives puissent être envisagées. Il se peut que l'on atteigne un meilleur facteur de charge dans les régions où les besoins en eau douce nécessiteront la construction d'usines qui, en même temps, dessaleront de l'eau saumâtre et produiront du courant électrique. En Tunisie, on a fait des études détaillées pour savoir s'il serait possible d'en exploiter une dans le sud du pays. La République Arabe Unie étudie le projet d'une centrale nucléaire de 150 MWe qui serait intégrée au réseau d'interconnexion. Dans ce pays, il est également question d'un projet d'usine de dessalement d'eau de mer qui sera mis en œuvre en même temps qu'un projet pilote d'irrigation sur 4 000 hectares: il s'agit de savoir s'il serait possible et rentable d'utiliser de l'eau dessalée pour l'agriculture dans une région aride. L'Agence procéderait volontiers à l'étude de cas précis dans des régions arides de l'Afrique où le dessalement de l'eau semble poser un important problème.

Les comptes rendus des réunions africaines sur l'énergie électrique tenues sous les auspices de la Commission économique pour l'Afrique et de la commission économique pour l'Europe soulignent que les autorités planificatrices des pays membres de la CEA auraient intérêt à suivre de près les progrès technologiques dans le domaine de l'électricité d'origine nucléaire. Un pays en voie de



L'Agence collabore au développement des applications médicales des radioisotopes au Sénégal. Le Dr J.N. Karamourtzounis, expert fourni dans le cadre du programme d'assistance technique, vérifie des appareils avec le Dr N'Doye.

développement qui établit un nouveau programme énergétique ne devrait donc pas envisager la solution nucléaire considérée isolément, mais l'étudier en même temps que les sources classiques d'énergie. Cette étude devrait être constamment mise à jour, étant donné surtout qu'il faut compter au moins quatre ans pour la construction et la mise en service d'une centrale nucléaire, sans parler des deux ou trois années nécessaires pour les études préliminaires. Les nombreuses propositions de développement industriel actuellement à l'examen et notamment l'implantation d'une industrie sidérurgique en Afrique occidentale, orientale et centrale, dans la mesure où elles exigent une production régionale d'électricité, sont importantes au point de vue de l'offre future d'énergie. Lors de sa session de 1965, la CEA a également approuvé la suggestion d'une étude sur le rôle possible de l'électricité d'origine nucléaire dans le cadre d'un projet énergétique intégré pour l'Afrique occidentale. Lors de recherches préliminaires faites par l'AIEA dans neuf pays d'Afrique, il a été suggéré que le rôle de l'électricité d'origine nucléaire devrait faire l'objet d'études particulières pendant les trois à cinq années qui viennent.

MATIERES PREMIERES NUCLEAIRES

En 1965, l'Afrique a fourni environ 17% de la production mondiale d'uranium; cet uranium provient principalement de l'Afrique du Sud, de Madagascar et du Gabon. En outre, Madagascar a produit un millier de tonnes de

monazite contenant environ 140 tonnes d'oxyde de thorium et de petites quantités de béryl. Ces chiffres ne sont pas représentatifs du potentiel de production de l'Afrique, car la production de l'Afrique du Sud a été délibérément maintenue à un chiffre inférieur à sa capacité (3 000 tonnes au lieu de 5 700 tonnes). Un prix de 5 dollars la livre d'oxyde d'uranium contenu dans des concentrés est considéré comme rentable pour l'uranium, bien qu'il existe de nombreux contrats à long terme dans lesquels le prix fixé est de l'ordre de 8 à 10 dollars la livre. Au début, de nombreux contrats pour de petites quantités ont été passés à des prix descendant jusqu'à 3,42 dollars la livre, mais il est peu probable que ce chiffre soit représentatif des prix qui seront pratiqués lorsque l'offre et la demande seront mieux équilibrées. Par exemple, le prix moyen de la livre de U_3O_8 payé aux Etats-Unis était en 1965 de 8 dollars, et le prix canadien pour la constitution de stocks est fixé à 4,9 dollars la livre. Lorsque plus tard la demande dépassera l'offre et en admettant que les réserves de ce qu'on considère actuellement comme des minerais rentables n'auront pas augmenté d'une manière substantielle par rapport à l'augmentation rapide de la consommation, il deviendra nécessaire, du point de vue économique, d'exploiter des gisements dont la teneur est actuellement considérée comme insuffisante.

Les renseignements les plus récents (mi-1966) sur l'offre et la demande futures d'uranium indiquent que, d'après les renseignements dont on dispose et aux prix actuels, les ressources du monde occidental en uranium dont le prix de production est de 5 à 10 dollars la livre d' U_3O_8 seront d'environ 600 000 tonnes en 1970; mais on peut s'attendre qu'il existe des réserves plus importantes d'uranium dont le prix de revient est plus cher. Pour la décennie 1971-80, la consommation totale d'uranium sera sans doute de 270 000 tonnes et la demande annuelle des années suivantes atteindra 55 000 tonnes. Les gisements d'uranium actuellement connus et exploités en Afrique n'ont fait l'objet que d'une prospection limitée; il ne fait guère de doute que des recherches plus poussées, notamment dans les régions qui n'ont pas encore été prospectées, amèneront la découverte de nouveaux gisements de minerais d'uranium et d'autres minéraux, intéressants du point de vue atomique, comme le béryllium et le thorium. Des recherches à ce sujet sont en cours au Sénégal, en Tunisie, dans la République Arabe Unie, en Haute-Volta, dans le Niger, dans la République centrafricaine, etc. En outre, la possibilité d'une extraction rentable de l'uranium comme sous-produit de la production d'engrais à partir des phosphates naturels est étudiée au Sénégal et en Tunisie et elle l'a déjà été au Maroc et dans la République Arabe Unie. Bien que le coût de production ne soit pas intéressant vu les prix actuels de l'uranium, cette situation pourrait changer avec la mise au point de nouvelles filières de réacteurs, notamment les réacteurs surgénérateurs, et par suite de changements dans la situation du marché qui ne manqueront pas de se produire pendant les deux prochaines décennies.

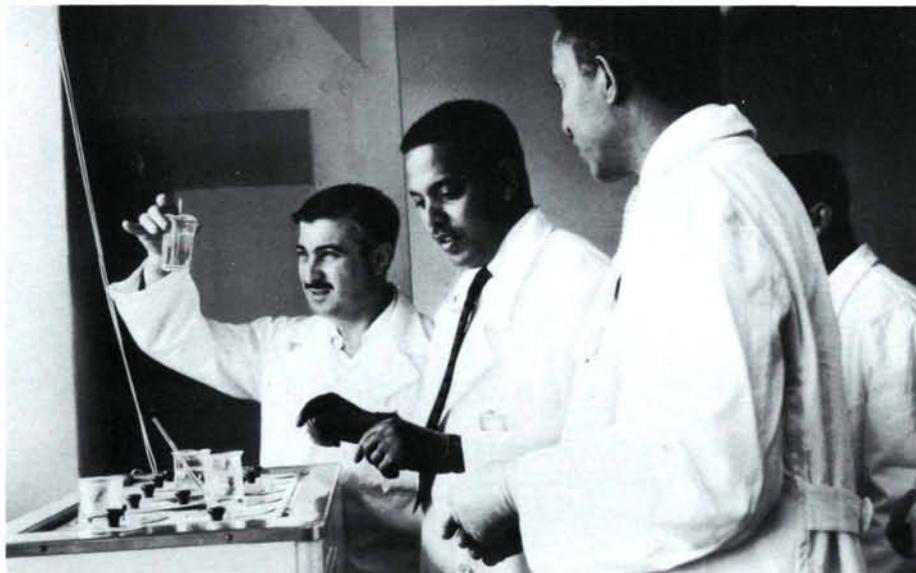
Tout ce qui vient d'être dit est important pour l'Afrique, car le développement de l'énergie d'origine nucléaire ne prendra sans doute des proportions significatives que vers la fin du siècle, lorsque la demande mondiale atteindra son maximum, tandis que les ressources diminueront rapidement, à moins que l'on ne trouve de nouveaux gisements de minerai ou que l'on ne mette au point de nouvelles filières de réacteurs permettant d'utiliser de l'uranium

plus cher provenant de gisements moins riches. Les vastes réserves minérales de l'Afrique pourraient alors être mises en valeur de manière à tirer profit de cette nouvelle demande prévue et à en faire une importante source de devises.

APPLICATIONS DES RADIOISOTOPES DANS LE DEVELOPPEMENT AGRICOLE

L'énergie atomique sous forme de radioisotopes et de rayonnements joue un rôle important dans des recherches essentielles pour accroître la production agricole. Pour essayer d'augmenter la production, il faut connaître les facteurs qui affectent les rendements. On peut par exemple, grâce à des engrais que l'on a rendu radioactifs, déterminer les meilleures méthodes de fertilisation pour différentes plantes dans différents sols et savoir comment obtenir le meilleur rendement pour une quantité donnée d'engrais par un épandage convenable de cet engrais. L'Agence s'occupe activement de coordonner à l'échelle mondiale des recherches visant à améliorer l'utilisation des engrais dans la culture du riz et du maïs. Madagascar et la République Arabe Unie font des recherches dans le cadre du programme sur le riz. La RAU participe au programme sur le maïs; le Ghana lui aussi s'y intéresse; d'autres travaux pourraient être mis en œuvre dans les pays grands producteurs de maïs comme le Congo (Kinshasa). L'emploi d'appareils portatifs (humidimètres à neutrons) pour mesurer la teneur en eau des sols est d'une valeur inestimable dans les études sur l'utilisation la plus économique de l'eau dans l'agriculture. Ces méthodes sont appliquées depuis quelque temps en Algérie, au Ghana, en Côte d'Ivoire, au Kenya, à Madagascar, au Maroc, au Sénégal, et dans la RAU.

Stagiaires au Centre de radioisotopes du Moyen-Orient pour les pays arabes, en R.A.U. (Photo AIEA/Goldberg).



Des méthodes nucléaires servent aussi dans des études sur la production et la protection des plantes, notamment le cacao, les arachides et le caoutchouc au Ghana, les arachides et le sorgho au Sénégal et les olives en Tunisie. En 1966, l'Agence a établi un programme mondial de recherches coordonnées sur la culture en plantation (cocotiers, cacaoyers, palmiers à huile, oliviers et hévéas) pour déterminer les méthodes les plus rationnelles d'application des engrais, de manière à augmenter les rendements. On espère que plusieurs pays africains y participeront et on a commencé par l'olivier en Tunisie.

Des essais effectués en Libye, en Tunisie et en RAU ont montré que des variétés de blé obtenues par mutation radioinduite sont supérieures aux variétés locales et communes. D'après les renseignements dont on dispose actuellement, on aurait intérêt à implanter ces variétés, en Algérie, en Ethiopie, au Kenya, au Maroc, en Somalie et au Soudan.

On procède à des recherches à une grande échelle en entomologie. On accorde une grande attention aux possibilités de détruire complètement la mouche méditerranéenne des fruits dans des études faites en Tunisie et au Maroc et l'Agence appuie activement des recherches sur l'extermination de la mouche tsé-tsé en Ouganda; elle envisage de faire faire des recherches plus poussées en utilisant tous les moyens de recherche sur la mouche tsé-tsé existant en Afrique. Des études préliminaires ont été entreprises sur le pseudococcus du cacao au Ghana.

L'introduction des radioisotopes en zoologie serait essentielle notamment là où la recherche aiderait à déterminer les facteurs qui diminuent la productivité animale; au Sénégal, on se propose de créer un laboratoire de biochimie animale qui utiliserait les radioisotopes, dans un Institut vétérinaire existant.

Dans la campagne ayant pour but d'augmenter la production agricole, tant par l'accroissement des rendements qu'en évitant des pertes dues aux insectes nuisibles, etc., la méthode des radioisotopes est considérée par les chercheurs comme un instrument utile qui vient s'ajouter à ceux qu'ils ont déjà en main. Pour cette raison l'Agence encourage activement la création de petits laboratoires de radioisotopes dans les centres de recherches agricoles actuels, et lorsqu'il n'en existe pas, dans les facultés d'agriculture des universités nationales. Même si ces laboratoires ne sont pas constamment utilisés, ils devraient être disponibles lorsque le besoin se fait sentir de résoudre des problèmes particuliers. Beaucoup existent déjà et d'autres viennent d'être créés ou le seront bientôt au Soudan, au Nigeria, au Cameroun, en Ouganda, en Côte-d'Ivoire et au Ruanda.

CONSERVATION DES DENREES ALIMENTAIRES

L'emploi des rayonnements ionisants pour la conservation et la désinsection des denrées alimentaires fait l'objet de recherches constantes dans certains des pays avancés du point de vue technique. Au stade actuel, cet emploi devrait, semble-t-il, intéresser tout particulièrement un grand nombre des pays d'Afrique de la zone sèche et de la zone humide. Là où le traitement par le froid est

pratiquement inconnu, il faut utiliser d'autres méthodes pour conserver les denrées alimentaires; l'irradiation provoque moins de modifications du produit brut que la mise en boîte. C'est pourquoi l'Agence souhaite procéder à des études dans les régions d'Afrique où elles se justifient. Certains produits irradiés, comme les pommes de terre, les oignons, le blé, le lard, ont déjà été autorisés pour la consommation dans des pays avancés du point de vue technique. On envisage d'étendre cette autorisation à d'autres produits. Lorsque ce stade sera atteint, il y aura lieu d'entreprendre des expériences pilotes.

CEREALES, FRUITS ET LEGUMES

Il paraît possible du point de vue technique et biologique d'utiliser les rayonnements pour détruire les insectes nuisibles contenus dans les céréales emmagasinées et pour prévenir la germination des pommes de terre et des oignons. On a également beaucoup étudié la possibilité de prolonger la durée de conservation des fruits et légumes frais, à l'aide de méthodes essentiellement fondées sur la destruction des microbes. On pourrait à l'aide des rayonnements ionisants, parvenir à retarder la maturation de certains fruits tropicaux, la banane, la mangue et le papaye en particulier; en poursuivant les recherches il sera peut-être également possible de conserver les jus de fruits en les irradiant. Les recherches en question ont actuellement lieu dans les pays avancés qui disposent des installations, des ressources et du personnel qualifié nécessaires, mais des experts ont récemment émis l'avis que ces travaux devraient, en partie tout au moins, être effectués dans les pays qui produisent les denrées en question et où ces procédés seront appliqués un jour, même si ces pays n'ont pas à l'heure actuelle tous les moyens voulus. En Afrique, il pourrait être souhaitable au début de concentrer dans un centre unique les recherches effectuées pour le compte de nombreux pays ayant les mêmes problèmes à résoudre. L'Institut de recherches sur les denrées tropicales autres que le riz, que la Fondation Ford se propose de créer à Ibadan (Nigeria) pourrait convenir à cet effet.

POISSON

On connaît l'importance des pertes de poisson de mer et d'eau douce causées par les insectes en Afrique. A l'heure actuelle, d'importants travaux de recherche sont entrepris à l'aide des méthodes classiques au Mali, au Niger et dans d'autres pays, et on étudie activement la possibilité d'utiliser les rayonnements pour prévenir ces pertes. L'un des principaux problèmes est d'emballer les denrées irradiées de manière qu'elles ne puissent être à nouveau contaminées. Etant donné que le poisson séché et fumé est facile à transporter, on a récemment recommandé de procéder aux études sur la destruction des insectes nuisibles dans des conditions pratiques en transportant les produits dans des centres de recherche existants où ils seront irradiés. C'est là un autre problème qui pourrait être étudié par l'Institut de recherches de la Fondation Ford. Au titre du Fonds européen pour le développement, on poursuit actuellement en Europe des études pilotes combinant l'irradiation et le traitement par le froid et visant à permettre le transport du poisson entre Abidjan et l'intérieur de la Côte-d'Ivoire, tout en assurant sa comestibilité. La deuxième étape des travaux aura lieu à Abidjan.

VIANDE ET PREPARATIONS DE VIANDE

La radiostérilisation de produits tels que la viande, les os et les poudres de sang étendrait considérablement le marché de ces produits en Europe comme dans les autres continents. Des expériences de laboratoire sur la conservation de la viande, analogues à celles qui sont faites sur le poisson, ont actuellement lieu en Europe, dans le cadre d'un programme d'irradiation pilote dont les phases suivantes se dérouleront au Tchad et qui doit permettre à ce pays d'exporter de la viande dans les pays voisins.

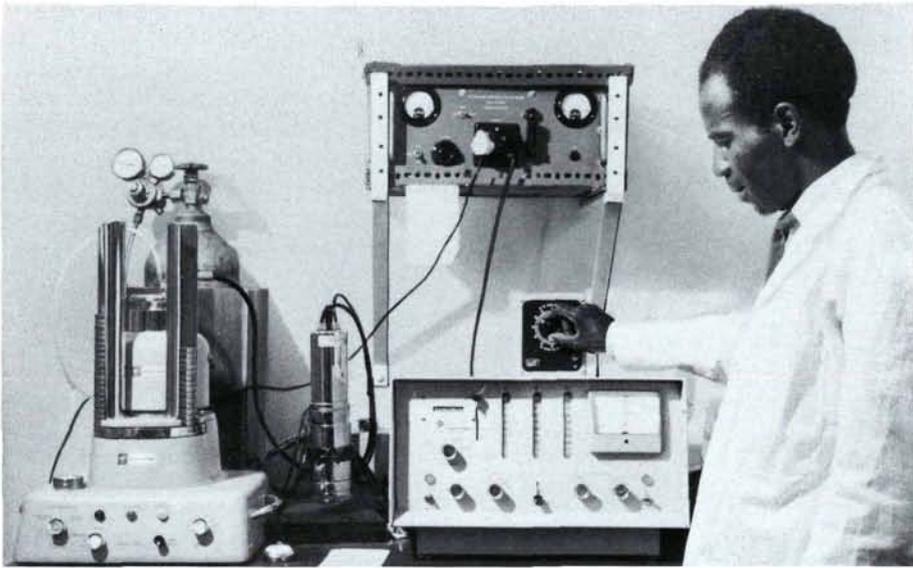
L'irradiation des denrées alimentaires est une technique complexe et, tout en collaborant activement aux recherches nécessaires avant qu'il soit justifié de l'appliquer largement dans les pays en voie de développement, l'Agence apporte une aide positive à un programme restreint de recherche exécuté à Nsukka (Nigeria) et en Tunisie, ainsi qu'à des programmes de formation destinés à faire connaître les possibilités et les limitations de l'irradiation des denrées alimentaires. Un cours de formation sur la question sera organisé, en collaboration avec le Gouvernement des Etats-Unis, pendant l'été de 1967.

APPLICATIONS HYDROLOGIQUES DE L'ENERGIE ATOMIQUE

Des études récentes ont montré qu'en employant les techniques radioisotopiques il est possible d'obtenir au moyen d'efforts relativement faibles et à meilleur compte qu'avec les techniques classiques, des données d'un grand intérêt économique sur les nappes d'eau souterraine dans les zones arides, très précieuses pour l'étude des ressources hydrauliques. A l'aide de ces techniques, il est possible de repérer les sources d'alimentation des nappes et de déterminer la direction et la vitesse du mouvement des eaux souterraines, ce qui facilite la mise en valeur des ressources hydrauliques disponibles. Ces techniques sont actuellement appliquées au Kenya, en RAU et en Tunisie et sont extrêmement utiles pour la prospection de zones dont l'hydrologie est mal connue. C'est actuellement le cas, par exemple, du Niger et du Tchad et d'autres régions de la savane et du sahel. Dans les zones arides et semi-arides, la mise en valeur des eaux souterraines est nécessaire au maintien d'une économie pastorale et nomade viable. Les techniques radioisotopiques peuvent être utilisées avantageusement pour l'évaluation des possibilités d'utilisation à long terme des eaux souterraines. Ces techniques ont également permis de déterminer la possibilité d'utiliser les eaux souterraines pour l'alimentation des villes et elle a donné des résultats particulièrement intéressants à Lusaka (Zambie). Un consultant régional spécialisé dans l'utilisation de l'énergie atomique en hydrologie sera envoyé par l'Agence dans de nombreux pays des zones arides et semi-arides en 1967.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ENERGIE ATOMIQUE

L'industrialisation tient une grande place dans de nombreux programmes de développement de pays d'Afrique. L'utilisation des techniques radioisoto-



A l'Ecole de médecine de l'Université de Lagos (Nigeria), où les méthodes radioisotopiques sont utilisées pour la recherche et le diagnostic.

piques — jauges nucléaires, radiographie, utilisation de radioindicateurs — est un élément essentiel de l'industrie moderne qui présente un intérêt direct pour de nombreux pays d'Afrique. Ces techniques sont couramment utilisées pour la prospection du pétrole et d'autres minéraux, car elles fournissent des données qu'il n'est pas possible d'obtenir autrement. Des travaux récemment exécutés dans la RAU avec l'aide de l'Agence ont fait ressortir la diversité des applications utiles des radioisotopes dans différentes industries. Des expériences au moyen d'indicateurs ont été faites dans différents établissements: champs pétroliers, aciéries, verreries et fabriques d'engrais. La gammagraphie a été également appliquée avec succès à l'analyse non destructive des lingots. Avec la création d'une industrie sidérurgique, l'utilisation des techniques radioisotopiques prendra une grande extension. Les indicateurs sont employés fréquemment pour les mesures de la teneur en eau dans la construction de routes et le traitement des minerais. Au Ghana, on envisage d'inscrire l'emploi de ces techniques dans les projets de développement industriel en cours d'établissement ou d'exécution et les planificateurs ainsi que les industriels et les entrepreneurs d'autres pays devraient également leur accorder leur attention.

APPLICATIONS MEDICALES DE L'ENERGIE ATOMIQUE

Les progrès accomplis par la médecine nucléaire depuis quelques années, dans le domaine du diagnostic et de la thérapeutique notamment, ont contribué à l'amélioration des services et des installations d'hygiène. Les plans nationaux

de développement font une grande place à la construction d'hôpitaux et à la sécurité sociale. Des laboratoires qui utilisent les radioisotopes pour le diagnostic sont déjà en service, dans de nombreux cas grâce à l'aide de l'Agence ; en Afrique du Sud, en Algérie, au Congo (Kinshasa), au Kenya, au Maroc, au Nigeria, en RAU, au Sénégal, au Soudan, en Tunisie et en Ouganda. Des recherches sur les causes de maladies tropicales telles que le cancer du foie, l'anémie à hématies falciformes, et différents types de malnutritions sont entrepris dans tous les pays avec les moyens nécessaires. En Afrique du Sud, au Congo (Kinshasa), au Kenya et en RAU, ces travaux bénéficient d'une aide de l'Agence sous forme de contrats de recherche.

L'exécution de cette tâche exige un personnel expérimenté, des appareils spéciaux ainsi que des mesures satisfaisantes d'hygiène et de sécurité. Les pays d'Afrique peuvent se procurer de plus en plus facilement des appareils à radioisotopes pour l'étude de leurs problèmes médicaux et biologiques, mais avant de le faire ils doivent tenir compte des délais nécessaires pour former du personnel et pour adopter la législation appropriée.

REACTEURS DE RECHERCHE ET FORMATION

En 1966, trois réacteurs de recherche fonctionnaient en Afrique, respectivement situés en Afrique du Sud, au Congo (Kinshasa) et en RAU. Un quatrième est en construction au Ghana et des installations analogues sont en projet dans un ou deux autres pays.

A mesure que l'utilisation de l'énergie atomique se développe dans toute l'Afrique, les besoins en personnel qualifié augmentent. Les sciences nucléaires figurent au programmes des universités nationales des pays suivants :

| | |
|------------------|-----------------------|
| Algérie | Ouganda |
| Congo (Kinshasa) | République Arabe Unie |
| Ethiopie | Rhodésie |
| Ghana | Sénégal |
| Kenya | Tunisie |
| Nigeria | Zambie |

On prévoit d'introduire cette matière aux programmes de l'université en Côte-d'Ivoire. Des professeurs ainsi que du matériel ont été fournis par l'Agence aux universités de Tunisie et d'Ouganda, par exemple, et seront envoyés à l'Université de Khartoum ainsi qu'au Royal College de Nairobi en 1967.

L'Agence fournit également des moyens de formation à tous les échelons scientifiques, depuis celui des techniciens jusqu'à celui des hommes de science et ingénieurs hautement spécialisés dans les divers secteurs des sciences et de la technologie nucléaire en passant par exemple celui des cadres moyens. Avec la collaboration de l'Agence, un centre régional de radioisotopes du Moyen-Orient pour les pays arabes fonctionne en RAU; il est essentiellement destiné à la formation et à des études au moyen d'un réacteur. Avec l'aide de l'Agence,

des cours régionaux de formation ont été organisés au Congo (Kinshasa), en Ouganda et en RAU et un cours régional sur l'entretien et la réparation des appareils de mesures nucléaires destiné aux pays d'Afrique, sera probablement organisé en Sierra Leone au cours de l'année 1968.

Sans doute n'existe-t-il pas actuellement en Afrique de moyens de formation dans les domaines les plus spécialisés de l'utilisation de l'énergie atomique, mais le programme de bourses de l'Agence permet à des Africains d'étudier hors d'Afrique afin de remédier à cette lacune. A ce jour, 225 Africains ont reçu une formation au titre de ce programme. En outre, les spécialistes peuvent se familiariser avec des aspects particuliers de l'utilisation de l'énergie atomique. Des ressortissants du Sénégal et de la Tunisie ont déjà bénéficié de bourses de ce genre.