

NATIONS UNIES
CONSEIL
ECONOMIQUE
ET SOCIAL



53634

Distr.
GENERALE

E/CN.14/INF/33
20 décembre 1968

Original : FRANCAIS/
ANGLAIS



COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE
Neuvième session
Addis-Abéba, 3-14 février 1969
Point 7 f ii) de l'ordre du jour provisoire

NOTE DE L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE (AIEA)
SUR LES APPLICATIONS DE L'ENERGIE ATOMIQUE EN AFRIQUE

APPLICATIONS DE L'ENERGIE ATOMIQUE EN AFRIQUE

Note de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

L'Agence internationale de l'énergie atomique est celle des organisations de la famille des Nations Unies qui a pour tâche, en vertu de son Statut, d'encourager l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques dans ses Etats Membres et d'accomplir toutes opérations ou de rendre tous services utiles à la recherche dans ce domaine, ce qui comprend la fourniture de produits, de services, d'équipement et d'installations. Elle a également pour attributions de favoriser l'échange de renseignements scientifiques et techniques sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques et de développer les échanges et les moyens de formation de savants et de spécialistes dans ce domaine.

Sont Membres de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) les pays africains dont les noms suivent :

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

L'AIEA a conclu un accord avec l'Organisation de l'Unité africaine et elle espère collaborer avec cette organisation et avec ses Commissions compétentes pour les questions d'intérêt commun; au nombre de ces questions figure un colloque sur les applications de l'énergie atomique en Afrique qui se tiendra à Kinshasa pendant l'été de 1969.

L'aide est fournie au titre d'un programme ordinaire d'assistance technique dont peuvent profiter tous les Etats Membres de l'Agence; tous les Etats Membres de la CEA peuvent aussi recevoir une aide de l'Agence au titre du Programme des Nations Unies pour le développement. La signature du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires n'est pas une condition nécessaire pour recevoir une assistance.

Dans la pratique en ce qui concerne l'Afrique, l'aide que fournit l'AIEA, toujours avec l'accord des gouvernements intéressés, est liée à la mise en oeuvre de plans nationaux de développement économique et social et vise en partie à faire en sorte qu'il soit tenu compte des possibilités offertes par les applications pacifiques de l'énergie atomique dans l'établissement et la mise à jour des plans. D'une manière générale les applications pacifiques de l'énergie atomique ne jouent pas un rôle isolé dans le développement économique, mais sont des moyens auxiliaires importants pour le développement de l'alimentation et de l'agriculture, l'exploration et la mise en valeur des ressources naturelles et minérales, le diagnostic et la thérapie et divers processus industriels. Les possibilités de l'atome pour produire de l'énergie électrique sont reconnues par les planificateurs économiques même là où il existe d'abondantes ressources de houille blanche ou d'hydrocarbures.

Pour déterminer l'avancement des programmes énergétiques nucléaires en Afrique, l'AIEA a envoyé, de 1960 à 1962, des missions dans les pays suivants :

<u>1960</u>	<u>1961</u>	<u>1962</u>
Soudan	Libéria	Togo
Maroc	Ghana	Cameroun
Tunisie	Nigeria	Congo (Kinshasa)
Sénégal	Côte-d'Ivoire	Madagascar
Mali		Tanzanie
		Ouganda
		Kenya

Des rapports ont été communiqués aux gouvernements. Des missions analogues ont suivi, environ tous les deux ans après l'envoi de la première mission.

La présente note (dans laquelle l'Agence donne seulement des exemples et ne prétend pas faire l'inventaire complet de toutes les activités menées en Afrique dans le domaine de l'énergie atomique) décrit brièvement l'état actuel du développement de certaines techniques nucléaires applicables en Afrique et a pour objet de signaler certains secteurs dans lesquels ces techniques pourraient présenter des avantages pratiques pour le développement économique et social de certains pays.

I. Matières nucléaires

En 1967, l'Afrique - principalement l'Afrique du Sud et le Gabon - a produit environ 19 % de l'uranium extrait dans le monde, soit près de 4 000 tonnes de U_3O_8 . En réponse à une demande croissante d'énergie d'origine nucléaire, la production de l'uranium et la capacité d'extraction en projet sont en augmentation. Rien qu'en Afrique du Sud, on pense que la production d'uranium dépassera en 1968 l'équivalent de 4 000 tonnes de U_3O_8 . Ce chiffre est encore bien au-dessous des possibilités à court terme de production annuelle de l'Afrique du Sud, qui sont évaluées à quelque 6 000 tonnes de U_3O_8 , et il est prévu que la production atteindra effectivement ce niveau avant 1975. En outre, il est probable que la capacité de production annuelle du Gabon, du Niger et peut-être de la République Centrafricaine atteindra environ 3 000 tonnes de U_3O_8 en 1974-75.

Les prix payés pour l'uranium actuellement produit sont encore principalement fondés sur des contrats à long terme anciens, mais il est probable que les négociateurs de nouveaux contrats jouiront d'une plus grande liberté et que le prix s'établira entre 5 et 8 dollars la livre d'oxyde d'uranium contenue dans des concentrés. Pour les contrats en cours de négociation, il se peut que les prix se situent principalement vers le milieu de cet intervalle, mais on pense qu'entre 1970 et 1975 ils se placeront dans la moitié supérieure du même intervalle.

Les renseignements les plus récents sur l'offre et la demande futures d'uranium indiquent que, dans la catégorie correspondant à un coût inférieur à dix dollars la livre de U_3O_8 , on peut considérer que les "réserves sur lesquelles on peut raisonnablement compter" dans les pays occidentaux sont d'environ 700 000 tonnes de U_3O_8 . Une quantité supplémentaire de 126 000 tonnes de U_3O_8 pourrait être disponible dans cette catégorie de coût comme sous-produit de l'exploitation d'autres minéraux. On pense pouvoir disposer de plus grandes quantités d'uranium dans les catégories de coût plus élevé.

On estime que la puissance nucléaire installée mondiale, qui est actuellement d'environ 18 000 MW(e), passera à un chiffre compris entre 235 000 et 330 000 MW(e) en 1980. Cette augmentation rapide de la puissance nucléaire se traduira par un accroissement parallèle de la demande d'uranium. D'après les évaluations, la consommation annuelle d'uranium passera de quelque 13 000 tonnes en 1970 à un chiffre compris entre 34 000 et 46 000 tonnes en 1975 pour atteindre de 65 000 à 86 000 tonnes en 1980.

En prenant ces chiffres pour base, et en les extrapolant au-delà de 1980, on estime qu'il est urgent de découvrir et de mettre en valeur de nouveaux gisements d'uranium de faible coût. Etant donné que le temps qui s'écoule entre la découverte de réserves nouvelles et la production effective est normalement d'au moins cinq ans et qu'il est souvent proche de dix ans, il importe d'entreprendre le plus tôt possible l'exécution de nouveaux programmes d'exploration et de prospection de l'uranium.

Les gisements d'uranium, déjà connus et exploités en Afrique, ont été découverts à la suite de travaux de recherche limités et il ne fait guère de doute qu'une prospection plus intense, en particulier dans les régions qui n'ont pas encore été explorées, permettra de découvrir de nouveaux gisements de minerais d'uranium. L'exploration de ces régions est en cours ou est prévue dans les pays suivants : Afrique du Sud, Congo (Kinshasa), Ethiopie, Gabon, Haute-Volta, Kenya, Maroc, Niger, Nigeria, République Arabe Unie, République Centrafricaine, Sénégal, Somalie, etc. En outre, la possibilité d'une récupération rentable de l'uranium comme sous-produit

de la production d'engrais à partir des phosphates naturels est à l'étude au Sénégal et en Tunisie et elle l'a déjà été en Algérie, au Maroc et en R.A.U. Le coût de production de cet uranium n'est pas intéressant vu les prix actuels de l'uranium, mais cette situation pourrait changer avec l'évolution de l'offre et de la demande ou avec l'amélioration des techniques d'extraction qui permettra de réduire ce coût.

Les faits qui viennent d'être signalés sont importants pour l'Afrique, soit que des centrales électriques soient exploitées dans cette partie du monde avant la fin du siècle, soit que l'on mette en valeur et en exploitation des gisements de minerai d'uranium en prévision de l'augmentation anticipée de la demande industrielle qui peut être une importante source de devises.

En ce qui concerne le thorium, qui peut aussi être employé comme combustible pour la production d'énergie d'origine nucléaire, des recherches considérables sont en cours dans différents pays en vue d'utiliser ce métal dans des réacteurs électrogènes, mais son emploi généralisé et rentable semble encore appartenir à un avenir assez éloigné. Les réserves de thorium ne manquent pas dans le monde et il semble peu probable que l'exploitation de nouveaux gisements puisse avoir des débouchés à l'heure actuelle. Toutefois, il faudrait évaluer et enregistrer tous les gisements de thorium qui seraient découverts au cours d'un programme de prospection des matières premières nucléaires.

II. Electricité d'origine nucléaire

L'Afrique possède un immense potentiel hydroélectrique, comme en témoigne le nombre des importants ouvrages hydroélectriques déjà construits, en construction ou en projet - près de 40 millions de kW répartis entre huit centrales seulement. En outre, il existe d'importants gisements de pétrole et de gaz naturel dans les zones arides, ainsi que dans les zones adjacentes à celles qui possèdent des ressources hydrauliques. Toutes ces possibilités sont largement supérieures aux besoins actuels du continent. Des interconnexions d'un pays à l'autre commencent seulement d'être établies et leurs perspectives sont très bonnes. Si les dépenses d'investissement

afférentes à la construction de centrales hydroélectriques et de lignes de transport continuent à s'élever, il est à noter que les progrès techniques récents sont tels que le prix de revient de l'électricité d'origine nucléaire se trouvera bientôt à égalité avec celui de l'électricité d'origine classique, dans les pays développés tout au moins. Il n'y a actuellement égalité que pour de grandes centrales de 500 000 à 1 million de kW exploitées avec des facteurs de charge élevés. Pour les installations de cette catégorie, les coûts de construction varient entre 140 dollars et 200 dollars le kW, mais ces coûts unitaires seraient sensiblement plus élevés pour des centrales dont la puissance ne dépasserait pas 300 000 kW. En Afrique la demande porte sur des réseaux peu étendus à charge relativement faible; même si des industries dans lesquelles l'énergie est la "matière première" principale s'y implantent, les centrales hydrauliques et thermiques en service et en projet devraient pouvoir satisfaire les besoins énergétiques dans un avenir prévisible.

Il existe des cas où l'électricité d'origine nucléaire pourrait répondre le mieux à des besoins particuliers. La R.A.U. étudie le projet d'une centrale nucléaire de 150 MW(e) qui serait intégrée au réseau. Dans un rapport récent, l'Afrique du Sud est parvenue à la conclusion que l'électricité d'origine nucléaire serait compétitive pendant les premières années si une centrale de 200 à 350 MW était mise en service dans la partie occidentale de la province du Cap entre 1978 et 1980. Ce sont les seuls projets qui tendent à intégrer une centrale nucléaire à un réseau en Afrique et que l'on connaisse.

Il se peut toutefois, que l'on atteigne un meilleur facteur de charge dans les régions où les besoins en eau douce nécessiteront la construction d'usines mixtes qui dessaleront de l'eau saumâtre et produiront en même temps de l'énergie électrique. Des études sur la possibilités de construire des usines nucléaires à ces deux fins ont été effectuées, avec la participation de l'AIEA, aux Etats-Unis, en Israël et au Mexique. Après avoir étudié la possibilité d'utiliser l'électricité d'origine nucléaire pour

le dessalement de l'eau de mer, l'Afrique du Sud est parvenue à la conclusion que dans aucune région de pays l'eau douce obtenue de cette manière ne pourrait concurrencer l'eau naturelle avant de nombreuses années. En R.A.U., on étudie le projet d'une usine de dessalement d'eau de mer et d'un réseau d'irrigation pilote qui constituerait l'amorce d'un projet beaucoup plus vaste visant à construire un grand centre agro-industriel doté d'un réacteur de 500 MW.

Les comptes rendus des réunions africaines sur l'énergie électrique, tenues sous les auspices de la CEA et de la CEE soulignent que les services du plan des pays membres auraient intérêt à suivre de près les progrès technologiques dans le domaine de l'électricité d'origine nucléaire. L'AIEA fournira des renseignements sur le prix de revient de l'électricité d'origine nucléaire à la deuxième réunion africaine sur l'énergie qui aura lieu sous les auspices de la CEA en 1970; elle est également disposée à entreprendre des études dans des régions déterminées, mais d'ores et déjà il ne fait pas de doute que la demande d'électricité s'accroîtra et qu'en établissant les plans d'un nouveau programme de production d'électricité tout pays en voie de développement devrait comparer les prix de revient, à la fois effectifs et extrapolés, de l'énergie de toutes origines, y compris l'origine nucléaire.

III. Utilisation des techniques nucléaires dans les plans de développement agricole

L'agriculture occupe une place prépondérante dans l'ensemble de l'économie africaine, mais la production agricole ne suit pas le rythme de l'accroissement démographique et elle ne suffit pas à satisfaire la demande qui résulte du besoin de consommer davantage et de celui d'améliorer le niveau de nutrition. Dans les plans de développement pour l'Afrique, la majorité de ceux qui concernent l'agriculture visent essentiellement à accroître les rendements de la production pour la consommation intérieure et l'exportation et à moderniser les techniques agricoles, y compris les possibilités de transformer les produits agricoles sur place. Le succès de

ces programmes a une importance vitale, tant à l'échelon des pays qu'à celui du continent. Ces programmes sont constitués par des projets qui comportent eux-mêmes différents travaux et c'est pour l'exécution de ces travaux que l'utilisation de l'énergie atomique, sous forme de radioisotopes et de rayonnements, joue un rôle important. Cela s'applique particulièrement aux recherches indispensables à la production et à la protection végétales et animales ainsi qu'à la préservation et à la conservation des denrées alimentaires. Dans des rapports publiés récemment, la BIRD et l'OCDE ont souligné la nécessité d'améliorer les programmes de recherches destinés aux pays en voie de développement et de mettre au point un système qui permettrait de coordonner les recherches faites dans les pays avancés et celles qui sont exécutées dans des établissements de pays en voie de développement. La plupart des travaux de recherche fondamentale faisant appel à l'énergie atomique, qui pourraient aider à résoudre les problèmes de l'agriculture africaine, sont exécutés dans des établissements de pays avancés; toutefois, compte tenu de la nature des problèmes particuliers à l'agriculture tropicale, les recherches appliquées qui sont nécessaires doivent être exécutées sur place. Dans la plupart des cas, cela signifie qu'il faudra adjoindre les installations nécessaires, par exemple de petits laboratoires de radioisotopes, aux centres de recherches agricoles ou, s'il n'en existe pas, aux 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. Les frais d'installation de ces laboratoires sont peu élevés entre 8 000 et 10 000 dollars environ. Des établissements de ce genre existent déjà en Tunisie, au Sénégal, au Cameroun, en Côte-d'Ivoire, au Ghana, à Madagascar, au Kenya, en Ouganda, en R.A.U. et en Afrique du Sud; avec l'aide de l'Agence, on en aménage actuellement au Soudan, au Maroc, au Nigeria et en Zambie.

Les vastes programmes d'application d'engrais actuellement en cours d'exécution sont facilités par des études sur l'efficacité de l'utilisation des engrais, c'est-à-dire, sur les conditions d'épandage, l'époque d'application et la forme chimique appropriées. Des engrais radioactifs ont été utilisés par exemple pour des programmes de l'AIEA visant à améliorer

la fixation des engrais chez les arbres cultivés en plantation. Des études sont entreprises sur le cacaoyer (Ghana), le palmier à huile (Côte-d'Ivoire), le sorgho et l'arachide (Sénégal), la caféier (Kenya) et l'olivier (Tunisie). Il pourrait être utile de procéder à d'autres essais sur l'arachide et le maïs au Ghana et au Congo (Kinshasa), et de les étendre notamment à la culture du palmier à huile. Ces travaux devraient être coordonnés au programme actuellement entrepris pour développer cette production en Côte-d'Ivoire, au Cameroun, au Congo (Kinshasa) sous les auspices du FEDOM. On espère ultérieurement inclure la culture du théier dans le programme de recherches entrepris au Kenya et en Ouganda. L'emploi d'appareils portatifs (humidimètres à neutrons) pour mesurer la teneur en eau du sol a un immense intérêt, tout en étant relativement simple. Ce genre de méthode est maintenant couramment appliqué dans certaines parties de l'Afrique, mais pourrait être étendu, dans le cadre d'un programme de l'AIEA, à d'autres régions où des programmes de reboisement et de remise en valeur du sol sont en cours d'exécution, au Nigeria, au Ghana et au Malawi, par exemple.

Des essais effectués en Libye, en Tunisie et en R.A.U. ont montré que des variétés de blé dur obtenues par mutations radioinduites sont supérieures dans une proportion allant jusqu'à 44 % aux variétés locales et communes. Les variétés utilisées avaient été obtenues en Italie. Ces variétés font maintenant aussi l'objet d'essais en Algérie, en Ethiopie, au Kenya, au Maroc et au Soudan.

Des essais de différentes variétés, dont les précédentes, qui ont été effectués dans des établissements de recherche situés en dehors de l'Afrique, ont fait ressortir qu'en développant la recherche il est possible d'augmenter les rendements. On devrait encourager l'application des techniques nucléaires à d'autres plantes de grande culture comme le blé, les herbacées, les légumineuses et les oléagineux, en faisant appel au réseau d'établissements de recherche qui existe déjà en Afrique.

Les techniques nucléaires employées en entomologie comprennent l'utilisation de rayonnements pour provoquer la stérilité (lâcher de mâles stérilisés) et celle des radioisotopes comme indicateurs (marquage des mouches). La première méthode a été appliquée avec succès contre la lucilie bouchère dans le sud-est des Etats-Unis et des recherches actives sont entreprises dans la République Centrafricaine et les pays de la Communauté d'Afrique orientale en vue de l'utiliser contre la mouche tsé-tsé. Il s'agit là d'un programme à long terme ayant pour objet de détruire complètement l'insecte nuisible. Des recherches visant à utiliser les rayonnements contre la mouche méditerranéenne des fruits sont effectuées en Tunisie avec une assistance bilatérale; des études semblables pourraient être étendues au parasite de crotalaria juncea au Maroc. L'AIEA effectue, au Ghana, des études sur l'emploi de radioindicateurs dans la lutte contre le pseudococcus du cacaoyer. On utilise fréquemment des insecticides marqués au moyen d'un ou de plusieurs radioisotopes pour étudier la résistance des insectes à l'insecticide, la physiologie normale de l'insecte et l'importance des résidus de pesticides sur les aliments d'origine végétale et animale. Des études vont être entreprises par l'AIEA en Ouganda; il pourrait être utile d'en commencer en Afrique centrale et occidentale.

Les techniques nucléaires font l'objet d'une application intensive dans le secteur de la production animale et de la lutte contre les maladies des animaux d'élevage. Dans ce domaine, des programmes à long terme ayant pour objet la production de vaccins sont entrepris au Sénégal où on se propose de créer un laboratoire de biochimie animale qui utiliserait les radioisotopes, dans un institut vétérinaire déjà existant. En 1969, un organisme régional pour l'Afrique orientale, dont la base sera au Kenya, installera un irradiateur pour étudier l'efficacité des vaccins obtenus par irradiation dans la lutte contre certaines maladies comme la theilériose et la trypanosomiase. Pour lutter efficacement, à l'aide des méthodes classiques et nucléaires, contre les maladies de l'homme et des animaux en Afrique orientale il faudrait que le personnel technique qui exécute les différentes parties du programme, médecins, entomologistes, vétérinaires, etc. étudient de concert l'ensemble du problème de la lutte contre la mouche tsé-tsé et de l'extermination de cet insecte.

IV. Conservation des denrées alimentaires

L'un des principaux objectifs de la politique nationale, dans les pays tropicaux en particulier, est la prévention des pertes de denrées alimentaires. Par exemple, d'après des estimations qui ont été faites, les pertes annuelles de grains en Afrique suffiraient à nourrir 55 millions d'individus. Dans les pays avancés comme dans les pays en voie de développement, de grands efforts sont accomplis sur le plan de la recherche et sur celui de la planification afin de prévenir ces pertes. On peut à cet effet utiliser les rayonnements ionisants, méthode qui d'après les recherches altère peu la qualité des denrées non préparées comme les fruits, les légumes et la viande. On peut débarrasser les céréales et autres produits en grains des insectes qu'ils contiennent en les faisant passer en vrac dans un irradiateur. Ce traitement donne les meilleurs résultats lorsqu'il est utilisé pour des produits se prêtant à une manipulation en masse et qu'il est appliqué pendant une grande partie de l'année; ce n'est pas un procédé qui peut être utilisé pour traiter saisonnièrement de petites quantités de produits. Par exemple, on peut considérer que pour être rentable, il devrait être appliqué à 30 tonnes de blé à l'heure et à 1 million de tonnes de viande par année. Le coût de l'installation initiale est élevé et il pourrait être souhaitable de concentrer le matériel dans quelques centres qui travailleraient pour le compte de plusieurs pays dont les produits sont les mêmes. Comme les autres méthodes de traitement des denrées alimentaires, ce traitement par irradiation ne peut pas toujours être appliqué à tous les produits. Par exemple, il est d'une application limitée pour les produits laitiers, mais il permet de prévenir la germination de la pomme de terre, de l'oignon et de l'ail, et de retarder la maturation de la banane, de la mangue et de la papaye.

Céréales, fruits et légumes : les recherches 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.

L'AIEA apporte son concours à des expériences d'irradiation en laboratoire faites en Tunisie pour empêcher la germination des pommes de terre, à Madagascar pour prolonger la durée de conservation des litchis et d'autres fruits, et en vue de la lutte contre la maladie de l'arachide au Nigeria. On espère pouvoir un jour faire des recherches plus intensives à plus grande échelle à l'Institut de recherches sur les denrées tropicales autres que le riz que la Fondation Ford est en train de faire construire à Ibadan (Nigeria).

Poisson : A l'heure actuelle, d'importants travaux de recherche sur les pertes de poisson de mer et d'eau douce causées par les insectes sont entrepris à l'aide des méthodes classiques au Mali, au Niger et dans d'autres pays. 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 et tant qu'on n'aura pas trouvé un emballage à l'épreuve des insectes et peu coûteux, il ne vaudra pas la peine d'utiliser les rayonnements. 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 préparations de viande : La radiostérilisation des farines de sang, d'os et de viande 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 on ne peut pas considérer que le traitement par les rayonnements constitue une panacée pour tous les problèmes relatifs aux denrées alimentaires ni même qu'il peut remplacer dans tous les cas les méthodes classiques actuellement appliquées. Il faut tenir compte de certains problèmes économiques

ainsi que de l'utilisation d'un matériel mécanique de manutention. Les applications qui ont été décrites doivent être essayées au cours de recherches faites dans les conditions particulières dans lesquelles le procédé sera utilisé. En raison de l'augmentation du rendement due à des campagnes d'application d'engrais et à la plus grande efficacité de la lutte contre les maladies, les besoins de moyens de stockage augmenteront. Il devient donc de plus en plus important d'entreprendre des recherches appliquées sur la conservation des denrées alimentaires.

V. Applications industrielles des radioisotopes

Dans de nombreux pays africains l'industrie utilise couramment les radioisotopes pour l'analyse ou le contrôle de la qualité lorsque les jauges à radioisotopes permettent de faire des mesures rapides qui n'étaient pas possibles autrefois, ce qui entraîne une amélioration du produit et une économie de matières premières; c'est le cas des manufactures de tabac, des brasseries et du conditionnement des denrées alimentaires. Pour ce qui est de la mise en valeur des ressources minérales, les méthodes nucléaires sont actuellement utilisées à la fois pour la prospection et pour l'analyse sur le terrain. Le traitement par les rayonnements de composés bois-matières plastiques a donné lieu à des expériences, dont la réalisation en est à un stade avancé, en vue de durcir les bois tendres tropicaux par irradiation afin de pouvoir les utiliser pour la construction de logements et autres bâtiments. On espère qu'en fin de compte ce traitement se révélera avantageux, en particulier dans les régions marécageuses d'Afrique occidentale où poussent des mangliers. Le traitement de textiles et d'une large gamme de produits chimiques par les rayonnements est un domaine dans lequel les applications de la technologie nucléaire se multiplient rapidement. Les techniques nucléaires sont d'application courante dans l'industrie du cuivre du Congo (K) et de la Zambie, dans l'industrie du verre et dans les usines de production d'engrais de la R.A.U.; des expériences de mesure de l'épaisseur et d'essai non destructif ont été faites sur diverses substances au Kenya et en Tunisie. Avec la création d'une industrie sidérurgique, l'utilisation des techniques radioisotopiques, dont beaucoup sont couramment pratiquées dans ce domaine,

prendra une grande extension. Les indicateurs ont été employés pour les mesures de la teneur en eau des terres pour la construction de routes, par exemple au Kenya, en Tunisie et en R.A.U. Les planificateurs ainsi que les industriels et les entrepreneurs devraient prendre en considération l'emploi de ces techniques dans les projets de développement industriel en cours d'établissement ou d'exécution en Afrique.

VI. Utilisation des techniques nucléaires dans la mise en valeur des ressources hydrauliques

Des études récentes ont montré qu'en employant les techniques radio-isotopiques il est possible d'obtenir au prix 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 souterraines dans les zones arides, très précieuses pour l'étude des ressources hydrauliques. A l'aide de ces techniques, il est possible de repérer la source 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. Le large éventail de ces techniques et de leurs applications apparaît dans les travaux actuellement entrepris par l'AIEA (en collaboration avec l'OMS, l'UNESCO et la FAO) dans le cadre de projets visant à découvrir les ressources en eau souterraine de la région du Hodna en Algérie et dans les travaux qui seront bientôt mis en oeuvre dans le Sahara septentrional aux confins de l'Algérie et de la Tunisie. Dans le cadre de projets concernant le Tchad et le bassin du Sénégal, on s'efforce activement d'évaluer les ressources hydrauliques exploitables pour l'irrigation et l'élevage et à d'autres fins. 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. En Ouganda et dans le cadre du projet relatif à la vallée du Dallol Maouri au Niger, on utilise les techniques radio-isotopiques pour évaluer les possibilités d'utilisation à long terme des eaux souterraines.

Les radioisotopes sont importants pour la mesure du débit solide des cours d'eau en Afrique; le stockage de l'eau dans des réservoirs en prévision de la saison sèche est essentiel pour le développement de ces régions; or, la durée d'utilisation de ces réservoirs est écourtée par les alluvions dans des proportions qui ne peuvent être prévues. Au Kenya et en Afrique du Sud, on mesure les niveaux et les débits des cours d'eau au moyen des radioisotopes. On étudie la possibilité de les utiliser aussi pour les mesures du niveau et du débit du Mubuku en Ouganda ainsi que du Kafue et du lac de même nom en Zambie; en outre, on espère entreprendre des études sur la possibilité d'employer les radioisotopes dans la région marécageuse du lac Bangweulu en Zambie.

A Dakar, à Kampala et dans plusieurs autres capitales, des études sur les réseaux de distribution d'eau et d'assainissement sont entreprises avec le concours de l'OMS. Les isotopes jouent un double rôle : ils servent, premièrement à déterminer le potentiel technique et économique des ressources hydrauliques pour l'alimentation de la ville et, deuxièmement, à faire des recherches sur les facteurs qui déterminent la meilleure méthode d'évacuation des eaux usées dans la mer ou le lac. Les mêmes techniques seront appliquées au Maroc dans le cadre d'une enquête nationale sur les réserves d'eau potable et, plus particulièrement, sur le plan d'évacuation et de purification des eaux usées et d'élimination des ordures ménagères dans la région côtière. Ces applications des radioisotopes sont confiées à des sous-traitants et on prévoit qu'elles seront étendues à l'exécution de beaucoup d'autres projets en Afrique, tant en ce qui concerne le développement agricole que la reconstruction urbaine.

VII. Applications médicales et biologiques des radioisotopes

Les progrès accomplis en médecine nucléaire depuis quelques années ont contribué à l'amélioration des services et des installations d'hygiène, et des laboratoires et dispensaires qui utilisent les radioisotopes à des fins médicales ont été créés dans de nombreux centres médicaux d'Afrique, en particulier dans ceux qui ont été créés auprès de facultés de médecine, par exemple en Ouganda, au Sénégal, en Afrique du Sud, au Soudan et au Nigeria.

Le nombre des installations de radiothérapie augmente; elles sont en service en R.A.U., au Maroc, au Soudan, en Algérie, en Afrique du Sud, au Congo (K) et au Nigeria. Il est prévu d'en mettre en place en Ouganda, en Tunisie, au Ghana et en Côte-d'Ivoire. Des recherches au moyen de radioisotopes sur les causes de maladies tropicales telles que le cancer du foie, l'anémie à hématies falsiformes, et différents types de malnutritions sont entreprises dans tous les pays avec les moyens nécessaires.

L'exécution de cette tâche exige un personnel expérimenté, des appareils spéciaux ainsi que des mesures satisfaisantes d'hygiène et de sécurité. Avec l'aide de l'AIEA des mesures appropriées ont été prises, notamment en matière de législation, en Tunisie, au Ghana, en Algérie, en R.A.U., au Soudan et en Ouganda. Les effets biologiques des rayonnements ionisants sont utilisés dans les domaines suivants : amélioration des plantes, entomologie, conservation des denrées alimentaires, radiostérilisation des produits biomédicaux et microbiologie. En 1970, l'AIEA espère étudier, avec les gouvernements intéressés, le rôle de la radiobiologie dans certains milieux africains, mais avant d'entreprendre cette étude et de créer des installations de radioisotopes dans toute l'Afrique, il faut tenir compte des délais nécessaires pour former du personnel et créer l'infrastructure appropriée.

VIII. Personnel - Réacteurs de recherche et formation

Il n'est pas douteux que la réalisation d'un programme d'applications des techniques nucléaires exige du personnel qualifié. C'est ainsi qu'il faut environ 100 ingénieurs et techniciens spécialisés pour faire marcher une centrale nucléaire de 500 MW. Pour exploiter un réacteur de recherche, il faut faire appel aux services d'un nombre considérable de scientifiques qualifiés et d'un nombreux personnel auxiliaire technique et autre. Les ingénieurs et les scientifiques doivent avoir reçu une formation supérieure fondée sur de solides connaissances des sciences fondamentales. Dans tous les pays d'Afrique, on s'efforce de donner un enseignement scientifique de base et un enseignement supérieur d'un niveau aussi élevé que possible.

Dans ce contexte, les sciences nucléaires figurent au programme des universités nationales des pays suivants :

Afrique du Sud	Nigeria
Algérie	Ouganda
Congo (Kinshasa)	République Arabe Unie
Ethiopie	Sénégal
Ghana	Sierra Leone
Kenya	Soudan
Madagascar	Tunisie
Maroc	Zambie

On prévoit d'introduire cette matière aux programmes de l'université en Côte-d'Ivoire et dans d'autres pays. Les services de professeurs ainsi que du matériel ont été fournis par l'Agence, par exemple aux universités du Soudan, de Tunisie et d'Ouganda et le seront à l'Université de Zambie en 1969. Etant donné la tendance de plus en plus marquée à offrir un enseignement complet dans tous les pays, il faudra répondre à la nécessité d'introduire les techniques nucléaires tant dans l'application des techniques que comme instrument de recherche.

En 1968, trois réacteurs de recherche fonctionnaient, au Congo (K), en Afrique du Sud et en R.A.U. Grâce à ces machines les scientifiques disposent d'un outil scientifique dans leur milieu national et, indépendamment du fait qu'elles permettent de produire des radioisotopes et de procéder à des irradiations, elles aident les pays à conserver leurs scientifiques. Un réacteur de recherche, non compris la bâtiment qui l'abrite, coûte 500 000 dollars. Malgré ce prix, il est important de prévoir une machine de ce genre dans les programmes nationaux d'enseignement et de recherche; en effet, les besoins en personnel scientifique sont tels que, s'il n'en était pas ainsi, les hommes de science risqueraient d'être affectés à des travaux présentant une priorité moindre.

Pour ce qui est de l'enseignement supérieur et très spécialisé, l'AIEA peut le dispenser à tous les candidats ou travailleurs de toutes les catégories depuis les techniciens jusqu'aux scientifiques et ingénieurs hautement spécialisés dans les diverses branches des sciences et de la technologie nucléaires en passant par les cadres moyens. Le génie nucléaire est actuellement enseigné non seulement en Afrique du Sud et en R.A.U., mais au University College de Nairobi (Kenya). A ce jour, 330 Africains ont reçu une formation au titre du programme de bourses de l'AIEA qui permet d'étudier hors d'Afrique. En outre, les spécialistes peuvent recevoir des bourses pour faire des voyages d'étude au cours desquels ils peuvent se familiariser avec des aspects particuliers de l'énergie atomique. Des ressortissants de nombreux pays, notamment de l'Ethiopie, du Sénégal, du Soudan et de la Tunisie, ont déjà bénéficié de bourses de ce genre.

Vienne, décembre 1968.