

# Le système international d'information de l'Agence sur la géologie de l'uranium

---

par Linda Trocki

## INTRODUCTION

L'Agence internationale de l'énergie atomique a rassemblé un volume considérable de renseignements sur la géologie de l'uranium dans le monde. La collecte et la diffusion de toutes ces données servent notamment à l'administration de projets d'assistance technique dans les pays en développement, à la publication, en collaboration avec l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, du rapport "Uranium: ressources, production et demande", à l'organisation de colloques sur les ressources en uranium et le développement de celles-ci, ainsi qu'à une participation effective au Projet international d'évaluation des ressources en uranium.

Pour favoriser ces activités, l'Agence rassemble également des rapports techniques, des cartes, des coupures de presse et autres documents concernant la géologie, la prospection et l'extraction de l'uranium dans les pays en développement et, dans une moindre mesure, dans les autres pays. Cette masse de renseignements ainsi rassemblée est classée dans des dossiers par pays et est utilisée par l'Agence pour ses projets d'assistance technique et son travail d'évaluation des ressources. Toutefois, un système de classement manuel n'offre guère de possibilités. Une recherche documentaire sérieuse pour déterminer, par exemple, l'état actuel de la prospection de l'uranium dans les pays en développement ou l'emplacement des grands gisements d'uranium dans le monde demande jusqu'à une semaine de recherche. Or c'est là le type de questions auquel doit répondre l'Agence.

L'Agence a entre autres fonctions celle de fournir aux Etats Membres des renseignements concernant tous les aspects du cycle du combustible nucléaire. Pour remplir cette tâche et pour satisfaire à ses besoins internes en informations sur les ressources en uranium, il lui faut créer un système de stockage et de recherche de l'information

- qui stocke de façon systématique la substance des rapports, cartes et autres documents les plus importants relatifs aux ressources en uranium,
- qui soit facilement accessible à l'Agence et aux Etats Membres,
- qui soit indexé non seulement par pays mais selon une multitude de rubriques différentes, ce qui permet de retrouver facilement tout renseignement souhaité.

Il est actuellement procédé à l'établissement d'un système de classement automatique qui, pour satisfaire à ces conditions, fonctionne de la façon suivante: 1) tout renseignement intéressant est d'abord extrait des publications et cartes, puis il est stocké de façon systématique dans l'ordinateur; 2) l'accès à cette information se fait grâce à des terminaux qui se trouvent au Siège de l'Agence; les Etats Membres pourraient y avoir accès au moyen

---

Mlle Trocki est une ancienne fonctionnaire de la Division de l'énergie d'origine nucléaire et des réacteurs de l'AIEA.

de liaisons de télécommunication; 3) quelques secondes suffisent pour entreprendre des recherches sur l'ensemble des données et en extraire le renseignement désiré.

Le traitement automatique des données permet en outre d'analyser ou d'évaluer l'information sur le champ. L'évaluation des ressources (à savoir une estimation du volume des ressources naturelles exploitables dans une région donnée) repose sur un volume énorme de renseignements et les ordinateurs jouent un rôle de plus en plus important dans le domaine du traitement des données. De plus, en tant qu'organisation internationale de l'énergie nucléaire, l'Agence procède à des évaluations de l'ensemble des ressources mondiales en uranium pour chercher à déterminer si l'offre mondiale pourra dans l'avenir satisfaire à la demande. Le même type d'activité est entrepris par différentes organisations qui sont également en train de constituer des fichiers mis sur ordinateur sur les ressources mondiales en charbon, en pétrole et en énergie géothermique. Le fichier de la géologie de l'uranium complètera ces autres fichiers sur les ressources en énergie; utilisés ensemble, ils permettraient d'établir de façon coordonnée l'offre mondiale en énergie. Ce fichier complètera également la Banque de données énergétiques et économiques de l'AIEA.

### L'ESTIMATION DES RESSOURCES MONDIALES EN URANIUM

Les ressources futures en uranium ne proviendront pas seulement des gisements que l'on connaît aujourd'hui mais également de gisements qui n'ont pas encore été découverts.

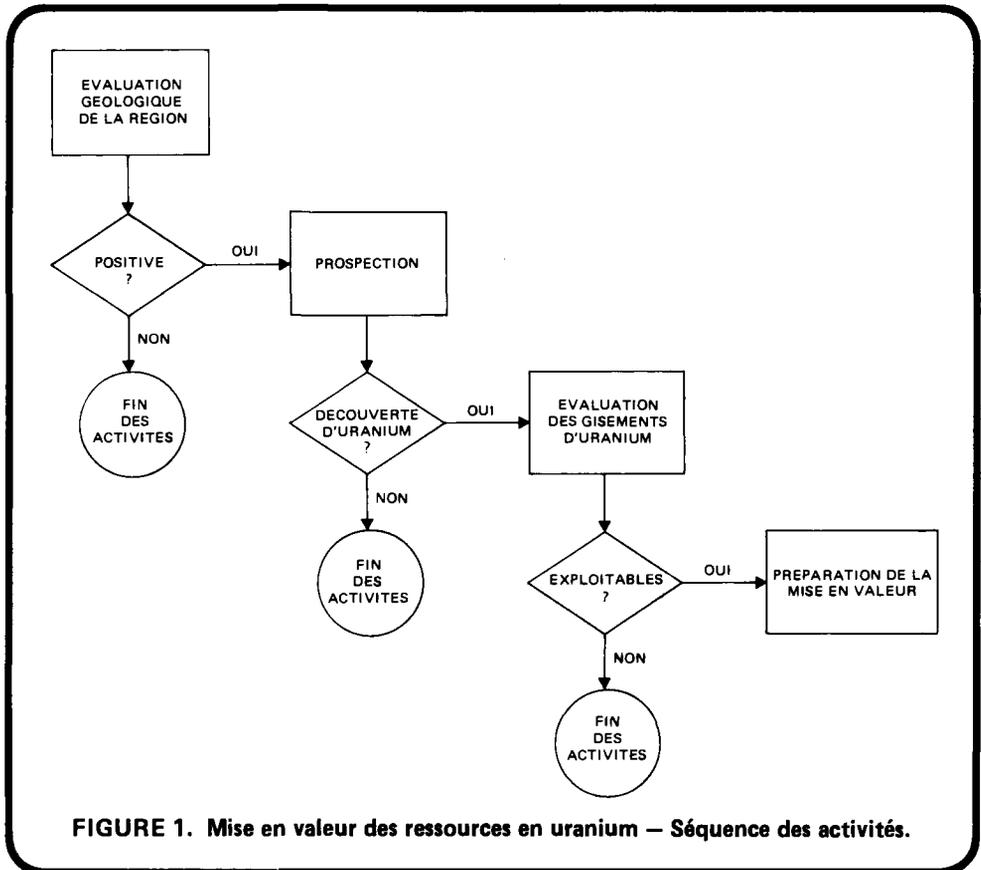


FIGURE 1. Mise en valeur des ressources en uranium – Séquence des activités.

(Les réserves actuelles en uranium sont suffisantes pour assurer les besoins mondiaux dans les quinze années à venir [1].) Aussi, l'estimation des ressources ne consiste pas seulement à additionner le nombre de tonnes d'uranium qu'il est aujourd'hui possible d'exploiter de façon rentable dans le monde; elle doit également tenir compte des ressources en uranium économiquement exploitables qui seront vraisemblablement découvertes dans un proche avenir. Pour cette raison, il est nécessaire d'évaluer:

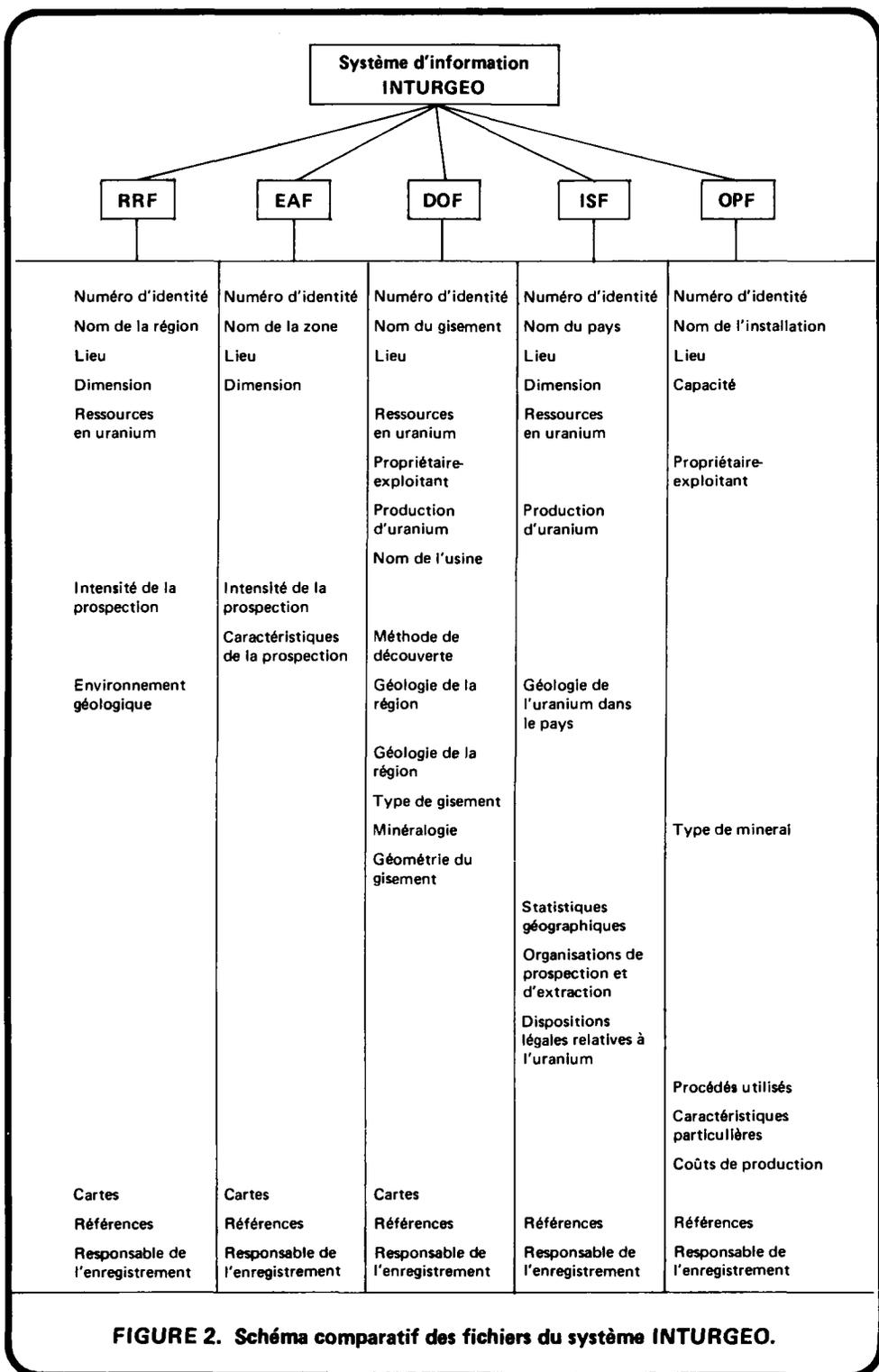
- la géologie des régions favorables à la minéralisation de l'uranium, c'est-à-dire des régions où de nouvelles découvertes d'uranium sont vraisemblables;
- le volume et les résultats des activités de prospection d'uranium qui ont été faites dans une région donnée;
- tous les gisements et indices d'uranium connus;
- toutes les installations de traitement du minerai;
- pour chaque pays, les "statistiques de l'uranium" et les mesures prises en vue de mettre en valeur les ressources en uranium (voir figure 1).

Pour y parvenir, ces informations sont stockées dans cinq fichiers d'ordinateur distincts qui correspondent aux sujets indiqués ci-dessus. Ce sont: 1) le fichier des régions (Regional Reference File ou RRF); 2) le fichier des activités de prospection (Exploration Activity File ou EAF); 3) le fichier des gisements (Deposit/Occurrence File ou DOF); 4) le fichier de traitement du minerai (Ore Processing File ou OPF); et 5) le fichier international (International Summary File ou ISF). Ces cinq fichiers constituent le système d'information que l'on a appelé INTURGEO – INTernational URanium GEOlogy Information System, à savoir Système international d'information sur la géologie de l'uranium (voir le tableau 1 et la figure 2).

La répartition des ressources connues d'uranium dans le monde permet de comprendre les raisons pour lesquelles il est nécessaire de prendre en considération tous les sujets dont traite

**Tableau 1. Contenu du système INTURGEO**

Nom du fichier	Objet
1. Fichier des régions RRF	Décrire la géologie des régions de façon à pouvoir en évaluer le potentiel en uranium.
2. Fichier des activités de prospection EAF	Résumer les activités de prospection de l'uranium dans une région de façon à pouvoir évaluer les besoins de prospection ultérieure.
3. Fichier des gisements DOF	Définir les caractéristiques des minéralisations uranifères de façon à pouvoir les classer et les comparer.
4. Fichier de traitement du minerai OPF	Décrire une à une les installations de traitement du minerai d'uranium de façon à pouvoir comparer les méthodes de traitement du minerai et l'efficacité de celles-ci.
5. Fichier international ISF	Présenter un résumé des statistiques de l'uranium pour chaque pays de façon à pouvoir facilement disposer de cette information.



**FIGURE 2. Schéma comparatif des fichiers du système INTURGEO.**

INTURGEO. En effet, 80% des ressources connues d'uranium dans le monde se trouvent dans quatre pays seulement: Afrique du Sud, Australie, Canada, Etats-Unis [1]. S'agit-il là de la répartition naturelle de l'uranium sur la surface de la terre? Cela paraît peu vraisemblable. Cette répartition des ressources connues est essentiellement fonction de la prospection intensive qui a été faite dans ces pays et dont il est résulté un grand nombre de données sur l'uranium. Au fur et à mesure que, grâce à la prospection et à l'évaluation, on disposera de données plus nombreuses sur les minéralisations uranifères dans d'autres parties du monde, l'Amérique du Sud et d'autres régions d'Afrique apparaîtront très certainement dans l'avenir comme de gros fournisseurs potentiels d'uranium.

## DESCRIPTION DES FICHIERS D'INTURGEO

C'est sur un élément géographique que se base chaque fichier, toute entrée dans le système décrivant un lieu particulier ou zone de référence. Dans le fichier des régions (RRF), l'entrée porte sur une zone déterminée qui correspond à un critère politique, géologique, physiographique ou autre. Dans le fichier des activités de prospection (EAF), la zone de référence est la zone particulière qui a servi à une prospection déterminée. Une entrée dans le fichier des gisements (DOF) décrit un gisement, une minéralisation ou une anomalie dans un lieu donné. La zone de référence du fichier international (ISF) correspond à des limites nationales ou internationales. Une entrée dans le fichier de traitement du minerai (OPF) décrit une installation particulière de traitement du minerai.

Le fichier des régions (RRF) stocke de façon systématique les informations sur la géologie d'une région de façon à pouvoir en évaluer le potentiel en uranium. La méthode choisie pour décrire de façon systématique cette géologie consiste à coder l'information extraite d'une carte géologique de la région. Cette carte utilise des couleurs différentes qui correspondent aux différentes unités géologiques qui caractérisent la région; une unité géologique comprend des roches du même âge et généralement du même type. Ainsi, sur la carte, un granite de 500 millions d'années n'aura pas la même couleur qu'un grès de 200 millions d'années. Un géologue détermine le pourcentage de la zone couverte par chaque unité et enregistre ce pourcentage en même temps que le nom de l'unité, son âge, le type de roche, son contenu organique, les modifications subies, etc.

L'exemple qui suit montre comment peuvent être utilisées les informations contenues dans le fichier. Une unité géologique sédimentaire particulière du nom de supergroupe du Karoo se retrouve dans sept pays d'Afrique australe. De l'uranium a été découvert dans le Karoo de trois d'entre eux; de plus, il s'agit d'une roche favorable à la découverte d'autres minéralisations uranifères. Si le Karoo recouvre 30% d'une région donnée, on peut en conclure que cette région présente un potentiel en uranium et qu'elle devrait être évaluée par un géologue. Une utilisation très simple du fichier RRF consisterait à faire une liste de toutes les régions qui contiennent du Karoo à des fins d'évaluation des ressources en uranium. L'ordinateur pourrait également être utilisé pour rechercher d'autres unités géologiques semblables au Karoo des points de vue de l'âge et du type de roche même si elles portent un autre nom.

Ce fichier devrait également pouvoir être utilisé pour estimer les potentialités offertes par des régions non explorées en en comparant les caractéristiques géologiques avec celles de régions connues pour avoir d'abondantes ressources en uranium. C'est la raison pour laquelle il est aussi procédé au stockage d'autres données décrivant la région, telles que la production d'uranium de la région et l'intensité des activités de prospection dans celle-ci.

Le fichier des activités de prospection (EAF) décrit les caractéristiques de la prospection de l'uranium dans une région déterminée de façon à pouvoir en estimer le potentiel en uranium et les besoins de prospection ultérieure. Ainsi, une entrée dans le fichier portant

sur une partie de Madagascar contiendrait une description de toutes les prospections faites dans la région. Elle indiquerait le nom du responsable de la prospection, la date, les conditions dans lesquelles s'est faite la prospection (par exemple en avion avec un spectromètre ou sur le sol en prenant des échantillons de sédiments des cours d'eau), le nombre de zones où ont été relevées des anomalies uranifères, le coût et un résumé des résultats. L'intensité des activités passées et présentes de prospection dans la région fait également partie de cette description. En stockant de façon systématique dans l'ordinateur la description de toutes les activités de prospection entreprises dans une région, il sera possible de déterminer si une zone a été suffisamment explorée ou si elle justifie d'autres travaux de prospection. Le fichier pourrait également servir à faire d'autres analyses, comme par exemple à déterminer la technique de prospection la meilleure dans un environnement donné. Il permettrait évidemment d'avoir un résumé instantané des activités de prospection dans une région ou un pays.

Le fichier des gisements (DOF) met en mémoire des données géologiques qui caractérisent les gisements ou indices d'uranium de façon à pouvoir les comparer et les classer. En décrivant les caractéristiques du cadre géologique d'un type de gisement donné, le géologue dispose d'une série de critères qui permettent d'évaluer les potentialités offertes par d'autres régions en regardant si les caractéristiques des deux régions correspondent. Ainsi, la plupart des ressources en uranium de l'Afrique du Sud sont associées à l'or dans des gisements liés aux conglomérats à galets de quartz. Ce type de gisement se limite à un certain type de sédiment vieux de plus de 2 milliards d'années, qui recouvre des roches généralement vieilles de plus de 2,6 milliards d'années. D'autres gisements de ce type se trouvent dans l'Ontario et au Brésil. Ce type d'environnement géologique se retrouve encore dans d'autres parties du monde qui, en raison de cette similitude, ont vraisemblablement un potentiel uranifère. En général il est pourtant nécessaire de disposer de plus de données pour déterminer les caractéristiques d'autres types de gisements. La géologie de la roche-support (à savoir l'unité géologique dans laquelle se trouve le gisement) est décrite de façon détaillée dans le fichier, de même que les minéraux du gisement, ses dimensions, sa teneur en uranium, le nom de son propriétaire, les ressources, la production, les autres matières présentes et la façon dont le gisement a été découvert. C'est ainsi que le fichier peut être utilisé pour différents types d'analyse. A titre d'exemple, on pourrait répartir tous les gisements d'une région selon la teneur en uranium de chacun, de même qu'il devrait être possible de connaître l'ensemble des ressources disponibles et de la production par pays ou par région. On pourrait également combiner les informations du fichier des régions et les données relatives aux gisements de cette région pour obtenir une corrélation assez précise entre la minéralisation uranifère et les caractéristiques régionales. Ces résultats pourraient être utilisés pour procéder à une évaluation des ressources potentielles d'uranium de zones similaires à propos desquelles on possède suffisamment de renseignements géologiques bien que peu de prospection ait déjà été faite. Des géologues mathématiciens sont actuellement en train de mettre au point cette technique.

Le fichier de traitement du minerai (OPF) porte sur les caractéristiques de l'extraction de l'uranium pour chacune des installations de traitement. Les résultats d'un questionnaire adressé aux Etats Membres et mis au point par le groupe de travail AEN/AIEA sur l'extraction de l'uranium vont être mis sur ordinateur au fur et à mesure de leur dépouillement. Il sera possible d'utiliser les données de ce fichier pour choisir la technique de traitement du minerai la meilleure pour un type donné de minerai. Il devrait également être possible d'évaluer les besoins globaux en main-d'œuvre, en énergie ainsi que les matières nécessaires à l'extraction et au traitement. Pour tout pays qui envisage d'extraire et de traiter l'uranium il est important de connaître ces besoins.

Le fichier international (ISF) présente un résumé des renseignements concernant l'uranium dans un pays ou toute autre région politique. Pour chaque pays il s'agit du potentiel en uranium, des ressources, de la production d'uranium dans le passé, des organisations qui s'occupent de la prospection ou de l'extraction de même que des attitudes officielles à l'égard de la mise en valeur des ressources en uranium. Ce fichier est une source d'information pour la Banque de données énergétiques et économiques de l'AIEA en ce qui concerne les ressources et la production d'uranium. Il permet également de donner une réponse constamment à jour à diverses questions: "Quel est l'état actuel de la prospection de l'uranium au Niger?" ou "Quels sont les pays considérés comme les plus favorables à la découverte de nouvelles ressources en uranium?". Un dossier, à savoir un ensemble de renseignements sur un pays, doit fournir un bon résumé des activités relatives à l'uranium dans ce pays. Il sera constitué pour tous les pays qui ont un potentiel en uranium, ou encore pour tous les pays qui utilisent et/ou produisent de l'uranium.

## LA COLLECTE DES DONNEES

INTURGEO a été conçu lors d'une réunion de consultants en avril 1978; sa mise au point en ordinateur date de février 1979. Cette tâche, qui a demandé environ 38 semaines-personne de travail, a comporté les opérations suivantes: la définition des données, le codage préliminaire, la mise à l'essai et la démonstration, la préparation des formules, la programmation en vue de l'entrée et de la vérification des données, enfin l'acquisition des données. Quatre fichiers fonctionnent actuellement et la recherche de l'information s'effectue avec succès. On compte actuellement dans INTURGEO environ 450 enregistrements; en d'autres termes, il existe 450 descriptions de régions géologiques, zones de prospection, minéralisations uranifères ou pays dans les fichiers RRF, EAF, DOF et ISF. Cet ensemble de données constitue une petite partie de ce qui sera nécessaire pour une application réelle du système dans sa phase ultime. On pourrait aussi dire qu'INTURGEO en est au stade de la première enfance et que beaucoup d'autres données seront nécessaires avant qu'il ne puisse donner son plein rendement. Les données actuelles ont été mises en mémoire par un fonctionnaire de l'AIEA et un consultant du United States Geological Survey. Cette information a été codée sur des formules spéciales destinées à cette fin. Il s'est agi là de l'étape préliminaire de la base de données.

L'expérience acquise à ce stade initial de codage et de mise à l'essai a permis d'identifier d'autres éléments à ajouter ou des changements à apporter à la structure. De nouvelles formules qui tiennent compte de ces modifications vont prochainement être imprimées et le système INTURGEO sera à même de faire face à une acquisition des données sur une large échelle.

La constitution d'une base de données n'est pas une petite tâche. Il faut à la fois du temps et des efforts considérables pour puiser l'information des différentes publications et des cartes relatives à chaque pays, notamment lorsqu'il s'agit des données du fichier des régions qui doivent être calculées à partir d'une carte. Pour cette raison, il sera fait appel à l'aide des organisations nationales pour obtenir les données concernant leurs pays respectifs.

Pendant les années 1980 et 1981 la tâche principale sera l'acquisition des données. Pour l'accomplir, différentes mesures sont envisagées: des formules seront envoyées aux diverses organisations nationales en les priant de les remplir; des consultants seront engagés à court terme pour coder les données qui existent déjà à l'AIEA; des experts techniques, qui travaillent sur le terrain pour l'AIEA, seront priés de remplir des formules en vue de fournir des données sur leur travail; il sera éventuellement procédé à l'achat de données. Quels que soient les moyens utilisés, de gros efforts seront nécessaires pour coder et introduire dans le système toutes ces données. En 1980 et 1981, l'INTURGEO sera utilisé avant tout

pour le stockage et le retrait des données. A partir de 1982, la gamme tout entière des applications du système devrait être réalisable.

## LES APPLICATIONS DU SYSTEME INTURGEO

Une fois que la plupart des données auront été introduites dans le système, il devrait être possible de mettre INTURGEO à la disposition des Etats Membres, tout d'abord au moyen de liaisons de télécommunication raccordées directement à l'ordinateur de l'Agence. A plus longue échéance, il serait préférable de prévoir d'installer une copie de la base de données sur chaque continent de façon à en faciliter l'accès aux Etats Membres. Le langage utilisé pour interroger la base de données ressemble à de l'anglais rudimentaire; il a été conçu à l'intention de non-spécialistes.

En tant que système de stockage de l'information, INTURGEO aura une fonction éducative. On peut imaginer qu'il jouera le rôle d'"expert" à la mémoire parfaite pour tout ce qui concerne les ressources en uranium, de sorte que le géologue inexpérimenté pourra utiliser la base de données comme s'il s'agissait d'un "instructeur" capable de répondre à ses questions sur la géologie, la prospection et la mise en valeur de l'uranium. Il fournira un ensemble complet et bien indexé de dossiers individuels et produira, selon un modèle type, des tableaux à la mise en page parfaite, susceptibles d'être inclus dans des rapports. La publication périodique du contenu de la base de données pourrait être également prévue comme autre moyen de diffuser l'information.

INTURGEO sera également utilisé pour l'évaluation des ressources. L'évaluation des ressources se base en général sur les avis d'experts qui examinent les données géologiques d'une zone déterminée et font une estimation de son potentiel en uranium. L'exactitude de l'estimation dépend évidemment du nombre et de la qualité des données disponibles (par exemple l'intensité de la prospection qui a été réalisée et la façon dont ont été définies les caractéristiques géologiques). Toutefois, en raison du caractère subjectif de ce processus, il arrive que ces estimations varient beaucoup d'un expert à l'autre. Pour remédier à cet état de choses, INTURGEO fournira un condensé d'informations géologiques sur la région en question dont l'utilisation est directe. Les données peuvent également être analysées à l'aide de méthodes de calcul automatique qui sont actuellement mises au point par des géologues mathématiciens afin de supprimer l'élément subjectif des estimations de ressources. Ces méthodes mathématiques comparent numériquement les caractéristiques d'une région donnée à celles d'autres zones connues pour posséder des ressources en uranium. Ces techniques sont bien adaptées à l'ordinateur car elles nécessitent un grand nombre de données et un traitement complexe. Bien que les résultats obtenus soient beaucoup plus objectifs qu'une estimation fondée sur le seul jugement de l'homme, ils ne sauraient évidemment être d'une qualité supérieure à celle des données introduites dans le système et ils dépendent de l'aptitude à évaluer les résultats de la personne chargée d'appliquer la méthode. En d'autres termes, l'ordinateur n'a pas réponse à tout; il s'agit d'un instrument fort complexe capable de traiter l'immense quantité d'informations nécessaires à une estimation intelligente des ressources.

Lors de la description du contenu d'INTURGEO, des exemples ont été donnés pour montrer quelles informations sont stockées et pourquoi il est important de les enregistrer. La possibilité qu'offre INTURGEO de répondre à des questions qui, auparavant, demandaient un long travail de compilation est l'avantage le plus immédiat à tirer de la constitution de fichiers d'ordinateur. Ainsi, à l'occasion d'une activité récente d'INFCE, il a fallu disposer des informations sur les dispositions légales et les politiques nationales concernant la mise en valeur de l'uranium. Une semaine entière a été nécessaire pour obtenir et compiler cette information à partir de différents documents pour chaque pays. Si les données avaient

toutes été codées et mises en mémoire dans le fichier international (ISF), cela n'aurait pris que quelques minutes.

L'utilisation d'INTURGEO devrait également faciliter les activités d'assistance technique de l'Agence. Ainsi, le fichier des activités de prospection (EAF) pourrait être utilisé pour contrôler les résultats des prospections entreprises dans les pays concernés et pour fournir des résumés des activités de prospection dans une région donnée. Cela devrait permettre d'aider à identifier des zones qui ne sont pas encore explorées ou qui devraient l'être davantage.

En conclusion, grâce à INTURGEO, il sera possible de rechercher de façon instantanée une information spécifique et de combiner à l'infini les données relatives aux ressources en uranium. Les avantages sont bien connus des différentes organisations nationales et internationales qui ont pour tâche de garantir que le monde disposera de ressources suffisantes en uranium dans l'avenir. Elles ont accordé au système une certaine assistance financière, qui devra être augmentée et complétée d'apports de main-d'œuvre. De cet effort international devrait résulter le système d'information le plus complet et le plus actuel qui soit sur les ressources mondiales en uranium.

#### **Référence**

- [1] OCDE/AIEA (1977). Uranium: ressources, production et demande. Paris, Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), décembre 1977.