

Géomorphologie et prospection de l'uranium dans le Nordeste brésilien

Jean-Michel Schmitt
CGGM et ORSTOM (département TOA)

PRÉAMBULE

Ce travail, comme celui qui est présenté plus haut par E.B. ROCHA, fait partie d'un accord de coopération CNPq-ORSTOM, et bénéficie d'un financement de l'Agence internationale pour l'énergie atomique, ainsi que du CEA. Sa réalisation n'a été possible que grâce à l'appui de la société brésilienne NUCLEBRAS, et de ses géologues sur le terrain.

1 - CADRE GÉNÉRAL

1.1. Localisation

La province uranifère de Lagoa Real est située dans le "Nordeste brésilien", plus précisément dans le centre-sud de l'état de Bahia. Cette région est constituée d'un socle granito-gneissique archéen et protérozoïque inférieur, qui appartient au célèbre craton de Sao Francisco, avec des ceintures plissées d'âge protérozoïque supérieur à la fois à l'est - Chapada Diamantina -, et à l'ouest - Serra do Espinhaço.

1.2. Historique de la prospection

L'exploration a été initiée dans ce secteur par la Commission à l'énergie nucléaire brésilienne (CNEN) qui recherchait dans les métasédiments des conglomérats uranifères comme ceux que l'on connaissait déjà dans le Minas Gerais plus au sud. Au cours de cette première campagne autoportée, en 1971, deux anomalies radiométriques furent aussi découvertes dans le socle. Trois campagnes gammamétriques et magnétométriques aéroportées furent ensuite effectuées dans la région pour la compagnie NUCLEBRAS et pour le département national de la production minérale (DNPM), au cours des années 1974-1977. Elles résultèrent dans la découverte de six anomalies. Trois autres furent découvertes au cours de vérifications au sol, qui montrèrent que les minéralisations du socle, présentant des enduits d'uranophane visibles, étaient liées à des corps de gneiss albitisés.

A la suite de ces découvertes, NUCLEBRAS créa le "Projet Lagoa Real", en 1978, avec son siège dans la ville de Caetité, à proximité des indices. Deux campagnes complémentaires, auto- et aéroportées, effectuées en 1978-1980, portèrent le nombre d'occurrences d'intérêt économique à 30. Six d'entre elles sont des gisements d'intérêt économique, totalisant environ 60 000 t d' U_3O_8 .

Comme nous allons le voir sous l'éclairage de la géomorphologie, le secteur de Lagoa Real donne un bon exemple des difficultés de prospection de l'uranium dans les zones latéritiques, et c'est aussi un excellent laboratoire naturel pour tous les problèmes relatifs à la géochimie de l'uranium et de ses accompagnateurs dans ce contexte.

1.3. Cadre géologique des minéralisations

Le socle cristallin qui renferme les minéralisations comprend des roches plutoniques et des migmatites archéennes, des ceintures de roches vertes protérozoïque inférieur, et un complexe granito-gneissique essentiellement représenté dans la région de Lagoa Real.

Ce complexe de Lagoa Real (MARUEJOL *et al.*, 1987), comporte lui-même des granites et des orthogneiss, des albitites à quartz, et des albitites à pyroxène et grenat qui renferment les minéralisations.

Ces minéralisations forment des corps subverticaux d'allure filonienne, et d'orientation subméridienne. Les études pétrologiques et géochronologiques récentes (TURPIN *et al.*, 1988) ont montré que la minéralisation uranifère et la métasomatose sodique étaient dues à un événement hydrothermal d'âge 1,4 Ga.

2 - RÉPARTITION DES GISEMENTS

2.1. Répartition géographique

La totalité des minéralisations détectées se localise dans une bande courbe d'environ 40 par 5 km, d'orientation nord-sud à nord-nord-ouest. Cette disposition a été attribuée, jusqu'ici sans preuves véritables, à un contrôle d'ordre structural et lithologique.

2.2. Position topographique

Si maintenant nous considérons la topographie régionale, nous avons à l'est et à l'ouest les hauts reliefs des ceintures plissées, culminant à environ 1 300 m. La région centrale, occupée par le socle granito-gneissique, comprend un haut plateau occidental entre 900 et 1 000 m, un bas plateau oriental de 500-550 m, et entre les deux une région assez accidentée, subméridienne, entre 650 et 900 m. Les gisements uranifères ne se rencontrent que dans cette dernière zone, et même, au sein de celle-ci, dans une frange d'altitude très étroite, entre 800 et 900 m. Un contrôle aussi étroit par la

topographie actuelle, pour des minéralisations datées du Protérozoïque moyen, paraît donc *a priori* inexplicable. C'est l'examen du contexte géomorphologique des minéralisations qui va permettre d'élucider ces faits.

3 - CONTEXTE MORPHOCLIMATIQUE

3.1. Climat et végétation

La région est soumise à un climat tropical de type alterné subhumide. La température moyenne annuelle est de 22 °C, avec un total de précipitations dépassant les 800 mm. La saison sèche dure de mai à septembre, et la saison humide durant laquelle 80 % des précipitations se produisent, d'octobre à avril.

La végétation naturelle est représentée par une savane arbustive à épineux très typique et souvent très dense : la "caatinga". Une végétation plus verte et mieux développée se rencontre dans les zones les plus humides, notamment sous forme de forêt galerie le long des cours d'eau permanents.

3.2. Unités géomorphologiques

L'examen des cartes topographiques au 1/100 000 confirme l'existence de trois grandes unités géomorphologiques :

- le haut plateau occidental présente un réseau hydrographique très peu différencié, avec un certain nombre de "lagoas", qui sont de petits lacs saisonniers ou plus rarement permanents localisés dans des dépressions fermées. Cette unité très plane, de 900-950 m d'altitude, à pente douce vers le SW, présente quelques collines tabulaires résiduelles, de 1 000 à 1 050 m d'altitude, surtout présentes sur le bord est. Ces collines sont couronnées de cuirasses ferrugineuses plus ou moins démantelées, tandis que la surface du plateau présente une couverture extensive de "latosols" et de matériel sableux peut-être en partie allochtone ;
- l'unité centrale escarpée est complexe, le relief y est accidenté, et les pentes fortes. Elle inclut quelques buttes isolées du haut plateau précédent. Le réseau hydrographique y est dense mais d'aspect juvénile, peu hiérarchisé. On distingue aussi dans cette unité un système complexe de versants et glacis anciens, disséqués par l'érosion récente. Les affleurements de roche fraîche ne se rencontrent pratiquement que dans cette unité, et très particulièrement dans sa partie supérieure, où ils forment assez fréquemment des parois de type inselberg. Les pentes sont couvertes partout ailleurs, en plus des zones de pédiments anciens, de 1 à 5 m de matériaux d'altération et de colluvions ;
- le plateau inférieur est une surface à nouveau très plane, qui se raccorde au système précédent par un glacis assez continu. Cette unité est assez semblable à celle du haut plateau, avec aussi un réseau hydrographique peu

différencié, et à nouveau de très nombreuses "lagoas". On y observe, à proximité de la base de l'unité escarpée, des collines résiduelles, qui sont des témoins du système de versants et glacis anciens de l'unité précédente, ou, beaucoup plus rarement de la surface du haut plateau. Les matériaux d'altération n'ont pas été spécifiquement étudiés ici, mais semblent assez comparables à ceux de la surface haute.

3.3. Interprétation

Le haut et le bas plateau sont des unités géomorphologiques où l'évolution est maintenant dominée par l'altération. Avec leurs vastes surfaces faiblement pentées et leur réseau très peu différencié, ce sont des surfaces d'aplanissement typiques des paysages tropicaux.

L'unité escarpée par contre, avec ses pentes fortes, ses affleurements fréquents, son réseau dense mais juvénile, et ses systèmes superposés de versants et de glacis disséqués, montre une évolution rapide, dominée par l'érosion. Une étude plus détaillée du réseau hydrographique, et des modelés d'échelle moyenne, atteste ici d'un recul actif vers l'ouest de l'escarpement aux dépens du haut plateau.

Cette disposition peut être considérée comme classique d'une grande partie des paysages tropicaux à saisons alternées.

4 - INDICES ET GÉOMORPHOLOGIE

4.1. Position des gisements

Il est alors d'un grand intérêt de replacer les occurrences uranifères protérozoïques dans le schéma géomorphologique actuel. Comme nous l'avons entrevu auparavant, tous se localisent en effet au sein de l'unité escarpée, et plus précisément à sa partie supérieure, c'est-à-dire là où affleure la roche fraîche.

4.2. Interprétation

En toute rigueur une telle disposition pourrait avoir deux origines : soit l'escarpement coïncide avec un trait (lithologique ou structural) majeur contrôlant la minéralisation uranifère, soit la méthode de prospection employée n'a été efficace qu'au niveau de cette unité où la roche est sub-affleurante.

La première de ces deux hypothèses se heurte à deux difficultés : en premier lieu, la position des gîtes dans le détail paraît beaucoup trop étroitement dépendante du modelé géomorphologique, pour correspondre à un quelconque trait géologique ; en second lieu, le retrait actif de l'escarpement rend parfaitement improbable sa liaison avec une structure géologique permanente.

C'est donc la seconde hypothèse, c'est-à-dire l'échec de la prospection hors des zones d'affleurement qui apparaît la seule probable. Elle a toutefois deux implications :

- qu'il existe, particulièrement à la surface du plateau supérieur, des minéralisations non détectées,
- que les anomalies existant à la partie supérieure de l'escarpement soient progressivement estompées au cours du recul de celui-ci, à mesure qu'al-tération et colluvionnement l'emportent sur l'érosion.

4.3. Vérifications

Les travaux en cours permettent de vérifier ces deux implications. On connaît en effet dans le secteur de Lagoa Real deux types d'anomalies radio-métriques :

- d'une part, le type d'anomalie de pente, le seul qui ait donné lieu à découvertes économiques jusqu'ici, et qui ait été décelé lors des campagnes aéroportées. Il correspond à des anomalies à la fois intenses et bien délimitées ;
- d'autre part, des anomalies à la fois étendues, peu intenses et peu contrastées, souvent à maxima multiples, mises en évidence récemment à la surface du plateau supérieur.

Nous avons réalisé, sur un maxima d'une anomalie du plateau, un puits de recherche qui a effectivement rencontré des minéralisations d'intérêt économique à une profondeur d'environ 5 m. La seconde implication est, elle aussi, en passe d'être vérifiée ; les études en cours, présentées plus haut par E.B. ROCHA, montrant en effet le lessivage intense et la dispersion vers l'aval dont sont victimes les minéralisations sub-affleurantes, ce que l'on peut d'ailleurs partiellement deviner d'après la forme de l'anomalie correspondante.

5 - STRATÉGIE DE PROSPECTION

5.1. Évaluation des résultats de prospection

Au niveau de la stratégie de prospection, on peut alors tirer de ces résultats quelques implications importantes. Il est clair que la disposition géographique des gisements telle que nous l'avons présentée au début de l'exposé n'est qu'apparente. Les méthodes de prospection utilisées n'ont véritablement été efficaces que dans les zones d'affleurement, ce qui illustre bien les limitations des méthodes de prospection dans les zones à couverture latéritique. Mais ce constat d'échec a aussi un aspect positif : il faut en effet revoir à la hausse l'évaluation du potentiel uranifère régional, étant donné la faible surface efficacement prospectée.

5.2. Modèle géomorphologique

Elaborer une meilleure stratégie de prospection nécessite de replacer les anomalies radiométriques dans le modèle géomorphologique. Pour rendre compte des deux types d'anomalies rencontrées, il faut envisager un modèle en deux étapes :

- à l'étape A, les versants de l'escarpement sont stabilisés, les affleurements quasi inexistant, le manteau d'altération pratiquement continu sur l'ensemble du paysage. Seules existent des anomalies radiométriques faibles et mal définies, du second type, à la surface du plateau supérieur,

- à l'étape B, une reprise de l'érosion entraîne la dissection des anciens versants, le recul de l'escarpement, et le dégagement, dans sa partie supérieure essentiellement, des affleurements de roche saine. Si sur le plateau supérieur subsistent des anomalies faibles, un nouveau type, celui des anomalies de pente correspondant à des minéralisations sub-affleurantes apparaît. Ce sont ces anomalies uniquement, dont la dispersion par les processus météoriques débute à peine, que les stratégies classiques de prospection vont détecter.

5.3. Implications pratiques

Qu'en déduire sur le plan pratique ? Dans ce cas précis, trois choses, qui peuvent probablement s'adapter à d'autres secteurs de contexte morphoclimatique comparable, et peut-être à d'autres métaux :

- 1) si l'on utilise les méthodes classiques de prospection, il faut adopter pour les anomalies reconnues des critères d'intérêt et de sélection très différenciés d'une unité géomorphologique à l'autre.

- 2) ces méthodes classiques ne paraissent suffisamment efficaces que pour ce qui concerne les zones d'escarpement, sub-affleurantes. On devrait notamment restreindre l'utilisation des méthodes aéroportées à ces zones, leurs résultats paraissant ailleurs trop peu fiables.

- 3) il faut enfin employer, ou imaginer, d'autres méthodes adaptées aux zones de plateau. On peut penser aux méthodes géochimiques - mais les travaux présentés plus loin par E.B. ROCHA montrent qu'elles aussi rencontrent des difficultés certaines -, ou bien à d'autres voies de recherche, telle celle que B. CLOZEL, qui collabore à ce même projet expose plus loin.

RÉFÉRENCES

MARUEJOL P., CUNEY M., FUZIKAWA K., NETTO A.M., POTY B., 1987 - The Lagoa Real subalkaline granitic complex (South Bahia, Brazil) : a source for uranium mineralizations associated with Na-Ca metasomatism. *Revista Brasileira de Geociências*, 17(4), 578-594.

TURPIN L., MARUEJOL P., CUNEY M., 1988 - U-Pb, Rb-Sr, and Sm-Nd chronology of granitic basement, hydrothermal albitites and uranium mineralization (Lagoa Real, South-Bahia, Brazil). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 98 (2), 139-147.