

Les mines du Bouclier guyanais : esquisse historique et métallogénique

Michel Jébrak¹, Salomon Kroonenberg², Arnauld Heuret³.

Esquisse historique

Le Nord-Est de l'Amérique du Sud constitue un espace immense, entre Amazonie et Caraïbes. L'Amazonie s'étend sur huit pays, mais ne seront considérés ici que le Brésil, le Venezuela et les trois Guyanes qui couvrent l'essentiel du bouclier précambrien. Le Venezuela et les trois Guyanes regardent vers les Caraïbes et l'espace atlantique d'où sont venus les premiers explorateurs européens qui venaient y chercher l'Eldorado (Fig. 1).

Dès 1531, Charles Quint, empereur d'Espagne, confie par charte royale le Venezuela aux frères Welser, des banquiers allemands mineurs de cuivre et d'argent, à charge d'introduire 50 maîtres mineurs pour l'exploitation de la colonie. Les trois Guyanes continuent de regarder aujourd'hui vers l'Europe et l'Amérique du Nord.

Le Bouclier guyanais appartient à l'Amazonie et en partage plusieurs des caractéristiques minières (Betten-court *et al.*, 2016). La première est la très grande variété des minerais disponibles : au moins 32 minerais différents ont été identifiés, dont la plus grande part était déjà connue dès 1950. Les réserves minérales amazoniennes sont significatives à l'échelle mondiale, notamment pour la bauxite, le fer, le kaolin, le cuivre, l'étain, la fluorine, l'or, le zir-

conium et la potasse. Le Suriname a été le plus important producteur mondial de bauxite dans le monde pendant la seconde guerre mondiale. En 2015, le Brésil produisait 18% du minerai de fer dans le monde, mais aussi 9% de l'étain et 6% du manganèse. Ces minerais provenaient essentiellement d'Amazonie. L'or a été le point focal de nombreuses migrations vers le Venezuela et les Guyanes, et constitue, avec plus de 1% de la production mondiale, un produit d'exportation significatif, exploité tant par des groupes industriels que par des mineurs artisanaux légaux et illégaux.

Une seconde caractéristique est que le développement minier marque la migration de frontières extractives (Jébrak *et al.*, 2020). Popularisée par Turner à la fin du XIX^e siècle, l'idée de frontière désigne l'espace en limite de l'implantation des populations européennes lors de la conquête de l'Ouest américain. Mais elle marque aussi la perte de souveraineté des Amérindiens sur leur territoire traditionnel et la destruction du milieu naturel. Dans le Bouclier guyanais, la frontière extractive progresse à la fois depuis le centre du Brésil vers le nord et les espaces amazoniens et depuis la côte atlantique des Guyanes vers l'intérieur du continent.

Dans le premier cas, la frontière brésilienne combine déforestation, création d'infrastructures, ouverture de mines, et développement de l'élevage et de l'agriculture. Elle part de loin, du boom minier du Minas Gerais à la fin du XVII^e siècle. On y produit presque la moitié de l'or et des diamants dans le monde aux XVII^e et XVIII^e siècles. En 1719, les chercheurs d'or sont au Mato Grosso (Machado et Figueirôa, 2001). C'est la base de la migration vers l'Amazonie. A partir de la deuxième guerre mondiale, le front minier se dessine plus clairement du fait d'un développement industriel affirmé. Les ressources en métaux ferreux et de base sont exploitées par d'importants groupes miniers. Vale (CVRD) est établie en 1942 suite à l'accord Brésil-USA visant à assurer l'approvisionnement des américains et des britanniques en fer. Elle met en production le district ferrifère de Cara-



Figure 1. Carte du Lac Parima ('Eldorado'), au Guyana (Hessel Gerritsz, 1624).

1. Université de Québec à Montréal Sciences de la Terre et de l'atmosphère. Courriel : jebrak.michel@uqam.ca

2. Université Anton de Kom du Suriname, Université Technologique de Delft, Pays-Bas. Courriel : salomonkroonenberg@gmail.com

3. Enseignant-chercheur U. de Guyane / UMR 5243 Géosciences Montpellier, Campus de Troubiran, 97300 Cayenne, Guyane. Courriel : arnauld.heuret@univ-guyane.fr

jás en 1985 ce qui va propulser l'entreprise, privatisée en 1997, parmi les plus grandes majeures mondiales. L'accès direct du capital étranger en Amazonie brésilienne, longtemps interdit, s'ouvre avec les politiques néolibérales, mais reste fortement contrôlé par l'État brésilien. En avant et parallèlement au front minier industriel, les artisans progressent par une série de rushs pour l'or, le platine, les pierres précieuses ou la cassitérite. L'un des plus médiatiques a été celui de la Serra Pelada en 1979, qui a mobilisé plus de 20 000 personnes.

On a pu affirmer que l'activité minière en Amazonie s'était montrée vigoureuse, expansive, rentable, compétitive au niveau international, attirant des capitaux privés, nationaux et étrangers, souvent associés à un investissement public (Da Silva Enriquez et Drummond, 2010). C'est un point qu'il serait aujourd'hui difficile de défendre en France, au regard d'un souci accru de conservation de la forêt tropicale dans un contexte de changement climatique.

Du côté caribéo-atlantique, les premières mines d'or et de cuivre se développent au Venezuela au XVII^e siècle. Elles financent la révolution de Simon Bolivar (1783-1830). Le développement est plus lent dans les Guyanes, mais les mines vont y jouer un rôle économique et politique déterminant. La première ruée vers les placers aurifères démarre avec des capitaux occidentaux et se produit vers le milieu du XIX^e siècle dans un contexte où les territoires restent mal définis. L'essentiel des espaces miniers est ré-englouti progressivement par la forêt à la fin de l'étalement-or, dans les années 1930.

Cependant, dès la première guerre mondiale et surtout après la seconde, les Américains veulent s'assurer d'un approvisionnement en fer, en manganèse et en bauxite par le développement de gisements le long de la côte atlantique, entre le sud du Venezuela et le nord du Brésil. Ces activités industrielles sont à l'origine du développement économique des Guyanes, sauf en Guyane française où la métropole investit plutôt dans le secteur tertiaire. Un front pionnier migre vers le sud du Venezuela (Péné-Annette, 2017). À partir de 2000, l'origine des capitaux se diversifie avec l'arrivée de groupes miniers russes et chinois.

Depuis 30 ans, avec la hausse du cours de l'or, les exploitations ont repris de manière plus diversifiée, combinant exploitations aurifères industrielles et artisanales, légales ou illégales. La diversité des modes d'exploitation minière développés par les pays du Bouclier guyanais illustre différents types de compromis entre l'économie et l'environnement : chaos politique au Venezuela, laissez-faire au Guyana, diversification au Suriname, protection

environnementale et dépendance à la France hexagonale en Guyane française.

Aujourd'hui, les frontières extractives guyanaises et brésiennes se rapprochent l'une de l'autre, marquées par les migrations en partie clandestines des petits mineurs brésiliens, les *garimpeiros*.

Contexte géologique des minéralisations

Le Bouclier guyanais est sans doute l'un des moins connus du monde, ses 415 000 km² étant largement recouverts de forêts peu pénétrables. Cependant, il a fait l'objet de nombreux travaux depuis 50 ans dans le cadre des programmes de développement économique du Brésil (Bettencourt *et al.*, 2016) et dans les Guyanes. La géologie régionale du Bouclier guyanais est présentée dans l'article de Kroonenberg *et al.* dans ce numéro de Géologues. Une sélection des gîtes décrits ici est placée sur la figure 2. Plusieurs ouvrages ont décrit en partie ou en totalité la riche métallogénie du Bouclier guyanais, et en particulier ceux de Théveniaut *et al.* (2001), Dardenne et Schobbenhaus (2003), Wong *et al.* (2017), Kroonenberg *et al.* (2019), Klein (2019) et Keersemaeker (2020).

On peut y distinguer deux massifs archéens et quatre grandes ceintures structurales protérozoïques, surmontées par des terrains de couverture allant du Protérozoïque à l'actuel (Santos, 2003 ; Kroonenberg *et al.*, 2016). Entre les deux massifs archéens, qui se trouvent aux extrémités ouest (Imataca) et est (Amapá) du bouclier, on peut distinguer, du nord au sud :

- Les ceintures de roches vertes (2,26-2,08 Ga), qui constituent la bordure littorale atlantique sur plus de 1 500 km, et couvrent par exemple l'intégralité de la Guyane française ;
- Les ceintures de Cauarane-Coeroeni, Bakhuis (2,07-2,03 Ga), constituées de roches métamorphiques de haut grade ;
- La ceinture d'Orocaima (1,98-1,95 Ga), composée de volcanites felsiques et d'intrusions comagmatiques ;
- La ceinture magmatique d'Iricoumé-Jatapú-Uatuma (1,89-1,87 Ga), composée de séries plutono-volcaniques felsiques plus tardives.

Ces terrains archéens et protérozoïques se stabilisent vers 1,8 Ga, époque durant laquelle se déposent de puissantes séries fluviatiles qui forment les falaises du Roraima. Un magmatisme alcalin intracontinental se manifeste par des kimberlites diamantifères et des intrusions de roches alcalines enrichies en métaux rares. Le Bouclier

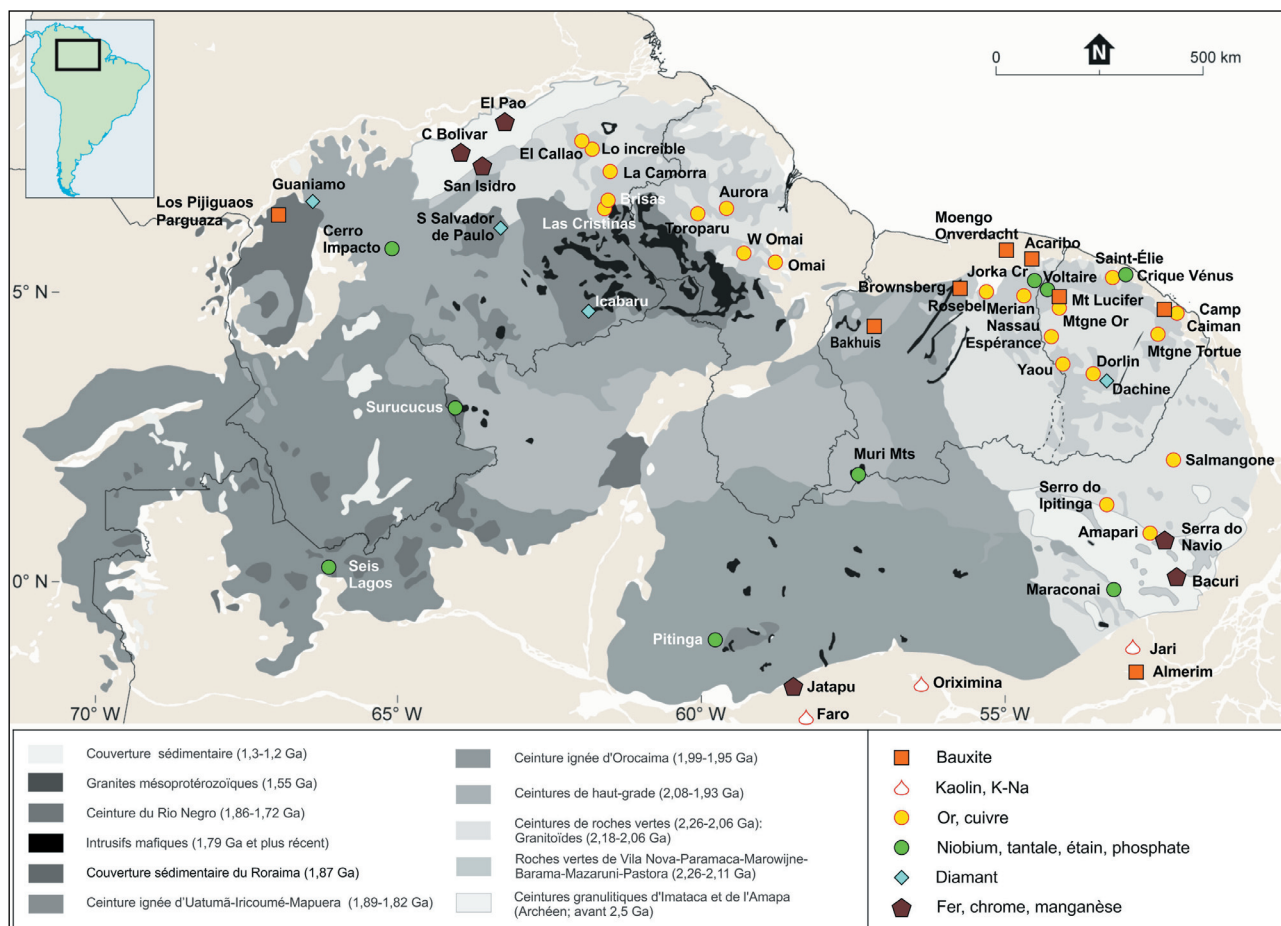


Figure 2. Localisation des principaux gîtes du Bouclier guyanais sur fond géologique, d'après Kroonenberg et al. (article *Géologie générale du socle protérozoïque des Guyanes*).

guyanais est ensuite coupé en deux par les dépôts du bassin mésozoïque du Takutu au Guyana.

L'Archéen

Le socle archéen affleure aux deux extrémités du Bouclier guyanais à l'Ouest, au Venezuela, dans le complexe d'Imataca, et à l'est au Brésil, dans la ceinture granulitique d'Amapá. Il s'agit de granulites felsiques à intermédiaires, des orthogneiss et des paragneiss quartzofeldspathique de probable origine volcano-sédimentaire, avec d'importantes formations de fer rubanées (Banded Iron Formation ou BIF). Ces protolithes archéens ont été intensément repris au cours du Paléoprotérozoïque, au Rhyacien supérieur pour l'Amapá, et à l'Orosirien précoce pour l'Imataca par métamorphisme de faciès granulitique.

Le bloc d'Imataca contient des BIF associées à des amphibolites de type Algoma d'âge méso-archéen repris au Néoarchéen. Les BIF enrichies par l'altération latéritique ont permis la production des gisements de Cerro

Bolivar, San Isidro et El Pao, avec des réserves supérieures à 1855 Mt à 63% Fe (Sidder, 1995). Elles sont associées à de petits gîtes de manganèse.

Les ceintures de roches vertes

Les ceintures de roches vertes du Paramaca (Guyane Française) – Marowijne (Suriname), Vila Nova (Amapá, Brésil), Barama-Mazaruni (Guyana), et Pastora-Carichapo (Venezuela) sont héritées du début de l'orogène transamazonien. Elles sont composées d'un assemblage de roches volcaniques sous-marines, de sédiments et d'intrusions essentiellement tonalitiques datées entre 2,2 et 2,08. Elles témoignent d'un changement d'environnement allant d'océanique à arc insulaire. À la fin de l'orogénie, des sédiments fluviaux remplissent de petits bassins discordants le long de zones cisailantes (Rosebel/Orapu). Elles constituent l'extension directe des ceintures de roches vertes du Birimien d'Afrique de l'Ouest (Fig. 3). Cette province montre presque toutes les minéralisations associées aux ceintures de roches vertes classiques.

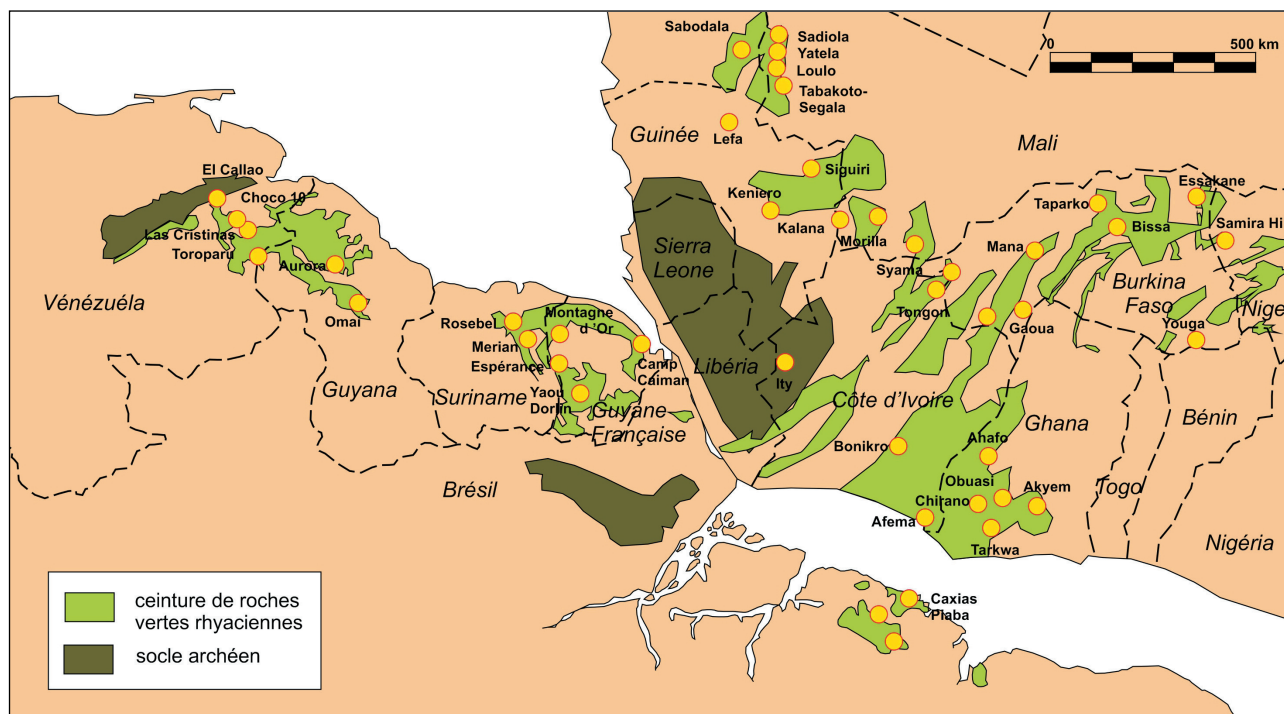


Figure 3. Reconstitution des positions du Bouclier des Guyanes et de l'Afrique de l'Ouest et continuité des ceintures de roches vertes avant l'ouverture de l'Océan Atlantique. Figure originale faite par les auteurs pour cet article.

Les séries volcaniques bimodales montrent l'assemblage classique de basaltes sous-marins, parfois à tendance komatiitique et de roches felsiques plus différenciées. Elles contiennent des indices de gisements volcanogènes de sulfures massifs, à métaux de base et or, comme le gîte de Paul Isnard/Montagne d'Or en Guyane française (120 t Au ; Guiraud *et al.*, 2020), et celui de la Serra do Ipitinga au Brésil.

Le complexe mafique-ultramafique igné lité de Bacuri au Brésil fait plus d'un kilomètre d'épaisseur. Il recoupe le socle archéen et la ceinture de roches vertes. Déformé et métamorphisé durant l'orogène transamazonien au faciès amphibolite, il contient de riches niveaux de chromitite (34% de Cr_2O_3) à la base de la zone ultramafique, avec une puissance moyenne de 12 m. Des minéralisations chromifères similaires ont été décrites dans le haut-Saramacca au Suriname.

Des gisements de fer, mais surtout de manganèse, ont été exploités au Guyana et au Brésil (Scarpelli et Horikawa, 2017). Dans l'État d'Amapá, la formation de la Serra do Navio est située à la base des sédiments. Elle est constituée de métapélites riches en matière organique et carbonatées, formant des cyclothèmes. L'ensemble est métamorphisé puis enrichi par l'altération latéritique conduisant à de riches dépôts d'oxydes de manganèse. Au-dessus, la formation de Serra da Canga contient des formations de

fer silicatées et oxydées qui sont exploitées.

Les gisements d'or sont associés à des cisaillements souvent orientés dans l'axe de la chaîne. Ils montrent de larges variations suivant leurs encaissements. Les zones de déformation constituent les pièges les plus fréquents, avec des veines de quartz contenant pyrite et arsénopyrite. On rencontre les gisements d'or dans des roches volcaniques, en particulier au Venezuela (Las Cristinas/km 88, 525 t Au ; Los Increíble/Choco 10/El Callao, 210 t Au), mais aussi au Guyana (Aurora ; 200 t Au) et en Guyane française (Dorlin). D'autres gisements sont associés aux formations de fer, tels ceux de la Serra do Ipitinga et le district d'Amapari, aux sédiments turbiditiques de l'Armina et les arénites de Rosebel (Gross Rosebel, 580 t Au ; Merian, 260 t Au ; Camp Caïman, 80 t Au...) et aux conglomérats au-dessus de l'Armina (Santa Maria dans l'Amapa ; Montagne Tortue, Regina). Ces gisements présentent les caractéristiques des gisements orogéniques. D'autres semblent plus directement associés à des intrusifs calco-alcalins tels que les gisements de Salamangone (19,4 t Au, Brésil), d'Omaï (120 t Au, Guyana), de St Elie et d'Espérance (60 t Au) en Guyane française. Tandis que les exploitations industrielles exploitent de plus en plus les gisements en carrière à ciel ouvert, les mineurs artisanaux exploitent l'or dans les placers et les éluvions.

En Guyane française, de petits diamants ont été

découverts dans des roches volcano-clastiques à composition de komatiites (Capdevila *et al.*, 1999). Les indices de diamants de Nassau (Naipal *et al.*, 2020) et Rosebel (Schönberger & De Roeve, 1974), au Suriname, pourraient être du même type.

Les intrusions granitiques hyper-alumineuses tardives (2,10-2,06 Ga) montrent des pegmatites à Nb, Ta, Sn, Be et Li, parmi lesquels le lithium, le béryllium ont parfois été exploités à petite échelle, comme les anciennes mines de Rama et Jorka Kreek au Suriname. Les pegmatites sont également la source de cassitérite et de tantalite exploitées à partir de gisements alluviaux (Scarpelli et Horikava, 2017). Une intrusion peu commune de diorite à cordiérite cuprifère a été découverte à Weko Soela au sud du Suriname (Keersema, 2020).

Les ceintures de haut métamorphisme (Cauarane-Coeroeni, Bakhuis)

La ceinture dite de Cauarane-Coeroeni peut se suivre sur plus de 1 000 km à partir de l'État de Roraima au Brésil, à travers les montagnes Kanuku en Guyana jusqu'au la ceinture Coeroeni dans le sud-ouest du Suriname. Il s'agit de paragneiss alumineux granulitiques à migmatitiques, avec des roches calco-silicatées, des amphibolites, des méta-cherts, des quartzites, des goudites et des schistes mafiques. Ces granulites sont généralement stériles.

Dans les granulites de très haute température de la ceinture de Bakhuis, un gisement atypique de cuivre-phosphate a été signalé. Interprété comme un niveau de phosphate sédimentaire (Dahlberg, 1987 ; Keersema, 2020), on peut s'interroger sur une possible carbonatite de type Palabora (Afrique du Sud).

La ceinture magmatique d'Orocaina

La ceinture ignée plutono-volcanique d'Orocaina date de l'Orosirien précoce (1,98-1,96 Ga) et est considérée comme la troisième phase de l'orogénie transamazonienne syn- ou post-collisionnelle, bien qu'il existe aussi d'autres scénarios. Elle s'étend d'Est en Ouest sur près de 1 000 km du Venezuela jusqu'au Suriname et est composée de volcanites felsiques ignimbritiques et intrusions comagmatiques de faible profondeur, avec quelques pointements d'intrusions mafiques à ultramafiques.

La ceinture magmatique d'Iricoumé-Jatapé-Uatumã

Cette ceinture, aussi appelée Uatumã-Anauá-Tapajós, est composée de roches volcaniques felsiques peu

métamorphisées datées entre 1,89 et 1,81 Ga, et donc sans relation avec l'orogénie transamazonienne. Elle forme la partie sud-est du Bouclier guyanais au Brésil, et reposerait en discordance sur les séries antérieures. Les roches ont été attribuées au magmatisme Uatumã (Klein *et al.*, 2012) ou Iricoumé-Jatapé (Reis *et al.*, 2013).

Cette ceinture est caractéristique des grandes provinces ignées différenciées (*Siliceous Large Igneous Province*, ou SLIP ; Bryan *et al.*, 2002). Elle marque la fusion de la croûte continentale par un magmatisme de type point chaud. Sa métallogénie caractéristique comprend de l'étain, des métaux rares, de l'or et des pierres précieuses (améthyste, amazonite).

L'importante mine d'étain de Pitinga (Sn ± F, Nb, Ta, Al, Th, U, Y, Zr, REE), au Brésil, est associée à un granite à albite, un greisen et des épidyénites sodiques. La minéralisation comprend cryolite, zircon, cassitérite, pyrochlore, columbite et xénotime. On connaît aussi de nombreux autres indices d'étain, niobium et tantale dans des filons et des pegmatites.

La ceinture du Rio Negro en Colombie et dans l'ouest du Venezuela est du même âge (1,85-1,72). Elle est reliée à une accretion plus jeune au noyau ancien transamazonien. Elle est recoupée par quelques intrusions anorogéniques postérieures (1,55-1,31 Ga), notamment de type Rapakivi, avec des minéralisations importantes en Sn, Nb et Ta. Le plus grand pluton de ce type, le pluton de Paraguaná, porte également une cuirasse bauxitique.

La couverture de Roraima et les événements plus récents

Le supergroupe de Roraima (1,87 Ga) est marqué par les impressionnants plateaux d'arénites et de conglomérats dans la zone frontalière entre Venezuela, Brésil et Guyana, et par les falaises escarpées du Tafelberg au Suriname, qui émergent au milieu de la forêt amazonienne. Il couvre en discordance une surface de 73 000 km². L'épaisseur totale de cette molasse est d'au moins 3 000 m. On y reconnaît des chenaux fluviaux en tresse et des faciès de delta lacustre. De minces couches rouges de cendres volcaniques ont permis une datation par U-Pb sur zircon (Santos *et al.*, 2003). Ils sont recoupés par des dykes et des sills du magmatisme Avanavero (1,78 Ga). Des diamants sont exploités depuis le XIX^e siècle à partir des dépôts de conglomérat à quartz dans la partie inférieure de la formation et dans des dépôts alluviaux des rivières qui drainent le plateau gréseux (Santos *et al.*, 2003). Leur source kimberlitique primaire reste inconnue. On a aussi cherché, en vain, des minéralisations d'uranium dans la discordance entre les arénites et les roches granitoïdes du socle.

De nombreuses minéralisations sont associées au magmatisme alcalin intracontinental, largement distribué après le dépôt du supergroupe de Roraima. Le gisement de titane ($\pm$ P, Nb, REE, Cu) de Maraonai est associé à une intrusion ultramafique (style Palabora ?). Le gisement de niobium de Seis Lagos (1328 Ma) au Brésil est une carbonatite enrichie par l'altération supergène jusqu'à 200 m de profondeur. Ses réserves ont été estimées à 2 898 Mt de minerai à 2,81% Nb₂O₅. Des intrusions mafiques-ultramafiques (1,17 Ga) ont un potentiel en Cu-Co-Ni-Cr-PGE. Le gisement de phosphate magmatique de Sienito Mutum (les monts Muri du Surinam) est associé à une syénite alcaline datée à 1 090 Ma. Les hautes teneurs de Nb, Sr et REE et la radioactivité des produits de l'altération latéritique, mais aussi l'alcalinité des criques dans la région (pH=8) font soupçonner la présence d'une carbonatite dessous. Le cas du Cerro Impacto en Venezuela est similaire. Le système alcalin à syénite néphélique le plus récent date du Crétacé (111-116 Ma) et porte une minéralisation en REE $\pm$ P-Ti (Repartimento).

Chaque paléosurface est marquée par des dépôts de placers et des concentrations associées aux altérations équatoriales. Ainsi, le gisement de titane de Maicuru (200 Mt) est constitué d'anatase, et est daté de 0,6 Ga peu avant l'ouverture du bassin intracratonique de l'Amazone. Les placers à diamants de l'État de Bolivar au Venezuela ont été découverts dans la région de Guaniamo en 1968, suivis par une curieuse kimberlite en feuillets en 1982. Associée à des carbonatites, elle marquerait un rift sub-méridien et est datée à 710 Ma. Plus de 30 millions de carats y ont été exploités.

Les processus d'altération de surface sont actifs depuis le Cénozoïque. Les gisements de bauxites ont fait la richesse des Guyanes et du Brésil. Ils sont reliés à la pénéplanation du début du Cénozoïque (*main aluminous laterite level*). Deux principales roches-mères ont été identifiées (Monsels, 2016) : (1) les roches du Rhyacien, formant des plateaux, avec des bauxites riches en fer et 45% d'alumine. Le gisement de bauxite de Los Pijiguaos, le plus important du Venezuela, se développe sur le granite Rapakivi Parguaza méso-protérozoïque ; (2) les roches sédimentaires cénozoïques de la zone côtière (*lowland bauxites*) : elles sont plus riches en aluminium, avec peu d'oxydes de fer. Elles peuvent être affleurantes ou enfouies à 40 m de profondeur. Elles ont été intensément exploitées au Suriname (Onverdacht, Paranam) et au Guyana dans les bassins de Berbice et du Démérara.

Enfin, trois districts de kaolin sont connus dans la région de l'Amazone : Rio Capim, Morro de Felipe et

Manaus-Itacoatiara. Ces gisements se développent par l'altération des sédiments du Crétacé. La puissance de la zone à kaolinite varie entre 10 et 20 m.

Quel avenir pour les Guyanes ?

Les ceintures de roches vertes présentent un très fort potentiel pour les métaux de base et précieux. Ce type d'environnement contient toujours des gisements d'or orogénique et des amas sulfurés à métaux de base. Il peut aussi avoir un potentiel pour les gisements de nickel, cobalt et chrome dans les contextes les plus mafiques, pour des porphyres à or, surtout si les gisements ont été enrichis par l'altération supergène et pour les pegmatites à métaux et minéraux rares, dont le lithium et le béryl. Le fer et le manganèse ont aussi été des cibles économiques.

La ceinture Iricoumé-Jatapu-Uatumã est un SLIP. Le potentiel de cet environnement est évident pour l'argent et l'or en contexte épithermal, voire porphyrique. Un lien apparaît également avec les gisements de cuivre. Mais il reste encore beaucoup à comprendre dans le domaine. Enfin, les intrusions alcalines possèdent en outre un intérêt réel pour les métaux critiques, notamment dans les filières industrielles d'une société post-carbonée : Nb-Ta, terres rares...

Il n'y a pas eu d'explorations régionales utilisant des méthodes avancées depuis 50 ans. Des levés géophysiques plus détaillés révolutionneraient notre compréhension géologique et aboutiraient à de nouvelles découvertes.

Deux questions interdépendantes se posent : comment gérer le développement minier tout en protégeant la biodiversité et les populations autochtones ? Comment attirer des investissements de capitaux à risque, tout en gardant des objectifs de développement durable ?

Bibliographie sommaire

(bibliographie complète sur le site de la SGF : www.geosoc.fr)

- Dardenne M.A. et Schobbenhaus C., 2003. Metallogeny of the Guiana Shield. *Géologie de la France* 2-3-4 : 291-319.
- Jébrak M., Heuret A. et Rostan P., 2020. Gold, peoples and the multiple frontiers in French Guyana. *Extractive Industry and Society. En révision*.
- Kroonenberg S., Mason P.R.D., Kriegsman L., de Roever E.W.F. et Wong T.E., 2019. Geology and mineral deposits of the Guiana Shield. *Mededeling Geologisch Mijnbouwkundige Dienst Suriname* 29: 111-115.
- Théveniaut H., Billa M., Cassard D., Delor C. et Maldan F., 2011. Le plateau des Guyanes et son potentiel minier. *Geosciences*, pp. 60-67.