





# Guyane et gisements, hors Or : état des connaissances et réexamen du potentiel minier

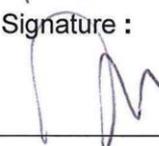
Rapport final

**BRGM/RP-62003-FR**

Janvier 2013

Étude réalisée dans le cadre des opérations  
de Service public du BRGM

**M. Billa, M. Chevillard, B. Tourlière, P. Marteau,**  
Avec la collaboration de  
**D. Cassard, H. Théveniaut**

**Vérificateur :**  
Nom : Augé T.  
Date : 04/03/13  
Signature : 

**Approbateur :**  
Nom : Guillaneau J.-C.  
Date : 04/03/2013  
Signature : 

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2012.**

**Mots-clés** : Inventaire minier, Guyane, Prospection géochimique, Géophysique, Gîtologie, Gisement, Pegmatite, Columbo-tantalite, Tantale, Étain, Lithium, Kaolin, Bauxite, Zircon, Ilménite, Monazite, Diamant.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Billa M., Chevillard M., Tourlière B., Marteau P., Cassard D., Théveniaut H.** (2013) – Guyane et gisements, hors Or : état des connaissances et réexamen du potentiel minier. Rapport final. BRGM/RP-62003-FR, 157 p., 64 fig., 16 tab.

© BRGM, 2013, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

L'objectif est de revisiter les travaux de prospection réalisés en Guyane pour des substances autres que l'or à partir des données archivées et de la connaissance métallogénique sur des domaines similaires.

La **première partie** est une caractérisation du **cadre géologique et métallogénique** en vue d'identifier les minéralisations autres que l'or susceptibles d'être découvertes, ceci en se basant sur les indices connus, les phénomènes métallogéniques identifiés et les découvertes minières réalisés dans différents pays du **Bouclier guyanais** et d'**Afrique de l'Ouest**.

La **seconde partie** vise à réutiliser les résultats des **analyses géochimiques** et des **levés géophysiques** avec de nouvelles méthodes de traitements et d'autres objectifs (non axés sur l'or) en vue de définir de **nouveaux sujets à prospecter**.

La **troisième partie** correspond à une étude systématique des anciens rapports de prospection en vue de réévaluer l'intérêt d'indices minéralisés autres que l'or, c'est-à-dire : i) les minéralisations à tantale-niobium et éléments associés (Li, Sn) ; ii) les minerais d'aluminium (bauxites) ; iii) les concentrations de kaolin ; iv) les sables à minéraux lourds.

Ce bilan permet d'avancer les résultats suivants :

- les minéralisations aurifères sont le phénomène minéralisé principal et il subsiste un potentiel important de découverte ;
- des minéralisations pour d'autres substances sont souvent associées aux gisements aurifères et il existe en Guyane des possibilités pour la présence de minéralisations à **Cu-Au (Mo) porphyrique, d'amas polymétalliques à Pb-Zn-Cu, de niveaux exhalatifs de Mn** et de **minéralisations sulfurées Cu, Ni (Pt)** associées à des roches basiques et ultrabasiques. D'ailleurs des indices géochimiques existent pour ces différents types de minéralisations et des **travaux complémentaires**, issus du retraitement des données géochimique et géophysique, sont proposés sur ces thèmes, en particulier pour les **minéralisations sulfurées à Cu, Ni (Pt) et pour le manganèse** ;
- parmi les minéralisations déjà prospectées, le potentiel principal de développement correspond aux minéralisations associées aux granites (Nb-Ta, Li, Sn, Mo), en particulier les **minéralisations de columbo-tantalite à tantalite dominante** pour lesquelles des zones d'intérêt ont été circonscrites pour des placers mais aussi en roche altérée (pegmatites saprolitisées) ;
- comme sur les autres pays du Bouclier des Guyanes, il existe des minerais d'aluminium de type **bauxite**. Les évaluations de la plupart des indices ont été réalisées à partir de travaux superficiels et préliminaires. Seul le gisement de la Montagne de Kaw a fait l'objet de travaux significatifs qui ont débouché sur l'élaboration de plusieurs projets d'exploitation. De manière générale, les résultats sont marginaux, c'est-à-dire proches des volumes et des teneurs économiques mais restant **insuffisants** en l'état actuel des prospections, pour constituer un objectif économiquement viable, compte tenu des **coûts d'infrastructure** pour l'exploitation et l'évacuation des minerais. À ces paramètres technico-économiques, se rajoutent les interdictions portant sur plusieurs de ces plateaux bauxitiques en particulier ceux de la montagne de Kaw ;

- le **kaolin de la zone de Charvein** est un **gisement potentiel** mais nécessitant une réévaluation des paramètres technico-économiques. Sa proximité avec les zones urbanisées est critique et une évaluation in situ de la **contrainte anthropique** est indispensable avant toute autre activité ;
- les **sables à minéraux lourds** (ilménite, zircon, monazite) de la zone littorale n'ont aucun avenir minier en raison de leur proximité avec des zones protégées de type « mangrove » et d'un potentiel géologique relativement faible par rapport aux normes d'exploitabilité.

# Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Cadre de l'étude .....</b>	<b>15</b>
2.1. CADRE GÉOGRAPHIQUE ET ENVIRONNEMENTAL .....	15
2.1.1. Situation géographique .....	15
2.1.2. Environnement.....	15
2.1.3. Accessibilité .....	15
2.1.4. Implications en termes de développement minier .....	16
2.2. CADRE RÉGLEMENTAIRE .....	16
2.2.1. Le Schéma Départemental d'Orientation Minière de la Guyane (SDOM) .....	16
2.2.2. Découpage du SDOM et règles applicables.....	17
2.3. TRAVAUX ANTÉRIEURS .....	19
2.3.1. Travaux anciens (avant 1949).....	19
2.3.2. Travaux du BMG (1949-1960).....	19
2.3.3. Travaux du BRGM anté-Inventaire.....	20
2.3.4. Travaux de l'Inventaire minier (1975-1995).....	20
2.4. DOCUMENTATION .....	25
2.4.1. Documentation disponible.....	25
2.4.2. Documentation consultée.....	27
<b>3. Cadre géologique et métallogénique .....</b>	<b>29</b>
3.1. GÉOLOGIE ET MINÉRALISATIONS DU BOUCLIER DES GUYANES ET DU BIRIMIEN D'AFRIQUE DE L'OUEST .....	29
3.1.1. Principaux ensembles géologiques .....	29
3.1.2. Évolution métallogénique .....	32
3.2. CADRE GÉOLOGIQUE ET PERSPECTIVES POUR LES MINÉRALISATIONS EN GUYANE.....	36
3.3. BILAN .....	41
<b>4. Réinterprétation des données géophysiques et géochimiques (Mn, Zn, Pb, Cu, Mo, Ni, etc.).....</b>	<b>43</b>
4.1. GÉOCHIMIE .....	43
4.2. GÉOPHYSIQUE .....	43
4.2.1. Magnétisme .....	43
4.2.2. Radiométrie spectrale .....	45
4.3. BILAN DES ANOMALIES .....	47
4.3.1. Granites à métaux rares Sn (Mo-W), Be-Li, Nb-Ta.....	47

4.3.2. Roches alcalines .....	47
4.3.3. Cu (Mo)-Au de type porphyrique.....	47
4.3.4. Pb-Zn de type exhalatif.....	47
4.3.5. Mn de type exhalatif .....	47
4.3.6. Cu-Ni (Pt) sulfuré.....	47
4.4. RECOMMANDATIONS .....	49
<b>5. Ressources minérales associées aux domaines périgranitiques (Nb-Ta, Li (Be), Sn)...</b>	<b>51</b>
5.1. NIOBIUM-TANTALE .....	51
5.1.1. Généralités sur Ta (Nb) .....	51
5.1.2. Historique des travaux en Guyane.....	57
5.1.3. État des connaissances sur les indices alluvio-éluvionnaires de columbo-tantalite.....	60
5.1.4. État des connaissances sur les indices de pegmatites à columbo-tantalite .....	78
5.1.5. Bilan et perspectives .....	82
5.2. LITHIUM.....	84
5.2.1. Généralités sur le lithium .....	84
5.2.2. Historique des travaux en Guyane.....	85
5.2.3. État des connaissances sur les indices de pegmatites lithinifères .....	85
5.2.4. Conclusion sur les pegmatites lithinifères .....	92
5.3. ÉTAIN.....	92
5.3.1. Historique des travaux.....	92
5.3.2. État des connaissances sur les indices alluvionnaires de cassitérite .....	92
5.3.3. Conclusion sur les indices de cassitérite .....	93
<b>6. Bauxite.....</b>	<b>95</b>
6.1. GÉNÉRALITÉS SUR LA BAUXITE.....	95
6.1.1. Gîtologie .....	95
6.1.2. Gisements et réserves mondiales.....	96
6.1.3. Utilisations .....	97
6.2. LA BAUXITE SUR LE BOUCLIER GUYANAIS.....	97
6.2.1. Brésil .....	97
6.2.2. Vénézuéla .....	100
6.2.3. Suriname.....	100
6.2.4. Guyana.....	103
6.2.5. Implications pour la Guyane .....	104
6.3. HISTORIQUE DES TRAVAUX EN GUYANE .....	104
6.4. ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES INDICES DE BAUXITE EN GUYANE .....	106
6.4.1. Gîtes de plaine côtière.....	106
6.4.2. Gîtes de plateau .....	106

6.5. BILAN ET PERSPECTIVES.....	125
6.5.1. Conclusion sur les indices de bauxite et potentiel minier .....	125
6.5.2. Propositions d'actions .....	128
<b>7. Kaolin .....</b>	<b>129</b>
7.1. GÉNÉRALITÉS SUR LE KAOLIN .....	129
7.1.1. Gîtologie .....	129
7.1.2. Gisements et production mondiale .....	129
7.1.3. Utilisations .....	129
7.1.4. Prix .....	130
7.2. LE KAOLIN SUR LE BOUCLIER GUYANAIS .....	130
7.3. HISTORIQUE DES TRAVAUX.....	130
7.3.1. Travaux de reconnaissance et caractérisation préliminaire du kaolin .....	132
7.3.2. Caractérisation du gisement et tests de qualité du kaolin (1977 à 1981).....	132
7.4. ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES INDICES DE KAOLIN EN GUYANE .....	134
7.4.1. Les Malgaches.....	134
7.4.2. Saut Sabbat.....	135
7.4.3. Charvein .....	135
7.4.4. Autres indices de kaolin connus dans le nord de la Guyane .....	137
7.5. BILAN ET PERSPECTIVES.....	137
7.5.2. Conclusion sur les indices de kaolin et potentiel minier.....	137
7.5.3. Propositions d'action.....	140
<b>8. Sables à minéraux lourds (ilménite, zircon, monazite).....</b>	<b>141</b>
8.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES SABLES À MINÉRAUX LOURDS .....	141
8.2. HISTORIQUE DES TRAVAUX EN GUYANE .....	141
8.3. ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES INDICES DE SABLES À MINÉRAUX LOURDS EN GUYANE .....	143
8.4. CONCLUSION SUR LES SABLES À MINÉRAUX LOURDS.....	147
<b>9. Conclusion et recommandations .....</b>	<b>149</b>
<b>10. Bibliographie .....</b>	<b>151</b>

## Liste des figures

Figure 1 -	Carte géographique de la Guyane.....	14
Figure 2 -	Carte des contraintes encadrants l'activité minière en Guyane suivant le découpage SDOM (Préfecture de la Guyane, 2011).....	18
Figure 3 -	Répartition des travaux de prospection effectués lors de l'Inventaire minier du département de la Guyane.....	22
Figure 4 -	Chronogramme des différentes phases de prospection réalisées durant l'Inventaire minier et sujets remis à la profession minière pendant ou à la suite de l'Inventaire (BRGM, 1996).....	23
Figure 5 -	Substances recherchées sur les 190 prospectes ayant fait l'objet de travaux dédiés (BRGM, 1996).....	25
Figure 6 -	Classement par priorité des 190 prospectes (BRGM, 1996).....	25
Figure 7 -	Reconstitution géologique du Birimien d'Afrique de l'Ouest et de la partie orientale du bouclier des Guyanes (Théveniaut <i>et al.</i> , 2011).....	30
Figure 8 -	Schéma structural du Bouclier des Guyanes et de ses minéralisations (Théveniaut <i>et al.</i> , 2011).....	31
Figure 9 -	Provinces géochronologiques du Craton Amazonien (Santos <i>et al.</i> , 2000 ; Tassinari <i>et al.</i> , 1999).....	35
Figure 10 -	Carte simplifiée de la Guyane d'après Delor <i>et al.</i> (2001) avec les principaux ensembles géologiques et les principales minéralisations.....	37
Figure 11 -	Anomalies géochimiques issues des données de l'Inventaire.....	42
Figure 12 -	Anomalies géophysiques et grand traits structuraux issus du levé aéroporté de 1996.....	44
Figure 13 -	Classification des données spectrométriques issues du levé aéroporté de 1996.....	46
Figure 14 -	Synthèses des anomalies géochimiques et géophysiques et zones à prospector.....	48
Figure 15 -	Évolution de la production mondiale de tantale selon des sources différentes (Audion et Piantone, 2012).....	53
Figure 16 -	Répartition mondiale des principales mines et gisements de tantale (Audion et Piantone, 2012).....	54
Figure 17 -	Répartition de la consommation mondiale de tantale par domaines d'application en 2008 (Audion et Piantone, 2012).....	56
Figure 18 -	Évolution du prix du kg de Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> contenu dans un concentré de tantalite de 1940 à 2010 (Audion et Piantone, 2012).....	56
Figure 19 -	Localisation des indices alluvionnaires de columbo-tantalite en Guyane.....	61
Figure 20 -	Distribution des flats minéralisés de l'indice Passoura-Cariacou ainsi que des travaux de contrôle de GOS et d'une partie des travaux de prospection du BMG (Plat, 1986).....	66
Figure 21 -	Carte des travaux de prospection effectués sur l'indice Agami et détail du cubage des ressources en columbo-tantalite effectué tronçon par tronçon (Plat, 1988b).....	73
Figure 22 -	Coupe schématique d'une pegmatite minéralisée en columbo-tantalite de la zone Balata (Machéras, 1957).....	79
Figure 23 -	Localisation des pegmatites de la zone Tamanoir-Oa (Machéras, 1957).....	80
Figure 24 -	Coupe schématique de la pegmatite minéralisée en columbo-tantalite et béryl de la zone Tamanoir-Oa (Machéras, 1957).....	81
Figure 25 -	Répartition des usages du lithium en 2011 (Labbé et Daw, 2012).....	85

Figure 26 - Localisation des pegmatites lithinifères en Guyane. Indices d'après Cruys (1961b) et carte géologique d'après Delor <i>et al.</i> (2001).....	86
Figure 27 - Localisation des pegmatites lithinifères dans le secteur Salva (Cruys, 1961b).....	87
Figure 28 - Coupe schématique de la pegmatite lithinifère de l'indice Chicot réalisée à partir des observations faites sur une tranchée (Cruys, 1961b).....	90
Figure 29 - Coupe schématique de la pegmatite lithinifère de l'indice Biche réalisée à partir des observations faites sur un puits (Cruys, 1961b). ....	91
Figure 30 - Localisation des indices de cassitérite en Guyane. Indices d'après Blanc <i>et al.</i> (1980) et carte géologique d'après Delor <i>et al.</i> (2001).....	94
Figure 31 - Répartition mondiale des principales provinces de bauxite selon la typologie des gisements (modifié d'après Jébrak et Marcoux, 2008). ....	95
Figure 32 - Classification de la taille des gisements de bauxite.....	97
Figure 33 - Gisement de classe mondiale de Porto Trombetas, Brésil (© Google Earth, 2012). ....	98
Figure 34 - Gisement de classe mondiale de Paragominas, Brésil (© Google Earth, 2012).....	99
Figure 35 - District minier de Poços de Caldas (Brésil) composé de plusieurs exploitations de petite taille (© Google Earth, 2012). ....	99
Figure 36 - Exploitation du gisement de bauxite de Los Pijiguaos, Vénézuéla (© Google Earth, 2012). ....	100
Figure 37 - Génèse des gîtes bauxitiques de plaine côtière du Suriname (modifié d'après Bardossy et Aleva, 1990).....	101
Figure 38 - Localisation des exploitations de bauxite au Suriname (Haalboom, 2012). ....	102
Figure 39 - District de Moengo (gîtes de plaine) à proximité de la frontière guyanaise (© Google Earth, 2012). ....	102
Figure 40 - De gauche à droite, on distingue le district d'Onverdacht (mine de Lelydorp III), la mine de Kaimangrassie (6-8 Mt) et la mine de Caramacca (3 Mt) (© Google Earth, 2012). ....	103
Figure 41 - Localisation et ressources des indices de bauxite latéritique sur le territoire guyanais. Indices d'après Blanc <i>et al.</i> (1980).....	107
Figure 42 - Contexte géographique de la Montagne de Kaw.....	109
Figure 43 - Répartition des 19 amas de bauxite sur les Montagnes de Kaw (BMG, 1955b).....	111
Figure 44 - Évaluation des ressources en bauxite de la Montagne de Kaw (BRGM, 1978).....	112
Figure 45 - Principaux paramètres permettant d'évaluer la valeur industrielle de la bauxite de Kaw (BRGM, 1978).....	113
Figure 46 - Différentes applications commerciales en fonction des caractéristiques de la bauxite (Roskill, 2008). ....	114
Figure 47 - Contexte géographique des Monts de l'Observatoire.....	116
Figure 48 - Répartition des amas de bauxite sur les Monts de l'Observatoire (BMG, 1955a).....	116
Figure 49 - Contexte géographique des Montagnes Tortue. ....	117
Figure 50 - Contexte géographique des Montagnes Plomb.....	119
Figure 51 - Distribution des cuirasses bauxitiques sur les Montagnes Plomb et travaux de prospection réalisés pour établir cette cartographie (BRGM, 1963).....	119
Figure 52 - Contexte géographique des Montagnes de la Trinité. ....	120
Figure 53 - Contexte géographique de l'indice Eau Blanche.....	121
Figure 54 - Contexte géographique du Mont Lucifer.....	122

Figure 55 - Contexte géographique des Montagnes Françaises. ....	123
Figure 56 - Teneurs des cuirasses bauxitiques du secteur est des Montagnes Françaises et travaux de prospection réalisés pour établir cette cartographie (Volker, 1963). ....	124
Figure 57 - Contexte géographique de la Montagne Cottica.....	125
Figure 58 - Classification de la taille des indices de bauxite guyanais (échelle log).....	126
Figure 59 - Contexte géographique favorable à la mise en place d'un projet commun incluant les indices de Kaw, Tortue et de l'Observatoire. ....	127
Figure 60 - Localisation des indices de kaolin sur le territoire Guyanais. Indices d'après Blanc et al. (1980) et carte géologique d'après Delor <i>et al.</i> (2001). ....	131
Figure 61 - Campagne de sondages 1979-1980 et extension des gisements de Saut-Sabbat, Malgaches et Charvein (Plat, 1980).....	133
Figure 62 - Extension du gisement de Charvein selon les différentes qualités de kaolin (Plat, 1980). .	136
Figure 63 - Occupation des sols sur le gisements de kaolin de Charvein et zonation SDOM.....	139
Figure 64 - Répartition des quatre indices de sables à minéraux lourds et des cordons sableux minéralisés prospectés lors des campagnes de 1976 et 1977 (Marchesseau, 1978a).....	142

## Liste des tableaux

Tableau 1 - Syndicats formés par le BMG et le BRGM avec des partenaires privés (Blanc <i>et al.</i> , 1980).....	20
Tableau 2 - Calage des événements géologiques et des minéralisations sur le Bouclier des Guyanes et en Afrique de l'Ouest. ....	40
Tableau 3 - Évolution par pays de la production minière en t de Ta métal entre 2000 et 2009 (Audion et Piantone, 2012). ....	53
Tableau 4 - Ressources et réserves mondiales de tantale identifiées en 2010 (Audion et Piantone, 2012).....	54
Tableau 5 - Historique des travaux concernant la prospection de columbo-tantalite en Guyane. ....	59
Tableau 6 - Caractéristiques des indices alluvionnaires et pegmatitiques de columbo-tantalite de Guyane. ....	63
Tableau 7 - Caractéristiques des pegmatites lithinifères de Guyane. ....	88
Tableau 8 - Production et réserves mondiales de bauxite en 2011 (modifié d'après USGS, 2012a).....	96
Tableau 9 - Historique des travaux concernant la prospection de la bauxite en Guyane. ....	105
Tableau 10 - Caractéristiques des indices de bauxite de Guyane. ....	108
Tableau 11 - Estimation des ressources en minéraux lourds de l'indice d'Awara (d'après Marchesseau, 1978a).....	143
Tableau 12 - Estimation des ressources en minéraux lourds de l'indice d'Organabo (d'après Marchesseau, 1978a).....	144
Tableau 13 - Estimation des ressources en minéraux lourds de l'indice Sinnamary ouest (d'après Marchesseau, 1978a).....	144
Tableau 14 - Estimation des ressources en minéraux lourds de l'indice Sinnamary est (d'après Marchesseau, 1978a).....	145

Tableau 15 - Estimation des ressources du gîte de calcaire coquiller de Tonate (d'après Marchesseau, 1978a).....	145
Tableau 16 - Compositions chimiques des zircons et des ilménites de Sinnamary ouest comparées aux différentes qualités commercialisées en 1978 (d'après Marchesseau, 1978a). .....	147

## Liste des acronymes

<b>CAV</b>	Corporacion Aluminios de Venezuela
<b>CAH</b>	Classification Ascendante Hiérarchique
<b>COMIGU</b>	Consortium Minier Guyanais
<b>CT</b>	Comptage Total
<b>BATM</b>	Bureau d'Aide Technique Minière
<b>BF</b>	Burkina Faso
<b>BIF</b>	Banded Iron Formation
<b>BMG</b>	Bureau Minier Guyanais
<b>BRGM</b>	Bureau de Recherche Géologique et Minière
<b>DOM</b>	Département d'Outre-Mer
<b>DR</b>	Direction régionale (anciennement Service Géologique Régional du BRGM)
<b>GKC</b>	Georgia Kaolin Co
<b>GOS</b>	Geology Operations Systems
<b>KPCL</b>	Kaolins et Pâtes Céramiques du Limousin
<b>MRN</b>	Mineração Rio do Norte AS
<b>MNT</b>	Modèle Numérique de Terrain
<b>NTIC</b>	Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
<b>ONG</b>	Organisation Non Gouvernementale
<b>OCDE</b>	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
<b>PER</b>	Permis de Recherche Exclusif
<b>PGE</b>	Platinum Group Elements
<b>RDC</b>	République Démocratique du Congo
<b>SDB</b>	Série Détritique de Base
<b>SDOM</b>	Schéma Départemental d'Orientation Minière de la Guyane
<b>SERMAG</b>	Société d'Etude et de Recherche Magnan Clayton
<b>SFC</b>	Société Française de Céramiques
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique
<b>UE</b>	Union Européenne
<b>USGS</b>	United States Geological Survey
<b>ZNIEFF</b>	Zone Naturelles d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique

# 1. Introduction

Cette synthèse est réalisée dans le cadre d'une convention entre le **BRGM** et le **MEDDE** (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie) sur le thème des ressources minérales (« Thème 1 - Fiche 2. Revalorisation et réévaluation du potentiel français en ressources minérales ») et correspond à l'action 2.2 (« Guyane et gisements, hors Or : état des connaissances et suites à donner »). Cette étude a été réalisée au cours du second semestre 2012 par la Direction des Géoressources du BRGM.

Il s'agit de réaliser une synthèse des données disponibles au BRGM sur les ressources identifiées en Guyane d'après les informations du BMG (Bureau Minier Guyanais, ancêtre du BRGM), de l'Inventaire minier national (rapports, résultats d'analyses géochimiques, résultats des levés géophysiques) et de la nature des gisements connus en dehors de l'or. « La synthèse sera réalisée en cohérence avec la cartographie du **schéma départemental d'orientation minière de la Guyane** (SDOM) », ce qui signifie que la promotion de thèmes d'intérêt tiendra compte des interdictions et limitations issues du SDOM, qui est le cadre réglementaire régissant l'activité minière en Guyane.

Ce travail vise à promouvoir les données publiques disponibles, autant vers les pouvoirs publics que vers des sociétés potentiellement intéressées pour reprendre l'exploration du territoire national. Le BRGM doit pouvoir mettre à disposition de l'administration des éléments diagnostics contribuant à cette promotion du territoire autant qu'à guider les choix au vu des connaissances disponibles, sous la forme d'un rapport comparable aux plans minéraux déjà faits pour des pays tiers par le BRGM.

L'action vise à réaliser **une synthèse géologique et minière**, à partir des données disponibles en archives et de la connaissance géologique régionale, pour promouvoir des thèmes et localiser des secteurs d'intérêt prioritaire, à destination de sociétés potentiellement intéressées au développement de l'exploration minière en France. Le livrable est un rapport détaillant les informations disponibles au BRGM sur **les indices et occurrences en ressources minérales de Guyane en dehors de l'or** et qui en analyse la valeur.

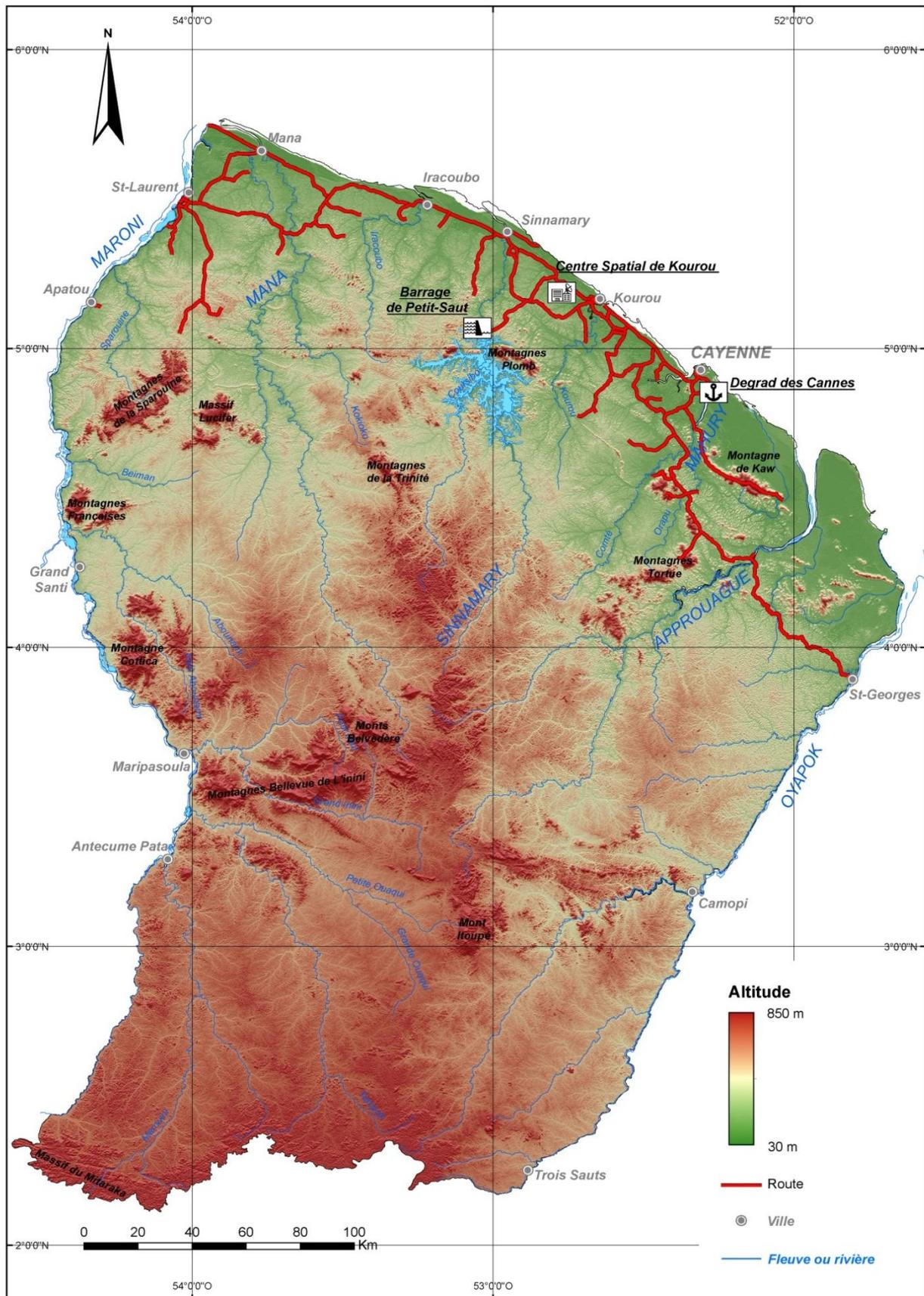


Figure 1 - Carte géographique de la Guyane.

## 2. Cadre de l'étude

### 2.1. CADRE GÉOGRAPHIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

#### 2.1.1. Situation géographique

**La Guyane française**, située sur la côte NE du continent sud-américain, est une région administrative et un département d'outre-mer (DOM) dont la préfecture est Cayenne (Figure 1). Avec une superficie de 83 800 km<sup>2</sup>, la Guyane représente **15 % du territoire métropolitain**. Elle s'intègre **au sein du plateau des Guyanes** avec une partie du Venezuela, le nord du Brésil, le Guyana (ancienne Guyane britannique) et le Suriname (ancienne Guyane hollandaise). Elle est limitée au nord par l'océan Atlantique, à l'est par le fleuve **Oyapock** qui la sépare du Brésil, et à l'ouest par le fleuve **Maroni** qui la sépare du Suriname. Sa frontière sud, avec le Brésil, correspond à des reliefs d'altitude maximale de 700 m (Figure 1) qui marquent la ligne de partage des eaux entre les tributaires des fleuves guyanais et le bassin de l'Amazone.

**Le littoral qui concentre la majorité de la population et des infrastructures**, s'étale sur plus de 300 km. La plaine côtière, sablo-argileuse, présente une largeur moyenne de 10 km (largeur maximale de plus de 20 km au niveau des marécages de Kaw). La plaine côtière s'élargit vers l'ouest, au Suriname (plus de 70 km de largeur), où elle abrite de nombreux gisements de bauxite.

Les plus vastes et les plus hauts reliefs (850 m d'altitude) sont localisés dans le domaine central de la Guyane à 200 km du littoral (Figure 1). Dans la partie nord du département, il existe **une dizaine de massifs montagneux isolés** dont les principaux sont d'est en ouest : Monts de l'Observatoire, Montagne de Kaw, Montagnes Tortue, Montagnes Plomb, Montagnes de la Trinité, Monts Lucifer, Montagnes de la Sparouine, Montagnes françaises.

#### 2.1.2. Environnement

La totalité du territoire (96 %) est couverte par une **forêt équatoriale primaire**, qui est une des plus riches au monde en matière de biodiversité, et qui reste parmi une des plus préservées. Ce haut lieu de la biodiversité française est protégé par un parc national et six réserves naturelles nationales, ainsi que plusieurs zonages prenant en compte les richesses biologiques naturelles de la Guyane (ZNIEFF, réserves naturelles régionales, réserves biologiques, etc.)

Cette végétation luxuriante est due aux conditions météorologiques de type **équatorial humide**. La position privilégiée proche de l'Équateur, ainsi que la façade océanique, confère à la Guyane une bonne stabilité climatique, ainsi, on observe une grande régularité des vents et des températures, qui varient faiblement au cours de l'année. Seules les précipitations connaissent des variations annuelles conséquentes. C'est donc principalement ce paramètre météorologique qui détermine le rythme des saisons guyanaises. On distingue **une saison des pluies de mi-novembre à mi-juillet** entrecoupée par une petite saison sèche (« le petit été de mars »). Au total, la pluviométrie annuelle est de l'ordre de **3 000 mm/an**.

#### 2.1.3. Accessibilité

Les moyens de communication à l'intérieur du département sont restreints, ainsi les **routes se concentrent le long du littoral** (Figure 1). La pénétration à l'intérieur des terres est donc

extrêmement difficile en raison de la forêt primaire. Il existe bien quelques pistes, mais le meilleur moyen reste encore le déplacement en pirogue via les six principaux fleuves (Figure 1) qui sont d'est en ouest le Oyapock, l'Approuague, le Mahury, le Sinnamary, la Mana, et le Maroni et via les quelques petits fleuves côtiers de moindre importance (le Kourou, l'Iracoubo, etc.)

**Les infrastructures portuaires**, équipements majeurs pour la mise en valeur de certaines ressources minérales notamment des pondéraux (bauxite), sont peu nombreuses en Guyane. Seul le port de **Dégrad des Cannes** (Figure 1), implanté dans l'estuaire du fleuve Mahury à 10 km de Cayenne, est capable d'accueillir le trafic commercial. La quasi-totalité des importations de la Guyane transite par ce port, soit environ 90 % des échanges maritimes du département.

#### 2.1.4. Implications en termes de développement minier

**Les conditions intrinsèques à l'environnement guyanais** (géographie, environnement, accessibilité, météorologie) en font un territoire particulier quant au développement et à la mise en valeur des ressources minières :

- **les conditions de terrain en Guyane sont extrêmement contraignantes** (couvert végétale dense, peu ou pas de voies de communication, couverture latéritique masquant l'information géologique). En termes de prospection, cela nécessite donc des **moyens logistiques importants** et des **méthodes de prospection adaptées** (géophysique aéroportée, campagnes de géochimie, etc.) ;
- compte-tenu de la richesse du milieu naturel guyanais, la mise en valeur de la ressource minière doit se faire de manière durable en **garantissant le respect de l'Environnement** (cf. § 2.2. Cadre réglementaire, p. 16) ;
- étant donné **l'absence totale d'infrastructures et de voies de communication à l'intérieur du territoire**, il est difficile d'envisager un développement de l'activité minière à une distance trop éloignée du littoral. En effet, plus on s'éloigne du littoral et plus les gisements devront être importants pour pouvoir envisager une mise en exploitation. Il est donc préférable, en particulier pour les pondéreux, de **privilégier une bande de 100 km autour du littoral** pour développer une politique de mise en valeur des ressources du sous-sol.

## 2.2. CADRE RÉGLEMENTAIRE

### 2.2.1. Le Schéma Départemental d'Orientation Minière de la Guyane (SDOM)

En Guyane, il existe de nombreuses zones prenant en compte les richesses biologiques naturelles et qui imposent des mesures de protection de l'environnement (parc amazonien, réserves naturelles nationales, réserves naturelles régionales, zones de protection du biotope, ZNIEFF, parcs naturels régionaux, réserves biologiques, séries d'intérêt écologique, sites Ramsar, zones de protection des bassins versants et des cours d'eau, etc.)

Ces dernières sont de nature et de portée différentes d'où un manque de visibilité des contraintes environnementales à l'échelle du territoire (autorisation ou non de réaliser des activités minières). Pour pallier cela et pour permettre *l'instauration d'une politique équilibrée entre le développement de l'activité minière et le respect de l'environnement* (Préfecture de la Guyane, 2011), il a été décidé en mars 2008 par les autorités de l'État (J.-L. Borloo, M. Alliot-Marie et Ch. Estrosi à l'époque en poste dans leur ministère respectif) de réaliser le projet de **Schéma Départemental d'Orientation Minière de la Guyane (SDOM)**. Cette action rentrait

dans le cadre du Grenelle de l'environnement. Le travail en question a abouti à un rapport en avril 2009, qui a été acté par décret le 30 décembre 2011 (décrets n° 2011-2105 et 2011-2106), et dont les modalités sont **rentrées en application le 1<sup>er</sup> janvier 2012**.

### **2.2.2. Découpage du SDOM et règles applicables**

Le SDOM est le texte de référence en matière d'orientation du développement minier en Guyane. Le territoire guyanais a été découpé en quatre zones (zone 0, zone 1, zone 2, zone 3) pour lesquelles les possibilités de prospection et d'exploitation minière sont clairement définies (voir ci-dessous). La carte montrant leur répartition (Figure 2), fait référence à un document officiel émanant de la préfecture de la Guyane édité le 6 décembre 2011 (Préfecture de la Guyane, 2011).

À l'issue de cette réglementation, les **zones interdites** (zones 0 et 1) sont passées à **45 %** du territoire, les **espaces ouverts** à la prospection et aux activités minières (zones 2 et 3) représentant **55 %** du territoire.

Ce cadre réglementaire encadrant les activités minières étant un paramètre primordial dans l'évaluation du potentiel d'une région ou d'un indice, les modalités du SDOM ont bien évidemment été prises en compte dans cette étude pour pouvoir évaluer le potentiel minier de la Guyane.

#### **a) Zone 0 : Espaces interdits à toutes prospections et explorations minières**

Dans les espaces compris dans les zones 0 (Figure 2), sont interdites toutes activités de prospection –ceci comprend les prospections sols, mais aussi les prospections aériennes– et d'exploitation minière, y compris souterraine. En conséquence, aucun PER ne peut être délivré, ni aucun titre minier.

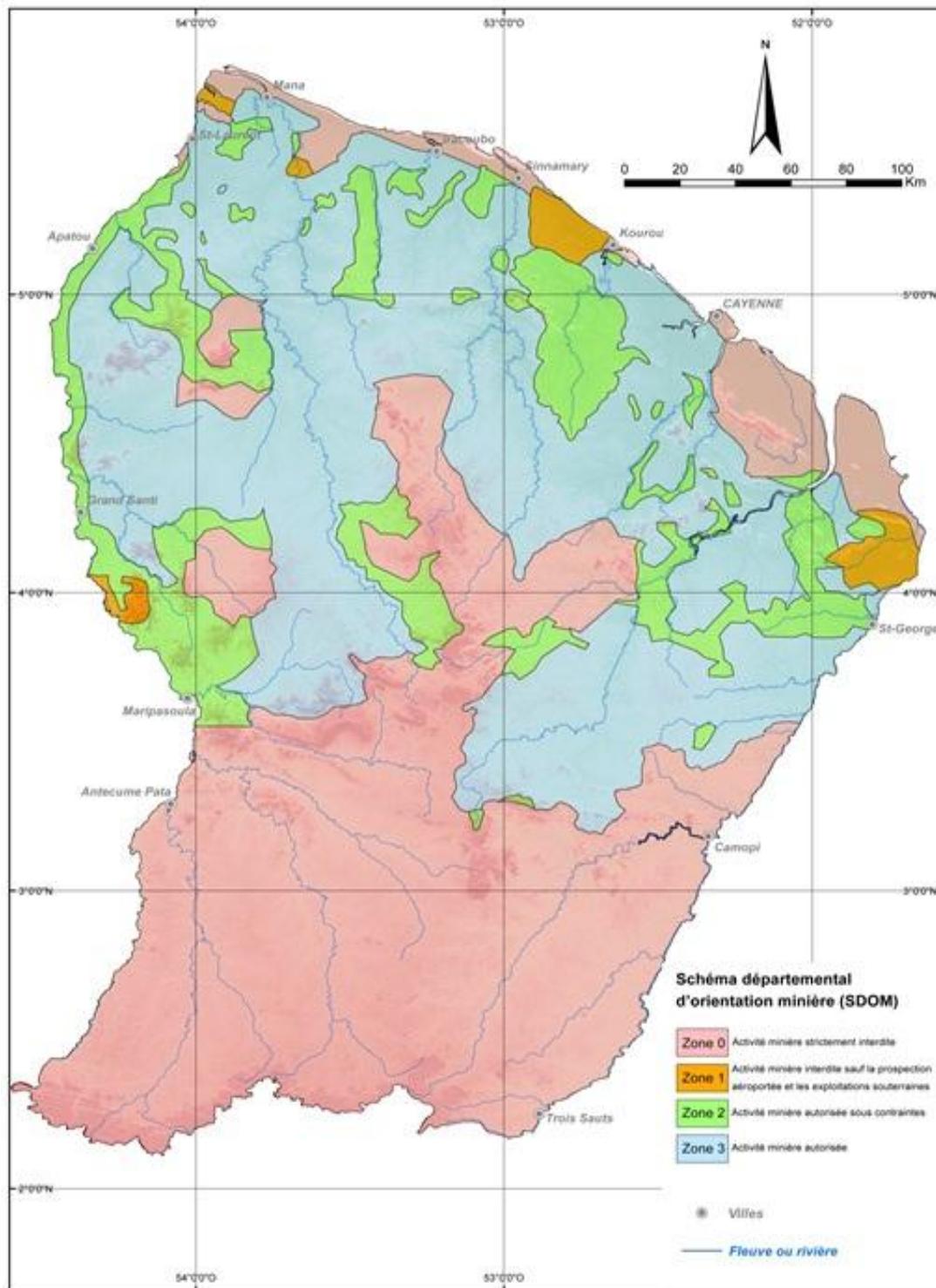
#### **b) Zone 1 : Espaces interdits à toutes prospections et explorations minières sauf les recherches aériennes et les exploitations souterraines depuis des zones voisines**

De manière identique aux espaces compris dans les zones 0, toute activité de prospection et d'exploitation comprises dans les zones 1 (Figure 2) est interdite, à l'exception des recherches aériennes et des exploitations souterraines sous réserve que l'accès aux galeries, les puits d'aération et toute autre installation nécessaire à l'exploitation soient situés à l'extérieur des zones 0 et 1.

Cependant, des activités de prospection peuvent être autorisées dans les zones 1, si ces travaux sont en limite d'une zone où ils sont autorisés (zones 2 et 3). De même, si les zones 1 sont de petites tailles et sont incluses dans une zone 2 ou 3, alors les travaux peuvent être autorisés à certaines conditions (charte de bonnes pratiques, inventaires des espèces naturelles, analyses des nappes d'eau souterraine et du réseau hydrographique).

#### **c) Zone 2 : Espaces de prospection et d'exploitation minières sous-contraintes**

Dans les zones 2 (Figure 2), toutes activités de prospection et d'exploitation, tant à ciel ouvert qu'en souterrain, sont autorisées. Ceci comprend, outre l'extraction du minerai, la mise en place ou la construction des équipements, des installations et des bâtiments nécessaires à son traitement.



Les documents cartographiques de ce rapport ne font pas foi pour les limites du SDOM qui sont susceptibles d'être modifiées.

Figure 2 - Carte des contraintes encadrant l'activité minière en Guyane suivant le découpage SDOM (Préfecture de la Guyane, 2011).

Cependant, les autorisations de prospection et d'exploitation dans les zones 2 sont délivrées seulement si les contraintes suivantes sont respectées :

- démonstration de l'existence d'un gisement par la réalisation d'une phase de prospection permettant d'évaluer l'importance des ressources pour éviter des atteintes inutiles à l'environnement ;
- définitions des mesures prises pour réhabiliter le site après exploitation ;
- adhésion à une charte de bonnes pratiques justifiant les capacités techniques de l'entreprise ;
- réalisation de mesures compensatoires ;
- inventaire de la biodiversité dans le secteur concerné ;
- étude d'impact renforcée.

#### **d) Zone 3 : Espaces ouverts à la prospection et à l'exploitation**

Dans les espaces compris dans les zones 3 (Figure 2), les permis miniers et toutes activités de prospection et d'exploitation sont autorisés, les autorisations étant accordées dans les conditions prévues par les dispositions législatives et réglementaires habituelles du Code minier.

## **2.3. TRAVAUX ANTÉRIEURS**

### **2.3.1. Travaux anciens (avant 1949)**

Les travaux anciens (avant 1949) ont principalement concerné **la prospection aurifère**. En effet, après sa découverte dans les alluvions du bassin de l'Approuague en 1855, l'or a fait l'objet de nombreuses prospections qui ont permis de découvrir plusieurs indices d'or alluvionnaire ainsi que des indices primaires (Blanc *et al.*, 1980), le premier gîte filonien étant découvert à Saint-Elie en 1881.

La diminution de l'activité aurifère coïncidant avec le début de la Première Guerre Mondiale, amena les recherches à se diversifier. C'est ainsi que furent découverts des **indices de bauxite** dans le secteur de la Montagne de Kaw (1914), de **manganèse** dans le bassin du Maroni (1947) et de **columbo-tantalite** dans les alluvions du Bas Sinnamary et de la Basse Mana (1948).

### **2.3.2. Travaux du BMG (1949-1960)**

La relance des activités de prospection après la Seconde Guerre mondiale a conduit à la création en 1949 du Bureau Minier Guyanais (BMG), celui-ci a ensuite été intégré au BRGM lors de sa création 1960.

Les recherches initiales du BMG ont porté sur l'évaluation des indices précédemment répertoriés (**bauxite, Nb-Ta, Mn**). C'est notamment pendant cette période que le gîte bauxitique de la Montagne de Kaw a fait l'objet d'une vaste campagne de sondage qui a permis son évaluation, ou bien que les ressources de la plupart des placers à columbo-tantalite (Nb-Ta) ont été estimées.

À partir de 1955, le BMG a entrepris des **prospections régionales systématiques multi-substances** dans différents secteurs du territoire guyanais, dans le but de mettre en évidence de nouveaux indices (Al, Nb-Ta, Li, Au, etc.). Au total, ces travaux de prospection générale

n'ont couvert que 20 000 km<sup>2</sup> dans la partie nord de la Guyane. De vastes régions, situées au sud du 4<sup>ème</sup> parallèle, n'avaient alors jamais été prospectées.

Au cours de son histoire, le BMG a été associé à différents partenaires privés (création de syndicats) dans le but de poursuivre de manière détaillée l'étude des indices les plus prometteurs (Tableau 1).

### 2.3.3. Travaux du BRGM anté-Inventaire

À partir de **1960**, le BRGM a poursuivi jusqu'en 1969 **les travaux d'exploration générale** engagés par le BMG et les travaux en syndicat avec des partenaires privés. C'est notamment à partir de cette date que la prospection géochimique stratégique a commencé à être employée.

Date	Syndicat	Partenaires	Substances
1950	Syndicat BMG - Compagnie Equatoriale des Mines et Compagnie Commerciale des Antilles		Au (placer de Paul Isnard)
1950	Syndicat BMG - Société Nouvelle Saint-Elie-Adieu-Vat		Au (structure filonienne de Sophie)
1951	Syndicat BMG - Société agricole et Minière		Au (structure filonienne de Doyle)
1955	Syndicat BMG - Société des héritiers de M. Gougis		Au (placer de Dorlin)
1956	Syndicat BMG (70 %) - Ugine (30 %)		Latérites et roches ultrabasiques à Ni, Co, Cr, Pt
1956	Société Civile des Bauxites de Guyane	BMG - Pechiney - Ugine	Bauxite
1956	Syndicat de recherche des minéraux de pegmatites	BMG (70 %) - Kuhlman (30 %)	Nb-Ta, Be, Li
1956	Syndicat de recherches de minéraux radio-actifs	BMG (50 %) - CEA (50 %)	U, Th
1958	Société du Manganèse de Guyane	Union-Carbide (55 %) - BMG (45 %)	Mn
1958	Société Guyanaise des bauxites	Soguybau / Kaiser (90 %) - BMG (10 %)	Bauxite
1969	Société Minière Alcoa de Guyane (CMAG)	CMAG (75 %) - Pechiney (25 %)	Bauxite

Tableau 1 - Syndicats formés par le BMG et le BRGM avec des partenaires privés (Blanc et al., 1980).

### 2.3.4. Travaux de l'Inventaire minier (1975-1995)

En 1975, un **inventaire à but minier** de la Guyane a débuté, à l'instigation du Ministère de l'Industrie. Son but était de réaliser une **évaluation des ressources minérales et de découvrir de nouvelles cibles** pouvant permettre **le développement d'une industrie minière**. Le BRGM a été désigné comme opérateur de ce programme.

Compte tenu de la conjoncture économique au début des années 1970 (choc pétrolier de 1973, l'augmentation du cours des métaux, la dépendance de la France vis-à-vis de ses approvisionnements) et du potentiel métallogénique de la Guyane, l'Inventaire a initialement axé son programme sur la recherche de métaux de base : gîtes polymétalliques à Cu-Pb- Zn-Ag ; gîtes à Cu, Cu-Ni ou Cu-Mo associés à des intrusifs de différents chimismes. Le diamant (mis en évidence dans la montagne de Kaw en 1954 par le BMG) et l'or primaire ne constituaient que des cibles secondaires. Cependant, l'évolution du cours des métaux (effondrement des métaux de base et augmentation du prix de l'or), incita très rapidement à orienter le programme de l'Inventaire sur l'or. Au final, les travaux de l'Inventaire ont donc principalement visé les minéralisations aurifères primaires et très peu les autres substances.

Par ailleurs, ils ont permis d'améliorer la connaissance géologique du territoire, en particulier dans sa partie sud.

Au cours du programme « Inventaire » il y a eu différents types de travaux mis en œuvre :

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- levés géologiques ;</li> <li>- géochimie de type sédiments de ruisseau ;</li> <li>- géochimie de type sol ;</li> <li>- prospections alluvionnaires ;</li> <li>- géophysique ;</li> <li>- tranchées et sondages.</li> </ul> | } | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 25 000 échantillons roches et 2 450 lames minces ;</li> <li>- 30 000 km de layons pour 43 000 km<sup>2</sup> prospectés (la moitié de la superficie de la Guyane) ;</li> <li>- 134 000 échantillons géochimiques ;</li> <li>- 15 000 études minéralogiques.</li> </ul> |
|---|---|---|

Le choix des méthodes de prospection ainsi que de la stratégie d'exploration devaient être adaptés aux formations géologiques les plus prometteuses et aux caractéristiques du milieu amazonien (couvert forestier dense, rareté des affleurements, difficultés d'accès, recouvrement latéritique important, etc.). Dans le rapport BRGM (1996), les auteurs synthétisent la stratégie d'exploration employée durant l'Inventaire ainsi que les méthodes de prospection utilisés de la manière suivante :

*« Les terrains volcano-sédimentaires du Paramaca inférieur ont représenté jusque dans le début des années 1980 le métallotecte majeur susceptible de renfermer la plupart des produits minéraux recherchés, dont notamment l'or.*

*C'est ce concept qui a conduit, dans un premier temps, à la réalisation d'une couverture complète des terrains volcano-sédimentaires au moyen de grilles d'exploration géochimique des sols à une maille large. En complément, des échantillons de sédiments de ruisseau étaient pris au passage dans les criques. Qu'il s'agisse d'échantillons de sols ou de sédiments de ruisseau, la plupart ont été analysés pour or et/ou multi-éléments.*

*L'exploration a donc pris un caractère systématique, avec une focalisation progressive, par phases de resserrement de maille, vers des cibles (des anomalies de surface) de plus en plus précises. L'exploration régionale (grandes surfaces de plusieurs milliers de km<sup>2</sup>, maille de 2 000 à 1 000 m x 500 à 250 m) a été réalisée avec une densité de prélèvements relativement faible (2 à 8 échantillons / km<sup>2</sup>), mais suffisamment représentative (recommandations d'une étude méthodologique préliminaire réalisée dans le centre de la Guyane). Les analyses ont permis de démontrer l'existence d'anomalies intéressantes où l'Inventaire a poursuivi la prospection géochimique plus en détail (délimitation de prospects ou secteurs d'études adaptées de 1 à quelques dizaines de km<sup>2</sup>, densité de 100 échantillons ou plus par km<sup>2</sup>). Des resserrements successifs et divers autres travaux (analyses multi-élémentaires, travaux de subsurface) ont été entrepris pour obtenir un niveau de reconnaissance suffisant permettant d'apprécier la valeur de l'indice, et conduisant à une classification en ordre de priorité avec une recommandation éventuelle du sujet à la profession minière.*

*Dans le cas particulier du Sud du département, où dominent les granitoïdes (présumés moins favorables), la prospection a été conçue de manière plus classique en associant des études sur concentrés de minéraux lourds et des analyses d'échantillons de sédiments de ruisseau. Cette prospection particulière accompagnait le vaste programme de cartographie géologique réalisé de 1977 à 1982, par l'Inventaire, du parallèle 3°30'N jusqu'à la frontière sud avec le Brésil » (Nagel, 1996).*

La répartition des activités de prospection (Figure 3, Figure 4), montre que l'essentiel des investigations a porté sur l'or et sur les formations présentant un potentiel aurifère, c'est à dire les formations géologiques du Paramaca.

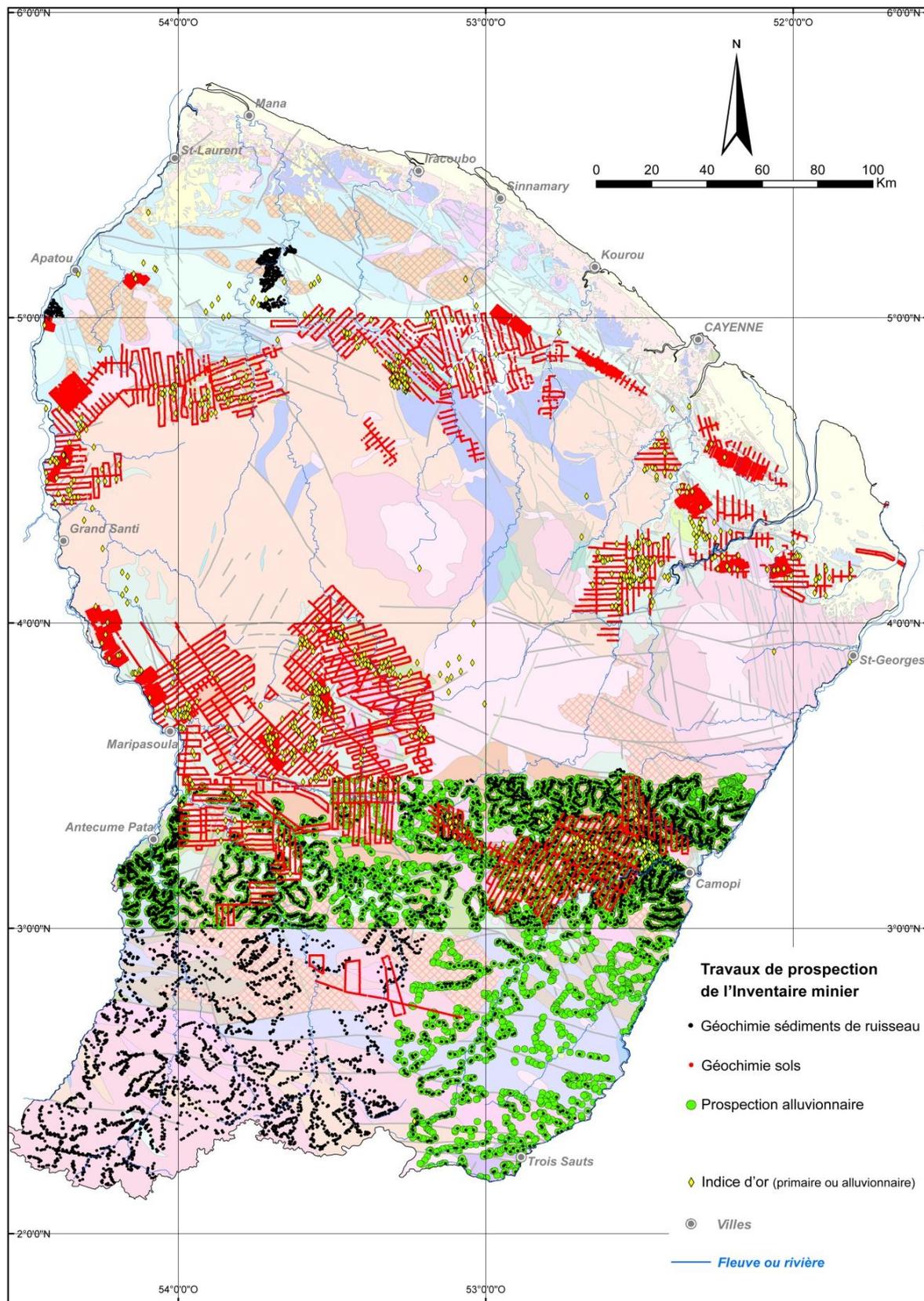


Figure 3 - Répartition des travaux de prospection effectués lors de l'Inventaire minier du département de la Guyane.

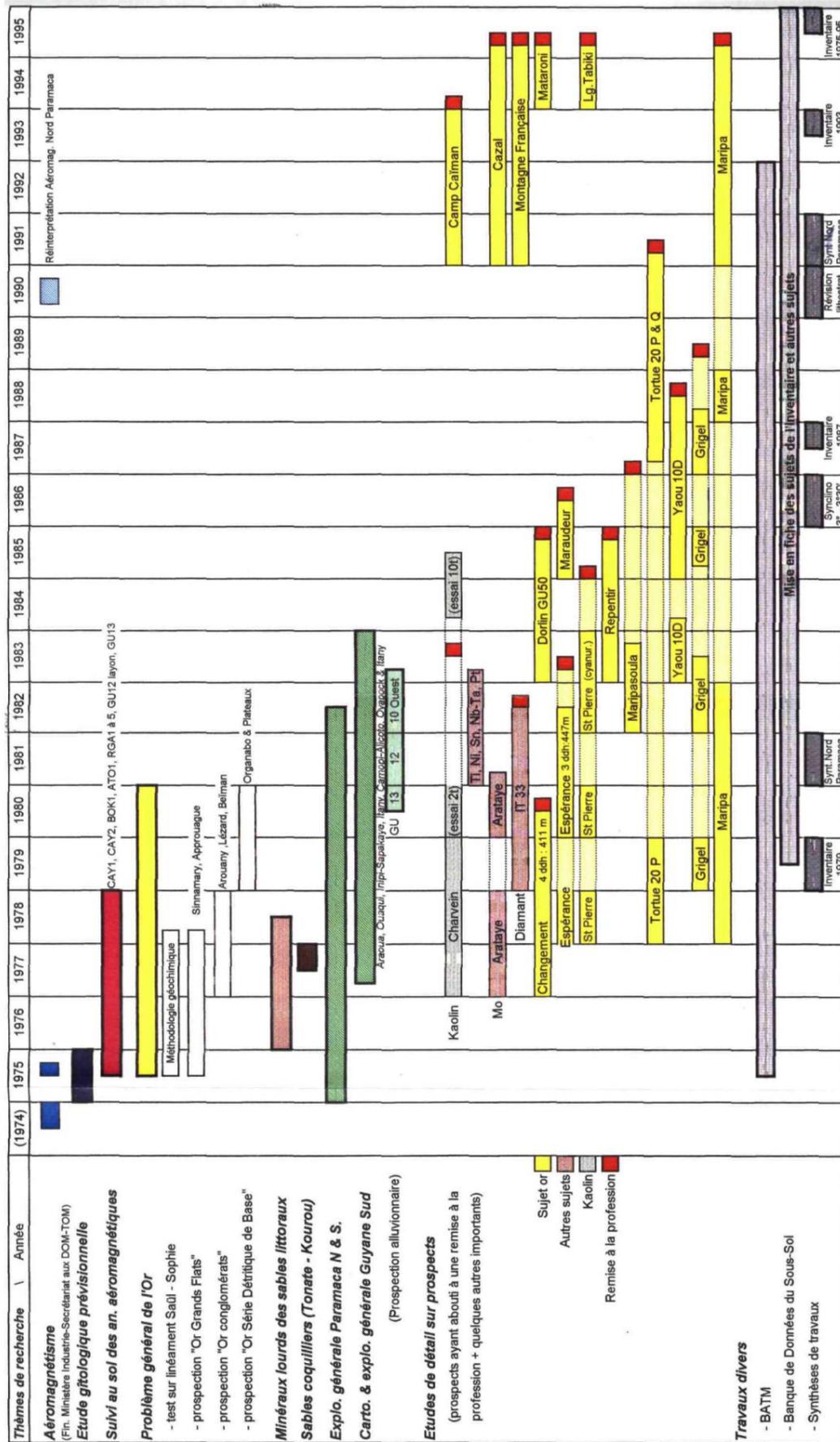


Figure 4 - Chronogramme des différentes phases de prospection réalisées durant l'Inventaire minier et sujets remis à la profession minière pendant ou à la suite de l'Inventaire (BRGM, 1996).

Outre les prospections au sol, **deux campagnes de géophysiques aéroportées**, menées sous la direction du BRGM, ont eu lieu à vingt ans d'intervalle :

- **La première**, réalisée en 1974 et 1975, a permis d'effectuer un levé **aéromagnétique** sur l'ensemble du territoire. Son interprétation a permis de délimiter les grands ensembles lithologiques, ainsi que les structures tectoniques majeures. Cette prospection a été une étape primordiale dans le déroulement de l'Inventaire, puisque dans ce type d'environnement où la géologie est masquée par un fort couvert forestier, cela permet d'établir une esquisse géologique interprétative pour l'ensemble du territoire. De plus, un certain nombre d'anomalies magnétiques, identifiées à partir de ce levé, ont été contrôlées par des travaux de terrain. Aucun de ces contrôles au sol n'a permis de découvrir de minéralisation significative.
- **La deuxième** campagne géophysique, couvrant les 4/5 nord du territoire, fut réalisée en 1996 (travaux post-inventaire). Ce levé combinait les mesures simultanées du **magnétisme**, de la **radiométrie spectrale** et de l'**altimétrie** (radar). Cette géophysique, plus précise et plus complète que la première a été utilisée pour réinterpréter la géologie du département. Ceci a abouti à la production de la seconde édition de la carte géologique de la Guyane éditée en 2001 (Delor *et al.*, 2001). Notons que ce deuxième levé géophysique n'a jamais été valorisé en termes de prospection minière.

Au cours des 20 ans de vie du projet, il y a eu plusieurs phases distinctes (aéromagnétisme, exploration générale, développements d'indices, etc.). Elles ont principalement concerné la mise en évidence de cibles aurifères, mais elles ont également permis de repérer des anomalies pour d'autres substances (Mo, Ni, Cu, Ti, diamant, Sn, Nb-Ta, Ag, etc.). Néanmoins, des travaux exclusifs et spécifiques ont été réalisés sur des sujets autres que l'or (kaolin, sables littoraux à minéraux lourds, etc.). L'ensemble de ces phases et leur succession sont synthétisés dans le chronogramme de la Figure 4.

Le programme Inventaire Minier de la Guyane s'est achevé en 1995, avec la publication en 1996 d'un rapport de synthèse intitulé : « Inventaire minier du département de la Guyane. Bilan des travaux et résultats » (BRGM, 1996). Il présente sous forme d'une compilation, l'ensemble des travaux de prospection réalisés ainsi que les résultats obtenus durant les vingt années de vie du projet.

Au total, durant l'Inventaire, 190 prospects (11 dans la partie nord et 79 dans la partie sud) ont été sélectionnés puis étudiés en détail. Ils ont fait l'objet de travaux plus ou moins importants en fonction de leur intérêt. La plupart d'entre eux, d'intérêt moyen, en sont restés au stade de la délimitation par géochimie sol d'une auréole anormale de surface (154 prospects soit 81 %). Les autres ont fait l'objet de contrôles d'enracinement en profondeur : sondages tarières, tranchées, puits, sondages carottés (seulement deux indices). Ces indices concernaient principalement l'or (127 prospects soit 67 % ; Figure 5). À l'issue des travaux, ils ont été classés par ordre de priorité (Figure 6), de la priorité 0 (pas d'anomalie, sans intérêt) à la priorité 4 (anomalie importante bien structurée).

Finalement, les résultats de l'Inventaire ont permis de remettre officiellement à la profession minière, **18 sujets** entre 1980 et 1995 (16 sujets aurifères, 1 diamantifère et 1 concernant le kaolin ; Figure 4).

L'objectif de l'ensemble des travaux et notamment de la **prospection géochimique**, était principalement les minéralisations aurifères, toutefois l'utilisation d'**analyses multi-élémentaires** permet également de mettre en évidence des anomalies pour d'autres substances. En revanche, l'utilisation de différentes méthodes de prélèvement et d'analyse au cours des vingt années du programme, **rend leur interprétation globale difficile**, ceci nécessitant l'interprétation des différents sujets de manière individuelle.

<b>Or seul</b> : dans 108 prospectes ;		<b>Or + métaux divers</b> : dans 127 prospectes	
<b>Argent</b>	: dans 11 prospectes ;	<b>Nickel</b>	: dans 18 prospectes
<b>Plomb</b>	: dans 14 prospectes ;	<b>Cuivre</b>	: dans 46 prospectes
<b>Zinc</b>	: dans 21 prospectes ;	<b>Molybdène</b>	: dans 28 prospectes

Figure 5 - Substances recherchées sur les 190 prospectes ayant fait l'objet de travaux dédiés (BRGM, 1996).

Priorité 0	:	103	prospectes ; soit 54%
Priorité 1	:	18	prospectes ; soit 9,5%
Priorité 2	:	18	prospectes ; soit 9,5%
Priorité 3	:	24	prospectes ; soit 13%
Priorité 4	:	27	prospectes ; soit 14%

Figure 6 - Classement par priorité des 190 prospectes (BRGM, 1996).

Dans ce travail, l'interprétation des **données géochimiques** ainsi que les indices répertoriés à la suite de l'Inventaire ont été pris en compte. De même les campagnes de **géophysique aéroportée** (magnétisme et radiométrie) réalisées après l'Inventaire (Delor *et al.*, 1997) et destinées essentiellement à l'interprétation géologique, ont été réinterprétées dans le cadre de ce travail (cf. § Réinterprétation des données géophysiques et géochimiques (Mn, Zn, Pb, Cu, Mo, Ni, etc.) pour caractériser la signature directe ou indirecte de minéralisations.

## 2.4. DOCUMENTATION

### 2.4.1. Documentation disponible

#### a) Fonds documentaire

Le fonds documentaire relatif aux ressources minérales en Guyane est relativement conséquent puisqu'il résulte de plus de 50 ans de prospection par divers organismes. La majorité du fonds est constituée de **documents émanant du BMG et des syndicats miniers** qu'il formait avec des partenaires privés. Il existe également de nombreux **rapports du Bureau d'Aide Technique Minière (BATM)**. Cet organisme, géré par des agents du BRGM avait pour objectif d'apporter un appui scientifique et technique aux acteurs du secteur minier. Bien évidemment, l'Inventaire minier de la Guyane réalisé par le BRGM a été la source d'un grand nombre de rapports.

Le fonds documentaire est donc constitué de documents de toutes natures et de tous âges (rapports de synthèse, rapports d'avancements, comptes rendus d'activité mensuels et annuels, notes techniques, documents administratifs, cartes géologiques, cartes topographiques, etc.).

En 1997, un rapport faisant l'inventaire de l'ensemble du fonds documentaire relatif au domaine de la géologie et de la mine en Guyane (Richard et Nguyen, 1997) fait l'état de plus de 4000 références. Ce chiffre est toutefois à nuancer puisque ce recensement prend en compte tous les comptes rendus d'activités mensuelles ainsi que tous les rapports techniques, documents qui dans l'absolu n'apportent que très peu d'informations géologiquement valorisable. Notons que ce recensement a été actualisé en 2000 (Richard et Nguyen, 2000).

La quasi-totalité de la documentation se trouve à la Direction régionale du BRGM à Cayenne mais environ la moitié se trouve également à la bibliothèque centrale à Orléans. Dans le but de faire un état de lieux de la documentation existante à la Direction régionale du BRGM en Guyane, un travail de mise aux normes, de tri et de réorganisation de la documentation a été réalisé entre septembre 2010 et avril 2011 (Haldric, 2011). Ce travail, fastidieux mais indispensable a permis d'intégrer la totalité des références existantes sur la Guyane dans le système central de documentation du BRGM. À l'heure actuelle, il existe un total de 811 documents relatifs à la gîtologie et à l'économie minière en Guyane dont environ 25 % sont numérisés. Ce chiffre est nettement inférieur aux 4 000 documents répertoriés par Richard et Nguyen (1997, 2000), parce que certains documents du BMG, les rapports tels que les comptes rendus d'activité mensuelles issues d'une même mission, ont été regroupés pour ne former qu'un seul document dans le but de simplifier les recherches et d'éviter de surcharger la base de données.

Notons que les photos aériennes et les nombreuses cartes du BMG (cartes géologiques, topographiques, aéromagnétiques) n'ont pas été référencées dans le système central de documentation. Elles ont simplement été regroupées à la Direction régionale du BRGM.

### **b) SIG Ressources minérales de la Guyane**

En 2003, le BRGM a réalisé un Système d'Information Géographique (SIG) sur les ressources minérales de la Guyane pour pouvoir diffuser les informations acquises durant l'Inventaire. Cette plateforme où il est possible à la fois de consulter via un visualisateur intégré et de télécharger différentes couches d'information, est accessible à l'adresse suivante : <http://gisguyane.brgm.fr/sig.htm>.

Les objectifs du « SIG Ressources minérales de la Guyane » sont multiples. Le premier est de structurer, conserver et mettre à disposition les données publiques sur les ressources minérales de la Guyane. Le second est de valoriser les données existantes par des interprétations spécifiques afin de proposer des documents de synthèse thématique pouvant constituer pour certains des documents d'aide à la décision.

Les informations consultables sur le site sont de nature différente : i) Géographie : villes, routes, réseaux hydrographiques, MNT, zones de contraintes environnementales, etc. ; ii) Géologie : cartes géologiques, failles, formations géologiques, etc. ; iii) Gîtologie : gîtes et indices, sites d'orpaillage, etc. ; iv) Géochimie : travaux de l'inventaire, prospectus étudiés, cartes d'interpolation géochimique, etc. ; v) Géophysique : radiométrie spectrale, magnétisme, gravimétrie, etc.

### **c) BSS**

La Banque de données du Sous-Sol (BSS) est une base de données nationale créée et actualisée par le BRGM qui recense toutes les informations géologiques et techniques associées aux ouvrages souterrains réalisés sur le territoire français (localisation, type d'ouvrage, description géologique, caractéristiques techniques des ouvrages, etc.) Cette base de données est consultable sur le site d'info Terre à l'adresse suivante : <http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>.

Une grande partie des informations relatives aux sols et sous-sols de la Guyane qu'elles soient d'ordre géologiques, hydrogéologiques, géotechniques ou minières ont été rentrées dans la BSS et sont donc consultables facilement. Ces données ont été récupérées auprès de sociétés privées, de particuliers ou d'organismes de l'État tels que le BRGM, la DDE ou le ministère de la défense (Bonhoure *et al.*, 1993). Étant donné le nombre important de thématiques liées à l'aménagement du territoire et à la valorisation du sous-sol, il existe donc une grande diversité

dans la nature des données présentes dans la BSS. Ainsi on retrouve des informations de différents types : sondages géotechniques pour étudier la stabilité des terrains, sondages pour l'alimentation en eau, profils géophysiques, indices et gîtes (primaires et alluvionnaires), tranchées, position des campagnes géochimiques, sondages de prospection à intérêt minier (forages carottés, puits...), etc.

Au total, les travaux relatifs aux ressources minérales ne représentent qu'une petite partie de l'ensemble des données de la BSS.

#### **2.4.2. Documentation consultée**

Dans le cadre de cette étude, un important travail de bibliographie a dû être réalisé. Grâce au travail exhaustif de tri et de réorganisation du fonds documentaire réalisé en 2011 (Haldrick, 2011), les recherches bibliographiques ont été facilitées. Cependant plusieurs problèmes se sont posés :

- le fonds documentaire de la Guyane est extrêmement dense, avec 811 références regroupant plus de 4 000 rapports, dont la plupart portent sur la prospection aurifère ;
- une partie du fonds documentaire est numérisée (214 documents, soit 26,4 %) ;
- les rapports indispensables, portant sur les thèmes étudiés et existant exclusivement à la Direction régionale du BRGM à Cayenne (DR Cayenne) ont été examinés, via la collaboration des agents présents à Cayenne qui les ont scannés.

Ce présent rapport est le résultat de l'analyse d'une partie de la documentation minière guyanaise, mais grâce à la bonne gestion du fonds documentaire et à des outils de sélection adaptés, les documents les plus pertinents ont pu être sélectionnés. Après une évaluation à réaliser sur place, l'étude mériterait d'être poursuivie et complétée par une valorisation exhaustive du fonds documentaire de la Guyane.



### 3. Cadre géologique et métallogénique

La Guyane est située dans la partie orientale du **Bouclier des Guyanes** (Gibbs et Baron, 1993), vaste ensemble de **terrains précambriens** s'étendant du Venezuela à la région de l'Amapa au Brésil. Les minéralisations sont en relation avec les principaux stades de l'évolution géodynamique du Bouclier au cours du Paléoprotérozoïque, durant l'orogénèse transamazonienne. Cette évolution est très similaire à celle du Birimien de l'Afrique de l'Ouest (Routhier, 1980 ; Milési *et al.*, 1989, 1995), domaine qui se situait dans le prolongement géologique de la Guyane, il y a plus de 2 milliards d'années (Ledru *et al.*, 1994).

**Le domaine archéen** renferme d'importantes minéralisations de quartzites rubanées ferrugineuses (de type **BIF** : Banded Iron Formation), en particulier celles du Cerro Bolivar, au Venezuela et de la région de l'Amapa, au Brésil.

**Le Paléoprotérozoïque**, constitué par des ceintures de roches vertes (volcaniques et volcano-sédimentaires) et des granitoïdes, renferme l'essentiel des minéralisations (Dardenne & Schobbenhaus, 2003 ; Milesi *et al.* 1995) :

- le début de l'évolution paléoprotérozoïque, développé en contexte océanique et d'arc volcanique, s'accompagne de **dépôts manganésifères** (Matthews Ridge, Guyane ; Serra do Navio, Brésil). Il peut être associé, comme en Afrique de l'Ouest, à des **minéralisations sulfurées** précoces (indices en Guyane et dans l'Amapa) et présente des complexes basiques et ultrabasiques à minéralisations de **chromite** (Bacuri, Brésil) ainsi que des indices de **platinoïdes**, principalement en placers ;
- le principal événement métallogénique est en liaison avec l'orogénèse transamazonienne, à environ 2,1 Ga, et correspond à la mise en place des **minéralisations aurifères**. Celles-ci font du Bouclier des Guyanes, et du Birimien de l'Afrique de l'Ouest des provinces aurifères majeures de classe mondiale. Ces minéralisations sont pour la plupart de type orogénique, présentant une liaison avec les grandes structures cisailantes marquant le coulissage sénestre des blocs continentaux convergents ;
- les intrusifs tardifs post-orogéniques, se marquent, aussi bien en Guyane qu'en Afrique de l'Ouest (bassin de la Comoé au sud de la Côte d'Ivoire et bassin de la Pra et Winneba au sud du Ghana), par des **minéralisations à Nb-Ta, W, Sn, Li**, en liaison avec des faciès différenciés de leucogranites et par des pegmatites associées autour desquels existent des placers à columbo-tantalite, pouvant atteindre des concentrations importantes.

#### 3.1. GÉOLOGIE ET MINÉRALISATIONS DU BOUCLIER DES GUYANES ET DU BIRIMIEN D'AFRIQUE DE L'OUEST

##### 3.1.1. Principaux ensembles géologiques

La connaissance de l'évolution géologique et des événements minéralisateurs, présents aussi bien en Afrique de l'Ouest et dans les autres secteurs du Bouclier des Guyanes, peuvent permettre d'étalonner les potentialités minérales en Guyane.

La reconstitution (Figure 7) de l'ensemble représenté par le Birimien d'Afrique de l'Ouest et par la partie orientale du Bouclier des Guyane (Amapa au Brésil, Guyane et Suriname), indique une concordance des événements géologiques au Paléoprotérozoïque de part et d'autre de l'Atlantique (lacune géographique de 500 km correspondant à la zone immergée du plateau

continental). Ceci entraîne une **similitude des phénomènes minéralisés en Afrique de l'Ouest et en Guyane** (ainsi que dans l'Amapa, Brésil). En revanche, plus au sud, au Brésil ainsi qu'au Guyana et au Venezuela, dans les parties les plus externes du domaine orogénique, se rajoutent des phénomènes tardifs en extension et des phénomènes minéralisés associés, qui n'ont pas d'équivalent ni en Afrique de l'Ouest, ni en Guyane.

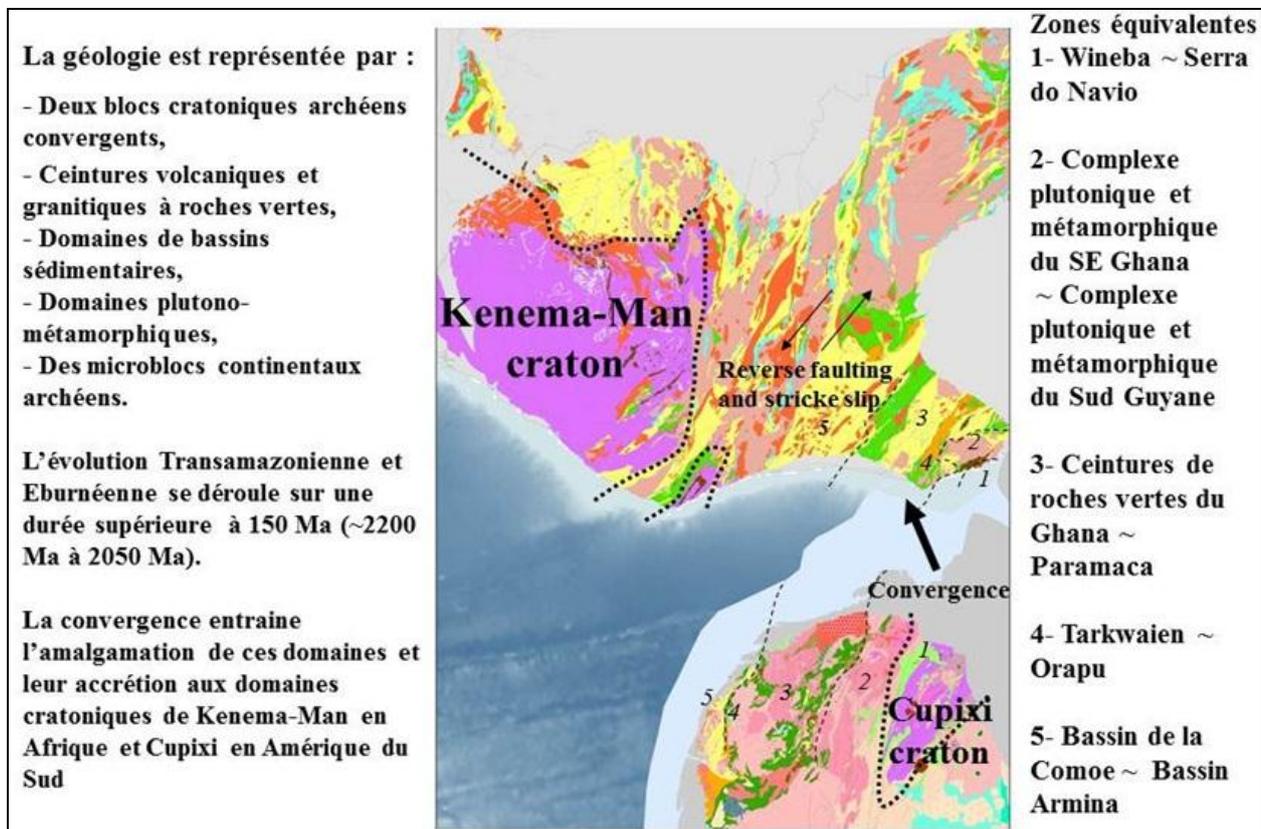


Figure 7 - Reconstitution géologique du Birimien d'Afrique de l'Ouest et de la partie orientale du bouclier des Guyanes (Théveniaut et al., 2011).

D'un point de vue géologique, trois principaux domaines peuvent être individualisés (Figure 8) :

- des domaines précoces, formés par du **socle archéen**, sont situés au nord-ouest avec le domaine « Imataca » au Venezuela (Gaudette et al., 1978 ; Tassinari et al., 2001) et au sud-est le domaine de « Cupixi » dans les états d'Amapá et du Pará au Brésil (Rosa-Costa et al., 2003). Dans ce dernier secteur proche de la Guyane, un événement tectono-magmatique archéen est reconnu vers **2,6 Ga** ;
- le Bouclier des Guyanes est principalement constitué de roches d'âge Paléoprotérozoïque formées au cours de l'orogénèse transamazonienne. Cet épisode transamazonien affecte quasiment l'intégralité du Bouclier des Guyanes avec des processus magmatiques, tectoniques et métamorphiques datés entre 2 260 et 2 050 Ma (Ma : Millions d'années) qui sont le pendant sud-américain du Birimien d'Afrique de l'Ouest ;
- aux confins sud-ouest du bouclier (Brésil, Venezuela) se développent des phénomènes sédimentaires, magmatiques et tectono-métamorphiques tardifs datés de **2 050 à 1 750 Ma** n'ayant pas d'équivalents, ni en Guyane ni en Afrique de l'Ouest.



### 3.1.2. Évolution métallogénique

#### a) Archéen

Le domaine archéen renferme d'importantes minéralisations de **quartzites rubanées ferrugineuses** à fortes teneurs (BIF : Banded Iron Formation) d'âge Mésoarchéen, en particulier celles du Sierra Leone ou du Centre Guinée (Kissidougou) en Afrique, associées à des ceintures de roches vertes (BIF de type Algoma) et probablement aussi celles du Cerro de Bolivar, au Venezuela. Il existe aussi des BIF plus jeunes en bordure du domaine archéen, en Afrique de l'Ouest (Nimba et Simandou en Guinée) et probablement aussi dans la région de l'Amapa au Brésil. Ce sont des formations de BIF (type Lac Supérieur) qui se déposent sur la marge des paléo-continentes archéens après l'événement magmatique de l'Archéen terminal (2600 Ma), à la limite Archéen-Paléoprotérozoïque (à environ 2 400 Ma). En Guyane, des formations équivalentes seraient présentes dans la région de Kaw.

#### b) Paléoprotérozoïque

Le Rhyacien (Paléoprotérozoïque) est représenté par des ceintures de roches vertes (volcaniques et volcano-sédimentaires) et par des granitoïdes. Il renferme l'essentiel des minéralisations.

##### • 2 260-2 200 Ma

Le début de l'évolution Paléoprotérozoïque correspond à une **fragmentation des domaines archéens** et au développement de **phénomènes d'océanisation**. En Guyane les témoins de ces événements sont les gabbros du complexe de l'île de Cayenne ainsi que des gneiss tonalitiques à dioritiques, des méta-amphibolites et des méta-gabbros d'âges similaires. En connexion avec ce magmatisme précoce, des **minéralisations portées par des ensembles basiques et ultrabasiques** sont connues, aussi bien dans le Bouclier Guyanais avec le complexe de Bacuri au Brésil (Cr, Ni, Pt avec 8,8 Mt @ 34% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ; Spier & Filho, 2001) qu'en Afrique de l'Ouest (Biankouma en Côte d'Ivoire à Ni, V, Pt).

En Guyane, il existe des anomalies Ni-Cu, en liaison avec différents types d'ensembles basiques ou ultrabasiques (gabbros, norites, pyroxénites, roches talcifiées d'origine ultrabasique) et trois indices de platine découverts en batée (Magnien *et al.*, 1990) qui pourraient signaler un type analogue de minéralisation, en revanche les quelques travaux de contrôle réalisés n'ont pas confirmé ces résultats.

##### • 2 200 à 2 130 Ma

Le contexte géologique en Guyane et en Afrique de l'Ouest (*e.g.* Côte d'Ivoire, Burkina Faso) se caractérise par le **développement d'arcs volcaniques et plutoniques** en liaison avec des processus de subduction induits par la convergence des blocs archéens africain et amazonien. Trois types de domaines peuvent être individualisés :

- des **bassins sédimentaires** flyshoïdes à produits épicaustiques ;
- des **ceintures volcaniques** (et volcano-sédimentaires) renfermant des laves basiques (tholéiites et de rares komatiites) et des laves intermédiaires à acides typiques des domaines d'arc (andésites, dacites, rhyolites) ;
- des **domaines à magmatisme** de type tonalite-trondhjémite-granodiorite (TTG) ceux-ci d'âge similaire au volcanisme et pouvant correspondre aux parties profondes des domaines d'arc.

En prenant l'exemple de l'**Afrique de l'Ouest**, en particulier le Burkina Faso (BF), *trois types de minéralisations peuvent se développer dans un tel contexte de type arc insulaire* :

- des minéralisations de **type porphyriques à Cu-Au(Mo)** en liaison avec des centres volcaniques felsiques aériens ou sub-aériens (e.g. Goren au BF à 2 177 Ma) et des minéralisations sulfurées précoces à Cu-Au (pyrite, pyrrhotite et magnétite) dans la partie sous-aquatique des mêmes domaines ;
- des **amas sulfurés à Zn (Pb, Ag)** en domaine de bassin à schistes noirs et épicastites (e.g. Perkoa et Nabénia Tenga au BF à 2 165 Ma), à proximité de rhyolites porphyriques et d'un changement volcanique marqué par la proximité de laves basiques ;
- des **niveaux de manganèse**, attribués à des phénomènes exhalatifs (associés à des cherts), proximaux par rapport aux amas sulfurés (e.g. Nabénia Tenga et Béliata au BF) et d'âge similaire.

De telles minéralisations sont connues en Guyane en particulier dans la région de Dorlin où existe des phénomènes exhalatifs (cherts et toumalinisation), des indices de type amas sulfuré (indice de THR) ou porphyrique (Crique d'Artagnan), en revanche leur importance est très limitée. Des gisements de manganèse sont connus dans le Bouclier Guyanais (Serra del Navio, Amapa au Brésil et Mattheus Ridge au Guyana) ainsi que des indices en Guyane (Ampouman).

Dans la séquence magmatique de cette période deux événements sont à signaler pouvant jouer un **rôle métallogénique** : **i)** la mise en place de **complexes stratifiés basiques à ultrabasiques** (2 149-2 141 Ma) tels ceux de Tampok, Mahuri, Continent, Lucifer... (Delor *et al.*, 2003) ; **ii)** les **granites** clôturant l'évolution de type arc et marquant le début de l'orogénèse, (de 2 140 à 2 120 Ma), parmi lesquels ceux de saut Tamanoir constituent l'encaissant des pegmatites à Ta-Nb.

• ~ 2 120 Ma

Cette période clôture l'évolution précédente et marque les premières étapes de l'orogénèse transamazonienne (déformation associée D1).

• ~ 2 110 Ma

Entre 2 115 Ma (zircons détritiques) et 2 090 Ma (monzogranites sécants), il existe **des dépôts syn-orogéniques de type grès et conglomérats** (Orapu en Guyane, Rosebell Surinam) en contexte de pull-apart (Vanderhaeghe *et al.*, 1998) et en Afrique de l'Ouest des grès et conglomérats du Tarkwaien (Ghana, Côte d'Ivoire et Burkina Faso) renfermant des gisements aurifères **syngénétiques** (e.g. paléoplacer de Teberebi, Ghana) ou **épigénétiques** (e.g. Youga, Burkina Faso).

Cette période correspond également à **une phase volcanique syn-orogénique**, dite B2 en Afrique de l'Ouest (principalement en Côte d'Ivoire et au Burkina Faso), sub-contemporaine des sillons détritiques Tarkwaien. Elle se caractérise par du volcanisme, dans premier temps **basique** (coulées avec basaltes-andésitiques plus ou moins massives, avec basaltes en pillows), devenant ensuite **andésitique** (dykes, brèches, coulées) puis franchement **acide** (brèches pyroclastiques, ignimbrites, dômes dacitiques à rhyolitiques) ; souvent des **minéralisations aurifères** à sulfures disséminés sont centrés sur ces dômes rhyolitiques. De telles volcanites pourraient exister en Guyane bien qu'elles n'aient pas été formellement caractérisées (rhyolites du Belvédère et formations basiques à proximité de Repentir et à Saint-Elie).

### • ~ 2 100 Ma

Magmatisme syn- à tardi-orogénique constitués de granodiorites, monzogranites et syénites (2105 à 2090), avec aussi quelques gabbros subordonnés, présent aussi bien en Guyane qu'en Afrique de l'Ouest.

C'est également la seconde étape de l'orogénèse (déformation D2), marquée par d'importants décrochements en contexte ductile à cassant. Elle représente l'**événement aurifère majeur**, aussi bien en Guyane qu'en Afrique de l'Ouest.

### • 2 080 Ma à 2 060 Ma

Ensemble **leucogranitique tardi orogénique**, avec des granites à muscovite, des aplites et des pegmatites, présentant des **minéralisations à Nb-Ta, Li (Sn, Be, W)**. Des minéralisations rattachées au même évènement sont connues en Afrique de l'Ouest (e.g. régions d'Issia et de la Comoé en Côte d'Ivoire, de Winneba-Cape Coast et d'Oda-Akim au Ghana). Très localement, au nord-ouest du Guyana, à Kurupung (Cinelu S., 2008), en bordure du bassin de la Roraima, des monzogranites et des granites à muscovite ( $2\,041 \pm 29$  Ma), présentant des zones d'albitisation et renferment une minéralisation uranifère disséminée (uraninite, pechblende, brannérite, oxydes Ti-U). Toutefois dans ce dernier cas la présence de fluides d'origine marine, de températures peu élevées ( $\sim 300^\circ$ ) combinés à l'importance de phénomènes en extension pourrait indiquer une minéralisation de type discordance mise en place entre le socle et le bassin Roraima.

En Afrique de l'Ouest, ainsi qu'en Guyane, la mise en place de ces granites tardifs représente l'ultime étape de l'évolution paléoprotérozoïque.

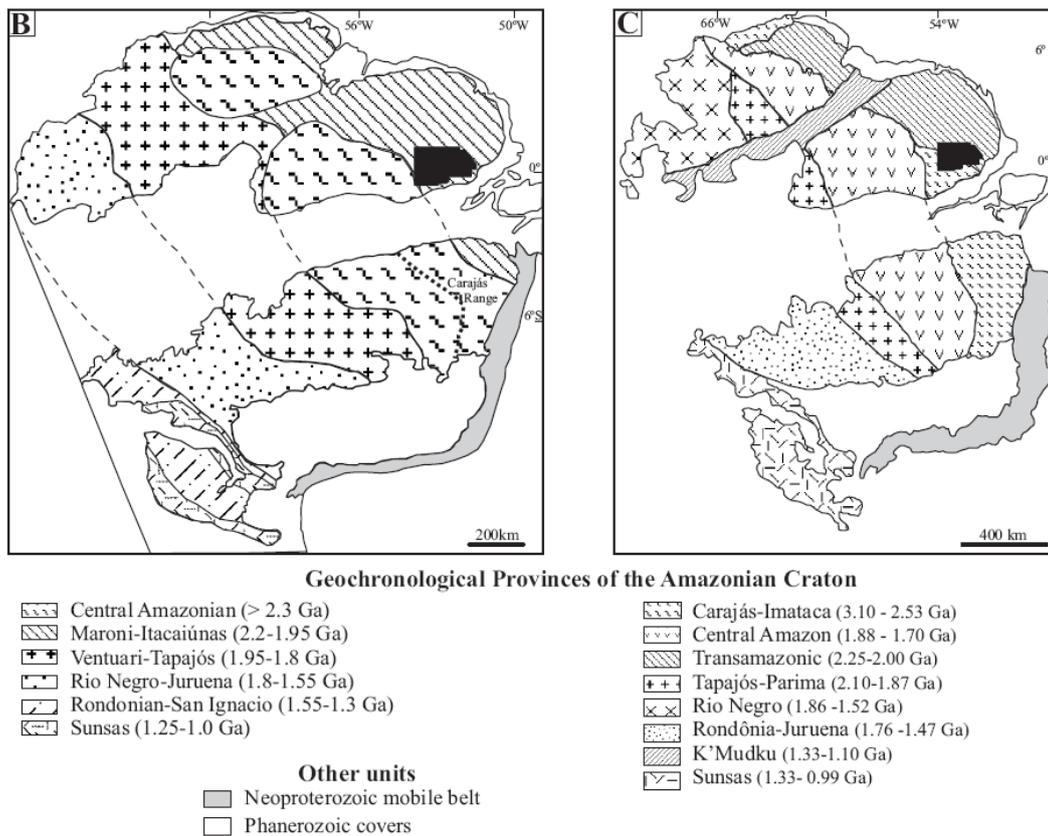
### • Évolution tardive

Ailleurs, dans les parties plus méridionales du Bouclier des Guyanes (principalement la province d'Amazonie Centrale, Figure 9) se déroule une **évolution tardive** correspondant essentiellement à des **phénomènes intra-continentaux en extension** dans la zone de « foreland » de l'orogénèse.

Cette évolution fini Transamazonienne du sud du Bouclier guyanais (Rosa-Costa *et al.*, 2003 ; Roever *et al.*, 2003) est marquée par :

- la mise en place de granulites tardi orogéniques ~ 2050 Ma (charnokites, enderbites) ;
- le développement du magmatisme Uatuma-Surumu (Almeida & Macambira, 2007) composé principalement par des volcanites continentales acides à tendance alcaline et par les corps plutoniques associés (2060-2040 Ma) ;
- une importante unité détritique discordante (le super groupe de la Roraima), au sud de laquelle existent des diamants alluvionnaires. Elle est datée par des intercalations tuffacées (1873 Ma ; Santos *et al.*, 2003) et par le volcanisme basique Avanero (1753 Ma) qui recoupe ces sédiments.

**Le domaine magmatique Uatuma**, renferme au Brésil, en limite de la zone Centre Amazonie et de la zone de Parima, le **gisement de classe mondiale de Pitinga** (Sn dominant, Nb, Ta, F cryolite, Zr, REE, Zr, Th, U). Celui-ci correspond à une minéralisation primaire portée par la zone de **couple de granites anorogéniques différenciés** (Costi *et al.*, 2002), accompagnée de concentrations alluvionnaires et éluvionnaires importantes. Ces granites appartiennent à la suite magmatique de Madeira, développée tardivement ( $1\,822 \pm 2$  Ma, Ferron *et al.*, 2010), au cours de phénomènes magmatiques synchrones du développement du bassin de la Roraima.



*Figure 9 - Provinces géochronologiques du Craton Amazonien (Santos et al., 2000 ; Tassinari et al., 1999)*

Au Brésil, la **fin du Paléoproterozoïque** (Stathérien, PP4) et la période de transition avec le Mésoproterozoïque (Santos *et al.*, 2003 ; Reis *et al.*, 2000 ; Reis *et al.*, 2003 ; Almeida *et al.*, 2008) sont marqués par les orogénèses dites Ouest-Amazoniennes (Geraldès *et al.*, 2001, 2004), présentant des épisodes magmatiques (granites de type I et A) successivement à 1 960 Ma, 1 860 Ma et 1 725 Ma dans la zone de de Parima (Figure 9). Des âges similaires sont connus dans la zone de Tapajos (Lamarao *et al.*, 2002 ; Figure 9), avec du magmatisme d'arc et une déformation associée de type chaîne de marge active.

### **c) Méso-Néoproterozoïque**

Le reste de l'histoire géologique précambrienne affecte relativement peu le Bouclier Guyanais et ne concerne pas directement la Guyane.

Au **Mésoproterozoïque**, dans l'état brésilien de la Roraima (et dans la zone frontalière avec le Venezuela et la Colombie), il existe des dépôts de sédiments clastiques très similaires à ceux de la Roraima, mais dont les âges sont plus jeunes de 200 à 300 Ma (âge max. 1552 Ma ; âge min.1334 Ma). Ils sont appelés la « Quasi Roraima » (Santos *et al.*, 2003) et sont recoupés d'intrusions de granites Rapakivi d'âges mésoproterozoïques (Dall'Agnol, 1999). La phase majeure de l'orogénèse greenvillienne (~ 1 200-1 100 Ma) s'accompagne d'une réactivation tectonique et métamorphique (Nickerie event) du Bouclier Guyanais dans la zone de Mkudu au Guyana (Roever *et al.*, 2003) et de façon éloignée de la zone du Sunsas à la frontière du Brésil et de la Bolivie (Litherland *et al.*, 1989).

Au **Néoprotérozoïque**, l'influence de l'orogénèse Panafricaine (Brazileiro) est très limitée dans le Bouclier des Guyanes, en revanche, on note la présence de **phénomènes en extension d'échelle crustale** marqués par des **dykes basiques** (Guyane et Surinam), des **corps ultrabasiques** (Para au Brésil), des **carbonatites** (le gisement géant de niobium de Seis Lagos, Brésil) et **kimberlites** (NP2, au Venezuela) qui pourraient représenter la source des diamants alluvionnaires du sud de la Roraima.

#### **d) Mésozoïque**

Au cours du **Mésozoïque**, l'Afrique et l'Amérique du sud qui sont réunis depuis le Néoprotérozoïque (partie occidentale du continent Gondwana) commencent leur séparation. Au Jurassique, au centre de cet ensemble, des **filons et des coulées volcaniques** se mettent en place et marquent les stades précurseurs de l'ouverture de ce qui va devenir l'océan Atlantique. En Afrique de l'Ouest, dans le bloc archéen se développent des venues **kimberlitiques** à l'origine des **gisements de diamants** du Sierra Leone et de Guinée. Il existe d'autre part à Conakry (Guinée) un complexe stratifié basique et ultrabasique (Mont Kakoulima) d'âge crétacé qui renferme des **minéralisations à sulfures Cu-Ni (PGE)**. En Guyane, mais aussi en Amapa (Brésil) les **dykes de « dolérite »** sont très nombreux sur toute la côte rocheuse et parfois très imposants comme sur la Montagne Bagot ou les îles du Salut, avec parfois de petits indices de cuivre présents.

#### **e) Cénozoïque**

Au **Cénozoïque**, la position tropicale de la Guyane, les variations de température et une pluviométrie contrastée, associées à un léger soulèvement du bouclier des Guyanes, va ensuite générer la **formation des latérites** avec de grands plateaux cuirassés, parfois **bauxitiques**. Ces altérations chimiques, entrecoupés de phases érosives, vont façonner le paysage en grands plateaux dont quelques restes ont pu être datés au Paléocène vers 60 Ma, puis au cours de périodes plus récentes du Miocène vers 10 Ma, puis 5 Ma.

Enfin, durant le **Quaternaire**, sous l'effet conjugué des variations du niveau marin, des apports des produits d'érosion des fleuves de Guyane et du Surinam voisin, mais aussi et surtout des apports sédimentaires en provenance du fleuve Amazone, le littoral de Guyane va enregistrer des phénomènes sédimentaires successifs avec des alternances principalement de sables et d'argiles et localement **des concentrations minérales de sables noirs à ilménite, zircon et monazite**.

### **3.2. CADRE GÉOLOGIQUE ET PERSPECTIVES POUR LES MINÉRALISATIONS EN GUYANE**

Le socle transamazonien de Guyane a été décrit en termes de formations **volcano-sédimentaires « Paramaca »**, *circonscrites autour de domaines d'origine plutonique définis par Choubert (1974) en termes de massifs **précoces « Guyanais »** et de massifs plus **tardifs « Caraïbes » et « Galibi »***. Parallèlement les formations à dominante sédimentaire du « Paramaca » ont été déclinées comme « **Armina** ». D'autre part, une attention particulière a toujours été portée à la séquence de grès et conglomérats formant au nord de la Guyane un chapelet de bassins est-ouest, et connue comme « série Bonidoro » et « série de l'Orapu », souvent regroupées sous le terme « **Orapu** ».

L'essentiel des travaux de prospection, réalisés dans le cadre de l'Inventaire ont été réalisés en utilisant ces **terminologies régionales** et leurs subdivisions parfois plus locales ainsi que les campagnes de cartographie successives, en particulier pour le sud de la Guyane (cartographie à 1/100 000, et carte de synthétique à 1/500 000, Marot, 1988).

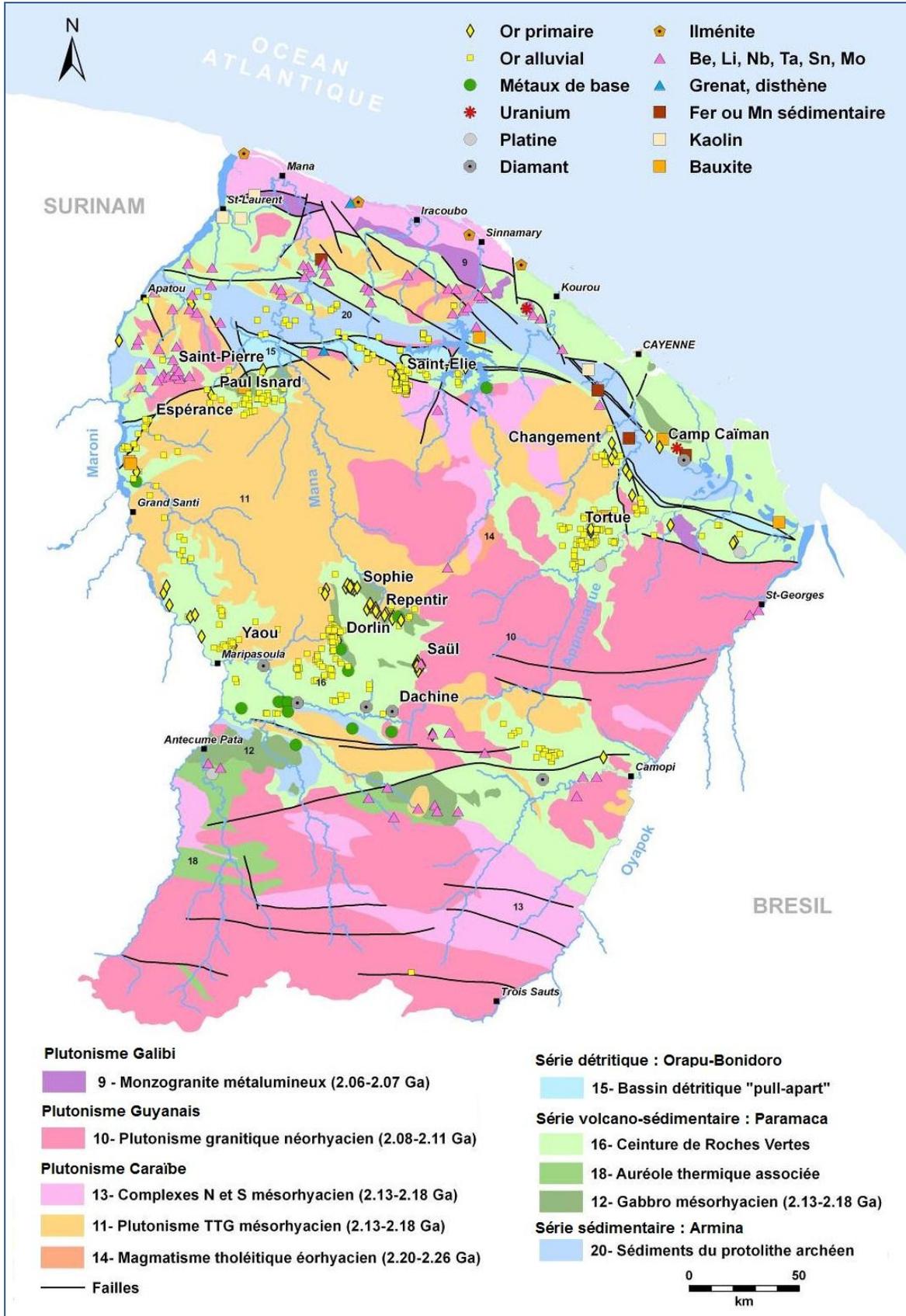


Figure 10 - Carte simplifiée de la Guyane d'après Delor et al. (2001) avec les principaux ensembles géologiques et les principales minéralisations.

La nouvelle cartographie géologique de la Guyane (seconde édition de la carte géologique à 1/500 000 de Guyane, 2001) a comporté des levés complémentaires (1996-2000) et une harmonisation géologique, appuyée par un levé géophysique aéroporté de haute sensibilité réalisé en 1996 pour le compte du Ministère de l'Industrie (Delor *et al.*, 1997) et par un important programme géochronologique.

Notre réévaluation de l'Inventaire pour les minéralisations non aurifères s'est appuyée sur ce document cartographique et sur la chronologie des événements géologiques issus de ces travaux.

La quasi-totalité des **minéralisations aurifères** et beaucoup **d'indices « non aurifères »** sont portées par **deux ensembles volcano-sédimentaires d'âge paléoproterozoïque**, globalement orientés est-ouest au nord et au sud de la Guyane, qui convergent et se rejoignent au Surinam. **La branche nord**, regroupe des formations volcanique et volcano-sédimentaires et vers le nord des faciès sédimentaires à dominante grauwackeuse ou pélitique (série Armina). **La branche sud**, est à dominante volcanique avec des termes volcaniques acides à basiques et localement des komatiites (Marot, 1988) séquence entrecoupée d'intercalations épicycliques et de pélitiques.

Au nord de la Guyane, dans les phases tardives de l'orogénèse s'ouvrent des **bassins syn-orogéniques** (de type pull-apart) à **remplissage détritique et conglomératique** (Orapu), situés en limite des faciès volcaniques et sédimentaires. Ces formations analogues au Tarkwaïen du Ghana, présentent uniquement un potentiel pour l'or.

Le magmatisme syn- à post-tectonique dit « Caraïbe », vers 2,11-2,08 Ga et les granites à 2 micas dits « Galibi » (Choubert, 1974), plus tardifs vers 2,08-2,06 Ga recourent les formations à dominante sédimentaire et comportent des faciès très différenciés associés à des pegmatites en relation avec des gîtes à Ta-Nb et/ou Li (Sn, W, Mo).

Le reste de l'histoire géologique se caractérise par la mise en place de dykes basiques de différents âges et par des phénomènes d'altérations l'origine des bauxites occupant certains sommets au nord de la Guyane.

L'évolution métallogénique de la Guyane a été replacée dans un cadre plus vaste correspondant à celui de l'ensemble géologique formé par le Bouclier guyanais et l'Afrique de l'ouest. Les différents stades d'évolution géologique, et les événements métallogéniques associés ont été synthétisés (Tableau 2) avec différents exemples de gisements associés à chacune des phases métallogéniques. Les indices connus en Guyane ont été recalés dans cette évolution avec un commentaire sur les perspectives de découvertes.

PÉRIODE ET ÉVÉNEMENTS GÉOLOGIQUES	TYPE DE MINÉRALISATION	EXEMPLES EN AFRIQUE DE L'OUEST ET DANS LE BOUCLIER GUYANAIS	GUYANE	
			POTENTIALITÉ SUR LE TERRITOIRE GUYANAIS	COMMENTAIRES
<b>Mésorarchéen ~3,2 Ga</b>	Fer (BIF Algoma) dans les ceintures à roches vertes de l'Archéen	- Sierra Leone (Tonkolili) - Sud Guinée (Kissidougou) - Venezuela (Serro Bolivar)		<b>Absent</b>
<b>~2,5 Ga</b>	Fer (BIF) en bordure du domaine Archéen	- Guinée (Mts Nimba et Simandou) - Bordure de l'Archéen de l'Amapa (Brésil)	- Montagne des chevaux : quartzites à magnétite type BIF signalées dans le Paléoproterozoïque (archéen non connu)	<b>Absence de potentiel</b>
<b>2,26-2,20 Ga</b>	Distension et océanisation, avec mise en place de complexes basiques à ultrabasiques à potentiel Ni-Cr-V-Pt (Cu)	- Biankouma (Côte d'Ivoire) : Ni-Co latéritique, avec sulfures et platinoïdes signalés. - Bacuri (Amapa Brésil) : chromite. - Platinoïde de l'anorthosite de Kaburi au Guyana ( <a href="http://www.globalmin.us">http://www.globalmin.us</a> )	- Anomalies géochimiques Ni - Présence de sulfures - Indices Pt (platine, kotuskite) en batée	<b>Possible</b>
<b>2,18 à 2,13 Ga</b>	Gabbros, norite, pyroxénites, laves tholeiites et komatiites	- Indices Pt dans la suite magmatique de Tampock et Mahury	- Anomalies géochimiques Ni - Présence de sulfures - Indices Pt (platine, kotuskite) en batée	<b>Possible.</b> Les domaines prometteurs sont plutôt au Sud (zone du parc)
<b>2,18 à 2,13 Ga</b>	Minéralisations type porphyry	- Cu-Mo-Au à Goren, Waven, Gaoua (Burkina Faso) et Monogaga (Côte d'Ivoire) - Au-Cu à Eagle Mountain (Guyana)	- Indice d'Artagnan (Dorlin) - Anomalies Cu-Mo (inventaire) à contrôler	<b>Possible</b> , mais déjà travaillé et potentiel à priori <b>limité</b> (exemples d'Afrique)
<b>2,18 à 2,13 Ga</b>	Amas sulfurés volcanogéniques	- Zn (Pb, Ag) à Poura et Nabénia-Tenga (Burkina Faso) - Cu (po, mag) à Goren (Burkina Faso) - Indices signalés dans la région de Jari Amapa	- Indice THR (Dorlin) - Anomalies à Pb, Mn (inventaire) à contrôler	<b>Possible.</b> Méthodologie d'exploration pénalisée par la latéritisation
<b>2,18 à 2,13 Ga</b>	Sédiments à Mn, d'origine exhalative, péri-volcaniques	- Ntsuta (Ghana) - Tambao (Burkina Faso) - Serra del Navio (Amapa), - Matthews Ridge (Guyana)	- Petit indice Ampouman (vérifier son importance et contrôler les extensions)	<b>Possible.</b> A contrôler en priorité
<b>2,18 à 2,13 Ga</b>	Diamant Paléoproterozoïque : Dunités, komatiites, tuffisites à diamant	- Dunités de Barsalogo (Burkina Faso) - tuffisites diamantifères et placers associés d'Akwatia (Ghana)	- Komatiites diamantifères de Crique Dachine (Capdevila et al., 1999) - Diamants en aval de la montagne de Kaw (origine en liaison avec conglomérats ?)	Petits indices localisés dans les <b>domaines interdits SDOM</b> (Parc)
<b>TTG 2,18 à 2,13 Ga</b>	Pas de minéralisation connue en liaison avec TTG.	- 2 générations magmatiques individualisables (2160 Ma et 2130 Ma)	- Nb-Ta dans pegmatites sécantes à Tamao (2130 Ma)	Age de mise en place à réévaluer
<b>Orogénèse (D1) 2120 Ma</b>	Métamorphisme et magmatisme	- Disthène, grenat non distingué du métamorphisme de contact	- Indices connus de disthène et de grenat en concentration alluviales.	Sujet annexe à <b>potentiel très limité</b>
<b>Orogénèse (D2) 2100</b>	Au orogénique 2100 Ma (Au 1)	- Pic aurifère de l'Afrique de l'Ouest sub-synchrone de la phase D2	- Pic aurifère de Guyane identique à celui de l'Afrique de l'Ouest	Pic aurifère majeur, à <b>très fort potentiel</b>
<b>Magmatisme 2100 Ma</b>	Mise en place des premiers granites	- Sn-Nb-Ta à Issia (Côte d'Ivoire) - Anomalies U (Burkina Faso)	- Phase difficilement individualisable d'un point de vue métallogénique.	Peu d'intérêt pour l'uranium
<b>Magmatisme tardif (2080-2060 Ma)</b>	- Leucogranites et pegmatites minéralisés (Sn, Nb, Ta, Li) - Quelques traces d'uranium, mais avec faible potentiel	- Sn-Nb-Ta à Comoé et Issia (Côte d'Ivoire) et au Sud du Ghana - Sn-Nb-Ta en Guyane et au Guyana - Indices uranifères (Burkina Faso) - Albittes uranifères de Kurupung (Guyana)	- Indices à Ta>Nb, Sn, Be, Mo, W... en liaison avec pegmatites. - Indices uranifères peu significatifs et anomalies de faible importance	<b>Sujet prioritaire</b> à redéfinir par rapport aux travaux d'évaluation déjà réalisés.
<b>Métamorphisme de contact 2100 à 2060 Ma</b>	Substance en liaison avec le métamorphisme contact		- Graphite - Monazite grise possibles dans sédiments	<b>Hypothétique</b> Vérifier monazite grise

PÉRIODE ET ÉVÉNEMENTS GÉOLOGIQUES	TYPE DE MINÉRALISATION	EXEMPLES EN AFRIQUE DE L'OUEST ET DANS LE BOUCLIER GUYANAIS	GUYANE	
			POTENTIALITÉ SUR LE TERRITOIRE GUYANAIS	COMMENTAIRES
<b>Magmatisme et métamorphisme granulitique tardif</b>	Minéralisations aurifères Au2 tardives (Omai au Guyana à 2002 Ma, Voicu <i>et al.</i> , 2001) et à Amapari, Brésil, leucogranite (1993+-13 a.)	- N'existe pas en Afrique - Sur le Bouclier Guyanais pourrait correspondre à une réactivation thermique en liaison avec l'extension tardive du domaine sud (cf. ci-dessous)	Episode non identifié en Guyane	
<b>Magmatisme alcalin du Transamazonien tardif (2000-1600 Ma)</b>	- Granites à métaux rares, toutefois problème de calages chronologiques (Mésos ou Neoprotérozoïque ?) - Dolérite de la "Comté" en Guyane à 1800 Ma	- N'existe pas en Afrique - Granites type A (rapakiwi) à Sn, Ta-Nb, REE de Pitinga (Brésil).	- Non identifié et probablement absent en Guyane parce que le phénomène se localise plus au Sud. - Thème à envisager toutefois et à tester	Tester les anomalies magnétiques et radioactives
<b>Mésoprotérozoïque</b>	Réactivation tectonique et métamorphique au Surinam.	- Existence de dykes de lamproïdes diamantifères à Séguéla (Côtes d'Ivoire)	?	
<b>Néoprotérozoïque</b>	- Dykes alcalins, ca. 820 Ma (dolérite "Tampok" en Guyane) - Carbonatites à niobium (Brésil) - Kimberlites en périphérie du Bouclier Guyanais.	- Diamants néoprotérozoïques au Burkina Faso. - Carbonatite à niobium de Seis Lagos (Brésil). - Kimberlites diamantifères au Venezuela	- Dykes basiques indifférenciés	Sélection d'anomalies géophysiques et envisager des tests de terrain
<b>Mésozoïque</b>	Dykes alcalins d'âge jurassique inférieur (195-200 Ma, Deckart <i>et al.</i> , 1997)	- Kimberlites diamantifères (Guinée, Sierra Leone) - Complexes stratifiés (Cu-Ni) de Conakry (Kakoulima) en Guinée et Free Town (Sierra Leone)	- Dykes basiques indifférenciés avec corps massifs de type basique-ultra basique	Sélection d'anomalies géophysiques et envisager des tests de terrain
<b>Tertiaire</b>	- Bauxitisation - Latérite nickellifère	- Gisements importants en Guinée, Ghana, Côtes d'Ivoire, Burkina Faso, etc. - Gisements importants au Brésil, Suriname, Guyana et Venezuela	- Plateaux bauxitiques identifiés en Guyane, prospectés et partiellement évalués	Résultats moyens et localisation sur domaines SDOM
<b>Réactivation Mio-Pliocène</b>	Phénomène de podzolisation avec plusieurs étapes	- Non individualisé à l'exception du Brésil (Rio Negro) et de la Guyane	Région du Maroni avec - Sables lessivés résiduels - Kaolins issus de l'altération	Potentiel sable pur (Plateau des mines) Potentiel kaolin (Charvein)
<b>Plio-Quaternaire</b>	Poursuite des phénomènes d'altération et de pépétisation	- En Afrique les placers sont peu fréquents (altérites et éluviions en place) - Dans le Bouclier Guyanais les placers sont fréquents et de taille importante	- Placers importants	Le phénomène de pépétisation serait à réévaluer (proximaux vs distaux)

Tableau 2 - Calage des événements géologiques et des minéralisations sur le Bouclier des Guyanes et en Afrique de l'Ouest.

### 3.3. BILAN

Les minéralisations de la région Guyane se placent dans un contexte géologique et métallogénique qui se caractérise par la prépondérance de l'or, en effet l'ensemble de terrains formant le **Bouclier des Guyanes** et le **Birimien de l'Afrique de l'Ouest** représente l'une des **provinces aurifères majeures, de classe mondiale**. Les minéralisations aurifères sont pour la plupart de type orogénique, encaissées par des **ceintures volcano-sédimentaires anciennes**, d'âge Paléoprotérozoïque (plus de 2 milliards d'années).

Associés à ces **ceintures volcano-sédimentaires** aurifères, il existe des possibilités, mais relativement réduites, pour la présence d'autres minéralisations, en particulier des **amas sulfurés (Pb, Zn, Cu)**, des **porphyres (Cu, Mo, Au)** et des **horizons à manganèse**. En tenant compte des résultats acquis en Afrique de l'Ouest, les possibilités prioritaires de découvertes concernent **le manganèse**. Il existe d'autre part, différents types de roches basiques et ultrabasiques d'âge paléoprotérozoïque dont le potentiel minéralisé pour **Cu-Ni sulfuré et platinoïdes** n'a jamais vraiment été exploré et qui mériteraient des tests en vue de réévaluer leur intérêt.

Il existe de plus des indices **diamantifères** au sud de la Guyane et en bordure de la montagne de Kaw, en alluvions ou portés par des roches ultrabasiques (komatiites de Dachine, IT-33). En revanche, les volumes limités, avec des pierres de petite dimension et aucun autre secteur diamantifère n'a été mis en évidence par les orpailleurs. De plus, ces indices se situent tous se situent tous dans des zones interdites à la prospection.

Le second événement métallogénique important **correspond aux minéralisations à columbo-tantalite** (tantalite dominante), en liaison avec les faciès granitiques différenciés tardifs et les pegmatites, qui sont des minéralisations à métaux rares d'importance stratégique, pouvant atteindre des concentrations importantes. À ces granites, sont aussi associés des indices W, Sn, Li.

En Guyane, le reste de l'évolution de l'évolution précambrienne est peu fertile, il faut toutefois signaler en périphérie du bouclier des minéralisations diamantifères (Venezuela), un **important gisement d'étain, de tantale (et terres rares) à Pitinga** (Brésil) et la **très importante carbonatite à niobium de Seis Lagos** au Brésil. Pour des raisons géologiques (phénomènes tardifs n'affectant pas la Guyane), les possibilités de découverte de telles minéralisations sont relativement faibles en Guyane.

Les phénomènes d'altération du tertiaire sont à l'origine du développement de **phénomènes de bauxitisation**, particulièrement développés au Surinam, mais moins importants en Guyane.

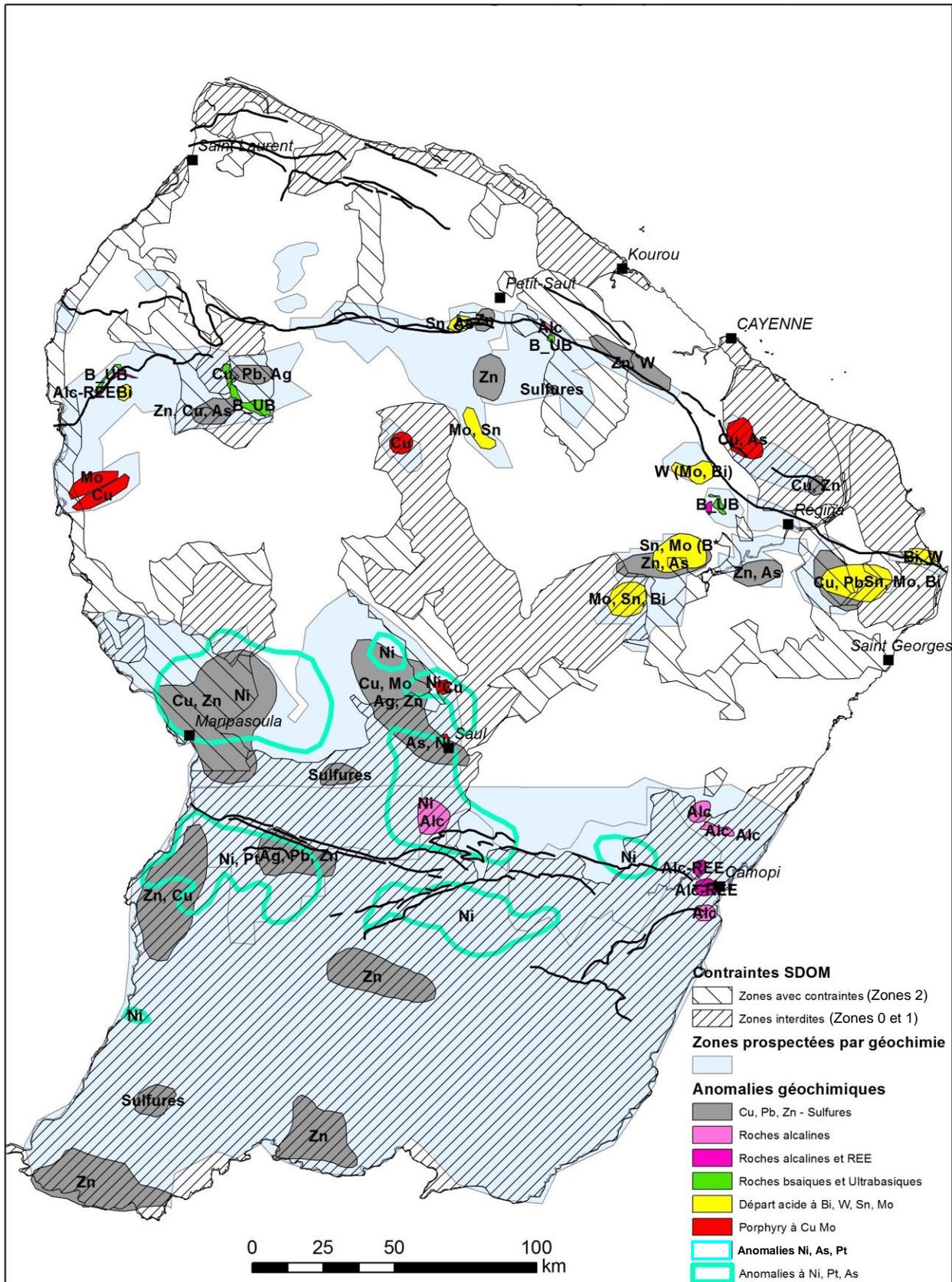


Figure 11 - Anomalies géochimiques issues des données de l'Inventaire.

## 4. Réinterprétation des données géophysiques et géochimiques (Mn, Zn, Pb, Cu, Mo, Ni, etc.)

### 4.1. GÉOCHIMIE

Les campagnes de géochimie de type inventaire en Guyane sont relativement peu homogènes en termes de prélèvements comme en termes de type d'analyse. En dehors de la grande prospection réalisée au sud du territoire, les campagnes de géochimie étaient orientées sur l'or et exclusivement ciblées sur les formations volcano-sédimentaires du Paramaca (cf. § 2.3.4. Travaux de l'Inventaire minier (1975-1995), p. 20 ; Figure 3). Les conséquences sont qu'une partie importante du territoire n'a pas été couverte de manière systématique et que les minéralisations autres que l'or n'ont été que partiellement explorées.

Toutefois, en réutilisant les résultats analytiques, à partir des points présentant les teneurs les plus élevées (pour divers éléments), il est possible de dégager plusieurs zones anomaliques. Celles-ci correspondent à des groupements d'éléments typiques de différents types de minéralisations (Figure 11) :

- minéralisations à sulfures (Pb-Zn et Cu) de type amas sulfurés ;
- minéralisations associées aux roches alcalines +/- Terres rares ;
- minéralisations à Cu-Ni (Pt) associées aux roches basique et ultra basiques ;
- minéralisations de type départ acide à Bi, Li, W, Sn, Mo ;
- minéralisations de type « porphyry » à Cu-Mo.

Ces anomalies constituent **des zones d'accrochage qui peuvent faire l'objet de compléments de travaux** et, en cas de résultats positifs, d'extension hors des zones déjà prospectées.

Si les objectifs de type amas sulfurés ont été bien ciblés dans les années 1980, d'autres signatures, peut-être plus discrètes comme les « porphyry » à Cu-Mo, certains environnements à Cu-Ni (Pt) et les minéralisations associées aux roches alcalines (dont les terres rares) ont probablement été négligées à cette époque.

### 4.2. GEOPHYSIQUE

Un levé géophysique à haute définition a été effectué en Guyane sur les 3/4 nord du territoire en 1996. Ce levé permet de mesurer un signal correspondant au champ magnétique et un signal spectrométrique issu du rayonnement gamma naturel émis par le sol et le proche sous-sol.

#### 4.2.1. Magnétisme

La mesure du champ magnétique permet, après traitements, d'extraire des signatures qui vont caractériser les roches du sous-sol jusqu'à plusieurs kilomètres de profondeur ainsi que la structuration du bâti géologique (linéaments et structures majeures).

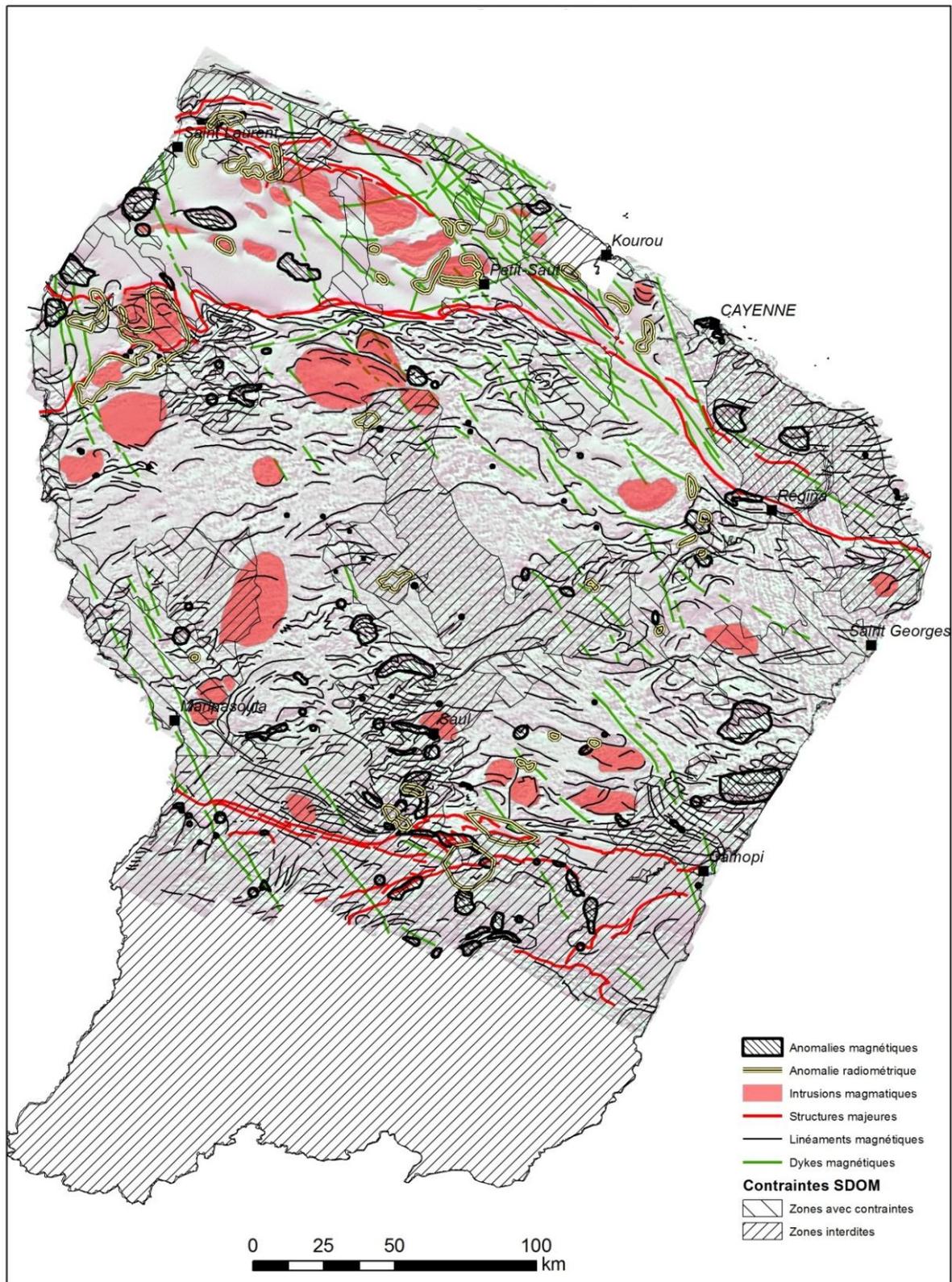


Figure 12 - Anomalies géophysiques et grand traits structuraux issus du levé aéroporté de 1996.

Après retraitement, l'interprétation du champ magnétique (gradient vertical et signal analytique) nous a permis de mettre en évidence plusieurs types d'objets (Figure 12) dont certains pourraient être en relation avec des phénomènes minéralisateurs :

- des dykes basiques de différents âges (NB : les importants faisceaux de dykes situés au nord-est de la Guyane n'ont pas été représentés) ;
- des intrusions magmatiques circulaires attribuées à des granites différenciés, réparties sur le territoire, aussi bien dans les ceintures volcano sédimentaires que dans les zones plus cratonisées du centre de la Guyane. Intrusifs dans les séries de l'Armina au nord de la Guyane, les granites dits caraïbes selon Choubert (1974) sont géographiquement associés et paraissent à l'origine des minéralisations à columbo-tantalite ;
- des anomalies magnétiques associées à un fort signal analytique pouvant correspondre à des corps basiques ou ultra-basiques ou à des formations enrichies en fer ;
- des anomalies magnétiques circulaires de petite taille pouvant faire penser à des roches d'affinité kimberlitique (quelques indices de diamants ont été signalés en Guyane).

L'interprétation du champ magnétique retraité permet de préciser de nouveaux éléments géologiques. Au nord, l'absence remarquable de signal magnétique dans les séries de l'Armina tend à indiquer une très forte épaisseur de sédiments, ceux-ci étant intrudés localement par les granites dits caraïbes. Cette série sédimentaire formerait l'avant-pays d'un possible chevauchement important en provenance du sud qui correspondrait à une des structures majeures du sillon Nord-Guyanais (Figure 12). On retrouve une configuration assez similaire au sud, dans le sillon Sud-Guyanais, mais avec probablement des zones plissées et un moins épaisse.

#### 4.2.2. Radiométrie spectrale

Pour l'interprétation des données spectrométriques (canaux U, K, Th et comptage total) une classification statistique (CAH, classification ascendante hiérarchique) a été réalisée. Cette classification permet de regrouper entre eux les pixels qui présentent des compositions comparables pour les quatre variables. Cela a permis de produire une carte de 18 groupes (18 spectrofaciès ; Figure 13) qui décrit les grands ensembles géologiques de Guyane ou, pour être plus exact, qui représente les altérites issues de ces ensembles, la spectrométrie ayant une pénétration inférieure au mètre.

Sur cette carte de « spectrofaciès », les zones d'anomalies radiométriques à fort signal spectrométrique (U et/ou Th) ont été délimitées. Certaines de ces anomalies sont probablement liées à une faible épaisseur d'altérites et correspondent à des zones de roches nues affleurantes telles les d'inselbergs d'Armantabo ou de Savane-Roches. D'autres anomalies paraissent signaler des zones d'intrusions différenciées tardives leucogranitiques et éventuellement des intrusions alcalines, à potentiel métaux rares et terres rares, en revanche aucune anomalie ne paraît attribuable à une minéralisation radioactive.

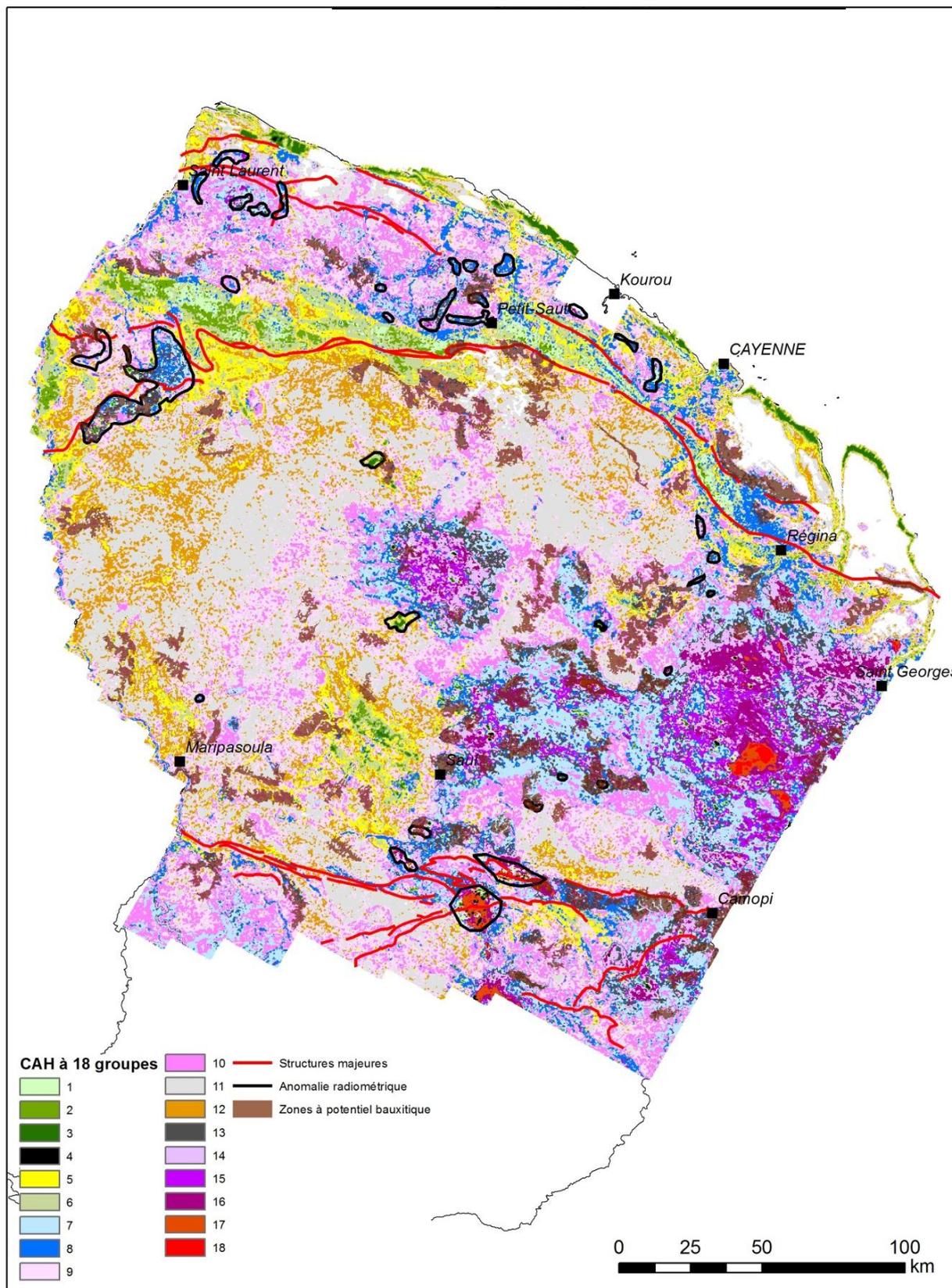


Figure 13 - Classification des données spectrométriques issues du levé aéroporté de 1996.

### 4.3. BILAN DES ANOMALIES

L'ensemble des résultats issus de la **réinterprétation de la géochimie** et du **retraitement des données géophysiques** a été représenté de manière globale (Figure 14). Ils permettent d'individualiser de grands thèmes d'intérêt et de préconiser **six secteurs prioritaires** à prospector (P1 à P6), sélectionnés en tenant compte des contraintes réglementaires du SDOM.

#### 4.3.1. Granites à métaux rares Sn (Mo-W), Be-Li, Nb-Ta

Des anomalies caractéristiques de minéralisations en liaison avec les granites ont été identifiées. Le suivi de telles anomalies au cours des travaux de l'Inventaire a été incomplet et des compléments de prospection sont proposés sur les zones **P1, P2, P4 et P5**.

#### 4.3.2. Roches alcalines

Des zones anomaliques associant le lanthane et le cérium (terres rares), le phosphore, le niobium et le zirconium constituent une signature pouvant indiquer la présence d'intrusions alcalines. De telles intrusions qui sont souvent de petites tailles et bien circonscrites ne sont pas encore connues en Guyane et se caractérisent par leur richesse en terres rares. De telles zones sont présentes dans les régions de Camopi et Saül dans des domaines où la prospection est interdite. Des signatures alcalines moins caractéristiques existent aussi dans les zones à prospector **P1** et **P2** où ce type de minéralisation pourra être testé.

#### 4.3.3. Cu (Mo)-Au de type porphyrique

Trois secteurs présentent ce type de signature, mais seul l'un d'entre eux est situé sur des zones autorisées à la prospection. Celui-ci est localisé dans la partie ouest, vers Grand Santi et une prospection est recommandée sur le secteur, zone **P3**.

#### 4.3.4. Pb-Zn de type exhalatif

Les anomalies rattachées à ce type de gisements sont souvent de grande taille. Celles situées dans la partie sud ont été éliminées d'office en raison de l'interdiction de prospection. Parmi celles qui se trouvent dans la partie nord les zones **P2** et **P6** sont recommandées. Il existe aussi de vastes anomalies au centre du territoire, dans la région de Saül, souvent associées à des anomalies nickel.

#### 4.3.5. Mn de type exhalatif

La présence d'indices de manganèse à **Ampouman** ainsi que l'existence de niveaux géochimiques relativement élevés au nord-est de cet indice dans la zone **P1**, pourraient indiquer la présence dans le Paramaca d'une minéralisation exhalative en périphérie de domaines à minéralisations sulfurées.

#### 4.3.6. Cu-Ni (Pt) sulfuré

Des anomalies Ni couvrent de grandes surfaces au centre du territoire, dans la région de Saül, souvent associées à des anomalies Pb-Zn, ainsi qu'à des anomalies magnétiques relativement structurées (lames ou intrusifs basiques et/ou ultra-basiques). Des indices de platine peuvent localement (secteur d'Antecume Pata) être associés à ces formations, en revanche, la plupart

des anomalies sont situées dans les zones interdites par le SDOM. Il subsiste toutefois, différents domaines anomaliques restant ouvert à la prospection, par exemple, l'est de Maripasoula, le nord de Saül (Montagne Continent, Saut Saint-Marc) et l'ouest de Régina.

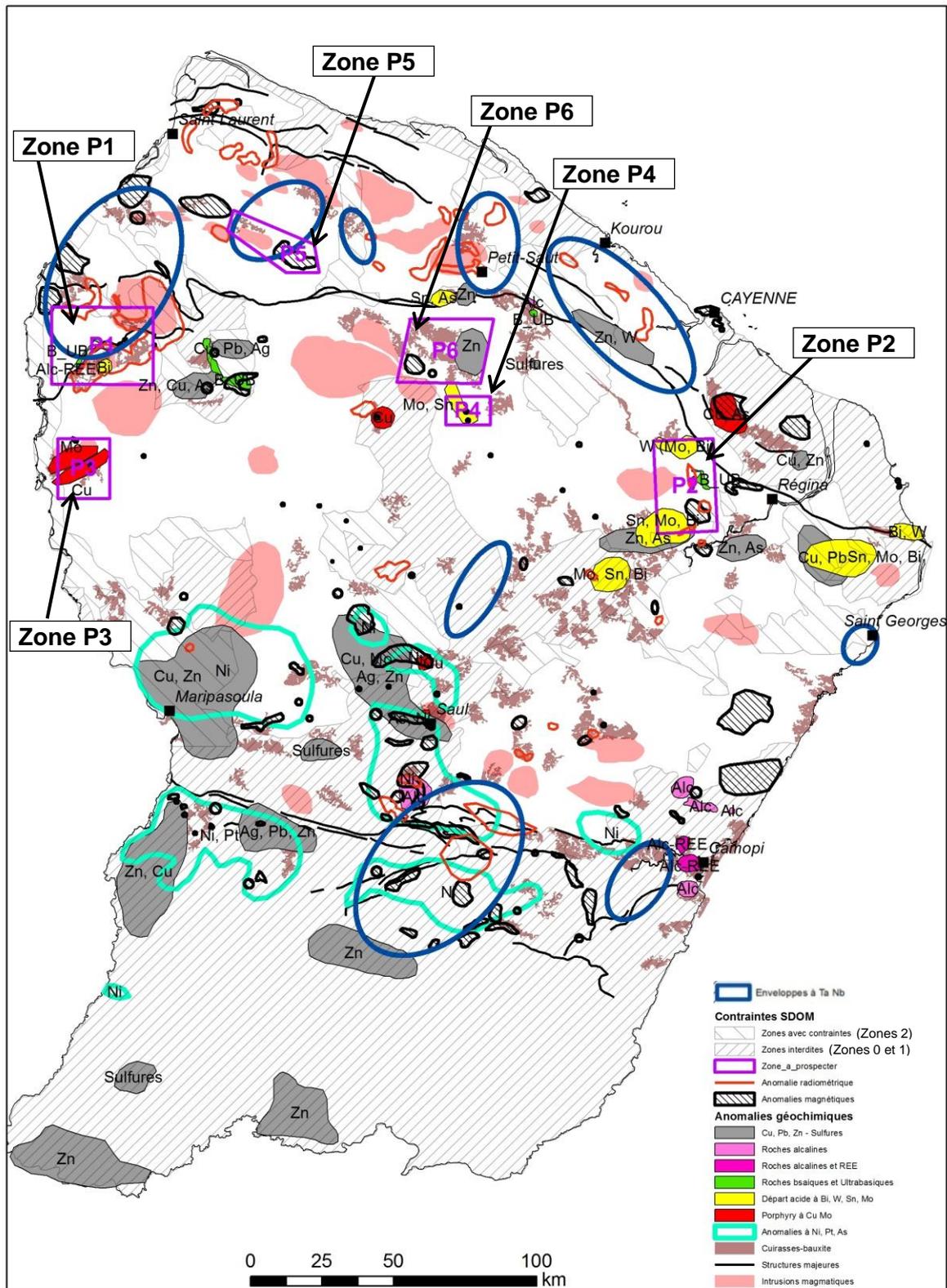


Figure 14 - Synthèses des anomalies géochimiques et géophysiques et zones à prospector.

#### 4.4. RECOMMANDATIONS

À l'issue de cette reprise des données géophysiques et géochimiques sur la Guyane, et compte tenu des contraintes environnementales (SDOM), **six zones prioritaires à prospecter** (P1 à P6) ont été identifiées et circonscrites. Ces secteurs s'individualisent par rapport à leur environnement par des signatures géochimiques anormales typiques de certains types de minéralisations parfois complétées par des anomalies géophysiques.

Outre les six zones prioritaires, différents types d'anomalies magnétiques pourraient être testés dans une optique non aurifère : i) les anomalies magnétiques situées à l'est de Maripasoula, associées à de vastes domaines anormaux en géochimie (anomalies Ni, Cu, As) ; ii) les très nombreuses petites anomalies magnétiques devraient faire l'objet de contrôles au sol ; parce qu'elles pourraient marquer la présence de roches d'intérêt minier telles que de petits apex granitiques différenciés (Sn, W, Nb-Ta...), des intrusions alcalines (Nb-Ta, terres rares), des kimberlites (diamants), etc. Les deux petites anomalies magnétiques qui existent dans la zone à prospecter P5 sont d'un accès relativement simple et pourraient être testées en priorité.

La réalisation d'éventuels travaux de prospection sur ces objectifs devrait utiliser une méthode homogène et systématique, de type « **stream sediment** » (sédiments de ruisseau) avec des **analyses multi-élémentaires** complétées par l'analyse des métaux précieux (Au, 1 ppb de limite de détection). On pourrait, d'autre part envisager des compléments de prospection utilisant ce même type de méthode dans des **secteurs non couverts par les travaux de l'Inventaire**, en particulier dans les séries à dominante sédimentaire situées au nord du sillon nord-guyanais. Un tel projet nécessite une logistique relativement lourde et des moyens importants, à évaluer en fonction de la localisation et de la superficie du projet.



## 5. Ressources minérales associées aux domaines périgranitiques (Nb-Ta, Li (Be), Sn)

La partie nord de la Guyane comporte différents types de granites post-orogéniques (granites Caraïbes et Galibi selon l'ancienne classification de Choubert, 1974) intrusifs dans les formations sédimentaires dites de l'Armina. Au cours de cet épisode plutonique, se sont mis en place des granites et des pegmatites à métaux rares porteurs de minéraux accessoires pouvant avoir une valeur économique : columbo-tantalite (Nb-Ta), cassitérite (Sn), minéraux lithinifères (lépidolite, spodumène, pétalite, amblygonite), béryl (Be), etc. Leur altération météorique a produit des concentrations alluvionnaires et éluvionnaires de columbo-tantalite (Nb-Ta) et de cassitérite (Sn). On retrouve donc sur le territoire nord-guyanais, à la fois de nombreuses concentrations de type placer à Nb-Ta, Sn, ainsi que plusieurs indices primaires de type pegmatitique.

Dans ce chapitre, les attributs des différents indices à niobium-tantale, lithium et étain seront détaillés (teneurs, tonnage, type de prospection, etc.), ainsi que les caractéristiques de leur marché respectif, pour pouvoir évaluer le potentiel minier des indices guyanais par rapport à la demande mondiale et aux types de gisements actuellement exploités.

### 5.1. NIOBIUM-TANTALE

#### 5.1.1. Généralités sur Ta (Nb)

Cette première partie a pour but de présenter brièvement le marché du tantale en abordant des notions telles que la gîtologie, la production mondiale, la taille et la localisation des gisements exploités à travers le monde, ainsi que l'état actuel des ressources et des réserves. Les prix et les utilisations de ces substances seront également abordés. L'accent sera principalement mis sur le tantale, étant donné que le contexte gîtologique guyanais est plus favorable à générer des concentrations économiquement intéressantes tantalifères que des concentrations niobifères.

La plupart des informations de cette partie sont issues des panoramas sur les marchés du tantale et du niobium, effectués par le Service Ressources Minérales du BRGM pour le compte du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (Audion et Piantone, 2012 ; Christmann *et al.*, 2011). Pour de plus amples informations sur le sujet, il est recommandé de lire les rapports précédemment cités, ainsi que de consulter les plaquettes substances du portail français sur l'industrie minérale ([www.mineralinfo.org](http://www.mineralinfo.org)).

#### a) Gîtologie

Le tantale et le niobium sont des métaux présentant des similitudes tant sur leurs propriétés physico-chimiques que sur leur origine géologique. Ce sont des éléments dits incompatibles qui se trouvent enrichis dans les magmas évolués (granites différenciés, pegmatites à métaux rares) ou dans des magmas spécifiques (carbonatite, complexe alcalins). Dans la nature, ils se présentent majoritairement sous la forme d'oxydes où les deux éléments se substituent l'un à l'autre pour former des **séries minéralogiques entre un pôle Ta et Nb**.

Les deux familles de minéraux les plus courantes sont :

- **la famille des pyrochlores** dont les compositions vont du pôle microlite ((Na, Ca)<sub>2</sub>Ta<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (O,OH,F)) jusqu'au pôle pyrochlore (sens strict, (Na, Ca)<sub>2</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (OH,F)). Le pyrochlore est

principalement associé à des carbonatites d'où est extrait 97 % de la production minière de **niobium** ;

- **la famille des columbo-tantalites** (appelées « coltan » en Afrique Centrale), où les minéraux présentent des compositions allant du pôle tantalite ((Fe, Mn)Ta<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) jusqu'au pôle columbite ((Fe,Mn)Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>). Dans cette famille, **l'élément valorisable est le tantale**, le niobium ne représente que peu d'intérêt. Les prix de vente des concentrés de columbo-tantalite vont donc être directement liés à la teneur en tantale.

Au total, on distingue trois types de gisements où **la columbo-tantalite** est exploitée ou potentiellement exploitable.

#### • Pegmatites à métaux rares

Les pegmatites sont des roches magmatiques silicatées composées de cristaux automorphes de grande taille. La dimension des pegmatites est extrêmement variable : filonnets décimétriques jusqu'à des filons décamétriques. Dans certains cas, les pegmatites peuvent être de très grande taille (extensions kilométriques), on parle alors de pegmatites géantes. On distingue plusieurs types de pegmatites (Černý et Ercit, 2005). Celles présentant des enrichissements en niobium et tantale sont les pegmatites de type LCT (Lithium Césium Tantale) appelées encore pegmatites à métaux rares. Outre des columbo-tantalites, ces pegmatites contiennent souvent **des minéraux de lithium, étain ou béryllium** qui peuvent être, dans de nombreux cas, économiquement valorisables (cf. § 5.2 Lithium, p. 84). Bien réparties au niveau mondial, on retrouve des pegmatites dans tous les environnements magmatiques granitiques, mais seuls **les champs pegmatitiques importants ou les pegmatites géantes sont exploités ou exploitables**.

#### • Granites peralumineux

De la même manière que pour les pegmatites LCT et dans le même type d'environnement géologique, on retrouve des **minéralisations en tantale** (niobium, lithium, étain, béryllium, etc.) associées à des **granites différenciés peralumineux**. On parle également de granites à métaux rares ou de granites de type LCT. Les intrusions granitiques étant de taille beaucoup plus importante que les pegmatites, ce sont souvent des gisements à fort tonnage et faibles teneurs.

#### • Placers

La densité de la columbo-tantalite (5,2 à 8 qui augmente avec la proportion de tantale) la classe parmi les minéraux lourds. Il est donc possible d'avoir des **concentrations alluvionnaires et éluvionnaires** (placers) dans les régions où affleurent des gîtes primaires (pegmatites et granites à métaux rares). Les placers peuvent être parfois exploitables, la plupart du temps ce sont des petites exploitations artisanales puisque le minerai est facilement valorisable par de simples procédés gravimétriques. Les placers actuellement exploités sont localisés en Russie (Oural) et en Afrique Centrale (République Démocratique du Congo, Rwanda, Burundi, etc.).

### **b) Production et réserves mondiales**

La production mondiale de tantale provient à **70 % de concentrés tantalifère** ( $\pm$ Nb, Ti, Sn), à 10 % de la valorisation de scories d'étain et à 20 % du recyclage. Après un boom dans les années 2000, dû au développement de la téléphonie mobile, la production mondiale de tantale semble diminuer (Figure 15 et Tableau 3).

En 2011, elle était de 790 tonnes de Ta (USGS, 2012b) soit deux fois moins que dans les années 2000. Elle est principalement répartie sur trois continents : l'Océanie (Australie), l'Amérique du Sud (Brésil) et l'Afrique (RDC, Mozambique, Rwanda, Éthiopie, Ouganda, Nigéria).

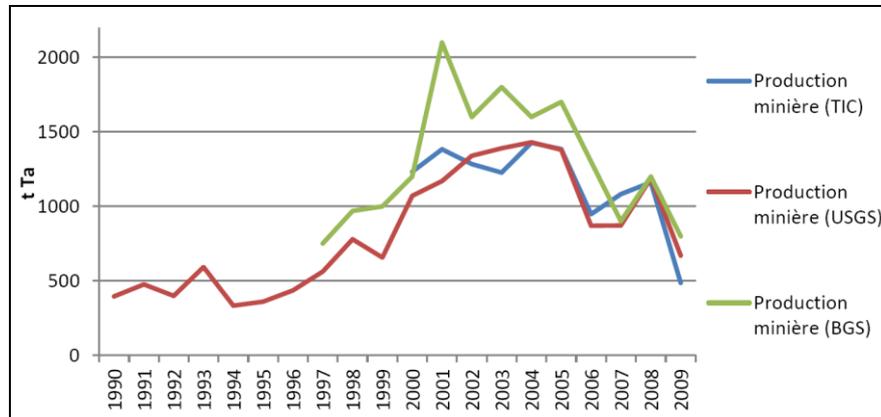


Figure 15 - Évolution de la production mondiale de tantale selon des sources différentes (Audion et Piantone, 2012)

L'Australie a été pendant longtemps le premier producteur mondial (500 à 1 000 t/an au cours des années 2000 ; Tableau 3), mais sa production a fortement diminué depuis 2008 à cause de la fermeture temporaire de ses deux principales mines (Green bushes et Dodina) en raison de travaux de maintenance, mais aussi de la concurrence du minerai africain. Aujourd'hui, le Brésil (180 tonnes de Ta en 2009) est devenu le premier producteur mondial de tantale devant le Mozambique, le Rwanda, la RDC, l'Australie, l'Éthiopie, le Canada et le Nigeria (Tableau 3).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Australie	592	806	1 148	973	985	1 043	584	435	500	81
Brésil	232	256	232	231	260	264	215	235	226	180
Burundi	10	39	18	7	7	9	3	9	16	16
Canada	70	94	71	67	70	77	68	55	68	25
Chine	-	-	-	-	-	-	-	-	137	-
Éthiopie	48	34	43	43	55	72	85	94	68	37
France	-	-	-	5	5	5	5	5	5	-
Mozambique	12	13	23	66	250	99	28	28	110	113
Namibie	1	4	7	13	13	-	-	-	-	-
Nigéria	23	37	10	26	6	12	12	12	25	20
Ouganda	1	4	2	5	6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
RD Congo	159	73	37	18	73	33	14	71	80	87
Russie	-	-	-	-	-	-	-	-	43	-
Rwanda	151	65	24	32	49	68	46	120	120	104
Somalie	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2
Zimbabwe	-	11	176	84	5	17	-	-	-	-
Afrique (autres)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asie (autres)	-	-	-	-	-	-	-	-	70	-
Autres	205	252	-	-	-	-	96	257	-	-
TOTAL	1504	1688	1568	1497	1743	1691	1157	1322	1190	667

Tableau 3 - Évolution par pays de la production minière en t de Ta métal entre 2000 et 2009 (Audion et Piantone, 2012).

Les réserves mondiales actuellement identifiées atteignent 153 kt de Ta (Tableau 4) principalement au Brésil (57,2 %) et en Australie (26,5 %). Au rythme de 2 000 t/an, ces réserves permettraient d'assurer les **approvisionnements mondiaux pendant 75 ans**.

Pays	Ressources (2010)		Réserves (2010)	
	t Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	t Ta	%
Brésil	129 274	40,8%	87 360	57,2%
Australie	65 771	20,7%	40 560	26,5%
Chine et Sud-Est Asiatique	33112	10,4%	7 800	5,1%
Russie et Moyen Orient	31 298	9,9%	----	----
Afrique Centrale	28 576	9,0%	3 120	2,0%
Reste de l'Afrique dont Mozambique :	21 318	6,7%	12 480	8,2%
	----	----	3 200	2,1%
Amérique du Nord	5 443	1,7%	1 500	1,0%
Europe	2 268	0,7%	---	----
<b>Total</b>	<b>317 060</b>	<b>100,0%</b>	<b>152 820</b>	<b>100,0%</b>

Tableau 4 - Ressources et réserves mondiales de tantale identifiées en 2010 (Audion et Piantone, 2012)

Les réserves de tantale en Afrique Centrale sont sûrement sous-évaluées, mais peu de données sont disponibles pour évaluer de manière chiffrée le véritable potentiel de cette région.

### c) Gisements

Les gîtes et indices de tantale sont extrêmement nombreux et bien répartis à l'échelle mondiale, mais les gisements actuellement exploitables sont peu nombreux. Les principaux gisements exploités sont **les pegmatites géantes de type LCT** (taille kilométrique), les plus connus étant celles de Tanco-Bernic Lake au Canada, de Volta Grande au Brésil, de Kenticha en Éthiopie, et celles de Greenbushes et Wodgina en Australie. La plupart du temps, le niobium et le lithium y sont également exploités.

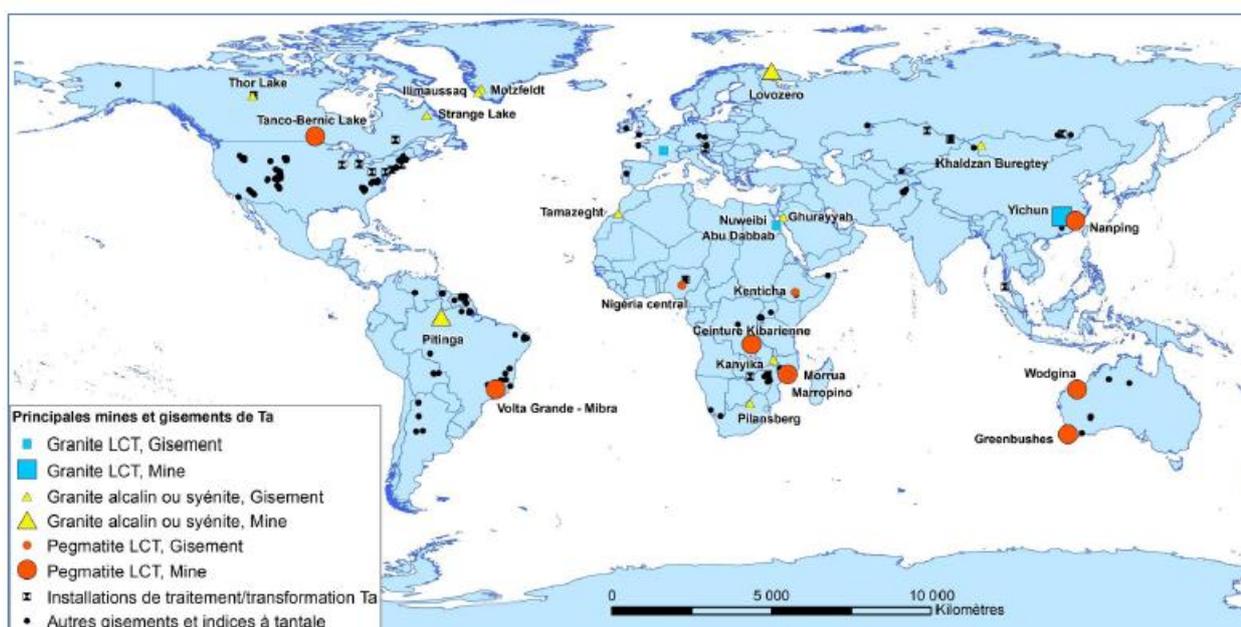


Figure 16 - Répartition mondiale des principales mines et gisements de tantale (Audion et Piantone, 2012)

En France, il existe un site dans le Massif central (complexe granitique de Beauvoir-Échassière, département de l'Allier) où la columbo-tantalite est extraite d'un granite à métaux rare en sous-produit du kaolin (céramique) par la société Imérys, leader mondial des minéraux industriels. Un

concentré à Sn-Ta-Nb est obtenu par simple procédé gravimétrique (utilisation de tables à secousses). Au total, 30 à 55 t de concentré à 10 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sont exportés annuellement vers le Brésil, où les oxydes de tantale et de niobium sont séparés.

Une part importante, mais difficile à estimer, de la production mondiale est issue de l'exploitation minière artisanale dans la **région des Grands Lacs en Afrique de l'Est** (RDC, Rwanda, Burundi, Ouganda, etc.). La columbo-tantalite y est extraite de pegmatites altérées ou de placers par simples procédés gravimétriques. Dans cette région, la columbo-tantalite est au cœur d'un **conflit meurtrier**, puisque le trafic de coltan (dénomination locale pour la columbo-tantalite) issus d'exploitations artisanales, financent les armées et milices locales notamment pour acheter des armes. La montée des prix dans les années 2000 a permis de développer fortement ce type d'exploitation, et ainsi d'exacerber les tensions qui existaient dans la région (guerres civiles du Kivu, affrontements entre le Rwanda et la RDC). Le tantale exporté depuis cette région est difficile à chiffrer, mais certaines sources estiment que la **RDC et le Rwanda produiraient plus de 50 % de la production mondiale**. Pour régulariser la situation, et limiter l'utilisation des minerais issus de zones de conflit par les industriels, plusieurs initiatives ont été mises en place sur le plan international :

- sanction et publication de statistiques par les Nations-Unies sur l'exportation et la production de coltan illégale ;
- réalisation d'un guide par l'OCDE sur le devoir de diligence concernant les chaînes d'approvisionnement en minerais provenant de zones de conflit (OCDE, 2011) ;
- mise en place de la **loi Dodd-Frank** aux États-Unis qui exige que les sociétés opérant aux États-Unis rendent compte de l'origine des minerais dont le tantale ;
- **boycott du coltan** venant de la région des Grands Lacs en Afrique de l'Est par plusieurs industriels du secteur de l'électronique.

Des travaux sont réalisés pour identifier les caractéristiques précises des différents minerais pour assurer une traçabilité (Melcher *et al.*, 2008) des approvisionnements de l'industrie et restreindre l'utilisation de ces minerais illégaux de coltan.

Notons que dans les années à venir, la législation internationale devrait encore évoluer, pour à terme, restreindre l'utilisation de minerais provenant de zones de conflit.

En plus des gisements exploités à l'heure actuelle, il existe de nombreux **projets en cours de développement** à travers le monde (Égypte, Mozambique, Canada, Malawi, Arabie Saoudite, etc.), qui permettront d'assurer les approvisionnements dans les années à venir et ainsi de limiter l'utilisation de minerai illégal.

#### **d) Utilisations**

Depuis une dizaine d'années, la consommation mondiale de tantale (différente de la production minière) a varié entre plus de 2 000 t/an dans les années 2000 (boom de la téléphonie mobile) à 1 000 t en 2009 (conséquence du ralentissement économique global).

L'**électronique** est le principal secteur d'application du tantale (Figure 17). Il est employé dans la fabrication des condensateurs miniaturisés (50 % de la consommation mondiale) qui sont utilisés dans divers domaines (téléphonie mobile, ordinateur, appareils sans fil, électronique automobile, etc.) Le tantale est également utilisé dans la fabrication de cibles de pulvérisation cathodique (dépôt de minces couches de tantale sur des matériaux semi-conducteur pour clés USB, têtes d'imprimantes, écrans plats, etc.), ceci a représenté 11 % de la production en 2008.

Le tantale a des applications en **métallurgie**, il rentre dans la fabrication de superalliages (alliages de haute performances utilisés dans l'aérospatiale, l'automobile, les turbines de réacteurs, etc.) et dans l'élaboration d'outils de découpe. Du fait de ses qualités thermiques, mécaniques, de résistance à la corrosion et de biocompatibilité, le tantale est également utilisé dans divers autres domaines comme les échangeurs thermiques, la fabrication de creusets ou l'instrumentation biomédicale (pacemakers, implants dentaires et orthopédiques).

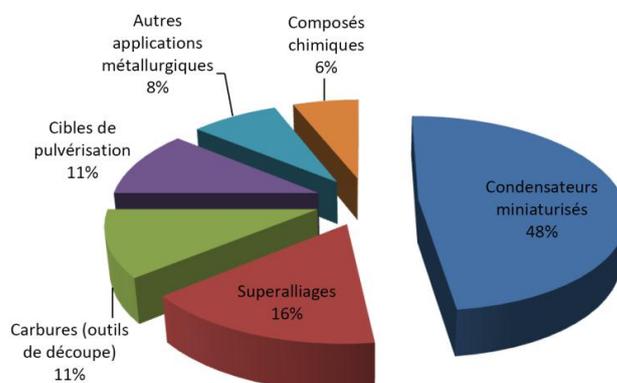


Figure 17 - Répartition de la consommation mondiale de tantale par domaines d'application en 2008 (Audion et Piantone, 2012)

### e) Prix

Les prix du tantale sont beaucoup plus élevés que ceux du niobium. La valeur d'un minerai composé de columbo-tantalite, va donc être corrélée à sa teneur en tantale, plus **le concentré est riche en Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et plus son prix sera important**.

Le tantale n'est pas coté dans les grandes bourses telles que celles de Londres (London Metal Exchange). Les prix sont établis de **manière contractuelle entre le producteur et son client**. Les prix sont relativement volatils, ils varient en fonction de la nature du concentré, du contenu en tantale et de l'équilibre offre-demande lors de la réalisation du contrat.

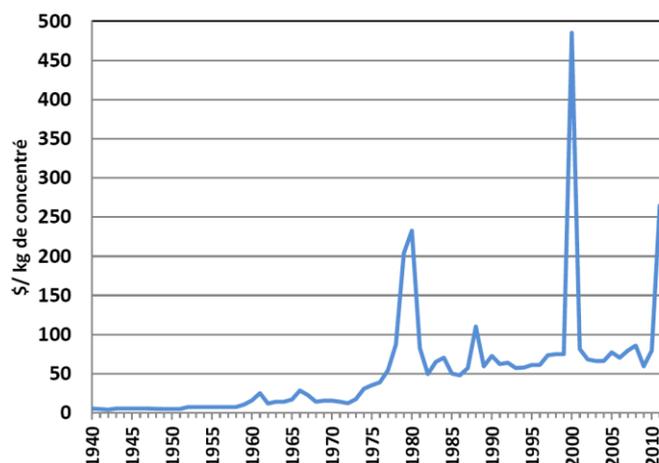


Figure 18 - Évolution du prix du kg de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contenu dans un concentré de tantalite de 1940 à 2010 (Audion et Piantone, 2012).

Historiquement, le prix moyen d'un kg de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (issu d'un concentré de tantale à 30 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) se situe entre **50 et 100 \$** (Figure 18). Lorsque la demande est devenue largement supérieure aux capacités de production, comme ça a été le cas en 1980 et en 2000 (augmentation de la

demande de 35 % dû au secteur de la téléphonie mobile), les prix ont fortement augmenté pour aboutir à des crises de courte durée, mais de grande ampleur (augmentation du prix du Ta de 600 % en quelques mois lors de la crise de 2000). Après une nouvelle crise en 2010-2011 (292 \$/kg en mai-juin 2011), les prix ont de nouveau diminué à partir de juin-juillet 2011 comme celui de la majorité des métaux. À l'heure actuelle (janvier 2013), le concentré de columbo-tantalite à 30 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> s'échange à **280 \$/kg** de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contenu ([www.metal-pages.com](http://www.metal-pages.com)).

#### **f) Perspectives d'évolution du marché du tantale**

La consommation de tantale a connu une croissance très importante au début des années 2000, mais depuis 3-4 ans, cette dernière a connu un tassement. Dans les prochaines années, les simulations d'évolution du marché du tantale estiment, que les capacités de production actuelles, complétées par la réouverture des exploitations australiennes et la mise en production des nombreux projets en cours de développement, devraient suffire à satisfaire la demande mondiale.

Même si les ressources actuellement identifiées sont potentiellement importantes comparées à la consommation mondiale (ressources équivalentes à 75 ans à 2 000 t/an), le risque de rupture d'approvisionnement est bien réel et cela pour plusieurs raisons :

- mise en place de plusieurs initiatives visant à **diminuer l'exploitation artisanale** illégale (« coltan du sang ») dans la région des Grands Lacs en Afrique de l'Est ;
- même si le marché du tantale semble être arrivé à maturité, une crise du tantale est toujours possible si l'offre ne permet pas de satisfaire la demande en cas **d'innovations technologiques** dans le domaine des NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) ;
- lorsque les prix sont bas, ou pour d'autres raisons conjoncturelles (concurrence du minerai africain, demande en baisse), l'exploitation de certaines grosses mines peut être remise en cause (exemple de Greenbushes et Wodgina en Australie) et certains projets, en cours de développement, peuvent être retardés ou annulés. Ceci a pour conséquence de **créer momentanément une insuffisance des capacités de production** si la demande augmente.

Notons que **ces crises sont favorables au développement de la filière artisanale** du fait de **sa grande réactivité** par opposition à la filière industrielle (exemple de la crise des années 2000 avec l'explosion de la production artisanale en Afrique). En effet, les réouvertures de sites miniers ou les mises en production de projets en cours de développement se font avec un **temps de latence** qui peut être important. Par exemple, il faut 10 à 15 ans entre la découverte d'un gisement et sa mise en production.

#### **5.1.2. Historique des travaux en Guyane**

La columbo-tantalite est certainement une des substances qui a fait l'objet du plus grand nombre de prospection. C'est notamment la seule substance, autre que l'or, à avoir été exploitée en Guyane (de manière artisanale et semi-industrielle). Les premiers indices de columbo-tantalite ont été découverts en 1948 par des orpailleurs dans les alluvions du Bas-Sinnamary et de la Basse Mana (BRGM, 1980 ; Petot, 1980). Ces premiers travaux de recherches sont dus à la diminution des activités aurifères à l'époque, qui coïncide avec une diversification des substances recherchées par les sociétés minières en Guyane.

Ce sont les prospections alluvionnaires du BMG entre 1950 et 1960, puis celles du BRGM à partir de 1960, qui ont permis de découvrir la majorité des indices de columbo-tantalite. Ces travaux se sont concentrés (Figure 19) dans le domaine septentrional entre Cayenne et le

Maroni, et dans la partie méridionale au sein des bassins versants de l'Ouaqui et du Camopi. En premier lieu, les travaux de prospection ont consisté à effectuer de la prospection alluvionnaire sur de grandes zones (prospection générale) puis de la prospection semi-systématique à systématique dans les zones d'intérêt (Tableau 5). Un certain nombre des indices repérés ont fait l'objet de travaux plus poussés, qui ont permis d'évaluer leur potentiel (teneurs, composition chimique du minerai et pour certains un cubage des ressources).

Un seul de ces indices, **Crique Vénus**, a été exploité de manière importante. Le **COMIGU** (Consortium Minier Guyanais) a extrait **38 t de columbo-tantalite** de 1954 à 1957 dans les alluvions de la crique Amalco (tributaire de la crique Vénus). Cette exploitation toucha également les zones les plus riches des criques Roche, Maria Rosa et Vant. Toute la production était expédiée vers les USA puis payée en fonction du pourcentage en tantale. De 1958 à 1962, **1,8 t** ont été produites par des travailleurs occasionnels dans ce même secteur. Puis, entre 1963 et 1972, **M. Lenormand** (ancien du BMG) via sa société du même nom a extrait **8 t** des placers du Bas Sinnamary dont fait partie l'indice de la Crique Vénus.

De décembre 1954 à avril 1955, **la SERMAC** (Société d'Étude et de Recherche Magnan Clayton) a prospecté les secteurs de Gros montagne et de Loutre dans le district de la Basse Mana, mettant en évidence quelques petits indices, mais pas de gisement exploitable.

Un autre acteur historique impliqué dans la prospection de la columbo-tantalite en Guyane est **M. JANSSEN**. De 1981 à 1986, il reprit l'exploitation du chantier Vénus et produisit **5,7 t**. Il a également effectué une tentative d'exploitation sur l'indice Voltaire. Ensuite, à partir de 1986, il travailla en collaboration avec la société **GOS** (Géologie Operations Systems) sur un certain nombre d'indices (Tableau 5).

Un certain nombre de petits indices (Baptiste-Portal, Passoura, Montagne des Singes) auraient également été exploités de manière artisanale et épisodique (Petot, 1980).

**Les travaux de prospection entrepris par le BMG et le BRGM** ont été relativement conséquents, étalés dans le temps (**1950 à 1963**) et nécessitèrent l'implication d'un grand nombre de personnes. Cela a entraîné l'utilisation de différentes méthodes pour l'estimation et pour l'évaluation chiffrées des indices (teneur, composition chimique, ressource). De plus, les caractéristiques de ces différentes méthodes ne sont pas toujours décrites. Les paramètres qui ont changé au cours du temps sont les suivants : i) la dimension des puits de prospection ; ii) l'intervalle d'échantillonnage ; iii) le volume des échantillons ; iv) la fraction granulométrique prise en considération pour le calcul des teneurs en minerai (prise en compte ou non de la fraction fine) ; v) la méthode pour séparer la columbo-tantalite du reste du minerai (tri sous la loupe, tri par séparation magnétique ou tri par liqueur dense) ; vi) la méthode de détermination de la composition chimique des columbo-tantalites (analyse chimique classique ou méthode semi-empirique basée sur la densité du minerai).

Dans le rapport de synthèse d'où est tirée la majorité des informations qui vont suivre (BRGM, 1980), les auteurs indiquent également les difficultés qu'ils ont eu à synthétiser l'information résultant de ces 13 ans de prospections. Ils attirent l'attention sur les points suivants :

- « *Le volume impressionnant de document à consulter* » et l'impossibilité de tout pouvoir lire. Cependant, aucun indice et aucune région importante n'ont été négligés ;
- « la multiplicité des appellations pour un même lieu » et l'usage d'un même nom pour « des régions totalement différentes ».

PÉRIODE	OPÉRATEUR	TYPE DE TRAVAUX	DISTRICT OU SECTEUR PROSPECTÉS	RÉFÉRENCES
1950	BMG	Prospection générale	Entre la <i>Crique Courbaril</i> au nord et les Montagnes Plomb au sud ( <i>Bas Sinnamary</i> )	BRGM (1980)
1951 à 1953	COMIGU	Prospection systématique par puits	<i>Bas-Sinnamary</i>	BRGM (1980) Petot (1980)
Mars 1952 à juin 1953	BMG	Prospection générale	<i>Haut Sinnamary</i>	BRGM (1980)
Fin 1953	BMG	Prospection générale	<i>Sud de St-Jean du Maroni</i>	BRGM (1980)
Décembre 1953 à février 1954	BMG	Prospection générale	<i>Rivières des Cascades</i> (SW de Cayenne)	BRGM (1980)
1953 à 1957	COMIGU	Exploitation industrielle (38 tonnes de minerai exportées vers les USA)	Affluent de la <i>Crique Vénus</i> ( <i>Bas Sinnamary</i> )	BRGM (1980) Petot (1980)
Décembre 1954 à avril 1955	SERMAC	Prospection semi-systématique	<i>Criques Gros Montagne</i> et <i>Crique Loutre</i> ( <i>Basse Mana</i> )	Petot (1980)
1955	BMG	Prospection générale	<i>Bas Oyapock, Basse Mana</i> et <i>Bas Maroni</i>	BRGM (1980)
1955 à 1956	BMG	Prospection semi-systématique	<i>Crique Balata et Jupiter</i> ( <i>Bas Sinnamary</i> )	BRGM (1980)
1957 à 1958	BMG	Prospection semi-systématique	<i>Criques Maipouri, Belle-Etoile, Crique Baptiste, Crique Portal</i> et <i>Crique Oa</i> ( <i>Basse Mana</i> )	BRGM (1980)
1956 et 1958	BMG	Prospection semi-systématique	<i>Crique Voltaire</i> ( <i>Bas Maroni</i> )	BRGM (1980)
1959	BMG	Prospection semi-systématique	<i>Moyen Iracoubo</i>	BRGM (1980)
1960 à 1962	BRGM	Prospection semi-systématique	<i>Moyenne et Haute Sparouine, Crique Bolo</i> ( <i>Bassin du Maroni</i> )	BRGM (1980)
1961 à 1963	BRGM	Prospection semi-systématique	<i>Passoura, Cariacou</i> ( <i>Bas Kourou</i> )	BRGM (1980)
1958 à 1962	Travailleurs occasionnels	Exploitation artisanale (1.8 t de minerai)	Affluent de la <i>Crique Vénus</i> ( <i>Bas Sinnamary</i> )	BRGM (1980) Petot (1980)
1963 à 1972	LENORMAND	Exploitation artisanale (8 t de minerai exportées vers les USA)	<i>Bas Sinnamary</i> (principalement <i>Crique Vénus</i> )	BRGM (1980) Plat (1988a) Petot (1980)
1981 à 1986	M. JANSSEN	Exploitation artisanale (5.7 t de minerai)	Secteur <i>Vénus</i> ( <i>Bas Sinnamary</i> )	Plat (1988a)
Septembre à octobre 1986	M. JANSSEN en collaboration avec G.O.S.	Travaux de vérification	<i>Passoura, Cariacou</i> ( <i>Bas Kourou</i> )	Plat (1986)
??	M. VUATOUX	Prospection systématique (puits et tranchées)	<i>Agami</i> ( <i>Basse Mana</i> )	Plat (1988b)
1986 à 1987	M. JANSSEN en collaboration avec G.O.S.	Tentative d'exploitation (110 kg de minerai expédiés vers la Métropole)  Prospection	Secteur <i>Vénus</i> ( <i>Bas Sinnamary</i> )  <i>Agami</i> ( <i>Basse Mana</i> ) et <i>Maman Lézard</i> ( <i>Bas Sinnamary</i> )	Plat (1988a)
1989	G.O.S.	Tentative d'exploitation semi-industrielle	<i>Agami</i> ( <i>Basse Mana</i> )	Plat (1990)

Tableau 5 - Historique des travaux concernant la prospection de columbo-tantalite en Guyane.

De plus, il convient de noter : i) la rareté des annotations (échelles, orientation du nord, coordonnées) sur les cartes issues des rapports mensuels et ii) la faible quantité de cartes synthétisant les données brutes issues des différents rapports mensuels.

En raison du manque d'homogénéité des méthodes de prospection et des difficultés concernant la synthèse bibliographique, il est difficile de savoir à quel point les résultats sont comparables entre eux. Il faut donc faire preuve de prudence dans la lecture de certaines des informations chiffrées annoncées.

### 5.1.3. État des connaissances sur les indices alluvio-éluvionnaires de columbo-tantalite

Lors des travaux de prospection, de nombreux indices ont été découverts (Figure 19, Tableau 6) Ce sont pour la majorité des concentrations alluvionnaires et éluvionnaires (appelées également flats ou placers) localisées dans des petites criques.

Certains d'entre eux ont été étudiés plus en détail, dans le but d'évaluer leur potentiel (calcul des ressources de certains indices). Cette estimation a été faite dans les années 1950-1960, mais certains chiffres doivent être considérés avec une extrême prudence compte tenu de la précarité de certains calculs. Les critères pris en compte pour les estimations ne sont que très rarement détaillés dans les documents à disposition. Seul un rapport concernant les indices du district de la Basse Mana nous renseigne sur le détail de ces critères (rapport n° 416 du 30 novembre 1957 repris dans BRGM (1980). Il est précisé que :

« Dans nos estimations, nous considérons comme limites les chiffres suivants :

- un cours d'eau ou plusieurs branches faisant le gisement « d'un seul tenant » doit avoir au moins 500 m de longueur ;
- l'épaisseur de stérile influe sur l'exploitabilité de la couche de gravier. Sauf le cas de très fortes teneurs, la proportion de l'épaisseur de la couche de gravier par rapport à l'épaisseur du stérile doit être plus grande que 1/6. À vrai dire, chaque gisement présente un cas particulier ;
- les criques qui n'ont pas 10 cm d'épaisseur de gravier ne seront pas prises en considération sauf dans le cas d'une très forte teneur moyenne ;
- la teneur limite est au moins de 200 g/m<sup>3</sup> de gravier pour un minerai riche en Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ;
- pour un minerai riche en Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, elle est de 350 g/m<sup>3</sup> au moins ;
- nous considérons le minerai comme riche en Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> quand la proportion de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> est égale ou supérieure à 30 % ;
- aussi, au point de vue des volumes, nous n'avons pas tenu compte de gisements inférieurs à 1 000 m<sup>3</sup>. »

Ces critères sont valables pour les prospections antérieures à 1960 et localisées dans le district de la Basse Mana, mais à défaut d'informations pour les autres districts et pour les autres périodes de prospection, on ne peut que se fier à ces critères.

Dans la suite de ce rapport, les caractéristiques des différents indices en l'état actuel des connaissances sont décrites (teneurs, composition chimique du minerai, estimation des ressources). Il faut préciser que les teneurs indiquées dans ce rapport correspondent aux teneurs de la couche minéralisée. Dans le cas contraire, si les teneurs indiquées correspondent à la fois au niveau minéralisé et à la couche de stérile sus-jacente, alors la teneur est qualifiée d'excavée.

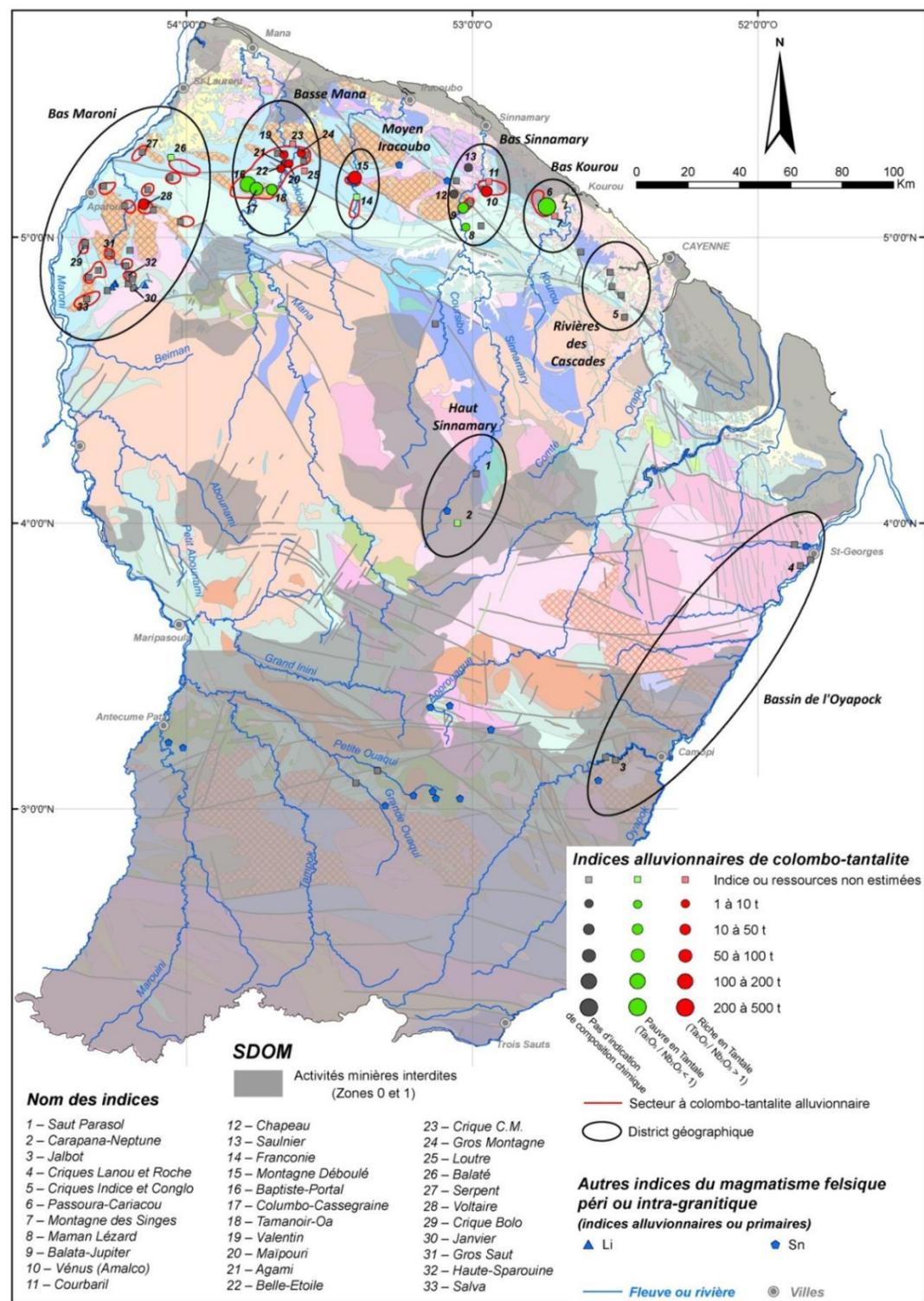


Figure 19 - Localisation des indices alluvionnaires de columbo-tantalite en Guyane. Indices compilés d'après Plat (1988a), Vernhet (1992), Nagel (1996), BRGM (1980) et Blanc *et al.* (1980), carte géologique d'après Delor *et al.* (2001).

DISTRICTS	N °	INDICES	COORDONNEES		GÎTE	SUBSTANCES	ASSOCIATION MINERALOGIQUE	COMPOSITION CHIMIQUE du minerai *	RATIO Ta/Nb **	TENEUR en columbo-tantalite (g/m <sup>3</sup> ) ***		RESSOURCES en columbo-tantalite	EPAISSEUR (m)			Autres concentrations alluvionnaires	CONTRAINTES ADMINISTRATIVES	REFERENCES		
			Longitude	Latitude						Moy	Max		Stérile	Niveau minéralisé	Ratio stérile/niveau minéralisé					
HAUT SINNAMARY	2	Carapana - Neptune	-53.05260	4.00058	Placers alluviaux	Nb-Ta (Ti)	Columbo-tantalite	12.1 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 39.8 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 29.6 % TiO <sub>2</sub>	0.30	260	654						- <b>SDOM</b> : zone 0 (activités minières interdites)	- BRGM (1980)		
BASSIN DE L'OYAPOCK	3	Jalbot	-52.49875	3.17119	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite		0.50	< 50							- <b>SDOM</b> : zone 0 (activités minières interdites)	- BRGM (1980)		
	4	Criques Lanou et Roche	-51.85231	3.85114	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	30 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (densité)			120							- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
RIVIERES DES CASCADES	5	Criques Indice et Conglo	-52.46785	4.72000	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite			430	1305							- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
K O U B A R O U	6	Passoura Cariacou	-52.73980	5.10718	Placers alluviaux	Nb-Ta (Ti, U)	Columbo-tantalite, rutile, ilménite, autunite	12.9 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 49.3 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 8.2 % TiO <sub>2</sub>	0.26	> 500 (Excavé)	9514	364 t ? (+ 90 t ?)	1.04	0.51	2.0	Ilménite : 500 à 3000 g/m <sup>3</sup> Rutile : jusqu'à 350 g/m <sup>3</sup>	- <b>SDOM</b> : zone 1 et 3 (activités minières interdites et autorisées)	- BRGM (1980) - Plat (1986)		
	7	Montagne des singes	-52.71150	5.07480	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	67.8 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 17.8 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.6 % TiO <sub>2</sub>	3.64	Très faible	5667							- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
<b>Ressources totales</b>												<b>364 t ? (+ 90 t ?)</b>								
B A S S I N N A M A R Y	8	Maman Lézard	-53.02284	5.03605	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite			Columbite	3000	8 à 10 t						- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- Plat (1988a) - Plat (1988b)	
	9	(a) Balata (alluvions)	-53.03214	5.10232	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	18.6 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 59.1 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 1.9 % TiO <sub>2</sub>	0.31			563	9866	(a) 12.5 t	0.8	0.65	1.2			
		(b) Balata (éluvions)										400		(b) 9 t						
		(c) Jupiter										400	1926	(c) 5 t						
		Balata			Filons pegmatitiques	Nb-Ta	Quartz, feldspath, columbo-tantalite, muscovite, tourmaline	18.51 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 56.50 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 1.73 % TiO <sub>2</sub>	0.33										- Machéras (1957)	
	10	Venus (Amalco)	-52.95000	5.16000	Placers alluviaux	Nb-Ta (Au)	Columbo-tantalite	50.31 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 19.79 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.9 % TiO <sub>2</sub> 7.75 % SnO <sub>2</sub>	2.54	430		49.6 t (dont 45 t déjà produites)							- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)
	11	Courbaril	-52.94221	5.19502	Placers alluviaux	Nb-Ta (Au)	Columbo-tantalite, staurotide, ilménite, tourmaline	60 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (densité)		Faible	500								- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)
12	Chapeau	-53.06443	5.15097	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite						10 t						- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- Plat (1988)	
13	Saulnier	-53.01400	5.24432	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite						5 t						- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- Plat (1988)	
<b>Ressources totales</b>												<b>76.1 t</b> dont 45 t déjà exploitées								
I R A C O U E N B O	14	Franconie	-53.40497	5.14076	Placers alluviaux	Nb-Ta (U)	Columbo-tantalite, autunite	20 à 30 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (densité)	0.33	260	1775							- <b>SDOM</b> : zone 2 et 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
	15	Montagne Déboulé	-53.41141	5.20875	Placers alluviaux	Nb-Ta (Sn)	Columbo-tantalite, cassitérite	47.32 % Ta <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 34.68 % Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.18 % SnO <sub>2</sub> (1 analyse)	1.36	500	12025	100 t ?	0.80 à 1.20	0.40 à 0.30	2.9	Cassitérite : 20 tonnes pour des teneurs jusqu'à 556 g/m <sup>3</sup>	- <b>SDOM</b> : zone 2 et 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980) - Blanc et al. (1980)		
<b>Ressources totales</b>												<b>100 t ?</b>								

B A S S E  M A N A	BAPTISTE – TAMANOIR	16	Baptiste-Portal	-53.78686	5.18605	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	17.8 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 56.8 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 3.93 % TiO <sub>2</sub>	0.31	870	4200	203 t (+ 100 t ?)	0.8	0.6	1.3	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
		17	Columbo-Cassegraine	-53.75572	5.16936	Placers alluviaux	Nb-Ta (Ti)	Columbo-tantalite	12.3 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 61.03 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 8.25 % TiO <sub>2</sub> (1 analyse)	0.20	830	1340	68 t	0.8	0.6	1.3	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
		18	Tamanoir-Oa	-53.70204	5.16668	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite, cassitérite, magnétite, béryl, bismuthinite	11.29 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 56.03 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 9.97 % TiO <sub>2</sub>	0.20	1135	1600	29.5 t	0.8	0.6	1.3	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980) - Nagel (1996)	
						Filons pegmatitiques	Nb-Ta (Li, Be, Bi)	Quartz, microcline, columbo-tantalite, muscovite, tourmaline, béryl, lépidolite, bismuth natif, béryl, aigue-marine, magnétite, ilménite, rutile, lépidote, gahnite, euxinite, monazite			50	250						- Machéras (1957) - Milési et al. (1995)	
	VALENTIN – BELLE-ETOILE	19	Valentin	-53.65924	5.28988	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	54.8 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 29.0 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.71 % TiO <sub>2</sub>	1.89	Faible < 250	1300	2 t ?	0.7	0.7	1.0	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
		20	Maïpouri	-53.64221	5.25853	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	50.9 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 27.8 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.63 % TiO <sub>2</sub>	1.83	200	< 1000	2.25 t	0.8	0.6	1.3	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
		21	Agami	-53.65570	5.25833	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite		Tantalite ?	1100	8000	8 t	1	0.65	1.5	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- Plat (1988 a) - Plat (1988 b)	
		22	Belle-Etoile	-53.67034	5.24054	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite, cassitérite	53.50 % Ta <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 25.33 % Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.11	830	1000	3.6 t (dont 240 kg déjà produits) ****	0.4 à 0.5	0.65	0.7	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
		23	Crique C.M	-53.62878	5.32729	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	49.17 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 37.62 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.69 % TiO <sub>2</sub> (1 analyse)	1.31	< 250	3600		0.85	0.6	1.4	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
	GROS MONTAGNE – LOUTRE	24	Gros Montagne	-53.59872	5.29495	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	57.10 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 27.70 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (1 analyse)	2.14	480	2482	8.6 t	0.30 à 1.5	0.35 à 0.5	2	- <b>SDOM</b> : zone 2 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980) - Plat (1988a) - Plat (1988b)	
25		Loutre	-53.58812	5.23221	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	41.75 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 41.22 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 1.19 % TiO <sub>2</sub> (1 analyse)	1.01	524			1	0.25	4.0	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980) - Plat (1988a) - Plat (1988b)		
<b>Ressources totales</b>											<b>325 t (+ 100 t ?) ****</b>								
B A S  M A R O N I	26	Balaté	-54.05500	5.28000	Placers alluviaux	Nb-Ta (Sn)	Columbo-tantalite, cassitérite	36.55 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 43.26 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 2.23 % TiO <sub>2</sub> (1 analyse)	0.84	200	500		1	0.4	2.5	Cassitérite : teneur jusqu' à 190 g/m <sup>3</sup>	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980) - Milési et al. (1995)	
	27	Serpent	-54.15591	5.29870	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite			Peu de teneurs élevées	330						- <b>SDOM</b> : zone 2 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
	28	Voltaire	-54.15026	5.11556	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	40.27 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 39.34 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.52 % TiO <sub>2</sub> (1 analyse)	1.02	1085	12200	38.4 t	0.8	0.55	1.5		- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
	29	Crique Bolo	-54.35771	4.97194	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite	53.80 % Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 30.19 % Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 1.08 % TiO <sub>2</sub> (1 analyse)		Faible	420						- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
	30	Janvier	-54.18631	4.82315	Placers alluviaux	Nb-Ta (Sn, Ti, U)	Columbo-tantalite, xénotime, cassitérite, rutile				8000						- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
	31	Gros Saut	-54.27110	4.94370	Placers alluviaux	Nb-Ta	Columbo-tantalite			Faible	240						- <b>SDOM</b> : zone 2 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
	32	Haute Sparouine	-54.20340	4.86738	Placers alluviaux	Nb-Ta (Sn)	Columbo-tantalite, cassitérite			Faible	3000						- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)	
	33	Salva	-54.35000	4.78500	Placers alluviaux	Nb-Ta (Sn)	Columbo-tantalite, cassitérite											- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- BRGM (1980)
<b>Ressources totales</b>											<b>38.4 t</b>								

\* Les compositions chimiques suivies de (densité) signifient qu'elles ont été obtenues par une méthode semi-empirique basée sur la densité du minerai. Lorsqu'il est précisé (1 analyse), cela signifie que la composition chimique n'est pas issue de la moyenne de plusieurs analyses, mais qu'un seul résultat d'analyse est à disposition

\*\* Le minerai riche en Ta (% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> > % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) est symbolisé par la couleur rose alors que le minerai riche en Nb est symbolisé par la couleur bleu.

\*\*\* Les teneurs suivies de (Excavé) signifient que ce sont des teneurs qui prennent en compte le niveau minéralisé et la couche de stérile sus-jacente.

\*\*\*\* Ce total ne tient pas compte des 295 tonnes de l'indice Belle-Etoile évoquées dans Blanc et al. (1980).

Tableau 6 - Caractéristiques des indices alluvionnaires et pegmatitiques de columbo-tantalite de Guyane.

La description des indices est organisée par districts géographiques : Haut Sinnamary, Bassin de l'Oyapock, Rivière des Cascades, Bas Kourou, Bas Sinnamary, Moyen Iracoubo, Basse Mana et Bas Maroni.

#### **a) District du Haut Sinnamary**

Ce district, localisé au centre de la Guyane, présente quelques traces de columbo-tantalite mais en faible quantité. Seuls les indices de Saut Parasol et Carapana-Neptune ont fait l'objet de travaux détaillés.

##### **• Saut Parasol et Carapana-Neptune**

44 puits ont été foncés à Saut Parasol (Figure 19, indice n° 1), mais aucun résultat en termes de teneur n'apparaît dans les rapports. L'indice de Carapana-Neptune (Figure 19, Tableau 6, indice n° 2) a fait l'objet d'une dizaine de chantiers de lavage, qui ont produit 35,5 kg de columbo-tantalite pour 137 m<sup>3</sup> de graviers traités à une teneur moyenne de 260 g/m<sup>3</sup>. D'après les analyses, le minerai semble très pauvre en Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (12,1 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 39,8 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 29,6 % TiO<sub>2</sub>).

##### **• Conclusion sur le district du Haut Sinnamary**

Les quelques données sur les indices de ce district, que ce soit en termes de teneurs ou de compositions chimiques, ne sont très prometteuses. Il semblerait que les concentrations alluvionnaires en columbo-tantalite de cette région ne présentent aucun potentiel particulier.

#### **b) District du bassin de l'Oyapock**

L'Oyapock fait office de frontière entre la Guyane et le Brésil, les indices décrits sont seulement ceux situés rive gauche de ce fleuve. À l'issue des prospections entreprises dans le bassin de l'Oyapock, peu d'indices ont été décelés. On distingue néanmoins deux régions : **la région de Camopi** dans le moyen Oyapock et la **région de Saint-Georges** dans le bas Oyapock. Les indices les plus intéressants sont respectivement l'indice Jalbot dans la région de Camopi et l'indice des criques Lanou et Roche dans la région de Saint-Georges.

##### **• Jalbot (région de Camopi)**

Cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 3) est localisé au niveau de la crique Jalbot, un affluent rive droite de la rivière Camopi en amont du Saut du Chien. La prospection le long de cette crique a consisté à creuser 27 puits. Les concentrations obtenues sont extrêmement faibles, la teneur moyenne issue des résultats positifs (8 puits sur 27) étant inférieure à 50 g/m<sup>3</sup>. Il n'y a aucun résultat d'analyse chimique disponible, mais dans BRGM (1980), les auteurs indiquent que le minerai est relativement pauvre en tantale (rapport Ta/Nb est voisin de 0,5).

##### **• Criques Lanou et Roche (région de St-Georges)**

Cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 4) correspond à des concentrations localisées en aval des criques Roches et Lanou sur la rive gauche de l'Oyapock. Les teneurs sont très faibles, les quelques puits positifs (4 puits sur 20) ont donné des teneurs de l'ordre de 120 g/m<sup>3</sup>. La composition chimique du minerai peut être estimée à 30 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en se basant sur la densité du minerai qui est de l'ordre de 6.

D'autres indices ont été repérés dans la région de Saint-Georges. Ils sont situés sur les affluents rive gauche de la crique Gabaret qui traverse Saint-Georges. Les teneurs sont faibles, puisque seules des traces dans des concentrés de batée ont été observées.

### • Conclusion sur le district du bassin de l'Oyapock

De manière générale, il y a peu d'informations sur les indices du bassin de l'Oyapock dans les différents rapports consultés. Ces indices n'ont pas été considérés prometteurs et n'ont donc pas fait l'objet de nombreuses campagnes de prospection. En effet, bien qu'il n'y ait aucune indication sur la géométrie des flats, les teneurs en columbo-tantalite sont trop faibles et les compositions chimiques du minerai, principalement niobifères, sont peu intéressantes.

### c) District de la Rivières des Cascades

Ce district se situe au sud-ouest de Cayenne. Initialement, des indices de tantalites alluvionnaires ont été signalés par B. Choubert entre Montsinéry et le nord de la Montagne des Chevaux. Les travaux de prospection, qui ont été réalisés de décembre 1953 à février 1954 par le BMG, ont partiellement confirmé ces résultats. Sur les 115 puits creusés dans ce secteur, 18 attestent de la présence de columbo-tantalite.

#### • Criques Conglo et Indice

L'anomalie la plus intéressante du district est celle des criques Conglo et Indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 5), puisque sur les 23 puits initiaux réalisés dans cette zone, 5 puits répartis sur 0,35 km<sup>2</sup> furent positifs. Les teneurs obtenues sont 127, 165, 320, 250 et 1305 g/m<sup>3</sup> pour une teneur moyenne de 430 g/m<sup>3</sup>.

#### • Conclusion sur le district de la Rivières des Cascades

Le potentiel de l'indice des criques Conglo et Indice, ainsi que celui de l'ensemble du district de la rivière des Cascades, semblent limités en raison des faibles teneurs et des faibles tonnages. En effet, les concentrations correspondent de petits placers très localisés et non de grands flats minéralisés.

### d) District du Bas Kourou

Ce district se localise à 15 km au sud-ouest de Kourou, le long des affluents situés sur la rive gauche du fleuve Kourou. On distingue deux zones minéralisées dans cette région : l'indice Passoura-Cariacou et l'indice de la Montagne des Singes.

#### • Passoura-Cariacou

Cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 6) est localisé au niveau des affluents des rivières suivantes : Passoura, Soumourou, Crique du Soleil Couchant et Crique Cariacou. L'indice Passoura-Cariacou a été détecté à partir de travaux de prospection qui ont couvert une surface initiale de 80 km<sup>2</sup> où 260 puits ont été foncés. Ces travaux ont permis de délimiter une zone minéralisée de 18 km<sup>2</sup> où certaines parties présentent des teneurs intéressantes.

Cet indice est celui qui représente le plus important potentiel de Guyane, d'un point de vue tonnages annoncés. En effet, **les ressources en columbo-tantalite ont été estimées à 364 t** (rapport n° 1060 du 2 mars 1962 dans BRGM, 1980), distribuées sur huit zones différentes. Les ressources estimées se répartissent de la manière suivante :

- zones avec des teneurs supérieures à 700 g/m<sup>3</sup> excavé : **332 t** ;
- zones avec des teneurs comprises entre 600 et 700 g/m<sup>3</sup> excavé : **27 t** ;
- zones avec des teneurs comprises entre 500 et 600 g/m<sup>3</sup> excavé : **5 t**.

Il est de plus précisé que l'on pourrait rajouter 90 tonnes supplémentaires si l'on considère exploitables les zones dont les teneurs sont inférieures à 500 g/m<sup>3</sup> excavé.

Cependant, la fiabilité de l'estimation de ces tonnages reste à confirmer. En effet, l'estimation de la superficie des flats et de l'épaisseur du niveau minéralisé ont été qualifiées d'« assez rudimentaire » (BRGM, 1980). Par exemple, les puits peuvent être éloignés de plusieurs centaines de mètres (Figure 20) et les teneurs d'un seul puits peuvent être considérées comme représentant celle de tout un flat. Les teneurs moyennes ont été obtenues en ne tenant compte seulement que des puits minéralisés et non des puits stériles. De plus, la fraction fine du minerai a été prise dans le calcul des ressources contrairement aux estimations faites sur d'autres districts. Pour ces raisons, il est difficile de comparer cet indice avec les autres.

Des travaux de vérification (Plat, 1986) ont été entrepris dans la zone de Passoura-Cariacou en septembre et octobre 1986 par M. Janssen à la demande de GEOLOGIE OPERATIONS SYSTEMS (G.O.S.). Les puits de contrôle, à maille serrée, étaient répartis sur un secteur très limité et n'ont pas couvert la zone de 18 km<sup>2</sup> délimitée initialement par le BMG. Seule la crique Soumourou a été prospectée (Figure 20). Les résultats de ces travaux de vérification n'ont pas été prometteurs, puisque les zones prospectées se sont avérées peu minéralisées (teneurs max de 200-300 g/m<sup>3</sup> excavé). L'auteur conclut que l'évaluation des flats par le B.M.G. était « optimiste », mais que le secteur présente malgré tout un potentiel prometteur (Plat, 1986). Il précise que quatre zones peuvent être particulièrement intéressantes avec des largeurs de flat de 50 m maximum : Camp Agami, Soumourou amont, Crique X et Soleil couchant – Tortue.

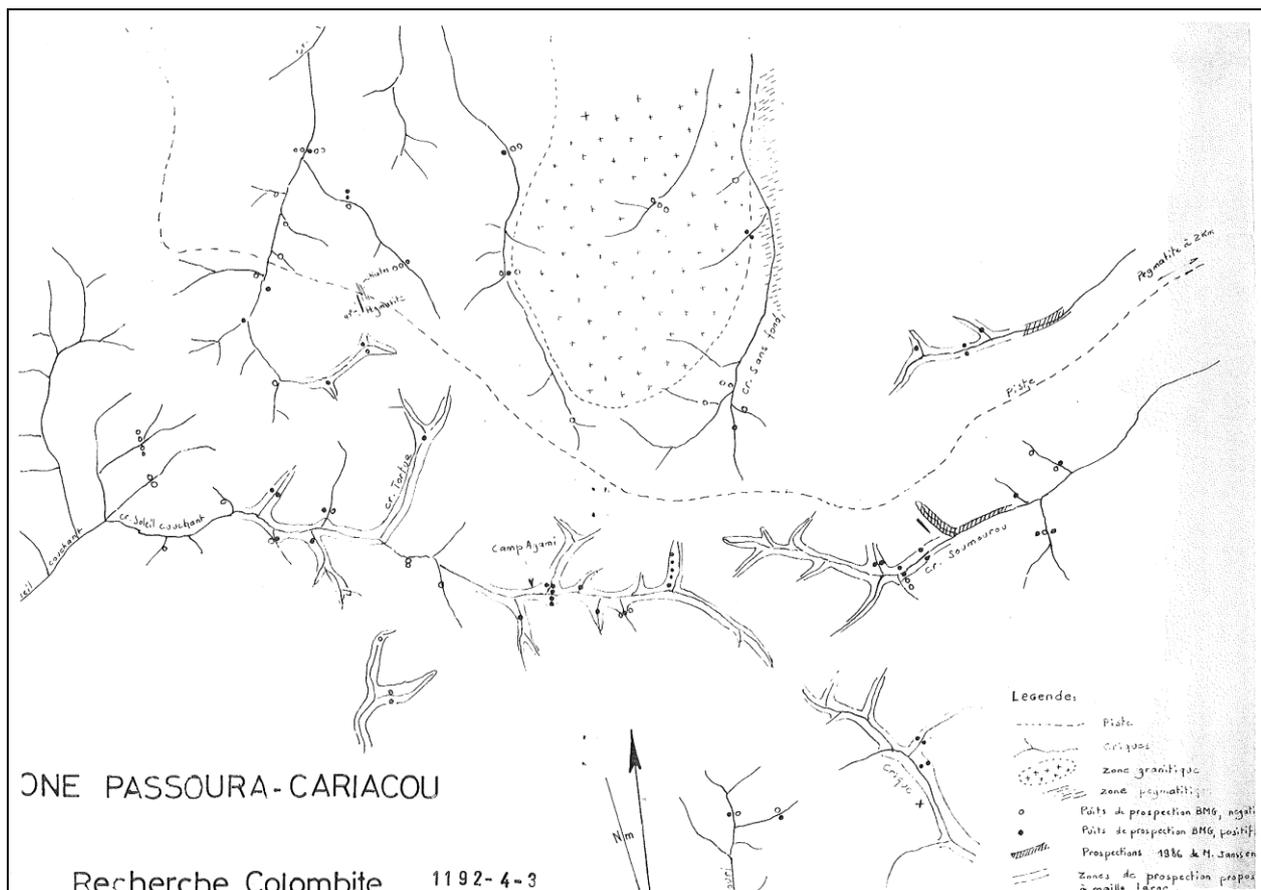


Figure 20 - Distribution des flats minéralisés de l'indice Passoura-Cariacou ainsi que des travaux de contrôle de GOS et d'une partie des travaux de prospection du BMG (Plat, 1986).

Sur ce secteur, la composition du minerai semble se rapprocher du pôle colombite et non tantalite, ce qui en ferait un **minerai pauvre en tantale** comme l'indique la moyenne des résultats des analyses chimiques (12,9 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 49,3 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 8,2 % TiO<sub>2</sub>).

En plus de la columbo-tantalite, ce placer contient de l'ilménite et du rutile. Les teneurs sont de 500 à 3 000 g/m<sup>3</sup> pour l'ilménite et jusqu'à 350 g/m<sup>3</sup> pour le rutile. Cet indice est également situé à proximité d'une occurrence uranium en roche, à autunite (crique Soumourou).

#### • Montagnes des Singes

À proximité de l'indice de Passoura-Cariacou se trouve l'indice de La Montagne des Singes (Figure 19, Tableau 6, indice n° 7). Peu de travaux ont été entrepris, seulement onze puits ont été foncés sur une surface de 4 km<sup>2</sup>. Ils ont fourni les informations suivantes :

- deux puits stériles ;
- cinq puits avec des teneurs inférieures à 50 g/m<sup>3</sup> ;
- deux puits avec des teneurs comprises entre 50 et 200 g/m<sup>3</sup> ;
- deux puits avec des teneurs respectives de 1 100 et 5 667 g/m<sup>3</sup>.

Contrairement à l'indice de Passoura-Cariacou, le minerai de la Montagne des Singes est **riche en tantale**, représentée par une tantalite relativement pure (64,8 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pour 17,8 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

#### • Conclusion sur le district du Bas Kourou

L'indice de Passoura-Cariacou, par son tonnage (364 t + 90 t éventuelles) et par son accessibilité, pourrait correspondre à un **indice de premier ordre**. En effet, une piste traverse la zone d'est en ouest. Les teneurs sont également intéressantes puisque plus de 90 % des 364 tonnes sont associées à des teneurs supérieures à 700 g/m<sup>3</sup>. Cependant, en raison des critères utilisés pour estimer le cubage, il est probable que **les ressources réelles soient inférieures aux ressources annoncées**.

L'indice de la Montagne des Singes présente peu d'intérêt puisque la minéralisation semble très localisée dans de petites zones et en faible quantité. Cependant, la proximité de l'indice Passoura-Cariacou, pourrait permettre d'envisager une valorisation conjointe de ces deux indices.

#### e) District du Bas Sinnamary

Ce district se situe en aval du Sinnamary à une trentaine de kilomètre de l'embouchure. Les travaux de prospection qui ont eu lieu dans la première moitié des années 1950, ont permis de découvrir et d'évaluer plusieurs indices situés sur la rive droite du Sinnamary, qui sont du sud au nord : i) **Maman Lézard** ; ii) **Balata et Jupiter** dans le secteur Petit saut ; iii) **Vénus (Amalco)** ; iv) **Courbaril**. Sur la rive gauche, deux autres indices ont été repérées, ce sont les indices **Chapeau** et **Saulnier**.

#### • Maman Lézard

Cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 8) est localisé sur la rive droite du Sinnamary, dans la zone d'emprise du barrage de Petit-Saut.

Aucune information sur cet indice n'apparaît dans les résultats des prospections effectuées par le BMG puis par le BRMG. Il semblerait qu'il eût été prospecté lors de la période de

collaboration entre M. JANSSEN et la société G.O.S de 1986 à 1987. Il n'y a aucun renseignement sur la géométrie des flats. Il est seulement précisé qu'il y a « **8 à 10 t de columbite à forte teneur (3 kg/m<sup>3</sup>)** » (Plat, 1988), l'emploi du terme « *columbite* » signifie que le minerai doit être enrichi en niobium.

La société G.O.S. envisageait d'exploiter les flats de Maman Léopard en septembre 1988, mais ce projet n'a pas abouti en raison des travaux du barrage de Petit Saut. De plus, en raison de sa position, il est fort probable que **l'indice soit noyé à l'heure actuelle.**

#### • **Balata et Jupiter**

L'indice des criques Balata et Jupiter (Figure 19, Tableau 6, indice n° 9) est localisé sur la rive droite du Sinnamary à la périphérie d'un massif granitique. **Une première évaluation** des ressources a été effectuée de mars à septembre 1955. Au total, une centaine de puits furent foncés dans la crique Jupiter et 90 dans le système de la crique Balata qui comprend également les criques Violette, Crapaud et Sapajou. Les résultats de cette campagne de prospection ont indiqués un niveau minéralisé d'une épaisseur de 0,65 m pour une tranche de stérile de 0,5 à plus de 1 m. Les teneurs et les tonnages suivants ont été répertoriés :

- *Criques Balata et ses affluents* : 30 tonnes pour une teneur moyenne de 880 g/m<sup>3</sup> ;
- *Criques Jupiter* : 15 tonnes pour une teneur moyenne de 300 g/m<sup>3</sup> ;
- *Criques Crapaud* : 1 tonne pour une teneur moyenne inférieure à 200 g/m<sup>3</sup> ;

**Une deuxième campagne de prospection**, réalisée en **1956**, a permis de réévaluer cet ensemble d'indices avec des résultats nettement plus faibles :

- *Criques Balata et ses affluents* : 12,5 tonnes pour une teneur moyenne de 563 g/m<sup>3</sup> ;
- *Criques Jupiter (cubage des alluvions)* : 5 tonnes pour une teneur moyenne de 400 g/m<sup>3</sup> ;
- *Criques Jupiter (cubage des éluvions)* : 9 tonnes pour une teneur moyenne de 400 g/m<sup>3</sup>.

La nouvelle estimation à **26,5 t** correspond à une diminution de 42 % des ressources par rapport aux premiers résultats (45 t), ce qui limite considérablement les tonnages. De plus, le minerai est **pauvre en tantale** et correspond à de la columbite comme l'indiquent les analyses chimiques (teneur moyenne de 59,1 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 18,6 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

#### • **Vénus (Amalco)**

Les concentrations en columbo-tantalite de cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 10) se situent sur **la crique Amalco et ses affluents** qui sont localisés sur la rive droite de la crique Vénus (elle-même affluent du Sinnamary). Cet indice est un des seuls endroits où la columbo-tantalite a été exploitée. Après une phase de prospection systématique de 1951 à 1953 entreprise pour le compte du COMIGU, la compagnie a produit 38 t de columbo-tantalite de 1953 à 1957.

Cet indice est constitué d'un ensemble de cinq placers alignés NW-SE dans les flats de petites criques. Concernant les teneurs et les tonnages, plusieurs chiffres existent en fonction des rapports :

- dans BRGM (1980), on indique que la campagne de prospection initiale (1951 à 1953) estima les réserves à 40 t ;
- dans Blanc *et al.* (1980), on parle de « 49.6 t contenues dans 206 134 m<sup>3</sup> à la teneur excavée de 251 g/m<sup>3</sup> ou 63,2 t dans 390 429 m<sup>3</sup> à 162 g/m<sup>3</sup> » ;

- dans Milési *et al.* (1995), on indique une teneur moyenne de 430 g/m<sup>3</sup>.

La partie alluvionnaire de l'indice Vénus semble être pratiquement épuisée puisque le COMINGU a exploité les parties les plus riches (38 t), puis la société LENORMAND a produit 8 tonnes des gisements du Bas Sinnamary (Crique Vénus, Balata et Jupiter) mais il est difficile de savoir la part de production concernant l'indice Vénus. Il faut également compter 1,8 t extraites par des travailleurs occasionnels et 5,7 t par M. JANSSEN. La **production cumulée est donc de l'ordre de 50 t**, ce qui est plutôt compatible avec les ressources initialement estimées.

Une des particularités de ces placers correspond à la **composition chimique en Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> particulièrement élevée** comme le montrent les résultats d'analyses ci-dessous :

	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>
Maximum	54,16	19,36	0,72	7,47
Minimum	46,46	20,23	1,08	8,02
Médiane	50,31	19,79	0,9	7,75

En raison de ses spécificités morphologiques et minéralogiques, cet indice semblerait enraciné à **proximité d'une source primaire** localisée le long de la ligne de colline ONO-ESE située au nord de la crique Amalco.

#### • Courbaril

Cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 11) est localisé au niveau de la crique Courbaril qui se situe immédiatement au nord de la crique Amalco (Vénus). Il a été découvert lors d'une campagne de prospection en 1961 et 1962, qui avait pour but de prospector la rive droite du Bas Sinnamary.

Le minerai, d'une densité moyenne de 6,9, est **riche en tantale** et correspond à de la tantalite (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 60 %, à partir d'une estimation de la composition par mesure de la densité). Cependant, les teneurs mesurées sont faibles, « *de l'ordre de quelques centaines de grammes au mètre cube* » et il n'y a aucune estimation des tonnages disponibles.

#### • Chapeau et Saulnier

Ces indices sont situés sur la rive gauche du Sinnamary, respectivement au niveau de la crique Chapeau (Figure 19, Tableau 6, indice n° 12) et de la crique Saulnier (Figure 19, Tableau 6, indice n° 13). La découverte de ces indices est due à une prospection alluvionnaire réalisée sur la rive gauche du Sinnamary en 1962 (de la crique Verte au sud, à la confluence de la crique Toussaint). Les résultats n'indiquent aucune concentration particulière puisque, sur 192 puits, seulement 5 ont montré des teneurs comprises entre 116 et 580 g/m<sup>3</sup> (BRGM, 1980).

Malgré ces résultats, Plat (1988) indique que l'indice Chapeau contiendrait 10 tonnes et l'indice Saulnier 5 tonnes mais aucun détail sur l'origine de ces chiffres n'est indiqué dans le rapport.

#### • Conclusion sur le district du Bas Sinnamary

L'indice le plus attrayant est celui de **crique Vénus** mais sa partie alluvionnaire semble aujourd'hui épuisée. Par contre, en raison de **teneurs élevées en tantale** et du caractère

relativement proximal de la source primaire, l'indice de Vénus nécessiterait un contrôle de terrain, avec comme objectif en vue de caractériser une source primaire, en roche saprolitisée.

La zone **Balata-Jupiter** pourrait présenter un intérêt, bien que les tonnages et les teneurs ne soient pas très élevés. Toutefois, il est fort possible que les travaux d'exploitation réalisés dans la région aient pu diminuer les ressources initiales de cet indice.

Il est intéressant de noter que la plupart des indices de ce district sont localisés sur la rive droite du Sinnamary, ce qui pourrait indiquer la présence vers l'est de minéralisations primaires (granitiques ou pegmatitiques), d'ailleurs des indices en roche ont déjà été découverts à proximité (pegmatites à Nb-Ta de Balata, § 514 a).

#### **f) District du Moyen Iracoubo**

La rivière Iracoubo présente des indices en columbo-tantalite dans sa partie médiane. Deux zones ont montré des anomalies alluvionnaires intéressantes : l'indice de la crique Franconie et celui de la Montagne Déboulé.

##### **• Franconie**

Cet indice se situe le long de la crique Franconie sur la rive gauche de l'Iracoubo (Figure 19, Tableau 6, indice n° 14).

La campagne de prospection alluvionnaire s'est faite sur une zone de 80 km<sup>2</sup> où 55 puits ont été foncés. Seuls 13 échantillons ont donné des résultats positifs avec des valeurs réparties entre 14 et 1 775 g/m<sup>3</sup> soit une teneur moyenne de 260 g/m<sup>3</sup>. Il faut noter qu'en écartant du calcul (ou la seuillant) la valeur extrême (1 775 g/m<sup>3</sup>), la teneur moyenne descend de manière significative à 140 g/m<sup>3</sup>.

Aucune analyse chimique n'a été retrouvée, mais au vue de la densité du minerai (5,7 à 6,1), la columbo-tantalite de Franconie ne semble pas être particulièrement riche en Ta (équivalent à 20-30 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

##### **• Montagne Déboulé**

L'indice de la Montagne Déboulé (Figure 19, Tableau 6, indice n° 15) est situé sur la rive gauche de l'Iracoubo au nord de la crique Alphonse. Lors de la prospection alluvionnaire opérée en 1961, 56 puits ont été creusés sur une zone de 25 km<sup>2</sup>. À noter que les 12 puits réalisés sur la rive droite de l'Iracoubo n'ont donné aucun résultat (puits stériles ou ayant des teneurs inférieures à 50 g/m<sup>3</sup>). Ceci est intéressant en termes de localisation des sources pegmatitiques. Sur les 20 km<sup>2</sup> prospectés en rive gauche, 14 puits ont donné des teneurs supérieures à 250 g/m<sup>3</sup>. Il est intéressant de noter que certains puits ont fourni **des teneurs très élevées** de 7 650 g/m<sup>3</sup> et 12 025 g/m<sup>3</sup>. La seule analyse chimique disponible indique **un minerai riche en tantale** (47,32 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pour 34,68 Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

La zone minéralisée est de petite taille, elle se présente sous la forme de **plusieurs flats assez étroits** (50 à 70 m de large en moyenne) qui se succèdent avec plus ou moins d'espacement sur une longueur de 2800 m. La puissance moyenne du recouvrement est comprise entre 0,80 et 1,2 m, celle du niveau enrichie en columbo-tantalite est de 0,40 à 0,30 m.

Concernant l'estimation des ressources, les informations recueillies font référence à des tonnages variables :

- dans BRGM (1980), les auteurs font référence à un tonnage global estimé à une « trentaine de tonnes de columbo-tantalite pour quelques tonnes de cassitérite » ;
- dans Blanc *et al.* (1980), on indique que « la prospection semi-systématique alluvionnaire [...] a évalué à 100 tonnes la réserve de columbo-tantalite [...] associées à une vingtaine de tonnes de cassitérite ».

Ces différentes informations sont issues de rapports de synthèse où les données brutes ne sont pas indiquées. Cependant, en raison de la géométrie des flats décrits précédemment, un **tonnage de 30 tonnes paraît plus crédible**.

La columbo-tantalite est accompagnée de cassitérite dans des proportions non-négligeables, de l'ordre de 556 g/ m<sup>3</sup>.

#### • Conclusion sur le district du Moyen Iracoubo

Le seul indice remarquable du district du Moyen Iracoubo semble être l'indice de la **Montagne Déboulé**. Même si des doutes persistent quant à l'estimation précise des ressources, les fortes teneurs, ainsi que la composition chimique riche en Ta, en font un indice particulièrement intéressant.

En revanche, l'indice Franconie ne présente aucun intérêt économique en raison de ces faibles teneurs et d'une composition chimique probablement niobifère.

#### **g) District de la Basse Mana**

Le district de la Basse Mana constitue le **plus important district à columbo-tantalite de Guyane**. De nombreux indices ont été recensés, dont la plupart ont fait l'objet d'une estimation sommaire de leur tonnage. La distribution de ces indices permet de distinguer **trois secteurs** qui s'organisent d'amont en aval de la Mana de la manière suivante :

- le **secteur Baptiste – Tamanoir** qui comprend sur la rive droite de la Mana l'indice Tamanoir-Crique Oa et sur la rive gauche les indices Baptiste-Portal et Colombo-Cassegraine ;
- le **secteur Valentin – Belle-Étoile** avec du nord au sud les indices Valentin, Maïpouri, Agami et Belle-étoile. Il est important de noter que la nomenclature est confuse dans cette zone. Dans certains rapports, ces indices peuvent être regroupés sous une seule appellation, mais pour des raisons de clarté, il est préférable de les subdiviser en entités individuelles ;
- le **secteur Gros Montagne – Loutre** qui comprend du nord au sud les indices Crique C.M., Gros Montagne et Loutre.

#### • 1) Secteur Baptiste – Tamanoir

##### *Baptiste-Portal*

Cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 16) correspond à une région de 15 km<sup>2</sup> qui couvre les affluents rive droite de la Crique Portal et ceux de la tête de la Crique Baptiste. Sur cette zone, sont dispersés **six ensembles minéralisés** qui peuvent être eux-mêmes divisés en sous-zones. L'ensemble totaliserait **203 tonnes de columbo-tantalite** avec des teneurs comprises entre 400 et 4 200 g/m<sup>3</sup>. La teneur moyenne sur l'ensemble de la zone s'établit à **870 g/m<sup>3</sup>**. Il semblerait que l'indice Baptiste-Portal contiendrait des extensions qui pourraient fournir **100 t supplémentaires**.

Le minerai ne présente pas d'enrichissement particulier en Ta. Les analyses chimiques ont donné les résultats suivants (valeurs moyennes) : 17,8 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 56,8 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3,93 % TiO<sub>2</sub>.

### *Colombo – Cassegraine*

Cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 17) correspond à une zone de 20 km<sup>2</sup> qui s'étend sur la rive gauche de la rivière Mana au sud de l'indice Baptiste-Portal. On distingue **7 zones minéralisées**. L'ensemble contiendrait **68 tonnes** de columbo-tantalite pour des teneurs comprises entre 315 et 1 340 g/m<sup>3</sup>. La teneur moyenne pour l'ensemble de la zone est de 830 g/m<sup>3</sup>. La composition chimique du minerai est contrainte par une seule analyse chimique dont les résultats sont 12,30 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 61,03 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 8,25 % TiO<sub>2</sub>.

### *Tamanoir – Crique Oa*

La région de 25 km<sup>2</sup> qui correspond à cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 18) est localisée sur la rive droite de La Mana. La prospection semi-systématique a permis de délimiter **4 zones** minéralisées assez dispersées dans l'espace. Elles renfermeraient environ **30 tonnes** de columbo-tantalite. Les teneurs sont relativement intéressantes puisqu'elles sont réparties entre 680 et 1 600 g/m<sup>3</sup>, la teneur moyenne de 1135 g/m<sup>3</sup>. En revanche le minerai est **pauvre en tantale** (11,29 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 56,03 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 9,97 % TiO<sub>2</sub>).

## • 2) Secteur Valentin – Belle-Étoile

### *Valentin*

Lors de la prospection, 350 puits ont été réalisés dans une zone d'environ 50 km<sup>2</sup> qui comprend la crique Valentin et ses affluents ainsi que les affluents rive gauche de la Mana en aval du saut Maïpouri (Figure 19, Tableau 6, indice n° 19).

Il ne semble pas avoir de concentrations intéressantes dans cette zone. En effet, les teneurs sont faibles, et seules quelques valeurs sont comprises entre 200 et 500 g/m<sup>3</sup>. La teneur maximum, située au niveau de la crique M.14, est de 1 300 g/m<sup>3</sup>, mais cela semble anecdotique. Le tonnage de cet indice a été estimé très approximativement à **2 tonnes**, mais les différents rapports ne contiennent aucune information sur le nombre ou la géométrie des flats. Il est seulement précisé que l'épaisseur du niveau minéralisé est assez importante (0,7 m) et équivalente à l'épaisseur de stérile sus-jacent.

Contrairement au trois indices précédents (du Secteur Baptiste – Tamanoir), les quelques analyses chimiques disponibles indiquent **une composition en Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> élevée** (54,8 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 29,0 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 0,71 % TiO<sub>2</sub>).

### *Maïpouri*

L'indice Maïpouri (Figure 19, Tableau 6, indice n° 120) correspond à une petite zone d'environ 5 km<sup>2</sup> qui comprend la crique Maïpouri et ses affluents.

Les résultats des 70 puits réalisés dans la région ont permis de délimiter deux zones minéralisées dont les réserves ont été estimées à **1,5 t et 0,75 t** pour une teneur moyenne de 200 g/m<sup>3</sup>. Sur l'ensemble des puits, aucune teneur ne dépasse 1 000 g/m<sup>3</sup>.

Les quelques analyses chimiques indiquent que les concentrés alluvionnaires sont là-aussi principalement **riches en tantale** (50,9 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 27,8 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 0,63 % TiO<sub>2</sub>). À noter que pour obtenir ces valeurs moyennes, une valeur extrême de 70,85 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> n'a pas été prise en compte.

Agami

Cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 21) se situe le long de la crique Agami en amont de la crique Maïpouri. L'indice d'Agami, nommé en tant que tel, apparaît tardivement (à partir de 1988), lorsque la société Geology Operation Systems (G.O.S.) projeta d'exploiter cet indice de manière semi-industrielle (Plat, 1988b). Malgré un plan d'exploitation et un chronogramme bien établi, la tentative d'exploitation d'Agami en 1989 s'est soldée par un échec (Plat, 1990).

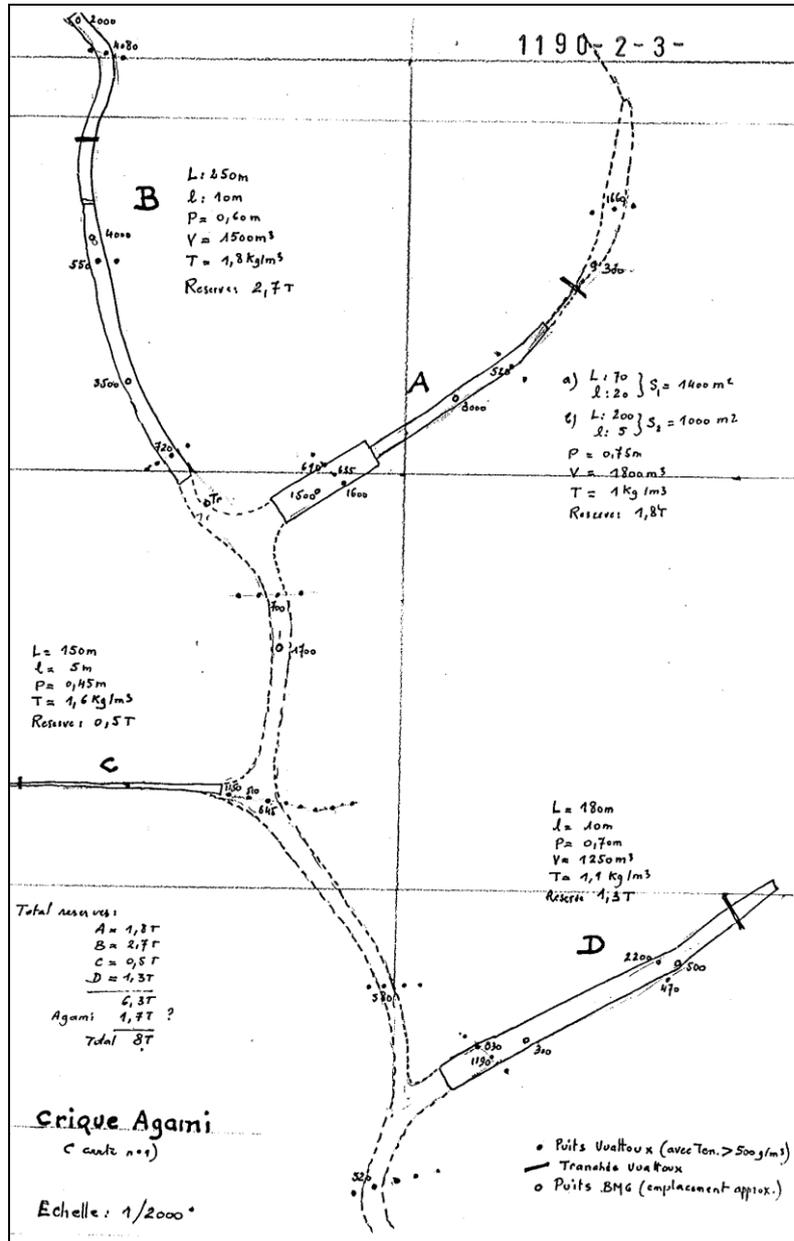


Figure 21 - Carte des travaux de prospection effectués sur l'indice Agami et détail du cubage des ressources en columbo-tantalite effectué tronçon par tronçon (Plat, 1988b).

Les travaux se sont succédé dans ce secteur au cours de plusieurs périodes. Initialement, il y a eu des prospections du BMG dans les années 1950. Les puits creusés sont sûrement associés aux travaux de prospection centrés sur l'indice Maïpouri évoqué précédemment. Ensuite, il y a eu des travaux plus systématiques dirigés par M. Vuatoux (Plat, 1988b), qui ont consisté à creuser des

puits et des tranchées dont les résultats ont été utilisés pour estimer le potentiel d'Agami par la société G.O.S. en 1988 (Plat, 1988b).

De cette estimation, il ressort que la minéralisation (Figure 21) est répartie sur le collecteur central, correspondant à la crique Agami, et sur quatre affluents (tronçons A, B, C, D). L'ensemble totaliserait **8 t de columbo-tantalite** pour 7 300 m<sup>3</sup> de gravier à une teneur moyenne de 1 100 kg/m<sup>3</sup>. La partie amont semble être la plus intéressante. En effet, le tronçon B est le plus riche (2,7 t à 1,8 kg/ m<sup>3</sup>) et on observe que les teneurs ainsi que les volumes diminuent vers l'aval. L'épaisseur de stérile à décaper est d'environ 1 m pour un niveau minéralisé de 0,65 m de puissance en moyenne. Il n'y aucune indication sur la composition chimique du minerai mais par équivalence à Maïpouri et Belle-Étoile, on peut suggérer que celle-ci se rapproche du **pôle tantalifère**.

### *Belle-Étoile*

La zone correspondant à cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 22) comprend la Crique Belle-Étoile ainsi que ses affluents. Au total, ce sont 400 puits qui ont été creusés sur une surface d'environ 35 km<sup>2</sup>.

Un essai d'exploitation a été réalisé en 1957 au niveau de la crique G1, dont les estimations initiales présumaient 900 kg de columbo-tantalite contenus dans un flat de 170 m sur 10 m de large. L'épaisseur du niveau minéralisé était de 0,4 m et l'estimation de la teneur moyenne du niveau productif était de 1 300 g/m<sup>3</sup>. Ces essais ont permis d'extraire 240 kg de minerai à partir d'un volume de 320 m<sup>3</sup> de gravier. Ceci permet de réactualiser la teneur de moyenne de ce flat à 750 g/m<sup>3</sup> et donc les réserves initiales à 510 kg. Le cubage des ressources a également été fait sur deux autres flats, ceux des criques G6 et G8. Ces derniers ont été estimés à 625 kg et 2 500 kg pour des teneurs respectives de 250 et 1 000 g/m<sup>3</sup>.

Au total, les ressources cumulées des trois flats de la crique Belle-Étoile sont de **3,635 t** pour une teneur pondérée de 830 g/ m<sup>3</sup>.

Comme pour l'indice Valentin et Maïpouri, les nombreuses analyses chimiques disponibles indiquent une **composition chimique moyenne en Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> particulièrement élevée** (53,5 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 25,33 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Notons que Blanc *et al.* (1980) font l'état d'« *un gisement alluvionnaire de 235 000 m<sup>3</sup> à une teneur moyenne de 1,255 kg/m<sup>3</sup>, dans un affluent rive gauche de la Crique Belle-Étoile* ». Si on se fie à ces chiffres, **cela constituerait donc un gisement de 295 tonnes de columbo-tantalite**, et ferait de la crique Belle-Étoile un indice de première importance surtout que le minerai est ici clairement tantalifère. Cependant, il est difficile de ne pas émettre des doutes quant à **la pertinence de ces chiffres**. Premièrement, l'information n'a pas pu être recoupée dans d'autres rapports. Deuxièmement, ce tonnage tranche avec les estimations des autres indices du district (Valentin et Maïpouri) qui sont de l'ordre de 2 t.

### • 3) Secteur Gros Montagne-Loutre

#### *Crique C.M.*

Les travaux effectués par le BMG autour de cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 23) ont consisté à réaliser 158 puits sur une surface de 16 km<sup>2</sup>. Ceci a permis de délimiter une zone minéralisée de 2,5 km<sup>2</sup> reconnue par 42 puits. Les résultats des analyses effectuées sur ces puits indiquent des teneurs basses, puisque 97 % des puits présentent des teneurs inférieures à 250 g/m<sup>3</sup>. Seul un puits présente une teneur élevée, de 3 600 g/m<sup>3</sup>, que l'on peut qualifier

d'anecdotique. En raison de ces **résultats peu encourageants**, aucune estimation n'a été réalisée.

Le seul résultat d'analyse chimique montre que le minerai présente une composition plutôt **riche en tantale** (49,17 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 37,62 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 0,69 % TiO<sub>2</sub>).

#### *Gros Montagne*

L'indice Gros Montagne (Figure 19, Tableau 6, indice n° 24) est situé sur la rive droite de La Mana à l'est du secteur Valentin – Maïpouri – Belle-Étoile. La prospection fut entreprise de fin 1954 à avril 1955 par la SERMAC (Société d'Étude et de Recherche Magnan Clayton) qui avait acquis des permis au niveau des indices Gros Montagne et Loutre.

Dans le lit principal de la crique Gros Montagne, les teneurs sont très faibles et le recouvrement par du stérile est important (1.5 m) pour une épaisseur minéralisée de 0,5 m. En revanche, les affluents présentent des teneurs intéressantes mais très hétérogènes (de traces à 2,5 kg/m<sup>3</sup>). De plus, le rapport stérile/gravier semble plus intéressant (0,30/0,35). La teneur moyenne des flats minéralisés serait de 480 g/m<sup>3</sup> pour des ressources globales de **8,6 tonnes**.

La composition chimique du minerai serait **riche en tantale** (57,10 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 26,7 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), mais cette valeur ne provient que d'une seule analyse chimique.

#### *Loutre*

La prospection sur cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 25) fut effectuée comme pour l'indice Gros Montagne par la SERMAC, puis par le BMG en 1956.

Les travaux du SERMAC montrèrent que la crique Loutre en elle-même n'était pas intéressante, en raison d'un recouvrement trop important (3 à 4 m). Par contre, les travaux sur les affluents se sont avérés, là aussi, plus encourageants. Les affluents de la partie moyenne à supérieure de la crique comportent des teneurs élevées (moyenne de 500 g/m<sup>3</sup>) et la granulométrie est grossière (jusqu'à 4 mm). Par contre, les affluents de la partie basse de la crique sont stériles et la granulométrie est très fine (< 2 mm).

La stérilité des affluents en aval de la crique Loutre a été confirmée par les travaux du BMG. En effet, sur les 27 puits réalisés à l'époque, 25 se sont avérés stériles. Seuls deux puits montrèrent des valeurs supérieures à 100 g/m<sup>3</sup>.

Comme pour Gros montagne, il y a une seule analyse chimique indiquant un minerai plutôt **riche en tantale** (41,75 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 41,22 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 1,19 % TiO<sub>2</sub>). D'autre part, la granulométrie relativement grossière pourrait indiquer une **source primaire** à proximité.

#### *Conclusion sur le district de la Basse Mana*

1) Secteur Baptiste – Tamanoir : Ce secteur, réparti de part et d'autre de la Mana sur une bande de 15 km de long, présente des caractéristiques différentes des autres secteurs. En effet, les indices présentent des ressources conséquentes (**300 tonnes de concentré**) soit 94 % des ressources du district de la Basse Mana. Les teneurs sont élevées (800 g/m<sup>3</sup> en moyenne), en revanche le concentré est pauvre en tantale (entre 10 et 20 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) contrairement aux secteurs Valentin – Belle-Étoile et Gros Montagne – Loutre.

2) Secteur Valentin – Belle-Étoile : Les indices de cette zone sont relativement homogènes en termes de taille, de teneur et de composition du minerai (très riche en tantale). Ces indices sont

de petites tailles (ressources de quelques tonnes) pour des teneurs qui dépassent rarement 1000 g/m<sup>3</sup>. Au total, les ressources cumulées de ce secteur sont de **7,85 t** d'un **minerai riche en tantale**. Le groupement de ces trois indices à caractéristiques analogues permet d'envisager la proximité d'une source primaire commune.

3) Secteur Gros Montagne – Loutre : Ce secteur est très similaire au secteur précédent, en particulier en raison de teneurs élevées en tantale. Les ressources de Gros Montagne sont évaluées à **8,6 tonnes**, Loutre posséderait par analogie des ressources de quelques tonnes. Il faut noter que les concentrations intéressantes ne sont pas localisées le long même de la crique principale (recouvrement important et faibles teneurs) mais elles semblent réparties le long des affluents, ce qui pourrait indiquer la proximité immédiate d'une source primaire.

#### ***h) District du Bas Maroni***

Le district du Bas Maroni est le dernier des districts alluvionnaires abordés dans ce rapport. Il correspond à un vaste domaine, beaucoup plus hétérogène d'un point de vue géologique et sur lequel le niveau d'investigation est resté sommaire. Ce district s'étend sur la rive droite du Maroni. Les indices sont répartis principalement le long des affluents de **la rivière Sparouine**, elle-même affluent du Maroni.

##### *Balaté*

Il existe très peu d'informations sur cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 26), les quelques renseignements disponibles sont les suivants :

- quelques traces de columbo-tantalite ont été rencontrées ;
- seul un puits a donné une teneur significative (500 g/m<sup>3</sup>) ;
- la couche minéralisée est mince (0,40 m d'épaisseur) recouverte par une couche de stérile supérieure à 1 m ;
- une seule analyse chimique a été effectuée (36,55 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 43,26 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 2,23 % TiO<sub>2</sub>).

##### *Crique Serpent*

La crique Serpent (Figure 19, Tableau 6, indice n° 27) est un affluent du Maroni qui se situe entre la rivière Sparouine et l'indice Balaté.

Les résultats des travaux de prospection dans ce secteur ont signalé de nombreuses traces de columbo-tantalite, mais jamais de teneurs élevées, la teneur maximale étant de 330 g/m<sup>3</sup> dans la partie avale de la crique Serpent. En se basant sur ces quelques données, on peut considérer que cette zone ne comporte aucun intérêt.

##### *Voltaire*

Cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 28) se situe le long de la crique Voltaire, affluent de la rivière Sparouine. Après une campagne d'exploration grande échelle qui a permis de localiser des anomalies alluvionnaires dans la région des criques Voltaire et Janvier, ce sont des travaux de prospection plus détaillés entrepris en 1956 et 1957 qui ont permis de caractériser l'indice Voltaire.

Les résultats montrent des traces de columbo-tantalite dans les alluvions de l'ensemble du secteur. Mais, il existe une zone particulièrement intéressante de 7 km<sup>2</sup> centrée sur les affluents

rive gauche en aval de la crique Voltaire. Les travaux de prospection concernant cette zone ont comporté 114 puits dont les résultats sont les suivants :

- 63 puits (55 %) sont stériles avec des teneurs inférieures à 250 g/m<sup>3</sup>;
- 26 puits (23 %) présentent des teneurs comprises entre 250 et 1 000 g/m<sup>3</sup>;
- 25 puits (22 %) présentent des teneurs supérieures à 1 000 g/m<sup>3</sup> avec une teneur maximale de 12,2 kg/m<sup>3</sup>.

Une estimation des flats minéralisés sur cette rive gauche a donné des ressources de **38,4 tonnes** pour une teneur moyenne de 1 085 g/m<sup>3</sup>. L'épaisseur du niveau minéralisé est de 0,55 m, tandis que celui du recouvrement stérile est estimé à 0,8 m. En comptant le stérile, cela donnerait donc une teneur excavée de 440 g/m<sup>3</sup>.

Des concentrations ont également été repérées sur les affluents rive droite de la crique Voltaire, mais les teneurs et les compositions chimiques sont légèrement moins intéressantes. Aucune estimation des volumes n'a été entreprise de ce côté de la Crique Voltaire, mais il est fort probable que les affluents rive droite puissent également fournir **plusieurs tonnes de minerai**. Par contre, comme souvent sur les systèmes minéralisés de Guyane, les grands flats de la crique principale ne présentent que des très faibles teneurs et n'ont donc aucun potentiel.

Concernant la composition chimique du minerai, la seule analyse chimique disponible pour la rive gauche donne 40,27 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 39,34 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 0,52 % TiO<sub>2</sub>. Cette composition **riche en tantale** est confirmée par les nombreuses mesures de densité qui donnent par équivalence des teneurs de 38 à 51 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Il faut noter que les teneurs en Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sont nettement plus élevées dans la partie aval de la crique Voltaire que dans la partie amont.

#### *Crique Bolo*

Cet indice (Figure 19, Tableau 6, indice n° 29) est situé à l'ouest du petit massif granitique de Bolo le long de la crique du même nom. Les résultats des prospections concernant cet indice ne sont pas détaillées, les seules informations disponibles indiquent que les teneurs dans la région sont réparties de 25 à 420 g/m<sup>3</sup>. Une seule analyse chimique indique que le minerai est relativement **riche en tantale** (53,80 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30,19 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 1,08 % TiO<sub>2</sub>). Les rares informations disponibles pourraient être un signe indiquant le faible potentiel de cet indice.

#### *Rivière Sparouine*

Plusieurs indices sont localisés le long de la rivière Sparouine. Dans les différents rapports, ceux qui reviennent le plus souvent sont les **indices Janvier** (Figure 19, Tableau 6, indice n° 30), **Gros Saut** (indice n° 31) et **Haute Sparouine** (indice n° 32, n° 28).

Les quelques informations disponibles concernent la **Haute Sparouine** qui a été prospectée de fin 1960 à 1961. Lors de ces campagnes, plusieurs zones minéralisées ont pu être délimitées. Aucun renseignement n'est disponible sur leur géométrie, leur teneur moyenne, leur cubage ou sur la composition chimique du minerai. Les seules informations indiquent que des teneurs maximales de 3 kg/m<sup>3</sup> ont été rencontrées (BRGM, 1980).

#### *Crique Salva*

L'indice de la crique Salva (Figure 19, Tableau 6, indice n° 33) est localisé au sud du district du Bas Maroni. Comme de nombreux indices de ce district, il semblerait qu'il ne présente aucun intérêt. Sur les 177 puits alluvionnaires réalisés, aucun n'a fourni de bonnes teneurs.

### *Conclusion sur le district du Bas Maroni*

Le district du Bas Maroni représente un vaste domaine relativement peu exploré dans lequel il existe de nombreux indices mais sans que l'on connaisse la proportion de tantale.

En l'état actuel des prospections, **seul l'indice Voltaire** semble présenter un intérêt (**38,4 tonnes** de concentré de columbo-tantalite à 40,27 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Les autres indices correspondent à des teneurs ponctuellement intéressantes, mais sans que l'on est mis en évidence des tonnages suffisants.

#### **5.1.4. État des connaissances sur les indices de pegmatites à columbo-tantalite**

En plus des indices alluvionnaires, les différents travaux d'exploration ont permis de mettre en évidence certains indices primaires que sont les **pegmatites à Nb-Ta** (Li, Be, Sn, W). Ces pegmatites, de **type LCT** (Lithium, Césium, Tantale) selon la classification de Cerny & Ercit (2005), correspondant à la **phase pneumatolytique du magmatisme tardi-orogénique** intrusifs dans le domaine nord-Guyanais (correspond aux granites Caraïbe selon la classification de Choubert, 1974).

Le nombre d'indices de pegmatites répertoriés sur le territoire est très restreint par rapport aux concentrations alluvionnaires détaillées précédemment. En effet, l'essentiel des travaux concernant la columbo-tantalite s'est concentré sur les indices alluvionnaires et non sur les pegmatites à Nb-Ta.

Ceci peut s'expliquer par :

- la complexité de la prospection due au couvert végétale et à la couverture latéritique ;
- l'attractivité économique des gisements alluvionnaires (facilité d'exploitation) par comparaison aux gisements primaires ;
- la nécessité d'avoir repéré au préalable les indices alluvionnaires pour pouvoir ensuite localiser les sources primaires.

Les différentes périodes de prospection ont permis de localiser uniquement **quelques indices de pegmatites à Nb-Ta répartis dans le domaine nord-guyanais. Seules les pegmatites tantalifères de Balata et de Tamanoir-Oa sont détaillées dans ce paragraphe, d'autres pegmatites, en particulier celles de la Haute-Sparouine seront traitées dans le cadre des minéralisations lithinifères (cf. § 5.2.3 État des connaissances sur les indices de pegmatites lithinifères, p. 85).**

#### **a) Pegmatites de la zone Balata**

L'indice de la crique Balata (Tableau 6, indice n° 9) a été étudié lors de travaux effectués du 5 au 20 novembre 1956.

Cette zone comporte plusieurs manifestations tardi-magmatiques encaissées dans une formation schisteuse présentant un métamorphisme de contact (Macheras, 1957). On distingue des **filons de quartz à tourmaline**, des **pegmatites stériles** et des **pegmatites à Nb-Ta**. Tous ces objets sont situés en position péritholitique.

Au total, trois pegmatites à Nb-Ta ont été repérées, l'ensemble étant réparti sur un axe NE-SW. Ces pegmatites se présentent sous forme de filons de taille plurimétriques atteignant localement 20 m. Contrairement aux pegmatites stériles, les pegmatites minéralisées sont

clairement zonées (Figure 22). On distingue une zone centrale composée de quartz, une **zone feldspathique enrichie en columbo-tantalite**, une zone riche en micas (muscovite), puis une auréole à tourmaline. Pour les pegmatites stériles, outre cette absence de zonation et de columbo-tantalite, elles se distinguent par une proportion moindre de tourmaline et de micas.

D'un point de vue composition, l'analyse chimique effectuée sur quelques cristaux de columbo-tantalite indique un minerai pauvre en tantale : 18,51 %  $Ta_2O_5$ , 56,50 %  $Nb_2O_5$ , 1,73 %  $TiO_2$ , 3,39 %  $MnO_2$ , 7,13 %  $Fe_2O_3$ , 4,42 %  $Al_2O_3$ . Cette composition chimique est très semblable aux résultats obtenus dans les alluvions de l'indice Balata-Jupiter qui se trouve à proximité (18,6 %  $Ta_2O_5$ , 59,1 %  $Nb_2O_5$ , 1,9 %  $TiO_2$ ).

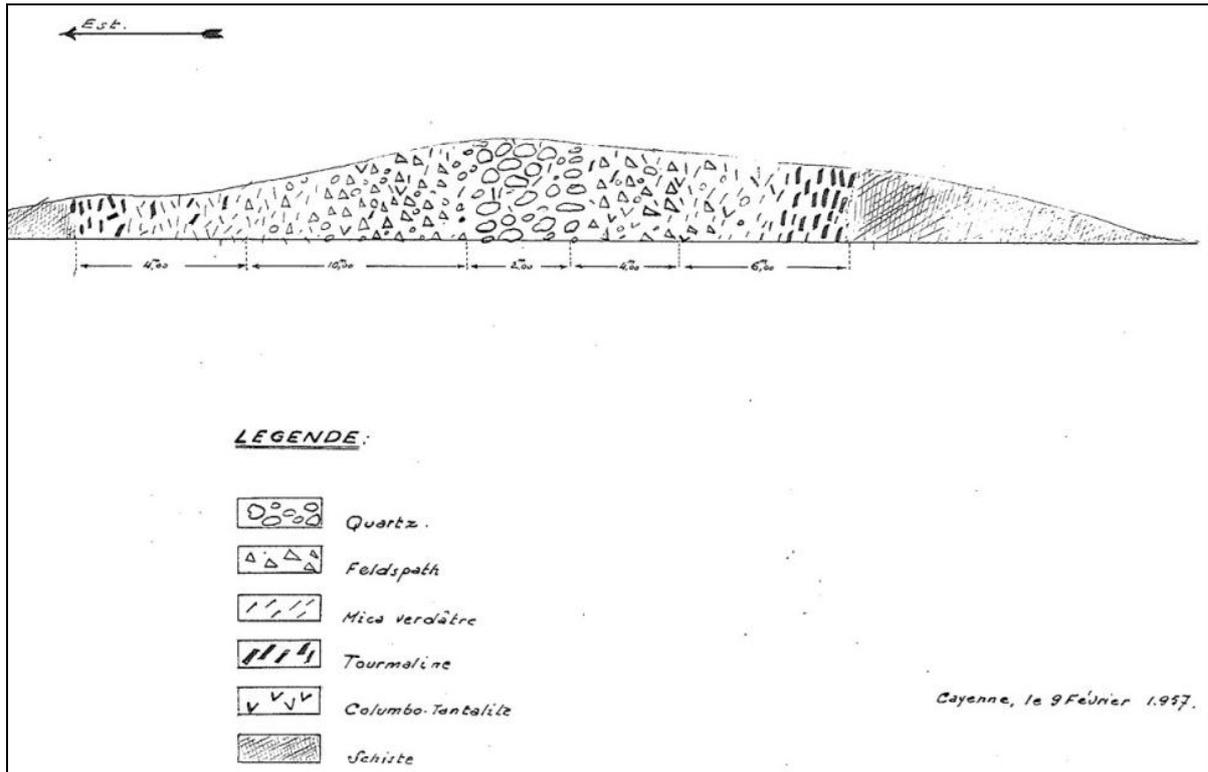


Figure 22 - Coupe schématique d'une pegmatite minéralisée en columbo-tantalite de la zone Balata (Macheras, 1957).

### b) Pegmatites de la zone Tamanoir-Oa

La zone Tamanoir-Oa (Tableau 6, indice n° 18) est située en périphérie d'un pluton granitique. Contrairement à l'indice précédent, les pegmatites sont encaissées directement dans le granite. Les travaux de prospection qui ont eu lieu en décembre 1956 (Figure 23) ont permis de repérer **un filon de pegmatite à Nb-Ta** (« pegmatite complexe ») et un filon de pegmatite stérile (« pegmatite graphique »).

Comme pour les pegmatites précédemment décrite (Balata), l'assemblage minéralogique y est classique : quartz, feldspath, columbo-tantalite, muscovite, tourmaline. Dans Milési *et al.* (1995), on indique la présence des minéraux accessoires suivants : béryl, lépidolite, bismuth natif, bismuthinite, aigue-marine, magnétite, ilménite, rutile, gahnite, euxinite et monazite. La zonation est analogue à celle des pegmatites minéralisées de Balata (Figure 24).

La minéralisation en columbo-tantalite est irrégulière au sein de la pegmatite. Dans Milési *et al.* (1995), les auteurs indiquent que la pegmatite du secteur Oa présenterait des teneurs de columbo-tantalite (estimées après lavage de la pegmatite broyée) allant de traces jusqu'à 250 g/m<sup>3</sup> pour une teneur moyenne de 50 g/m<sup>3</sup>.

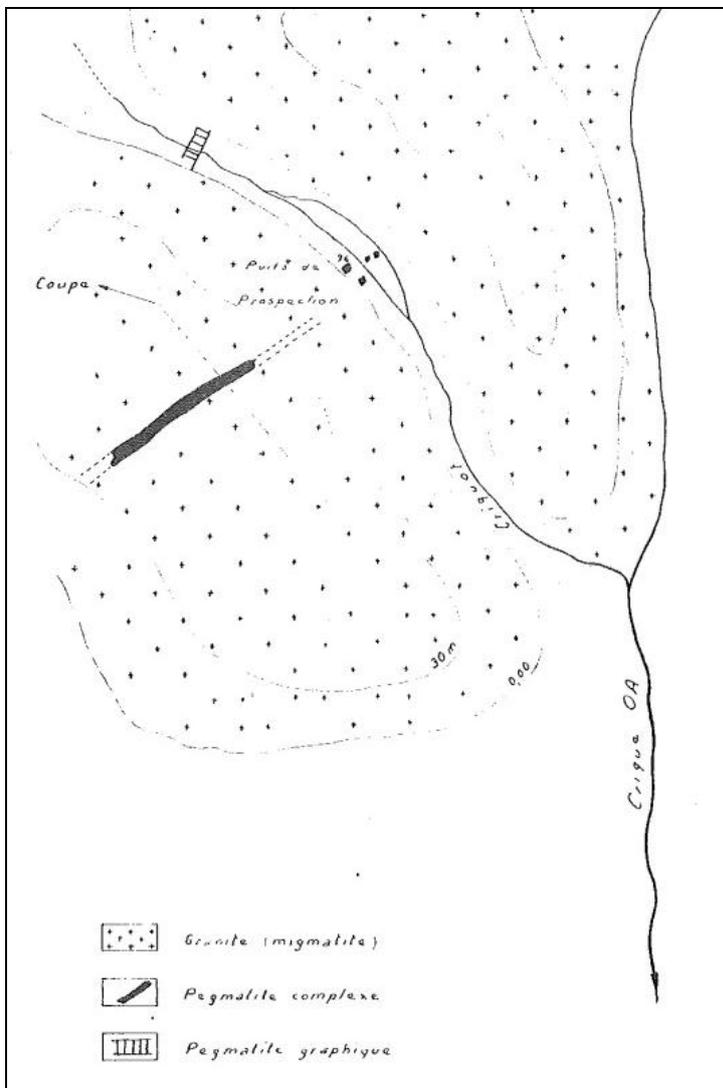


Figure 23 - Localisation des pegmatites de la zone Tamanoir-Oa (Machéras, 1957).

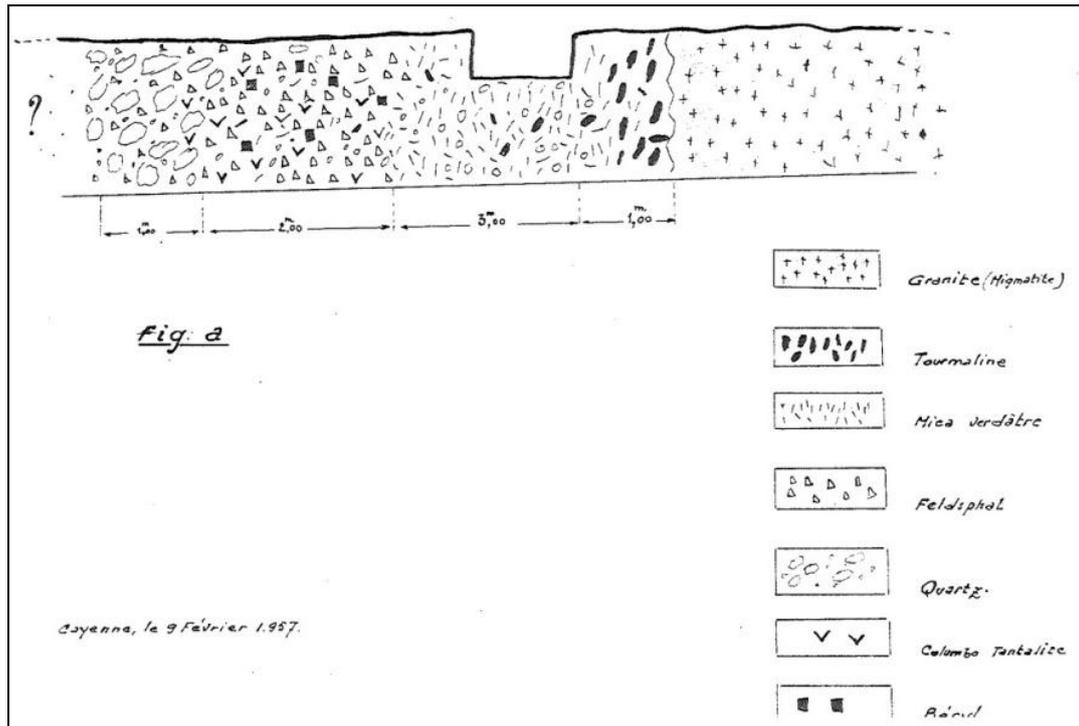


Figure 24 - Coupe schématique de la pegmatite minéralisée en columbo-tantalite et béryl de la zone Tamanoir-Oa (Macheras, 1957).

### c) Conclusion sur les indices pegmatitiques

La découverte de **pegmatites à columbo-tantalite** a été relativement rare par rapport aux nombreux indices alluvionnaires répertoriés, ceci étant probablement dû à la rareté de travaux spécifiques de prospection entrepris sur ce thème (recherche de gîtes primaires).

Les pegmatites sont localisées en domaine périgranitique, elles se présentent sous la forme de filons de petite taille (pluricentimétriques à plurimétriques), les plus gros objets faisant une vingtaine de mètres de puissance. Il existe au moins deux types de pegmatites : des pegmatites minéralisées à Nb-Ta (Sn, Li, Be) et des pegmatites stériles, considérées comme antérieure aux pegmatites minéralisées (Macheras, 1958). La paragenèse des pegmatites minéralisées est relativement classique : quartz, albite, microcline, muscovite, tourmaline, columbo-tantalite. Ces minéraux peuvent être parfois accompagnés de minéraux accessoires (cassitérite, lépidolite, amblygonite, béryl, bismuthinite, etc.). La répartition des phases minérales s'organise selon une zonation bien marquée. Du centre à la périphérie, on distingue un cœur quartzeux, une zone à feldspath et columbo-tantalite riche en micas et une auréole à tourmaline en périphérie. Ces caractères sont relativement voisins des pegmatites lithinifères de la Haute-Sparouine, qui pourraient être de la même génération (cf. § 5.2.3 État des connaissances sur les indices de pegmatites lithinifères).

Aucune des pegmatites répertoriées ne présente de concentration économique, leur taille est insuffisante par rapport aux pegmatites géantes exploitables (Tanco-Bernic Lake au Canada, Greenbushes en Australie, etc.). **Toutefois, les gîtes primaires à Nb-Ta semblent insuffisamment prospectés** par rapport au nombre élevé d'indices alluvionnaires dans le domaine nord-guyanais et à la complexité de ces objets. En effet, il subsiste la possibilité de découvrir des ressources primaires en roche altérée potentiellement valorisable à proximité des indices alluvionnaires.

### 5.1.5. Bilan et perspectives

#### a) *Potentiel en columbo-tantalite alluvio-éluvionnaire*

Les différentes campagnes de prospection ont mis en évidence de **nombreux indices alluvionnaires**. De manière générale, les **teneurs peuvent être élevées**, mais les **flats minéralisés sont de petite dimension** (largeur de quelques mètres à quelques dizaines de mètres) et représentent **des tonnages limités à quelques dizaines de tonnes** de concentré. L'épaisseur des niveaux minéralisés est assez homogène (de l'ordre de 0,5 à 1 m), pour une épaisseur de stérile sus-jacent légèrement plus épaisse (le rapport stérile/gravier minéralisé est compris entre 1 et 2). Les concentrations alluvionnaires sont extrêmement localisées, et peuvent indiquer la proximité de sources primaires de columbo-tantalite (pegmatites).

On peut **classer les districts en fonction de leur potentiel**. Les paramètres ayant servi à établir ce classement sont par ordre d'importance : la composition du minerai (minerai riche en  $Ta_2O_5$  de préférence), la teneur, le tonnage, le nombre d'indices dans un même périmètre et l'accessibilité. Au final, en prenant en compte ces paramètres, on obtient par ordre de priorité le classement suivant.

**1. District de la Basse Mana** : ce district présente clairement **le potentiel le plus intéressant** et ceci pour plusieurs raisons : i) Le tonnage cumulé des différents indices est important (325 t +100 t ?) et outre l'ancienneté des calculs, il y a peu de raisons de douter de leur fiabilité ; ii) Les teneurs en columbo-tantalite sont élevées ; iii) Ce secteur est bien documenté puisqu'il y a fait l'objet de nombreuses campagnes de prospections ; iv) Plusieurs indices (10 au total) sont concentrés dans un petit périmètre dont 8 ont fait l'objet d'un cubage.

Deux secteurs semblent s'individualiser dans le district de la Basse Mana. Le *premier*, comprenant les indices Baptiste-Portal, Columbo-Cassegraine et Tamanoir-Oa, présente un potentiel de 306,5 tonnes (+100 t ?) avec des teneurs relativement fortes ( $> 800 \text{ g/m}^3$ ), mais le concentré est pauvre en tantale ( $< 20\% Ta_2O_5$ ). Toutefois, le fort tonnage pourrait compenser cette pauvreté du minerai en tantale. Le *second* secteur est constitué d'indices de petites tailles (Valentin, Maïpouri, Agami, Belle-Etoile, Gros Montagne, etc.) qui représente un potentiel total de **25 tonnes**. Les teneurs sont plutôt faibles (rarement supérieures à  $800 \text{ g/m}^3$ ). En revanche, ces indices présentent un intérêt puisque le minerai est **très riche en tantale** ( $> 50\% Ta_2O_5$ ).

**2. District du Bas Maroni** : le district du Bas Maroni comporte des indices relativement dispersés. La plupart d'entre eux n'ont pas fait l'objet de travaux importants, mis à part l'indice **Voltaire**, qui représente la seule cible réellement identifiée avec **38,4 t de minerai relativement riche en tantale** (40,27 %  $Ta_2O_5$ ).

**3. District du Bas Kourou** : l'indice principal est **Passoura-Cariacou**. L'accessibilité au site est facile, les **teneurs sont élevées** mais le minerai est **pauvre en tantale** (12,9 %  $Ta_2O_5$ ). Avec plus de **364 t** de concentré de columbo-tantalite (+ 90 t ?), cet indice est le plus gros du territoire Guyanais en termes de tonnage, toutefois, cette estimation est peut-être excessive.

**4. District du Moyen Iracoubo** : l'indice principal est celui de la **Montagne Déboulé**. Les teneurs en columbo-tantalite y sont relativement élevées, le **tonnage est important** (100 t ?) et le minerai est **riche en tantale**. Cependant, les données ne sont pas très fiables (une seule analyse chimique et incertitudes sur la pertinence du cubage).

**5. District du Bas Sinnamary** : les flats du district ont un potentiel limité en raison des travaux d'exploitation déjà réalisés (50 tonnes ont déjà été extraites de la partie alluvionnaire de l'indice Vénus). D'autre part, les indices Maman lézard et Balata-Jupiter ont sans doute été impactés par la construction du barrage de Petit-Saut. En revanche, il y a une forte **possibilité de**

**trouver une minéralisation primaire en roche altérée** sur certain des indices de cette zone, en particulier Vénus.

**6. Districts du Haut-Sinnamary, du bassin de l'Oyapock et de la Rivières des Cascades :** ces trois zones comportent des indices sans potentiel minier notable (faibles teneurs, minerai pauvre en tantale).

Au total, on peut estimer un tonnage de **800 à 1000 t de concentré de columbo-tantalite** plus ou moins riche en tantale pour l'ensemble des placers identifiés dans le domaine nord-Guyanais, mais cette estimation doit être considérée avec prudence étant donné les approximations de calcul. Le potentiel peut-être aussi bien sous-estimé que surestimé. Notons que ce potentiel en columbo-tantalite alluvionnaire représenterait en valeur marchande de l'ordre de quelques tonnes d'or, variable suivant les teneurs en Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (inférieur à 5 t d'or).

**Malgré la taille relativement petite des indices, il existe un potentiel minier valorisable pour la columbo-tantalite en Guyane, et cela pour plusieurs raisons :**

- La majorité des indices, actuellement répertoriés, se trouve dans des zones où **l'activité minière est autorisée par le SDOM** (Tableau 6). Leurs exploitations sont donc totalement en accord avec le cadre réglementaire et environnemental actuellement en vigueur en Guyane. De plus, les techniques d'exploitation adaptées aux concentrations alluvio-éluvionnaires, ne sont pas très impactantes pour l'environnement. Ce sont des petites exploitations de surface, identiques aux sites d'extractions d'or alluvionnaire que l'on connaît en Guyane.
- **L'accessibilité est relativement bonne** puisque beaucoup d'indices se trouvent à quelques dizaines de kilomètres des zones côtières, à proximité des routes ou le long des grands fleuves.
- Ces indices peuvent présenter un **intérêt pour de petits exploitants**. Les techniques d'exploitation à mettre en œuvre sont simples : méthodes de récupération gravimétrique couplées aux méthodes de séparation magnétique pour séparer les minéraux lourds tels que la magnétite (Nagel, 1996). Ceci serait d'autant plus facile à mettre en place, que toutes ces techniques ainsi que le personnel qualifié, existent en déjà en Guyane pour l'exploitation de l'or alluvionnaire.
- Les placers, **rassemblés sous forme de districts**, comme c'est le cas, peuvent présenter des tonnages significatifs. Il est donc nécessaire de prévoir des installations de petite taille présentant une certaine **mobilité**.
- Le tantale est un **métal stratégique** faisant partie des 14 substances minérales considérées comme particulièrement critique par l'UE. Malgré des ressources mondiales relativement grandes, le **risque de tension sur le marché est réel** (cf. § 511f) Perspectives d'évolution du marché du tantale, p. 57). Dans le cas d'une **crise du tantale** liée par exemple à l'interdiction de l'utilisation de minerai illégal, la tantalite de Guyane pourrait donc être une réponse adaptée, notamment en raison de la grande réactivité de la filière artisanale. Même si les cours favorables n'ont qu'une durée limitée dans le temps, le **développement de la filière tantalite** en Guyane pourrait être envisagé, car du fait de leurs dimensions, les investissements nécessaires à l'exploitation sont modestes.
- L'exploitabilité de la columbo-tantalite en Guyane est subordonnée à une condition : **la mise en place d'une filière de commercialisation**. Sans filière d'exportation bien établie, la columbo-tantalite n'est pas commercialisable. La columbo-tantalite étant exploitée de manière industrielle au Brésil (Volta Grande et Pitinga) et au Canada (Tanco-Bernic Lake), il existe donc des exploitants et des affineurs de tantale en Amérique du Sud (Brésil) et en Amérique du Nord (Canada, États-Unis) qui pourraient être intéressés par la production de tantalite de Guyane. Par contre, la création d'une telle filière exige un flux minimal, qui ne peut pas être assuré par une

petite exploitation isolée, mais qui doit être alimentée de manière continue par plusieurs chantiers.

### **b) Propositions d'actions**

La plupart des données sur les indices de columbo-tantalite alluvionnaires ont été acquises dans les 1960. Depuis, il est possible qu'un certain nombre d'indices aient pu être partiellement exploités. De plus, des activités anthropiques (exploitations d'or alluvionnaire, terrassements de chemin, création du barrage de Petit-saut, etc.) ont pu également impacter certains indices. Il est donc nécessaire d'effectuer un programme de contrôle des indices définis comme prioritaires, pour valider leurs caractéristiques (tonnages, teneurs et composition du minerai). À l'issue de cette phase de vérification, les résultats permettront de confirmer ou non le potentiel minier de ces indices. Cette **phase de contrôle** est une étape préliminaire en vue d'établir des programmes de prospection pour la caractérisation d'objectifs miniers.

Les **travaux de prospection** devront comporter des échantillonnages alluviaux, des prélèvements par puits ou des sondages tarières, ceci permettra :

- d'estimer l'épaisseur et la continuité latérale des flats minéralisés ;
- de caractériser les sources primaires saprolitisées ;
- de déterminer les teneurs en columbo-tantalite (en tenant compte de la fraction fine du minerai) ;
- d'effectuer des analyses chimiques pour déterminer la teneur en  $Ta_2O_5$  des concentrés.

En raison de coûts et de moyens humains, les travaux de vérification ne pourront pas porter sur l'ensemble des secteurs, mais seulement sur quelques indices prioritaires.

Lorsque, dans le voisinage des secteurs qui seront prospectés, la présence de pegmatites à Nb-Ta est connue ou soupçonnée, alors des investigations complémentaires auront lieu. Elles comporteront des travaux de reconnaissance de surface (évaluation des dimensions des filons, échantillonnage de volante ou des éluvions situés à proximité des filons, description des paragéneses, etc.).

## **5.2. LITHIUM**

### **5.2.1. Généralités sur le lithium**

Le lithium, dont la demande est en constante augmentation du fait de la fabrication des batteries à Li, est produit à l'échelle mondiale à partir de deux grands types de gisements. **Les salars** concentrent 60 % des ressources mondiales alors que **les pegmatites à minéraux lithinifères** représentent 26 % des ressources.

Dans ce dernier cas, le lithium y est extrait de silicates lithinifères tels que le **spodumène** ( $LiAlSi_2O_6$ ), la **pétalite** ( $LiAlSi_4O_{10}$ ) et la **lépidolite** ( $KLi_2AlSi_3O_{10}(OH,F)_2$ ). Comme pour le tantale, les pegmatites exploitées sont des pegmatites de types LCT (Li-Cs-Ta) selon la classification de Cerny & Ercit (2005). Les occurrences de pegmatites lithinifères sont très nombreuses à travers le monde, mais seuls quelques gisements de classe mondiale sont exploités. Le plus gros gisement est la pegmatite de Greenbushes (Australie) qui est également exploité pour la columbo-tantalite. Au total, 300 kt de concentré de spodumène contenant 8 à 9 kt de Li, sont produit par an par la compagnie Talison Lithium Ltd, soit environ un quart de la production mondiale. D'autres gisements importants sont ou ont été exploités ailleurs dans le monde tels celui de Tanco-Bernic Lake (Canada), ou encore Bikita (Zimbabwe) ainsi que

plusieurs autres situés en Chine (Sichuan et Jiangxi). Des gisements de taille moins importante sont également recensés au Brésil, au Portugal, en Espagne et en Inde, mais également en France, avec le gisement d'Échassière où le groupe Imérys extrait en sous-produit du kaolin des sables lithinifères (mélange de quartz et lépidolite) pour être utilisés comme flux en verrerie.

Les pegmatites lithinifères couvrent à l'heure actuelle, 1/3 de la production mondiale de lithium. De cette production, 2/3 sont utilisés directement sous forme de minéral (verrerie et céramiques) et 1/3 est transformé en carbonate de lithium et autres composés pour diverses applications industrielles dont principalement les batteries à Li.

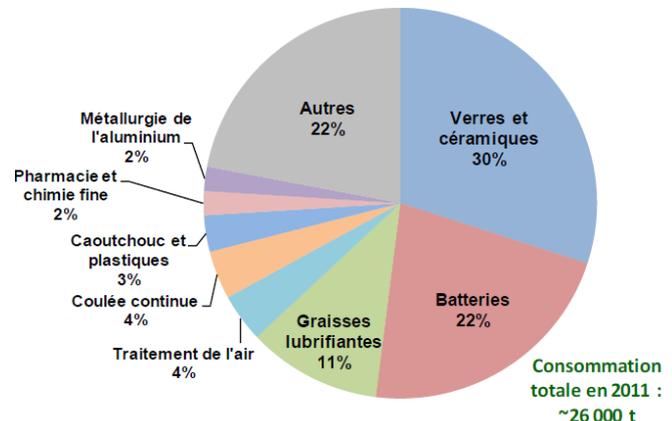


Figure 25 - Répartition des usages du lithium en 2011 (Labbé et Daw, 2012).

### 5.2.2. Historique des travaux en Guyane

Les indices lithinifères ont été découverts en avril 1959 par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) et le BMG à la suite d'un accord établi en juin 1956 entre les deux entités pour permettre la recherche de substances utiles au CEA, accord qui a pris fin en juin 1959 (BMG, 1959). Par la suite, ces indices ont été étudiés en détail par le BRGM de 1959 à 1962.

Dans le but de les étudier en détail, **les filons pegmatitiques de Lilas, Chicot et Biche** ont fait l'objet de **travaux miniers** (tranchées, puits, galerie) entrepris par le BRGM en 1960 (Cruys, 1961b). À l'indice Tortue, les travaux ont été très limités et n'ont pas dépassés le stade de prospection rapide de surface.

Les indices ont fait l'objet de levés géologiques, d'échantillonnage et d'analyses (teneur en lithium des différentes phases minérales, études pétrographiques des lames minces, etc.) ainsi d'une estimation du volume du minerai. Cette estimation a été faite d'une manière relative et non d'une manière rigoureusement quantitative, puisqu'elle était basée sur les proportions des minéraux lithinifères observés dans les puits, les tranchées ou les galeries (Cruys, 1961b ; Figure 28).

### 5.2.3. État des connaissances sur les indices de pegmatites lithinifères

Toutes les pegmatites lithinifères répertoriées en Guyane sont localisées dans les secteurs Salva et Haute-Sparouine, dans le quart sud-ouest du domaine nord-Guyanais, à proximité du grand accident senestre structurant le sillon nord-guyanais. Elles sont réparties parallèlement à ce dernier, sur une bande d'une vingtaine de kilomètres de long orientée NE-SO (Figure 26 et Figure 27). Ces filons pegmatitiques recoupent les séries du Paramaca qui constituent les formations encaissantes du massif granitique d'Espérance (granite de type « caraïbe »). Les indices sont localisés à une distance maximale de 2 km au nord du massif d'Espérance qui forme un relief bien marqué dans le paysage (Montagne Sparouine). Au total, sept indices sont répertoriés dans cette zone, du sud-est au nord-ouest (Figure 27) : Lilas, Chicot, Biche, Tortue, Acouchi, Moustique et Terminus.

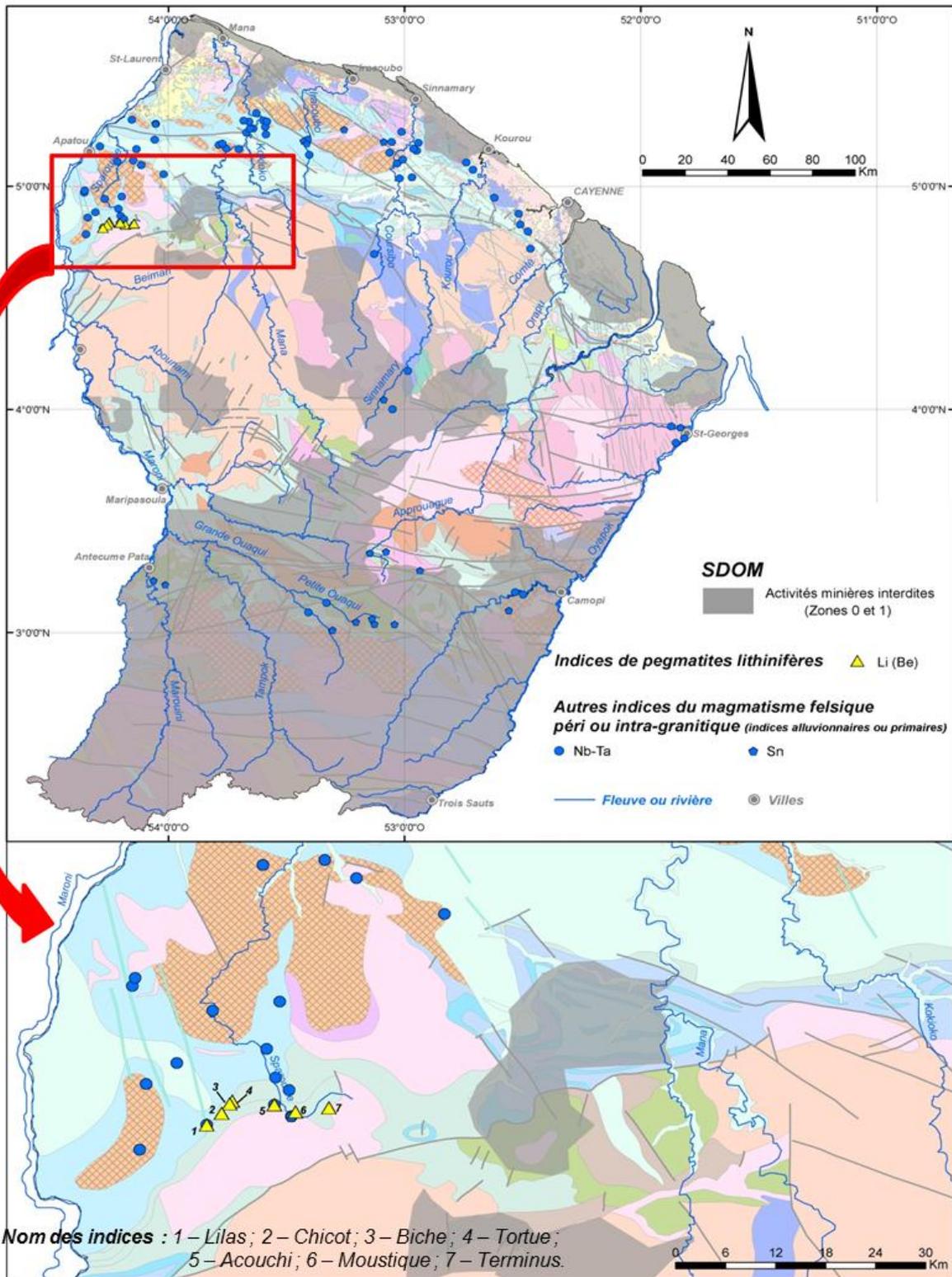


Figure 26 - Localisation des pegmatites lithinifères en Guyane. Indices d'après Cruys (1961b) et carte géologique d'après Delor et al. (2001).

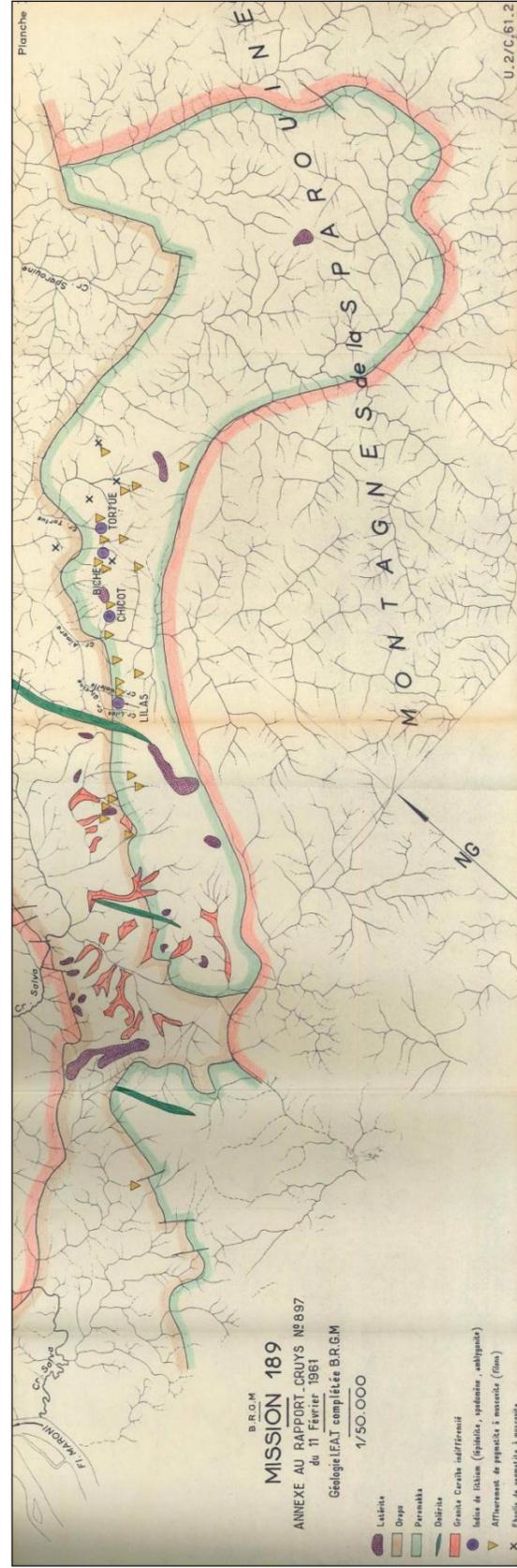


Figure 27 - Localisation des pegmatites lithinifères dans le secteur Salva (Cruys, 1961b).

N °	INDICE	GÎTE	SUBSTANCES	ASSOCIATION MINÉRALOGIQUE	ENCAISSANT	TRAVAUX RÉALISÉS	GÉOMÉTRIE des pegmatites				ZONATION	MINÉRAUX LITHINIFÈRES			RESSOURCES	CONTRAINTES ADMINISTRATIVES	RÉFÉRENCES
							Puissance	Longueur	Direction	Pendage		Lépidolite	Amblygonite	Spodumène			
1	Lilas	Amas pegmatitiques	Li (Nb-Ta)	Quartz, feldspaths (kaolinisé), muscovite, lépidolite, amblygonite, spodumène, béryl, tourmaline, cassitérite, columbotantalite, turquoise et kaolin	Amphibolites du Paramaca	- 11 tranchées (total de 270 m) - 5 puits (total de 50 m)	10-30 m	250 m	NE-SO	Fort penadage vers le SE	- 1 zone centrale à amblygonite - 1 zone intermédiaire à lépidolite - 1 zone périphérique à spodumène	- Amas pluridécimétriques (10 cm à 1 m) - Proportion moyenne estimée à 5-10 % dans la zone centrale - Composition amblygonite saine : 9 % LiO <sub>2</sub> - Composition amblygonite altérée : 0.20 % LiO <sub>2</sub>	- Proportion non estimée mais spodumène relativement abondant - Composition spodumène sain : 7 % LiO <sub>2</sub> - Composition spodumène altéré : 0.05 à 0.20 % LiO <sub>2</sub>	8000 t de minerai *	<b>SDOM : zone 3</b> (activités minières autorisées)	- Milési et al. (1995) - Cruys, 1961a - Cruys, 1961b	
2	Chicot	Filon pegmatitique	Li	Quartz, lépidolite, spodumène, feldspath, muscovite, kaolin.	Amphibolite et micaschistes du Paramaca	- 12 tranchées (total de 65 m) - 6 puits (total de 21 m) - 3 galerie (total de 12.5 m)	> 7 m	30-40 m	ENE-OSO	Fort pendage nord	- 1 zone à spodumène - 1 zone à lépidolite	- Proportion moyenne estimée à 50 % - Teneur du minerai de l'ordre de 5 % LiO <sub>2</sub>	- Proportion non estimée mais spodumène relativement abondant - Composition spodumène altéré : 0.08 à 0.20 % LiO <sub>2</sub>		<b>SDOM : zone 3</b> (activités minières autorisées)	- Milési et al. (1995) - Cruys, 1961a - Cruys, 1961b	
3	Biche	Filon pegmatitique	Li	Quartz, lépidolite, feldspath, kaolin	Micaschistes du Paramaca	- 2 tranchées (total de 28 m) - 4 puits (total de 30 m) - 1 galerie de 21 m	10	40	NE-SO		- Zonation peu marquée	- Proportion non homogène au sein du filon (5 à 60 %)			<b>SDOM : zone 3</b> (activités minières autorisées)	- Milési et al. (1995) - Cruys, 1961b	
4	Tortue	Eboulis de lépidotite	Li (Be)	Quartz, béryl pierreux, muscovite, lépidolite, feldspath, kaolin	Micaschistes	- 2 tranchées (total de 28 m) - Quelques puits de prospection			NE-SO						<b>SDOM : zone 3</b> (activités minières autorisées)	- Milési et al. (1995)	
5	Acouchi	Filon pegmatitique	Li (Nb-Ta)	Quartz, muscovite, lépidolite, béryl, tourmaline	Amphibolites										<b>SDOM : zone 3</b> (activités minières autorisées)	- Milési et al. (1995)	
6	Moustique	Corps pegmatitique	Li	Quartz, lépidolite, amblygonite, topaze	Micaschistes										<b>SDOM : zone 3</b> (activités minières autorisées)	- Milési et al. (1995)	
7	Terminus	Filon pegmatitique	Li	Quartz, lépidolite, muscovite, molybdénite	Schistes										<b>SDOM : zone 3</b> (activités minières autorisées)	- Milési et al. (1995)	

\* Seules la lépidolite et l'amblygonite ont été intégrées dans cette estimation (le spodumène n'a pas été pris en compte)

Tableau 7 - Caractéristiques des pegmatites lithinifères de Guyane.

### a) Lilas

Le filon pegmatitique de **Lilas** (Figure 26, Tableau 7, indice n° 1) suit la crête d'une colline d'une soixantaine de mètres de haut, située entre les criques Lilas et Violette (Figure 27). Les travaux sur cet indice comportent (Cruys, 1961b) onze tranchées de 2 à 4 m de profondeur d'une longueur total de 270 m et 5 puits totalisant une cinquantaine de mètres de profondeur.

Le filon a été reconnu sur 250 m, il est orienté NE-SO avec fort pendage vers le sud-est. Il renferme deux amas lithinifères à lépidolite, amblygonite et spodumène séparés par le sommet de la colline : l'amas du NE mesure 40 m de long et l'amas du sud-ouest mesure 100 m pour une puissance variant de 10 à 30 m (Cruys, 1961b).

La pegmatite présente une zonation qui s'organise en trois domaines :

- la *zone centrale* est constituée de poches d'amblygonite de taille pluridécimétrique (20 cm à 1 m) incorporées dans une masse de quartz (hyalin et saccharoïde). La proportion d'amblygonite est assez variable, souvent de l'ordre de 5-10 % elle peut varier de 1 à 20 % ;
- la *zone intermédiaire* (zone à lépidolite) contient d'importantes concentrations de lépidolite qui sont accompagnées de quartz, feldspaths (en partie kaolinisés), amblygonite, béryl, tourmaline (rose), columbo-tantalite, cassitérite. La proportion de lépidolite dans cette zone est très importante, elle varie de 30 à 80 % pour une valeur moyenne de 60 % ;
- la *zone périphérique* contient très peu de lépidolite par rapport à la zone intermédiaire. Par contre, elle est enrichie en spodumène (parfois kaolinisé). Associé au spodumène, on retrouve la paragenèse suivante : feldspath (kaolinisé), quartz (hyalin et saccharoïde), muscovite, tourmaline (noire, verte ou rose) et béryl.

La zonation de la pegmatite disparaît au sommet et aux extrémités de la crête de la colline. À ces endroits, le filon pegmatitique ne présente pratiquement plus de minéralisation lithinifère, il est composé essentiellement de quartz, de feldspaths kaolinisés et de muscovite.

Le filon pegmatitique est relativement altéré comme le montre la présence de kaolin et de turquoise. L'altération des minéraux lithinifères influence leur composition en lithium. En effet, le spodumène kaolinisé présente des valeurs faibles de 0,05 à 0,20 %  $\text{LiO}_2$ , alors que les échantillons frais, retrouvés dans les puits les plus profonds, sont composés de 7 %  $\text{LiO}_2$ . C'est la même chose pour l'amblygonite : amblygonite saine à 9 %  $\text{LiO}_2$  et amblygonite altérée à 0,2 %  $\text{LiO}_2$  (Cruys, 1961b).

Les ressources de l'indice Lilas ont été estimées à plusieurs milliers de tonnes de minerai (Lemarchand, 1960 ; Cruys, 1961b). Dans Milési *et al.* (1995), on indique le chiffre de 8000 t de minerai. Notons que l'estimation n'a porté que sur des lentilles de 2 à 5 m de hauteur et n'a pas pris pas en compte une éventuelle continuité du filon en profondeur. En effet, aucune reconnaissance n'a été réalisée à moyenne profondeur (20-40 m). De plus, seules la lépidolite et l'amblygonite ont été intégrées dans cette estimation, le spodumène n'ayant pas encore été identifié à l'époque du cubage (Cruys, 1961a).

### b) Chicot

L'indice Chicot (Figure 26, Tableau 7, indice n° 2) est localisé à 2 km au nord-est de Lilas sur le flanc ouest de la colline Chicot-Biche (Figure 27). Le filon pegmatitique fut découvert dans le lit d'une petite crique tributaire de la crique Aïmara, elle-même affluent de la crique Sparouine. La reconnaissance de cet indice a été faite par les travaux suivants (Cruys, 1961b) :

- six puits totalisant une profondeur de 21 m ;

- douze tranchées totalisant une longueur de 65 m ;
- trois des tranchées ont été prolongées par des galeries creusées dans le versant de la colline (12,5 m de galerie au total).

Le filon, reconnu sur une longueur de 30 à 40 m, est encaissé dans des amphibolites et des micaschistes de la série du Paramaca. Il présente une orientation ENE-OSO avec un fort pendage nord. Les travaux ont été insuffisants pour pouvoir contraindre la géométrie et la zonation de cette pegmatite. Malgré cela, ils ont permis de distinguer deux zones différentes (Figure 28) :

- une zone grossièrement cristallisée à quartz, feldspath, spodumène (kaolinisé) et traces de lépidolite. La puissance de cette zone n'a pas pu être définie, puisque les tranchées principales et les galeries n'ont pas recoupé le contact pegmatite/Paramaca ;
- une zone de 5 m de puissance à lépidolite, quartz, kaolin, muscovite, tourmaline (verte) dont la proportion de lépidolite est estimée en moyenne à 50 % (proportion variant de 20 à 80 %).

La pegmatite est fortement altérée, la partie superficielle, qui contient une forte proportion de kaolinite, est surmontée par une épaisse couche de colluvions (jusqu'à 4 m d'épaisseur ; Figure 28). Comme pour l'indice Lilas, le spodumène est relativement abondant. Il apparaît sous forme de gros cristaux montrant des stades de kaolinisation plus ou moins poussés. Les échantillons fortement kaolinisés présentent des faibles teneurs en  $\text{LiO}_2$  variant de 0,08 à 0,2 %.

L'altération de la pegmatite ainsi que l'insuffisance des travaux n'ont pas permis d'estimer la longueur totale du filon. En effet, la présence d'éboulis de lépidolite à l'ouest du filon suggère des extensions voir même la présence d'autres filons de pegmatite lithinifère.

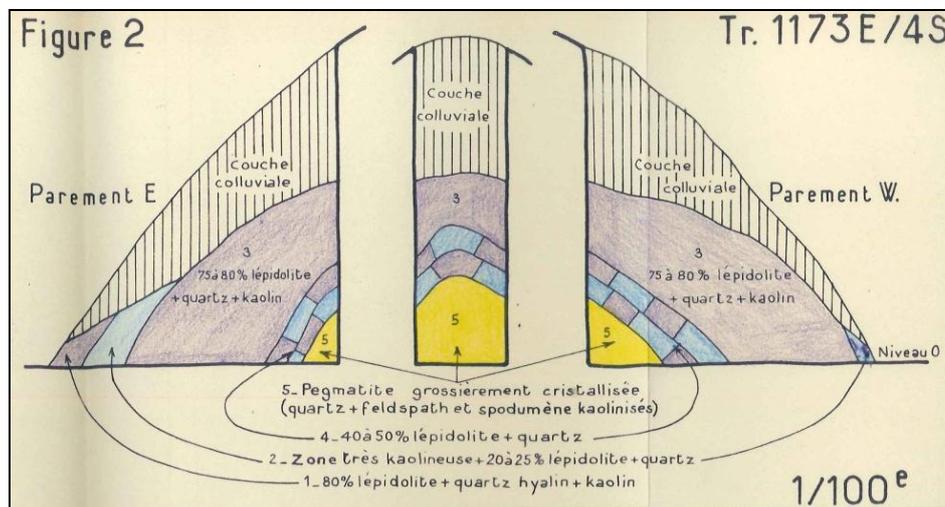


Figure 28 - Coupe schématique de la pegmatite lithinifère de l'indice Chicot réalisée à partir des observations faites sur une tranchée (Cruys, 1961b).

### c) Biche

L'indice Biche (Figure 26, Tableau 7, indice n° 3) est situé sur le flanc est de la colline Chicot-Biche à 1,5 km au nord-est de l'indice Chicot ( ). L'étude de cet indice a été faite par les travaux suivants (Cruys, 1961b) :

- quatre puits totalisant une profondeur de 30 m ;
- deux tranchées d'une longueur respective de 16 et 12 m ;

- une galerie de 21 m.

Le filon pegmatitique de Biche est reconnu sur une longueur de 40 m pour une puissance d'une dizaine de mètres. Il s'oriente selon une direction NE-SO. La zonation est moins marquée que sur les pegmatites précédemment décrites. Le faciès pegmatitique est ici grossier, il se compose de feldspaths (très altérés), de kaolin, de quartz et de lépidolite. L'amblygonite et le spodumène n'y sont pas décrits.

La minéralisation n'est pas répartie sous forme d'amas comme à Lilas, mais elle se distribue au sein de la totalité de la masse pegmatitique (Figure 29). La proportion de lépidolite varie de 5 à 60 %, sans qu'il y ait de teneurs constantes sur de larges zones. Au final, la teneur moyenne est inférieure à 40 %.

Le filon se prolonge en direction du SO vers la colline Chicot-Biche où il se ramifie en plusieurs filonnets de pegmatite faiblement minéralisés. Une extension vers le nord-est est fortement probable également (Cruys, 1961b).

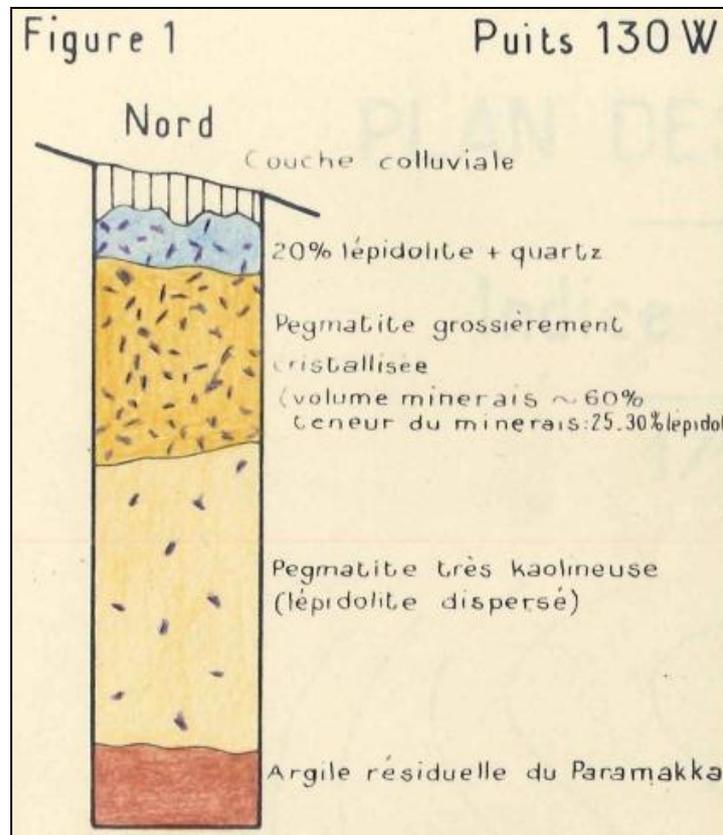


Figure 29 - Coupe schématique de la pegmatite lithinifère de l'indice Biche réalisée à partir des observations faites sur un puits (Cruys, 1961b).

#### d) Tortue

L'indice Tortue (Figure 26, Tableau 7, indice n° 4) qui se trouve à 600-700 m au nord-est de Biche (Figure 27), correspond à des éboulis de lépidolite découverts dans la crique Tortue sur quelques centaines de mètres. Peu de travaux ont été réalisés sur cet indice, seule deux petites tranchées et quelques puits de prospections ont été creusés pour déterminer la provenance des éboulis (Cruys, 1961b).

Cependant, aucune pegmatite minéralisée n'a été découverte, seul un filon de pegmatite non minéralisé à quartz, muscovite, feldspath (kaolinisé) a été recoupé. Les travaux furent insuffisants pour pouvoir localiser le filon minéralisé à l'origine des éboulis de lépidolites. La seule information disponible en termes de teneur est la proportion de lépidolite dans les éboulis variant de 20 à 60 %.

#### **e) Autres indices de pegmatites lithinifères**

Concernant **Accouchi, Moustique et Terminus**, peu d'informations sont disponibles sur ces indices. Il est probable que leurs caractéristiques minéralogiques et géométriques soient analogues aux pegmatites précédemment décrites.

### **5.2.4. Conclusion sur les pegmatites lithinifères**

Après évaluation de tous les critères et au vu des travaux effectués, le résultat donne par ordre d'importance le classement suivant :

- indice Lilas ;
- indice Chicot ;
- indice Biche ;
- indices Tortue, Accouchi, Moustique, Terminus.

L'**indice Lilas semble le plus prometteur** puisque les zones minéralisées sont de grandes tailles et la proportion de minéraux lithinifères est relativement importante. Cependant, en aucun cas, ces indices ne peuvent présenter des cibles minières en l'état actuel des prospections.

Des travaux complémentaires à moyenne profondeur seraient nécessaires pour pouvoir vérifier un certain nombre des caractéristiques des filons (prolongement en profondeur, extension latérale, puissance et zonation des filons, proportion des minéraux lithinifères), le but étant de pour pouvoir établir une estimation plus réaliste des tonnages en lépidolite, amblygonite et spodumène.

## **5.3. ÉTAIN**

### **5.3.1. Historique des travaux**

Les indices de cassitérite ont été découverts par le BMG au cours des prospections alluvionnaires concernant la columbo-tantalite. Comparativement aux indices de columbo-tantalite, il y a eu très peu de travaux détaillés, seules quelques zones en ont fait l'objet de prospections.

### **5.3.2. État des connaissances sur les indices alluvionnaires de cassitérite**

La cassitérite, principal minéral d'étain, est présente dans les **pegmatites lithinifères** ainsi que dans certaine **pegmatites à Nb-Ta** du domaine septentrional. On la retrouve également dans la partie centrale de la Guyane associée à des filons de granite qui recoupent des gneiss, l'ensemble étant à proximité d'intrusion de granite porphyroïde.

Tous autres indices répertoriés (fig. 30) correspondent à des **gîtes alluvionnaires**, dérivant de ces pegmatites et granites. La plupart de ces indices ne présentent aucun intérêt minier. Dans le domaine septentrional, la cassitérite accompagne la columbo-tantalite dans plusieurs placers mais les teneurs sont très faibles ( $< 100 \text{ g/m}^3$ ). Dans le sud, les indices correspondent à des cristaux de cassitérite repérés dans des fonds de batées lors du programme Inventaire du Sud Guyanais (Nagel, 1996), mais là aussi, les concentrations sont trop faibles.

L'indice le plus important du territoire est celui de la **Montagne Déboulé** (fig. 30, et indice n° 15, Tableau 6). Il se situe sur un petit affluent de l'Iracoubo au nord de la crique Alphonse, où les concentrations sont réparties sur environ  $8 \text{ km}^2$  (Blanc *et al.*, 1980). Les travaux détaillés entrepris sur cet indice ont consisté à foncer 56 puits sur toutes les petites criques de la zone. Les teneurs sont faibles, puisque 41 puits sur 56 présentent des teneurs inférieures à  $50 \text{ g/m}^3$ , la teneur maximale étant de  $556 \text{ g/m}^3$ . L'épaisseur moyenne du niveau minéralisé est de 0,40 à 0,50 m et celle du stérile sus-jacent de 1,30 m. Une estimation grossière a fait état de 10 à 20 tonnes de cassitérite.

### 5.3.3. Conclusion sur les indices de cassitérite

Les nombreuses prospections alluvionnaires entreprises dans les années 1960 n'ont pas permis de découvrir d'indices importants de cassitérite. **Les quelques indices répertoriés ne présentent aucun intérêt économique.** Même comme sous-produit de la columbo-tantalite, la cassitérite ne semble pas valorisable en raison des faibles teneurs.

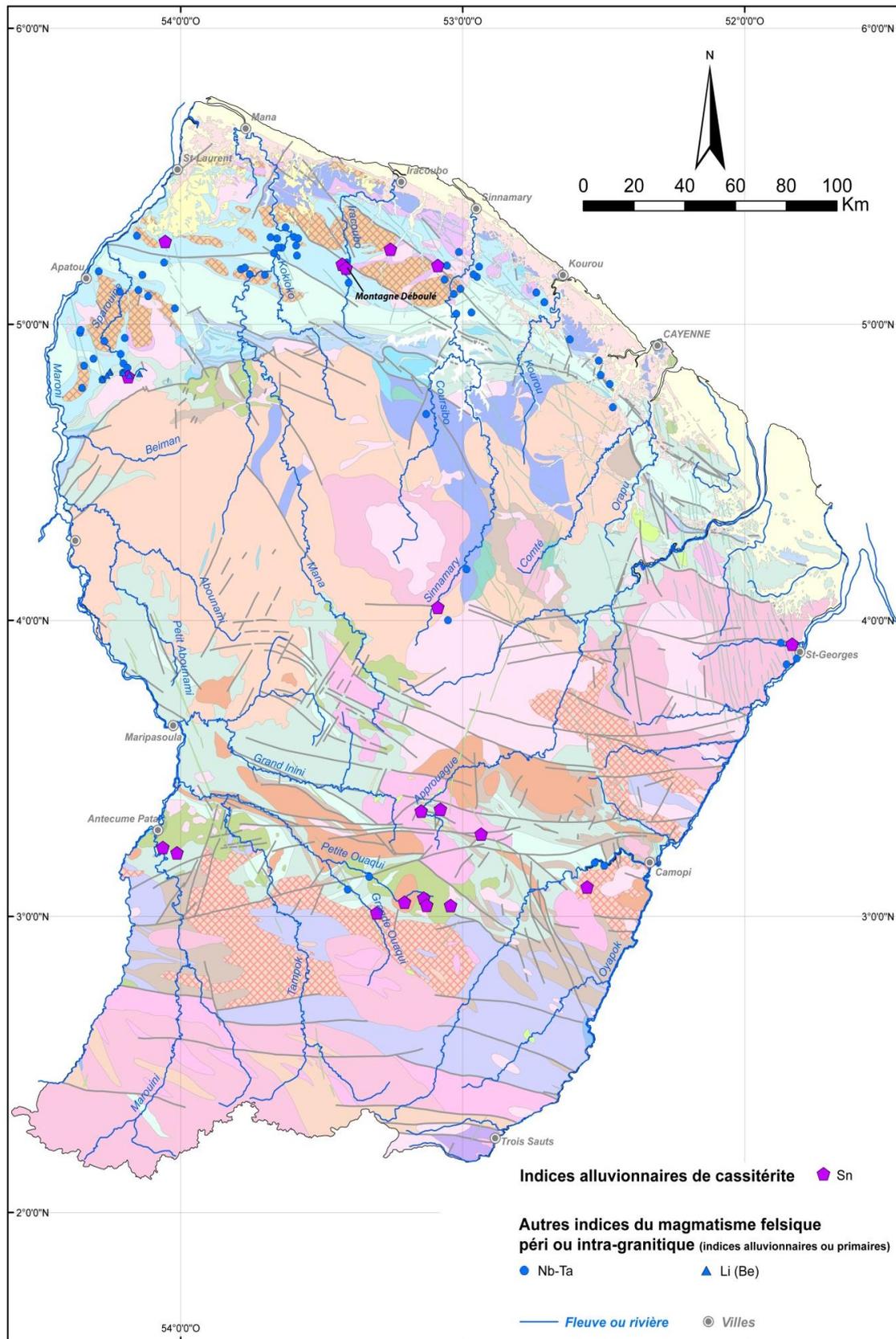


Figure 30 - Localisation des indices de cassitérite en Guyane. Indices d'après Blanc et al. (1980) et carte géologique d'après Delor et al. (2001).

## 6. Bauxite

### 6.1. GÉNÉRALITÉS SUR LA BAUXITE

#### 6.1.1. Gîtologie

La **bauxite** est constituée d'hydroxydes d'aluminium tels que la gibbsite ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), la boehmite et le diaspore ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), la nature des hydroxydes d'Al dépendant des conditions d'oxydo-réduction. Il s'y ajoute des oxy-hydroxydes de fer (hématite, goéthite) et des minéraux argileux (kaolinite, smectite). Cette roche se présente sous une forme graveleuse, massive, pisolithique ou terreuse. Sa couleur varie en fonction de son contenu en impuretés, elle peut être blanchâtre (sans oxyde de fer), jaunâtre (présence de goéthite) ou rougeâtre (présence d'hématite). On distingue deux principaux types de gisement :

- la **bauxite primaire** (dite autochtone ou résiduelle) est de type latéritique puisqu'elle se développe à partir d'un profil d'altération directement aux dépens d'une roche mère riche en alumine. La bauxite primaire représente 85 % des ressources mondiales. Les grandes provinces de bauxite primaire correspondent à des zones continentales stables positionnées sous des latitudes subtropicales telles que l'Afrique de l'Ouest (Guinée), le bouclier guyanais en Amérique du sud (Brésil, Suriname, Venezuela, Guyana), l'Australie ou l'Asie du sud-est (Figure 31) ;
- la **bauxite secondaire** (dite allochtone) est de type détritique puisqu'elle résulte du lessivage et de l'érosion d'une ancienne cuirasse latéritique dont les éléments ont été transportés et piégés dans des bassins sous-jacents ou dans des systèmes karstiques. Les gisements de bauxite secondaire ne produisent qu'une minorité de la production mondiale. Ils sont localisés en Russie, en Chine, dans le bassin méditerranéen (exploitation de bauxite en Grèce, en France dans la région de Baux-de-Provence) et dans les Caraïbes (la Jamaïque est le 6<sup>e</sup> producteur mondial).

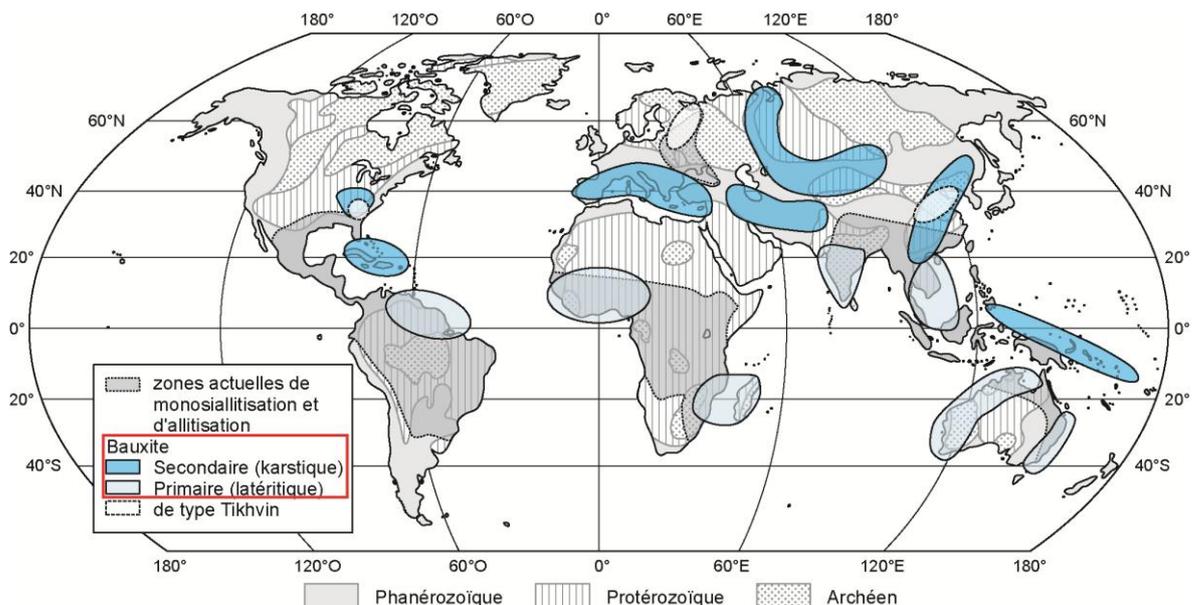


Figure 31 - Répartition mondiale des principales provinces de bauxite selon la typologie des gisements (modifié d'après Jébrak et Marcoux, 2008).

### 6.1.2. Gisements et réserves mondiales

La production mondiale de bauxite en 2011 était de 221 Mt (Tableau 8). Elle est répartie sur cinq des six continents, mais 80 % du minerai bauxitique est produit dans cinq pays (Australie, Chine, Brésil, Inde et Guinée). Les réserves et ressources mondiales sont importantes, avec respectivement 29 Gt et 55 à 75 Gt, elles permettront d'assurer les approvisionnements en bauxite pendant de nombreuses années. Selon les chiffres de l'USGS (2012), les réserves mondiales de bauxite correspondent à 131 ans de production au rythme de 2011. Notons que trois pays (Guinée, Australie, Brésil) concentrent 72 % des réserves.

Pays	Production de bauxite en 2011 (Mt)	Réserves (Mt)	Nombre d'années de réserves
Australie	67.0 (30.3 %)	6 200 (21.4 %)	93
Chine	46.0 (20.8 %)	830 (2.9 %)	18
Brésil *	31.0 (14.0 %)	3 600 (12.4 %)	116
Inde	20.0 (9.0 %)	900 (3.1 %)	45
Guinée	18.0 (8.1 %)	7 400 (25.5 %)	411
Jamaïque	10.2 (4.6 %)	2 000 (6.9 %)	196
Russie	5.8 (2.6 %)	200 (0.7 %)	34
Kazakhstan	5.4 (2.4 %)	160 (0.6 %)	30
Suriname *	5.0 (2.3 %)	580 (2.0 %)	116
Venezuela *	4.5 (2.0 %)	320 (1.1 %)	71
Grèce	2.1 (1.0 %)	600 (2.1 %)	286
Guyana *	2.0 (0.9 %)	850 (2.9 %)	425
Sierra Leone	1.7 (0.8 %)	180 (0.6 %)	106
Vietnam	0.1 (0.1 %)	2 100 (7.2 %)	26 250
Autres pays	2.6 (1.2 %)	3 300 (11.4 %)	1 269
<b>Monde (valeurs arrondies)</b>	<b>221 Mt</b>	<b>29000 Mt</b>	<b>131 ans</b>

\* Pays du bouclier guyanais producteur de bauxite

Tableau 8 - Production et réserves mondiales de bauxite en 2011 (modifié d'après USGS, 2012a).

En raison de la quantité des réserves (131 ans), de leur répartition (pas de monopole d'un seul pays), et des capacités de production, on peut considérer qu'il ne devrait pas y avoir de problèmes d'approvisionnement à l'échelle mondiale à court et moyen terme.

Les **gisements de bauxite** actuellement exploités présentent **des tailles variables** (Figure 32) :

- les gisements de classe mondiale correspondent à des districts dont les ressources sont de l'ordre de 1 Gt – Weipa (1,22 Gt à 53,7 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ; Australie), district de Darling Range (2,5 Gt à 32,5 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ; Australie), Trombetas (780 Mt à 49,5 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ; Brésil) ;
- la majorité des gisements ou districts sont de grande taille (Figure 32), ils présentent des réserves de quelques centaines de millions de tonnes de minerai ;
- des gisements de taille moyenne sont parfois exploités, ils renferment des réserves de l'ordre de quelques dizaines de millions de tonnes (généralement > 40 Mt). Les gisements de petite taille ne sont généralement pas exploités.

<b>Classification de la taille des gisements de bauxite</b>			
<b>Petit</b>	<b>Moyen</b>	<b>Grand</b>	<b>Géant</b>
1 Mt	10 Mt	100 Mt	1000 Mt (classe mondiale)

Figure 32 - Classification de la taille des gisements de bauxite.

Dans la majorité des cas, le minerai exploité présente des teneurs entre 40 et 50 %  $Al_2O_3$ . Néanmoins, certaines compagnies exploitent de la bauxite à faible teneur (30-35 %  $Al_2O_3$ ). C'est le cas de certains gisements en Australie où la bauxite est de mauvaise qualité mais où les tonnages sont extrêmement importants. *A contrario*, les gisements les plus riches présentent des teneurs de 55-65 %  $Al_2O_3$  (Guyane).

La mise en exploitation d'un gisement de bauxite nécessite des **infrastructures lourdes**, que ce soit pour l'extraction du minerai (mine à ciel ouvert impactant de grandes surfaces), pour son transport (convoyeur à bandes, train minéralier, transport fluvial), pour son exportation (port en eau profonde pour accueillir des minéraliers) ou pour la transformation de la bauxite en alumine. Cela dépend de la localisation géographique et des paramètres intrinsèques à chaque gisement, mais on peut considérer qu'il est difficilement envisageable de développer toutes ces infrastructures pour des **projets inférieurs à 300 Mt**.

### 6.1.3. Utilisations

La quasi-totalité (**95 % de la bauxite mondiale**) est utilisée dans le secteur de la métallurgie pour fabriquer de l'aluminium métal. Pour cela, la bauxite est convertie en alumine par le procédé Bayer. Ce dernier consiste à dissoudre et extraire l'alumine de la bauxite par de la soude à haute température et sous pression, Ensuite, l'alumine est fondue puis électrolysée en aluminium métal. Les **5 % de la bauxite mondiale** restants sont calcinés pour être utilisés dans divers domaines : ciment, abrasif, chimie, réfractaire (Roskill, 2008). Notons l'importance de l'aluminium dans l'économie mondiale, puisque sa consommation a doublé en dix ans pour en faire le second métal le plus consommé au monde après le fer.

## 6.2. LA BAUXITE SUR LE BOUCLIER GUYANAIS

### 6.2.1. Brésil

Le Brésil, avec 31 Mt produites en 2011 (14 % de la production mondiale) et 12,4 % des réserves mondiales, se place comme un des acteurs incontournables du secteur de la bauxite et de l'alumine (Tableau 8). Depuis 2002, le Brésil a vu sa production de bauxite augmenter de 250 % (Roskill, 2008). Il existe de nombreuses exploitations de bauxite au Brésil ainsi que de nombreux projets en développement. Ces sites sont répartis principalement dans le nord du Brésil à proximité de l'Amazonie et dans le sud du pays (région de Minas Gerais). En plus des exploitations minières, il existe plusieurs raffineries d'alumine, qui sont soit implantées à proximité des sites d'extraction, soit implantées le long des fleuves et rivières. Dans ce dernier cas, les différentes exploitations les alimentent en minerai par voies navigables. Les gisements du Brésil sont de tailles variables et illustrent différentes problématiques d'exploitation.

**a) Porto Trombetas : Gisement de classe mondiale avec une production de plusieurs millions de tonnes par an, situé au sud du bouclier guyanais en bordure du fleuve Amazone.**

C'est la **seconde plus grosse mine de bauxite au monde** avec **18,1 Mt** produites en 2007 (Roskill, 2008) soit 80 % de la bauxite produite au Brésil (Roskill, 2008). Elle est exploitée par

Mineração Rio do Norte AS (MRN) dans laquelle les plus grandes compagnies minières ont des participations – Vale (40 %), BHP Billiton Metals (14,8 %), Rio Tinto Alcan (12,5 %), Companhia Brasilia de Alumínio (10 %), Alcoa Alumínio (8,6 %), autres (14,1 %). Le site est localisé au nord du pays entre la rivière Trombetas et le fleuve Amazone, à 750 km de l'embouchure de ce dernier. C'est un vaste complexe minier qui s'étend sur plus de 10 km de long et 2 à 4,5 km de large. Le minerai n'est pas transformé sur place, il est exporté vers des usines au Brésil (raffinerie d'Alunorte) ou à l'étranger (USA, Ukraine, Irlande, Grèce, Canada). La bauxite est broyée et lavée sur place, puis transportée par train jusqu'au port de Trombetas à 30 km du site d'extraction où elle est séchée puis mélangée pour obtenir des teneurs et des humidités en accord avec les spécifications des clients.



Figure 33 - Gisement de classe mondiale de Porto Trombetas, Brésil (© Google Earth, 2012).

L'**enclavement** du site en plein milieu de la **forêt amazonienne** et sa taille démesurée en font une **exploitation hors norme**, qui se doit de prendre en compte les particularités de l'environnement où elle est implantée. MRN a un programme de **restauration de la forêt tropicale humide**. Une fois les opérations minières effectuées, les zones d'extraction sont remplies avec les résidus miniers, puis re-végétalisées avec des semis collectés en forêt, l'objectif étant de réhabiliter 50 ha par an, soit 30 % de la surface déboisée annuellement.

#### **b) Paragominas : Gisement de classe mondiale avec transport du minerai par pipeline.**

La mine de Paragominas (Figure 34) se situe au nord-est du Brésil dans l'état du Pará. Elle est exploitée par Companhia Vale do Rio Doce (filiale de Vale). Depuis 2007, date du démarrage des opérations minières, Vale a fait de nombreux investissements, pour faire de Paragominas, un des plus importants districts miniers de bauxite au monde avec une production annuelle pouvant atteindre 14,5 Mt. Les ressources de ce gisement sont considérables puisqu'elles sont estimées à plus d'**un milliard de tonnes**.

Le site étant enclavé à 300 km du littoral sans qu'il y ait de grand fleuve à proximité, et l'environnement étant similaire est celui de la Guyane (**forêt équatoriale dense**), des solutions ont dû être trouvées pour **exporter le minerai**. Traditionnellement, le transport de la bauxite sur de longues distances, se fait par **voies ferroviaires** ou par **convoyeurs à bandes**, mais, à Paragominas, une technique alternative et innovante a été développée. Ceci se fait par un **pipeline** qui transporte le minerai depuis le site d'extraction jusqu'à la raffinerie d'alumine d'Alunorte (Belém), soit **245 km de distance**. En plus d'être économiquement rentable (réduction des coûts de transport), ce mode de transport semble adapté à l'environnement

équatorial, puisque un pipeline offre les avantages d'être plus discret et d'être moins impactant pour l'environnement.



Figure 34 - Gisement de classe mondiale de Paragominas, Brésil (© Google Earth, 2012)

**c) Poços de Caldas : District minier avec plusieurs exploitations de petite taille.**

Le district de Poços de Caldas (sud de la région de Minas Gerais) est composé de nombreux sites d'extraction de petite taille. Au total, la compagnie Geral de Minas qui opère dans la zone (filiale d'Alcoa Alumínio SA) produit environ **1 Mt de bauxite par an** provenant d'une vingtaine de sites d'extraction ayant chacun des capacités de production de **3 000 t/an à 220 000 t/an**.

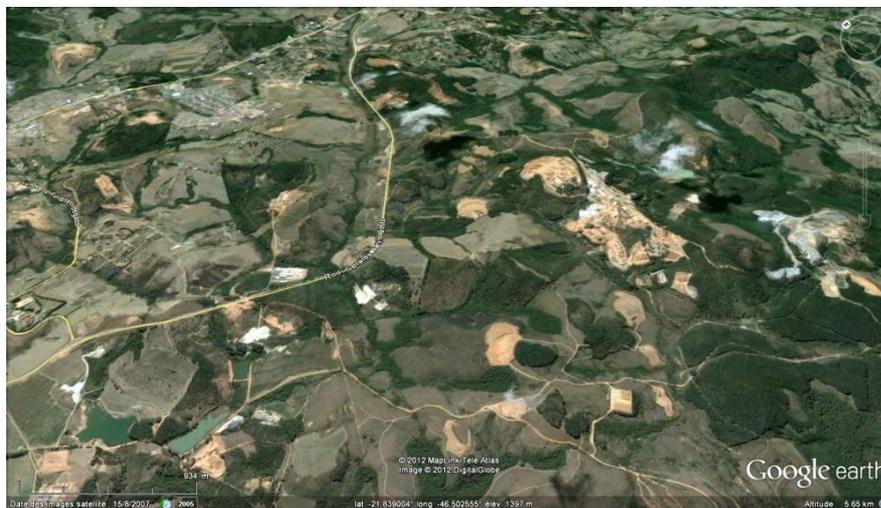


Figure 35 - District minier de Poços de Caldas (Brésil) composé de plusieurs exploitations de petite taille (© Google Earth, 2012).

Le district de Poços de Caldas est localisé dans une région où les secteurs agricoles et urbains sont fortement développés, ce qui est différent de l'environnement Guyanais. Cependant, il est intéressant de souligner qu'il n'existe pas que des gros complexes miniers, et que **ces exploitations de petites tailles**, concentrées dans un même secteur, sont également **économiquement viables**.

## 6.2.2. Vénézuéla

Avec 4,5 Mt en 2011, le Vénézuéla est le 10<sup>e</sup> producteur mondial de bauxite (Tableau 3). Toute la production est issue d'un même gisement (Los Pijiguaos) appartenant à CAV (Corporacion Aluminios de Venezuela). Le gisement de Los Pijiguaos dont les réserves sont de l'ordre de **200 Mt à 50 %  $Al_2O_3$**  est un gisement de plateau avec un très grand potentiel. En effet, il est situé sur un plateau tabulaire de grande dimension (23 km sur 13 km) qui lui permet d'envisager des ressources de plusieurs milliards de tonnes (estimées à 5 Gt de bauxite en 2008). Ce gisement est enclavé au milieu du territoire vénézuélien à 450 km du littoral. Le minerai est exporté par convoyeur, puis par rail jusqu'au port d'El Jobal (50 km du site d'extraction), où il est expédié par barges sur la rivière Orénoque jusqu'à l'usine de Matanzas, située à plus de 650 km en aval du lieu de production où il est transformé en alumine (Roskill, 2008). Malgré ces **conditions d'exploitation contraignantes** (infrastructures de transport coûteuses), l'exploitation de Los Pijiguaos est économiquement viable en raison de sa taille.



Figure 36 - Exploitation du gisement de bauxite de Los Pijiguaos, Vénézuéla (© Google Earth, 2012).

## 6.2.3. Suriname

Le Suriname est le 9<sup>e</sup> producteur de bauxite avec 5 Mt produites en 2011. Les gisements historiquement exploités sont situés au nord du pays à **quelques dizaines de kilomètres du littoral** (Figure 38). Il existe une raffinerie à 30 km au sud de Paramaribo (capitale) qui permet de produire de l'alumine qui est ensuite exportée vers la Norvège, le Canada, les USA et la France (Roskill, 2008). Toute la production de bauxite et d'alumine du Suriname est dans les mains de Suralco, filiale d'Alcoa et de BHP Billiton. La filière bauxite est très importante pour l'économie du Suriname puisque les exports d'alumine constituent plus de 80 % de ses exportations vers l'extérieur.

Contrairement aux gisements précédemment décrits (gîtes latéritiques de plateau), les gisements du Suriname sont principalement des gîtes de plaine côtière. Leur mise en place n'est pas liée à la latéritisation d'un socle précambrien comme c'est généralement le cas pour les gîtes de plateau du bouclier guyanais, mais à l'évolution mésozoïque et cénozoïque de la plaine côtière le long du littoral Atlantique (Bardossy et Aleva, 1990 ; Figure 37) :

- 80 Ma et plus : pénéplation de l'actuelle plaine côtière durant le Mésozoïque et dépôt localement de sédiments Jurassique et Crétacé en discordance sur le socle précambrien ;

- 80-55 Ma : dépôt de sédiments détritiques (gravier, sable et argile) sur l'ensemble de la plaine côtière durant le Crétacé supérieur et le Paléocène à la faveur d'un épisode transgressif ;
- 55-30 Ma : mise en place durant l'Éocène (climat chaud et humide) des niveaux de bauxite par latéritisation des formations paléocènes suite à une régression du niveau marin (diminution du niveau de base). Durant l'Oligocène, la pérennité de l'épisode régressif entraîne l'érosion des formations sédimentaires (incision de profondes vallées et formation de plateau tabulaire.) Ceci a eu pour conséquence de segmenter les niveaux bauxitiques et donc d'en réduire le volume de manière importante ;
- 30 Ma à l'actuel : nouvel épisode transgressif et recouvrement des formations bauxitiques par une couverture sédimentaire cénozoïque (sédiments fluviaux et deltaïques argilo-sableux).

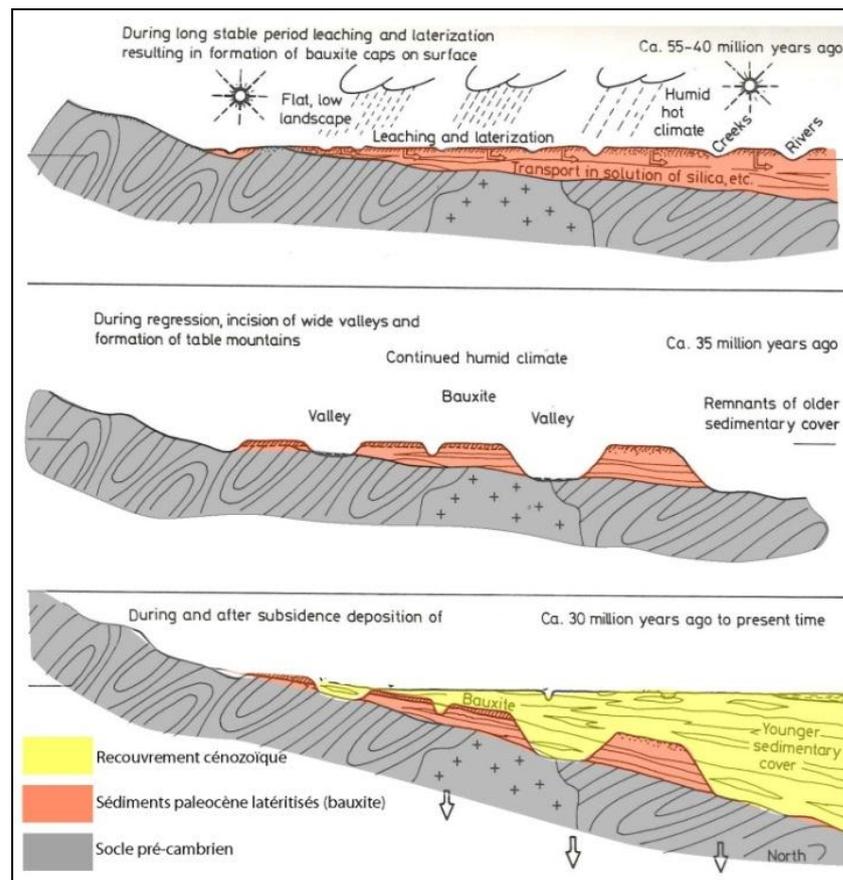


Figure 37 - Génése des gîtes bauxitiques de plaine côtière du Suriname (modifié d'après Bardossy et Aleva, 1990).

Ces gisements dits de plaine se présentent donc sous la forme de niveaux bauxitiques de plusieurs mètres de puissance (1 à 5 m) qui peuvent être à l'affleurement ou bien recouvert par des sédiments cénozoïques. Au total, on distingue trois secteurs dans le nord du Suriname qui présentaient des mines en exploitation jusqu'à récemment (Figure 38) : le **district de Moengo** (mine de Coermotibo), le **district de Onverdact** (mine de Lelydorp III) et le secteur de **Kaimangrassie** (mines de Kaimangrassie, Caramacca et Klaverblade).

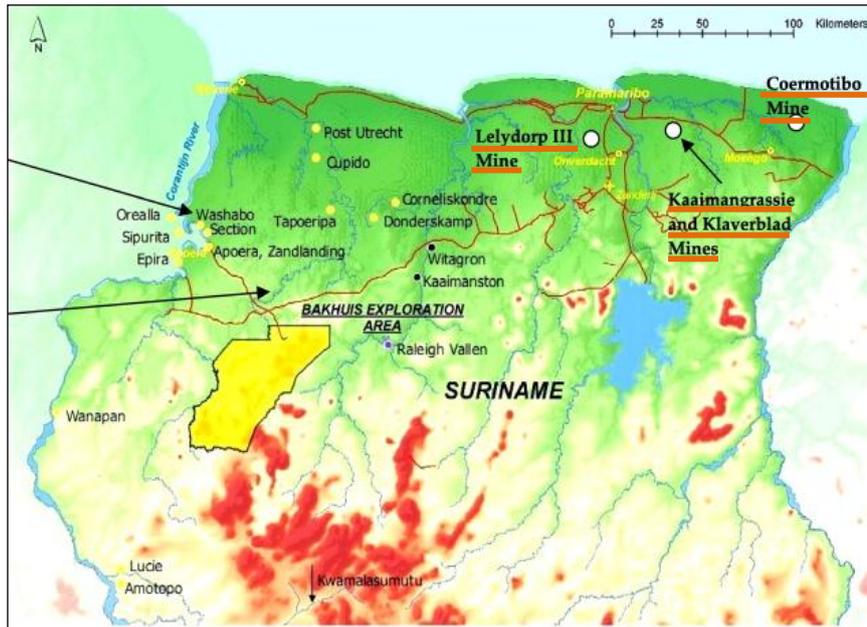


Figure 38 - Localisation des exploitations de bauxite au Suriname (Haalboom, 2012).

Le **district de Moengo (mine de Coermotibo)** correspond au gisement historique du Suriname. Il se situe à proximité de la ville de Moengo à seulement 25 km de la frontière guyanaise et à 35 km du littoral. Du fait de la diminution des réserves, cette mine a théoriquement cessé ses activités en 2010. Elle avait une capacité de production de 1,7 Mt par an.



Figure 39 - District de Moengo (gîtes de plaine) à proximité de la frontière guyanaise (© Google Earth, 2012).

Le **district d'Onverdacht** (Figure 40) qui se trouve à proximité de la capitale est le second site historique du Suriname. La mine de Lelydorp III dont les capacités de production étaient de 3 Mt/an a été arrêtée en 2007 à cause de la diminution des réserves. Notons que la raffinerie d'alumine qui est implantée dans ce district, présente les plus bas coûts de production au monde (pas ou peu de transport entre les sites d'extraction et l'usine, énergie peu chère grâce à une centrale hydro-électrique, faible coût de la main d'œuvre).

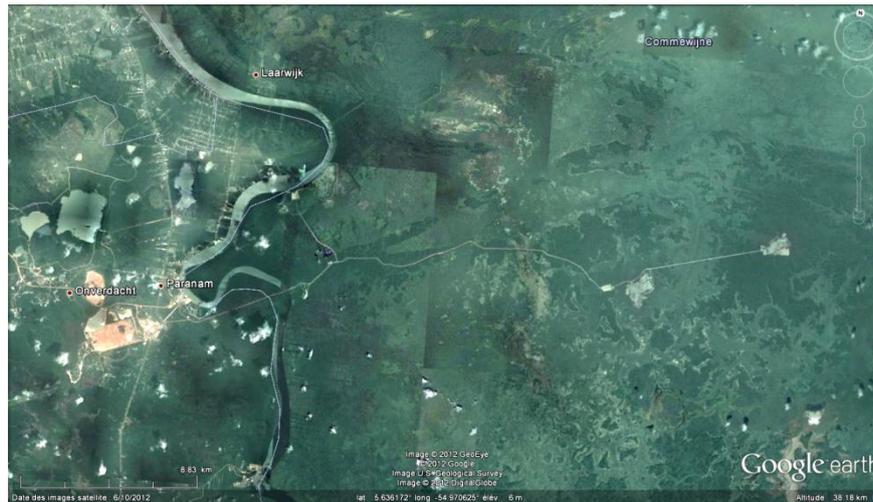


Figure 40 - De gauche à droite, on distingue le district d'Onverdacht (mine de Lelydorp III), la mine de Kaimangrassie (6-8 Mt) et la mine de Caramacca (3 Mt) (© Google Earth, 2012).

Pour pouvoir alimenter la raffinerie d'alumine, **des petits gisements de quelques millions de tonnes** (2 à 8 Mt) ont été mis en exploitation à proximité du district d'Onverdacht (Figure 40). La mine de Kaimangrassie a débuté sa production en 2006 et devait être exploitée jusqu'en 2009 (Roskill, 2008) avec une production annuelle de 2 Mt. À partir de 2008, la mine de Caramacca (7 km à l'est de Kaimangrassie), dont les ressources étaient de 3 Mt, est également entrée en exploitation. De la même manière et pour une production annuelle équivalente (2 Mt/an), la mine de Klaverblad a ouvert en 2007 dans le même secteur (Roskill, 2008).

Parallèlement à ces gîtes de plaine, il existe des gîtes de plateau (montagnes Nassau, Leyl et Bakhuis), mais à l'heure actuelle, la distance et la topographie sont trop contraignantes et empêchent tout développement de projet. Seul le secteur de Bakhuis a fait récemment l'objet de travaux d'exploration avec la création d'une ligne de chemin de fer. En effet, pour remplacer les petites exploitations de bauxite précédemment décrites qui ont interrompu leur activité, un projet a été développé dans les montagnes de Bakhuis en 2007. Au total, 500 M\$ ont été investis et ont permis de démontrer des réserves de 180 Mt, ainsi que des ressources de 630 Mt. La mine de Bakhuis devait ouvrir en 2010 ou 2011 pour une capacité de production de 6,9 Mt/an.

#### 6.2.4. Guyana

Le Guyana est le **12<sup>ème</sup> producteur de bauxite** avec **2 Mt** produites en 2011 et **850 Mt** de réserves. Le secteur de la bauxite au Guyana présente des particularités par comparaison aux autres pays producteurs de bauxites en Amérique du sud et aux Caraïbes :

- il n'y a **pas de raffinerie d'alumine** au Guyana, toute la production de bauxite est exportée, principalement vers l'Ukraine et les USA. Des projets de raffinerie sont actuellement en cours de développement ;
- les caractéristiques de la bauxite sont particulières : **teneur en  $Al_2O_3$  élevé** (> 60 %  $Al_2O_3$ ) et **teneur en fer extrêmement basse** (1 à 3 %  $Fe_2O_3$ ). En raison de ses qualités, elle est calcinée pour être employée dans l'industrie des réfractaires et des abrasifs. La bauxite du Guyana est notamment reconnue comme étant **la meilleure qualité de bauxite pour l'industrie des briques réfractaires**.

Comme pour le Suriname, les gisements de bauxite du Guyana sont des gîtes présentant un recouvrement sédimentaire lié à l'évolution cénozoïque de la plaine côtière. Le recouvrement est de l'ordre de 30 m d'épaisseur, ce qui augmente les coûts de production.

Il existe trois districts au Guyana qui sont du nord au sud : **Linden**, **Ituni** et **Kwakwani**. Au sein de ces derniers, il existe quelques mines en activité, des projets d'exploration ainsi que des projets de raffinerie d'alumine. Comme pour le Venezuela, le Suriname et le Brésil, l'environnement du Guyana ainsi que les distances imposent la **présence de moyens logistiques lourds** pour transporter le minerai jusqu'à la côte (rail et voie fluviale).

### 6.2.5. Implications pour la Guyane

Hormis la Guyane, tous les pays du bouclier guyanais sont des **producteurs de bauxite**. On peut considérer que les gisements exploités sur le bouclier guyanais sont de deux types : les gîtes de plateau et les gîtes de plaine côtière. La Guyane ayant subi la même évolution géomorphologique, climatique et sédimentologique au cours du cénozoïque, il est probable qu'elle présente sur son territoire des éventuelles ressources en bauxite au même titre que ces voisins.

De plus, en considérant seulement le facteur technico-économique, les quelques exemples d'exploitations précédemment détaillés montrent qu'il est envisageable d'exploiter des gisements de bauxite dans **un environnement de type Guyane**. En effet, les caractéristiques des quelques exploitations détaillées précédemment montrent que :

- il est concevable d'exploiter des gisements de bauxite sur le bouclier guyanais, et cela **malgré les conditions d'accessibilité** liées à la forêt tropicale humide. La proximité de la côte (quelques dizaines de kilomètres) est la configuration la plus favorable, toutefois à certaines conditions, une exploitation peut être envisagée sur un gisement **enclavé** à plusieurs centaines de kilomètres du littoral. Cependant, cela nécessite **des infrastructures lourdes** pour pouvoir exporter le minerai (exemple de Los Pijiguaos au Venezuela, de Porto Trombetas et de Paragominas au Brésil et des mines en exploitation au Guyana) ;
- des **gisements de toutes tailles peuvent être exploités**, du gisement de classe mondiale (Porto Trombetas au Brésil) jusqu'aux districts composés d'un groupe de petits sites d'extraction (district de Kaimangrassie au Suriname) ;
- plusieurs modèles économiques sont possibles : **transformation du minerai sur place** (exemple de Poços de Calcas au Brésil), **exportation du minerai** non transformé jusqu'à une usine de traitement en Amérique du sud ou à l'étranger (exemple de Porto Trombetas au Brésil et des exploitations au Guyana) ;
- les acteurs mondiaux de la bauxite sont bien implantés en Amérique du sud, des **opérateurs miniers** jusqu'aux **exploitants de raffineries d'alumine**.

## 6.3. HISTORIQUE DES TRAVAUX EN GUYANE

Les deux types de gîtes présentés précédemment (gîtes de plaine côtière et de plateau) ont été prospectés sur le territoire guyanais.

Les **gîtes de plaine** ont fait l'objet d'une campagne spécialement dédiée par le BMG. Celle-ci a consisté à rechercher des niveaux de bauxite dans les sédiments de la plaine côtière qui ne sont présents qu'au nord-ouest entre Saint-Laurent-du-Maroni et Sinnamary (Cruys, 1960). Pour cela, des reconnaissances de surface (layonnage) ainsi que des prospections par

sondage ont été réalisées de 1956 à 1960 (Tableau 9). Au total, 236 sondages de différents types ont été réalisés (sondages carottés, sondages à main, sondages à la tarière).

PÉRIODE	OPÉRATEUR	SECTEUR GÉOGRAPHIQUE	TYPE DE TRAVAUX	RÉFÉRENCES
1949 à 1950	BMG	Montagnes de Kaw	- Prospection volante	BMG (1955)
1951	BMG	Montagnes de Kaw	- Prospection semi-systématique par puits (510 puits)	BMG (1955) BRGM (1978)
1952 à aout 1954	BMG	Montagnes de Kaw	- Layonnage - Prospection systématique par sondage tarière (6 146 sondages) - Evaluation des réserves	BMG (1955) BRGM (1978)
1953	BMG	Montagne de l'Observatoire	- Layonnage et échantillonnage de surface	Blanc <i>et al.</i> (1980) Milési <i>et al.</i> (1995) Madon (1955)
1955	BMG	Montagnes Tortue	- Pas d'information disponible	Blanc <i>et al.</i> (1980) Milési <i>et al.</i> (1995)
1956 à 1960	BMG	Zone côtière entre St-Laurent et Sinnamary	- Levés de surface et sondages (236 sondages)	Blanc <i>et al.</i> (1980) Cruys (1960)
1956	PECHINEY	Montagnes de Kaw	- Avant-projet d'usine de traitement du minerai - Réévaluation des réserves	BRGM (1978)
1956	BMG	Montagne de la Trinité	- Observation de surface	BRGM (1978)
1956	BMG	Montagne Lucifer	- Pas d'information disponible	Blanc <i>et al.</i> (1980) Milési <i>et al.</i> (1995) Riera (1956)
1959 à 1960	KAISER	Montagnes de Kaw	- 29 sondages de contrôle pour vérifier les résultats des sondages réalisés par le BMG de 1952 à 1954 - Evaluation des réserves	BRGM (1978)
1961	BMG	Montagne Française	- Layonnage et échantillonnage de surface	Volker (1963)
1963	BMG	Montagne Plomb	- Layonnage et échantillonnage de surface	BRGM (1963)
1971 à 1973	ALCOA	Montagnes de Kaw	- 383 sondages de contrôle - Evaluation des réserves	BRGM (1978)
1975 à 1978	BRGM	Montagnes de Kaw	- Mise en place d'un projet d'exploitation et d'exportation du minerai - Evaluation des réserves par méthode géostatistique	BRGM (1978)

Tableau 9 - Historique des travaux concernant la prospection de la bauxite en Guyane.

Comparativement, les **gîtes de plateau**, localisés sur les reliefs, ont fait l'objet d'un plus grand nombre de travaux. La présence de bauxite a été signalée pour la première fois en 1914 dans le secteur de la grotte de Fourgassié (nord-ouest de la Montagne de Kaw). Dans les années 1950 et au début des années 1960, de nombreuses cuirasses bauxitiques ont été signalées lors des missions de prospection générale du BMG. À la suite de cela, les indices les plus prometteurs ont fait l'objet de missions de prospection spécifique (Tableau 9), et des travaux superficiels (layonnage et échantillonnage). Dans la plupart des cas, les travaux n'ont pas été plus poussés et ne sont restés qu'à ce stade préliminaire.

Seul le secteur de la Montagne de Kaw, qui est l'indice le plus intéressant, a fait l'objet de travaux plus conséquents (Tableau 9) :

- après une période de prospection régionale de 1949 à 1950, le BMG a réalisé des travaux semi-systématiques (prospection par puits) puis des travaux systématiques par sondages (6146 sondages) de 1951 à 1954. À la suite de cela, une première estimation des réserves a été faite (BMG, 1955) ;
- en 1956, PECHINEY (groupe industriel français historiquement implanté dans le domaine de l'aluminium) a étudié la faisabilité d'une usine d'alumine transformant directement le minerai sur place. Lors de cet avant-projet, PECHINEY a réévalué le potentiel du gisement de Kaw en se basant sur les travaux du BMG (BRGM, 1978) ;
- par la suite, l'entreprise KAISER Aluminium en 1959-1960, et la société ALCOA en 1971-1973 se sont intéressées au gisement. Elles ont effectué des campagnes de sondages pour contrôler les résultats du BMG, puis elles ont élaboré des avant-projets, aucun n'a abouti sur une véritable exploitation ;
- en 1975, le BRGM, poussé par la volonté des pouvoirs publics de développer le territoire guyanais, a entrepris l'examen de la faisabilité technico-économique de l'exploitation de Kaw en vue d'exporter le minerai (BRGM, 1978). En se basant sur les campagnes successives du BMG, de KAISER et d'ALCOA, le BRGM a donc entrepris la réévaluation des réserves en utilisant une approche géostatistique.

## **6.4. ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES INDICES DE BAUXITE EN GUYANE**

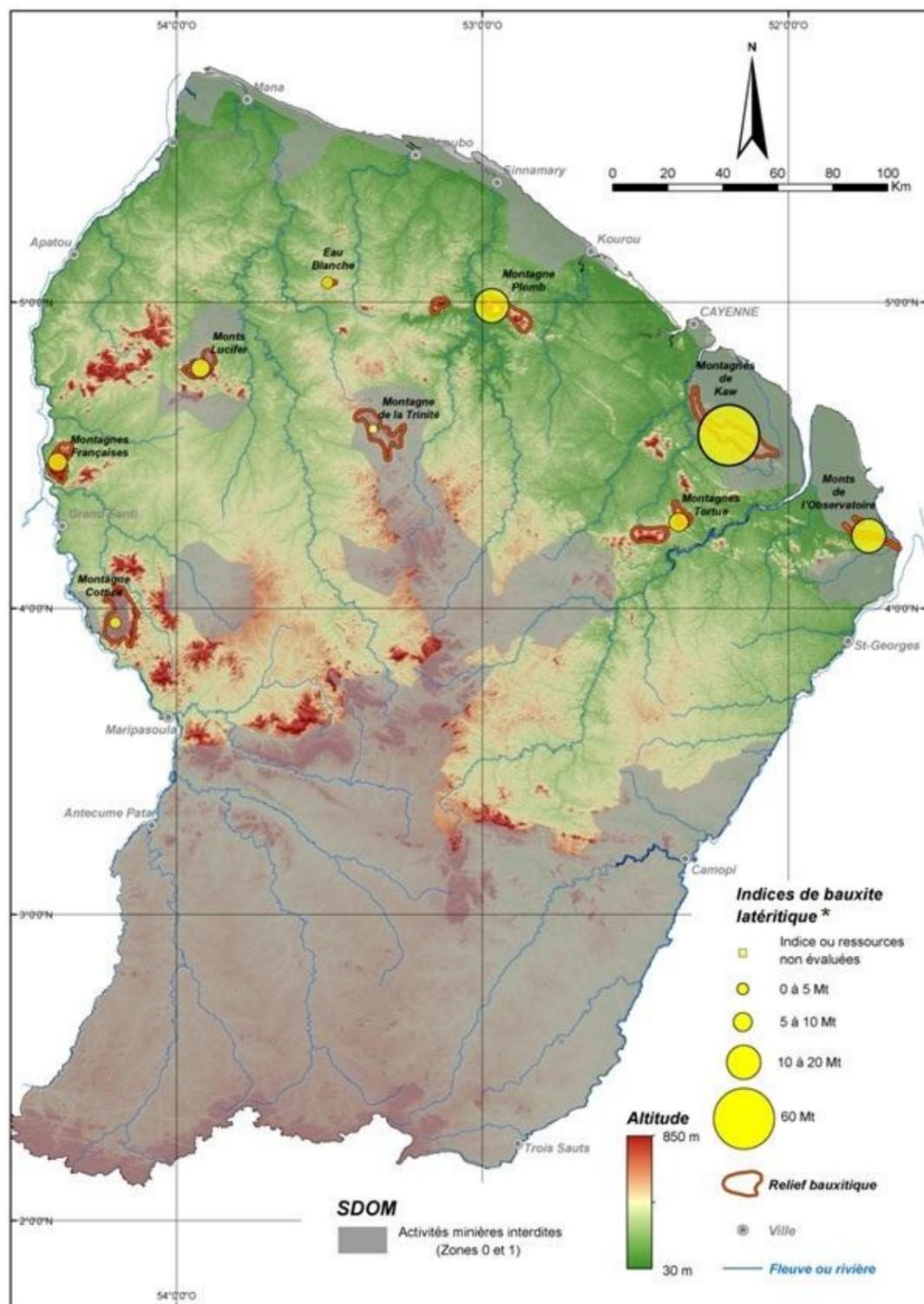
### **6.4.1. Gîtes de plaine côtière**

Les prospections concernant les gîtes de plaine se sont avérées négatives. Les nombreux sondages ont bien recoupé des paléo-surfaces d'altération et des zones de kaolin mais aucun niveau bauxitique (Cruys, 1960). Aucune gîte équivalent aux gisements du Suriname, pourtant situés à quelques dizaines de kilomètres à l'ouest du Maroni, n'a été mis en évidence par ces travaux. Ceci s'explique par la géométrie de la plaine côtière qui a tendance à fortement se rétrécir lorsque l'on passe du Suriname à la Guyane. Au Suriname, la plaine côtière présente une largeur de 70 km, alors qu'à l'est du Maroni sa largeur se resserre pour atteindre une dizaine de kilomètres maximum en Guyane. Il est aussi possible d'expliquer cela par le fait que le soulèvement, au Suriname, à l'origine des reliefs côtiers bauxitisés, a été accompagné dans l'ouest guyanais, par un enfoncement des séries sédimentaires, peu propice au développement latéritique.

### **6.4.2. Gîtes de plateau**

Les prospections concernant les gîtes de plateau ont permis de découvrir neuf indices de bauxite. Ils sont répartis dans la partie septentrionale de la Guyane, au niveau de reliefs de 200 à 400 m d'altitude. La bauxite s'est développée à partir d'un profil d'altération, directement au dépens d'un substratum ancien silico-alumineux tel que des intrusions mafiques (gabbros du Monts Lucifer et du massif nord-est des Montagnes Tortues) ou tel que les formations volcano-sédimentaires dites du Paramaca (indices des Montagnes de Kaw, des Monts de l'Observatoire, des Montagnes Plomb et des Montagnes Tortue).

Dans la suite de ce rapport, les caractéristiques des différents indices sont décrites selon l'état des connaissances : travaux de prospection, géométrie des niveaux bauxitiques, teneurs, estimation des ressources, accessibilité, etc.).



\* Seule l'évaluation des ressources de de la Montagne de Kaw fut réalisée à partir de sondages. Pour les autres indices, les estimations de ressources ne sont préliminaires puisqu'elles ont été faites à partir de travaux superficielles et par extrapolation des résultats obtenus à Kaw.

Figure 41 - Localisation et ressources des indices de bauxite latéritique sur le territoire guyanais. Indices d'après Blanc et al. (1980).

INDICE	GÎTE	SUBSTRATUM	TRAVAUX DE PROSPECTION		GEOMETRIE DE LA MINERALISATION				EVALUATION DES RESSOURCES EN BAUXITE				ACCESSIBILITE	CONTRAINTES ADMINISTRATIVES	REFERENCES	
			Date	Détail des travaux	Nb d'amas	Superficie zone minéralisée	Epaisseur niveau minéralisé	Epaisseur du recouvrement	Teneur de coupure	Ressources	Teneur	Méthode d'estimation				
Kaw	Bauxite latéritique de plateaux (Al)	Schistes volcano-sédimentaires et méta-volcanites (Paramaca)	1952 à 1954	- Ciblage de 19 zones par layonnage au 500 m - 6146 sondages tarière à la maille de 50 m x 50 m	19	535 ha	4 m	1 m	35 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	59 Mt	43.3 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.7 % SiO <sub>2</sub> 25 -27 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4 % TiO <sub>2</sub>	- Estimation basée sur l'interpolation de nombreux sondages par une méthode géostatistique		- <b>SDOM</b> : zone 0 (activités minières interdites) - ZNIEFF 1 - Parc naturel régional - Réserve naturelle	- Blanc et al. (1980) - Milési et al. (1995) - BRGM (1978) - BMG (1955a)	
			1959 à 1960	- 29 sondages de contrôle (sondages carrotés)												
			1971 à 1973	- 383 sondages de contrôle (sondages carrotés)												
Monts de l'Observatoire	Bauxite latéritique de plateaux (Al)	Schistes volcano-sédimentaires (Paramaca)	1953	- Layonnage - Peu d'information disponible	4 ?					19.2 Mt	35 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- Estimation faite probablement par extrapolation des résultats obtenus à Kaw	- 5 km du littoral (Baie de l'Oyapock) - Proximité du village de Ouanary	- <b>SDOM</b> : zone 0 et 1 (activités minières interdites) - ZNIEFF 1	- Blanc et al. (1980) - Milési et al. (1995) - Madon (1955)	
Montagnes Tortue	Bauxite latéritique de plateaux (Al)	Gabbro et schistes volcano-sédimentaires (Paramaca)	1955 et 1960	- Aucune information disponible						6 Mt	40 à 45 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- Estimation faite probablement par extrapolation des résultats obtenus à Kaw	- Présence d'une piste qui traverse l'ensemble des reliefs - Route reliant Cayenne à Regina à 20 km à l'ouest	- <b>SDOM</b> : zone 3 (activités minières autorisées)	- Blanc et al. (1980) - Milési et al. (1995)	
Montagnes Plomb	Bauxite latéritique de plateaux (Al)	Schistes volcano-sédimentaires, quartzites et méta-volcanites (Paramaca)	1963	- Layonnage tous les 500 m - Echantillonnage tous les 100 m - Teneurs évaluées par estimation visuelle	2 amas de taille plus importante	400 à 500 ha	5 m ?	2.5 m	35 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10 à 20 Mt	> 35 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- Estimation par extrapolation des résultats obtenus à Kaw	- Présence d'une piste qui traverse l'ensemble des reliefs - Route du barrage de Petit-Saut à 10 km - 40 km du littoral	- <b>SDOM</b> : zone 2 (activités minières autorisées) - ZNIEFF 2 (NW du massif)	- BRGM(1963) - Blanc et al. (1980) - Milési et al. (1995)	
Montagne de la Trinité	Bauxite latéritique de plateaux (Al)	Gneiss granodioritique et monzogranite	1956	- Observation de surface	Amas de bauxite peu étendus et blocs isolés									- Enclavé au centre du domaine nord Guyanais à plus de 100 km du littoral - Présence d'une piste qui traverse les reliefs	- <b>SDOM</b> : zone 0 (activités minières interdites) - ZNIEFF 1 - Réserve naturelle	- Blanc et al. (1980)
Eau Blanche	Bauxite latéritique de plateaux (Al)	Schistes	Aucune information disponible				< 10 ha				1.5 Mt	55 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 1 % SiO <sub>2</sub>	- Estimation faite probablement par extrapolation des résultats obtenus à Kaw	- Enclavé à 60 km au sud du littoral - Présence d'une piste qui traverse les reliefs	- <b>SDOM</b> : zone 2 (activités minières autorisées)	- Blanc et al. (1980)
Monts Lucifer	Bauxite latéritique de plateaux (Al)	Gabbro	1956	- Aucune information disponible	2	220 ha	2.5 m			6 Mt	43 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- Estimation faite probablement par extrapolation des résultats obtenus à Kaw	- Enclavé au NW de la Guyane à 110 km du littoral - 70 km d'Apatou et de la rivière du Maroni	- <b>SDOM</b> : zone 0 (activités minières interdites) - ZNIEFF 1	- Blanc et al. (1980) - Milési et al. (1995) - Riera (1956)	
Montagnes Françaises	Bauxite latéritique de plateaux (Al)	Schistes volcano-sédimentaires et méta-volcanites (Paramaca)	1961	- Layonnage tous les 2 km et échantillonnage - Teneurs évaluées par estimation visuelle		88 ha	5 m ?		35 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.8 Mt	> 35 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- Ressources estimées uniquement à partir d'informations de surface - Epaisseur du niveau minéralisé estimée par analogie à Kaw	- 150 km au sud de St-Laurent-du-Maroni - Rive droite du Maroni	- <b>SDOM</b> : zone 2 et 3 (activités minières autorisées) - ZNIEFF 2	- Blanc et al. (1980) - Volker (1963)	
Montagne Cottica	Bauxite latéritique de plateaux (Al)	Méta-volcanites (Paramaca)		- Reconnaissance de terrain - Pas de prospection détaillée	Résidus de latérites bauxitique						3 Mt	40 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- Evaluation grossière	- 45 km au nord de Maripasoula - Rive droite du Maroni	- <b>SDOM</b> : zone 1 (activités minières interdites)	- Blanc et al. (1980)

Tableau 10 - Caractéristiques des indices de bauxite de Guyane.

### a) Kaw

La Montagne de Kaw est située au sud-est de Cayenne entre les estuaires de l'Approuague et du Mahury. Elles forment une ligne de crête tabulaire de direction NO-SE qui s'étend sur près de 40 km entre le village de Roura au nord-ouest, et celui de Kaw au sud-est. L'altitude du plateau varie de 250 à 350 m. La géométrie de la chaîne n'est pas symétrique, la partie nord est plus étroite (1,5 km de large) alors que la partie sud forme un large plateau de 4 à 5 km de large. Dans le détail, l'appellation *la Montagne de Kaw* correspond à différents reliefs qui sont du nord-ouest au sud-est les Montagnes Anglaises, la Montagne de Roura, la Montagne Fourgassié, la Montagne Gabrielle, la Montagne Trésor, la Montagne de Kaw et la Montagne Favard (Figure 42). Ces montagnes sont bordées à l'est par une zone de plaine marécageuse (« Les Marais de Kaw ») et à l'ouest par le fleuve Mahury et ses affluents (rivières Oyac et Orapu) qui peut être remontés par des bateaux de petite taille. En plus de sa position géographique avantageuse, l'accès au site est facile puisque une route, au départ de Roura, traverse le massif sur toute sa longueur. La montagne de Kaw est située dans une zone sensible en termes de protection environnemental et correspond à une zonation SDOM de niveau 0 (activité minière interdite).

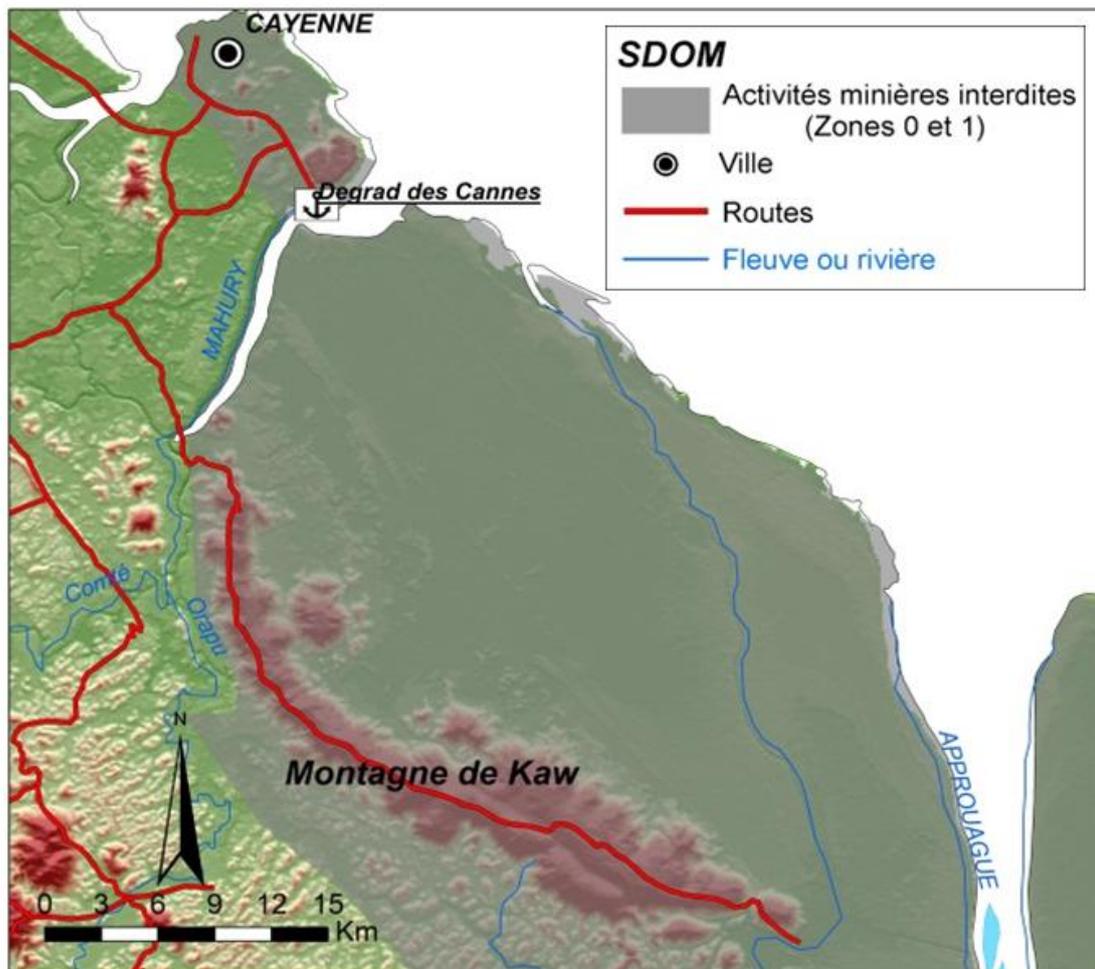


Figure 42 - Contexte géographique de la Montagne de Kaw.

### • Géologie des Montagnes de Kaw

Géologiquement, le substratum de la Montagne de Kaw est constitué de schistes volcano-sédimentaires et de roches volcaniques (Paramaca). Localement, des gabbros (Montagnes Anglaises, Montagne Gabrielle) peuvent également être observés. L'ensemble est fortement altéré et latéritisé. Au-dessus de la roche saine, on distingue une **zone argileuse saprolitique** de plusieurs dizaines de mètres (recoupement pas sondage de la roche saine à 70 m) surmontée par une **cuirasse latéritique** d'épaisseur variable (BRGM, 1978). Les fortes épaisseurs se rencontrent sur les bordures du plateau (cuirasse latéritique de plus de 20 m). Dans les parties planes, on ne trouve que des blocs de latérite disséminés dans l'argile.

### • Campagnes de prospection

Le gîte de Kaw a donné lieu successivement à plusieurs campagnes de reconnaissance qui ont permis de déterminer la géométrie du gisement et d'en évaluer les réserves :

- *Campagne du BMG* : une première campagne de prospection semi-systématique par puits a été entreprise en 1951 (510 puits). De 1952 à 1954, le BRGM a été ensuite réalisé un travail de prospection systématique sur l'ensemble de la Montagnes de Kaw comprenant un layonnage régulier à la maille de 500 m et une reconnaissance visuelle complétée par un échantillonnage. Ceci a permis de délimiter 19 zones qui ont ensuite fait l'objet d'investigations par sondages à la tarière à la maille 50 m x 50 m, (6 146 sondages pour 55 km cumulés). Au total, 56 228 échantillons ont été analysés au laboratoire monté à Cayenne à cet effet.
- *Campagne de Kaiser* : KAISER Aluminium Co effectué une campagne de contrôle de 1959 à 1960. Au total, 29 sondages carottés ont été réalisés à proximité d'anciens sondages du BMG. Ces contrôles ont montré que les résultats du BMG ont sous-estimé l'épaisseur reconnue de bauxite (1 m supplémentaire avec les sondages de Kaiser) ainsi que les teneurs (teneurs en alumine supérieures de plusieurs % par rapport aux résultats du BMG). À partir de ces résultats et de ceux du BMG réinterprétés, une nouvelle évaluation des réserves a été proposée.
- *Campagne d'Alcoa* : de 1971 à 1973, des travaux supplémentaires (383 sondages carottés) ont été également réalisés par la société ALCOA et ont permis d'effectuer un nouveau cubage du gisement.

### • Géométrie de la minéralisation

Le gisement est constitué de **19 amas bauxitiques** de taille variable : de 400 000 t pour les plus petits à 8 Mt de minerai pour les plus gros (BRGM, 1978). Ils se concentrent au sud-est des Montagnes de Kaw, seuls 4 sont situés dans la partie nord-ouest (Figure 43). Ces zones minéralisées (teneur de coupure de 35 %  $Al_2O_3$ ) correspondent à une superficie de 5,35 km<sup>2</sup> (535 ha ; BRGM, 1978). Le niveau minéralisé présente une puissance moyenne de 4 m, avec un maximum de l'ordre de 15 m. Le recouvrement sus-jacent est faible, en général de l'ordre de 1 m.

Ces concentrations bauxitiques se rencontrent sur les **flancs en pente douce en périphérie des plateaux** (BRGM, 1978). Les autres configurations, c'est-à-dire les pentes dépassant 20 %, et les parties plates sont généralement stériles. En effet, les enrichissements alumineux à l'origine de la bauxite sont liés à certaines situations topographiques entraînant des circulations souterraines permettant un lessivage et un drainage efficace (élimination des oxydes de fer et désilicification par drainage des argiles). Cette observation est importante puisqu'elle constitue un guide d'exploration majeur pour la recherche d'amas bauxitiques en Guyane.



### • Évaluation des ressources

Au total, les ressources en bauxite de la Montagne de Kaw ont été évaluées à **six reprises** :

- BMG (1954) : évaluation à la suite de la campagne de sondage (6 146 tarières) ;
- PECHINEY (1956) : évaluation dans le cadre d'un projet de construction d'une usine d'alumine ;
- KAISER (1960) : évaluation après campagne de sondage (29 sondages de contrôle) ;
- PECHINEY (1961) : évaluation faite à la suite des résultats avancés par KAISER ;
- ALCOA (1973) : évaluation après campagne de sondage (383 sondages de contrôle) ;
- BRGM (1978) : évaluation géostatistique faite dans le cadre de l'étude portant sur la viabilité technique et économique de l'exploitation des bauxites de Kaw.

**La dernière évaluation semble la plus fiable** et cela pour plusieurs raisons. Premièrement, l'évaluation a été faite en appliquant une démarche géostatistique. Deuxièmement, cette évaluation prend en compte les données des trois campagnes de sondages (BMG, KAISER et ALCOA). Après comparaison et analyse critique des données, elles ont été modifiées au besoin. Par exemple, toutes les teneurs en alumine du BMG ont été augmentées de 3 %, après avoir été comparées statistiquement avec les données d'ALCOA qui étaient jugées plus fiables.

Finalement, l'évaluation du gisement de bauxite de Kaw, faite par le BRGM en 1978, permet d'avancer des **ressources de 59 Mt à 43,3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** pour une teneur de coupure de 35 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Figure 44).

TENEUR DE COUPURE	
35 %	40 %
<b>59 Mt à 43,3 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>45 Mt à 44,8 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>

Figure 44 - Évaluation des ressources en bauxite de la Montagne de Kaw (BRGM, 1978).

### • Qualité du minerai

Les principaux paramètres permettant **d'estimer la valeur industrielle** d'un minerai bauxitique sont ses **teneurs en alumine** (teneur brute et teneur extractible), en **silice** et en **impuretés** (fer, titane, etc.) En effet, ce sont ces paramètres qui vont jouer sur l'efficacité du procédé de transformation de la bauxite en alumine (procédé Bayer). De plus, la bauxite de Kaw a fait l'objet d'**études minéralogiques et minéralurgiques** pour évaluer sa valeur industrielle :

- de 1951 à 1954, Le BMG a fait des études minéralogiques et des **essais de traitement chimique** par les laboratoires de la société PECHINEY à Gardanne, site historique du traitement de la bauxite française. Appartenant aujourd'hui à Rio Tinto Alcan, cette usine traite de la bauxite importée de Guinée ;
- pour son projet de construction d'une usine de transformation de la bauxite en alumine, PECHINEY a réalisé des **essais en usine pilote sur 600 t de minerai** de septembre 1954 à février 1955 ;
- les sociétés KAISER et ALCOA ont également réalisé des études minéralogiques et des essais pour déterminer la quantité d'alumine extractible ;
- pour finir, le BRGM a réalisé en 1977 une étude minéralogique dont l'objectif était d'étudier la répartition de l'aluminium dans les phases minérales (Jacob, 1978).

Ces nombreux essais en laboratoire ont montré l'**aptitude de la bauxite de Kaw à pouvoir être transformé en alumine de qualité marchande** comme le montre les teneurs du minerai ainsi que les paramètres minéralurgiques (Figure 45).

<b>Caractéristiques du minerai</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42,5 %	44,5 %
	SiO <sub>2</sub>	1,7 %	1,7 %
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25 à 27 %	25 à 27 %
	TiO <sub>2</sub>	4 %	4 %
<b>Paramètres minéralurgiques (procédé Bayer)</b>	Teneur en alumine extractible (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	36,7 %	38,5 %
	Consommation de bauxite sèche pour produire 1 tonne d'alumine (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2,93 t/t Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,79 t/t Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Consommation de soude pour produire 1 tonne d'alumine (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,056 t/t Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,053 t/t Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

\* Les résultats sont donnés ici pour deux minerais de qualité différente (42,5 % et 44,5 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

*Figure 45 - Principaux paramètres permettant d'évaluer la valeur industrielle de la bauxite de Kaw (BRGM, 1978).*

La bauxite de Kaw est un minerai qui rentre dans les **normes d'un minerai exploitable**. Avec **42,5 à 44,5 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**, elle se distingue par une teneur en alumine correcte puisqu'elle est équivalente à la moyenne des gisements mondiaux (Figure 32). Cependant, la bauxite de Kaw présente certaines particularités, qui peuvent jouer sur sa valeur industrielle et donc sur ses applications commerciales (Figure 45) :

- avec 1,7 % SiO<sub>2</sub>, la bauxite de Kaw présente une **faible teneur en silice**, ce qui est avantageux pour le traitement du minerai. En effet, la teneur en silice a une incidence directe sur la consommation de soude ;
- les teneurs en **alumine sont dans les normes** (42,5 à 44,5 %), 36,7 à 38,5 % sont extractibles, soit un taux de récupération de 86 % (Figure 45). Ceci s'explique par la présence d'aluminium en substitution dans le réseau de la goethite et de l'hématite (Jacob, 1978) ;
- la teneur en **fer est extrêmement élevée** (25 à 27 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). La bauxite de Kaw est très riche en impureté, ce qui est pénalisant en termes de traitement du minerai et d'applications commerciales (Figure 46).

Les **caractéristiques du minerai** (teneur en alumine moyenne, faible teneur en silice et fortes teneurs en impuretés) sont compatibles avec la **métallurgie et la cimenterie** (Figure 46). Notons que cela correspond à l'essentiel du marché puisque la métallurgie correspond à plus de 90 % des débouchés.

Les résultats présentés précédemment (Figure 46) s'appuient sur des essais de traitement réalisés au cours des années 1950 et des années 1970, depuis **les techniques minéralurgiques** ont évolué et elles permettent probablement de valoriser plus efficacement ce type de minerai.

Chemical analysis of typical bauxite by grade (%) <sup>1</sup>				
Grade	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
Abrasive (raw)	>55	<5	<6	<2.5
Abrasive (calcined)	80 to 88	<5	2 to 5	2 to 4
Cement	45 to 55	<6	20 to 30	3
Chemical	55 to 58	5 to 12	<2	<6
Metallurgical	50 to 55	0 to 15	5 to 30	0 to 6
Proppant	>80	5	variable	...
Refractory (raw)	59 to 61	1.5 to 5.5	<2	<2.5
Refractory (calcined)	>84.5	<7.5	<2.5	<4
Slag adjuster	>55	<7	...	...

Sources: Industrial Minerals and Rocks; Industrial Minerals HandyBook  
 Note: 1-Excluding water of crystallisation

Qualité commerciale compatible avec les bauxites de Kaw  
 Teneurs compatibles avec les bauxites de Kaw

Figure 46 - Différentes applications commerciales en fonction des caractéristiques de la bauxite (Roskill, 2008).

### • Projets d'exploitation

Les différents opérateurs qui se sont succédés sur la Montagne de Kaw ont tous élaboré des projets d'exploitation. Dans leurs études, la **viabilité technique et économique** de la mise en exploitation du gisement a été estimée en prenant en compte tous les paramètres relatifs à la Montagne de Kaw (géométrie du gisement, estimation des ressources, qualité marchande du minerai, caractéristiques du marché mondial de la bauxite, techniques d'exploitations, techniques de transports, aménagements nécessaires, etc.).

Le plus récent de ces projets est celui du BRGM (1978). Ce dernier ne prévoyait pas de transformer le minerai sur place, mais de **l'exporter sous forme de bauxite séchée par voie maritime**. Pour cela, il était envisagé d'exploiter les amas progressivement du nord vers le sud, de concasser le minerai sur place, de le transporter jusqu'au port de Degrad Fourgassié par convoyeur à bandes, puis de l'acheminer par barges de 2 000 t jusqu'au port autonome de **Degrad des Canes** (estuaire du fleuve Mahury) où il serait séché puis chargé dans des minéraliers pour être exporté. Ce plan d'exploitation paraissait **viable économiquement**, mais il nécessitait un **aménagement du port de Dégrad de Canes** et un **approfondissement du chenal** pour permettre l'entrée de minéraliers de 15 à 20 000 tonnes (BRGM, 1978).

Au total, le projet envisageait d'exploiter le gisement pendant **40 ans à un rythme annuel de 1,1 à 1,65 Mt/an de bauxite brute**, soit 1 à 1,5 Mt/an de bauxite séchée. Notons que cette capacité de production est dans les normes des gisements actuellement en exploitation, mais dans la fourchette basse (cf. § 6.2. La bauxite sur le bouclier guyanais, p. 97).

### • Conclusion

Le gîte de Kaw présente des teneurs et des tonnages se rapprochant des normes de l'exploitabilité, cependant **l'exploitation de ce gisement n'est pas envisageable** pour deux raisons.

*1 – La montagne de Kaw est située dans une zone du SDOM interdisant tous types d'activités minières (Zone 0)*

Le gisement se situe dans la même région que le **projet minier de Camp Caïman** qui a fait polémique ces dernières années. Ce projet, développé par la compagnie canadienne IAMGOLD, était prêt à rentrer en exploitation (étude de faisabilité réalisée en 2007 qui prévoyait la production de 25 à 28 t d'or sur 7 ans). Malgré un dossier technique bien étayé, la demande d'exploitation (concession ministérielle déjà acquise depuis 2004) a été refusée par le Président de la République en 2008 pour cause d'opposition de certains élus locaux, d'ONG et d'associations locales de protection de l'environnement. C'est d'ailleurs cet épisode, relativement traumatisant pour la filière des ressources minérales en Guyane, qui a motivé le gouvernement à réaliser un schéma départemental d'orientation minière (SDOM) pour éviter le renouvellement de telles péripéties. En raison de la controverse autour du projet Camp Caïman, il est donc **en aucun cas envisageable d'imaginer une exploitation de bauxite** sur la Montagne de Kaw qui aurait un impact en terme de surface bien plus vaste que celui d'une mine d'or.

*2 – Les paramètres technico-économiques sont insuffisants pour justifier une exploitation*

Avec **59 Mt à 43,3%  $Al_2O_3$** , Kaw est un gisement de **taille moyenne**. Par comparaison, la majorité des gisements actuellement exploités sont de grande taille et présentent des réserves de plusieurs centaines de millions de tonnes à 45-50 %  $Al_2O_3$  (Figure 32). À l'heure actuelle, les réserves mondiales sont importantes (131 ans de réserves prouvées ; Tableau 8), et il existe de nombreux projets d'exploitation ou prospects en cours de développement qui s'avèrent être plus intéressants que celui de Kaw pour les investisseurs miniers.

La mise en exploitation des bauxites de la Montagnes de Kaw est subordonnée à **la création d'infrastructures lourdes** pour permettre l'évacuation du minerai par voies fluviales puis maritimes (aménagement du port de Dégrad des Cannes, approfondissement du canal pour permettre l'entrée de minéraliers). La création de ces infrastructures est difficilement envisageable pour un gisement de taille moyenne.

En raison de la quantité de minerai, la construction d'une usine de traitement n'est pas justifiée, il est donc indispensable de trouver **une filière de commercialisation du minerai**. Malgré les nombreux rapports réalisés sur les caractéristiques du marché mondial de la bauxite et des incidences sur le projet de Kaw (Mathian, 1962 ; Pétin, 1976 ; Millot et Pétin, 1979), il serait nécessaire de réactualiser les possibilités de commercialisation de la bauxite de Kaw avec les perspectives du marché actuel.

Même si elle est de valeur marchande, la **qualité du minerai n'est pas très bonne** : la teneur en alumine est moyenne (42,5 à 44,5 %  $Al_2O_3$ ), la teneur en oxyde de fer est trop élevée (25 à 27 %  $Fe_2O_3$ ), mais en contrepartie le minerai contient peu de silice (1,7 %).

**Enfin, des travaux de prospection complémentaire permettraient sûrement de trouver des extensions et d'augmenter les ressources, ce qui pourrait améliorer l'exploitabilité de Kaw. Cependant, les conditions administratives imposées par le SDOM ne permettent pas à l'heure actuelle d'attirer les investisseurs.**

***b) Monts de l'Observatoire***

Les Monts de l'Observatoire (Figure 47, Tableau 10), situés dans le prolongement sud-est de la Montagne de Kaw, sont localisés à quelques kilomètres du littoral entre les embouchures de l'Approuague et de l'Oyapok. La morphologie et la géologie de ces montagnes sont comparables à celles de Kaw. Elles forment une crête orientée ONO-ESE de 17 km pour une largeur de 1,5 km. Au nord, on retrouve le petit relief de Gros Montagne qui peut être également assimilé à cet indice (Figure 47). Analogue à Kaw, la couverture latéritique est issue de la latéritisation de schistes volcano-sédimentaires (Paramaca).

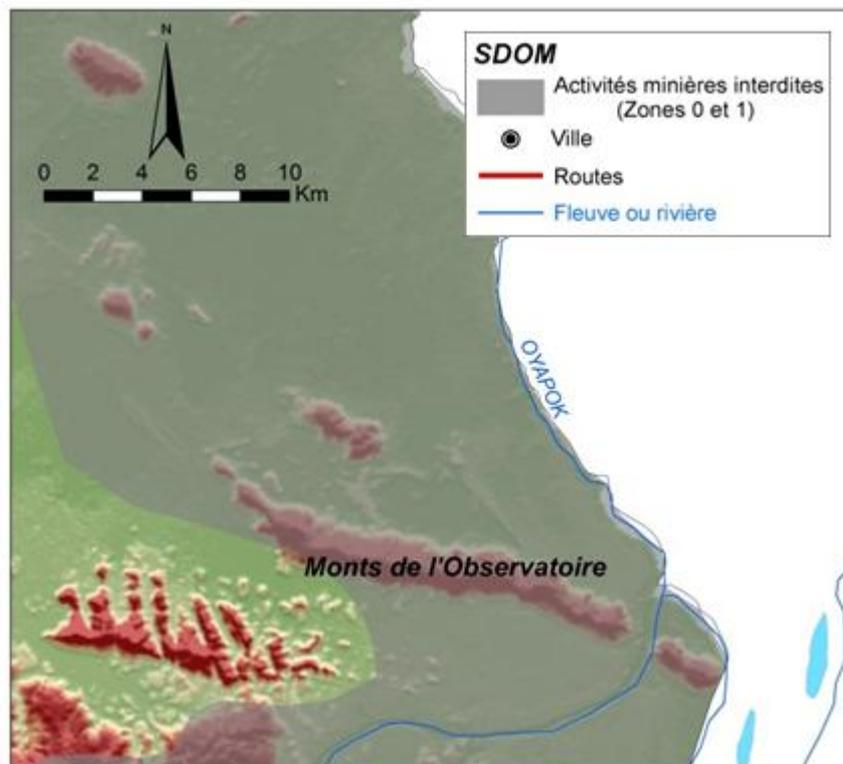


Figure 47 - Contexte géographique des Monts de l'Observatoire.

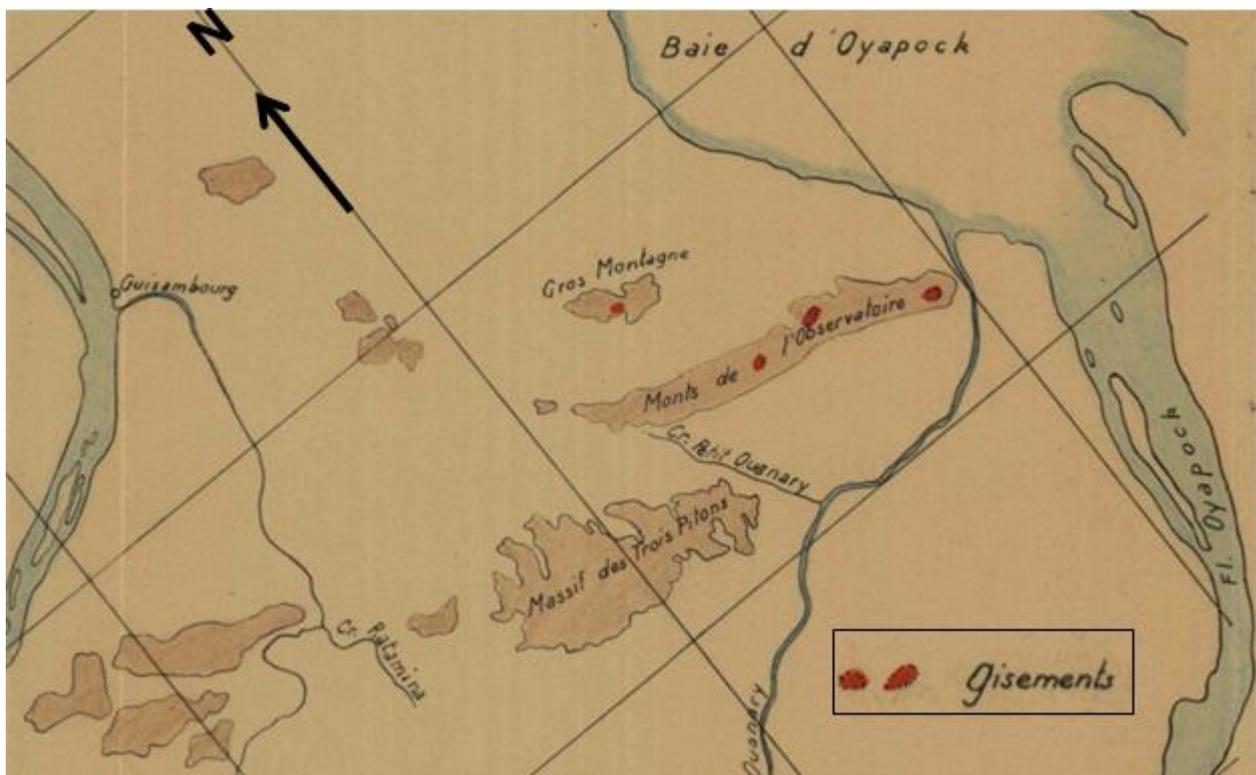


Figure 48 - Répartition des amas de bauxite sur les Monts de l'Observatoire (BMG, 1955a).

Les travaux effectués sur cet indice ont permis d'évaluer les ressources en bauxite à **19,2 Mt à 35 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$**  et **2,2 Mt à 40 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$**  (Milesi *et al.*, 1995). Les latérites bauxitiques de l'Observatoire présentent les mêmes caractéristiques que celles de Kaw (amas individuels de quelques hectares). Cependant, il y a peu d'information disponible sur la géométrie et les caractéristiques de ces amas. Il y aurait quatre amas bauxitiques répartis de la manière suivante : trois sur les Monts de l'Observatoire et un sur Gros Montagne (Figure 48).

De par sa position géographique avantageuse et ses caractéristiques proches de celles de Kaw, cet indice était prioritaire. Les ressources sont faibles, mais elles pourraient être augmentées grâce à des travaux systématiques de prospection équivalents à ceux réalisés à Kaw. Il est certain qu'il est difficile d'envisager une exploitation de cet indice à lui tout seul, mais il pourrait faire partie d'un projet plus large incluant les Montagnes de Kaw et Tortue (cf. § 6.5.1. Conclusion sur les indices de bauxite et potentiel minier, p. 125).

En revanche, comme pour Kaw, le SDOM interdit tous types d'activités minières sur les Monts de l'Observatoire (zones 0 et 1).

### c) Montagnes Tortue

Cet indice (Figure 49, Tableau 10) est localisé dans la partie NE de la Guyane à 75 km à l'ouest de Régina et à 100 km au sud de Cayenne. Les Montagnes Tortue sont constituées de deux monts de géométrie et géologie différentes. Celui se trouvant le plus à l'ouest correspond à l'endroit où la rivière Orapu prend sa source. C'est un relief de 12 x 4 km composé de formations méta-volcaniques (Paramaca), semblables à celles de la Montagne de Kaw, dont la crête principale qui culmine à 500 m d'altitude présente un allongement est-ouest. Le deuxième relief, à 5 km au nord-est du premier, est de forme circulaire (7 km de diamètre). Son sommet est constitué d'un grand plateau (200 à 250 ha) qui culmine à 530 m d'altitude. Cette géométrie est due à la nature gabbroïque des roches qui composent ce second relief.

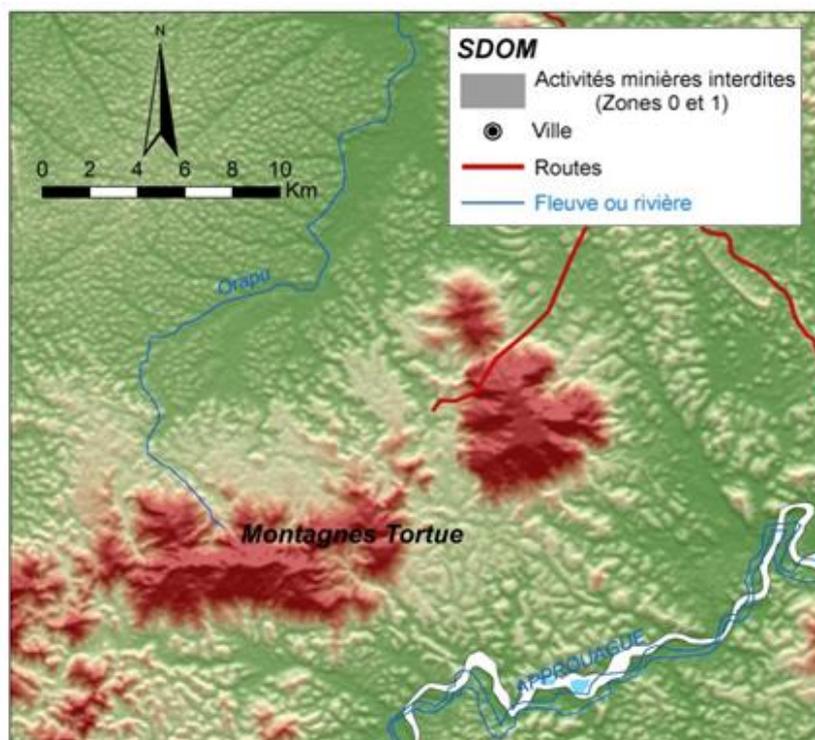


Figure 49 - Contexte géographique des Montagnes Tortue.

Contrairement à d'autres indices (Mont Lucifer, Montagnes Françaises), les Montagnes Tortue ne sont pas enclavées puisqu'elles sont traversées par une piste sur toute leur longueur (piste de Bélizon). De plus, la nationale reliant Cayenne à Régina est à seulement 20 km au nord-est. En plus d'une bonne accessibilité, les activités minières ne sont pas contraintes par le SDOM dans ce secteur (zones 2 et 3).

Des travaux de prospection ont eu lieu en 1955 et 1960. Ils ont permis de démontrer la présence **de 6 Mt de bauxite à 40-45 %  $Al_2O_3$**  (Milesi *et al.*, 1995 ; Blanc *et al.*, 1980). Sur le premier relief, les latérites bauxitiques semblent être sur les flancs à pentes douces, alors que sur le massif gabbroïque elles semblent être concentrées sur le plateau au sommet du relief. Aucune information n'a pu être réunie sur le détail des travaux. La nature et la quantité des travaux de prospection, la superficie et l'épaisseur des amas bauxitiques sont donc des paramètres inconnus à ce jour, ce qui ne permet pas de juger de la pertinence du tonnage de 6 Mt.

#### **d) Montagnes Plomb**

Les Montagnes Plomb (Figure 50, Tableau 10) sont localisées au sud de Sinnamary juste en bordure nord du barrage de Petit-Saut. C'est un groupement de collines qui culminent à des altitudes de 300 à 400 m. L'ensemble s'allonge suivant une direction NO-SE sur plus de 20 km pour une largeur variant de 4 km au sud-est à 6 km au nord-ouest. L'accessibilité du site est simple puisque le massif est traversé par une piste carrossable. De plus, la route qui mène au barrage de petit Saut est à seulement 10 km. Malgré une zonation ZNIEFF 2 dans le nord du massif, les Montagnes Plomb ne sont pas contraintes par le SDOM en termes de développement minier. En revanche, la proximité de la retenue du barrage de Petit-Saut rend toute exploitation problématique.

Le massif est constitué de schistes, de quartzites, d'amphibolites et de volcanites de l'ensemble volcano-sédimentaire (Paramaca), le tout étant intensément altéré.

Cet indice a été découvert par le BRGM en 1962 lors du programme d'exploration générale du bassin du moyen Sinnamary. Il a été valorisé en 1963 par des travaux de prospection superficielle (layonnage et échantillonnage) qui ont permis de dresser une carte de répartition des cuirasses bauxitiques (Figure 51). Pour cela, des layons perpendiculaires à l'allongement du massif, équidistants de 500 mètres, et recoupés par deux layons transversaux ont été réalisés (Figure 51). 1 échantillon tous les 100 m a été prélevé, soit 1 864 échantillons, mais seuls 365 d'entre eux ont été analysés en laboratoire. Les autres teneurs ont été simplement estimées visuellement par comparaison au lot d'échantillons analysés (BRGM, 1963). Les résultats de ces travaux sont les suivants :

- 40 % de la superficie des Montagnes Plombs sont recouvertes par des cuirasses latéritiques (4 320 sur 10 870 ha) qui se concentrent principalement dans la partie nord-ouest du massif (Figure 51) ;
- les zones avec plus de 35 %  $Al_2O_3$  représentent une superficie de 400 à 500 ha. Elles sont réparties sous forme de plusieurs amas qui occupent les parties supérieures des flancs à pentes douces. Il existe deux amas de taille plus importante, l'un au nord-ouest du massif et l'autre dans la partie sud. L'épaisseur de la cuirasse bauxitique a été estimée à 5 m, mais aucun sondage n'a été réalisé pour confirmer ce chiffre. Seuls deux puits ont été creusés pour évaluer l'épaisseur du recouvrement végétale au-dessus de la cuirasse latéritique. Cette dernière a été recoupée à 2,5 m.

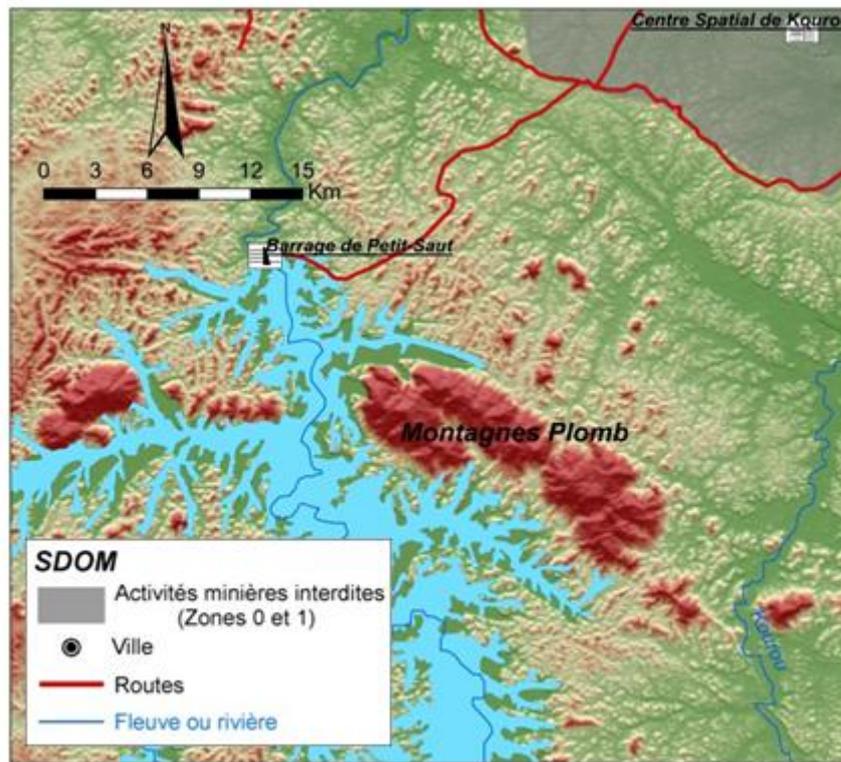


Figure 50 - Contexte géographique des Montagnes Plomb.

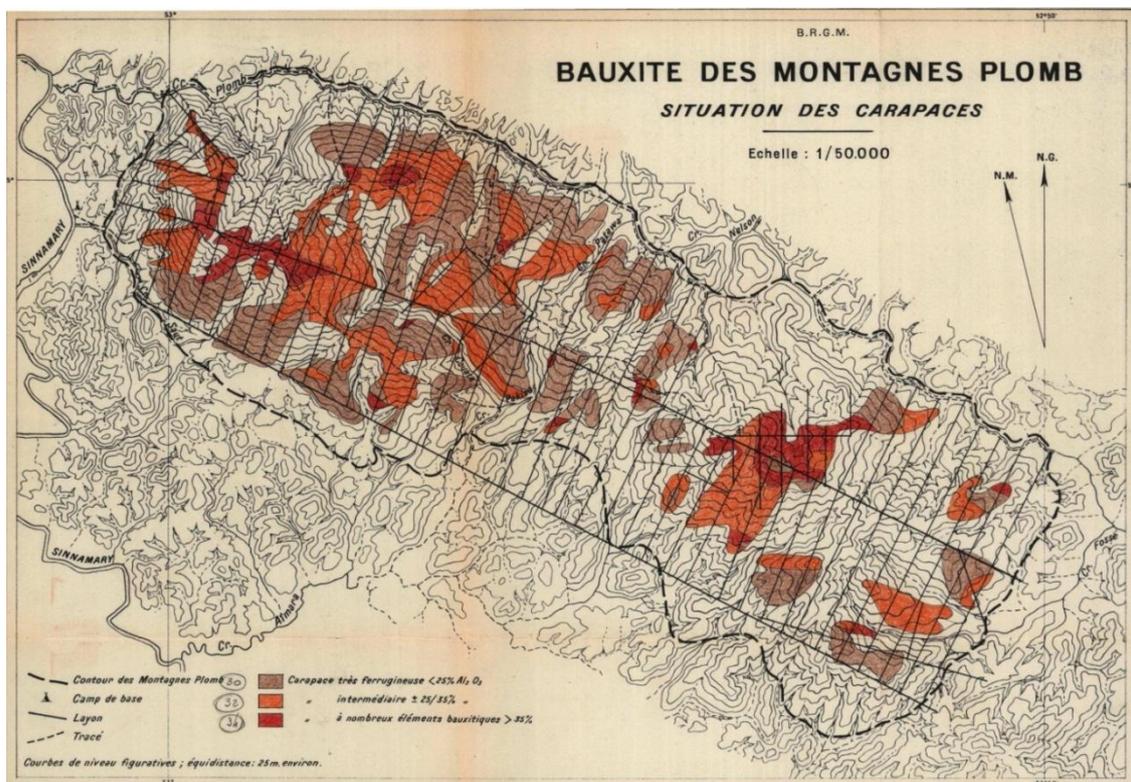


Figure 51 - Distribution des cuirasses bauxitiques sur les Montagnes Plomb et travaux de prospection réalisés pour établir cette cartographie (BRGM, 1963).

Concernant le tonnage des bauxites des Montagnes Plomb, il a été approximativement estimé à **10 à 20 millions de tonnes** pour une teneur de coupure de **35 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$**  (BRGM, 1963). Cette évaluation a été faite en extrapolant au 400 à 500 ha des Montagnes Plomb (> 35 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) les résultats obtenus à Kaw, qui étaient à l'époque de 25 000 à 40 000 tonnes de bauxite par hectare.

Pour conclure, on peut considérer que les travaux de reconnaissance réalisés sur les Montagnes Plomb sont relativement complets pour des travaux préliminaires (couverture de l'ensemble du massif, layonnage et échantillonnage systématique, 30 % des échantillons analysés en laboratoire). Cependant, étant donné qu'il n'y a aucune indication sur la géométrie et les teneurs de la cuirasse bauxitique en profondeur, le tonnage actuel doit être pris comme une estimation grossière et non comme évaluation exacte.

Notons que les reliefs de la Montagne Marie-Hilaire qui se trouvent sur la rive opposée du lac de Petit-Saut doivent également être recouverts de cuirasse latéritique, ce qui pourrait permettre d'augmenter les ressources en bauxite de ce secteur. Enfin, il apparaît important de reprendre la compréhension de ce secteur au regard des dernières avancées scientifiques sur les paléosurfaces latéritiques ferrugineuses et bauxitiques du Bouclier des Guyanes (Théveniaut et Freyssinet, 2002). En effet, une investigation du secteur nord-ouest des Montagnes Plomb (Théveniaut, comm. pers.) ont montré la présence de plusieurs niveaux cuirassés sur plusieurs substratum, les niveaux alumino-ferrugineux à bauxitiques étant concentrés sur les parties hautes à substratum d'affinité probablement volcanique.

Cependant, même si le SDOM autorise la prospection minière sur les Montagnes Plomb, en raison de la proximité du barrage, **tout développement de ce sujet est exclu.**

#### e) Montagnes de la Trinité

Les Montagnes de la Trinité (Figure 52, Tableau 10) sont un ensemble de montagne de 15 km de longueur qui marque la ligne de partage des eaux entre les bassins versants de la Mana et du Sinnamary. La lithologie du substratum est différente des autres indices. Elle correspond à un gneiss granodioritique recoupé localement par des intrusions de monzogranites (Delor *et al.*, 2001).

Ce secteur a été étudié en 1956, mais les résultats ne furent pas encourageants puisque seuls des amas de bauxite peu étendus et des blocs isolés ont été observés (Blanc *et al.*, 1980).

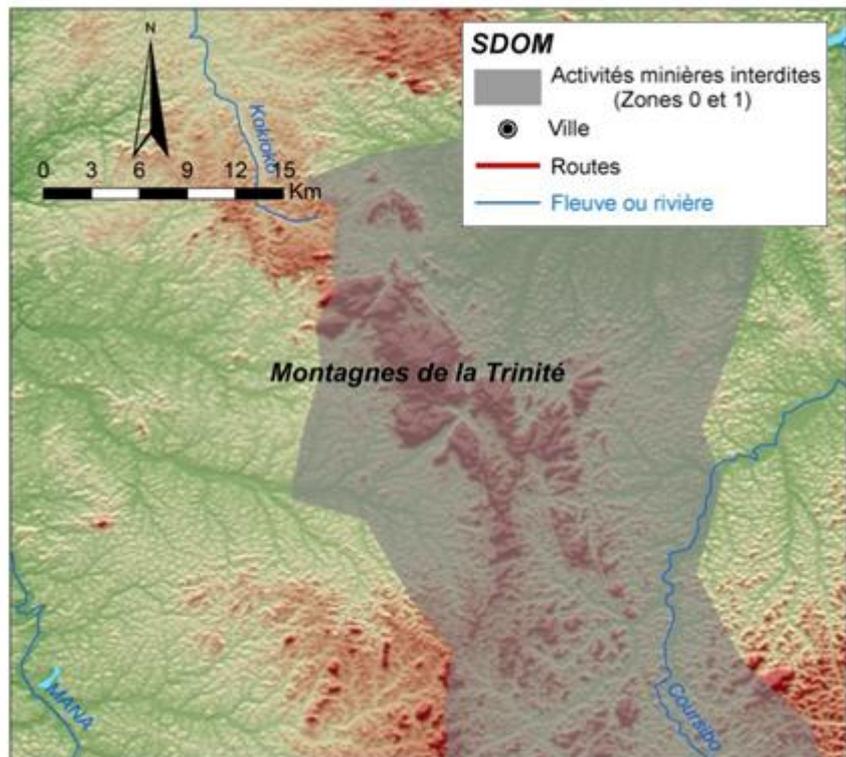


Figure 52 - Contexte géographique des Montagnes de la Trinité.

**f) Eau Blanche**

L'indice Eau Blanche (Figure 53, Tableau 10) est situé dans des schistes pélitiques micacés (Orapu) à 50 km au sud d'Organabo. Il s'agit d'un relief circulaire de petite taille (2 km de diamètre) avec un plateau tabulaire d'une dizaine d'hectares qui culmine à environ 400 m d'altitude. La prospection, très limitée, a permis d'estimer des ressources de **1,5 Mt de bauxite** pour une teneur moyenne de **55 %  $Al_2O_3$**  et une teneur en silice inférieure à 1 % (Blanc *et al.*, 1980). Malgré une bauxite de bonne qualité, cet indice ne présente qu'un intérêt limité à cause de sa petite taille.

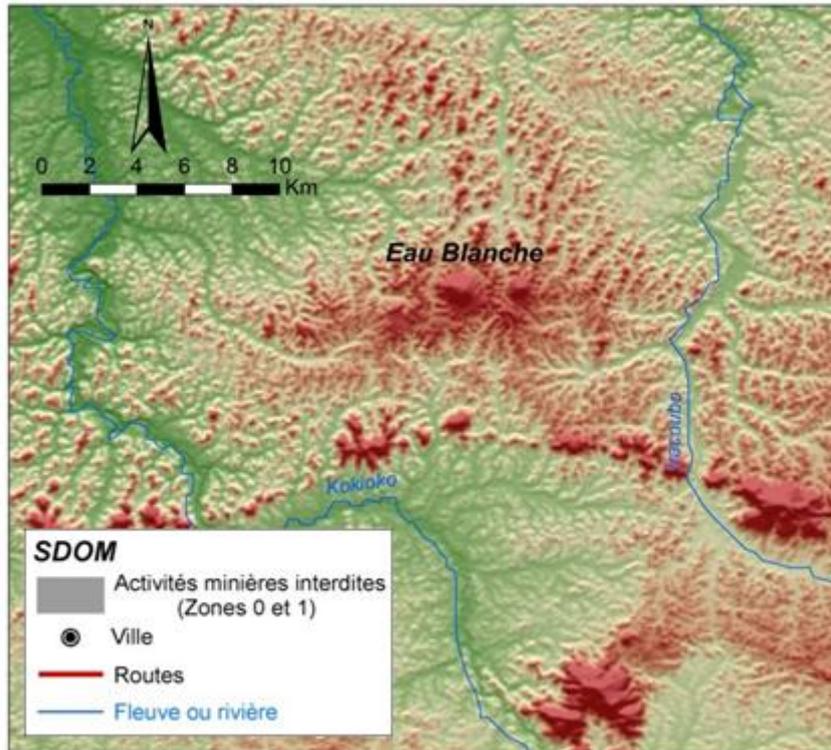


Figure 53 - Contexte géographique de l'indice Eau Blanche.

**g) Mont Lucifer**

Le Mont Lucifer (Figure 54, Tableau 10) est un plateau tabulaire qui culmine à une altitude de 600 m. Le plateau se présente sous la forme d'un croissant d'une longueur de 8 km pour une largeur de 2 km où l'activité minière est partiellement interdite par le SDOM (zone 0).

Le massif est composé d'un complexe gabbroïque avec probablement un intrusif monzogranitique en son centre (partie sommitale). L'ensemble est recouvert d'une cuirasse bauxitique avec localement de la bauxite blanche pulvérulente. Sa nature gabbroïque est semblable à celle du plateau circulaire nord-est des Montagnes Tortue.

Cet indice a été étudié lors de travaux de prospection en 1956. Ces derniers ont permis de démontrer la présence de deux amas bauxitiques, d'une superficie de 220 ha (16 % de la superficie totale du plateau) et d'une puissance moyenne de 2,5 m, renfermant **6 Mt de bauxite** avec une teneur de **43 %  $Al_2O_3$** . Peu d'informations ont pu être réunies sur la nature et le détail

des travaux réalisés. Ce manque d'informations ne permet donc pas de juger de la pertinence de l'évaluation des ressources en bauxite.

La géométrie et la géologie du plateau Lucifer, ainsi que la bonne qualité de la bauxite (43 %  $Al_2O_3$ ) permettent de supposer un gisement intéressant dont les ressources pourraient être augmentées à la suite d'une campagne de sondage. Cependant, on ne peut pas considérer cet indice comme prioritaire à cause de l'enclavement du massif à plus de 110 km du littoral.

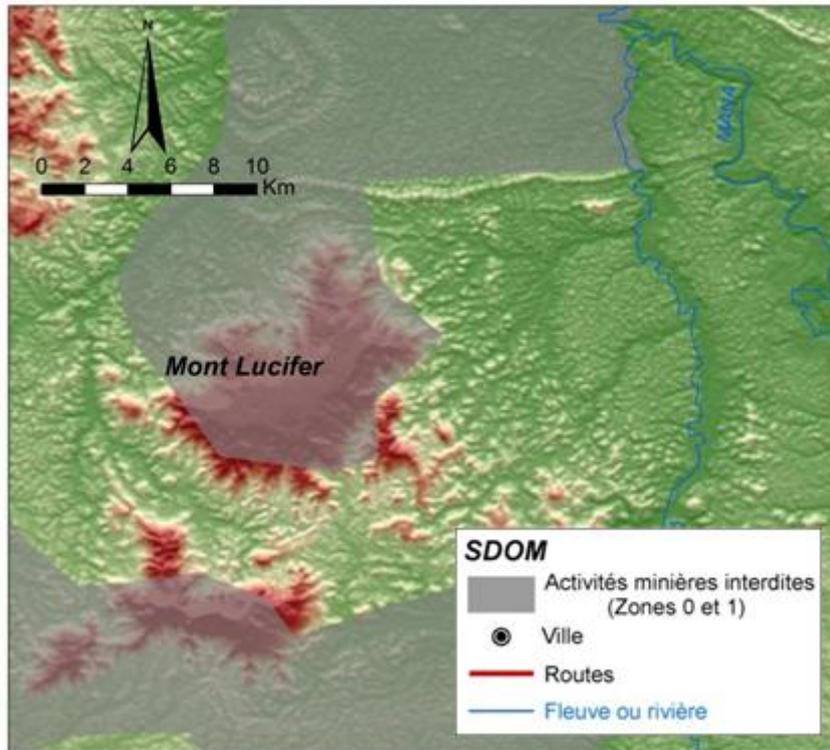


Figure 54 - Contexte géographique du Mont Lucifer.

#### **h) Montagnes Françaises**

Les Montagnes Françaises (Figure 55, Tableau 10) sont localisées à proximité de la rive droite du fleuve Maroni à 150 km au sud de Saint-Laurent-du-Maroni. Ces reliefs, qui culminent à 650 m d'altitude dans leur partie centrale, s'allongent selon une direction nord-sud sur 12 km pour une largeur d'environ 5 km. Malgré une zonation ZIEFF 2, le SDOM autorise l'activité minière sur ces reliefs.

Géologiquement, ils correspondent à un lambeau de roches volcaniques (Paramaca) pris au milieu de l'unité de gneiss granodioritique de Saint-Elie. Ces plateaux se poursuivent au Suriname voisin. On retrouve également des reliefs semblables dont la Montagne Cottica et la Montagne Bellevue près de 50 km plus au sud et jusqu'à Maripasoula.

La bauxite des Montagnes Françaises a été signalée pour la première fois en novembre 1960 à la suite de la prospection générale effectuée dans cette région (Mission 199). Après l'étude des photos aériennes sur l'ensemble des reliefs, la surface totale des cuirasses latéritiques et bauxitiques a été estimée initialement à 27 km<sup>2</sup> (Volker, 1963). Les premiers travaux de terrain ont montré que la plupart de ces zones ne présentaient aucun intérêt (lambeaux de cuirasses bauxitiques sans continuité, champs de blocs), et que seuls quelques sites semblaient

prometteurs. Deux secteurs (Figure 56) ont été sélectionnés, ils ont fait l'objet de prospections plus détaillées qui se sont déroulées de septembre à octobre 1961 :

- le premier secteur s'étend sur 1,3 km<sup>2</sup> au nord-ouest des Montagnes Françaises, il est composé de latérite bauxitique de qualité médiocre (Volker, 1963), peu alumineuse (< 35 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et trop riche en silice (+ de 10 % SiO<sub>2</sub>) ;
- le deuxième secteur, situé sur le flanc est des Montagnes Françaises, est beaucoup plus important (4,7 km<sup>2</sup>). A partir des travaux de prospection, le tonnage de cet indice a été évalué à **8,84 Mt de bauxite** pour une teneur de coupure de **35 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**, l'ensemble étant réparti sur une surface de 88 ha (Volker, 1963).

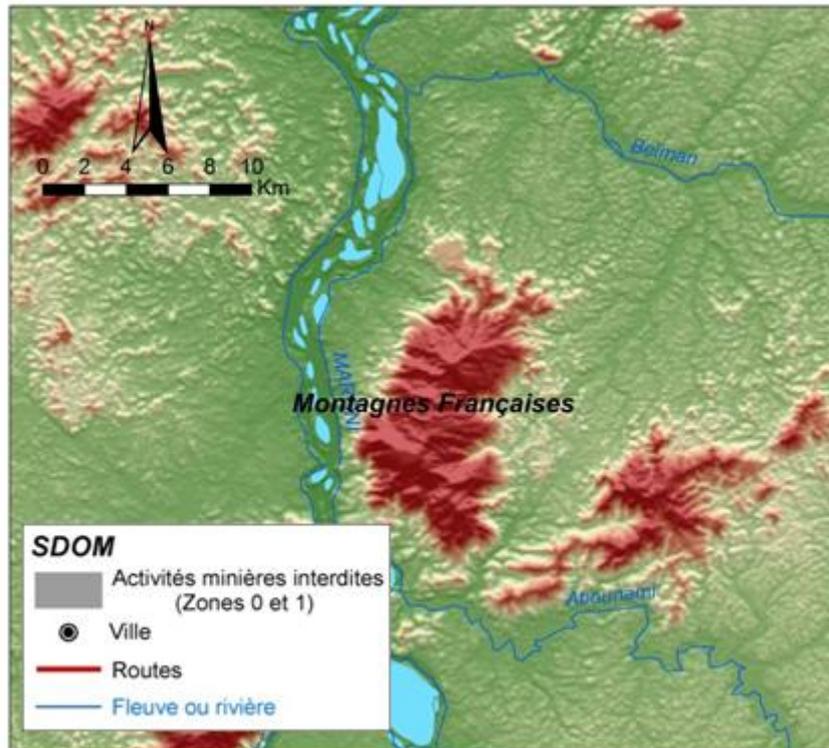


Figure 55 - Contexte géographique des Montagnes Françaises.

Compte tenu des données qui ont permis d'obtenir le tonnage de 8,84 Mt, un certain nombre de restriction peuvent être émises quant à la fiabilité de ce chiffre :

- la prospection s'est limitée à une cartographie de surface (layonnage équidistant de 2 km recoupé de quelques transversales), aucune investigation en profondeur n'a été réalisée telle que des puits ou des sondages ;
- l'estimation des teneurs en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a été réalisée directement sur le terrain à partir d'une évaluation visuelle, seuls quelques échantillons ont été analysés pour pouvoir estimer la pertinence de la méthode d'estimation visuelle ;
- l'épaisseur de la cuirasse bauxitique n'a jamais été mesurée. Elle a donc été estimée à 5 m par analogie aux résultats obtenus sur la Montagne de Kaw (indice qui se trouve pourtant à 250 km des Montagnes Françaises).

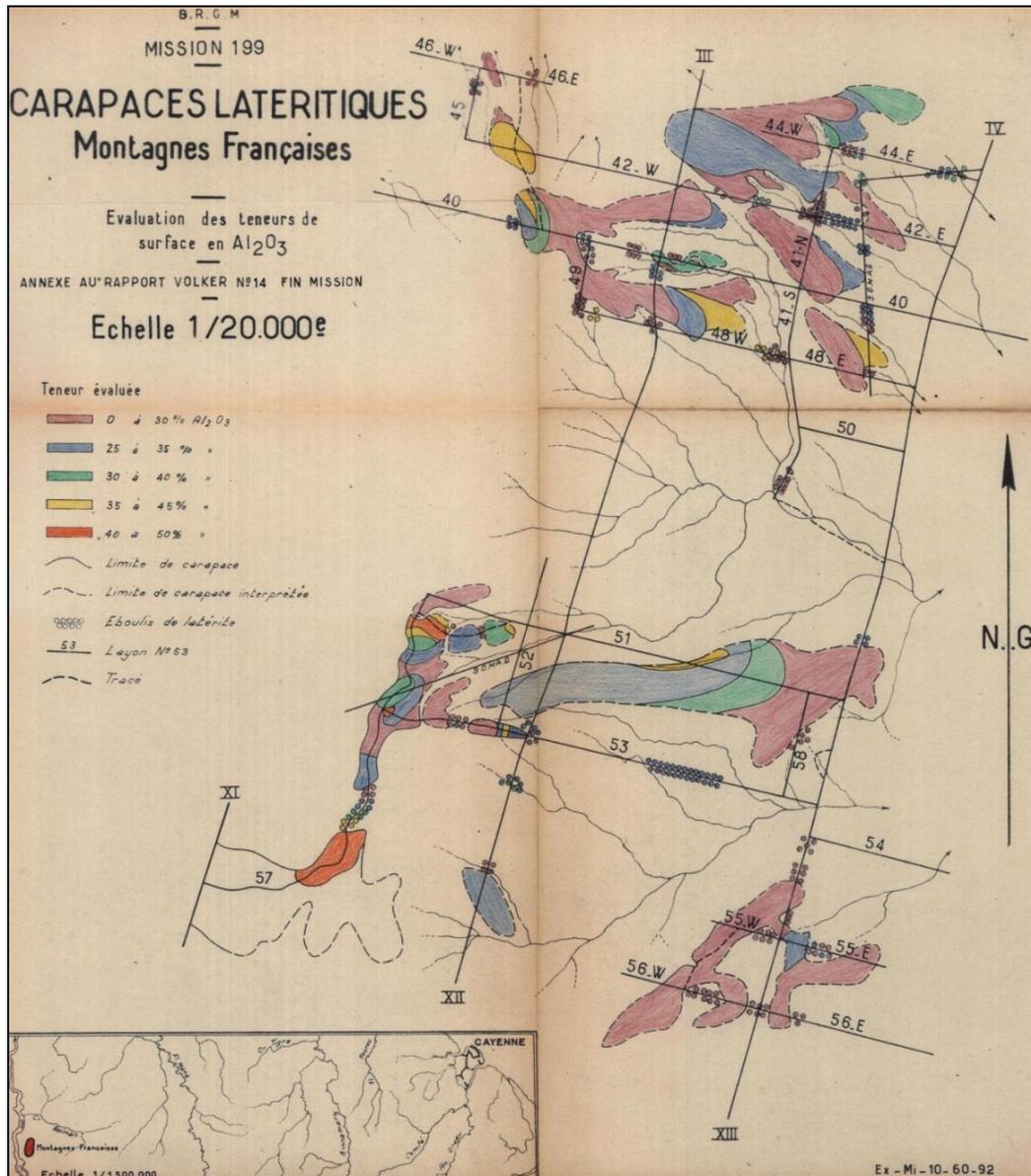


Figure 56 - Teneurs des cuirasses bauxitiques du secteur est des Montagnes Françaises et travaux de prospection réalisés pour établir cette cartographie (Volker, 1963).

**En conclusion**, on peut dire que les prospections sur le plateau des Montagnes Françaises sont restées extrêmement sommaires. Malgré cela, elles ont permis de délimiter un secteur intéressant (secteur est) qui nécessiterait d'être valorisé par des travaux de prospection tels que des sondages ou des tranchées. Ce type de travaux permettrait d'affiner la géométrie de la minéralisation (épaisseur du niveau de bauxite ?), de trouver des extensions, et d'évaluer de manière plus pertinente les ressources.

En l'état actuel des connaissances, les bauxites des Montagnes Françaises ne semblent pas être un secteur prioritaire à l'échelle du territoire guyanais. Le faible tonnage connu actuellement (8,8 Mt) ne permet pas d'envisager une exploitabilité, d'autant qu'il n'existe pas d'infrastructures d'accès à proximité. Toutefois, il mériterait d'être évalué d'une manière plus approfondie, tant en extension (surface, profondeur) qu'en teneurs (réalisation d'analyses par opposition aux estimations visuelles). Notons qu'il existe peut-être d'autres gîtes de taille comparable à proximité (au sud des Montagnes Françaises ou au Suriname) qui pourraient

permettre de reconsidérer les bauxites des Montagnes Françaises comme une partie intéressante d'un ensemble de valeur.

### **i) Montagne Cottica**

L'indice de la Montagne Cottica (Figure 57, Tableau 10) se situe sur les sommets à l'est des Abattis Cottica à 45 km au NNW de Maripasoula. Comme de nombreux reliefs au centre et à l'ouest de la Guyane (région de Maripasoula), aucune activité minière, même d'exploration, ne peut être initiée puisque ce sont des zones SDOM de niveaux 0 et 1.

Aucune prospection détaillée n'a été réalisée dans cette zone, mais il est précisé qu'il existe des résidus de latérite bauxitique avec localement de la bauxite de très bonne qualité. Une évaluation grossière indique des ressources de 3 Mt.

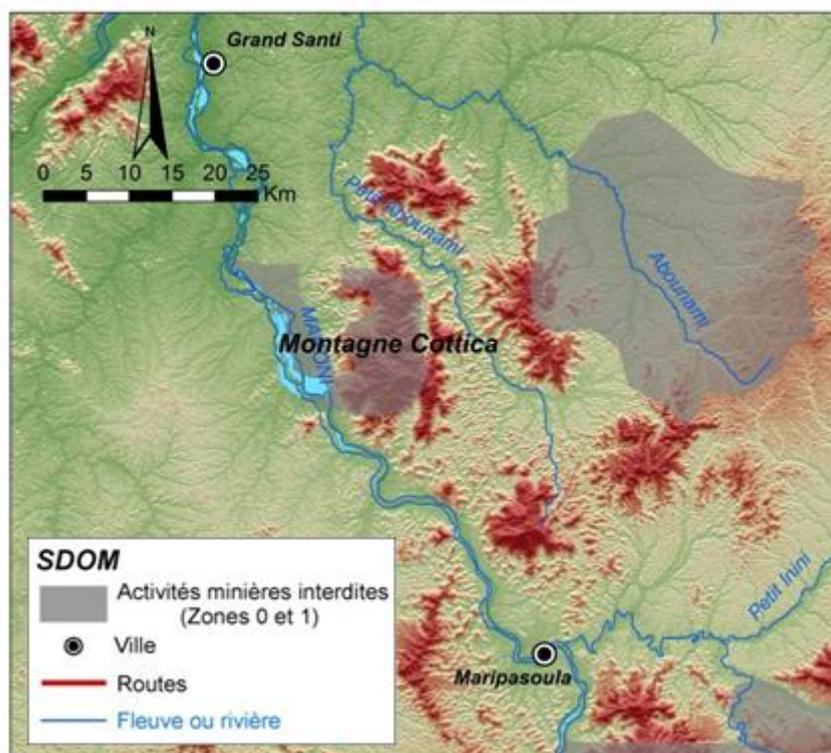


Figure 57 - Contexte géographique de la Montagne Cottica.

À l'heure actuelle, cet indice est anecdotique. Cependant, il est certain que les reliefs au nord et au sud-est de Maripasoula (Figure 41) pourraient présenter un potentiel intéressant, puisque leur géologie et leur géomorphologie sont favorables (reliefs tabulaires de plus de 600 m d'altitude sur substratum volcanique à volcano-sédimentaire).

## **6.5. BILAN ET PERSPECTIVES**

### **6.5.1. Conclusion sur les indices de bauxite et potentiel minier**

Les minéralisations sont en relation avec des plateaux bauxitiques, en revanche, **aucun gîte de plaine côtière**, équivalent aux gisements exploités au Suriname, n'existe en Guyane. Le

contexte géologique semble moins favorable à ce type côtier en Guyane comparé à celui du Suriname.

Concernant **les gîtes de plateau**, on peut considérer que la plupart des indices proche du littoral (moins de 100 km) ont été découverts. Les huit gîtes principaux sont répartis dans la partie nord du territoire et totalisent, en l'état actuel des travaux, **110 à 120 Mt de bauxite**, la Montagne de Kaw représentant 50 % de ces ressources. Ces indices sont de **petite et moyenne taille** par rapports aux gisements actuellement exploités dans le monde (Figure 58).

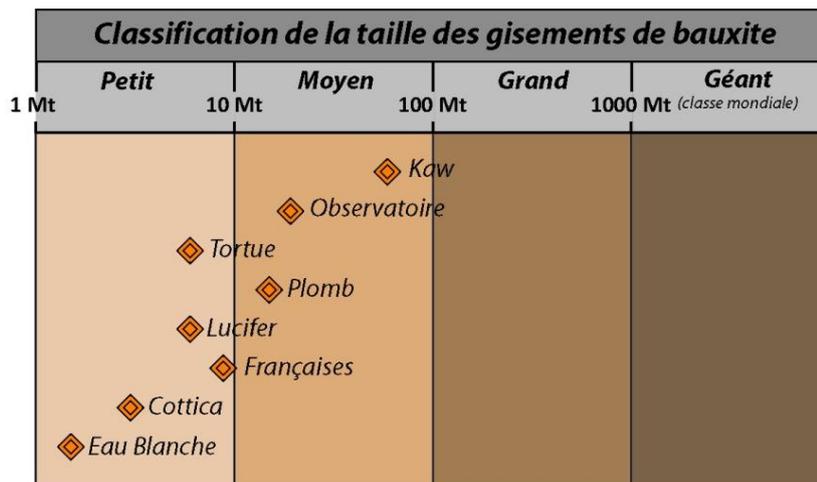


Figure 58 - Classification de la taille des indices de bauxite guyanais (échelle log).

Le potentiel minier des différents indices peut être classé de la manière suivante.

**1 - Montagne de Kaw** : c'est l'indice qui présente le potentiel minier le plus intéressant du point de vue de sa situation géographique et de son tonnage (59 Mt à 43,3 %  $Al_2O_3$ ). À l'heure actuelle, on ne peut pas envisager de l'exploiter en raison du **statut réglementaire imposé par le SDOM et des paramètres technico-économiques insuffisants** pour justifier le développement d'un projet minier.

On peut considérer que Kaw est bien documenté (nombreuses campagnes de prospection et plusieurs projets d'exploitation). Néanmoins, les prospections n'ont pas couvert l'ensemble de domaine, seul 19 secteurs ont fait l'objet de travaux détaillés par sondages soit environ 5 % de la superficie totale de la Montagne de Kaw. Des compléments de prospection sur la totalité du massif pourraient surement permettre d'en augmenter les ressources.

**2 - Monts de l'Observatoire et Montagnes Tortue** : malgré des tonnages intéressants (19,2 et 6 Mt) par rapport aux autres indices, il n'est pas envisageable d'exploiter ces gîtes de façon isolée. Cependant, leur proximité par rapport à Kaw (Figure 59) pourrait permettre de considérer ces indices comme **une partie d'un ensemble plus vaste incluant le gisement de Kaw**, s'il pouvait entrer en exploitation.

À eux trois, ces indices cumulent 85 Mt dans un secteur géographique restreint. Il serait possible d'envisager d'acheminer le minerai jusqu'à la ville de Régina par bandes transporteuses, par *pipe* ou par voie ferroviaire (15 à 40 km de transport suivant les indices) et de l'exporter via l'estuaire de l'Approuague. Malgré une situation géographique favorable, il est cependant difficilement concevable d'élaborer actuellement un projet avec des **infrastructures lourdes** (infrastructures portuaires et ferroviaires) pour un tonnage inférieur à **300 Mt de bauxite**, d'où la nécessité de valoriser ces indices par des travaux de prospections systématiques.

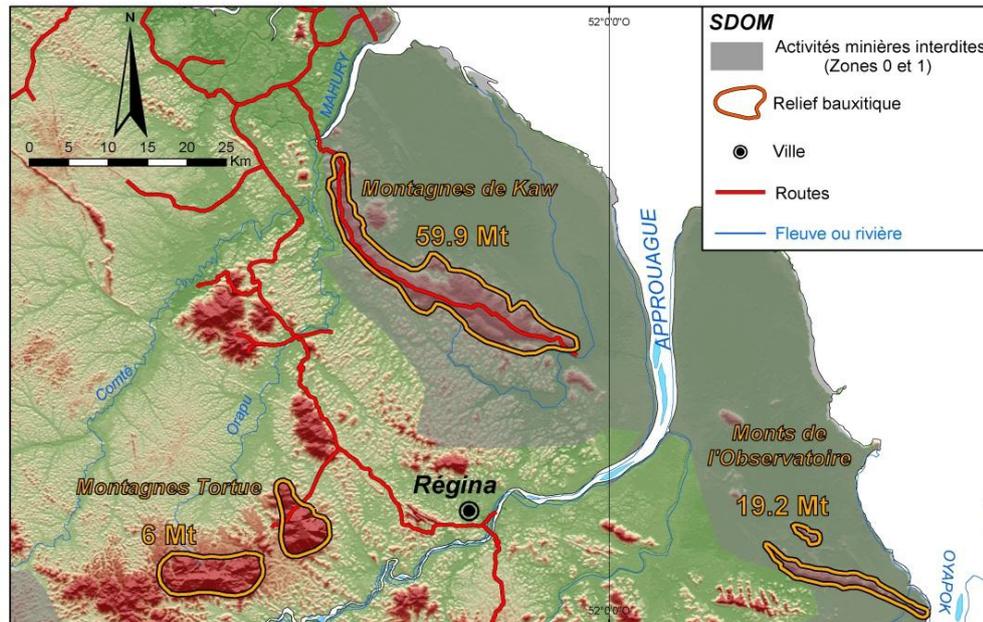


Figure 59 - Contexte géographique favorable à la mise en place d'un projet commun incluant les indices de Kaw, Tortue et de l'Observatoire.

**3 - Montagnes Françaises et Monts Lucifer** : malgré des travaux préliminaires prometteurs (respectivement 8.8 et 6 Mt de bauxite), ces indices ne peuvent pas être considérés comme prioritaires en raison de leur enclavement à l'intérieur du territoire.

**4 - Montagnes Plomb** : avec 10 à 20 Mt de bauxite (3<sup>e</sup> indice en termes de taille) et un accès facile, cet indice pourrait être intéressant. Cependant, la proximité du barrage est un inconvénient majeur.

**5 - Montagne Cottica** : indice anecdotique en l'état actuel des prospections, néanmoins les reliefs au nord et à l'est de Maripasoula dont la Montagne Cottica fait partie, sont des secteurs présentant des caractéristiques géologiques et géomorphologique favorable à la présence de bauxite. Cependant, l'enclavement de ces secteurs (entre 200 et 250 km du littoral) pourrait permettre d'envisager des développements de projets que si les tonnages étaient très largement augmentés.

**6 - Montagne de La Trinité et Eau blanche** : indices ne présentant aucun potentiel minier du fait de leur taille et de leur inaccessibilité.

Si on prend en compte les contraintes du SDOM (Tableau 10) et les contraintes structurelles (barrage de Petit-Saut à proximité des Montagnes Plomb), seules Montagnes Tortue et Montagnes Françaises présenteraient actuellement un intérêt puisque les autres indices sont soit interdits à la prospection par le SDOM ou soit de taille trop limitée.

Les évaluations de la plupart des indices ont été réalisées à partir de travaux superficiels dans les années 1950-1960, ce ne sont que des estimations grossières calculées par extrapolation des résultats obtenus à Kaw. En effet, seul le **gisement de Kaw** a fait l'objet de travaux systématiques (forages), et encore, ils n'ont couvert qu'une partie du domaine. Il est fort probable que des travaux similaires sur les autres plateaux bauxitiques permettraient d'affiner la géométrie de la minéralisation (épaisseur du niveau minéralisé), de trouver des extensions et d'augmenter leurs ressources en bauxite.

Compte-tenu des différents paramètres géologiques et géographiques, on peut considérer que **le potentiel minier de la bauxite en Guyane est faible à moyen et pourrait être valorisé par des investigations complémentaires**. À l'heure actuelle, l'obstacle principal correspond aux interdictions du SDOM qui ne favorisent pas l'investissement minier sur les principales zones d'intérêts.

### 6.5.2. Propositions d'actions

Pour valoriser les indices connus de bauxite, augmenter les ressources et redéfinir leur potentiel géologique, plusieurs actions peuvent être envisagées :

#### 1 - Approche multicritères sous SIG pour déterminer la localisation des cuirasses bauxitiques à l'échelle des différents massifs.

Les surfaces potentiellement bauxitiques peuvent être repérées par la combinaison spatiale de plusieurs facteurs :

- *la signature potassique des terrains superficiels* : le processus d'altération responsable de la bauxitisation induit un lessivage des éléments alcalins (K, Na, Ca). Ces zones, caractérisées par une faible signature potassique, peuvent donc être délimitées par un simple traitement de la radiométrie spectrale aéroportée (U, Th, K) acquise en 1996 ;
- *la topographie* : la bauxite n'est pas localisée sur l'ensemble des massifs, mais seulement à des endroits spécifiques, bien souvent sur les flancs en pente douce des plateaux. Par un simple traitement du MNT, il est donc possible de localiser les surfaces topographiques favorables à la présence de bauxite.

Il est ainsi possible, par une simple approche multicritère sous SIG, de cibler au sein de chaque massif, **les surfaces topographiquement favorables à la présence de bauxite**. Cette action permettrait également d'identifier de nouveaux secteurs, notamment au centre du territoire (région de Maripasoula).

Même sur l'indice de Kaw, qui a pourtant fait l'objet de sondages systématiques, cette approche prédictive pourrait permettre de trouver des extensions et compléter la connaissance du massif. En effet, les amas bauxitiques ayant été choisis par des reconnaissances de surface ponctuelles (layonnage au 500 m), un certain nombre de zones, potentiellement favorables, ont pu être ainsi manquées à cause du recouvrement superficiel (couverture végétale et/ou cuirasse ferrugineuse).

#### 2 - Vérification sur le terrain des zones préalablement ciblées par des travaux de reconnaissance en profondeur.

L'analyse de favorabilité précédemment décrite, associé à une revue critique de l'ensemble de la documentation, pourrait servir à déterminer les secteurs au sein de chaque massif devant faire l'objet des **reconnaisances ponctuelles** sur le terrain (sondages, tarières ou tranchées), ce qui permettrait de vérifier la présence de bauxite dans les secteurs identifiés comme favorables et d'évaluer l'épaisseur des niveaux bauxitiques.

Cependant, pour réellement valoriser les indices de bauxite et augmenter leurs ressources, il serait nécessaire d'effectuer des **campagnes de sondages systématiques**. Seuls des **investisseurs miniers de taille importante** peuvent initier ces travaux systématiques, et par la même occasion, supporter les infrastructures qui découlent des exploitations de bauxite. Cependant le **cadre environnemental et administratif** instauré en Guyane (SDOM) **ne permet pas de les attirer sur les sujets bauxites**.

## 7. Kaolin

### 7.1. GÉNÉRALITÉS SUR LE KAOLIN

#### 7.1.1. Gîtologie

Le kaolin est une roche argileuse de couleur blanche. Elle est composée essentiellement d'un minéral argileux, la kaolinite ( $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$ ) qui cristallise après l'altération hydrolysante de feldspaths contenus dans les roches et le départ complet des éléments alcalins (K, Na, Ca) et d'une partie de la silice.

Les argiles kaoliniques sont donc des produits d'altération, comme les bauxites, et se trouvent dans les profils de type latéritique (**gisements primaires en place**) ou dans certaines formations sédimentaires après remaniement et dépôts (**gisements secondaires**). Dans le minerai brut, la kaolinite est mélangée à d'autres argiles et à des minéraux résiduels (quartz, micas et minéraux lourds) qui constituent généralement entre 40 et 60 % du produit tout-venant.

#### 7.1.2. Gisements et production mondiale

Les gisements, **exploitables à ciel ouvert**, peuvent accepter un taux de découverte allant jusqu'à 5/1 et des exploitations souterraines ne sont pas exclues. **La taille minimale** d'un gisement pour être économiquement valorisable doit atteindre **1 million de tonnes**.

La production mondiale, concentrée essentiellement dans une douzaine de pays, est de l'ordre de **25 à 30 Mt/an**, mais seuls les **USA**, la **Grande-Bretagne** et le **Brésil** possèdent des gisements produisant de façon significative du kaolin de qualité couchage papier.

**La production de la France métropolitaine** est de l'ordre de 300 à 350 000 t/an (pour une consommation au niveau national d'environ 400 000 t/an). Notons que le leader mondial du kaolin et des minéraux industriels est **le groupe français Imerys**. En France, il exploite les gisements de kaolin de Ploemeur et de Beauvoir-Échassières, mais il est également implanté dans de nombreux pays.

#### 7.1.3. Utilisations

Le kaolin a de **très nombreuses utilisations industrielles**. Selon sa qualité naturelle et après traitement, il peut entrer dans la composition du papier (jusqu'à 30 %, en charge et en couchage), des céramiques pour sa blancheur (sanitaires, faïence, porcelaine blanche), des caoutchoucs, des plastiques (résistance mécanique), des peintures (inertie chimique, fluidité), de certains ciments (source d'alumine si présence d'oxydes de fer), des fibres de verre (pour réduire la proportion d'alcalins) etc.

C'est un minéral industriel exceptionnel, chimiquement inerte dans une large gamme de pH, il est blanc (ou peut être blanchi par traitement chimique) et possède un bon pouvoir dissimulant ou couvrant comme pigment ou matière de charge. Il est tendre et non abrasif et présente une faible conductivité thermique et électrique, et il coûte moins cher que la plupart des produits concurrents.

#### 7.1.4. Prix

Les prix moyens sont de **150 à 200 €/t** selon les qualités (céramique, charge ou couchage papier), mais certaines variétés (kaolin calciné pour pigment) atteignent plus de 500 €/t. Les importations (environ 1 Mt des USA, et plus de 500 000 t du Brésil) montrent que le kaolin, matériau pondéreux, supporte un coût de transport d'une rive à l'autre de l'Atlantique.

### 7.2. LE KAOLIN SUR LE BOUCLIER GUYANAIS

**Le Brésil** est le second producteur de kaolin au monde : 2,5 Mt/an, soit environ 10 % de la production mondiale, à partir de ses gisements du bassin amazonien (Rio Capim et Rio Jari), qui ont été développés de façon très significative à partir des années 1990.

Il est à noter que **le groupe français Imerys est maintenant le principal acteur économique de cette filière au Brésil, à travers sa filiale Rio Capim Caulim.**

Au **Suriname**, le gisement de Moengo, au nord-est du pays non loin de la frontière avec la Guyane (même zone que le gisement bauxitique du même nom, Figure 39) a été reconnu et fait actuellement l'objet de projets de développement (<http://moengominerals.com/index.html>). Par sa taille (60 Mt), **il est comparable aux gîtes guyanais**. D'ailleurs, cette zone est dans la continuité des indices de kaolin guyanais (Charvein, Les Malgaches, Saut-Sabbat) à seulement 30 km à l'ouest.

Au **Guyana** également, des gisements de kaolin sont présents et font l'objet de projets de mise en valeur.

### 7.3. HISTORIQUE DES TRAVAUX

La majorité des travaux concernant le kaolin se sont concentrés au nord-ouest de la Guyane entre Saint-Laurent du Maroni et Mana, puisque c'est à cet endroit que sont localisés trois des quatre indices répertoriés sur le territoire guyanais : **les Malgaches, Saut Sabbat et Charvein** (Figure 60).

Ces indices ont fait l'objet de nombreux travaux, allant des campagnes de prospection initiales réalisées par le BMG à la fin des années 1950 jusqu'aux campagnes de sondage à maille régulière réalisé par le BRGM dans le cadre de l'inventaire minier de la Guyane à la fin des années 1970. L'ensemble des travaux de terrain ont été accompagnés par des tests de laboratoires dans le but d'apprécier la qualité marchande du kaolin.

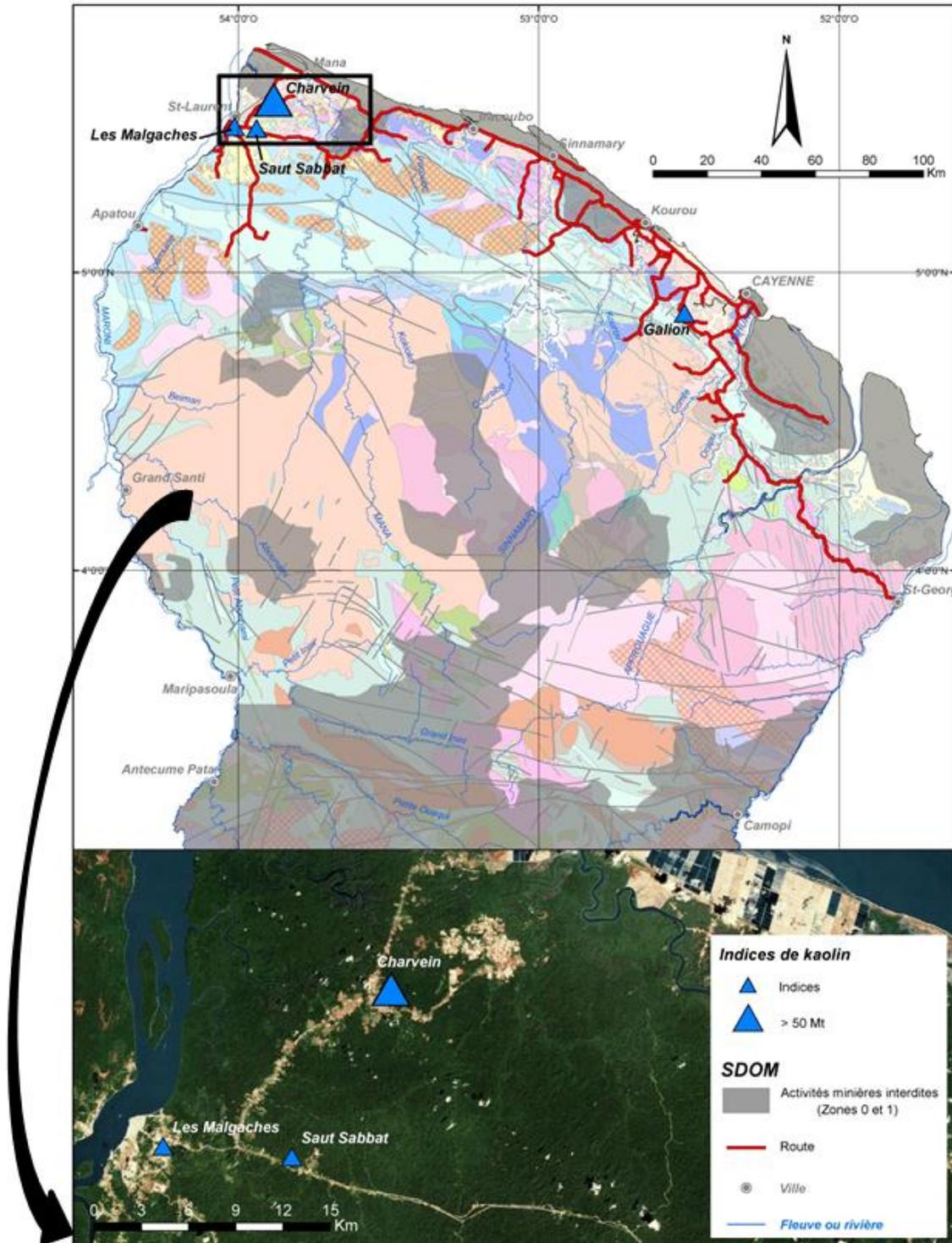


Figure 60 - Localisation des indices de kaolin sur le territoire Guyanais. Indices d'après Blanc et al. (1980) et carte géologique d'après Delor et al. (2001).

### 7.3.1. Travaux de reconnaissance et caractérisation préliminaire du kaolin

La présence de kaolin dans la région Saint-Laurent/Mana au nord-ouest de la Guyane (Figure 60) a été reconnue à l'occasion des travaux de recherche de bauxite de plaine par le BMG entre **1956 et 1960**, les sondages réalisés dans cet objectif ayant, pour certains, traversé des niveaux de kaolin à faible profondeur.

En 1973, l'ouverture de la route entre Saut-Sabbat et Saint-Laurent a permis de vérifier la présence de kaolin dans ce secteur. À la même période, des indices ont été trouvés par un géologue indépendant (M. Lenormand) dans une carrière de sables aux Malgaches près de Saint-Laurent-du-Maroni.

Des échantillons provenant de ces différents sites ont été transmis pour **des tests de caractérisation** (lavage, tamis à 63 µm, retrait, résistance mécanique, dilatation, coulage-viscosité, etc.) à deux sociétés industrielles en France et aux USA :

- **en 1974 à KPCL** (Kaolins et Pâtes Céramiques du Limousin), dont les résultats indiquent que les échantillons de Saut-Sabbat et de Malgaches ont des teneurs élevées en kaolin, réfractaires après cuisson, avec indices de blancheur élevées et absence de micas. Ils sont donc de **qualité céramique**, et pourraient même être utilisés en **papeterie** ;
- **en 1976-1977 à GKC** (Georgia Kaolin Co) aux USA, qui a confirmé l'intérêt de ces kaolins pour l'industrie papetière.

Les résultats des principaux tests ont montré l'intérêt d'une partie des échantillons pour les **deux principales utilisations industrielles**, les céramiques et le papier.

### 7.3.2. Caractérisation du gisement et tests de qualité du kaolin (1977 à 1981)

#### a) Campagne tarière 1977-1978, analyses et tests

Suite à ces travaux préliminaires et à leurs résultats positifs, une **reconnaissance stratégique à la tarière** dans la région Saint-Laurent - Mana a alors été entreprise en 1977 par le BRGM (Plat, 1980), afin de délimiter les zones favorables et d'accès facile (long des pistes et des routes).

Ces travaux ont concerné trois secteurs principaux :

- la route Saint-Laurent - Mana, à hauteur et de part et d'autre du carrefour de la route vers l'Acarouany, ainsi que le long de la route menant au village de l'Acarouany (actuelles RD9 et RD16) ;
- le secteur des Malgaches à proximité de Saint-Laurent-du-Maroni ;
- la route de Saut-Sabbat, nouvellement réalisée (actuelle RN1).

Au total, 118 sondages tarière ont été réalisés (soit 566 m forés) et 375 échantillons prélevés, dont 89 envoyés à GKC, 322 à la Société Française de Céramiques (SFC), 4 à Kaolin d'Arvor et 23 au laboratoire BRGM (Plat, 1980).

Dans leur ensemble, les résultats des tests et analyses indiquent pour les meilleurs échantillons que :

- les matériaux prélevés contiennent 50 à 70 % de kaolinite, avec peu d'impuretés de type micas ;
- les indices de blancheur (75-80 % sur cru, 80-90 % sur cuit) sont de bon niveau et peuvent être améliorés par traitements chimiques ;

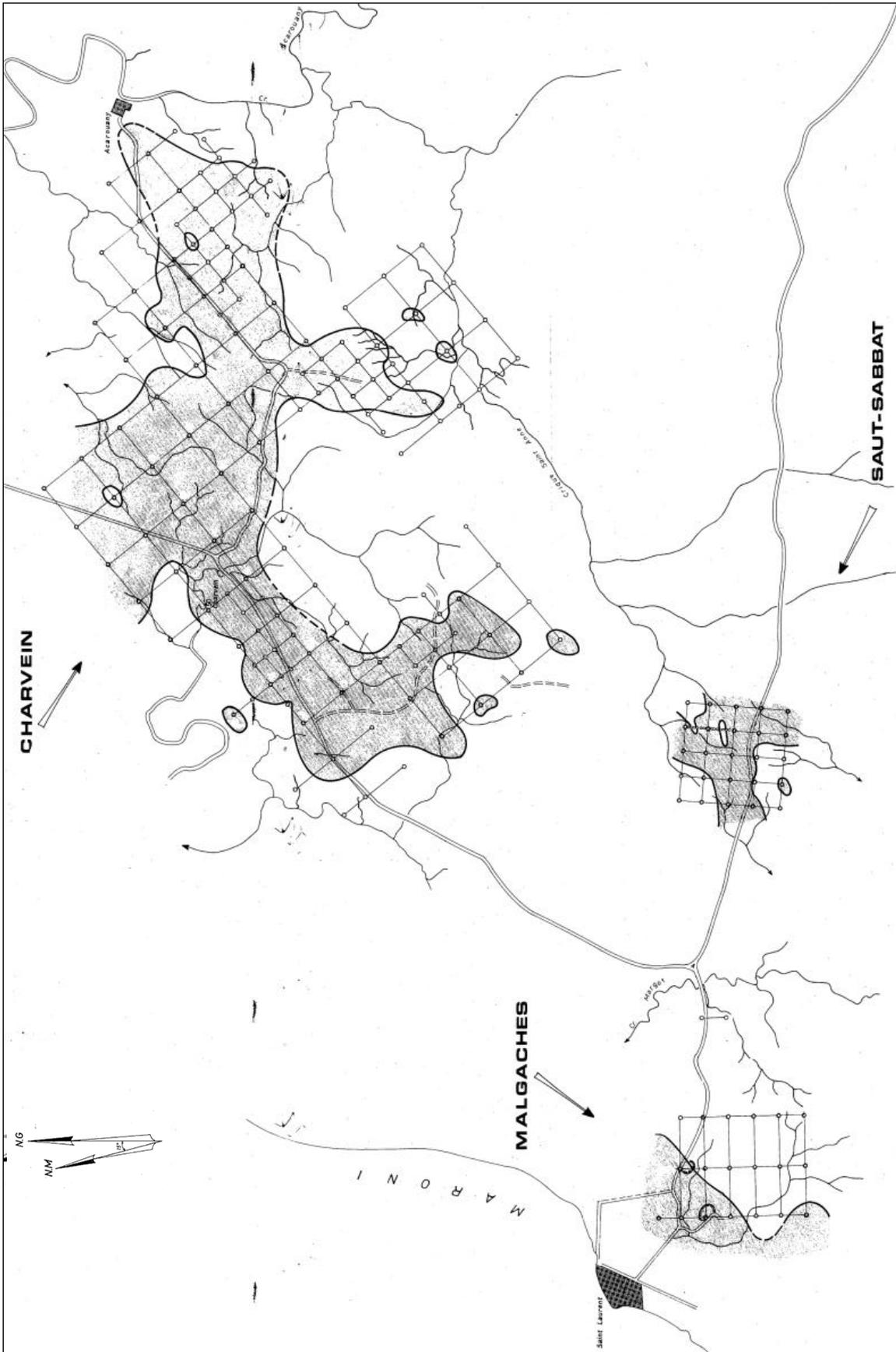


Figure 61 - Campagne de sondages 1979-1980 et extension des gisements de Saut-Sabbat, Malgaches et Charvein (Plat, 1980).

- la réflectivité, la viscosité de même que la réfractarité sont de niveau satisfaisant ;
- l'indice d'abrasivité est excellent.

Ceci correspond à des critères d'utilisation industrielle d'un **kaolin de qualité en papeterie et en céramique**.

L'ensemble des résultats de cette première campagne ayant été positifs, aussi bien en ce qui concerne l'extension des gisements que pour la qualité intrinsèque du kaolin, une phase d'investigation complémentaire plus systématique a été programmée par le BRGM et a débuté en 1979.

#### **b) Campagne tarière 1979-1980, analyses et tests**

La recherche systématique, menée à partir de 1979 par le BRGM après les résultats positifs des investigations antérieures, ont concerné les trois secteurs sélectionnés de Saut-Sabbat (surface investiguée de 4 km<sup>2</sup>), des Malgaches (10 km<sup>2</sup>) et de Charvein (60 km<sup>2</sup>).

Elle a été menée par **prospection tarière** à main à large maille, resserrée localement sur les zones les plus favorables, avec une profondeur moyenne des sondages limitée à 10 m (Figure 61 ; Plat, 1980), soit :

- 40 sondages (500 x 500 m, avec lignes resserrées à 50 m) au total pour le secteur de **Saut-Sabbat** (346 m forés au total) ;
- 22 sondages pour le secteur des **Malgaches** (maille 1 000 x 500 m, 225 m forés au total) ;
- plus de 150 sondages sur le secteur de **Charvein** (maille 1 000 x 1 000 m, resserrée à 500 x 500 m dans certaines zones).

Des **tests géophysiques**, à savoir des sondages électriques de 20 m de profondeur d'investigation (quatre sur Charvein et deux sur les Malgaches) ainsi qu'un profil de résistivité (méthode des traînées, sur 1 km à Saut Sabbat) ont été réalisés de façon complémentaire.

### **7.4. ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES INDICES DE KAOLIN EN GUYANE**

Du point de vue gîtologique, il apparaît que les gisements de l'ouest guyanais sont, soit de **type primaire**, résultant de l'altération en place de roches de socle granitiques, soit de **type sédimentaire**, après remaniement et transport du kaolin primaire.

Le kaolin sédimentaire est inclus dans un ensemble d'âge pliocène, reconnu comme étant la « **série détritique de base** » ou SDB, composée de sables argileux et de niveaux de galets et graviers, d'origine deltaïque, qui repose sur le socle ancien.

Le kaolin se place **à la base de cette série**, les phénomènes pédologiques et la podzolisation des sables argileux sus-jacents ayant joué un rôle important dans sa genèse, comme les études de l'ORSTOM l'ont montré (néoformation de kaolinite par transformation de gibbsite).

#### **7.4.1. Les Malgaches**

Cette indice reconnu par maille 1 000 x 500 m sur environ 4 km<sup>2</sup> (22 sondages tarière, 225 m au total), est moins étendu que prévu, l'extension du kaolin au sein de la série détritique de base étant **limitée à la partie ouest** (Figure 61). Il est de type sédimentaire, avec une

**puissance moyenne de kaolin de l'ordre de 2 m**, atteignant ponctuellement 5 m, le recouvrement sableux pouvant atteindre 9 m d'épaisseur.

Du fait de sa situation à proximité immédiate de Saint-Laurent-du Maroni, ce gisement **ne présente pas de perspectives économiques** quant à une éventuelle exploitation d'envergure industrielle.

#### 7.4.2. Saut Sabbat

Malgré le maillage régulier et la réalisation d'un profil électrique vérifié par sondages, les corrélations ne sont pas possibles entre les quarante sondages. En effet, les **niveaux de kaolin**, de type primaire, forment des poches, nombreuses sur le socle mais d'**extension très limitée**. Dans ce contexte, une exploitation à l'échelle industrielle n'est pas envisageable, malgré la bonne qualité du matériau.

#### 7.4.3. Charvein

##### a) Géométrie du gisement

L'ensemble du gisement géologique de Charvein s'étend sur **plusieurs dizaines de km<sup>2</sup>**, soit sur l'ensemble de la surface correspondant à la SDB, mais les limites d'extension du kaolin de bonne qualité (kaolin blanc) sont plus restreintes (Figure 62 ; Plat, 1980).

En effet, **trois qualités de kaolin** ont été identifiées d'après leur coloration, avec localisation des **variétés les plus blanches au centre** (deux zones principales) et les variétés colorées en bordures du gisement. L'épaisseur du kaolin peut atteindre **20 m dans le centre du gisement**, car il y a dans ce cas superposition de kaolin primaire en place, et de kaolin sédimentaire remanié au-dessus.

Les résultats des forages (à maille lâche de 1 000 m, resserrée à 500 m dans les zones favorables) ont donc permis de délimiter **deux secteurs d'intérêt principaux**, à kaolin blanc, d'extension plurikilométrique (Figure 62) :

- *premier secteur* : il est situé dans la partie ouest du gisement, au sud du carrefour de l'Acarouany, de part et d'autre de la RD9 et mesure 3 km x 0,5 km, mais il semble discontinu, avec des épaisseurs de kaolin très variables sous 1 à 5 m de recouvrement. Par ailleurs, une grande partie du secteur est en zone inondable à la saison des pluies, et se trouve en zone cultivée ;
- *second secteur* : il est situé dans la partie est du gisement, au sud-ouest du village d'Acarouany lui-même et a une extension de 4 km x 0,5 km de largeur moyenne, couvrant une surface d'environ 3,5 km<sup>2</sup>. L'épaisseur de kaolin est variable, mais souvent importante, de 10 m à 20 m ponctuellement, sous un faible recouvrement de sables (moins de 2 m, localement 5 m environ). Le taux de recouvrement moyen est donc faible, et d'extraction aisée.

À l'époque des travaux, le secteur était libre de toute occupation humaine. Mais depuis la fin des années 1990 il semble que des exploitations agricoles se sont implantées dans certaines parties situées à l'aplomb du gisement (Figure 63).

Pour ces deux principaux secteurs, où le kaolin est de bonne qualité, les ressources semblent importantes. Par exemple, celles du secteur 2 (Acarouany) ont été estimées à plus de **60 Mt**, dont **6 Mt de kaolin très blanc**, sous un faible recouvrement de sables (Plat, 1980 ; Millot, 1980).

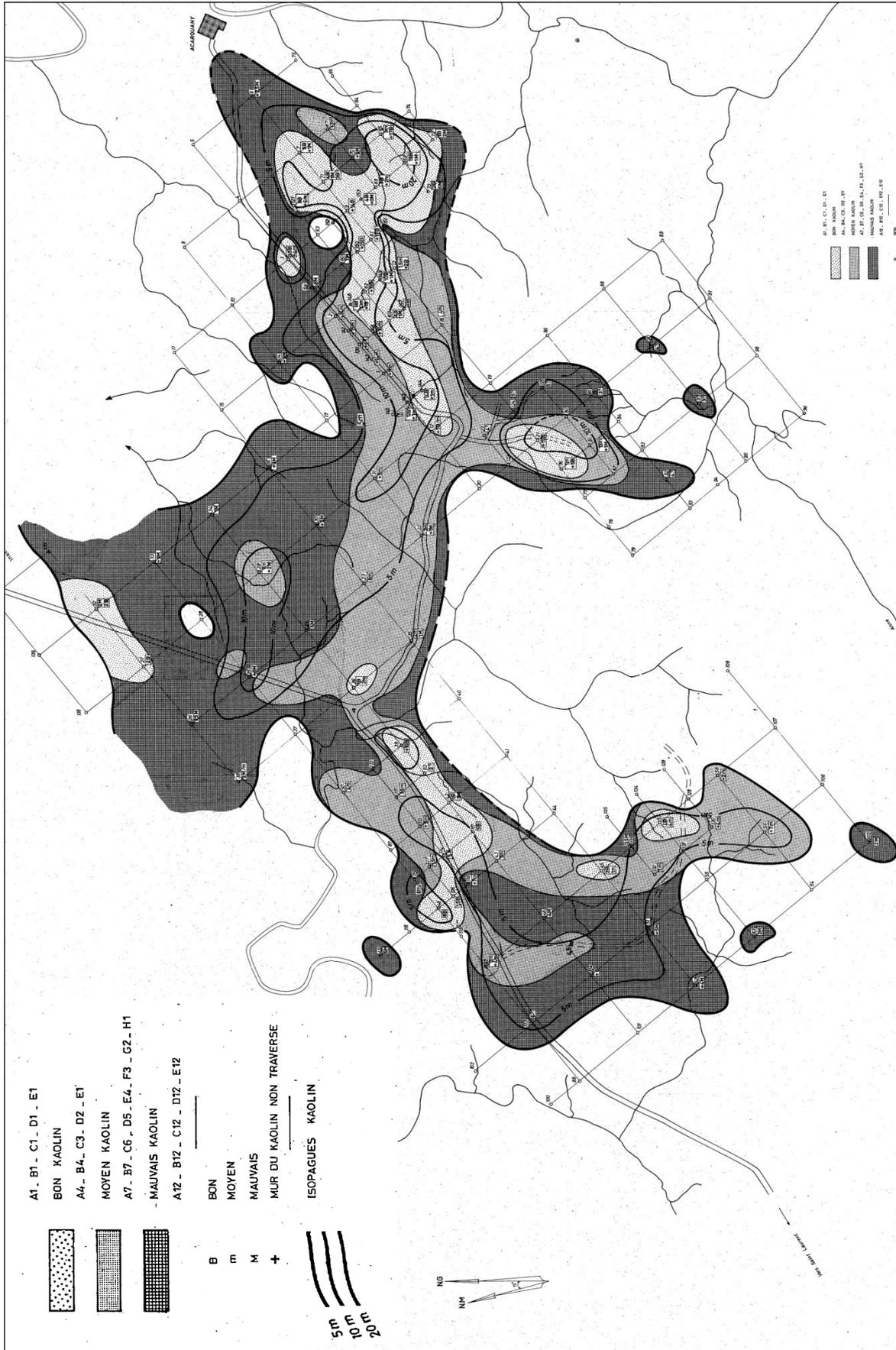


Figure 62 - Extension du gisement de Charvein selon les différentes qualités de kaolin (Plat, 1980).

### **b) Qualité du kaolin de Charvein**

Les tests effectués sur le kaolin entre 1974 et 1980 (Morio et Gougis, 1979 ; Gougis et Morio, 1980 ; Morio *et al.*, 1981), pour une **utilisation en charge et couchage papier et en céramique ou en porcelaine blanche**, ont été **positifs** sur les échantillons sélectionnés :

- teneur élevée et régulière en kaolinite du minerai tout-venant (40 à 60 %, le restant étant constitué de sable quartzueux pur à plus de 99 % de silice, économiquement valorisable, alors que les micas, préjudiciables, sont rares à absents) ;
- faibles teneurs en alcalin et oxydes (largement < 1 % pour chacun – d'après Société Française de Céramique) ;
- fraction < 20 µm ne contenant plus de silice libre, ce qui est très favorable en papeterie (pas d'abrasivité du produit) ;
- indice de blancheur hétérogène, mais supérieur à 80 sur plus de 20 % des 432 échantillons testés, avec possibilité d'amélioration à plus de 85 (85,5 et 91,2) par traitement approprié ;
- préparation de la fraction fine (< 10 µm) possible, uniquement par hydrocyclonage, et récupération pondérale de l'ordre de 30 à 35 % du tout-venant (tests sur 4 échantillons de plusieurs tonnes) ;
- possibilité d'améliorer les propriétés rhéologiques du kaolin (viscosité généralement trop élevée) par délaminage en vue d'une utilisation en couchage papier.

#### **7.4.4. Autres indices de kaolin connus dans le nord de la Guyane**

Les argiles kaoliniques, de qualités médiocres, sont assez ubiquistes dans les formations d'altération de socle ou les formations sédimentaires de la zone côtière. Dans le **secteur d'Organabo**, à l'est de ceux étudiés précédemment, des sondages hydrogéologiques ont recoupé des niveaux de kaolin sans intérêt économique.

De même, au sud de Cayenne dans le secteur du **Gallion** (proche de la RN2), des indices de kaolin ont été repérés et ont donné lieu à des tests qui se sont révélés négatifs.

### **7.5. BILAN ET PERSPECTIVES**

#### **7.5.2. Conclusion sur les indices de kaolin et potentiel minier**

Parmi les indices de kaolin actuellement répertoriés, **Charvein** est incontestablement celui qui présente **le plus d'intérêt**. Les autres indices du secteur de Saint-Laurent-du-Maroni n'ont aucun potentiel minier :

- **Malgaches** est pénalisé par un taux de recouvrement important et par sa position en zone périurbaine à proximité de Saint-Laurent ;
- **Saut-Sabbat** contient du kaolin de bonne qualité, mais la continuité du niveau n'est pas établie.

**Charvein**, avec **60 Mt de kaolin** de différentes qualités dont **6 Mt de kaolin très blanc** répartis sur 3,5 km<sup>2</sup> (**secteur 2 d'Acarouany**) et un faible recouvrement, rentre dans les normes de l'exploitabilité. En effet, basé en France métropolitaine, ce gisement serait déjà en exploitation. Notons que les 6 Mt de kaolin de bonne qualité correspondraient à **20 ans de la production métropolitaine** à un rythme de 300 000 t/an. De plus, les travaux de reconnaissance, ainsi que

les tests de caractérisation du minerai ont été assez poussés pour avoir confiance dans l'estimation des ressources qui a été faite ainsi que dans la valeur marchande du kaolin.

**À titre de comparaison, les 6 Mt de kaolin de qualité supérieure (prix de 150 à 200 €/t) ont une valeur marchande analogue à 20-30 t d'or, ce qui en fait la principale ressource minières en dehors de l'or.**

Les travaux de reconnaissance effectués à Charvein ont été réalisés dans le cadre de l'**Inventaire minier**. En 1984, à l'issue d'une première phase de l'Inventaire, le projet, représentant un réel intérêt pour ses ressources en kaolin, a fait partie des **seize sujets retenus pour être remis à la profession**. À la suite de cela, aucun développement par des industrielles n'a eu lieu. Il convient en 2013 de réévaluer ce projet en tenant compte du **contexte économique mondial** et de l'évolution des technologies (traitements et utilisations du kaolin), ainsi que du **contexte socio-économique guyanais**.

#### **a) Prise en compte du contexte économique mondial et de l'évolution des technologies**

Dans le contexte économique mondial actuel et l'évolution des échanges commerciaux (fin 2012), il convient de prendre en compte les données et les paramètres suivants pour envisager une valorisation du gisement de Charvein :

- l'évolution des marchés et de la demande en Europe et aux USA, due à la **baisse de consommation** en papèterie (remplacement du kaolin et du talc par les carbonates de calcium micronisés), mais à de **nouvelles utilisations** en céramiques fines et dans des créneaux de pointe (produits pharmaceutiques par exemple) ;
- la **production européenne globalement déficitaire**, notamment la baisse très nette de la Grande-Bretagne (3 Mt en 1988, 1 Mt actuellement), suite à la concurrence de produits en provenance du Brésil ;
- l'émergence de **nouveaux marchés** et de consommateurs en **Asie et Amérique du Sud** (pour l'industrie papetière entre autre), sachant que le kaolin est un matériau qui supporte des coûts de transport, par voie maritime surtout, relativement élevés ;
- la mise au point de nouvelles technologies et de traitements plus poussés (micronisation, blanchiment, etc.) permettant d'obtenir des produits de meilleures qualités et performances.

Rappelons que le **solde de la balance commerciale de la France est déficitaire** en ce qui concerne le kaolin (environ **10 M€ en 2007**), du fait notamment que la production nationale, à partir des gisements exploités en métropole, ne peut satisfaire à la fois la demande en quantité et en qualité.

#### **b) Prise en compte du contexte socio-économique guyanais**

**Dans l'objectif d'évaluer le potentiel du gisement de Charvein**, il est nécessaire de prendre en compte un certain nombre de paramètres intrinsèques à la Guyane.

**Zonation SDOM** : le gisement de Charvein est situé dans une **zone sensible en termes de protection environnemental** : il fait partie du Parc Naturel Régional d'Awala-Mana, il est en bordure d'une zone ZNIEFF 2, ainsi que d'une zonation Ramsar (convention internationale visant à protéger les zones humides et plus particulièrement l'habitat des oiseaux d'eau). C'est d'ailleurs ce dernier cadre réglementaire qui justifie la **présence d'une zone interdite à l'activité minière** (zone 0 et 1 du SDOM) à **l'extrémité NW de la Guyane** (Figure 60).

Le gisement de Charvein est en partie touché par les interdictions du SDOM, mais seule la partie NW semble concernée (Figure 63), la partie la plus riche du gisement (secteur 2) **ne semble pas affectée par la moindre interdiction**.

La limite de la zone interdite figurant sur la Figure 63 doit être prise avec précaution, puisque le document de référence ayant servi à délimiter la zonation SDOM ne permet pas d'avoir une précision suffisante à cette échelle.

**Localisation** : étant à 20 km de la côte et 15 km du Maroni, le site est parfaitement situé par rapport au port de Saint-Laurent-du-Maroni, ou même de Kourou, si ces derniers peuvent accueillir des bateaux de tonnage relativement élevés.

**Aménagement du territoire** : c'est le **principal facteur pénalisant** du projet Charvein. En effet, le gisement est traversé par deux routes, un axe NE-SW et un axe E-W où des installations agricoles ainsi que des habitations se sont développées. D'après les photos satellites récentes (Figure 63), il semblerait que la partie occidentale (secteur 1) du gisement soit couverte par des activités anthropiques (routes, exploitations agricoles et nombreuses habitations). Cependant, la zone correspondant à **la partie la plus riche du gisement** (secteur 2 d'Acarouany) semble avoir été **en partie préservée** (présence de seulement quelques exploitations agricoles).

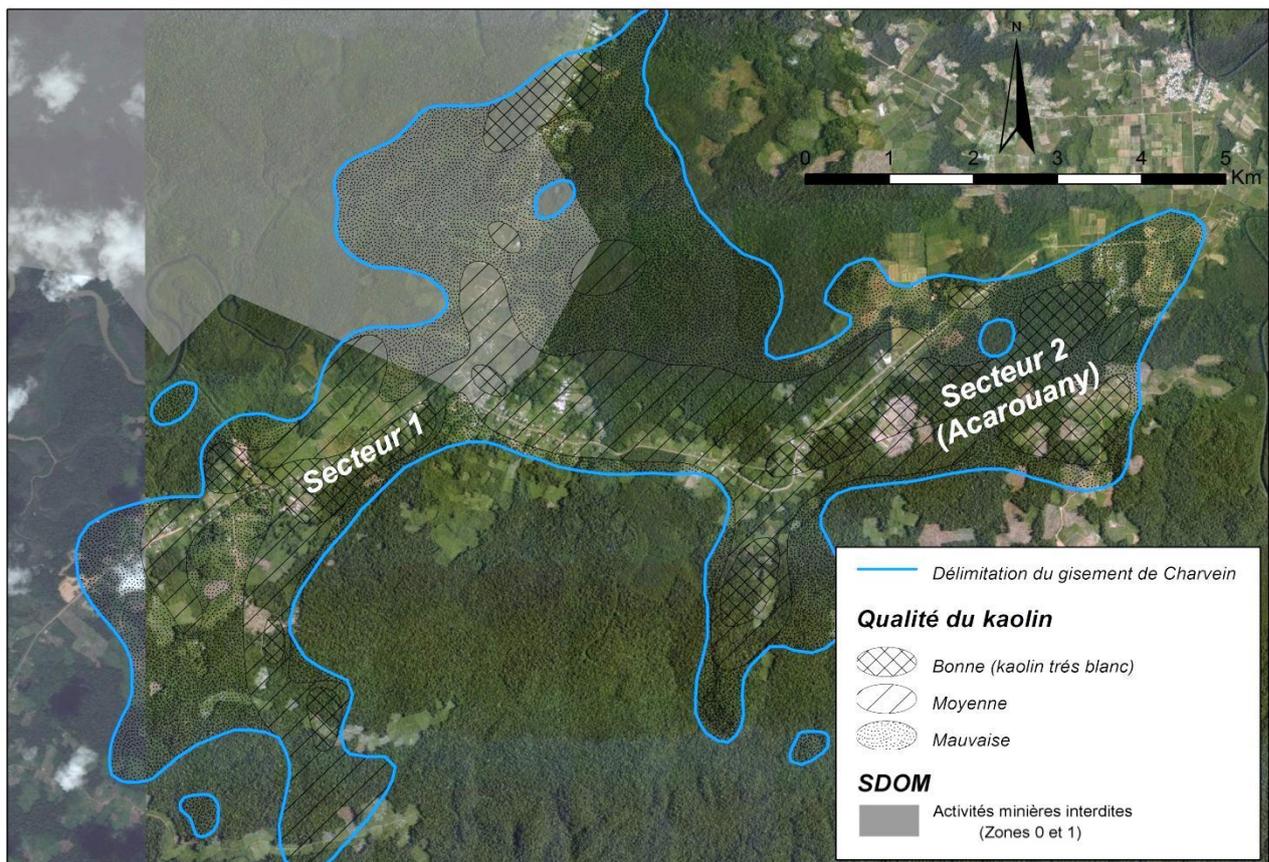


Figure 63 - Occupation des sols sur les gisements de kaolin de Charvein et zonation SDOM.

Il conviendrait de **préserver le secteur de Charvein (au moins le secteur 2) de tout aménagement qui gèlerait les réserves du gisement**, notamment par l'installation d'exploitations agricoles, de bâtiments en dur, nouvelle route etc. Ce point avait déjà été

souligné en 1999 dans l'étude du potentiel minier de la région lors de la création du Parc Naturel Régional Awala-Mana (Nguyen et Marteau, 1999 ; Nguyen, 1999).

Il est nécessaire de prendre en compte ce paramètre dans la politique d'aménagement du territoire de la région de Saunt-Laurent, pour ne pas se priver, dans les années à venir, d'une ressource potentiellement valorisable.

**Économie** : en plus de l'impact économique qu'engendrerait l'ouverture d'un site d'extraction, cela pourrait permettre, à terme de mettre en place une filière de valorisation du kaolin directement sur le sol guyanais, même si dans un premier temps, la filière de commercialisation la plus probable semble être l'exportation.

Notons sur **le plan régional**, la possibilité de développer localement de petites installations semi-artisanales ou artisanales, pour alimenter des fabriques de poteries et de terres-cuites (briques, carreaux, tuiles) à partir de **produits de moyennes qualités**, ainsi que **la valorisation de sous-produits**. En effet, les sables de couverture (formation des sables blancs de l'ouest guyanais), ainsi que les sables qui proviendraient du lavage du minerai kaolinique, sont **valorisables**, soit comme sable BTP si leurs caractéristiques géotechniques et leur granulométrie sont adéquates, soit comme matière première pour la verrerie

### 7.5.3. Propositions d'action

Pour réévaluer le sujet « kaolin Charvein », une action en plusieurs phases pourrait être envisagée. **Dans un premier temps, il est nécessaire de contrôler sur site l'état de l'emprise anthropiques afin d'évaluer l'acceptabilité d'un éventuel projet d'exploitation.** Si le projet d'exploitation reste réaliste, il conviendra de réévaluer les paramètres économiques et techniques de la manière suivante :

- **Contrôle des données acquises et recadrage dans le contexte économique actuel :**

- analyse critique de l'ensemble de la documentation : résultats et interprétation des forages, résultats analytiques parfois contradictoires, cartes d'isopaques, délimitation des zones favorables ;
- recadrage du projet dans le contexte économique actuel : marchés (local, régional, international), coûts de production, de traitement, de transport, tenant compte des mouvements récents intervenus chez les producteurs, tendances technologiques, évolution prévisible des consommations et comparaison avec les autres exploitations ouvertes en Amérique du Sud ;
- étude l'intérêt du projet pour la Guyane : rythme et conditions possibles d'exploitation, de traitement, besoins énergétiques, de transport, infrastructures existantes et à créer, retombées sur l'économie locale.

- **Reconnaissance complémentaire et certification du gisement :**

- étude gîtologique des phénomènes de kaolinisation ;
- reconnaissance complémentaire de la zone de l'Acarouany : forages tarière à maille 500 x 250 m, de profondeur suffisante pour atteindre le substratum rocheux, puis resserrage local à une maille de 125 x 250 m selon les premiers résultats visuels (blancheur) ;
- échantillonnage et caractérisation physico-chimique du kaolin : blancheur, analyses chimiques, rendements granulométriques, abrasivité Einlehner, viscosité, granularité, surface spécifique au Sedigraph, etc.

## 8. Sables à minéraux lourds (ilménite, zircon, monazite)

### 8.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES SABLES À MINÉRAUX LOURDS

Les formations littorales, actuelles ou fossiles, peuvent présenter des **accumulations de minéraux lourds** :

- rutile, ilménite et leucoxène (minéraux titanifères) ;
- zircon (silicate de zirconium) ;
- monazite et xénotime (phosphates de terres rares).

Ce sont principalement des phases accessoires que l'on retrouve dans les granitoïdes, qui par altération et érosion vont être libérées et se concentrer en domaine côtier, concentrations qui peuvent parfois être économiquement valorisable. Leur caractère économique va être subordonné à 3 facteurs : tonnage, teneur et qualité des différents minéraux.

L'Australie domine largement le marché des sables à minéraux lourds. À titre d'exemple, sa production en 2010-2011 était de 350 000 t de rutile, 1,9 Mt d'ilménite, 540 000 t de zircon et 180 000 t de leucoxène (N. Arndt, comm. pers.). Cette production est issue d'une dizaine de mines réparties sur la côte sud-ouest et la côte est de l'Australie. Il existe également des gisements exploités à Madagascar, en Afrique du Sud, au Canada, en Chine, au Mozambique, etc.

L'exploitation de ce type de gîte est relativement facile puisque les concentrés des différents minéraux sont obtenus par de simples procédés gravimétriques.

### 8.2. HISTORIQUE DES TRAVAUX EN GUYANE

Outre quelques travaux ponctuels avant les années 1970, la quasi-totalité des connaissances concernant les sables à minéraux lourds ont été acquises dans **le cadre de l'Inventaire minier** en 1976 et 1977. La prospection s'est organisée en deux phases (Marchesseau, 1978a) :

- **la première phase** (1976) a consisté à effectuer une reconnaissance des formations littorales sableuses sur la totalité du front côtier de la Guyane (du Maroni à l'Oyapock), soit sur 320 km. Cette prospection régionale a été réalisée par des sondages à la tarière (sondeuses à main) et par mesure de la radioactivité (utilisation d'un scintillomètre). Les sondages étaient répartis suivant des profils perpendiculaires aux cordons sableux, séparé d'une distance interlignes de 1500 m pour une distance interpuits de 50 à 100 m. Cette phase a permis de localiser les zones susceptibles d'être minéralisées et devant faire l'objet de travaux complémentaires plus détaillés ;
- **la deuxième phase** (1977) a consisté à effectuer une prospection semi-systématique des secteurs sélectionnés pour en évaluer les ressources (teneur, tonnages) ainsi que la valeur économique des minéraux commercialisables. Les profils ont été resserrés à 400 et 50 m selon les circonstances avec des puits espacés de 25 m. Des concentrés représentatifs de chaque profil ont été constitués et leur contenu en minéraux commercialisables évalué (étude minéralogique et analyse chimique des minéraux valorisables).

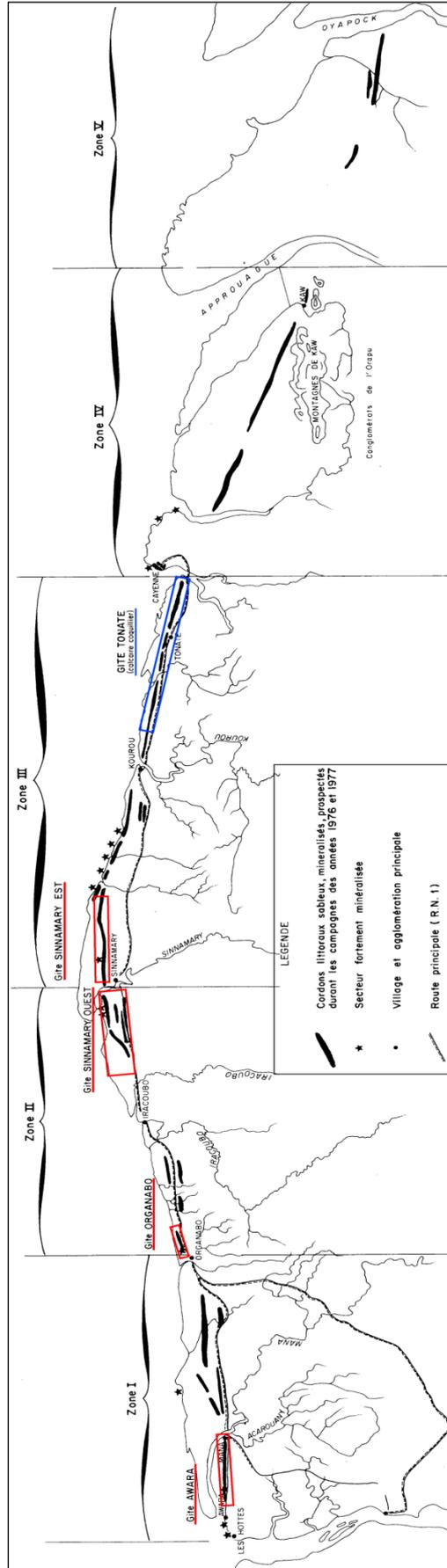


Figure 64 - Répartition des quatre indices de sables à minéraux lourds et des cordons sableux minéralisés prospectés lors des campagnes de 1976 et 1977 (Marchesseau, 1978a).

Les travaux concernant les sables de plages à minéraux lourds se sont achevés en 1978, avec la réalisation d'un rapport de fin de mission (Marchesseau, 1978a). Il présente l'ensemble des travaux de prospection réalisés ainsi que les résultats obtenus durant ces deux phases d'exploration. Dans ce rapport sont notamment développés la méthode employée pour estimer les ressources des différents gîtes, ainsi que les résultats des études minéralogiques et géochimiques.

Lors de ces prospections dédiées à la caractérisation des formations sableuses littorales, un **horizon calcaire riche en coquille** (calcaire coquillier) a été découvert. Il a fait l'objet de travaux identiques à ceux concernant les minéraux lourds, dans le but de caractériser son extension, son tonnage et ses teneurs.

### 8.3. ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES INDICES DE SABLES À MINÉRAUX LOURDS EN GUYANE

Les prospections du BRGM ont permis de caractériser quatre gîtes minéralisés en ilménite, zircon, monazite, rutile et leucoxène appelés respectivement : **Awara, Organabo, Sinnamary ouest et Sinnamary est.**

Les niveaux minéralisés sont encaissés dans des **séries** de dépôts sableux, disposées en chapelets, s'allongeant sur plusieurs dizaines de kilomètres plus ou moins parallèlement au littoral. Leur largeur oscille entre 80 et 100 m en moyenne, exceptionnellement 200 m. Ces cordons littoraux sont localisés à seulement 2-3 km de la côte, ils alternent avec des bandes marécageuses formant des lagunes séparant les différents cordons. Ils reposent sur un horizon argileux de 10 à 15 m de puissance, lui-même sus-jacent au socle granito-gneissique.

Les quatre gîtes minéralisés ont été reconnus sur une distance supérieure à la distance sur laquelle l'estimation des ressources de chaque indice a été réalisée. En effet, seules des portions limitées ont été étudiées en détails, puis les résultats ont été extrapolés sur la totalité de chaque cordon. Il convient de noter que les chiffres annoncés ci-dessus ne constituent qu'une estimation approchée des gîtes parce que prospectés en semi-systématique à la maille 400 x 20 m.

#### a) Awara

L'indice d'Awara se situe à 9 km à l'est du Maroni (Figure 64). C'est un cordon sableux de grande taille qui s'étend sur plus de **20 km**, parallèlement au rivage actuel et à l'embouchure de la Mana. La largeur du cordon est de **60 m** pour une épaisseur moyenne du dépôt sableux minéralisé de **2,50 m**. Notons que le cordon sableux sert de soubassement à la route joignant Mana au lieu-dit « Les Hattes ». Ce cordon a été caractérisé par 68 puits pour une profondeur cumulée de 170 m. Sur cet indice, l'estimation des ressources a été faite sur 300 m, puis les résultats ont été extrapolés au 20 km du cordon littoral. Au final, on obtient un indice avec une extension importante (forts tonnages) mais à **faibles teneurs** en minéraux valorisable (Tableau 11).

AWARA	TONNAGE DU MINÉRAL TOUT-VENANT	TONNAGE CONCENTRÉ	ILMÉNITE		RUTILE		ZIRCON		MONAZITE	
			Teneur concentré	Tonnage	Teneur concentré	Tonnage	Teneur concentré	Tonnage	Teneur concentré	Tonnage
CUBAGE SUR 300 M	38 750 t	5 980 t	7,52 %	450 t	0,6 %	36 t	1,72 %	103 t	1,40 %	84 t
EXTRAPOLATION AU 20 KM DU CORDON	2 583 300 t	398 700 t		30 000 t		2 400 t		6 870 t		5 600 t

Tableau 11 - Estimation des ressources en minéraux lourds de l'indice d'Awara (d'après Marchesseau, 1978a).

### b) Organabo

Ce gîte se situe au nord de la RN1, à 4 km au nord-est du village d'Organabo. Il s'agit de dépôts sableux sporadiques de plus ou moins faible extension, séparés par des zones de marécages.

Cet indice présente une faible extension (1 500 m), une largeur de 45 m et une épaisseur moyenne du niveau minéralisé de 1 m.

L'estimation des ressources (Tableau 12) a été calculée sur une seule portion de 400 m où onze puits ont été forés pour une profondeur cumulée de 12,5 m.

ORGANABO	TONNAGE DU MINÉRAI TOUT-VENANT	TONNAGE CONCENTRÉ	ILMÉNITE		RUTILE		ZIRCON		MONAZITE	
			Teneur concentré	Tonnage						
CUBAGE SUR 400 M	25 725	4 800 t	4,45 %	215 t	1,20 %	58 t	6,03 %	290 t	4,78 %	230 t
EXTRAPOLATION AU 1500 M DU CORDON	96 470 t	18 000 t		806 t		217 t		1 890 t		860 t

Tableau 12 - Estimation des ressources en minéraux lourds de l'indice d'Organabo (d'après Marchesseau, 1978a).

### c) Sinnamary ouest

Ce gîte est situé sur la rive gauche du fleuve Sinnamary, à 4,5 km en aval du village même nom. Il est constitué d'un important dépôt sableux fluvio-marin fortement minéralisé. C'est **l'indice le plus important en termes de tonnage**. L'extension totale du cordon littoral est de 35 km, la largeur de 200 m environ et l'épaisseur du dépôt sableux minéralisé est comprise entre 2,70 et 3 m.

Le cubage a été réalisé à partir de 159 puits (441,25 m cumulés) répartis sur une portion de 6 km. Cet indice se caractérise par des forts tonnages et des fortes teneurs en ilménite et en zircon (Tableau 13).

SINNAMARY OUEST	TONNAGE DU MINÉRAI TOUT-VENANT	TONNAGE CONCENTRÉ	ILMÉNITE		RUTILE		ZIRCON		MONAZITE	
			Teneur concentré	Tonnage	Teneur concentré	Tonnage	Teneur concentré	Tonnage	Teneur concentré	Tonnage
CUBAGE SUR 6000 M	2 812 400 t	373 000 t	20,43 %	76 000 t	0,1 %	< 370 t	3,54 %	13 300 t	1,15 %	4 300 t
EXTRAPOLATION AU 35 KM DU CORDON	16 405 700 t	2 175 800 t		443 300 t		< 2 150 t		77 600 t		25 000 t

Tableau 13 - Estimation des ressources en minéraux lourds de l'indice Sinnamary ouest (d'après Marchesseau, 1978a).

### d) Sinnamary est

Ce gîte est situé sur la rive droite du Sinnamary, il débute à 2,5 km au nord du village Sinnamary et a été reconnu sur 15 km. Il se présente sous la forme d'un dépôt sableux fluvio-marin en chapelets continus, plus ou moins parallèle au rivage actuel. La largeur du cordon est de 90 m et l'épaisseur du niveau minéralisé de 4,25 m.

Le cubage a été réalisé sur une portion de 1 000 m où 10 puits pour 42,50 m cumulés ont été foncés. Ce gîte correspond à l'extension orientale du gîte de Sinnamary ouest, il présente donc les mêmes caractéristiques en termes de tonnage et de teneurs (Tableau 14). On obtient des résultats comparables en se basant sur les tonnages normalisés au kilomètre linéaire (62 100 t de concentré, 12 700 t d'ilménite et 2 200 t de zircon par kilomètre pour Sinnamary ouest contre respectivement 44 000 t, 10 200 t et 1 670 t par kilomètre pour Sinnamary est ; Marchesseau, 1978).

SINNAMARY EST	TONNAGE DU MINÉRAI TOUT-VENANT	TONNAGE CONCENTRÉ	ILMÉNITE		RUTILE		ZIRCON		MONAZITE	
			Teneur concentré	Tonnage	Teneur concentré	Tonnage	Teneur concentré	Tonnage	Teneur concentré	Tonnage
CUBAGE SUR 1000 M	575 120 t	43 996 t	23,19 %	<b>10 207 t</b>	0,1 %	<b>44 t</b>	3,80 %	<b>1 672 t</b>	1,30 %	<b>572 t</b>
EXTRAPOLATION AU 15 KM DU CORDON	8 627 000 t	660 000 t		153 105 t		660 t		25 000 t		8 500 t

Tableau 14 - Estimation des ressources en minéraux lourds de l'indice Sinnamary est (d'après Marchesseau, 1978a).

### e) Tonate (calcaire coquillier)

Les travaux de prospection ont permis de révéler un horizon calcaire (calcaire coquillier) au sein des formations littorales le long de la RN 1 reliant Cayenne à Kourou (Figure 64).

Une première prospection volante rapide du gîte sur 30 km a permis de localiser trois zones intéressantes qui ont fait l'objet de travaux détaillés : bloc ouest (extension de 5,2 km), bloc centre (4,3 km) et bloc est (4 km). Les principaux résultats de prospection sont les suivants :

TONATE	EXTENSION LONGITUDINALE DU BLOC ÉTUDIÉ	LARGEUR MOY. DU CORDON	ÉPAISSEUR MOY. HORIZON STÉRILE SUS-JACENT	ÉPAISSEUR MOY. HORIZON COQUILLIER E	TONNAGE CALCAIRE COQUILLIER
BLOC OUEST	5,2 km	18 m	2,75 à 3,60 m	1,50 m	<b>20 386 t</b>
BLOC CENTRE	4,3 km	20 m	2,40 m	2,50 m	<b>22 650 t</b>
BLOC EST	4 km	20 m	2,75 à 3,60 m	1,50 m	<b>5 220 t</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>48 256 t</b>

Tableau 15 - Estimation des ressources du gîte de calcaire coquillier de Tonate (d'après Marchesseau, 1978a).

Pour plus de détail, il est recommandé de se reporter au rapport de Marchesseau (1978b) qui traite exclusivement du sujet.

### f) Qualité commerciale du minerai

La composition minéralogique des concentrés en minéraux lourds, ainsi que la composition chimique des minéraux valorisables (paramètre contrôlant leur valeur marchande), ont été étudiées par le BRGM lors de la 2<sup>e</sup> phase de prospection. Les principaux résultats sont détaillés ci-dessous.

### • Composition minéralogique

Dans les concentrés issus des cordons littoraux guyanais, on compte une vingtaine d'espèces minérales (classement par proportion décroissante) : staurotide, grenat, ilménite, zircon, monazite, hématite, magnétite, rutile, leucoxène, spinelle, épidote, tourmaline, etc.

Les teneurs de ces différents minéraux et notamment des minéraux valorisables (ilménite, zircon, monazite, rutile, leucoxène) sont très variables d'un gîte à l'autre, ainsi qu'au sein d'un même gisement.

Le grenat et le staurotide constituent 50 à 65 % de l'ensemble des minéraux lourds, cette concentration en éléments non-valorisables est relativement élevée, ce qui pénalise fortement la valeur économique du minerai guyanais.

L'ilménite est le minéral économique dont les teneurs dans les concentrés sont les plus importantes (valeur moyenne de 20 % à Sinnamary ouest avec des valeurs ponctuelles supérieures à 50 %), mais ceci est relativement faible par rapport aux normes des gisements exploitables. Les teneurs en zircon et en monazite sont relativement élevés pour ce type de gisement. Elles sont respectivement de 1 à 6 % et de 1 à 4 % avec des teneurs ponctuelles de l'ordre de 15 %. Le rutile (et dans une moindre mesure le leucoxène) présentent les teneurs en éléments valorisables les plus faibles (< 1 % sauf pour le gîte d'Organabo).

### • Composition chimique et valeur marchande des minéraux valorisables

Les analyses géochimiques, effectuées à l'époque sur les minéraux valorisables, ont montré des qualités diverses en fonction des différents minéraux :

- les ilménites sont de qualité médiocre (tableau 16). Avec 48,3 %  $TiO_2$ , leur composition chimique est plus proche de la « **qualité fonderie** » (> 45 %  $TiO_2$ ) que de la « **qualité pigment** » (> 54 %  $TiO_2$  ; qualité étant la plus recherchée et présentant la valeur commerciale la plus élevée) ;
- les zircons sont d'excellente qualité, ils présentent toutes les caractéristiques de la catégorie « **première** » commercialisée par les producteurs australiens en 1978 (tableau 16) ;
- même si la chimie des monazites n'a été que très peu étudiée, Marchesseau (1978a) indique dans son rapport qu'elles sont de qualité industrielle moyenne.

Dans le rapport Marchesseau (1978), les **prix de la tonne de sable tout-venant** en fonction de la qualité des minéraux contenus les gîtes guyanais ont été comparés avec ceux des gisements actifs australiens et malgaches. Les résultats montrent, qu'à l'époque, le prix de vente du sable de Guyane était **nettement inférieur** (3 à 4 fois) à celui des gîtes australiens et malgaches ; ceci en raison d'une **teneur en ilménite extrêmement basse** (ilménite étant le minéral qui fait la valeur commerciale des sables littoraux à minéraux lourds). *Par exemple, la tonne de tout-venant du gîte Sinnamary ouest présente une teneur en ilménite de 2,7 % alors que celle des gîtes Australiens est de 19,1 %.*

ILMÉNITE	% TiO <sub>2</sub>	% FeO	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Ilménite de <i>qualité pigment</i>	54 %			0,10 %	0,50 %
Ilménite de <i>qualité fonderie</i>	45 %			3 %	
<b>Ilménite Sinnamary Ouest</b> (moyenne de 4 analyses)	<b>48,31 %</b>	<b>21,81 %</b>	<b>28,96 %</b>	<b>0,03 %</b>	<b>0,08 %</b>

ZIRCON	% ZrO <sub>2</sub>	% TiO <sub>2</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% SiO <sub>2</sub>
Zircon de <i>qualité première</i>	66 %	0,10 %	0,05 %	0,15 %	33,30 %
Zircon de <i>qualité standard</i>	65,20 %	3,0 %			32,58 %
Zircon de <i>qualité fonderie</i>	65,00 %	0,25 %	0,25 %		
<b>Zircon Sinnamary Ouest</b> (moyenne de 3 analyses)	<b>66,37 %</b>	<b>0,13 %</b>	<b>0,07 %</b>	<b>0,04 %</b>	<b>31,34 %</b>

Tableau 16 - Compositions chimiques des zircons et des ilménites de Sinnamary ouest comparées aux différentes qualités commercialisées en 1978 (d'après Marchesseau, 1978a).

#### 8.4. CONCLUSION SUR LES SABLES À MINÉRAUX LOURDS

Les deux phases de prospection, réalisées en 1976 et 1977 durant l'Inventaire, ont permis de découvrir **4 gîtes minéralisés en ilménite, zircon, rutile, zircon et monazite** et **1 gîte à sables coquilliers**, tous répartis le long du littoral guyanais sur une bande côtière de quelques kilomètres. Les tonnages et les teneurs sont modestes, sauf pour les gîtes de Sinnamary est et ouest qui renferment respectivement 660 000 t et 2 175 800 t de concentré à minéraux lourds, répartis sur 15 et 35 km de long, à une teneur moyenne en ilménite, zircon et monazite de 20 %, 3,4 % et 1,2 %. D'un point de vue qualité des minéraux, seul le zircon est d'excellente qualité, l'ilménite et la monazite sont de qualité industrielle moyenne.

**Les niveaux de teneurs, les tonnages disponibles et la valeur marchande** des minéraux valorisable sont proches mais **inférieurs aux normes d'exploitabilité**. En raison de ces paramètres technico-économiques insuffisants et surtout en raison des mesures de protection du littoral issues du SDOM (bande côtière interdite à l'activité minière), **le potentiel minier de ces gisements est actuellement inexploitable**.



## 9. Conclusion et recommandations

La Guyane correspond à des terrains anciens de plus de deux milliards d'années qui n'existent nulle part ailleurs en territoire français. Les minéralisations et les caractéristiques métallogéniques de Guyane n'ont pour cette raison aucun autre équivalent en France.

L'essentiel des minéralisations est porté par des formations géologiques caractéristiques de cette période appelées « **ceintures de roches vertes** » associant des roches volcaniques, des sédiments et des granites qui renferment des minéralisations spécifiques dont les principales correspondent aux **gisements orogéniques d'or** parfois associés à des **minéralisations à cuivre et nickel sulfuré, de minéralisations porphyriques à cuivre et or, d'amas sulfurés polymétalliques (Pb, Zn, Cu) et de gisements exhalatifs de manganèse**. Les évolutions tardives de ces ceintures peuvent s'accompagner d'intrusions portant des minéralisations en **métaux rares (Ta, Nb, Li, Sn)**. Récemment, au Tertiaire et au Quaternaire (c'est-à-dire il y a moins de 65 Ma), les conditions d'altération permettent, sur ce bâti ancien, le développement de **bauxites** (minerais d'aluminium) et de formations enrichies en **kaolin**.

Pour des raisons géologiques, il est clair que la Guyane est une région où **les minéralisations aurifères de différents types représentent le principal centre d'intérêt**, avec des **ressources non exploitées probablement de plusieurs centaines de tonnes**.

Le thème non aurifère le mieux caractérisé correspond aux **minéralisations de columbo-tantalite à tantalite dominante**, thème pour lequel trois zones ont été déjà circonscrites par des travaux relativement détaillés (Venus dans le **Bas Sinnamary**, Valentin-Agami-Maipouri-Belle étoile dans la **Basse Mana** et Crique Voltaire dans le **Bas Maroni**). Ces zones à tantale dominant pourraient, après des travaux complémentaires relativement limités, déboucher rapidement sur des **exploitations artisanale** (objectifs de type placer ou source primaire altérée de type saprolite). Dans un premier temps, un **contrôle de terrain est recommandé sur les secteurs sélectionnés**, suivi selon les résultats par des travaux détaillés. D'autres travaux pourraient chercher à valoriser des zones d'indices moins connues en particulier celles où la proportion de tantalite n'a pas été évaluée. Les enjeux économiques restent toutefois limités puisque la valeur marchande des 1 000 t de columbo-tantalite identifiées en Guyane est de l'ordre de quelques tonnes d'or, ce qui est relativement faible, mais peut justifier une **activité artisanale spécifique**.

D'autres thèmes d'intérêt sont représentés par **les minéralisations associées aux ceintures de roches vertes** pour lesquelles des indices sont déjà connus, mais en revanche où aucun gisement n'a encore été caractérisé. Sur ces ceintures, des **compléments d'investigation pourraient être menés** suivant deux types d'approches ayant des objectifs complémentaires.

D'une part, il est recommandé d'effectuer **des travaux ponctuels de contrôle et de reconnaissance sur des zones favorables** (cf. chapitre 3) à partir de critères géologiques et métallogéniques. De tels travaux sont particulièrement préconisés pour deux substances :

- **Mn exhalatif** à contrôler sur les prolongements vers le nord-est à partir de l'indice en roche de « Saut Ampouman » sur le Maroni ; des résultats positifs amèneraient à réaliser des travaux systématiques de prospection en vue de caractériser un objectif minier ;
- **Cu-Ni (Pt)** en liaison avec différents types de roches basiques et ultra-basiques, à tester sur différents sites en fonction des conditions d'accès, en vue de caractériser les lithologies, de repérer des minéraux symptomatiques et de déceler par analyse d'éventuelles anomalies en palladium signalant des phénomènes minéralisés.

D'autre part, il est préconisé de **réaliser des travaux de prospection géochimique**, avec des analyses multi-élémentaires et or, pour **contrôler les différentes zones prioritaires** identifiées à partir de l'interprétation des données géophysiques et du retraitement des anciennes campagnes de géochimie pouvant refermer différentes minéralisations (Cu-Mo, Pb-Zn-Cu ou Mo-Sn-W), voire **réaliser des travaux sur des zones favorables non couvertes par l'inventaire**, en particulier dans certains domaines sédimentaires de l'Orapu et de l'Armina.

La **bauxite est un thème relativement peu attrayant** pour les investisseurs miniers en raison des coûts très importants d'investissement et d'infrastructure, des caractéristiques moyennement favorables des minerais et **surtout de l'interdiction d'exploiter les plateaux bauxitiques les mieux placés** (Montagne de Kaw et Montagne de l'Observatoire). Toutefois, dans le cadre d'un inventaire général de la ressource, différents plateaux plus éloignés de la mer mais favorables à la présence de bauxite (morphologie, caractéristique et signature spectrométrique favorable) pourraient faire l'objet de travaux de reconnaissance, mais ces derniers ne sont pas non prioritaires.

Le **gisement de kaolin Charvein** représente un gisement exploitable en fonction de critères économiques mais son développement pourrait rentrer en conflit avec la progression de l'urbanisation.

Les **sables à minéraux lourds** (ilménite, monazite, zircon) sont à exclure en raison des périmètres de protection de la zone littorale et des paramètres technico-économiques insuffisants.

D'autres thèmes sont envisageables, en particulier les roches alcalines à **niobium et terres rares** ainsi que les roches porteuses de **diamants** (kimberlites, lamproïdes), et pourraient être prospectés au sol à **partir d'anomalies géophysiques favorables**, toutefois les perspectives de découvertes paraissent relativement limitées.

## 10. Bibliographie

Pour des soucis de clarté, la bibliographie est organisée selon les thématiques suivantes :

- Géologie générale et métallogénie ;
- Synthèses multi-substances ;
- Bauxite ;
- Niobium-tantale, lithium, étain ;
- Kaolin ;
- Divers.

### ***Géologie générale et métallogénie***

**Almeida M.E. & Macambira M.J.** (2007) – Geology and petrography of paleoproterozoic granitoid rocks from Uatumã-Anauá Domain, central region of Guyana Shield, southeastern Roraima, Brazil. *Revista Brasileira de Geociência*, 37, p. 237-256.

**Almeida M.E., Macambira M.J.B., Valente.** (2008) – New geological and single-zircon Pb evaporation data from the Central Guyana Domain, southeastern Roraima, Brazil: Tectonic implications for the central region of the Guyana Shield. *Journal of South American Earth Sciences*, 26, p. 318–328

**Capdevila R., Arndt N., Letendre J. et al.** (1999) – Diamonds in volcanoclastic komatiite from French Guiana. *Nature*, 399, p 456-458.

**Choubert B.** (1974) – Le Précambrien des Guyanes. Mém. BRGM : Orléans, 81, 213 p.

**Cinelu S.** (2008) – Métasomatose sodique et Minéralisations uranifères associées : Exemples du district de Kirovograd-Novoukrainsk (Ukraine), du batholite du Kurupung (Guyana), et du gisement d'Espinharas (Brésil). *Thèse, Université Nancy I*, 214 p.

**Costi H.T., Dall'Agnol R., Borges R.M.K. et al.** (2002) – Tin-Bearing Sodic Episyenites Associated with the Proterozoic, A-Type Agua Boa Granite, Pitinga Mine, Amazonian Craton, Brazil. *Gondwana Research*, 5, n° 2, p 435-451.

**Dall'Agnol R., Costi H.T., Leite A.A.S. et al.** (1999) – Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. *Precambrian Research*, 95, p. 9-39.

**Dardenne M.A. & Schobbenhaus C.** (2003) – Metallogeny of Guiana Shield. *Géologie de la France*, n° 2-3-4, p. 291-319.

**Deckart K., Feraud G., Bertrand H.** (1997) – Age of Jurassic continental tholeiites of French Guyana, Surinam and Guinea: implications for the initial opening of the Central Atlantic Ocean. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 150, p. 205-220.

**Delor C., Lahondère D., Egal E. et al.** (2001) – Carte géologique de la France à 1/500 000, Guyane, 2<sup>ème</sup> édition. Orléans : BRGM.

**Delor C., Lahondère D., Egal E. et al.** (2003) – Transamazonian crustal growth and reworking as revealed by the 1:500,000 - scale geological map of French Guiana (2nd edition). *Géologie de la France*, n° 2-3-4, p.5-57.

**Gaudette H.E., Hurley P.M., Fairbairn H.W. et al.** (1978) – Older Guiana basement south of the Imataca Complex in Venezuela, and in Surinam. *GSA*, 89, p.1290-1294

**Geraldes M.C., Van Schmus W.R., Condie K.C. et al.** (2001) – Proterozoic geologic evolution of the SW part of the Amazonian Craton in Mato Grosso state, Brazil. *Precambrian Research*, 111, p. 91-128.

**Geraldes M.C., Teixeira W., Heilbron M.** (2004) – Lithospheric versus asthenospheric source of the SW Amazonian craton A-types granites: the role of the Paleo- and Mesoproterozoic accretionary belts for their coeval continental suites. *Episodes*, 27, n° 3.

**Gibbs A.K., Barron C.N.** (1993) – The Geology of the Guiana Shield. *Oxford Monographs on Geology and Geophysics*, 22, 246 p.

**Jébrak & Marcoux** (2008) – Géologie des ressources minérales. Ressources naturelles et Faune Québec ed. Québec : MNRF, 667 p.

**Marot A.** (1988) – Guyane Sud. Carte Géologique de la France au 1/500 000 - Département de la Guyane. Orléans : BRGM, Notice explicative. 86 p.

**Milési J.P., Feybesse J.L., Ledru P. et al.** (1989) – Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest. Leurs relations avec l'évolution lithostructurale au Paléoprotérozoïque. *Chronique de la recherche minière*, 497, p.3-98.

**Milési J.P., Egal E., Ledru P. et al.** (1995) – Les minéralisations du Nord de la Guyane française dans leur cadre géologique. *Chronique de la recherche minière*, 518, 58 p.

**Lamarao C.N., Dall'Agnol R., Lafon J.M. et al.** (2002) – Geology, geochemistry, and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. *Precambrian Research*, 119, p. 189-223.

**Ledru P., Johan V., Milesi J.P. et al.** (1994) – Markers of the last stages of the Paleoproterozoic collision: evidence for a 2 Ga continent involving circum-South Atlantic provinces. *Precambrian Res.*, 69, p. 169-191.

**Litherland M., Annels R.N., Darbyshire D.P.F. et al.** (1989) – The Proterozoic of Eastern Bolivia and its relationship to the Andean mobile belt. *Precambrian Res.*, 43, p. 157-174.

**Reis N.R., Faria M.S.G. de, Fraga L.M.B. et al.** (2000) – Orosirian calc-alkaline volcanism from eastern portion of Roraima State – Amazon Craton. *Rev. Bras.Geoc.*, 30(3), p. 380-383.

**Reis N.R., Fraga L.M.B., Faria M.S.G. de et al.** (2003) – Geology of Roraima State, Brazil, *Géologie de la France*, n° 2-3-4, p. 121-134.

**Roever E.W.F. de, Lafon J.M., Delor C. et al.** (2003) – The Bakhuis ultrahigh-temperature granulite belt (Suriname): I. petrological and geochronological evidence for a counterclockwise P-T path at 2.07-2.05 Ga. *Géologie de la France*, n° 2-3-4, p. 207-230.

**Rosa-Costa L.T., Ricci P.S.F., Lafon J.M. et al.** (2003) – Geology and geochronology of Archean and Paleoproterozoic domains of the Southwestern Amapá and Northwestern Pará, Brazil, Southeastern Guiana Shield. *Géologie de la France*, n° 2-3-4, p.101-120.

**Routhier P.** (1980) – Où sont les métaux pour l'Avenir. Mémoire du BRGM n°105 pp 410. BRGM Editions, Orléans, France.

**Santos J.O.S., Hartmann L.A., Gaudette H.E., Groves D.I., Mcnaughton N.J., Fletcher I.R.** (2000) – A New Understanding of the Provinces of the Amazon Craton Based on Integration of Field Mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. *Gondwana Research*, Vol. 3, n° 4, p. 453-488.

**Santos J.O.S., Potter P.E., Reis N.J. et al.** (2003) – Age, source, and regional stratigraphy of the Roraima Supergroup and Roraima-like outliers in northern South America based on U-Pb geochronology. *GSA Bulletin*, 115, n° 3, p. 331-348.

**Spier C.A., et Ferreira Filho C.F.** (2001) – The chromite deposits of the Bacuri maficultramafic layered complex, Guyana Shield, Amapá State, Brazil. *Economic Geology*, 96, p. 817-835.

**Tassinari C.C.G., Munhá J.M.U.,Teixeira W. et al.** (2001) – The Imataca Complex, NW Amazonian Craton, Venezuela: Crustal evolution and integration of geochronological and petrological cooling histories. *Episodes*, 27, n° 1.

**Tassinari C.C.G., Macambira M.J.B.** (1999) – Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22(3), p. 174-182.

**Théveniaut H. & Freyssinet Ph.** (2002) – Timing of lateritization on the Guiana Shield: synthesis of paleomagnetic results from French Guiana and Surinam. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 178, p. 91-117.

**Théveniaut H., Billa M., Cassard D., Delor C., Maldan F.** (2011) – Le plateau des Guyanes et son potentiel minier. *Geosciences-BRGM*, 14, p. 60-67.

**Voicu G., Bardoux M. et Stevenson R.** (2001) – Lithostratigraphy, geochronology and gold metallogeny in the northern Guiana Shield, South America: a review. *Ore Geology Reviews*, 18, p. 211-236.

**Vanderhaeghe O., Ledru, P., Thiéblemont, D. et al.** (1998) – Contrasting mechanism of crustal growth. *Precambrian Res.*, 92, p. 165-194.

### **Synthèses multi-substances**

**Blanc C., Noesmoen A., collaboration Aymard G. et al.** (1980) – Inventaire minier du Département de la Guyane : bilan et perspectives au 31.12.1979. BRGM/L-07435, Orléans : BRGM, 127 p.

**BRGM** (1996) – Inventaire minier du département de la Guyane. Bilan des travaux et résultats. BRGM/R-38633, Orléans : BRGM, 112 p.

**Milési J.P., Egal E., Ledru P. et al.** (1995) – Les minéralisations du Nord de la Guyane française dans leur cadre géologique. *Chronique de la recherche minière*, 518, 58 p.

**Magnien A. P., Plat R., Coste B., Le Chapelain J. R.** (1990) – Inventaire minier du Département de la Guyane. Avancement des travaux au 3 août 1990. BRGM/R-31286, Orléans : BRGM, 34 p.

**Nagel J.L** (1996) – Évaluation du potentiel minier du sud du département de la Guyane sur la base des données disponibles au 30/04/1996. BRGM/ RR-38904-FR, Orléans : BRGM, 48 p.

**Vernhet Y., Milési J.P., Ledru P. et al.** (1992) – Carte des minéralisations du nord de la Guyane Française. Orléans : BRGM.

### ***Bauxite***

**Barbossy G., Aleva G.J.J.** (1990) – Lateritic bauxites. Ed. Elsevier Science publishers, 624 p.

**BRGM** (1963) – Bauxites des Montagnes Plomb. BRGM/G-01-216, Orléans : BRGM, 4 p.

**BRGM** (1978) – Mise en valeur des bauxites de Kaw – Avant-projet. BRGM/78-DDE-002-DEM, Orléans : BRGM, 130 p.

**Jacob C.** (1978) – Les bauxites de Kaw (Guyane Française) : Etude minéralogique. BRGM/78-MGA-M-3886, Orléans : BRGM, 62 p.

**BMG** (1955a) – Prospection du gisement de Bauxite de la Montagne de Kaw et études de mise en valeur. BRGM/G-01-017, Orléans : BRGM, 230 p.

**BMG** (1955b) – Avant-projet de mise en valeur du gisement de bauxite de la « Montagne de Kaw » en Guyane Française. BRGM/G-01-014, Orléans : BRGM, 14 p.

**Cruys H.** (1960) – Mission plaines basses, recherche de bauxite. BRGM/G-01-359, Orléans : BRGM, 11 p.

**Haalboom B.** (2012) – The intersection of corporate social responsibility guidelines and indigenous rights: Examining neoliberal governance of a proposed mining project in Suriname. *Geoforum*, 43, p. 969-979.

**Mathian E.** (1962) – Conditions économiques de la mise en exploitation du gisement de Bauxite de Kaw. BRGM/ G-01-362, Orléans : BRGM, 11 p.

**Millot C. & Pétin G.** (1979) – Évolution récente et perspectives du marché de la Bauxite et de l'alumine – Incidence sur le projet de Kaw. BRGM/ 79-RDM-005-DEM, Orléans : BRGM, 29 p.

**Pétin G.** (1976) – Evaluation de la valeur marchande de la bauxite de Kaw. BRGM/ 1976-DEM-1918, Orléans : BRGM, 20 p.

**Roskill** (2008) – Roskill market reports: The Economics of Bauxite & Alumina (7th edition). London: Roskill, 374 p.

**USGS** (2012a) – Bauxite and alumina. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries [en ligne], 2 p. Disponible sur : <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bauxite/mcs-2012-bauxi.pdf>.

**Volker T.** (1963) – Rapport de fin de mission, bauxite Montagnes Françaises. BRGM/G-01-256, Orléans : BRGM, 10 p.

***Niobium-tantale, lithium, étain***

**Audion A.S. et Piantone P.**, avec la collaboration extérieure de la Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2012) – Panorama 2011 du marché du tantale. BRGM/RP-61343-FR, Orléans : BRGM, 91 p.

**BMG** (1959) – Note sur la découverte récente d'un indice important de minerai de lithium en Guyane française et sur l'opportunité de poursuivre les travaux de recherches sur cet indice, dans le cadre de l'accord syndical entre le Commissariat à l'Énergie Atomique et le Bureau Minier Guyanais. BRGM/G-01-154, Orléans : BRGM, 4 p.

**BRGM** (1980) – Essai d'évaluation des indices de Columbo-tantalite de la Guyane Française. BRGM/RDM-BMG-041, Orléans : BRGM, 43 p.

**Černý P. & Ercit T.S.** (2005) – The classification of granitic pegmatites revisited. *Canadian Mineralogist*, 43, p. 2005-2026.

**Christmann P., Angel J-M., Bailly L. et al.**, avec la collaboration extérieure de la Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2011) – Panorama 2010 du marché du niobium. BRGM/RP-60579-FR, Orléans : BRGM, 51 p.

**Cruys H.** (1961a) – Note sur une découverte de spodumène dans le secteur Haute-Sparouine (indices lithinifères de Lilas et Chicot). BRGM/G-01-158, Orléans : BRGM, 6 p.

**Cruys H.** (1961b) – Compte-rendu de la visite aux indices lithinifères Lilas – Chicot – Biche – Tortue (secteur Salva – bassin Haute Sparouine). BRGM/G-01-356, Orléans : BRGM, 51 p.

**Lemarchand C.** (1960) – État des recherches pour lithium dans le secteur Salva. BRGM/rapport n°852, Orléans : BRGM.

**Macheras G.** (1957) – Recherche des gisements primaires en columbo-tantalite. BRGM/58-BMG-017, Cayenne : Direction Régionale Guyane (BRGM/GUY), 7 p.

**Melcher F., Sitnikova M.A., Graupner T., Martin N., Oberthür T., Henjes-Kunst F., Gäbler E., Gerdes A., Brätz H., Davis D.W. and Dewaele S.** (2008) – Fingerprinting of conflict minerals: columbite-tantalite (“coltan”) ores. SGA News, Number 23, p. 7-13.

**Nagel J.L** (1996) – Note préliminaire sur le potentiel d'exploitation de la columbo-tantalite en Guyane. BRGM/96-GUY-001, Cayenne : Direction Régionale Guyane (BRGM/GUY), 8 p.

**OCDE** (2011) – Guide OCDE sur le devoir de diligence pour des chaînes d'approvisionnement responsables en minerais provenant de zones de conflit ou à haut risque. OCDE, 70 p. Disponible sur <http://www.oecd.org/fr/investissement/principesdirecteurspourlesentreprisesmultinationales/46741124.pdf>.

**Petot J.** (1980) – Note de synthèse relative aux prospections et exploitations de columbo-tantalite en dehors du BRGM. BRGM/80-BATM-006, Cayenne : Direction Régionale Guyane (BRGM/GUY), 14 p.

**Plat R.** (1986) – Recherche de Columbo-tantalite : Zone Passoura, Cariacou et route F.R.G. BRGM/86-BATM-012, Cayenne : Direction Régionale Guyane (BRGM/GUY), 4 p.

**Plat R.** (1988a) – Note résumée sur la columbo-tantalite (Minerai de Niobium et Tantale). BRGM/88-BATM-001, Cayenne : Direction Régionale Guyane (BRGM/GUY), 4 p.

**Plat R.** (1988b) – Recherche de columbo-tantalite par géologie opérations systems. BRGM/88-BATM-011, Cayenne : Direction Régionale Guyane (BRGM/GUY), 10 p.

**Plat R.** (1990) – La columbo-tantalite dans le monde et en Guyane. BRGM/90-BATM-010, Cayenne : Direction Régionale Guyane (BRGM/GUY), 6 p.

**USGS** (2012b) – Tantalum. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries [en ligne], 2 p. Disponible sur : <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/mcs-2012-tanta.pdf>.

### ***Kaolin***

**Gougis S., Morio M.**, (1980) – Inventaire du département de la Guyane. Etude complémentaire des échantillons de kaolin de Guyane (zone de Charvein) en vue d'une utilisation en céramique et comme pigment dans l'industrie papetière. Rapport BRGM/80-SGN-309-MIN, Orléans : BRGM, 128 p.

**Millot C.** (1980) – Étude de rentabilité de l'exploitation des kaolins de Guyane. Rapport BRGM/80-RDM-017-DEM, Orléans : BRGM, 17 p.

**Morio M., Gougis S., Richalet G.** (1981) – Inventaire du département de la Guyane. Kaolin de Guyane (zone de Charvein). Préparation, en station pilote, de la fraction fine et caractérisation en vue d'une utilisation comme pigment dans l'industrie papetière. Rapport BRGM/81-SGN-663-MIN, Orléans : BRGM, 73 p.

**Morio M. & Gougis S.** (1979) – Inventaire du département de la Guyane. Etude préliminaire des échantillons de kaolin de la région de Saint-Laurent-du-Maroni (Guyane). Rapport BRGM/79-SGN-663-MIN, Orléans : BRGM, 93 p.

**Nguyen D. & Marteau P.** (1999) – Potentiel minier sur le territoire du projet de Parc Régional de Guyane. Rapport BRGM/RR-40431-FR, Orléans : BRGM, 28 p.

**Nguyen D.** (1999) – Potentiel minier sur le territoire de la commune de Mana - Guyane. Rapport BRGM/RR-40559-FR, Orléans : BRGM, 17 p.

**Plat R.** (1980) – Inventaire du département de la Guyane. Le kaolin de Saint-Laurent du Maroni : travaux et résultats de terrain. Campagnes 1977-1978 et 1979-1980. Rapport BRGM/80 GUY 001, Orléans : BRGM, 68 p.

### ***Sables à minéraux lourds (ilménite, zircon, monazite)***

**Marchesseau** (1978a) – Étude des gisements de sables à ilménite, zircon, monazite et calcaire coquillier dans les formations littorales de la Guyane française. BRGM/78-GUY-002, Orléans : BRGM, 44 p.

**Marchesseau** (1978b) – Inventaire du département de la Guyane. Compte rendu d'étude sur un gîte coquillier dans la région de Tonate et sur la RN1 Cayenne-Kourou en Guyane Française. BRGM/78-GUY-012, Orléans : BRGM, 8 p.

### ***Divers***

**Bonhoure D., Foucher J.L. et Tournery H.** (1993) – Banque de données du sous-sol de la Guyane. Rapport d'avancement au 30/Juin/1993. BRGM/RR-37781-FR, Orléans : BRGM, 52 p.

**Haldric** (2011) – Restructuration du fonds documentaire régional du SGR Guyane. BRGM/RP-59874, Orléans : BRGM, 50 p.

**Préfecture de la Guyane** (2011) – Schéma départemental d'orientation minière de la Guyane. 75 p. Disponible sur : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/SDOM\\_version\\_finale\\_avec\\_references\\_decret\\_2011-2106.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/SDOM_version_finale_avec_references_decret_2011-2106.pdf).

**Richard J.P. & Nguyen D.** (1997) – Fonds documentaire public Géologie-Mine du BRGM-Guyane. BRGM/RR-39671-FR, Orléans : BRGM, 176 p.

**Richard J.P. & Nguyen D.** (2000) – Fonds documentaire Géologie - Mine du BRGM Guyane. BRGM/RP-50225-FR, Orléans : BRGM, 183 p.

**Delor C., Perrin J., Truffert C.** (1997) – Campagne de géophysique aéroportée en Guyane française : magnétisme et radiométrie spectrale. BRGM/R39625, Orléans : BRGM, 102 p.



**Centre scientifique et technique**  
**Direction des GéoRessources**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34  
[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)